

ANALISIS UNJUK KERJA MESIN GENSET DENGAN BAHAN BAKAR KOMBINASI BIOGAS DAN LPG

SKRIPSI

**OLEH
MUHAMMAD AKHIRUDDIN
178130105**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 21/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)21/12/22

HALAMAN JUDUL

ANALISIS UNJUK KERJA MESIN GENSET DENGAN BAHAN BAKAR KOMBINASI BIOGAS DAN LPG

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

MUHAMMAD AKHIRUDDIN
178130105

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 21/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)21/12/22

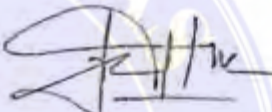
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Unjuk Kerja Mesin Genset Dengan Bahan Bakar Kombinasi Biogas Dan LPG
Nama Mahasiswa : Muhammad Akhiruddin
NIM : 178130105
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Muhammad Idris, S.T., M.T.)

Pembimbing I



(Indra Hermawan, S.T., M.T.)

Pembimbing II



(DR. Rahmatdiah, S. Kom, M. Kom.)

Dekan



(Muhammad Idris, S.T., M.T.)

Kaprodi/ WD I

Tanggal Lulus: 27 September 2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 27 September 2022

10000
METERAI
TEMPEL
41AKX130673224
Muhammad Akhiruddin
178130105

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Akhiruddin
NPM : 178130105
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis


Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Unjuk Kerja Mesin Genset Dengan Bahan Bakar Kombinasi Biogas Dan LPG.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format:kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 27 September 2022

Yang menyatakan


(Muhammad Akhiruddin)

ABSTRAK

Energi memiliki peran sangat penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan karena meningkatnya pertumbuhan pembangunan mengakibatkan meningkat pula kebutuhan akan bahan bakar. Dalam unjuk kerja mesin genset ada beberapa parameter penting dalam pengambilan data seperti daya efektif, Torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisiensi thermal. Didalam peneitian ini menggunakan beberapa jenis bahan bakar seperti LPG dan juga Biogas, dimana nantinya diharapkan dapat dijadikan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental pada mesin genset 4 langkah yang telah dilakukan perubahan pada karbulator berbahan bakar minyak menjadi menggunakan bahan bakar gas agar dapat digunakan dengan menggunakan bahan bakar gas LPG maupun Biogas, serta ditambahkan komponen tambahan pada saluran inlet bahan bakar seperti flow meter agar dapat memvariasikan bahan bakar yang masuk kedalam ruang pembakaran. Selain itu juga penelitian ini membandingkan pengaruh bahan bakar LPG dan campuran Biogas dengan LPG terhadap unjuk kerja mesin yang dihasilkan. Hasil keseluruhan pengujian terbaik didapat menggunakan bahan bakar LPG dengan peningkatan Ne : 27,31%, Torsi : 0,05%, sfc : 0,34%, dan Efisiensi Thermal : 4,09%. dibandingkan menggunakan bahan bakar kombinasi Biogas dengan LPG.

Kata kunci : biogas, LPG, unjuk kerja mesin genset

ABSTRACT

Energy has a very important role in supporting sustainable development because increasing development growth results in an increase in the need for fuel. In the performance of the generator engine, there are several important parameters in data collection such as effective power, torque, specific fuel consumption, and thermal efficiency. In this research, several types of fuels such as LPG and biogas are used, which are expected to be used as alternative fuels that are more environmentally friendly. This research was carried out experimentally on a 4 stroke generator engine that has made changes to the oil-fueled carburetor to use gas fuel so that it can be used using LPG or biogas fuel, and additional components are added to the fuel inlet line such as a flow meter so that it can be used as fuel. Varying the amount of fuel that enters the combustion chamber. In addition, this study also compares the effect of LPG fuel and a mixture of biogas with LPG on the performance of the resulting engine. The best overall test results were obtained using LPG fuel with an increase in Ne: 27.31%, Torque: 0.05%, sfc: 0.34%, and Thermal Efficiency: 4.09% compared to using a combination of Biogas and LPG fuel.

Keywords : *biogas, LPG, generator engine performance*

RIWAYAT HIDUP



Muhammad Akhiruddin lahir di Afd B Bah Birung Ulu , Kec. Jorlang Hataran, Kab. Simalungun, Prov. Sumatra Utara pada tanggal 11 Mei 2000, anak keempat dari empat bersaudara, dari pasangan Ayah bernama SUDARNO dan Ibu bernama KASIATIK. Pada tahun 2005 penulis masuk sekolah dasar di SD Negeri 091497 Afd B Bah Birung Ulu dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2011 melanjutkan sekolah di SMP Swasta Islam Bah Birung Ulu dan Lulus Pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan sekolah di SMA Swasta Taman Siswa Pematangsiantar dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2017 melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin. Syukur alhamdulillah pada tahun 2022 penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Medan Area dengan gelar Sarjana Teknik.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan berupa kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

Dalam Penulisan dan penelitian skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moral dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah S.Kom, M.Kom, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati, S.Kom, M.Kom, selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhammad Idris, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
5. Bapak Muhammad Idris, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Indra Hermawan, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi di Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
7. Bapak Sudarno dan Kasiatik, selaku Orang Tua yang telah memberi motivasi dan dukungan dalam pengerjaan skripsi.
8. Teman-teman keluarga besar Teknik Mesin Angkatan 2017 yang selalu menjadi penyemangat bagi penulis.

Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

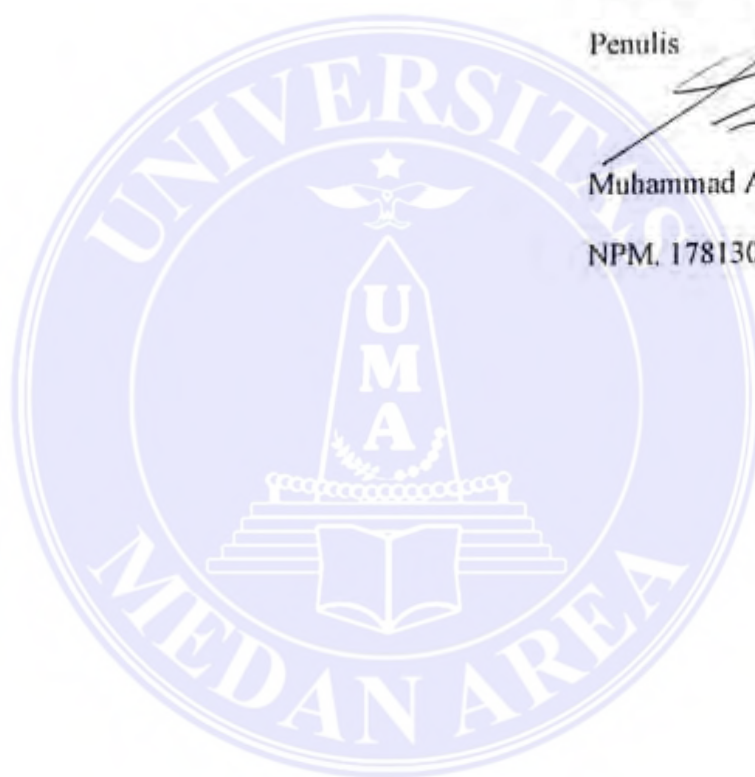
Medan, 27 September 2022

Penulis



Muhammad Akhiruddin

NPM, 178130105



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Generator Set.....	5
2.2. Prinsip Kerja 4 Langkah.....	6
2.3. Siklus Otto.....	9
2.4. Bahan Bakar	10
2.4.1. Bahan Bakar Biogas.....	10
2.4.2. Bahan Bakar Lpg.....	11
2.5. Unjuk Kerja Mesin Genset.....	11
2.5.1. Daya Efektif (Ne)	11
2.5.2. Torsi.....	12
2.5.3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)	12
2.5.4. Efisiensi <i>thermal</i>	13
2.6. Penelitian Terdahulu	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Tempat dan Waktu	15
3.1.1. Tempat.....	15

3.1.2. Waktu	15
3.2 Peralatan dan Bahan	16
3.2.1. Peralatan	16
3.2.2. Bahan Penelitian.....	22
3.3 Sketsa Penelitian	24
3.4 Metode Penelitian.....	26
3.4.1. Prosedur Penelitian.....	26
3.4.2. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	28
3.5 Diagram Flowchart.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Hasil	30
4.2. Pembahasan.....	31
4.2.1 Analisa Unjuk Kerja Generator Set Berbahan Bakar LPG	31
4.2.2 Analisa Unjuk Kerja Generator Set Berbahan Bakar Kombinasi Biogas Dan Lpg (4:2).....	35
4.2.3. Analisa Perbandingan Unjuk Kerja Mesin Menggunakan LPG Dengan Biogas Dan Lpg	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1. Kesimpulan.....	42
5.2. Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN :	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Tugas Akhir	15
Tabel 3. 2 Nilai Kalor Dan Masa Jenis Beberapa Bahan Bakar	23
Tabel 3. 3. Tabel Parameter Pengumpulan Data.....	28
Tabel 4. 1. Nilai Daya Efektif Untuk Bahan Bakar LPG Dan Biogas : LPG	30
Tabel 4. 2. Nilai Torsi Untuk Jenis Bahan Bakar LPG Dan Biogas : LPG	30
Tabel 4. 3 Nilai Sfc Untuk Jenis Bahan Bakar LPG Dan Biogas : LPG.....	31
Tabel 4. 4 Nilai Efisiensi Thermal Untuk Bahan Bakar LPG Dan Biogas : LPG	31



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Generator Set Bensin 4 Tak	5
Gambar 2. 2 Langkah Hisap.....	7
Gambar 2. 3 Langkah Kompresi	7
Gambar 2. 4. Langkah Kerja	8
Gambar 2. 5. Langkah Buang	8
Gambar 2. 6. Diagram P-V Siklus Otto Motor Bensin 4 Langkah	9
Gambar 3. 1 Tachometer.....	16
Gambar 3. 2 Flow Meter Gas.....	17
Gambar 3. 3. Regulator Tekanan Tinggi.....	19
Gambar 3. 4. Converter Kit.....	19
Gambar 3. 5. Generator Set Bensin.....	20
Gambar 3. 6. Power Meter.....	21
Gambar 3. 7. Bola Lampu Pijar 100 Watt.....	22
Gambar 3. 8. LPG.....	23
Gambar 3. 9. Biogas Dalam Tabung.....	24
Gambar 3. 10. Sketsa Instalasi Penelitian.....	25
Gambar 3. 11. Instalasi Penelitian.....	26
Gambar 4. 1. Grafik Daya Efektif, Pembebanan Terhadap Putaran Mesin.....	32
Gambar 4. 2. Grafik Daya Efektif, Pembebanan Terhadap Putaran Mesin.....	33
Gambar 4. 3. Konsumsi Bahan Bakar, Pembebanan Terhadap Putaran Mesin.....	34
Gambar 4. 4. Grafik Efisiensi Thermal, Putaran Mesin Terhadap pembebanan....	35
Gambar 4. 5. Grafik Daya Efektif, Pembebanan Terhadap Putaran Mesin.....	35
Gambar 4. 6. Grafik Torsi, Pembebanan Terhadap Putaran Mesin.....	36
Gambar 4.7. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik, pembebanan Terhadap Putaran ...	37
Gambar 4. 8. Grafik Efisiensi Thermal, Pembebanan Terhadap Putaran Mesin....	38
Gambar 4. 9. Perbandingan Daya Efektif Terhadap Beban.....	38
Gambar 4. 10. Perbandingan Torsi Terhadap Beban.....	39
Gambar 4. 11 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Terhadap Beban...40	
Gambar 4. 12 Perbandingan Efisiensi Thermal terhadap Beban.....	41

DAFTAR NOTASI

N_e	=	Daya poros efektif (Watt)
V	=	Tegangan listrik (Volt)
I	=	Arus listrik (Amper)
η_{mg}	=	Efisiensi mekanis generator nilainya 0,95
η_t	=	Efisiensi transmisi, jika memakai belt nilainya 0,9; jika tidak memakai belt nilainya 1.
τ	=	Momen torsi (Nm)
N	=	Putaran mesin (rpm)
SFC	=	Konsumsi bahan bakar spesifik ($\frac{kg}{Hp.Jam}$)
\dot{m}_{bb}	=	Laju aliran bahan bakar (kg/s)
η_{th}	=	Efisiensi thermal (%)
LHV	=	Nilai kalor bahan bakar (MJ/kg)
ρ	=	Massa jenis bahan bakar
ρ_{Lpg}	=	Massa jenis bahan bakar LPG
ρ_{Biogas}	=	Massa jenis bahan bakar Biogas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya kebutuhan energi tiap tahun tidak dibarengi dengan bertambahnya sumber energi yang mencukupi, hal ini memberi dampak pada naiknya bahan bakar khususnya bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui (fosil). Energi memiliki peran sangat penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan karena meningkatnya pertumbuhan pembangunan mengakibatkan meningkat pula kebutuhan akan bahan bakar.

Sebagian besar mesin disektor transportasi dan pertanian digerakkan oleh bahan bakar fosil konvensional. Hasil dari mesin yang dioperasikan dengan bahan bakar fosil merupakan ancaman serius bagi lingkungan. Inilah sebabnya mesin yang digerakkan oleh sumber energi terbarukan semakin diperhatikan saat ini[1].

Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2020) cadangan minyak bumi Indonesia yang sekitar 3,77 miliar barrel hanya cukup untuk 9-10 tahun kedepan. Perhitungan ini tidak adanya penemuan cadangan baru. Kondisi ini tak jauh berbeda dengan cadangan energi fosil lainnya. Gas bumi, misalnya, diperkirakan akan habis dalam 22 tahun dengan cadangan yang ada saat ini sebesar 77,3 triliun cubic feet. Sedangkan cadangan batu bara sebesar 37,6 triliun miliar ton akan habis dalam waktu 65 tahun[2]. Semakin berkurangnya cadangan bahan bakar fosil maka perlu adanya alternatif bahan bakar terbarukan.

Satu diantara yang ada inovasi pengembangan energi yang cocok dan dapat diproduksi di Indonesia adalah biogas. Biogas adalah satu dari jenis energi terbarukan yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan sampah organik,

contohnya kotoran ternak, sampah organik, serta bahan-bahan lainnya melalui bakteri metanogenik dalam keadaan anaerob (tanpa oksigen).

Secara umum, teknologi biogas dapat mengatasi permasalahan melimpahnya kotoran ternak yang tidak dapat dikelola. Sebagai contoh, seekor sapi potong berbobot 400-500 kg per ekor rata-rata dapat menghasilkan kotoran segar sebanyak 20-29 kg/harinya. Kondisi tersebut merupakan peluang untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biogas[3].

Selain dapat mengatasi permasalahan lingkungan, biogas yang didapat dari pengolahan sampah kotoran hewan ternak dapat juga menjadikan peternakan mandiri energi. Biogas sudah banyak dilakukan penggunaannya, tetapi umumnya dipergunakan hanya untuk bahan bakar pengganti minyak tanah sebagai keperluan memasak skala rumah tangga. Bahan bakar biogas ini juga dapat digunakan untuk bahan bakar motor bakar. Namun untuk penggunaannya kita terlebih dahulu memodifikasi bagian karbulator agar motor bakar dapat menggunakan biogas sebagai bahan bakar.

Berdasarkan penelitian sebelumnya seperti yang telah dilakukan oleh Agem, dkk yang berjudul Analisa Kinerja Genset Berbahan Bakar Biogas Dan Biometan Pada Unit CLPDTR membuktikan 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. 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)[4].

Penggunaan biogas secara menyeluruh (100%) masih memiliki masalah yaitu tidak optimalnya unjuk kerja sebagai mana yang disampaikan pada penelitian diatas. Kombinasi Biogas : Lpg diasumsikan akan mendongkrak unjuk kerja. Oleh karena itu penulis membuat penelitian tentang analisis unjuk kerja mesin genset dengan bahan bakar Lpg, Biogas dan kombinasi campuran Biogas:Lpg.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan biogas untuk pengganti bahan bakar minyak pada motor bakar dengan melakukan pencampuran LPG untuk mengetahui unjuk kerja mesin tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul:

“Analisis Unjuk Kerja Dengan Bahan Bakar Kombinasi Biogas Dan Lpg Pada Mesin Genset”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh pemakaian bahan bakar LPG dan kombinasi biogas dengan LPG terhadap peforma mesin genset.
2. Mengetahui unjuk kerja mesin menggunakan bahan bakar campuran biogas dan LPG (4:2).

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka batasan permasalahan yang akan diteliti dalam skripsi ini adalah :

1. Adapun unjuk kerja mesin menggunakan LPG meliputi daya, torsi dan komsumsi bahan bakar spesifik (SFC) dan efisiensi thermal.

2. Variasi pengujian berupa biogas dengan LPG (2:1) terhadap unjuk kerja mesin meliputi daya, torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) dan efisiensi thermal.

1.4. Tujuan Penelitian

Menganalisis pengaruh unjuk kerja mesin genset berdasarkan variasi pembebanan :

1. Daya efektif dengan bahan LPG dan campuran biogas Dengan LPG.
2. Torsi dengan bahan LPG dan campuran biogas Dengan LPG.
3. Konsumsi bahan bakar spesifik dengan bahan LPG dan campuran biogas Dengan LPG.
4. Efisiensi thermal dengan bahan LPG dan campuran biogas Dengan LPG.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan bahwasannya LPG tidak hanya digunakan untuk memasak.
2. Memberikan pengetahuan tentang pemanfaatan biogas sebagai pengganti bahan bakar minyak pada motor bakar.
3. Memberikan subangsi ilmiah dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Generator Set

Generator set adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. *engine* biasanya mesin diesel atau mesin bensin sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik.



Gambar 2. 1 Generator Set Bensin 4 Tak

Engine dapat berupa perangkat mesin berbahan bakar solar atau bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar).

Motor bakar merupakan salah satu jenis motor pembakaran dalam, yang sering disebut dengan *Internal Combustion Engine* (ICE) yaitu dimana bahan bakar dan udara dicampurkan dan dihisap ke ruang bakar ke mudian mengalami proses pembakaran akibat percikan bunga api dari busi, dimana panas yang

dihasilkan dari pembakaran tersebutlah yang menjadi sumber tenaga mekanik untuk menggerakkan kendaraan tersebut.

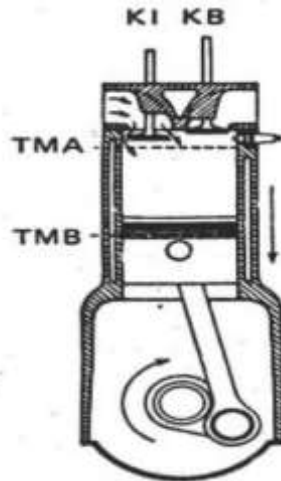
Selain mesin pembakaran dalam ada juga mesin pembakaran luar yang disebut sebagai *External Combustion Engine* (ECE) dimana pembakaran bahan bakar terjadi diluar, dimana untuk proses pembakaraan hasil pembakaran tidak langsung diubah menjadi tenaga gerak, tetapi terlebih dahulu melalui media penghantar setelah itu baru diubah menjadi energi mekanik[5].

2.2. Prinsip Kerja 4 Langkah

Motor empat langkah membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu siklus di dalam silinder. Dengan kata lain, setiap silinder membutuhkan empat langkah torak pada dua putaran poros engkol untuk melengkapinya siklusnya.

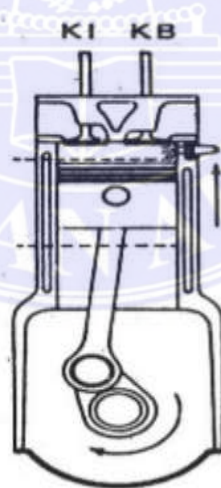
Rincian langkah kerjanya adalah,

1. Langkah pertama atau hisap (*suction strokes*) diawali dengan posisi torak di TMA dan berakhir dengan posisi torak di TMB, yang mana menghisap campuran segar ke dalam silinder. Untuk meningkatkan massa campuran yang dihisap, katup masuk terbuka sesaat sebelum langkah hisap dimulai dan menutup setelah berakhirnya langkah tersebut. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Langkah Hisap

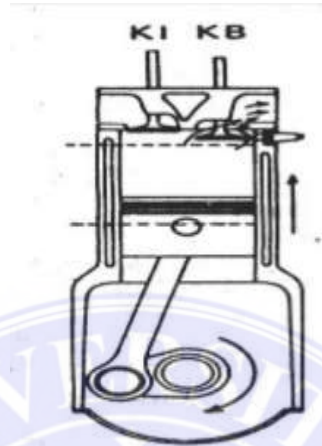
- Langkah ke dua atau langkah kompresi (*compression strokes*), ketika kedua katup tertutup di mana campuran di dalam silinder dimampatkan dan volumenya diperkecil. Menjelang akhir langkah kompresi, pembakaran diaktifkan dan tekanan silinder naik dengan cepat. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Langkah Kompresi

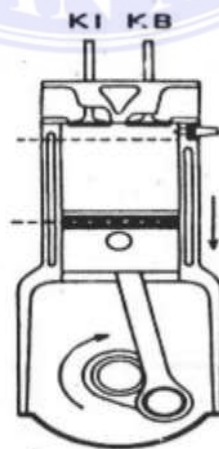
- Langkah ke tiga atau langkah daya (*power strokes*), diawali dengan posisi torak di TMA dan berakhir di TMB ketika temperatur dan tekanan gas yang tinggi mendorong torak ke bawah dan memaksa poros engkol untuk berputar.

Ketika torak mendekati TMB, katup buang terbuka untuk mengawali proses buang dan tekanan silinder turun mendekati tekanan buang. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Langkah Kerja

- Langkah ke empat langkah buang (*exhaust strokes*), dimana sisa gas yang dibakar keluar dari silinder disebabkan tekanan silinder yang pada hakikatnya lebih tinggi dibanding tekanan buang. Gas kemudian di dorong keluar oleh torak ketika bergerak ke arah TMA. Ketika torak mendekati TMA, katup masukan terbuka. Sesaat setelah TMA, katup buang menutup dan siklus dimulai lagi[6]. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Langkah Buang

2.3. Siklus Otto

Siklus *otto* adalah siklus termodinamika ideal yang menggambarkan fungsi mesin piston pengapian percikan khas. Siklus *otto* juga didefinisikan sebagai siklus ideal untuk motor bakar torak dengan pengapian nyala bunga api pada mesin pembakaran, dengan sistem pengapian ini, campuran udara dengan bahan bakar dibakar dengan menggunakan percikan bunga api yang dihasilkan oleh busi. Seperti yang ditunjukkan pada gambar diagram 2.6. berikut ini.



Gambar 2. 6. Diagram P-V Siklus Otto Motor Bensin 4 Langkah

Dari diagram P-V pada gambar 2.6.dapat dijelaskan bahwa :

1. Proses 0-1 adalah langkah hisap tekanan konstan yaitu campuran bahan bakar dan udara yang dihisap kedalam silinder.
2. Proses 1-2 adalah langkah kompresi adiabatik reversioble yaitu campuran udara dan bahan bakar dikompresikan.
3. Proses 2-3 adalah proes pembakaran folume konstan, campuran udara dan bahan bakar.
4. Proses 3-4 adalah langkah ekspansi adiabatik reversible, kerja yang ditimbulkan gas panas yang berekspansi.
5. Proses 4-1 adalah proses pembuangan panas pada volume konstan, panas

dibuang melewati dinding ruang bakar.

6. Proses 1-0 adalah proses pembuangan kalor, katup buang terbuka maka gas sisa pembakaran terbang keluar menuju ke knalpot.

Proses lengkap dari siklus *otto* tersebut memerlukan empat langkah dari torak dan dua kali putaran dari poros engkol.

Untuk melakukan analisis termodinamika pada mesin pembakaran dalam, penyederhanaan diperlukan. Salah satu prosedur adalah dengan menggunakan *analisis standar-udara* yang mempunyai kondisi-kondisi berikut :

1. Fluida kerja adalah sejumlah tetap udara yang dimodelkan sebagai gas ideal.
2. Proses pembakaran digantikan dengan perpindahan kalor dari sumber dari luar.
3. Tidak ada proses pembuangan dan pemasukan sebagaimana yang ada pada mesin sebenarnya. Proses diselesaikan dengan proses perpindahan kalor pada volume konstan yang terjadi ketika piston berada pada TMB.
4. Semua proses secara internal adalah reversibel. Dengan analisis standar udara, tidaklah penting untuk langsung berurusan dengan proses pembakaran yang kompleks dan rumit atau perubahan komposisi pembakaran.

2.4. Bahan Bakar

2.4.1. Bahan Bakar Biogas

Biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik dari bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik, termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Komponen terbesar (penyusun utama) biogas adalah metana (CH_4 , 50 - 70 %) dan karbondioksida (CO_2 , 30 - 40 %). Namun, komposisi biogas bervariasi tergantung

dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Biogas sangat potensial untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan karena kandungan metana (CH₄) yang tinggi dan nilai kalornya yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 4.800 – 6.700 kkal/m³.

2.4.2. Bahan Bakar Lpg

LPG merupakan campuran dari beberapa variabel, yang utama adalah propana (C₃H₈) dan butana (C₄H₁₀) atau kombinasi dari keduanya. Bila disimpan dalam bentuk cair, akan memiliki kepadatan energi yang sebanding dengan bahan bakar hidrokarbon cair yang lain dan memiliki keunggulan dibandingkan dengan gas alam. Pembakaran LPG menghasilkan emisi dan efek rumah kaca yang rendah.

LPG dapat juga digunakan ke dalam mesin yang dirancang untuk bahan bakar premium, akan tetapi membutuhkan peralatan tambahan seperti instalasi konverter kit. Konverter kit merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengkonversi bahan bakar. Konversi disini adalah disesuaikan kerja dalam mesin, sehingga bahan bakar gas seperti LGV, penggunaannya dapat diterapkan pada mesin berbahan bakar minyak[6].

2.5. Unjuk Kerja Mesin Genset

2.5.1. Daya Efektif (Ne)

Daya efektif adalah ukuran suatu *engine* untuk menghasilkan kerja yang optimal atau tidaknya suatu mesin. Pengukur daya pada sebuah *engine-generator set* melibatkan pengukuran tegangan listrik (V) dan arus listrik (I) yang keluar dari generator[7]. Pengukuran daya dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Ne = \frac{V \times I \times \cos \theta}{\eta_{mg} \times nt} [\text{Waat}] \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

N_e = Daya poros (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus Listrik (Amper)

\cos = Faktor daya bernilai 1 (konstan) karena hambatan (R) pada generator yang terjadi merupakan hambatan resistensi bukan kapasitif

η_{mg} = Efisiensi mekanis generator nilainya 0,95

η_t = Efisiensi transmisi, jika memakai belt nilainya 0,9; jika tidak memakai belt nilainya 1.

2.5.2. Torsi

Torsi merupakan ukuran kemampuan motor untuk menghasilkan kerja, Poros dari rotor dihubungkan dengan poros dari *engine* yang akan diuji[7]. Torsi dihitung dengan persamaan berikut :

$$\tau = \frac{60 \times N_e}{2\pi n} \text{ [Nm]} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

τ = Momen torsi (Nm)

n = putaran mesin (rpm)

N_e = Daya poros efektif (Watt)

2.5.3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dipakai untuk menghasilkan satu satuan daya dalam jangka waktu satu jam[7]. Laju aliran bahan bakar adalah banyaknya bahan bakar yang habis terpakai selama periode pemakaian. *SFC* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SFC = \frac{3600 \times 745,7 \times \dot{m}_{bb}}{N_e} \left[\frac{kg}{Hp.Jam} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan:

\dot{m}_{bb} = Laju aliran bahan bakar (kg/s).

N_e = Daya poros efektif (Watt)

Untuk mencari laju aliran fluida digunakan rumus 2.4 berikut :

$$\dot{m}_{bb} = Q \times \rho_{Lpg} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Q = Kapasitas laju aliran fluida

ρ = massa jenis bahan bakar

2.5.4. Efisiensi *thermal*

Efisiensi *thermal* merupakan ukuran dan besarnya energi panas yang terkandung dalam bahan bakar yang dapat diman faatkan untuk menjadi daya yang berguna[7]. Efisiensi *thermal* dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut :

$$\eta_{th} = \frac{N_e}{\dot{m}_{bb} \times LHV_{bb} \times 10^6} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

LHV = Nilai kalor bahan bakar (MJ/kg)

\dot{m}_{bb} = Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

N_e = Daya efektif (Watt)

Nilai kalor bawah (Lower Heating Value LHV), merupakan nilai kalor bahan bakar tanpa panas laten yang berasal dari pengembunan uap air. Umumnya kandungan hydrogen dalam bahan bakar cair berkisar 15 %, yang berarti setiap satuan bahan bakar 0,15 bagian merupakan hydrogen. Pada proses pembakaran sempurna air yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar adalah setengah dari jumlah mol hydrogen[8].

2.6. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Agem, dkk[4]. 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.

Semakin tinggi beban listrik maka semakin kecil nilai *sfc*. Komposisi terbaik terdapat pada biogas:LPG (2:3). Pada penelitian Artayana dkk 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.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Penelitian ini dilakukan di Bengkel Budi yang beralamat di Inpres Nagori, Sibunga bunga, Kec. Jorlang Hataran Kabupaten Simalungun, Sumatra Utara 21172.

3.1.2. Waktu

Penelitian ini dilakukan di bulan Meret 2022, dengan detail jadwal tugas akhir seperti dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas	2021				2022																															
	Jul.				Okt.				Nov.				Feb.				Apr.				Mei.				Jun.				Jul.				Agu.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■	■	■	■																																
Penyelesaian Proposal					■	■	■	■																												
Seminar Proposal									■	■	■	■																								
Pengumpulan Data													■	■	■	■																				
Analisis data																	■	■	■	■																
Penyelesaian Laporan																					■	■	■	■												
Seminar Hasil Sidang Sarjana																									■	■	■	■								

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1. Peralatan

a. Tachometer

Tachometer merupakan sebuah alat yang berfungsi sebagai mengukur kecepatan putaran yang dihasilkan oleh motor atau mesin didalam pengujian, alat ukur tachometer tersebut terlihat pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3. 1 Tachometer

Adapun spesifikasi tachometer yang digunakan sebagai berikut :

1. Tampilan 5 digit, 18 mm
2. Rentang tes 2,5 hingga 99,999 RPM
3. Resolusi 0,1 Rpm (2,5 hingga 999,9), 1 RPM (lebih dari 1.000 RPM)
4. Akurasi + (0,005% +1 digit
5. Waktu pengambilan sampel 0,8 detik (lebih dari 60 RPM)
6. Pilihan rentan tes otomatis
7. Memori nilai terakhir, maks, nilai, min. nilai.
8. Mendeteksi jarak 50 hingga 200 mm = 2-10 Inchi (LED), 50 hingga 500 mm = 2-20 Inchi (Laser)

9. Baris waktu Kristal dikuasai
 10. Baterai 6F22 9V
 11. Konsumsi daya kira-kira 35 mA (LED) atau kira-kira 30mA (Laser)
 12. Ukuran 131 x 70 x 38 mm
- b. Flow Meter Gas

Flow meter merupakan alat yang digunakan untuk menentukan aliran material (fluida, gas) dalam aliran pada waktu tertentu. Alat pengukur ini akan menunjukkan informasi ukuran sebagai angka. Flow meter dapat digunakan sebagai acuan pokok untuk memutuskan ukuran kebutuhan air atau udara. Hal ini berfungsi untuk mengubah atau menyesuaikan perkembangan kebutuhan mesin terhadap aliran air atau udara. Sehingga kekurangan udara ataupun air tidak mengalami masalah dalam melakukan kerja.



Gambar 3. 2 Flow Meter Gas

Spesifikasi flow meter gas sebagai berikut :

1. Bahan plastic dan logam
 2. Warna bening dan crom
 3. Konektor kira kira 7mm
 4. Benang 1/4 PT
 5. Tekanan 0.15 MPA
 6. Rentang yang dapat disesuaikan 1-25 L / Min
- c. Regulator Gas LPG Tekanan Tinggi

Regulator berfungsi sebagai mengatur tekanan gas LPG yang masuk kedalam karburator dan juga berfungsi untuk mengetahui isi dari tekanan gas LPG yang ada di dalam tabung gas LPG. Regulator yang digunakan adalah regulator gas tekanan tinggi karena selain nilai keamanannya yang baik dalam penggunaannya, regulator ini juga dapat mengatur suplai banyaknya gas yang masuk kedalam karburator.

Adapun spesifikasi regulator gas adalah sebagaiberikut :

1. Berat +/- 450 gr
2. Merk WINN GAS
3. Untuk tabung gas 3 kg / 12 kg
4. Tekanan keluar 0 – 2 kg/cm
5. Tekanan masuk 0,7 kg/cm



Gambar 3. 3. Regulator Tekanan Tinggi

d. Karbulator Converter Kit

Karbulator Konverter Kit adalah sebuah alat yang dipergunakan untuk mengubah genset bahan bakar bensin agar bisa menggunakan gas LPG atau Biogas. Karbulator yang digunakan dalam penelitian ini tipe GX-200.



Gambar 3. 4. Converter Kit

e. Mesin Genset

Disebut sebagai Generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. *Engine* biasanya mesin diesel atau mesin bensin sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik.

Engine dapat berupa perangkat mesin berbahan bakar solar atau bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar).

Spesifikasi Generator set :

1. Rated voltage 220 V
2. Rated frequency 50 Hz
3. Rated output 2.5 KW
4. Max output 2.8 KW
5. Power factor 1.0



Gambar 3. 5. Generator Set Bensin

f. Power Meter



Gambar 3. 6. Power Meter

Power meter merupakan alat untuk membaca volt dan ampere secara langsung yang ditampilkan didalam layar indikator. Alat pengujian power meter dapat dilihat pada gambar 3.9 diatas berikut :

Spesifikasi power meter :

1. Type panel LCD pengukur daya AC dengan trasformator arus AC
2. Daya maksimum 22000 W
3. Arus maksimum 20/100 A
4. Tegangan operasi AC 110-250 V
5. Akurasi tegangan kurang lebih 1%
6. Akurasi daya kurang lebih 2%
7. Standar eksekusi JB/T9282-1999
8. Fungsi : mengukur daya/ tegangan / Frekuensi / factor daya / konsumsi daya
9. Rentang aplikasi semua peralatan listrik rumah tangga dengan tegangan 110-250 V
10. Ukuran 90 x 54,5 x 28 mm

g. Bola Lampu Pijar

Lampu pijar digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai beban untuk genset yang berjumlah 6 buah dimana masing-masing bola lampu memiliki daya 100 Watt.



Gambar 3. 7. Bola Lampu Pijar 100 Watt

3.2.2. Bahan Penelitian

a. LPG

LPG adalah kombinasi dari beberapa campuran variabel, yang berbahan dasar adalah propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}) atau campuran dari keduanya. Saat dikemas dalam bentuk cair, kepadatan energi akan sebanding dengan bahan bakar hidrokarbon cair lainnya dan dibandingkan dengan gas alam lain akan memiliki keunggulan begitu juga dengan emisi dan efek rumah kaca yang dihasilkan sangat rendah.

Tabel 3. 2 Nilai Kalor Dan masa jenis beberapa Bahan Bakar

Bahan Bakar	hhV (MJ/kg)	Lhv (MJ/kg)	Massa Jenis (kg/m ³)*
Karbon monoksida (CO)	10,9	10,9	1,165
Metana (CH ₄)	55,9	50,1	0,667
Gas alam	42,5	38,1	0,708
Propana (C ₃ H ₈)	48,9	45,8	1,833
Bensin (umumnya adalah oktana C ₈ H ₁₈)	46,7	42,5	
Solar (Umumnya adalah dodekana C ₁₂ H ₂₆)	45,9	43,0	
Hidrogen (H ₂)	141,9	120,1	0,084
Producer gas	5,81	5,30	1,089

LPG dapat juga digunakan pada mesin yang berbahan bakar premium, namun membutuhkan perangkat tambahan seperti instalasi konverter kit. Konverter kit adalah alat yang digunakan untuk mengkonversi bahan bakar. Konversi di sini disesuaikan untuk bekerja di motor, sehingga pemanfaatan bahan bakar gas seperti Lpg dapat dimanfaatkan pada motor bahan bakar cair.



Gambar 3. 8. LPG

b. Biogas

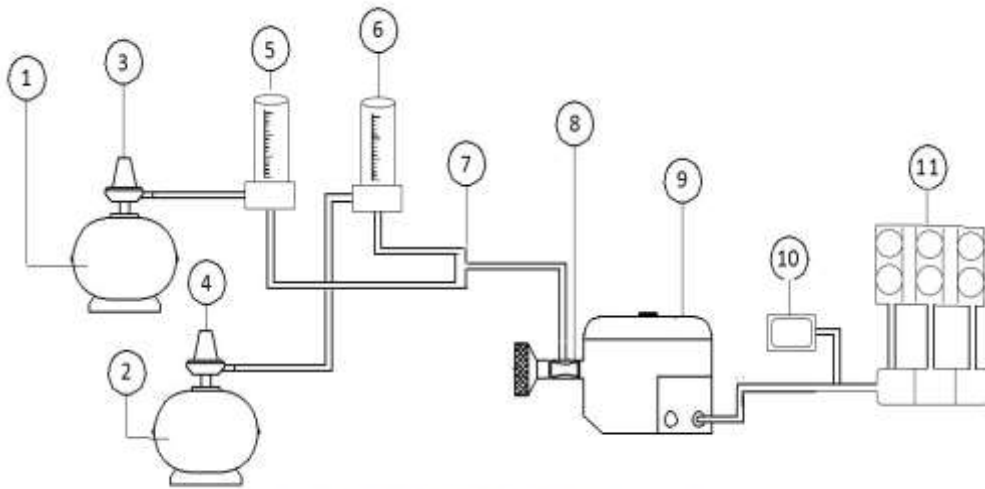
Biogas merupakan gas hasil akhir dari penyerapan atau degradasi anaerobik dari bahan organik oleh bakteri anaerobik, bahan organik yang dimaksud meliputi kotoran manusia dan makhluk, pemborosan (keluarga) buatan sendiri, sampah yang dapat terurai secara hayati atau Setiap limbah alami dapat terurai secara hayati dalam keadaan anaerobik. Bagian terbesar (penyusun dasar) biogas adalah metana (CH_4 , 50 - 70 %) dan karbon dioksida (CO_2 , 30 - 40 %). Meskipun demikian, sintesis biogas berubah bergantung pada dengan dimulainya interaksi anaerobik yang terjadi. Biogas mungkin dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya berkelanjutan mengingat kandungan metana (CH_4) yang tinggi dan nilai kalorinya sangat tinggi, mulai dari 4.800 - 6.700 kkal/m³



Gambar 3. 9. Biogas Dalam Tabung

3.3 Sketsa Penelitian

Sketsa instalasi percobaan secara sederhana menggunakan bahan bakar biogas dan LPG dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 10. Sketsa Istalasi Penelitian

Keterangan gambar 3.1

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1. Tabung Biogas | 7. Cabang penyatu bahan bakar |
| 2. Tabung LPG | 8. Karbulator converter kit |
| 3. Regulator Biogas | 9. Mesin Genset |
| 4. Regulator LPG | 10. Power meter |
| 5. Flow meter Biogas | 11. Lampu beban (6 Lampu) |
| 6. Flow meter LPG | |

Dan Untuk Instalasi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2 yang sebelumnya sudah dalam proses penyetingan terlebih dahulu.



Gambar 3. 11. Instalasi Penelitian

3.4 Metode Penelitian

Metode yang dipakai untuk penelitian ini ialah metode experiment yang dijabarkan berikut ini :

3.4.1. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan penggunaan bahan bakar yang digunakan dan memvariasikan beban pada mesin genset. Pengaturan laju aliran bahan bakar yang masuk dilakukan melalui flowmeter.

Adapun langkah prosedur pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

- a. Pengujian menggunakan bahan bakar LPG
 1. *Circuit breaker* diposisikan pada kondisi mati dengan maksud untuk memastikan mesin tidak memiliki beban pada awal berjalan.
 2. Engine switch diposisikan pada kondisi ON, bertujuan untuk persiapan dan memastikan mesin siap untuk dihidupkan.
 3. *Choke switch* pada posisi tertutup. sehingga pada awal menghidupkan mesin , pasokan bahan bakar dan udara tercampur lebih kaya.
 4. Mengatur laju aliran bahan bakar LPG yang akan masuk dengan Flow Meter.

5. Menghidupkan *Engine*.
 6. Letakkan choke switch pada posisi terbuka.
 7. Untuk mencapai kondisi stasioner atau stabil harus menunggu mesin pada saat putaran tanpa beban (*idle*)
 8. Letakkan *circuit breaker* pada posisi hidup. Kemudian tingkatkan beban secara bertahap 200W sampai pada beban 600W dengan selang beban 200W.
 9. Pada tiap-tiap pengujian mesin, dilakukan penulisan data.
- b. Pengujian dengan bahan bakar kombinasi Biogas dengan LPG
1. *Cuit breaker* diposisi pada kondisi mati, dengan maksud untuk memastikan mesin tidak memiliki beban pada awal berjalan.
 2. *Engine switch* diposisikan pada kondisi ON, bertujuan untuk persiapan dan memastikan mesin siap untuk dihidupkan.
 3. Choke switch pada posisi tertutup. sehingga pada awal menghidupkan mesin, pasokan bahan bakar dan udara tercampur lebih kaya.
 4. Pada aliran bahan bakar, atur laju aliran bahan bakar pengkombinasian Biogas dan LPG yang akan masuk dengan *Flow Meter*.
 5. Menghidupkan *Engine*.
 6. Letakkan *choke switch* pada posisi terbuka.
 7. Untuk mencapai kondisi stasioner atau stabil harus menunggu mesin pada saat putaran tanpa beban (*idle*).
 8. Letakkan *circuit breaker* pada posisi hidup. Kemudian tingkatkan beban secara bertahap 200W sampai pada beban 600W dengan selang beban 200W.

9. Pada tiap-tiap pengujian mesin, dilakukan penulisan data.

3.4.2. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

a. Pengumpulan Data

Pencatatan data dilakukan dengan terlebih dahulu pola operasi mesin genset. Pencatatan terhadap parameter yang diuji dengan variasi pembebanan. Adapun parameter yang diukur dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3. 3. Tabel Parameter Pengumpulan Data

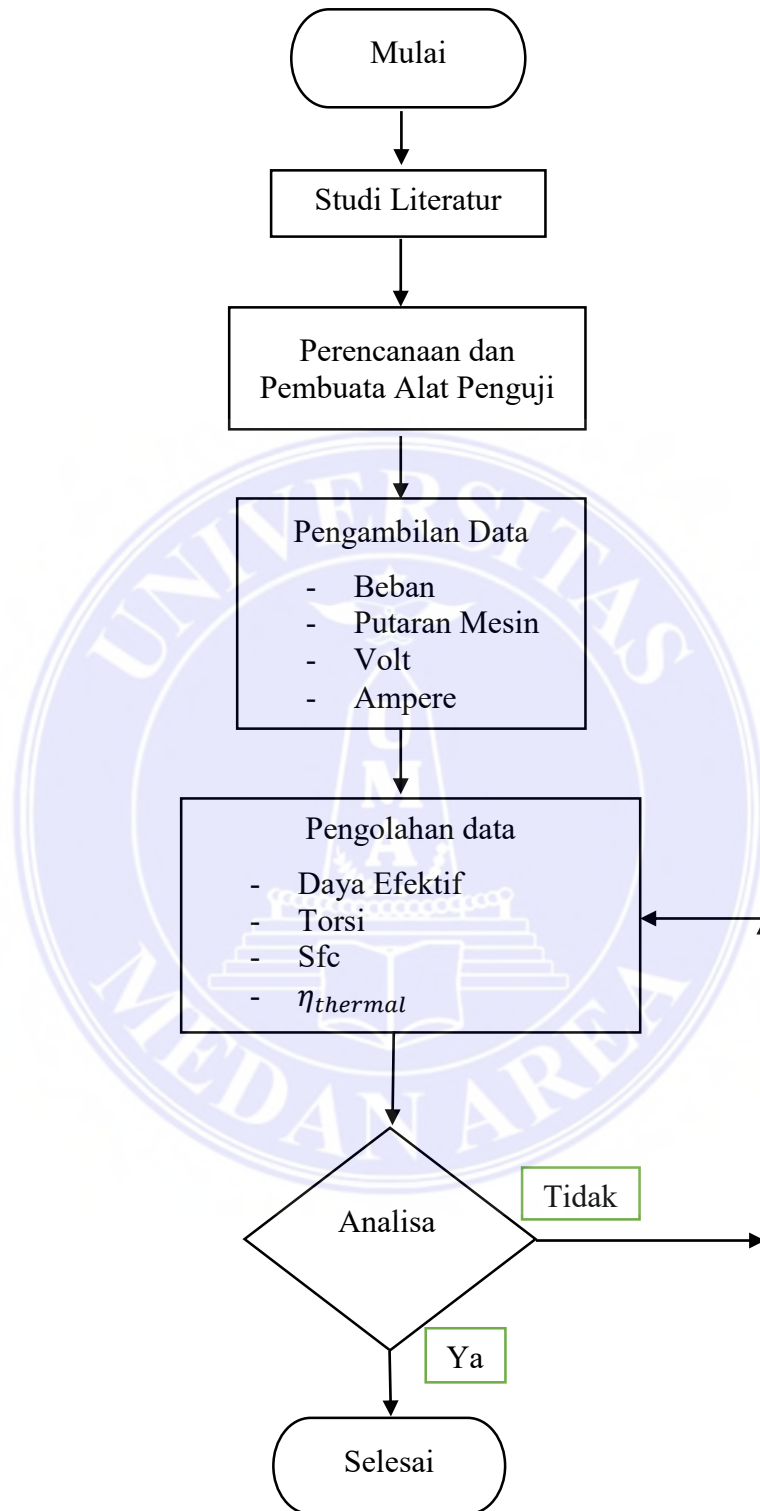
No	Parameter Yang Diukur	Alat	Satuan
1	Putaran Mesin	Tachometer	rpm
2	Laju Aliran Fluida	Flowmeter Gas	LPM
3	Tegangan	Power Meter	Volt
4	Arus	Power Meter	Ampere

b. Analisis Data

Setelah mengumpulkan semua yang diperlukan, lakukan perhitungan parameter berikut :

1. Daya indikator (W).
2. Torsi (N.m).
3. Konsumsi bahan bakar spesifik($\frac{kg}{Watt.Jam}$)
4. Efisiensi Thermal (%).

3.5 Diagram Flowchart



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun dari penelitian yang telah dilakukan dituliskan bahwa besarnya daya maksimum dipeloreh pada pemakaian jenis bahan bakar LPG pada pembeban lampu 600 Watt dengan daya efektif sebesar 573,98 Watt presentase Kenaikan rata-rata yang didapat sebesar 6,91% dibandingkan ketika mesin memakai jenis bahan bakar campuran Biogas dengan LPG.

Besar torsi maksimum didapat pada pemakaian jenis bahan bakar LPG pada pembebanan lampu 600 Watt torsi yang didapat 2 N.m presentase kenaikan rata-rata 3.45% dibandingkan ketika memakai bahan bakar campuran Biogas dengan LPG.

Besarnya SFC minimum diperoleh pada penggunaan jenis bahan bakar LPG Pada Pembebanan 600 Watt dengan SFC optimum sebesar 0,0096 kg/kWh presentase penurunan rata-rata yang terjadi sebesar 27,26% dibandingkan ketika mesin menggunakan bahan bakar campuran Biogas dan LPG sebesar 0,0077 kg/kWh. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Rapotan Saragih Dkk. Pada pembebanan 600 Waat dengan SFC optimum sebesar 0,38 kg/HP.Jam atau 0,00051 kg/kWh[9]. sehingga perbandingan SFC optimum bahan bakar kombinasi Biogas dan LPG dengan Bahan bakar premium didapat presentase 33,33% lebih tinggi menggunakan bahan bakar Kombinasi Biogas dan LPG dibandingkan dengan bahan bakar Premium.

Besarnya efisiensi thermal maksimum diperoleh pada penggunaan jenis bahan bakar LPG pada beban lampu 600 Watt sebesar 8,19% dengan presentase kenaikan 72.58% dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar kombinasi Biogas dengan Lpg.

5.2. Saran

Setelah selesai melakukan penelitian ini, mungkin masih adanya kekurangan dalam beberapa hal. Oleh karena itu, bagi peneliti selanjutnya yang tertarik dengan penelitian kombinasi bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin genset

dapat melakukan penyempurnaan penelitian ini. Berikut adalah beberapa masukan apabila ingin melakukan penelitian ini dengan pencampuran kombinasi Biogas dengan LPG yang lebih spesifik:

1. Sebaiknya perlu adanya furifikasi yang lebih optimal terhadap biogas yang akan digunakan dalam penelitian sehingga biogas yang dihasilkan benar-benar bersih dari zat pengotor.
2. Perlunya alat yang mempunyai untuk mentabungkan biogas ke dalam tabung sehingga mendapatkan volume biogas dan tekanan yang lebih optimal.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Deheri, S. K. Acharya, D. N. Thatoi, and A. P. Mohanty, "A review on performance of biogas and hydrogen on diesel engine in dual fuel mode," *Fuel*, vol. 260, no. May 2019, p. 116337, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2019.116337.
- [2] R. A. Y. Widyastuti, "Menteri ESDM: Cadangan Minyak Bumi di Indonesia Hanya Cukup untuk 9 Tahun," *www.tempo.com*, 2020. https://bisnis.tempo.co/read/1398039/menteri-esdm-cadangan-minyak-bumi-di-indonesia-hanya-cukup-untuk-9-tahun?page_num=1 (accessed Sep. 14, 2021).
- [3] S. M. sri wahyuni, *Biogas energi alternatif pengganti bbm gas dan listrik*, 3rd ed. Ciganjur Jagakarsa: agromedia, 2018.
- [4] A. Gunardi, M. S. Wibowo, V. Panjaitan, L. Trisnaliani, and S. Pujiastuti, "Biometan Pada Unit Clpdtr Analysis of Generator Performance Fueled With Biogas and Biomethane on Clpdtr Unit," *Politek. Negri Sriwij.*, vol. 01, no. 01, pp. 6–10, 2020.
- [5] Ir. Philip Kristanto, *Motor Bakar Torak*. Yogyakarta: Andi, 2015.
- [6] I. Kurniaty and H. Hermansyah, "Potensi Pemanfaatan Lpg (Liquefied Petroleum Gas) Sebagai Bahan Bakar Bagi Pengguna Kendaraan," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2016*, no. November, pp. 1–5, 2016.
- [7] N. Syahrul, *Studi Eksperimental Unjuk Kerja Lpg – Engine Generator Set Berbahan Bakar CNG Variation Of Lpg – Engine Generator Set*. 2016.
- [8] B. Ali, "Analisis Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Type 'x' 115 cc Sistem Carburator Dengan Menggunakan Bahan Bakar Premium Dan Campuran Premium Ethanol (10,15,20) %," *UNP*, 2009.
- [9] R. Saragih and S. Kawano, "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium , Pertamina , Pertamina Plus Dan Spiritus Terhadap Unjuk Kerja Engine Genset 4 Langkah," *Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, 2013.

LAMPIRAN :

1. Menggunakan bahan bakar LPG 5 LPM

a. Perhitungan Daya Efektif

Daya efektif merupakan ukuran mesin yang menghasilkan kerja ideal dan mesin yang tidak. Perhitungan daya pada motor generator set meliputi pengukuran tegangan (V) dan arus (I) dari generator set yang diukur dengan power meter yang dihubungkan langsung dengan kabel keluaran arus output generator set. Pengukuran daya efektif dengan bahan bakar kombinasi Biogas : LPG dapat diselesaikan dengan menggunakan rumus (2.1):

$$Ne = \frac{V \times I \times \cos \theta}{\eta_{mg} \times nt} [\text{Waat}]$$

Dengan beberapa parameter berikut :

V= Tegangan listrik (225 Volt)

I = Arus listrik (0,89 Ampere)

$\cos \theta$ = Faktor daya bernilai 1 (konstan) karena hambatan (R) pada generator yang terjadi merupakan hambatan resistensi bukan kapasitif

η_{mg} = Efisiensi mekanis generator nilainya 0,95

nt = Efisiensi transmisi, jika memakai belt nilainya 0,9; jika tidak memakai belt nilainya 1.

Sehingga,

$$Ne = \frac{225 \text{ volt} \times 0,89 \text{ Ampere} \times 1}{0,95 \times 1}$$

$$Ne = 210,79 \text{ Watt}$$

b. Perhitungan Torsi

Nilai torsi untuk penelitian ini menggunakan bahan bakar LPG dihitung dengan penurunan persamaan daya efektif dengan menggunakan persamaan (2.2) berikut :

$$\tau = \frac{60 \times Ne}{2\pi n} \text{ [Nm]}$$

Dengan beberapa parameter berikut :

τ = Momen torsi (Nm)

n = putaran mesin (2861 rpm)

Ne = Daya poros efektif (210,79 Watt)

Sehingga,

$$\tau = \frac{60 \times 210,79 \text{ Watt}}{2 \times 3,14 \times 2706 \text{ rpm}}$$

$\tau = 0,70 \text{ N.m}$

c. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) bahan bakar LPG didefinisikan sebagai banyak bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan satuan daya dalam jangka waktu satu jam. Laju aliran bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar yang habis dipakai selama periode penggunaan. Persamaan 2.4 berikut digunakan untuk mencari laju aliran fluida Mencari laju aliran fluida.

$$\dot{m}_{LPG} = Q \times \rho_{Lpg}$$

Dengan beberapa tolak ukur berikut :

Q = Kapasitas laju aliran fluida 2 LPM dikonversi menjadi $m^3/s = 2 \text{ LPM} : 1000$

$m^3 : 60$

Skon = $0,0000833333 \text{ m}^3/s$.

ρ_{Lpg} = massa jenis bahan bakar ($1,833 \text{ kg/m}^3$)

Sehingga :

$$\dot{m}_{LPG} = 0.0000833333 \text{ m}^3/\text{s} \times 1.833 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_{LPG} = 1,53 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

Sehingga untuk mencari SFC dapat dihitung dengan persamaan (2.3)

berikut:

$$sfc = \frac{3600 \times \dot{m}_{Lpg}}{Ne} \left[\frac{\text{kg}}{\text{Watt.Jam}} \right]$$

Dengan parameter berikut :

$$\dot{m}_{LPG} = \text{Laju aliran bahan bakar LPG } (1,53 \times 10^{-4} \text{ kg/s}).$$

$$Ne = \text{Daya poros efektif } (210,78 \text{ Watt})$$

Sehingga :

$$SFC = \frac{3600 \times \dot{m}_{LPG} \text{ Kg/s}}{210,78 \text{ Watt}}$$

$$SFC = 0,002631 \frac{\text{Kg}}{\text{kWh}}$$

d. Perhitungan Efisiensi Thermal

Efisiensi termal adalah parameter dan jumlah energi panas yang terkandung didalam bahan bakar LPG dan dapat digunakan untuk mengubah bahan bakar LPG menjadi energy yang dapat digunakan. Efisiensi termal dapat dihitung dengan persamaan berikut (2.5).

$$\eta_{th} = \frac{Ne}{\dot{m}_{LPG} \times LHV_{LPG} \times 10^6} \times 100\%$$

Dari beberapa data referensi, didapat bahwa LHV_{Lpg} sebesar 45,8 MJ/kg dan mengacu pada data perhitungan sebelumnya, maka didapat perhitungan berikut :

$$\eta_{th} = \frac{201,8737 \text{ Watt}}{(0,000061099 \times \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 45,8 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}}) \times 10^6} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 3,01\%$$

Hasil Pengujian Untuk Kerja Mesin Menggunakan Bahan Bakar LPG 5 Lpm

Pembebanan (W)	Beban (W)	Putaran (rpm)	Tegangan (V)	Arus (A)	Ne (W)	Torsi (N.m)	Sfc (kg/kWh)	$\eta_{thermal}$ (%)
0	0	2882	230	0	0	0	0	0
200	201,1	2861	225	0,89	210.79	0,7	0,002613	3.01
400	381,2	2822	220	1,73	400.63	1,37	0,001375	5.72
600	544,2	2734	213	2,56	573.98	2,01	0,0012	8.19

2. Menggunakan bahan bakar kombinasi Biogas : LPG (2:1)

a. Perhitungan Daya Efektif

Daya efektif merupakan ukuran mesin yang menghasilkan kerja ideal dan mesin yang tidak. Perhitungan daya pada motor generator set meliputi pengukuran tegangan (V) dan arus (I) dari generator set yang diukur dengan power meter yang dihubungkan langsung dengan kabel keluaran arus output generator set. Pengukuran daya efektif dengan bahan bakar kombinasi Biogas : LPG dapat diselesaikan dengan menggunakan rumus (2.1):

$$Ne = \frac{V \times I \times \cos \theta}{\eta_{mg} \times nt} \text{ [Waat]}$$

Dengan beberapa parameter berikut :

V= Tegangan listrik (223 Volt)

I = Arus listrik (0,86 Ampere)

$\cos \theta$ = Faktor daya bernilai 1 (konstan) karena hambatan (R) pada generator yang terjadi merupakan hambatan restitensi bukan kapasitif

η_{mg} = Efisiensi mekanis generator nilainya 0,95

nt = Efisiensi transmisi, jika memakai belt nilainya 0,9; jika tidak memakai belt nilainya 1.

Sehingga,

$$N_e = \frac{223 \text{ volt} \times 0,86 \text{ Ampere} \times 1}{0,95 \times 1}$$

$$N_e = 201,8737 \text{ Watt}$$

b. Perhitungan Torsi

Nilai torsi untuk penelitian ini menggunakan bahan bakar LPG dihitung dengan penurunan persamaan daya efektif dengan menggunakan persamaan (2.2) berikut :

$$\tau = \frac{60 \times N_e}{2\pi n} \text{ [Nm]}$$

Dengan beberapa parameter berikut :

τ = Momen torsi (Nm)

n = putaran mesin (2706 rpm)

N_e = Daya poros efektif (201,8737 Watt)

Sehingga,

$$\tau = \frac{60 \times 201,8737 \text{ Watt}}{2 \times 3,14 \times 2706 \text{ rpm}}$$

$$\tau = 0,71 \text{ N.m}$$

c. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) bahan bakar LPG didefinisikan sebagai banyak bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan satuan daya dalam jangka waktu satu jam. Laju aliran bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar yang habis dipakai selama periode penggunaan. Persamaan 2.4 berikut digunakan untuk mencari laju aliran fluida Mencari laju aliran fluida.

1. Biogas

$$\dot{m}_{Biogas} = Q \times \rho_{Biogas}$$

Dengan beberapa tolak ukur berikut :

Q = Kapasitas laju aliran fluida 4 LPM dikonversi menjadi $m^3/s = 4 \text{ LPM} : 1000$

$m^3 : 60$

$Skon = 0,000066667 \text{ m}^3/s.$

ρ_{Biogas} = massa jenis bahan bakar ($0,667 \text{ kg/m}^3$)

Sehingga :

$\dot{m}_{Biogas} = 0.000066667 \text{ m}^3/s \times 0,667 \text{ kg/m}^3$

$\dot{m}_{Biogas} = 4,4467 \times 10^{-5} \text{ kg/s}$

2. Lpg

$$\dot{m}_{LPG} = Q \times \rho_{Lpg}$$

Dengan beberapa tolak ukur berikut :

Q = Kapasitas laju aliran fluida 2 LPM dikonversi menjadi $m^3/s = 2 \text{ LPM} : 1000$

$m^3 : 60$

$Skon = 0,000033333 \text{ m}^3/s.$

ρ_{Lpg} = massa jenis bahan bakar ($1,833 \text{ kg/m}^3$)

Sehingga :

$\dot{m}_{LPG} = 0.000033333 \text{ m}^3/s \times 1.833 \text{ kg/m}^3$

$\dot{m}_{LPG} = 6,1099 \times 10^{-5} \text{ kg/s}$

Sehingga untuk mencari SFC dapat dihitung dengan persamaan (2.3)

berikut:

$$sfc = \frac{3600 \times \dot{m}_{Biogas} + \dot{m}_{Lpg}}{Ne} \left[\frac{kg}{Watt.Jam} \right]$$

Dengan parameter berikut :

\dot{m}_{Biogas} = Laju aliran bahan bakar Biogas ($4,4467 \times 10^{-5} \text{ kg/s}$).

\dot{m}_{LPG} = Laju aliran bahan bakar LPG ($6,1099 \times 10^{-5}$ kg/s).

Ne = Daya poros efektif (201,8737 Waat)

Sehingga :

$$SFC = \frac{3600 \times \dot{m}_{Biogas} + \dot{m}_{LPG} \text{ Kg/s}}{201,8737 \text{ Watt}}$$

$$SFC = 0,00189 \frac{\text{Kg}}{\text{kWh}}$$

d. Perhitungan Efisiensi Thermal

Efisiensi termal adalah parameter dan jumlah energi panas yang terkandung didalam bahan bakar LPG dan dapat digunakan untuk mengubah bahan bakar LPG menjadi energy yang dapat digunakan. Efisiensi termal dapat dihitung dengan persamaan berikut (2.5).

$$\eta_{th} = \frac{Ne}{(\dot{m}_{Biogas} \times LHV_{Biogas}) + (\dot{m}_{LPG} \times LHV_{LPG}) \times 10^6} \times 100\%$$

Dari beberapa data referensi, didapat bahwa LHV_{Biogas} sebesar 50,1 serta LHV_{Lpg} sebesar 45,8 MJ/kg dan mengacu pada data perhitungan sebelumnya, maka didapat perhitungan berikut :

$$\eta_{th} = \frac{201,8737 \text{ Watt}}{\left(0,000044467 \times \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 50,1 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}}\right) + \left(0,000061099 \times \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 45,8 \frac{\text{Mj}}{\text{Kg}}\right) \times 10^6} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 0,85\%$$

Hasil Pengujian Menggunakan Bahan Bakar Biogas : LPG (2:1)

Pembebanan (W)	Beban (W)	Putaran (rpm)	Tegangan (V)	Arus (A)	Ne (W)	Torsi (N.m)	Sfc (kg/kWh)	$\eta_{thermal}$ (%)
0	0	2882	230	0	0	0	0	0
200	201,1	2861	225	0,89	210.79	0,7	0,002613	3.01
400	381,2	2822	220	1,73	400.63	1,37	0,001375	5.72
600	544,2	2734	213	2,56	573.98	2,01	0,0012	8.19