

TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
ANALISA TORSI DAN DAYA MESIN DIESEL SILINDER
TUNGGAL DENGAN BAHAN BAKAR GANDA (SOLAR-LPG)

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

ISMAIL
1307230244



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN – I
TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
ANALISA TORSI DAN DAYA MESIN DIESEL SILINDER
TUNGGAL DENGAN BAHAN BAKAR GANDA (SOLAR-
LPG)

Disusun Oleh :

ISMAIL
1307230244

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II

(H. Muharnif M. S.T., M.Sc)

(Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T.,M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN – II
TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
ANALISA TORSI DAN DAYA MESIN DIESEL SILINDER
TUNGGAL DENGAN BAHAN BAKAR GANDA (SOLAR-
LPG)

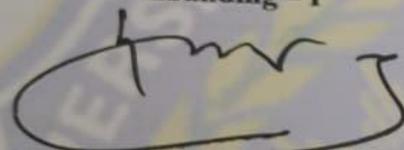
Disusun Oleh :

ISMAIL
1307230244

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 29 September 2018

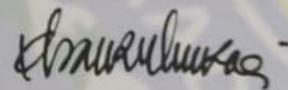
Disetujui Oleh :

Pembanding – I



(Munawar A Siregar, S.T., M.T)

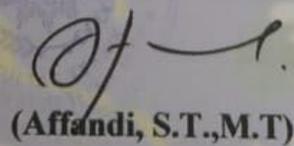
Pembanding – II



(Khairul Umurani, S.T., M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T., M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Perjawab surat ini agar disebutkan
tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

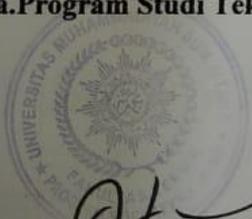
Nama : ISMAIL
NPM : 1307230244
Semester : X (Sepuluh)
SPESIFIKASI :

**“ANALISA TORSI DAN DAYA PADA MESIN SILINDER TUNGGAL DENGAN
BAHAN BAKAR GANDA (SOLAR + LPG)”**

Diberikan Tanggal : 24 Mei 2018
Selesai Tanggal : 26 September 2018
Asistensi : \pm Seminggu, 1 kali
Tempat Asistensi : Di Kampus dan di Rumah Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc

Diketahui oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin

Medan, 26 September 2018
Dosen Pembimbing – I



(Affandi, S.T)

(H. Muharnif, S.T., M.Sc)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Jawab surat ini agar disebutkan
tan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA: Ismail

PEMBIMBING – I : H. Muharnif M. S.T., M.Sc

NPM : 1307230244

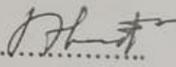
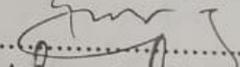
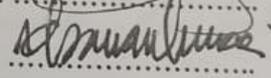
PEMBIMBING – II : H. Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T

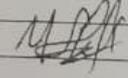
NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	Kamis $\frac{20}{9}$ 2018	-perbaiki Bab 1, Bab 2. dan Bab 3, terkait format tulisan.	JH.
	26/3-18.	- Bab 4; Berapa Variasi putaran mesin ... ? - tunjukkan Data mentah Sebutkan nilai Rata-rata pada Bab 4.	JH.
	Rabu 18/7 - 2018.	Lengkapi. Tabel Massa jenis fluida, tabel properties Latar belakang. Agar di serasikan dengan judul.	JH.
	Jum'at 24/7-2018	Perbaiki Typan, Batasan Masalah dan Metode.	JH.
	Selasa 25/9-2018.	perbaiki Abstrak.	JH.
	Rabu 26/9-2018	Acc, seminar	JH.

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Ismail
 NPM : 1207230244
 Judul Tugas Akhir : Analisa Torsi Dan Daya Pada Mesin Diesel Silinder Tunggal Dengan Bahan Bakar Ganda (Solar + LPG).

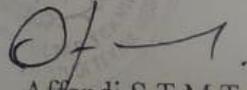
DAFTAR HADIR

	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc 
Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T 
Pembanding – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T 
Pembanding – II : Khairul Umurani.S.T.M.T 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1207230320	BILLI ARDIKA 
2	1307230264	BAYU MANDALA P 
3	1307230142	MUHAMMAD ILMAM AKBAR 
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 19 Muharram 1440 H
29 September 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin


Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ismail
NPM : 1307230244
Judul T.Akhir : Analisa Torsi dan Daya Pada Mesin Diesel Silinder Tunggal Dengan bahan Bakar Ganda (Solar + LPG).

Dosen Pembimbing - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Khairul Umurani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*lewat catelan pada bilau
skripsi*

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan 19 Muharram 1440H
29 September 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Affandi
Affandi.S,T.M.T

Dosen Pemanding- II

Khairul Umurani
Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ismail
NPM : 1307230244
Judul T.Akhir : Analisa Torsi dan Daya Pada Mesin Diesel Silinder Tunggal
Dengan bahan Bakar Ganda (Solar + LPG).

Dosen Pembimbing - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Khairul Umurani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*lihat catatan dan slip uji
dan diskusi tes dgn pembimbing terlebih dahulu*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 19 Muharram 1440H
29 September 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

Munawar A Siregar

Munawar A Siregar.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ISMAIL
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 21-Februari-1995
Npm : 1307230244
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Sarjana saya ini yang berjudul:

**“ANALISA TORSI DAN DAYA MESIN DIESEL SILINDER TUNGGAL
DENGAN BAHAN BAKAR GANDA (SOLAR-LPG)”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Sarjana saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 September 2018

Saya yang menyatakan,



Ismail
Ismail

ABSTRAK

Mesin diesel banyak di pakai pada kendaraan truck, alat berat dan perindustrian, di sebabkan memiliki torsi dan daya yang besar, Maka hal tersebut peneliti ingin mengetahui besar nilai Torsi dan pada mesin diesel silinder tunggal ini dengan bahan bakar ganda (Solar + Lpg) dengan variasi beban, Metode yang dilakukan dalam penelitian adalah eksperimen penambahan beban. Penelitian ini dilakukan dengan cara meningkatkan putaran (rpm) mesin 1000 rpm, 1500 rpm, dan 2000 rpm, dengan variasi penambahan beban 1kg, 2 kg, dan 3 kg. Dari variasi penelitian tersebut maka dapat di lihat parameter perbandingannya pada parameter unjuk kerja mesin diesel silinder tunggal dengan bahan bakar ganda (Solar + Lpg) ialah torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik (sfc), perbandingan udara bahan bakar (AFR), dan efisiensi thermal brake. Dalam mengetahui nilai torsi di gunakan brake dynamometer beserta sensor loadcell, untuk mengukur kecepatan putaran mesin menggunakan sensor RPM, untuk mengukur kecepatan konsumsi bahan bakar solar menggunakan alat ukur konsumsi bahan bakar yang di modifikasi, sedangkan untuk mengukur laju massa bahan bakar Lpg dan laju aliran massa udara menggunakan tabung pitot (manometer U air). Dari hasil data analisa pada beban tertinggi 3 kg dan dengan putaran tertinggi 2043 Rpm, torsi 15,25 N.m, daya 3,26 kw, Sfc 1,2353 kg/kw.h. Maka hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beban yang di terima maka semakin besar torsi dan daya nya, dan Sfc semakin besar beban yang diterima maka semakin sedikit konsumsi bahan bakar yang di butuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam waktu selang tertentu.

Kata Kunci : Analisa torsi dan daya pada mesin diesel silinder tunggal dengan bahan bakar ganda (Solar + Lpg).

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan baik. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya, untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari para Dosen Pembimbing merencanakan sebuah judul **“Analisa Torsi Dan Daya Pada Mesin Diesel Silinder Tunggal Dengan Bahan Bakar Ganda (Solar + Lpg)”**.

Shalawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat muslim dari alam kegelapan menuju alam yang terang menderang. Semoga kita mendapat syafa'atnya di yaumul akhir kelak amin yarabbal alamin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan baik dalam kemampuan pengetahuan dan penggunaan bahasa. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Dalam penulisan Tugas Sarjana ini, penulis banyak mendapat bimbingan, masukan, pengarahan dari Dosen Pembimbing serta bantuan moril maupun material dari berbagai pihak sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Sahlan dan Ibunda Sabariah yang telah banyak memberikan kasih sayang, nasehatnya, doanya, serta pengorbanan yang tidak dapat ternilai dengan apapun itu kepada penulis selaku anak yang di cintai dalam melakukan penulisan Tugas Sarjana ini.
2. Bapak H. Muharnif S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I Tugas Sarjana ini dan selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Sarjana ini.
4. Bapak Munawar Al-fansury Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I Tugas Sarjana ini.
5. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Sarjana ini.
6. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan masukan dan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
9. Anggota team Dual Fuel Diesel Engine Ismail, Dwi suryono, Hendra Gunawan, Alpin Lazuardi yang telah bekerja sama dalam menyelesaikan tugas sarjana dan alat uji motor diesel silinder tunggal dengan bahan bakar ganda.
10. Seluruh rekan-rekan seperjuangan Mahasiswa Program Studi teknik Mesin Khususnya A2 Siang dan B2 Siang yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan masukan-masukan bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Sarjana ini

Penulis menyadari bahwa Tugas Sarjana ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin ya rabbal alamin.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 26 September 2018
Penulis

ISMAIL
NPM. 1307230244

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I	
LEMBAR PENGESAHAN II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Mesin Diesel	6
2.2 Chasiss Dynamometer	6
2.2.1 Perhitungan Torsi Dan Daya	7
2.2.1.1 Torsi dan Daya	7
2.2.1.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Sfc)	8
2.2.1.3 Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)	8
2.2.1.4 Efisiensi Thermal Brake	9
2.3 Kecepatan Aliran Gas	10
2.1.5.1 Kegunaan dan Aplikasi Tabung Pitot	12
2.1.5.2 Kelebihan dan Kekurangan Tabung Pitot	12
2.1.5.3 Pengertian Tabung Manometer Tabung U	13
2.2. Teori Pembakaran	14
2.2.1 Pengertian Solar	15
2.2.1.1 Karakteristik Solar	16
2.2.1.2 Alat Ukur Konsumsi Bahan Bakar Solar	18
2.2.2 Liquefield Petroleum Gas	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	24
3.2 Waktu Dan Tempat	25
3.2.1 Waktu	25
3.2.2 Tempat	25
3.3 Spesifikasi Mesin Diesel R180	25
3.4 Desain Alat	26

3.5	Alat dan Bahan	27
3.6	Skema Rangkaian Arduino Sensor	38
3.7	Pengujian Dan Teknik Pengambilan Data	39
3.8	Jadwal Kegiatan	40
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data Hasil Pengujian	41
4.2	Menghitung Torsi Dan Daya Pada Beban 1 kg,2 kg,3 kg	43
4.3	Kecepatan Aliran Gas LPG Yang Masuk Kedalam Ruang Bakar	51
4.4	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Sfc)	57
4.5	Perbandingan Bahan Bakar Dan Udara	79
4.6	Efisiensi Thermal Brake	93
4.7	Pembahasan Grafik	101
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	108
5.2	Saran	109
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

Keterangan Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Siklus Motor Diesel 4 Langkah	6
Gambar 2.2. Tabung Pitot	10
Gambar 2.3. Manometer Tabung U	13
Gambar 2.4. Alat Ukur Konsumsi Bahan Bakar Solar	20
Gambar 3.1. Flowchart Konsep Penelitian	24
Gambar 3.2. Desain Alat	26
Gambar 3.3. Mesin Diesel Misaka R180	27
Gambar 3.4. <i>Brake Dynamometer</i>	27
Gambar 3.5. Regulator Gas Lpg	28
Gambar 3.6. Mixer Gas Lpg	28
Gambar 3.7. Alat Ukur Konsumsi Bahan Bakar Solar	29
Gambar 3.8. Solar	29
Gambar 3.9. Gas Lpg	30
Gambar 3.10. Alat Perlengkapan Percobaan	30
Gambar 3.11. Laptop	31
Gambar 3.12. Software Arduiono	31
Gambar 3.13. Arduino Uno	32
Gambar 3.14. Kabel USB	32
Gambar 3.15. Papan Beardboard	33
Gambar 3.16. Kabel Jamper	33
Gambar 3.17. Sensor Berat	34
Gambar 3.18. Sensor <i>Thermocouple</i>	34
Gambar 3.19. Sensor Putaran (<i>Rpm</i>)	35
Gambar 3.20. Tabung Pitot	35
Gambar 3.21. Solder	36
Gambar 3.22. Stopwatch	36
Gambar 3.23. Software Plx	37
Gambar 3.24. Skema Rangkaian Sensor-sensor Pada Arduino Uno	38
Gambar 4.1. Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Torsi	100
Gambar 4.2. Pengaruh Putaran Terhadap Daya	102
Gambar 4.3. Perbandingan Putaran Terhadap Konsumsi Bahan Bakar	103
Gambar 4.4. Perbandingan Putaran Terhadap Bahan Bakar Dengan Udara	104
Gambar 4.5. Perbandingan Putaran Dengan Efisiensi Thermal Brake	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Massa jenis fluida
Tabel 2.2	Properties bahan bakar solar
Tabel 2.3	Properties bahan bakar LPG (Liquefied Petroleum Gas)
Tabel 3.1	Spesifikasi motor diesel R180 hopper 8 PK
Tabel 4.1	Data hasil pengujian nilai rata-rata dengan putaran 1000 rpm (beban 1 kg, 2 kg, 3kg)
Tabel 4.2	Data hasil pengujian nilai rata-rata dengan putaran 1500 rpm (beban 1 kg, 2 kg, 3kg)
Tabel 4.3	Data hasil pengujian nilai rata-rata dengan putaran 2000 rpm (beban 1 kg, 2 kg, 3kg)
Tabel 4.4	Data hasil putaran mesin terhadap torsi
Tabel 4.5	Data hasil putaran mesin terhadap daya
Tabel 4.6	Data hasil putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (sfc)
Tabel 4.7	Data hasil putaran mesin terhadap perbandingan bahan bakar dengan udara (AFR)
Tabel 4.8	Data hasil pengujian putaran mesin terhadap efisiensi thermal brake

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
P_B	Daya keluaran	watt
n	Putaran mesin	rpm
T	Torsi	N.m
Sfc	Konsumsi bahan bakar spesifik	g/kW.h
m_f	Laju aliran bahan bakar	kg/jam
\dot{V}	Volume bahan bakar	ml/s
ρ	Spesifik gravity	-
V	Volume bahan bakar didalam selang	ml
t	Waktu	s
AFR	Perbandingan udara bahan bakar	-
m_a	laju aliran masa udara	kg/jam
η_v	Efesiensi thermal brake	%
Q	Laju panas yang masuk	m ³ /s
LHV	Nilai kalor bawah bahan bakar	kJ/kg
v	Kecepatan aliran fluida	m/s
g	Percepatan gravitasi	m/s ²
h	Tinggi permukaan fluida didalam manometer	mm
ρ'	Massa jenis zat cair didalam manometer	kg/m ³
ρ	assa jenis udara atau gas	kg/m ³
A	Diameter tabung pitot	mm

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin diesel merupakan sistem penggerak utama yang banyak digunakan baik untuk sistem transportasi maupun penggerak stasioner. Dikenal sebagai jenis motor bakar yang mempunyai efisiensi tinggi, penggunaan mesin diesel berkembang pula dalam bidang otomotif, antara lain untuk angkutan berat, traktor, bulldozer, pembangkit listrik di desa-desa, generator listrik darurat di rumah-sakit, Hotel dsb.

Mesin diesel selama ini di kenal sebagai mesin pekerja keras yang menggunakan bahan bakar solar yang banyak digunakan sebagai sumber tenaga truck dan alat-alat berat. Alasan yang lebih utama karena mesin diesel menghasilkan torsi yang lebih besar, torsi yang besar ini berasal dari rasio kompresi. Di samping itu mesin diesel memiliki karakteristik pembakarannya pada temperatur yang tinggi menghasilkan daya yang lebih besar di bandingkan pada mesin berbahan bakar bensin. Pada penelitian skripsi ini penulis menggunakan mesin diesel silinder tunggal dengan merek Misaka model R180 dengan Torsi maksimum $> 23,4$ N.m, dan daya maksimum 8.0 Hp/2600 rpm, maka dari itu kita dapat simpulkan apabila mesin diesel mempunyai silinder yang lebih banyak maka torsi dan daya nya pun juga lebih besar di bandingkan pada mesin diesel yang memiliki silinder tunggal.

Dengan ini pada umumnya mesin diesel menggunakan bahan bakar solar murni, tetapi tidak dalam hal penelitian ini dimana penulis memodifikasi system

pembakarannya dengan menambahkan bahan bakar Gas Lpg. Dimana mesin diesel tidak dapat menggunakan bahan bakar Gas Lpg seutuhnya karena mesin diesel dengan pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan kedalam ruang bakar karena mesin ini tidak menggunakan busi sebagai system penyalaan bahan bakarnya. Oleh sebab itu bahan bakar Gas Lpg hanya mampu terbakar apabila adanya percikan api dari sumber system pembakaran mesin, maka peneliti menggandakan bahan bakar Solar dengan bahan Gas Lpg supaya bahan bakar Gas Lpg bisa terbakar dengan sempurna. Dalam penelitian dimana mengharapkan dengan penambahan bahan bakar Gas Lpg mampu meningkatkan torsi dan daya, juga meliputi mampu menghemat konsumsi bahan bakar solar.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah menganalisa torsi dan daya pada mesin diesel silinder tunggal terhadap bahan bakar ganda (Solar – LPG) dengan variasi beban.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada Mesin Diesel ini :

- 1.) Menganalisa Torsi dan Daya pada mesin diesel silinder terhadap bahan bakar ganda (Solar + Lpg).
- 2.) Menghitung Torsi dan Daya pada mesin diesel silinder tunggal dengan variasi beban terhadap bahan bakar ganda (Solar + Lpg).

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

- 1.) Mengetahui unjuk kerja proses pencampuran bahan bakar Solar terhadap bahan bakar Lpg.
- 2.) Untuk menganalisa besarnya torsi dan daya terhadap bahan bakar ganda (Solar + Lpg).

1.4.2 Tujuan Khusus

- 1.) Untuk mengetahui torsi pada mesin diesel silinder tunggal dengan bahan bakar ganda.
- 2.) Untuk mengetahui daya pada mesin diesel silinder tunggal dengan bahan bakar ganda.
- 3.) Untuk mengetahui konsumsi bahan bakar spesifik pada mesin diesel silinder tunggal dengan bahan bakar ganda.
- 4.) Untuk mengetahui perbandingan bahan bakar udara pada mesin diesel silinder tunggal dengan bahan bakar ganda.
- 5.) Untuk mengetahui efisiensi thermal brake pada mesin diesel silinder tunggal dengan bahan bakar ganda.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari pencapaian tugas akhir ini adalah :

- 1.) Pemakaian dari bahan bakar ganda diharapkan mampu mengurangi dan menghemat konsumsi solar sepenuhnya.
- 2.) Penambahan bahan bakar LPG diharapkan menghasilkan torsi dan daya yang lebih besar.

- 3.) Menginformasikan pada masyarakat tentang adanya *Dual Fuel Diesel Engine* yang lebih hemat tapi menghasilkan torsi dan daya yang lebih besar.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

BAB 1 Pendahuluan

Bab ini berisikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat dan tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori tentang mesin diesel dan unjuk kerja baik pengertiannya, dan karakteristik bahan bakar SOLAR dan LPG. Berdasarkan teori-teori inilah penulis akan melakukan pengujian sistem penginjeksian bahan bakar yang telah dimodifikasi.

BAB 3 Metode Penelitian

Bab ini berisikan tentang bagaimana penulis untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini. Bagian ini berisikan tentang mulai dari langkah-langkah skema penelitian, penyiapan bahan-bahan yang diperlukan dan prosedur penelitian.

BAB 4 Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisi mengenai pengolahan data pengujian dan data yang diperoleh dari hasil penelitian dan juga grafik hasil dari perhitungan data.

BAB 5 Kesimpulan Dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan serta saran-saran yang diajukan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

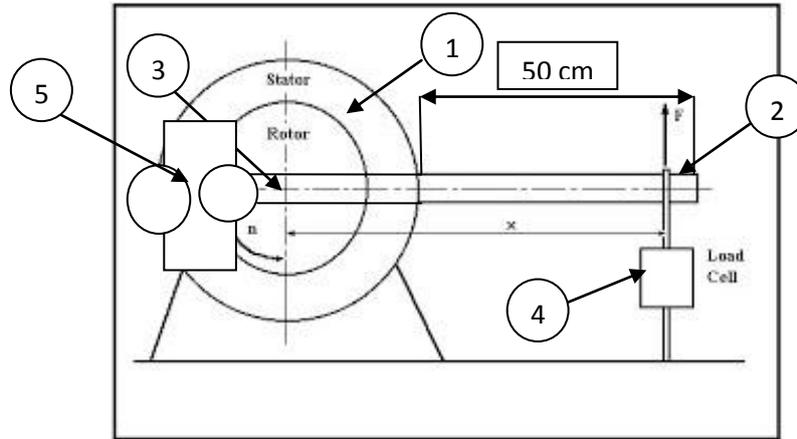
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Mesin Diesel

Motor diesel adalah jenis khusus dari mesin pembakaran dalam. Karakteristik utama dari Mesin Diesel yang membedakannya dari motor bakar yang lain terletak pada metoda penyalaan bakarnya. Dalam Mesin Diesel bahan bakar diinjeksikan kedalam silinder yang berisi udara bertekanan tinggi. Selama proses pengkompresian udara dalam silinder mesin, suhu udara meningkat, sehingga ketika bahan bakar yang berbentuk kabut halus bersinggungan dengan udara panas ini, maka bahan bakar akan menyala dengan sendirinya tanpa bantuan alat penyala lain. Karena alasan ini mesin diesel juga disebut mesin penyalaan kompresi (*Compression Ignition Engines*).

2.2 Chassis Dynamometer

Chassis dynamometer ialah perangkat untuk mengerjakan suatu pengujian dan pengukuran kecepatan konstan, beban jalan, dan kekuatan dari suatu kendaraan. Kendaraan yang dipasang pada *chassis dynamometer* dengan memakai perangkat pengekangan dan memakai roller pada masing-masing as rodanya guna menguji kekuatan dari roda tersebut. Sehingga dalam penggunaan *chassis dynamometer* seperti gambar 2.1 dapat diketahui besar nilai torsi dan daya pada suatu mesin .



Gambar 2.1 *Chassis Dynamometer*

Keterangan :

1. *Brake Disk* (rotor)
2. Lengan Poros
3. Titik Poros
4. Sensor *Loadcell*
5. *Brake shoe*

Dalam penggunaan *Chassis dynamometer* maka kita dapat mengetahui Torsi dan Daya, maka dengan itu untuk mengetahuinya menggunakan beberapa perhitungan sebagai berikut.

2.2.1 Perhitungan Torsi dan Daya

2.2.1.1 Torsi dan daya

Torsi yg di hasilkan mesin diesel dapat di ukur dengan menggunakan *dynamometer* yang di kopel dengan poros output mesin. Oleh karena sifat *dynamometer* yang bertindak seolah-olah seperti sebuah rem dalam sebuah mesin, maka daya yang dihasilkan poros output ini sering di sebut sebagai daya rem (brake Power).

Perhitungan daya dapat di nyatakan dengan persamaan 2.1 (Jekson .T,2009)

$$P_B = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} T \quad (2.1)$$

2.2.1.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption, SFC*)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis konsumsi bahan bakar pada sebuah mesin, agar mudah mengetahui jumlah bahan bakar yang di butuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu.

Bila daya rem dalam satuan kw dan laju aliran masan bahan bakar dalam satuan kg/jam, maka dapat di ketahui dengan persamaan 2.2 (Jekson .T,2009)

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{P_B} \quad (2.2)$$

Besarnya laju aliran massa bahan bakar (\dot{m}_f) di hitung dengan persamaan (Jekson.T,,2009)

$$\dot{m}_f = \dot{V} \times \rho \quad (2.3)$$

$$\dot{V} = \frac{V}{t}$$

2.2.1.3 Perbandingan Udaran Bahan Bakar (AFR)

Pembakaran yang terjadi adalah tidak lain dari suatu reaksi kimia yang berlangsung dalam waktu yang amat pendek, dan dari reaksi tersebut dihasilkan sejumlah panas. Karena itu untuk sejumlah tertentu bahan bakar dibutuhkan pula sejumlah oksigen. Perbandingan antara jumlah udara dan bahan bakar tersebut dapat dihitung dengan persamaan reaksi pembakaran.

Untuk memperoleh pembakaran yang sempurna, bahan bakar harus di campur udara dengan perbandingan tertentu. Perbandingan bahan bakar ini dapat di nyatakan dengan persamaan (Jekson.T,2009)

$$AFR = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (2.4)$$

2.2.1.4. Efisiensi Thermal Brake

Efisiensi thermal ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa mesin peralatan thermal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi yang di dapatkan dari sumber energy. Kerja berguna yang dihasilkan selalu lebih kecil dari pada energi yang dibangkitkan piston karena sejumlah energi hilang akibat adanya rugi-rugi mekanis (*mechanical losses*).

Maka efisiensi thermal brake mempunyai persamaan dalam pernyataan (Jekson.T,2009) sebagai berikut :

$$\eta_v = \frac{\text{Daya aktual}}{Q_{solar} + Q_{ipg}} \quad (2.5)$$

Maka untuk mengetahui laju panas yang masuk Q , dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Q = \dot{m}_f \cdot LHV \quad (2.6)$$

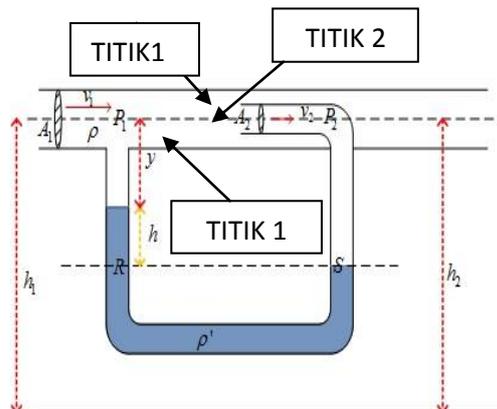
Dimana, LHV = nilai kalor bawah bahan bakar (kj/kg)

Jika daya keluaran (P_B) dalam satuan kW, laju aliran bahan bakar \dot{m}_f dalam satuan kg/jam maka :

$$\eta_b = \frac{P_B}{\dot{m}_f \cdot LHV} \quad (2.7)$$

2.3 Kecepatan Aliran Gas

untuk mengukur kecepatan aliran gas dengan menggunakan tabung pitot seperti gambar 2.2 massa jenis yang dialirkan pada penampang pipa A1 ke arah sebelah kanan. Aliran gas juga tentunya akan masuk ke penampang pipa A2 mendorong cairan bermassa jenis ρ' setinggi h dan kemudian tertahan, sehingga besar kecepatan gas yang masuk pada penampang pipa A2 akan sama dengan nol.



Gambar 2.2. Tabung pitot

Fluida mengalir melalui titik 2, tekanan mulai naik hingga mencapai suatu harga konstan yang terus dipertahankan pada titik ini, disebut titik stagnan. Perbedaan tekanan stagnan pada titik 2 dan tekanan stagnan yang diukur oleh static tube menunjukkan kenaikan tekanan yang dihubungkan dengan penurunan kecepatan fluida.

Maka untuk mendapatkan kecepatan laju aliran fluida udara atau dapat di asumsikan menggunakan rumus persamaan 2.8 (Agriehira.L.,P,2011) dibawah ini:

$$v = \sqrt{\frac{2\rho'gh}{\rho}} \quad (2.8)$$

Dari persamaan diatas percepatan gravitasi dapat didefinisikan sebagai suatu objek yang berada di permukaan laut memiliki nilai 9,80665 m/s. Umumnya

digunakan nilai 9,81 m/s untuk mudahnya. Kemudian massa jenis dari fluida yang digunakan pada persamaan diatas dapat dilihat pada table dibawah.

Tabel 2.1. Massa Jenis Fluida

Jenis benda	Massa jenis (kg/m ³)	Jenis benda	Massa jenis (kg/m ³)
Zat cair		Zat padat	
Air (4 °C)	1000	Es	920
Air Laut	1030	Aluminium	2700
Darah	1060	Besi & Baja	7800
Bensin	680	Emas	19300
Air raksa	13600	Gelas	2400 - 2800
Zat gas		Kayu	300 - 900
Udara	1,293	Tembaga	8900
Helium	0,1786	Timah	11300
Hidrogen	0,08994	Tulang	1700 - 2000
Uap air (100 °C)	0,6		

Berdasarkan persamaan kecepatan aliran fluida (v) diatas, laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap Gas LPG dapat dihitung dengan terlebih dahulu mengetahui debit aliran gas dan dapat diasumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{v}{r_0 - r} = \frac{v_{\max}}{r_0} \text{ atau } v = v_{\max} \left(1 - \frac{r}{r_0} \right)$$

$$Q = \int_A v dA = \int_0^{r_0} v_{\max} \left(1 - \frac{r}{r_0} \right) 2\pi r dr$$

$$Q = 2\pi v_{\max} \int_0^{r_0} \left(1 - \frac{r}{r_0} \right) r dr = 2\pi v_{\max} r_0^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{\max} \quad (2.9)$$

Sebagaimana telah diketahui diameter tabung pitot yang digunakan pada pengujian ini adalah sebesar 17 mm, kemudian di konversi ke meter menjadi 0,017 m. Maka jari-jari (r) pada tabung pitot adalah 0,0085 m.

2.1.5.1. Kegunaan dan Aplikasi Tabung Pitot

Kegunaan dan pengaplikasian tabung pitot ini ialah :

1. Kegunaan dan Aplikasi Tabung Pitot.
2. Untuk menghitung profil kecepatan aliran pada pipa.
3. Untuk mengukur kecepatan udara pada pesawat terbang terhadap udara.
4. Untuk mengukur tekanan fluida pada wind tunnel.

2.1.5.2. Kelebihan dan Kekurangan Tabung Pitot

Adapun Kelebihan dari Tabung pitot ialah :

1. Susunan sederhana.
2. Pressure drop aliran kecil.
3. Tidak perlu adanya kalibrasi.
4. Pressure drop aliran kecil.
5. Relatif mudah dan murah.
6. Rugi tekanan tidak terlalu tinggi.
7. Dapat digunakan untuk liquid batching system.

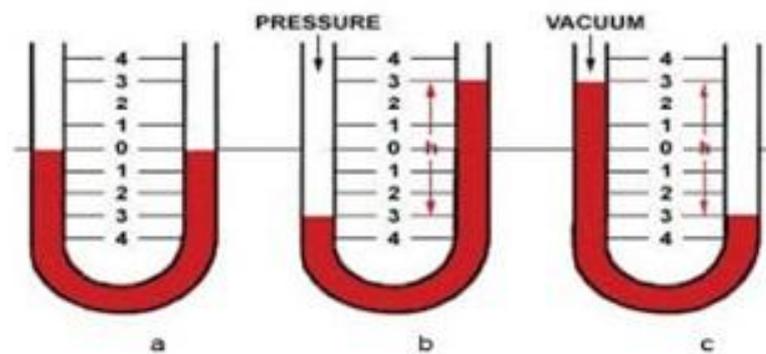
Adapun Kekurangan dari Tabung pitot ialah :

1. Pipa harus lurus dengan kecepatan aliran untuk mendapatkan hasil yang baik.
2. Keakuratan rendah untuk beberapa aplikasi.
3. Fluida harus bersih.
4. Ukuran pipa dan kapasitas terbatas untuk ukuran pipa yang kecil.

2.1.5.3. Pengertian Manometer Tabung U

Manometer adalah alat ukur tekanan dan manometer tertua adalah manometer kolom cairan. Alat ukur ini sangat sederhana, pengamatan dapat dilakukan langsung dan cukup teliti pada beberapa daerah pengukuran. Manometer kolom cairan biasanya digunakan untuk pengukuran tekanan yang tidak terlalu tinggi (mendekati tekanan atmosfer).

Fungsi manometer adalah alat yang digunakan secara luas pada audit energi untuk mengukur perbedaan tekanan di dua titik yang berlawanan. Jenis manometer tertua adalah manometer kolom cairan. Versi manometer sederhana kolom cairan adalah bentuk pipa U seperti gambar 2.3 yang diisi cairan setengahnya (biasanya berisi minyak, air atau air raksa) dimana pengukuran dilakukan pada satu sisi pipa, sementara tekanan (yang mungkin terjadi karena atmosfer) diterapkan pada tabung yang lainnya. Perbedaan ketinggian cairan memperlihatkan tekanan yang diterapkan.



Gambar 2.3 Manometer Tabung U

Prinsip kerja manometer

Gambar a.

Merupakan gambaran sederhana manometer tabung U yang diisi cairan setengahnya, dengan kedua ujung tabung terbuka berisi cairan sama tinggi.

Gambar b.

Bila tekanan positif diterapkan pada salah satu sisi kaki tabung, cairan ditekan kebawah pada kaki tabung tersebut dan naik pada sisi tabung yang lainnya. Perbedaan pada ketinggian, "h", merupakan penjumlahan hasil pembacaan diatas dan dibawah angka nol yang menunjukkan adanya tekanan.

Gambar c.

Bila keadaan vakum diterapkan pada satu sisi kaki tabung, cairan akan meningkat pada sisi tersebut dan cairan akan turun pada sisi lainnya. Perbedaan ketinggian "h" merupakan hasil penjumlahan pembacaan diatas dan dibawah nol yang menunjukkan jumlah tekanan vakum.

2.2 Teori Pembakaran

Cara pembakaran dan pengatomisasian (atomizing) bahan bakar pada motor diesel tidak sama dengan motor bensin. Pada motor bensin campuran bahan bakar dan udara melalui karburator dimasukkan ke dalam silinder dan dibakar oleh nyala listrik dari busi. Pada motor diesel yang diisap oleh torak dan dimasukkan ke dalam ruang bakar hanya udara, yang selanjutnya udara tersebut dikompresikan sampai mencapai suhu dan tekanan yang tinggi. Beberapa saat sebelum torak mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar solar diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Dengan suhu dan tekanan udara dalam silinder yang cukup tinggi maka partikel-partikel bahan bakar akan menyala dengan sendirinya sehingga membentuk proses pembakaran. Agar bahan bakar solardapat terbakar sendiri, maka diperlukan rasio kompresi 15-22 dan suhu udara kompresi kira-kira 600°C.

2.2.1 Pengertian Solar

Istilah Solar sebenarnya merujuk kepada bahan bakar diesel yang dihasilkan dari proses extract lemak binatang atau minyak dari tumbuhan yang digunakan untuk operasi standar mesin diesel. Karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan cenderung lebih ramah lingkungan, Solar menjadi alternatif utama yang paling digemari saat ini untuk menggantikan pemakaian bahan bakar yang terbuat dari minyak bumi.

Sebenarnya, Solar sama seperti bahan bakar lainnya yang ternyata memiliki banyak kelebihan tetapi tetap memiliki beberapa kelemahan. Berikut ini beberapa kelebihan maupun kelemahan yang dimiliki oleh bahan bakar jenis ini :

a. Kelebihan Bahan Bakar Solar

Sejauh ini, keuntungan terbesar didapatkan dengan penggunaan Solar adalah sifatnya yang bisa diperbaharui dan tidak beracun. Hal ini menjadikannya sebagai bahan bakar alternatif pembangkit listrik paling ramah yang tersedia saat ini. Dalam sebuah penelitian di Departemen Energi Amerika Serikat mengungkapkan bahwa penggunaan bahan bakar Solar dapat mengurangi emisi karbon dioksida disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil sebesar 75 persen.

Manfaat lainnya, bahan bakar Solar ini tidak mengandung bahan kimia beracun, seperti belerang, yang bertanggung jawab atas terjadinya emisi berbahaya. Bahkan, jika digunakan setiap hari menggantikan bahan bakar fosil berbahaya seperti hujan asam bisa dihilangkan selamanya.

b. Kelemahan Bahan Bakar Solar

Kandungan energi Solar diketahui 11 persen lebih kecil dari bahan bakar diesel yang berbasis minyak bumi. Ini berarti kapasitas pembangkit listrik dari mesin yang Anda gunakan akan menurun jauh ketika menggunakan Solar.

Kelemahan kedua yang terdapat pada Solar adalah memiliki kualitas oksidasi yang buruk sehingga Solar dapat menyebabkan beberapa masalah masalah serius ketika disimpan. Bila disimpan untuk waktu yang lebih lama, Solar cenderung berubah menjadi gel (lihat minyak goreng yang disimpan di kulkas), yang dapat menyebabkan penyumbatan berbagai komponen mesin. Bio Diesel ini juga dapat mengakibatkan pertumbuhan mikroba, sehingga menyebabkan beberapa kerusakan pada mesin.

Selain itu dampak paling serius yang dihadapi dengan penggunaan Solar adalah kelangkaan pangan akibat dialihkannya tanaman yang biasa dikonsumsi untuk dijadikan bahan bakar. Tanaman seperti tebu, jagung, kelapa sawit dan beberapa jenis komoditas lainnya cenderung mengalami kenaikan harga yang cukup signifikan akibat dijadikan Bio diesel.

2.2.1.1. Karakteristik Solar

Sebagai bahan bakar, tentunya solar memiliki karakteristik tertentu sama halnya dengan jenis bahan bakar lainnya. berikut karakteristik yang dimiliki fraksi solar:

1. Tidak berwarna atau terkadang berwarna kekuning-kuningan dan berbau.
2. Tidak akan menguap pada temperatur normal.
3. Memiliki kandungan sulfur yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bensin dan kerosen.

4. Memiliki flash point (titik nyala) sekitar 40°C sampai 100°C.
5. Terbakar spontan pada temperatur 300°C.
6. Menimbulkan panas yang tinggi sekitar 10.900 cal/kg (Berkah fajar,Sudargana , 2007)

Pada umumnya solar digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermesin diesel ataupun peralatan-peralatan industri lainnya. Agar menghasilkan pembakaran yang baik, solar memiliki syarat-syarat agar memenuhi standar yang telah ditentukan. Berikut persyaratan yang menentukan kualitas solar:

- Mudah terbakar.
- Tidak mudah mengalami pembekuan pada suhu yang dingin.
- Memiliki sifat anti knocking dan membuat mesin bekerja dengan lembut.
- Solar harus memiliki kekentalan yang memadai agar dapat disemprotkan oleh ejector di dalam mesin.
- Tetap stabil atau tidak mengalami perubahan struktur, bentuk dan warna dalam proses penyimpanan.
- Memiliki kandungan sulfur sekecil mungkin, agar tidak berdampak buruk bagi mesin kendaraan serta tidak menimbulkan polusi.

Tabel 2.2.Properties Bahan Bakar Solar

NO.	Properties	Unit	Limit	
			Min	Max
1.	Density pada 15 ⁰ C	Kg/m ³	815	870
2.	Angka Cetane	-	45	-
3.	Index Cetane	-	48	-

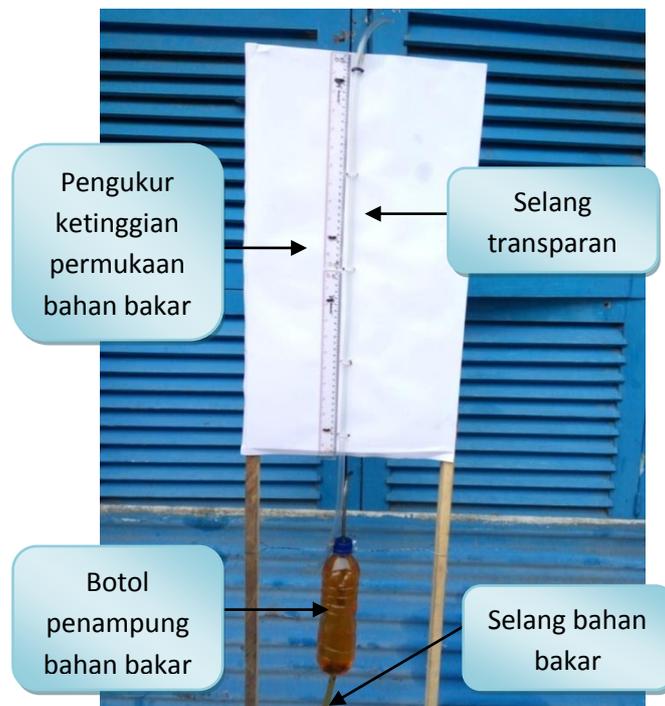
4.	Visc. Kinematik pada 40 ⁰ C	mm ² /sec	2.0	5.0
5.	Titik Didih	⁰ C	-	18
6.	Titik Nyala	⁰ C	60	-
7.	Distilasi : T95	⁰ C	-	370
8.	Kandungan Belerang	% massa	-	0.35
9.	Korosi Copper	Merit	-	No. 1
10.	Residu Konradson Carbon	Merit	-	No. 1
11.	Kandungan Abu	% m/m	-	0.01
12.	Kandungan Air	Mg/kg	-	500
13.	Partikulat	Mg/l	-	0.01
14.	Angka Asam Kuat	mgKOH/g	-	-
15.	Total Asam Kuat	mgKOH/g	-	0.6
16.	Warna	No. ASTM	-	3.0
17.	API Gravity pada 15 ⁰ C	-	-	-

Sumber : Dicky Yoko Exoryanto, Bambang Sudarmanta. 2016

2.2.1.2. Alat Ukur Konsumsi Bahan Bakar Solar

Alat ukur yang dipakai untuk mengetahui konsumsi bahan bakar yang di asumsikan oleh mesin diesel terdiri dari kertas karton putih, selang plastik transparan, botol minuman, selang bahan bakar, dan keran bahan bakar. Botol plastik digunakan sebagai tempat wadah bahan bakar solar, pemilihan botol plastik yang digunakan adalah botol plastik transparan dengan tujuan agar dapat

mengetahui volume bahan bakar pada botol sewaktu-waktu harus diisi kembali. Botol dibuat dengan cara melubangi pada bagian atas dan bagian bawah untuk menyambungkan botol dengan selang ukur (bagian atas botol) dan selang menuju ruang bakar (bagian bawah botol) menggantikan saluran bahan bakar dari tangki motor, sehingga solar di dalam botol mengalir ke ruang pembakaran. Diantara lubang bawah botol dan selang diberikan keran agar sewaktu-waktu tidak digunakan solar dapat ditutup. Botol dan selang di sambung dan ditutup dengan campuran lem “Dextone” yang cukup banyak untuk menghindari adanya kebocoran pada sambungan, Dalam mengetahui asumsi bahan bakar solar yang digunakan pada motor diesel dengan bahan bakar ganda ini disini kita menggunakan 2 buah mistar dengan panjang 30 cm, dengan itu kita dapat menghitung waktu berapa volume penurunan bahan bakar solar yang digunakan per cm nya pada saat pengujian dengan bahan bakar ganda gas lpg. Alat ukur yang dibuat dapat dilihat pada gambar 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2.3. Alat ukur konsumsi bahan bakar solar

Alat ukur konsumsi bahan bakar solar panjang yang digunakan berupa kertas putih yang dijadikan *background* dan penggaris sepanjang 60 cm yang diletakkan di atasnya kemudian diikat dengan kabel tis. Lalu selang diletakkan disamping mistar, sehingga dapat diketahui penurunan solar yang terjadi. Selang digunakan untuk mengamati kecepatan penurunan volume bahan bakar selama pengujian konsumsi bahan bakar dengan bahan bakar ganda gas lpg. Selang transparan ini dipasang tegak lurus sehingga penurunan volume bahan bakar dapat diamati. Ukuran selang yang digunakan adalah diameter luar 9 mm, dengan ketebalan dinding 1 mm berdasarkan pengukuran dengan jangka sorong. Dengan demikian diameter dalam selang adalah 8 mm. Karena dimensi selang yang bermacam-macam dan belum diketahui volume selang dalam ketinggian 1 cm, maka untuk mengetahui volume dalam milimeter setiap ketinggian 1 cm dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

Perhitungan volume dalam milimeter setiap ketinggian 1 cm :

$$V = \left(\frac{1}{4} \pi \times d^2 \right) \times h \quad (2.10)$$

Dimana :

V = Volume selang (ml)

π = 3.14

d = diameter selang dalam, 8 mm = 0.8 cm (diameter selang luar = 9 mm, dan tebal = 1 mm)

h = tinggi, 1 cm

Maka :

$$V = \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,8 \text{ cm})^2 \right) \times 1 \text{ cm}$$

$$V = 0.502 \text{ cm}^3 = 0.502 \text{ ml}$$

Maka setiap penurunan 1 cm, terjadi penurunan volume bahan bakar sebesar 0.502 ml dan setiap penurunan 30 cm terjadi penurunan volume bahan bakar sebesar 15 ml.

2.2.2 Liquefied Petroleum Gas (LPG)

Elpiji, dari pelafalan singkatan bahasa Inggris; *LPG (liquefied petroleum gas*, harafiah: "gas minyak bumi yang dicairkan"), adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair. *LPG (liquefied petroleum gas)* terdiri dari campuran utama propan dan butan dengan sedikit persentase hidrokarbon tidak jenuh (propilen dan butilen) dan beberapa fraksi C2 yang lebih ringan dan C5 yang lebih berat. Senyawa yang terdapat dalam LPG adalah propan(C₃H₈), propilen (C₃H₆), normal dan iso-butan (C₄H₁₀) dan butilen (C₄H₈). LPG merupakan campuran dari hidrokarbon tersebut yang terbentuk gas pada tekanan atmosfer, namun dapat diembunkan menjadi bentuk cair pada suhu normal, dengan tekanan yang cukup besar. Walaupun digunakan sebagai gas, namun untuk kemudahannya disimpan dan ditransport dalam bentuk cair dengan tertentu.

LPG Pertamina yang dipasarkan dalam kemasan tabung (3 kg, 6 kg, 12 kg, 50 kg) dan curah merupakan LPG campuran, dengan komposisi $\pm 30\%$ *propana*

dan 70 % *butane*. Varian lain adalah LPG Odourless (tidak berbau). Zat mercaptan biasanya ditambahkan kepada LPG untuk memberikan bau yang khas, sehingga kebocoran gas dapat dideteksi dengan cepat.

Adapun Karakteristik Dari Gas LPG yaitu :

1. Berbentuk cair /bertekanan yang disimpan dalam tabung dengan berat jenis (BD) 0,555 - 0,584.
2. Memiliki daya pemanasan dan efisiensi tinggi dibandingkan bahan bakar lainnya.
3. Tingkat polusi dan gas buang rendah.
4. Tidak meninggalkan residu apabila menguap.
5. Bersih, tidak mengandung racun, tidak berwarna, mudah menyala dan aman dalam pengangkutan dan penyimpanan .
6. Tidak mempunyai sifat korosif terhadap kemasan dan jalur pipa besi/baja.
7. Gas lpg diudara terbuka mempunyai sifat lebih berat dari udara sehingga cenderung merambat kebawah permukaan tanah.
8. Untuk keselamatan gas lpg ditambahkan zat pembau (merkaptan) sehingga baunya menusuk hidung pertanda tabung bocor.
9. Nilai kalor gas LPG 11.245 Kkal/kg(*W. Djoko Yudisworo :2014*)

Tabel 2.3 Properties Bahan Bakar LPG (*liquefied petroleum gas*)

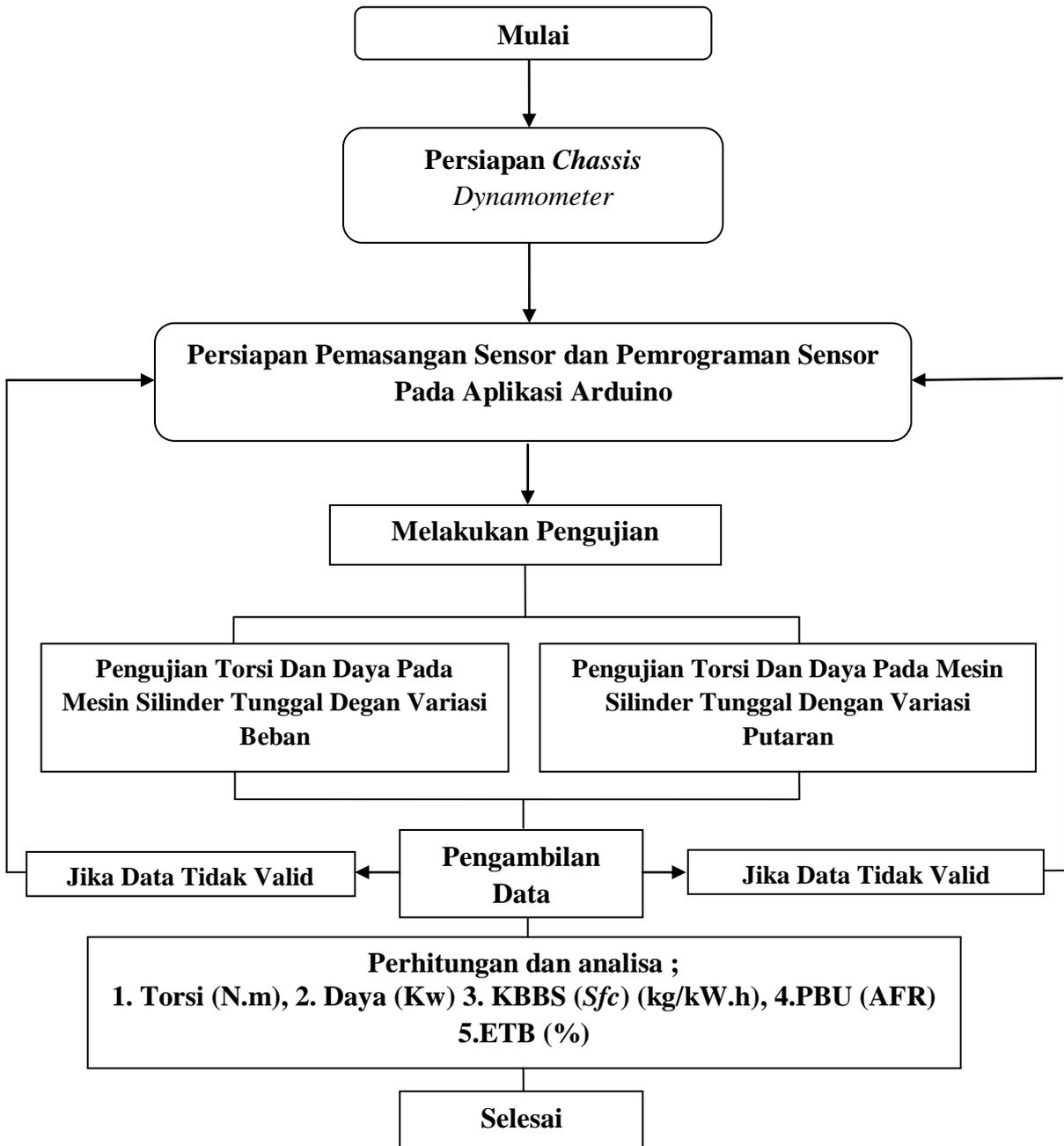
Properties		Propane	n-Butane	DME
Rumus Kimia		C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CH₃OCH₃
Titik Didih / <i>Boiling point</i>	°C	-42	-0.5	-25.1
Densitas Cair / <i>Liquid density</i>	(g/cm ³ , 20°C)	0.49	0.57	0.67
Specific gravity of gas	(vs. air)	1.52	2	1.59
Saturated vapor pressure	(atm., 25°C)	9.3	2.4	6.1
Explosion limit	(%)	2.1 – 9.4	1.9 – 8.4	3.4 – 17
Cetane number		5	10	55 – 60
Octane number		100	-	13
Net calorific value	(kcal/kg)	11,900	11,800	6,900
Net calorific value	(kcal/l)	5,950	6,840	5,110

Sumber : (Aldo Maudy G : 2017)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.1. Flowchart konsep penelitian

3.2. Waktu dan Tempat

3.2.1. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan uji coba dilakukan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelolaan Progran Study Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

3.2.2 . Tempat

Tempat pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3. Spesifikasi Mesin Diesel R180

Untuk melakukan penelitian ini, alat uji yang digunakan adalah :

1. Mesin Diesel Misaka R180 Hoppe

Tabel 3.1. Spesifikasi Motor Diesel R180 hopper 8Pk

Berat	74 kg
Dimensi	380 x 590 x 550
Merek	MISAKA R180
Model	R 180
Tipe Mesin	Horisontal, 4 Langkah Pendingin Air
Sistem Pembakaran	Injeksi Langsung
Jumlah Silinder	1 Silinder
Diameter x Langkah	80 x 80 mm
Isi Silinder	402 cc
Daya Maksimum	8.0 Hp / 2600 rpm
Daya Rata-rata	7.5 Hp / 2600 rpm
Kapasitas Tangki Oli	2.5 liter
Bahan Bakar	Solar
Pelumas	SAE 40 CC/CD
Sistem pelumasan	Tekanan / Percikan
Sistem Pendingin	Hopper
Sistem Penyalaan	Engkol / Manual

3.4. Desain Alat

Desain alat yang digunakan pada penelitian variasi paking pada pompa injeksi bahan bakar adalah desain alat yang sederhana. Alat yang dibuat untuk mengurangi pemakaian bahan bakar solar, setelah adanya pengurangan jarak panjang langkah pompa penekan bahan bakar akibat penambahan paking. Desain alat dalam penelitian ini dapat dilihat Seperti pada gambar 3.1.



Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Mesin diesel silinder tunggal | 5. Alat ukur konsumsi bahan bakar |
| 2. <i>Brake Dynamometer</i> | 6. Bahan bakar solar |
| 3. Regulator | 7. Bahan bakar Gas LPG |
| 4. Mixer gas | |

Gambar 3.1 Desain alat

3.5. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam modifikasi mesin diesel misaka R180 dengan bahan bakar ganda ini adalah :

1. Mesin Diesel Silinder Tunggal

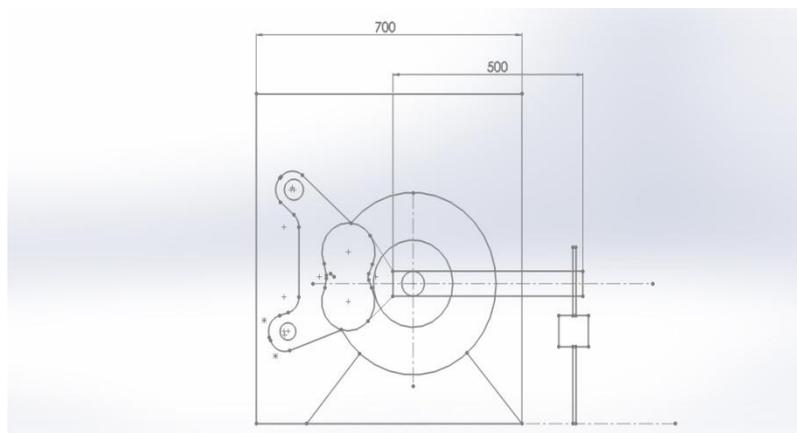
Berfungsi sebagai Mesin pengujian bahan bakar ganda Solar-LPG untuk mengetahui Tosi dan Daya seperti gambar 3.2.



Gambar 3.2 Mesin Diesel Misaka R180

2. Brake Dynamometer

Brake Dynamometer berfungsi sebagai alat untuk pengujian unjuk kerja mesin seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3 Brake Dynamometer

3. Regulator Gas LPG

Regulator Berfungsi sebagai alat penyalur aliran Gas LPG dengan menggunakan katub dan mixer gas yang akan di Injecksi pada Mesin Diesel seperti gambar 3.4.



Gambar 3.4 Regulator Gas LPG

4. Mixer Gas LPG

Mixer Gas LPG berfungsi sebagai alat pencampuran antara LPG dan udara di intake manifold ke Ruang silinder Mesin Diesel Silinder Tunggal seperti gambar 3.5.



Gambar 3.5 Mixer Gas LPG

5. Alat Ukur Konsumsi Bahan Bakar

Berfungsi sebagai alat pengukur konsumsi bahan bakar solar saat pengujian pada motor diesel seperti gambar 3.6.



Gambar 3.6 Alat ukur konsumsi bahan bakar solar

6. Solar

Solar berfungsi sebagai bahan bakar utama pada Mesin Diesel yang akan di gunakan pada saat pengujian seperti gmar 3.7.



Gambar 3.7. Solar

7. Gas LPG

Berfungsi sebagai bahan bakar campuran pada motor diesel silinder tunggal berbahan bakar ganda seperti gambar 3.8.



Gambar 3.8. Gas LPG

8. Alat Perlengkapan percobaan

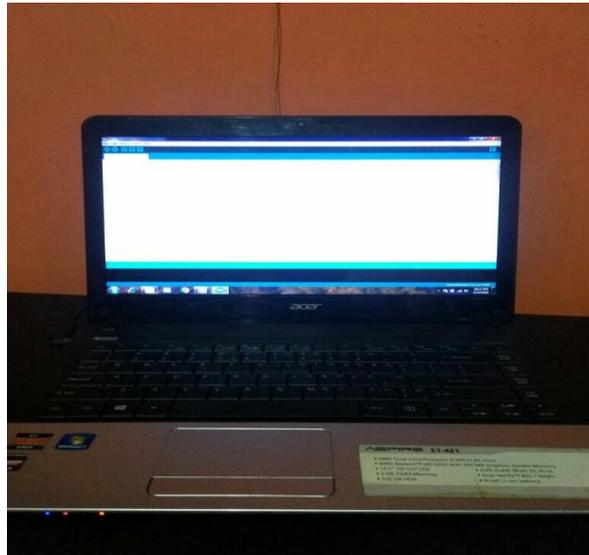
Alat Perlengkapan percobaan berfungsi Sebagai alat perlengkapan dalam proses modifikasi pada mesin diesel silinder dengan bahan bakar ganda seperti gambar 3.9.



Gambar 3.9 Alat perlengkapan percobaan

9. Laptop

Laptop berfungsi sebagai alat melakukan pemrograman pada arduino untuk menjalankan perintah ke sensor-sensor agar dapat mengetahui nilai pada suatu penelitian seperti gambar 3.10.



Gambar 3.10 Laptop (PC)

10. Software Arduino

Software arduino berfungsi untuk memprogram arduino Rpm sensor dan mengetahui putaran mesin permenit seperti gambar 3.11.



Gambar 3.11. Software Arduino

11. Arduino Uno

Arduino Uno Berfungsi sebagai pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang seperti gambar 3.12.



Gambar 3.12 Arduino Uno

12. Kabel USB

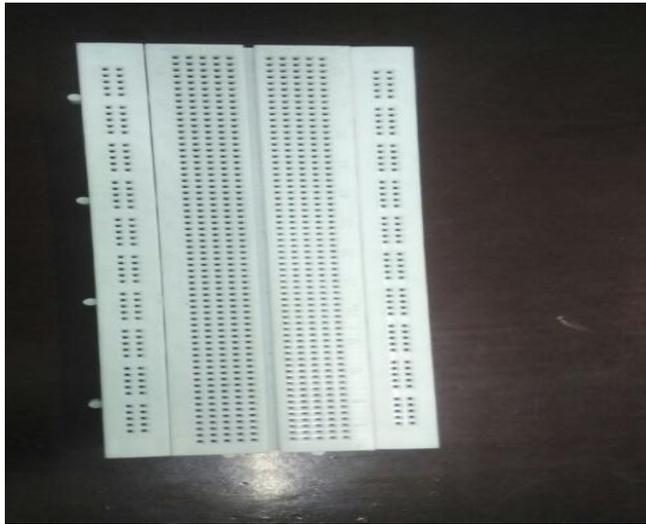
Kabel USB Berfungsi sebagai alat penghubung arduino ke laptop (Pc) untuk pemrograman pada sensor-sensor yang digunakan dalam pengujian seperti gambar 3.13.



Gambar 3.13. Kabel USB

13. Papan BreadBoard

Papan BreadBoard Berfungsi sebagai dasar konstruksi sebuah sirkuit elektronik dan merupakan prototipe dari suatu rangkaian elektronik seperti gambar 3.14.



Gambar 3.14. Papan Breadboard

14. Kabel Jumper

Kabel Jumper Berfungsi sebagai alat penghubung atau perangkaian antara sensor- sensor dengan arduino seperti gambar 3.15.



Gambar 3.15. Kabel Jumper

15. Sensor Berat (*Loadcell*)

Sensor Berat Berfungsi sebagai alat penghitung berat yang di terima pada saat pengujian seperti gambar 3.16.



Gambar 3.16. Sensor Berat(*loadcell*)

16. Sensor *Thermocoupe*l

Sensor thermocouple berfungsi sebagai alat pembaca nilai suhu panas pada Mesin Diesel Misaka R180 pada saat pengujian seperti gambar 3.17.



Gambar 3.17. Sensor *Thermocoupe*l

17. Sensor Putaran (RPM)

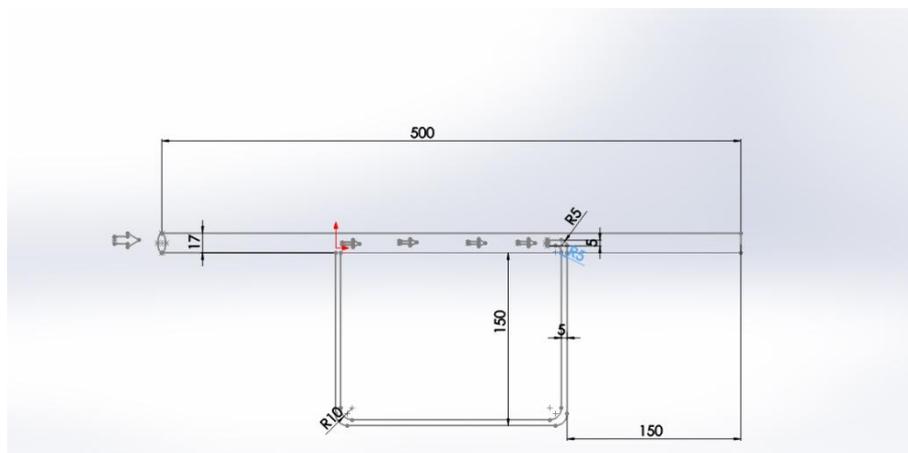
Sensor Putaran (RPM) Berfungsi sebagai alat pembaca nilai kecepatan putaran pada Mesin Diesel Misaka R180 pada saat pengujian seperti gambar 3.18.



Gambar 3.18. Sensor Putaran (RPM)

18. Tabung Pitot

Tabung pitot berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran massa bahan bakar dan udara terhadap motor diesel seperti gambar 3.19.



Gambar 3.19. tabung pitot

19. Solder

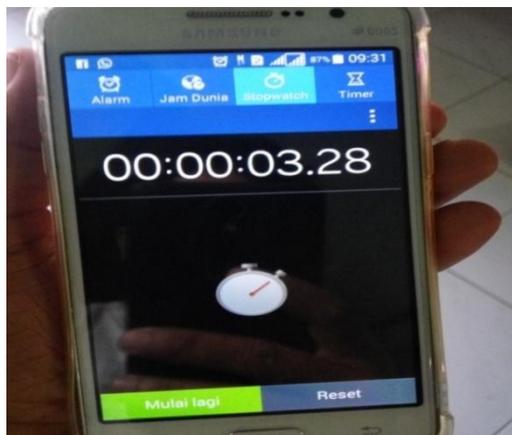
Solder berfungsi sebagai alat penghubung kabel jumper antara sensor-sensor dengan arduino uno seperti gambar 3.20.



Gambar 3.20.Solder

20. Stopwatch

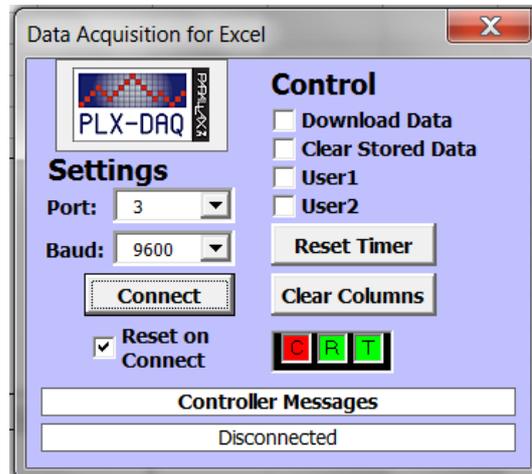
Stopwatch berfungsi untuk mengukur waktu konsumsi bahan bakar seperti gambar 3.21.



Gambar 3.21. Stopwatch

21. Software PLX DAQ

Software PLX DAQ berfungsi sebagai penyimpan data hasil pengujian yang menggunakan Arduino uno seperti gambar 3.22.

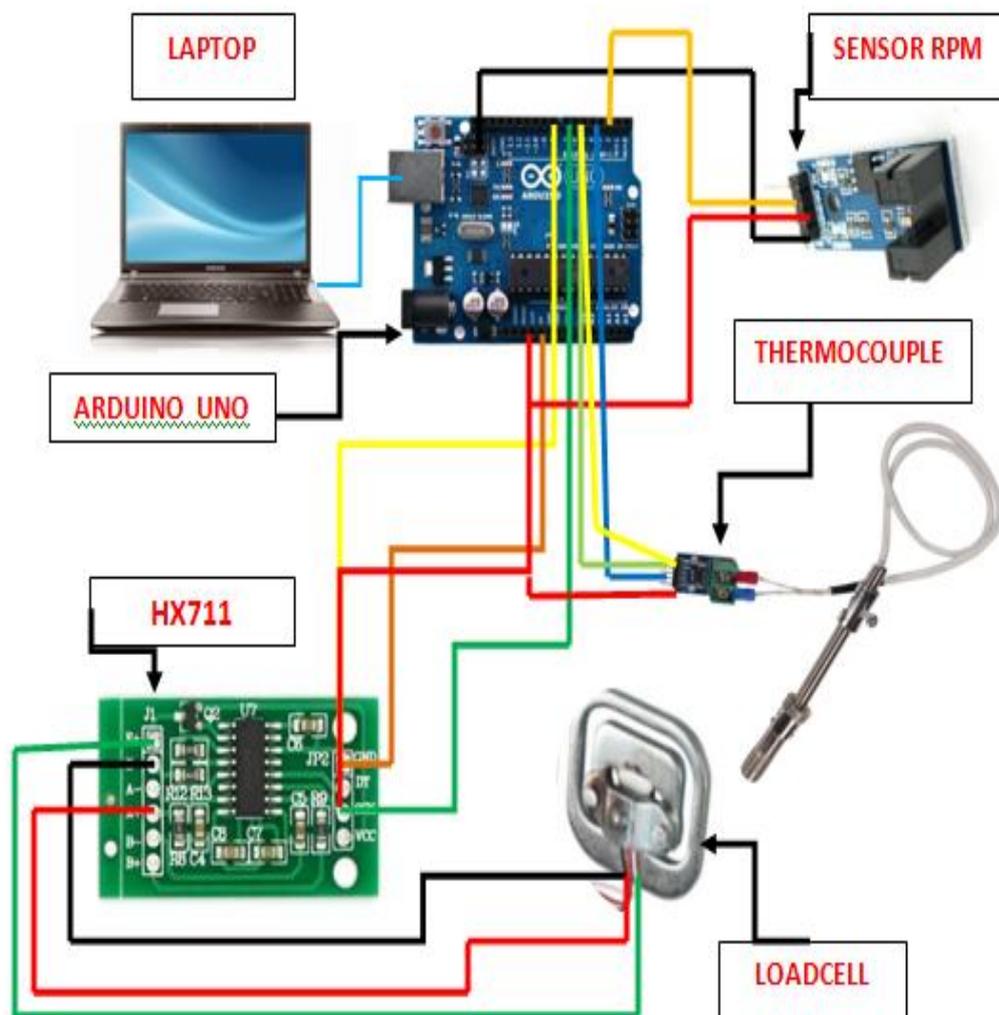


Gambar 3.22. Software PLX DAQ

3.6. Skema rangkaian Arduino Sensor (Rpm, Load cell, dan Thermocouple)

Rangkaian pada pengujian menggunakan Arduino Uno dengan dilengkapi sensor-sensor sebagai rangkaian receiver, dimana bagian receiver terdiri dari receiver modul yang akan menerima data kemudian diolah di mikrokontroler Arduino Uno kedua yang akan display di laptop (Pc), dan data yang dihasilkan di data dengan menggunakan Software PLX DAQ.

Untuk skema rangkaian receiver seperti gambar 3.23 di bawah ini :



Gambar 3.23. Skema rangkaian Sensor-sensor pada arduino uno

3.7. Pengujian dan teknik pengambilan data

Adapun pengujian dengan cara pengambilan data sebagai berikut :

1. Memeriksa dahulu minyak pelumas, air pendingin, kabel-kabel sensor yang telah di hubungkan.
2. Mengisi bahan bakar Solar pada alat pengukur konsumsi bahan bakar
Dan memasang Regulator gas LPG sebagai bahan bakar ganda.
3. Menyalakan laptop lalu memasang kabel USB arduino uno ke laptop, Kemudian buka program arduino yang telah di setting dan setelah itu buka Software *PLX DAQ* untuk menyimpan data hasil *brake dynamometer*.
4. Menyiapkan stopwatch dan setelah itu menghidupkan mesin diesel dan menjalankan program arduino.
5. Menjalankan Software *PLX DAQ* dengan cara klik tombol *connect* yang ada pada monitor laptop.
6. Mengoperasikan mesin diesel dengan menentukan beban yang di telah di tentukan yaitu 1 kg, 2kg, dan 3kg.
7. Setelah itu menentukan RPM yang telah di tentukan yaitu dengan putaran 600,800,dan 1000.
8. Melakukan pendataan penelitian hasil dari software *PLX DAQ* lalu simpan data hasil pengujian dengan cara klik *disconnect*.
9. Setelah mendapatkan data pengujian, maka mesin diesel dapat di matikan.

3.8. Jadwal Kegiatan

Jadwal kegiatan ini menceritakan awal kegiatan sampai akhir dalam penyusunan tugas akhir ini :

Tabel 3.1. Jadwal kegiatan

NO	KEGIATAN	BULAN (2017)				BULAN (2018)										
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Referensi Judul	■	■													
2	ACC Judul		■													
3	Pembuatan Proposal			■	■											
4	Modifikasi Mesin Diesel				■											
5	Pembuatan Mixer Gas				■											
6	Pembuatan Brake Dynamometer					■										
7	Pengujian Brake Dynamometer					■	■									
8	Pembuatan Laporan					■	■	■	■	■	■	■	■			
9	Seminar														■	
10	Sidang															■

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian dengan penambahan beban yang di atur dengan secara manual dengan menggunakan sensor loadcell untuk mengetahui kecepatan (RPM), untuk menentukan konsumsi bahan bakar Solar dengan waktu 60 detik / cm dengan menggunakan stopwatch dan alat pengukur konsumsi bahan bakar, dan untuk mengetahui kecepatan aliran gas dengan menggunakan Tabung Pitot.

Pengambilan data pengujian dilakukan dengan variasi putaran mesin dengan 1000 rpm, 1500 rpm, dan 2000 rpm dengan variasi beban 1 kg, 2 kg dan 3 kg, setelah itu akan diketahui berapa besar Torsi dan Daya yang di hasilkan tiap – tiap variasi yang di lakukan, setelah di dapatkan data hasil pengujian maka nilai dari pengujian di rata-rata kan dan di peroleh lah hasilnya.

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Nilai Rat-rata Dengan Putaran 1000 Rpm (Beban 1kg, 2 kg, 3 kg)

NO	Beban (kg)	Rpm	Tinggi Permukaan Fluida Udara Didalam Manometer (mm)	Tinggi Permukaan Fluida Gas Didalam Manometer (mm)	Waktu Yang Di Habiskan Bahan Bakar Sebanyak Volume (dtk)
1	1,29	1026	28	4,8	5,2
2	2,13	1010	23	4,2	4,6
3	2,99	1015	26	3,7	3,8

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Nilai Rat-rata Dengan Putaran 1500 Rpm (Beban 1kg,2 kg,3 kg)

NO	Beban (Kg)	Rpm	Tinggi Permukaan Fluida Udara Didalam Manometer (mm)	Tinggi Permukaan Fluida Didalam Manometer (mm)	Waktu Yang Di Habiskan Bahan Bakar Sebanyak Volume (dtk)
1	1,23	1519	36	5,2	4,9
2	2,07	1514	33	4,6	4,2
3	2,90	1511	31	3,8	3,3

Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Nilai Rat-rata Dengan Putaran 2000 Rpm (Beban 1kg,2 kg,3 kg)

NO	Beban (kg)	Rpm	Tinggi Permukaan Fluida Udara Didalam Manometer (mm)	Tinggi Permukaan Fluida Didalam Manometer (mm)	Waktu Yang Di Habiskan Bahan Bakar Sebanyak Volume (dtk)
1	1,19	2031	43	5,8	4,2
2	2,04	2036	45	5,2	3,6
3	3,11	2043	48	4,6	3,0

4.2 Menghitung Torsi dan Daya Pada Beban (1 kg,2 kg,3 kg) dan Putaran (1000 rpm, 1500 rpm, dan 2000 rpm).

1.Torsi (T)

Untuk mengetahui Torsi putaran mesin dapat menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$T = F \times r$$

a. Putaran 1000 rpm

Pada beban 1,29 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya} (1,29 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 12,65 \text{ N Tabel 4.1 data hasil pengujian)}$$

r = Jarak benda kepusat rotasi (0,50 m Pada gambar 3.3)

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 12,65 \text{ N} \times 0,50 \text{ m}$$

$$= 6,32 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Pada beban 2,13 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya} (2,13 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 20,88 \text{ N Tabel 4.1 data hasil pengujian)}$$

r = Jarak benda kepusat rotasi (0,50 m Pada gambar 3.3)

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 20,88 \text{ N} \times 0,50 \text{ m}$$

$$= 10,44 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Pada beban 2,99 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya} (2,99 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 29,32 \text{ N} \text{ Tabel 4.1 data hasil pengujian)}$$

$$r = \text{Jarak benda kepusat rotasi} (0,50 \text{ m} \text{ Pada gambar 3.3})$$

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 29,32 \text{ N} \times 0,50 \text{ m}$$

$$= 14,66 \text{ N} \cdot \text{m}$$

b.Putaran 1500 Rpm

Pada beban 1,23 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya} (1,23 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 12,06 \text{ N} \text{ Tabel 4.2 data hasil pengujian)}$$

$$r = \text{Jarak benda kepusat rotasi} (0,50 \text{ m} \text{ Pada gambar 3.3})$$

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 12,06 \text{ N} \times 0,50 \text{ m}$$

$$= 6,03 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Pada beban 2,07 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya } (2,07 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 20,29 \text{ N Tabel 4.2 data hasil pengujian)}$$

$$r = \text{Jarak benda kepusat rotasi } (0,50 \text{ m Pada gambar 3.3)}$$

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 20,29 \text{ N} \times 0,50 \text{ m}$$

$$= 10,14 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Pada beban 2,90 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya } (2,90 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 28,42 \text{ N Tabel 4.2 data hasil pengujian)}$$

$$r = \text{Jarak benda kepusat rotasi } (0,50 \text{ m Pada gambar 3.3)}$$

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 28,42 N \times 0,50 m$$

$$= 14,21 N \cdot m$$

b.Putaran 2000 Rpm

Pada beban 1,19 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya } (1,19 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 11,67 \text{ N } \textit{Tabel 4.3 data hasil pengujian}$$

$$r = \text{Jarak benda kepusat rotasi } (0,50 \text{ m } \textit{Pada gambar 3.3})$$

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 11,67 N \times 0,50 m$$

$$= 5,83 N \cdot m$$

Pada beban 2,04 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya } (2,04 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 20,01 \text{ N } \textit{Tabel 4.3 data hasil pengujian}$$

$$r = \text{Jarak benda kepusat rotasi } (0,50 \text{ m } \textit{Pada gambar 3.3})$$

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 20,01 N \times 0,50 m$$

$$= 10,00 N \cdot m$$

Pada beban 3,11 Kg

Dimana :

$$F = \text{Gaya } (3,11 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)) = 30,50 \text{ N } \textit{Tabel 4.3 data hasil pengujian}$$

$$r = \text{Jarak benda kepusat rotasi } (0,50 \text{ m } \textit{Pada gambar 3.3})$$

Maka :

$$T = F \times r$$

$$T = 30,50 \text{ N} \times 0,50 \text{ m}$$

$$= 15,25 \text{ N} \cdot \text{m}$$

2. Daya (P_B)

Setelah menghitung torsi maka daya dapat diketahui dengan

persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$P_B = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60000} T$$

a. Pada putaran 1000 rpm

1. Dengan Beban 1 kg

Dimana :

$n =$ putaran mesin (1026 rpm *Table 4.1 data hasil pengujian dengan nilai rata-rata*)

$$T = \text{torsi } (6,32 \text{ N.m})$$

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.1026}{60000} 6,32 N.m$$

$$= 0,67 kW$$

2. Dengan Beban 2 kg

Dimana :

n = putaran mesin (1010 rpm *Table 4.1 data hasil pengujian dengan nilai rata-rata*)

T = torsi (10,44 N.m)

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.1010}{60000} 10,44 N.m$$

$$= 1,10 kW$$

3. Dengan Beban 3 kg

Dimana :

n = putaran mesin (1015 rpm *Table 4.1 data hasil pengujian dengan nilai rata-rata*)

T = torsi (14,66 N.m)

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.1015}{60000} 14,66 N.m$$

$$= 1,55 kW$$

a. Pada putaran 1500 rpm

1. Dengan Beban 1 kg

Dimana :

$n =$ putaran mesin (1519 rpm *Table 4.2 data hasil pengujian*)

$T =$ torsi (6,03 N.m)

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.1519}{60000} 6,03 N.m$$
$$= 0,95 kW$$

2. Dengan Beban 2 kg

Dimana :

$n =$ putaran mesin (1514 rpm *Table 4.2 data hasil pengujian*)

$T =$ torsi (10,14 N.m)

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.1514}{60000} 10,14 N.m$$
$$= 1,60 Kw$$

3. Dengan Beban 3 kg

Dimana :

$n =$ putaran mesin (1511 rpm *Table 4.2 data hasil pengujian*)

$T =$ torsi (14,21 N.m)

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.1511}{60000} 14,21 N.m$$

$$= 2,24 kW$$

b. Pada putaran 2000 rpm

1. Dengan Beban 1 kg

Dimana :

$n =$ putaran mesin (2031 rpm *Table 4.3 data hasil pengujian*)

$T =$ torsi (5,83 N.m)

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.2031}{60000} 5,83 N.m$$
$$= 1,23 kW$$

2. Dengan Beban 2 kg

Dimana :

$n =$ putaran mesin (2036 rpm *Table 4.3 data hasil pengujian*)

$T =$ torsi (10,00 N.m)

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.2036}{60000} 10,00 N.m$$
$$= 2,13 kW$$

3. Dengan Beban 3 kg

Dimana :

n = putaran mesin (2043 rpm *Table 4.3 data hasil pengujian*)

T = torsi (15,25 N.m)

Maka :

$$P_B = \frac{2.3,14.2043}{60000} 15,25 N.m$$
$$= 3,26 kW$$

4.3 Kecepatan Aliran Gas LPG Yang Masuk Ke Dalam Ruang Bakar

Kecepatan aliran gas yang masuk kedalam ruang bakar dapat di asumsikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho' g h}{\rho}}$$

Dimana :

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²) = (9,81 m/s²)

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (mm)

ρ' = massa jenis zat cair didalam manometer (kg/m³)
= (1000 kg/m³)

ρ_{lpg} = massa jenis udara atau gas (kg/m³)

30% *propane* = (1,52 kg/m³ dari tabel 2.3)

70% *Butana* = (2 kg/m³ dari tabel 2.3)

$\rho_{lpg} = (1,52 \times 0,3) + (2 \times 0,7)$

$$\rho_{lp_g} = (0,456) + (1,4)$$

$$\rho_{lp_g} = 1,856 \text{ kg/m}^3$$

a. Pada putaran 1000 rpm

1. Pada Beban 1 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (4,8 mm *Tabel data hasil pengujian*)

maka :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4,8 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{50,741}$$

$$v_{\max} = 7,12 \text{ m/s}$$

2. Pada Beban 2 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (4,2 mm *Tabel data hasil pengujian*)

maka :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 4,2 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{44,398}$$

$$v_{\max} = 6,66 \text{ m/s}$$

3. Pada Beban 3 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (3,7 mm *Tabel*

data hasil pengujian)

maka :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3,7 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{39,113}$$

$$v_{\max} = 6,25 \text{ m/s}$$

b. Pada putaran 1500 rpm

1. Pada Beban 1 Kg

Dimana :

$h =$ tinggi permukaan fluida didalam manometer (5,2 mm *Tabel data hasil pengujian*)

maka :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \cdot 5,2 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{54,969}$$

$$v_{\max} = 7,41 \text{ m/s}$$

2. Pada Beban 2 Kg

Dimana :

$h =$ tinggi permukaan fluida didalam manometer (4,6 mm *Tabel data hasil pengujian*)

maka :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4,6 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{48,627}$$

$$v_{\max} = 6,97 \text{ m/s}$$

3. Pada Beban 3 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (3,8 mm *Tabel data hasil pengujian*)

maka :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3,8 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{40,170}$$

$$v_{\max} = 6,33 \text{ m/s}$$

b. Pada putaran 2000 rpm

1. Pada Beban 1 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (5,8 mm *Tabel data hasil pengujian*)

maka :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \cdot 5,8 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{mas} = \sqrt{61,312}$$

$$v_{max} = 7,83 m/s$$

2. Pada Beban 2 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (5,2 mm *Tabel data hasil pengujian*)

maka :

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5,2 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{max} = \sqrt{58,969}$$

$$v_{max} = 7,41 m/s$$

3. Pada Beban 3 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (4,6 mm *Tabel data hasil pengujian*)

maka :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4,6 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,856 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{48,627}$$

$$v_{\max} = 6,97 \text{ m/s}$$

4.4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

Setelah menghitung daya maka SFC (*Specific Fuel Consumption*) dapat diketahui dengan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{P_B}$$

Besarnya laju aliran massa bahan bakar (\dot{m}_f) dihitung dengan persamaan berikut :

$$\dot{m}_f = \dot{V} \times \rho$$

$$\dot{V} = \frac{V}{t}$$

a. Pada putaran 1000 rpm

1. beban 1 kg

Dimana :

ρ = Massa jenis Solar di ambil dari rata-rata antara maksimum

dan minimum (tabel 2.2) = $\frac{\rho_{\min} + \rho_{\max}}{2}$

V = Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml)

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak
volume uji (5,2 detik *Tabel data hasil pengujian*)

Maka :

$$\begin{aligned}\dot{V} &= \frac{0,502 \text{ ml}}{5,2 \text{ s}} \\ &= 0,0965 \text{ ml / s} \\ &= 0,0965 \text{ ml / s} \times 3600 \\ &= 347,4 \text{ ml / h} \\ &= 0,3474 \text{ l / h} \\ &= 0,0003474 \text{ m}^3 / \text{h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{f \text{ solar}} &= \dot{V} \times \rho \\ &= 0,0003474 \text{ m}^3 / \text{h} \times 842,5 \text{ kg / m}^3\end{aligned}$$

$$\dot{m}_{f \text{ solar}} = 0,2926 \text{ kg / h}$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{max}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,0085 m)}$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (7,12 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085^2 \cdot 7,12 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 0,000538 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 0,000538 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho$$

$$= 0,000538 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,856 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= 0,000998 \text{ kg} / \text{s} \times 3600$$

$$m_{f \text{ gas}} = 3,59 \text{ kg} / \text{h}$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,59 \text{ kg} / \text{h}$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$m_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$m_{f \text{ total}} = 0,2926 \text{ kg/h} + 3,59 \text{ kg/s}$$

$$m_{f \text{ total}} = 3,8826 \text{ kg/h}$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B}$$

$$= \frac{3,8826 \text{ kg/h}}{0,67 \text{ kw}}$$

$$Sfc = 5,7949 \text{ kg/kw.h}$$

2. beban 2 kg

Dimana :

$$\rho = \text{Massa jenis Solar (842,5 kg/m}^3\text{)}$$

V = Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml)

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak
volume uji (4,6 detik *Tabel data hasil pengujian*)

Maka :

$$\dot{V} = \frac{0,502 \text{ ml}}{4,6 \text{ s}}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,1091 \text{ ml} / \text{s} \\
&= 0,1091 \text{ ml} / \text{s} \times 3600 \\
&= 392,76 \text{ ml} / \text{h} \\
&= 0,39276 \text{ l} / \text{h} \\
&= 0,00039276 \text{ m}^3 / \text{h}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\dot{m}_{f \text{ solar}} &= \dot{V} \times \rho \\
&= 0,00039247 \text{ m}^3 / \text{h} \times 842,5 \text{ kg} / \text{m}^3 \\
\dot{m}_{f \text{ solar}} &= 0,3224 \text{ kg} / \text{h}
\end{aligned}$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus persamaan 2.8 sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{mas}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,0085 m}^2 \text{)}$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (6,66 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085 \text{ m}^2 \cdot 6,66 \text{ m} / \text{s}$$

$$= 0,000503 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 0,000503 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho$$

$$= 0,000503 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,856 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\begin{aligned}
&= 0,000933 \text{ kg/s} \\
&= 0,000933 \text{ kg/s} \times 3600 \\
&= 3,35 \text{ kg/h}
\end{aligned}$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,35 \text{ kg/h}$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$m_{f \text{ total}} = 0,3224 \text{ kg/h} + 3,35 \text{ kg/h}$$

$$m_{f \text{ total}} = 3,6724 \text{ kg/jam}$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
Sfc &= \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B} \\
&= \frac{3,6724 \text{ kg/h}}{1,10 \text{ kw}}
\end{aligned}$$

$$Sfc = 3,3385 \text{ kg/kw.h}$$

3. beban 3 kg

Dimana :

ρ = Massa jenis Solar (842,5 kg/m³ *Data survei*)

V = Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml)

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak
volume uji (3,8 detik *Tabel data hasil pengujian*)

Maka :

$$\begin{aligned}\dot{V} &= \frac{0,502 \text{ ml}}{3,8 \text{ s}} \\ &= 0,1321 \text{ ml / s} \\ &= 0,1321 \text{ ml / s} \times 3600 \\ &= 475,56 \text{ ml / h} \\ &= 0,47556 \text{ l / h} \\ &= 0,00047556 \text{ m}^3 / \text{h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{f \text{ solar}} &= \dot{V} \times \rho \\ &= 0,00047556 \text{ m}^3 / \text{h} \times 842,5 \text{ kg / m}^3\end{aligned}$$

$$\dot{m}_{f \text{ solar}} = 0,4006 \text{ kg / h}$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus persamaan 2.8 sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{mas}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,0085 m}^2 \text{)}$$

$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (6,25 m/s)}$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085m^2 \cdot 6,25 m/s$$

$$Q = 0,000472 m^3 / s$$

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 0,000472 m^3 / s \times \rho$$

$$= 0,000472 m^3 / s \times 1,856 kg / m^3$$

$$= 0,000876 kg / s$$

$$= 0,000876 kg / s \times 3600$$

$$= 3,15 kg / h$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,15 kg / h$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$= 0,4006 kg / h + 3,15 kg / h$$

$$= 3,5506 kg / h$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B}$$

$$= \frac{3,5506 \text{ kg/h}}{1,55 \text{ kw}}$$

$$Sfc = 2,2907 \text{ kg/kw.h}$$

b. Pada putaran 1500 rpm

1. beban 1 kg

Dimana :

$$\rho = \text{Massa jenis Solar (842,5 kg/m}^3 \text{)}$$

$$V = \text{Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml)}$$

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak

volume uji (4,9 detik *Tabel data hasil pengujian*)

Maka :

$$\dot{V} = \frac{0,502 \text{ ml}}{4,9 \text{ s}}$$

$$= 0,1024 \text{ ml/s}$$

$$= 0,1024 \text{ ml/s} \times 3600$$

$$= 368,64 \text{ ml/h}$$

$$= 0,36864 \text{ l/h}$$

$$= 0,00036864 \text{ m}^3 \text{/h}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{f \text{ solar}} &= \dot{V} \times \rho \\ &= 0,00036864 \text{ m}^3 / \text{h} \times 842,5 \text{ kg} / \text{m}^3 \\ \dot{m}_{f \text{ solar}} &= 0,3105 \text{ kg} / \text{h}\end{aligned}$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus persamaan 2.8 sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{\text{mas}}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,0085 m}^2 \text{)}$$

$$v = v_{\text{max}} = \text{kecepatan aliran fluida (7,41 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085^2 \cdot 7,41 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 0,000560 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{f \text{ gas}} &= 0,000560 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho \\ &= 0,000560 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,856 \text{ kg} / \text{m}^3 \\ &= 0,001039 \text{ kg} / \text{s} \\ &= 0,001039 \text{ kg} / \text{s} \times 3600 \\ &= 3,74 \text{ kg} / \text{h}\end{aligned}$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,74 \text{ kg/h}$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$m_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$m_{f \text{ total}} = 0,3105 \text{ kg/h} + 3,74 \text{ kg/h}$$

$$m_{f \text{ total}} = 4,0505 \text{ kg/h}$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B}$$

$$= \frac{4,0505 \text{ kg/h}}{0,9 \text{ kw}}$$

$$Sfc = 6,0005 \text{ kg/kw.h}$$

2. beban 2 kg

Dimana :

$$\rho = \text{Massa jenis Solar (842,5 kg/m}^3\text{)}$$

$$V = \text{Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml)}$$

$$t = \text{Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak}$$

$$\text{volume uji (4,2 detik Tabel data hasil pengujian)}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\dot{V} &= \frac{0,502 \text{ ml}}{4,2 \text{ s}} \\ &= 0,1195 \text{ ml / s} \\ &= 0,1195 \text{ ml / s} \times 3600 \\ &= 430,28 \text{ ml / h} \\ &= 0,430,28 \text{ l / h} \\ &= 0,00043028 \text{ m}^3 / \text{h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{f \text{ solar}} &= \dot{V} \times \rho \\ &= 0,00043028 \text{ m}^3 / \text{h} \times 842,5 \text{ kg / m}^3 \\ \dot{m}_{f \text{ solar}} &= 0,3625 \text{ kg / h}\end{aligned}$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus persamaan 2.8 sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{mas}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,0085 m)}$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (6,97 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085m^2 \cdot 6,97 m / s$$

$$= 0,000527 m^3 / s$$

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 0,000527 m^3 / s \times \rho$$

$$= 0,000527 m^3 / s \times 1,856 kg / m^3$$

$$= 0,000978 kg / s$$

$$= 0,000978 kg / s \times 3600$$

$$= 3,52 kg / h$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,52 kg / h$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$m_{f \text{ total}} = 0,3625 kg / h + 3,52 kg / s$$

$$m_{f \text{ total}} = 3,8825 kg / h$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B}$$

$$= \frac{3,8825 \text{ kg/h}}{1,6 \text{ kw}}$$

$$Sfc = 2,4265 \text{ kg/kw.h}$$

3. beban 3 kg)

Dimana :

$$\rho = \text{Massa jenis Solar (842,5 kg/m}^3\text{)}$$

$$V = \text{Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml)}$$

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak

volume uji (3,4 detik *Tabel data hasil pengujian*)

Maka :

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \frac{0,502 \text{ ml}}{3,4 \text{ s}} \\ &= 0,1476 \text{ ml/s} \\ &= 0,1476 \text{ ml/s} \times 3600 \\ &= 531,36 \text{ ml/h} \\ &= 0,53136 \text{ l/h} \\ &= 0,00053136 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\dot{m}_{f \text{ solar}} = \dot{V} \times \rho$$

$$= 0,00053136 m^3 / h \times 842,5 kg / m^3$$

$$\dot{m}_{f solar} = 0,4476 kg / h$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus persamaan 2.8 sebagai berikut :

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{mas}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot } (0,0085 m^2)$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida } (6,33 m/s)$$

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085 m^2 \cdot 6,33 m / s$$

$$= 0,000478 m^3 / s$$

$$\dot{m}_{f gas} = 0,000478 m^3 / s \times \rho$$

$$= 0,000478 m^3 / s \times 1,856 kg / m^3$$

$$= 0,000887 kg / s$$

$$= 0,000887 kg / s \times 3600$$

$$= 3,19 kg / h$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,19 \text{ kg/h}$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$m_{f \text{ total}} = 0,4476 \text{ kg/h} + 3,19 \text{ kg/s}$$

$$m_{f \text{ total}} = 3,6376 \text{ kg/h}$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Sfc &= \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B} \\ &= \frac{3,6376 \text{ kg/h}}{2,2 \text{ kw}} \end{aligned}$$

$$Sfc = 1,6534 \text{ kg/kw.h}$$

c. Pada putaran 2000 rpm

1. beban 1 kg

Dimana :

$$\rho = \text{Massa jenis Solar (842,5 kg/m}^3\text{)}$$

$$V = \text{Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml)}$$

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak
volume uji (4,2 detik *Tabel data hasil pengujian*)

Maka :

$$\begin{aligned}\dot{V} &= \frac{0,502 \text{ ml}}{4,2 \text{ s}} \\ &= 0,1195 \text{ ml / s} \\ &= 0,1195 \text{ ml / s} \times 3600 \\ &= 430,28 \text{ ml / h} \\ &= 0,43028 \text{ l / h} \\ &= 0,00043028 \text{ m}^3 / \text{h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{f \text{ solar}} &= \dot{V} \times \rho \\ &= 0,00043028 \text{ m}^3 / \text{h} \times 842,5 \text{ kg / m}^3 \\ \dot{m}_{f \text{ solar}} &= 0,3625 \text{ kg / h}\end{aligned}$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{mas}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,0085 m}^2 \text{)}$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (7,83 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085m^2 \cdot 7,83m/s$$

$$Q = 0,000592m^3/s$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{f \text{ gas}} &= 0,000592m^3/s \times \rho \\ &= 0,000592m^3/s \times 1,856kg/m^3 \\ &= 0,001098kg/s \\ &= 0,001098kg/s \times 3600 \\ &= 3,95kg/h \end{aligned}$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,95kg/h$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = 0,3625kg/h + 3,95kg/h$$

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = 4,3125kg/h$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Sfc &= \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B} \\ &= \frac{4,3125kg/h}{1,23kw} \end{aligned}$$

$$Sfc = 3,5060 \text{ kg/kw.h}$$

2. beban 2 kg

Dimana :

$$\rho = \text{Massa jenis Solar (842,5 kg/m}^3\text{)}$$

V = Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml *Data survei*)

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak

volume uji (3,6 detik *Tabel data hasil pengujian*)

Maka :

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \frac{0,502 \text{ ml}}{3,6 \text{ s}} \\ &= 0,1394 \text{ ml / s} \\ &= 0,1394 \text{ ml / s} \times 3600 \\ &= 501,84 \text{ ml / h} \\ &= 0,50184 \text{ l / h} \\ &= 0,00050184 \text{ m}^3 / \text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{f \text{ solar}} &= \dot{V} \times \rho \\ &= 0,00050184 \text{ m}^3 / \text{h} \times 842,5 \text{ kg / m}^3 \end{aligned}$$

$$\dot{m}_{f \text{ solar}} = 0,4228 \text{ kg / h}$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{max}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,0085 m)}$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (7,41 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085^2 \cdot 7,41 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$= 0,000560 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 0,000560 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho$$

$$= 0,000560 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,856 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= 0,001039 \text{ kg} / \text{s}$$

$$= 0,001039 \text{ kg} / \text{s} \times 3600$$

$$= 3,74 \text{ kg} / \text{h}$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,74 \text{ kg} / \text{h}$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$m_{f \text{ total}} = 0,4228 \text{ kg/h} + 3,74 \text{ kg/s}$$

$$m_{f \text{ total}} = 4,1628 \text{ kg/h}$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B}$$

$$= \frac{4,1628 \text{ kg/h}}{2,13 \text{ kw}}$$

$$Sfc = 1,9543 \text{ kg/kw.h}$$

3. beban 3 kg)

Dimana :

$$\rho = \text{massa jenis Solar (842,5 kg/m}^3\text{)}$$

V = Volume bahan bakar yang diuji (0,502 ml)

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak

volume uji (3,0 detik *Tabel data hasil pengujian*)

Maka :

$$\begin{aligned}\dot{V} &= \frac{0,502 \text{ ml}}{3,0 \text{ s}} \\ &= 0,1673 \text{ ml / s} \\ &= 0,1673 \text{ ml / s} \times 3600 \\ &= 602,28 \text{ ml / h} \\ &= 0,60228 \text{ l / h} \\ &= 0,00060228 \text{ m}^3 / \text{h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{f \text{ solar}} &= \dot{V} \times \rho \\ &= 0,00060228 \text{ m}^3 / \text{h} \times 842,5 \text{ kg / m}^3 \\ \dot{m}_{f \text{ solar}} &= 0,5074 \text{ kg / h}\end{aligned}$$

Untuk mengetahui laju aliran bahan bakar (m_f) terhadap gas LPG, terlebih dahulu menghitung debit aliran Gas LPG (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{mas}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,0085 m)}$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (6,97 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0085 \text{ m}^2 \cdot 6,97 \text{ m / s}$$

$$= 0,000527 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 0,0004527 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho$$

$$= 0,000527 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,856 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= 0,000978 \text{ kg} / \text{s}$$

$$= 0,000978 \text{ kg} / \text{s} \times 3600$$

$$= 3,52 \text{ kg} / \text{h}$$

Maka massa laju aliran bahan bakar gas adalah :

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = 3,52 \text{ kg} / \text{h}$$

Kemudian setelah mengetahui hasil laju aliran bahan bakar (m_f) dari masing-masing bahan bakar, maka total laju aliran bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dot{m}_{f \text{ total}} = \dot{m}_{f \text{ Solar}} + \dot{m}_{f \text{ Gas}}$$

$$m_{f \text{ total}} = 0,5074 \text{ kg} / \text{h} + 3,52 \text{ kg} / \text{s}$$

$$m_{f \text{ total}} = 4,0274 \text{ kg} / \text{h}$$

Maka SFC dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{\dot{m}_{f \text{ total}}}{P_B}$$

$$= \frac{4,0274 \text{ kg} / \text{h}}{3,26 \text{ kw}}$$

$$Sfc = 1,2353 \text{ kg} / \text{kw.h}$$

4.5 Perbandingan Bahan Bakar Dan Udara

Untuk memperoleh pembakaran yang sempurna, bahan bakar harus di campur udara dengan perbandingan tertentu. Maka dapat di hitun dalam persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$AFR = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}$$

Dimana :

\dot{m}_a = laju aliran masa udara (kg/jam)

\dot{m}_f = laju aliran massa bahan bakar (4,0274 kg/jam)

Kecepatan aliran udara yang masuk kedalam ruang bakar dapat di asumsikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho' g h}{\rho}}$$

Dimana :

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2) = (9,81 m/s^2)

h = tinggi permukaan fluida didalam manometer (mm)

ρ' = massa jenis zat cair didalam manometer (kg/m^3)
= (1000 kg/m^3)

ρ_{udara} = massa jenis udara (1,293 kg/m^3)

a. Pada putaran 1000 rpm

1. Pada Beban 1 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (28 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 28 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,293 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{424,87}$$

$$v_{\max} = 20,61 \text{ m/s}$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) pada tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{\max}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,011 m}^2 \text{)}$$

$$v = v_{\max} = \text{kecepatan aliran fluida (20,61 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 \text{ m}^2 \cdot 20,61 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 0,00261m^3 / s \\
&= 0,00261m^3 / s \times \rho \\
&= 0,00261m^3 / s \times 1,293kg / m^3 \\
&= 0,003374kg / s \\
&= 0,003374kg / s \times 3600
\end{aligned}$$

$$m_a = 12,14kg / h$$

Maka :

$$AFR = \frac{12,14 kg / h}{3,8826 kg / h}$$

$$AFR = 3,126$$

2 .Pada Beban 2 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (23 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 kg / m^3 \cdot 9,81m / s^2 \cdot 23mm \cdot 10^{-3}}{1,293 kg / m^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{349,00}$$

$$v_{\max} = 18,68m / s$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) terhadap tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{max}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (} 0,011 \text{ m}^2 \text{)}$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (} 18,68 \text{ m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 \text{ m}^2 \cdot 18,68 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,00236 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$= 0,00236 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,293 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= 0,0003051 \text{ kg} / \text{s}$$

$$= 0,0003051 \text{ kg} / \text{s} \times 3600$$

$$m_a = 10,98 \text{ kg} / \text{h}$$

Maka :

$$AFR = \frac{10,98 \text{ kg} / \text{h}}{3,6734 \text{ kg} / \text{h}}$$

$$AFR = 2,989$$

3 .Pada Beban 3 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (26 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 26 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,293 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{394,52}$$

$$v_{\max} = 19,86 \text{ m/s}$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) terhadap tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{\max}$$

Dimana :

r_0 = jari-jari tabung pitot (0,011 m^2)

$v = v_{\max}$ = kecepatan aliran fluida (19,86 m/s)

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 m^2 \cdot 19,86 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,00251 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$= 0,00251 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho$$

$$= 0,00251 m^3 / s \times 1,293 kg / m^3$$

$$= 0,003252 kg / s$$

$$= 0,003252 kg / s \times 3600$$

$$m_a = 11,70 kg / h$$

Maka :

$$AFR = \frac{11,70 kg / h}{3,5506 kg / h}$$

$$AFR = 3,295$$

b. Pada putaran 1500 rpm

1. Pada Beban 1 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (36 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 kg / m^3 \cdot 9,81 m / s^2 \cdot 36 mm \cdot 10^{-3}}{1,293 kg / m^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{546,26}$$

$$v_{\max} = 23,37 m / s$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) pada tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{max}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot } (0,011 \text{ m}^2)$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida } (23,37 \text{ m/s})$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 \text{ m}^2 \cdot 23,37 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,00295 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$m_{udara} = 0,00295 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho$$

$$= 0,00295 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,293 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= 0,003826 \text{ kg} / \text{s}$$

$$= 0,003826 \text{ kg} / \text{s} \times 3600$$

$$m_a = 13,77 \text{ kg} / \text{h}$$

Maka :

$$AFR = \frac{13,77 \text{ kg} / \text{h}}{4,0505 \text{ kg} / \text{h}}$$

$$AFR = 3,399$$

2 .Pada Beban 2 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (33 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 33 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,293 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{500,74}$$

$$v_{\max} = 22,37 \text{ m/s}$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) terhadap tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{\max}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot } (0,011 \text{ m}^2)$$

$$v = v_{\max} = \text{kecepatan aliran fluida } (22,37 \text{ m/s})$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 \text{ m}^2 \cdot 22,37 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,00283 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$= 0,00283 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,0003663 \text{ kg/s}$$

$$= 0,0003051 \text{ kg/s} \times 3600$$

$$m_a = 13,18 \text{ kg} / h$$

Maka :

$$AFR = \frac{13,18 \text{ kg} / h}{3,8825 \text{ kg} / h}$$

$$AFR = 3,394$$

3 .Pada Beban 3 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (31 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg} / m^3 \cdot 9,81 \text{ m} / s^2 \cdot 31 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,293 \text{ kg} / m^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{470,39}$$

$$v_{\max} = 21,68 \text{ m} / s$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) terhadap tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{mas}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot} (0,011 \text{ m}^2)$$

$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (21,68 m/s)}$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 m^2 \cdot 21,68 m/s$$

$$Q = 0,00274 m^3 / s$$

$$= 0,00274 m^3 / s \times \rho$$

$$= 0,00274 m^3 / s \times 1,293 kg / m^3$$

$$= 0,003550 kg / s$$

$$= 0,003550 kg / s \times 3600$$

$$m_a = 12,78 kg / h$$

Maka :

$$AFR = \frac{12,78 kg / h}{3,5976 kg / h}$$

$$AFR = 3,552$$

c. Pada putaran 2000 rpm

1. Pada Beban 1 Kg

Dimana :

$h = \text{tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (43 mm}$

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 kg / m^3 \cdot 9,81 m / s^2 \cdot 43 mm \cdot 10^{-3}}{1,293 kg / m^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{652,48}$$

$$v_{\max} = 25,54 \text{ m/s}$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) pada tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{\max}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,011 m}^2 \text{)}$$

$$v = v_{\max} = \text{kecepatan aliran fluida (25,54 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 \text{ m}^2 \cdot 25,54 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,00323 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$= 0,00323 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho$$

$$= 0,00323 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,004176 \text{ kg/s}$$

$$= 0,0034176 \text{ kg/s} \times 3600$$

$$m_a = 15,03 \text{ kg/h}$$

Maka :

$$AFR = \frac{15,03 \text{ kg} / h}{4,3215 \text{ kg} / h}$$

$$AFR = 3,447$$

2 .Pada Beban 2 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (45 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \text{ kg} / m^3 \cdot 9,81 \text{ m} / s^2 \cdot 45 \text{ mm} \cdot 10^{-3}}{1,293 \text{ kg} / m^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{682,83}$$

$$v_{\max} = 26,13 \text{ m} / s$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) terhadap tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{mas}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot (0,011 m}^2 \text{)}$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida (26,13 m/s)}$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 m^2 \cdot 26,13 m/s$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,00330 m^3/s \\ &= 0,00330 m^3/s \times 1,293 kg/m^3 \\ &= 0,0004278 kg/s \\ &= 0,0004278 kg/s \times 3600 \end{aligned}$$

$$m_a = 15,40 kg/h$$

Maka :

$$AFR = \frac{15,40 kg/h}{4,1628 kg/h}$$

$$AFR = 3,699$$

3 .Pada Beban 3 Kg

Dimana :

h = tinggi permukaan fluida udara didalam manometer (48 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 kg/m^3 \cdot 9,81 m/s^2 \cdot 48 mm \cdot 10^{-3}}{1,293 kg/m^3}}$$

$$v_{\max} = \sqrt{728,35}$$

$$v_{\max} = 26,98 m/s$$

Untuk mengetahui laju aliran udara (m_a) terhadap tabung pitot, terlebih dahulu menghitung debit aliran udara (Q) dan dapat di asumsikan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3} \pi r_0^2 v_{max}$$

Dimana :

$$r_0 = \text{jari-jari tabung pitot } (0,011 \text{ m}^2)$$

$$v = v_{max} = \text{kecepatan aliran fluida } (26,98 \text{ m/s})$$

maka :

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,011 \text{ m}^2 \cdot 26,98 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,00341 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$m_a = 0,00341 \text{ m}^3 / \text{s} \times \rho$$

$$= 0,00341 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,293 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= 0,004409 \text{ kg} / \text{s}$$

$$= 0,004409 \text{ kg} / \text{s} \times 3600$$

$$= 15,87 \text{ kg} / \text{h}$$

Maka :

$$AFR = \frac{15,87 \text{ kg} / \text{h}}{4,0274 \text{ kg} / \text{h}}$$

$$AFR = 3,940$$

4.6 Efisiensi Thermal Brake

Dalam menghitung efisiensi thermal brake maka dapat diketahui dengan persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$\eta_v = \frac{\text{Daya aktual}}{Q_{solar} + Q_{lpg}}$$

Untuk laju panas yang masuk (Q), dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.6 berikut :

$$Q = \dot{m}_f \cdot LHV$$

Dimana :

\dot{m}_f Laju aliran bahan bakar masuk (kg/h)

LHV = nilai kalor bawah bahan bakar (kj/kg)

a. Pada Putaran 1000 Rpm

1. Pada beban 1 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,2962 kg/ h

dan Lpg 3,59 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg

11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,2926 \text{ kg/h} \cdot 10900 \text{ cal/kg}$$

$$Q_{solar} = 3189,34 \text{ cal / h}$$

$$Q_{lpg} = 3,59 \text{ kg / h} \cdot 11245 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{lpg} = 44417,75 \text{ cal / h}$$

Maka

$$\eta_b = \frac{0,67 \text{ kw}}{3189,34 \text{ cal / h} + 44417,75 \text{ cal / h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,05066 \cdot 100\%$$

$$\eta_b = 5,066\%$$

2. Pada beban 2 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,3224 kg/ h
dan Lpg 3,35 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg
11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,3224 \text{ kg / h} \cdot 10900 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{solar} = 3514,16 \text{ cal / h}$$

$$Q_{lpg} = 3,35 \text{ kg / h} \cdot 11245 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{lpg} = 37670,75 \text{ cal / h}$$

Maka :

$$\eta_b = \frac{1,10 \text{ kw}}{3514,16 \text{ cal / h} + 37670,75 \text{ cal / h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,09612. 100\%$$

$$\eta_b = 9,612 \%$$

3. Pada beban 3 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,4006 kg/ h

dan Lpg 3,15 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg

11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,4006 \text{ kg / h} \cdot 10900 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{solar} = 4366,54 \text{ cal / h}$$

$$Q_{lpg} = 3,15 \text{ kg / h} \cdot 11245 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{lpg} = 35421,75 \text{ cal / h}$$

Maka :

$$\eta_b = \frac{1,55 \text{ kw}}{4366,54 \text{ cal / h} + 35421,75 \text{ cal / h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,14024 \text{ kw}. 100\%$$

$$\eta_b = 14,024 \%$$

b. Pada Putaran 1500 Rpm

1. Pada beban 1 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,3105 kg/ h
dan Lpg 3,74 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg
11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,3105 \text{ kg} / \text{h} \cdot 10900 \text{ cal} / \text{kg}$$

$$Q_{solar} = 3384,45 \text{ cal} / \text{h}$$

$$Q_{lpg} = 3,74 \text{ kg} / \text{h} \cdot 11245 \text{ cal} / \text{kg}$$

$$Q_{lpg} = 42056,3 \text{ cal} / \text{h}$$

Maka :

$$\eta_v = \frac{0,95 \text{ kw}}{3384,45 \text{ cal} / \text{h} + 42056,3 \text{ cal} / \text{h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,07526 \text{ kw} \cdot 100\%$$

$$\eta_b = 7,526\%$$

2. Pada beban 2 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,3625 kg/ h

dan Lpg 3,52 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg

11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,3625 \text{ kg/h} \cdot 10900 \text{ cal/kg}$$

$$Q_{solar} = 3951,25 \text{ cal/h}$$

$$Q_{lpg} = 3,52 \text{ kg/h} \cdot 11245 \text{ cal/kg}$$

$$Q_{lpg} = 39582,4 \text{ cal/h}$$

Maka :

$$\eta_b = \frac{1,60 \text{ kw}}{3951,25 \text{ cal/h} + 39582,4 \text{ cal/h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,13231 \cdot 100\%$$

$$\eta_b = 13,231\%$$

3. Pada beban 3 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,4476 kg/h

dan Lpg 3,19 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg

11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,4476 \text{ kg/h} \cdot 10900 \text{ cal/kg}$$

$$Q_{solar} = 4878,84 \text{ cal / h}$$

$$Q_{lpg} = 3,19 \text{ kg / h} \cdot 11245 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{lpg} = 35871,55 \text{ cal / h}$$

Maka :

$$\eta_b = \frac{2,24 \text{ kw}}{4878,84 \text{ cal / h} + 35871,55 \text{ cal / h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,19788 \text{ kw}$$

$$\eta_b = 19,788\%$$

b. Pada Putaran 2000 Rpm

1. Pada beban 1 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,3625 kg/ h

dan Lpg 3,95 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg

11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,3625 \text{ kg / h} \cdot 10900 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{solar} = 3951,25 \text{ cal / h}$$

$$Q_{lpg} = 3,95 \text{ kg / h} \cdot 11245 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{lpg} = 44417,75 \text{ cal / h}$$

Maka

$$\eta_v = \frac{1,23 \text{ kw}}{3951,25 \text{ cal / h} + 44417,75 \text{ cal / h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,09881 \text{ kw} \cdot 100\%$$

$$\eta_b = 9,881\%$$

2. Pada beban 2 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,4228 kg/ h

dan Lpg 3,74 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg

11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,4228 \text{ kg / h} \cdot 10900 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{solar} = 4608,52 \text{ cal / h}$$

$$Q_{lpg} = 3,74 \text{ kg / h} \cdot 11245 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{lpg} = 42056,3 \text{ cal / h}$$

Maka :

$$\eta_b = \frac{2,13 \text{ kw}}{4608,52 \text{ cal / h} + 42056,3 \text{ cal / h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,16432 \cdot 100\%$$

$$\eta_b = 16,432\%$$

3. Pada beban 3 kg

Dimana :

m_f = Laju aliran bahan bakar yang masuk solar 0,5074 kg/ h

dan Lpg 3,52 kg/h

LHV = nilai kalor bahan bakar Solar 10.900 cal/kg, dan Lpg

11.245 cal/kg

Maka:

$$Q_{solar} = 0,5074 \text{ kg / h} \cdot 10900 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{solar} = 5530,66 \text{ cal / h}$$

$$Q_{lpg} = 3,52 \text{ kg / h} \cdot 11245 \text{ cal / kg}$$

$$Q_{solar} = 39582,4 \text{ cal / h}$$

Maka :

$$\eta_b = \frac{3,26 \text{ kw}}{5530,66 \text{ cal / h} + 39582,4 \text{ cal / h}} \times 3600$$

$$\eta_b = 0,26014 \text{ kw}$$

$$\eta_b = 26,014\%$$

4.7. Pembahasan Grafik

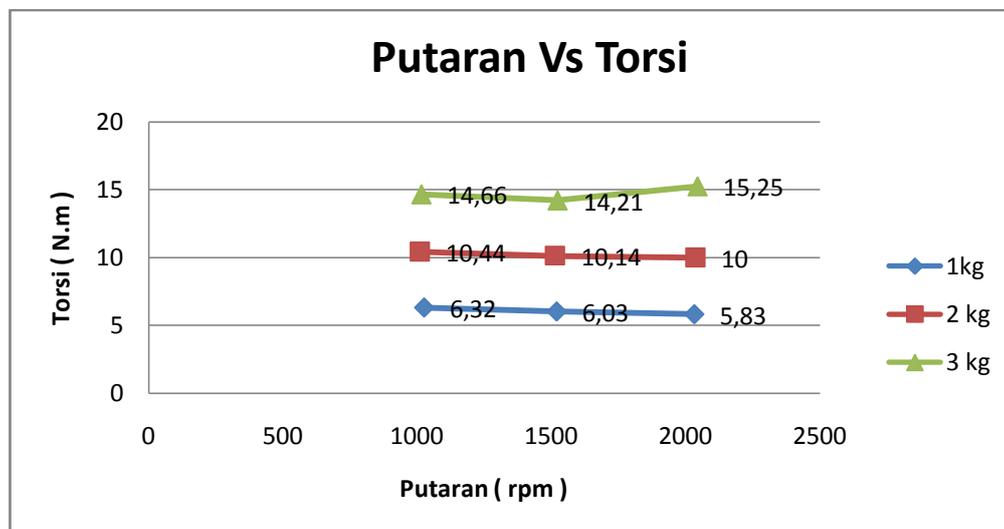
1. Putaran Mesin Terhadap Torsi

Data hasil Putaran Mesin terhadap Torsi menggunakan bahan bakar Ganda (Solar + LPG), dengan beban pengereman 1 kg dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4. Data Hasil Putaran Mesin Terhadap Torsi

Beban (kg)	Putaran (rpm)	Torsi (N.m)
1	1026	6.32
	1519	6.03
	2031	5.83
2	1010	10.44
	1514	10.14
	2036	10.00
3	1015	14.66
	1522	14.21
	2043	15.25

Torsi dapat dilihat pada gambar 4.1 dimana putaran mesin 1026 rpm samapai kepada putaran 2031, Pada percobaan dengan menggunakan pembebanan 1kg, Kita dapat melihat dari gambar 4.1 terjadi nya penurunan torsi yg di hasilkan, ini disebabkan oleh beban pengreman yang bertambah, Maka torsi yang di hasilkan pun menurun,begitu juga pada beban 2 kg sama seperti beban 1 kg terjadinya penurunan torsi, sedangkan pada beban 3 kg terjadi kenaikan Torsi pada putaran mesin 2043 rpm, ini disebabkan karena putaran poros tidak stabil sehingga mengakibatkan torsi mengalami kenaikan.



Gambar 4.1. Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Torsi

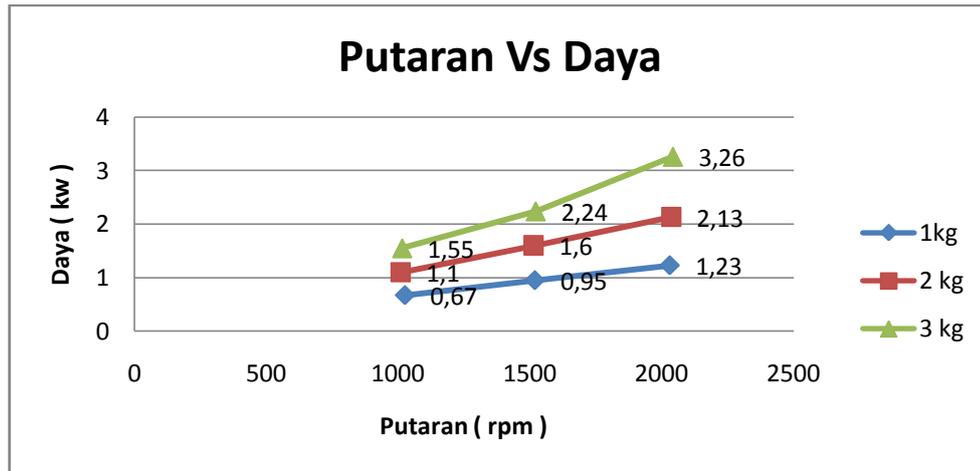
2. Putaran Mesin Terhadap Daya

Data hasil Putaran Mesin terhadap Daya dengan beban pengereman 1 kg, 2 kg, dan 2 kg, dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Putaran Mesin terhadap Daya

Beban (kg)	Putaran (rpm)	Daya (kw)
1	1026	0.67
	1519	0.95
	2031	1.23
2	1010	1.10
	1514	1.60
	2036	2.13
3	1015	1.55
	1522	2.24
	2043	3.26

Dari hasil pengujian diperoleh jika putaran mesin semakin meningkat maka daya yang dihasilkan semakin naik, ini disebabkan karena masuknya bahan bakar yang menggunakan bahan bakar ganda (Solar + Lpg) mampu meningkatkan daya yang semakin meningkat.apabila pengereman beban di turunkan dan putaran di naikan maka akan kemungkinan daya yang di hasilkan juga akan terjadi kenaikan,kita bisa lihat pada gambar 4.2 pada beban 1 kg,dengan putaran 1026 rpm,1519 rpm,2031 rpm, daya di hasilkan semakin naik , dan kita dapat lihat dari grafik gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya

3. Putaran Mesin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

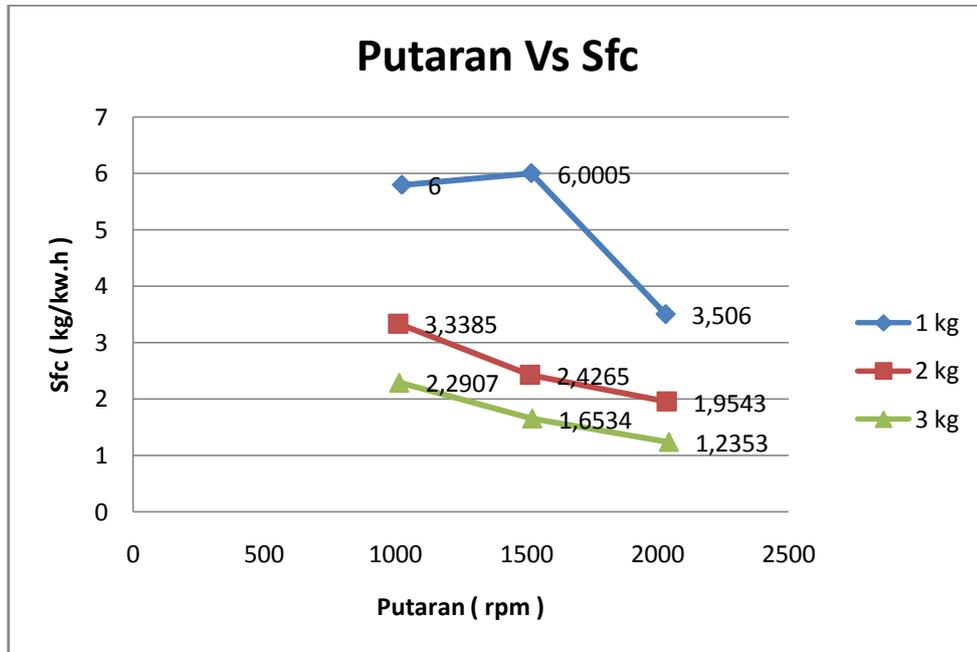
Data hasil Putaran terhadap Mesin Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC) menggunakan bahan bakar ganda (Solar + Lpg), dengan beban pengereman 1 kg, 2 kg, dan 3 kg dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6. Data Hasil Putaran Mesin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Beban (kg)	Putaran (rpm)	Sfc (kg/kw.h)
1	1026	6
	1519	6.0005
	2031	3.506
2	1010	3.3385
	1514	2.4265
	2036	1.9543
3	1015	2.2907
	1522	1.6534
	2043	1.2353

Pada gambar 4. 3 dapat dilihat grafik perbandingan antara konsumsi bahan bakar spesifik terhadap putaran mesin mengalami peningkatan kenaikan pada beban pengereman yang sama dengan percobaan menggunakan bahan bakar ganda (Solar + Lpg). Dengan demikian, konsumsi bahan bakar semakin menurun apabila putaran mesin di naikkan. Dikarenakan modifikasi penambahan bahan bakar ganda (Solar + Lpg), sehingga mampu mengurangi konsumsi bahan bakar

pada putaran tinggi dengan beban pengereman yang sama,tetapi tidak pada hal beban 1 kg dengan putaran 1519 terjadi kenaikan di sebabkan putaran mesin yg tidak stabil.



Gambar 4.2 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Sfc

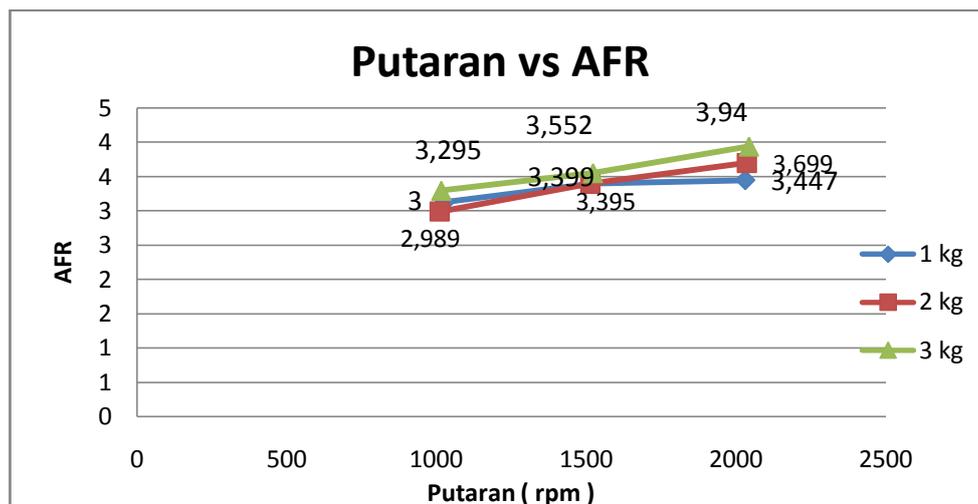
4. Putaran Mesin Terhadap Perbandingan Bahan Bakar Dengan Udara (AFR)

Data hasil putaran dengan bahan bakar dengan udara dengan bahan bakar ganda (Solar + Lpg),dengan beban pengereman 1 kg, 2kg, dan 3 kg,dengan meningkatkan putaran mesin dapat di lihat pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Putaran Terhadap Perbandingan Bahan Bakar Dengan Udara (AFR)

Beban (kg)	Putaran (rpm)	AFR (kg/h)
1	1026	3
	1519	3.399
	2031	3.447
2	1010	2.989
	1514	3.395
	2036	3.699
3	1015	3.295
	1522	3.552
	2043	3.94

Pada gambar 4.4 dapat dilihat grafik perbandingan bahan bakar dengan udara terhadap putaran dengan beban pengereman 1 kg, 2 kg, dan 3 kg, dengan meningkatkan putaran mesin dengan beban sama, maka konsumsi bahan bakar dengan udara semakin meningkat, di sebabkan pengaruh putaran yang semakin tinggi sehingga udara yang di butuhkan juga semakin meningkat.



Gambar 4.4 Perbandingan putaran terhadap bahan bakar dengan udara

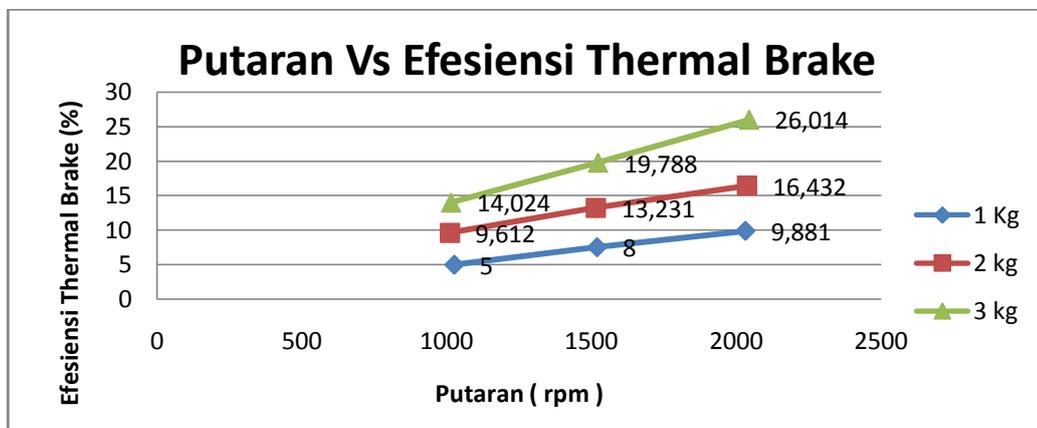
5. Putaran Mesin Terhadap Efisiensi Thermal Brake

Data hasil putaran mesin terhadap efisiensi thermal brake dengan bahan bakar ganda (Solar + Lpg), dengan beban pengereman 1 kg, 2 kg, dan 3 kg dengan meningkatkan putaran mesin, dapat di lihat pada tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Putaran Mesin Terhadap Efisiensi Thermal Brake

Beban (kg)	Putaran (rpm)	Efisiensi thermal brake (%)
1	1026	5
	1519	8
	2031	9.881
2	1010	9.612
	1514	13.231
	2036	16.432
3	1015	14.024
	1522	19.788
	2043	26.014

Pada gambar 4.5 dapat di lihat dari grafik perbandingan Putaran terhadap Efisiensi thermal brake pengujian dengan bahan bakar ganda (Solar + Lpg), terjadi peningkatan efisiensi thermal brake dalam beberapa persen (%) dengan meningkatkan putaran mesin, di sebabkan karena pengaruh nya penambahan beban pengereman dapat mempengaruhi efisiensi kerja mesin karena adanya pembebanan yang bertambah.



Gambar 4.5 Perbandingan putaran terhadap Efisiensi Thermal brake;

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil pada penelitian ini adalah :

- a. Pada pengujian ini dengan menggunakan bahan bakar ganda (Solar + Lpg) daya yang di hasilkan semakin meningkat,disebabkan adanya penambahan bakar Lpg.
- b. Pada pengujian beban 3 kg dengan putaran mesin 2043 rpm terjadi nya peningkatan torsi 15,25 N yang begitu besar,dimana disebabkan poros kurang stabil.
- c. Pada hasil perbandingan dari konsumsi bahan bakar (Sfc) dengan perbandingan udara (AFR), semakin rendah beban pengereman, maka semakin meningkatnya konsumsi bahan bakar yang di gunakan dan semakin sedikit pula udara yang di butuhkan pada mesin
- d. Dalam pengujian yang di lakukan telah terlihat pula pengaruh kerja mesin atau efesien thermal brake hilang energy akibat adanya kerugian yang di sebabkan beban pengereman meningkat.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini yaitu :

1. Agar falkultas teknik memberikan pelajaran mata kuliah tentang pemrograman dengan aplikasi arduino.

2. Supaya melengkapi alat ukur yang lebih akurat agar data yang di dapat lebih mudah untuk di peroleh seperti pada alat ukur kecepatan aliran gas, alat ukur kecepatan laju aliran udara,yang dimana awal dalam pengujian ini menggunakan Tabung Pitot Manometer U.dan juga pada konsumsi bahan bakar solar maupun gas.

DAFTAR PUSTAKA

Aldo Maudy G, (Karateristik Dimethyl Ether (DME) , (bloggerr), (<http://aldomaudyg.blogspot.com/2014/08/karateristik-dimethyl-ether-dme.html>), (19 September 2018).

Berkah Fajar,2007. “Pengukuran Viskositas Dan Nilai Kalor Bio-Diesel Minyak Bawang Dengan Variasi Temperatur Dan Kadar Minyak Bawang”,Diponegoro.

Dicky Yoko Exoryanto, Baambang Sudarmanta,2006.“ Study Experimental Unjuk kerja Mesin Diesel Menggunakan Sistem Dual Fuel Solar-Gas CNG Dengan Variasi Tekanan Injeksi Gas Dan Derajat Waktu Injeksi”. Surabaya

Jeksson Turnip,2009.“ Pengujian Dan Analisa Performansi Motor Bakar Diesel Menggunakan Biodiesel Dimethyl Ester B-01 Dan B-02, Medan

W.Djoko Yudiswiro,2014 “Study Alternatif Penggunaan BBG Gas Elpiji Universitas Untuk Bahan Bakar Mesin Bensin Konvensional”, Dosen Teknik Mesin 17 Agustus 1945,Cirebon

LAMPIRAN

Data Mentah Pengujian

Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	Beban	Rpm	Suhu	Mq2	Mq7
14:12:59	0.36	1020	75.75	2	5
14:13:01	0.26	1077	76.5	2	5
14:13:04	0.24	1051	76.5	2	6
14:13:06	0.23	1090	78	3	6
14:13:08	0.31	1081	79	3	8
14:13:10	0.51	1094	79.75	6	8
14:13:13	0.56	1007	79.75	6	8
14:13:15	0.72	1021	80	8	12
14:13:17	0.76	1028	79.75	8	12
14:13:19	0.82	1024	80.25	8	12
14:13:22	0.81	1029	79.5	8	16
14:13:24	0.89	1051	79.25	10	16
14:13:26	0.97	1029	79.25	11	16
14:13:28	1.45	1029	79.5	11	18
14:13:31	1.25	1025	79.75	11	18
14:13:33	1.27	1018	79.75	12	22
14:13:35	1.18	1016	79.75	13	22
14:13:37	1.09	1029	79.5	13	22
14:13:40	0.99	1016	80	13	22
14:13:42	1.36	1013	80.25	17	24
14:13:44	1.32	1011	80.75	17	24
14:13:46	1.21	977	81	15	21
14:13:49	1.19	1025	82.25	15	21
14:13:51	1.13	1051	83.25	13	20
14:13:53	1.01	1012	84.25	10	23
14:13:55	1.08	1018	85.25	10	21
14:13:58	1.02	1018	86.75	11	24
14:14:00	1.05	1011	87.5	13	19
14:14:02	1.05	1008	87.5	18	19
14:14:04	1.07	1001	88	3	20
14:14:07	1.03	1008	89	17	20
14:14:09	1.01	1012	89.5	13	21
14:14:11	1.05	1021	90	12	18
14:14:13	1.06	1024	90.5	10	18
14:14:16	1.03	1018	91.25	7	16
14:14:18	1.02	1007	91.25	7	16
	0.93	1026.944	82.49306	9.944444	16.63889

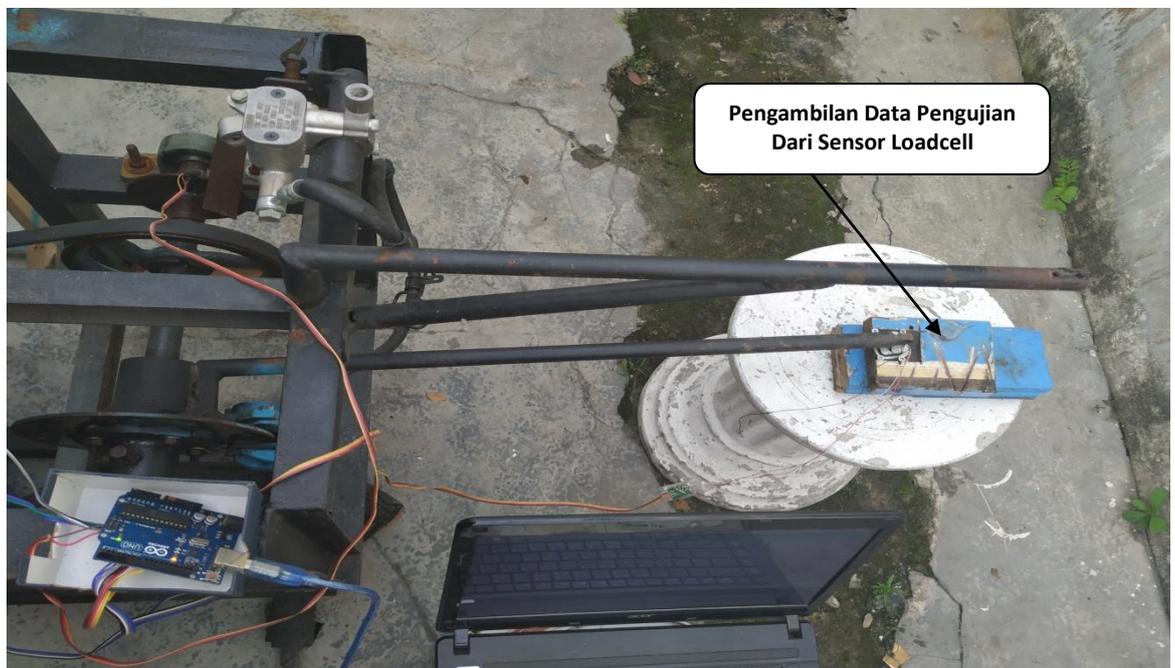
Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	Beban	Rpm	Suhu	Mq2	Mq7
14:12:59	1.86	1023	82.75	2	4

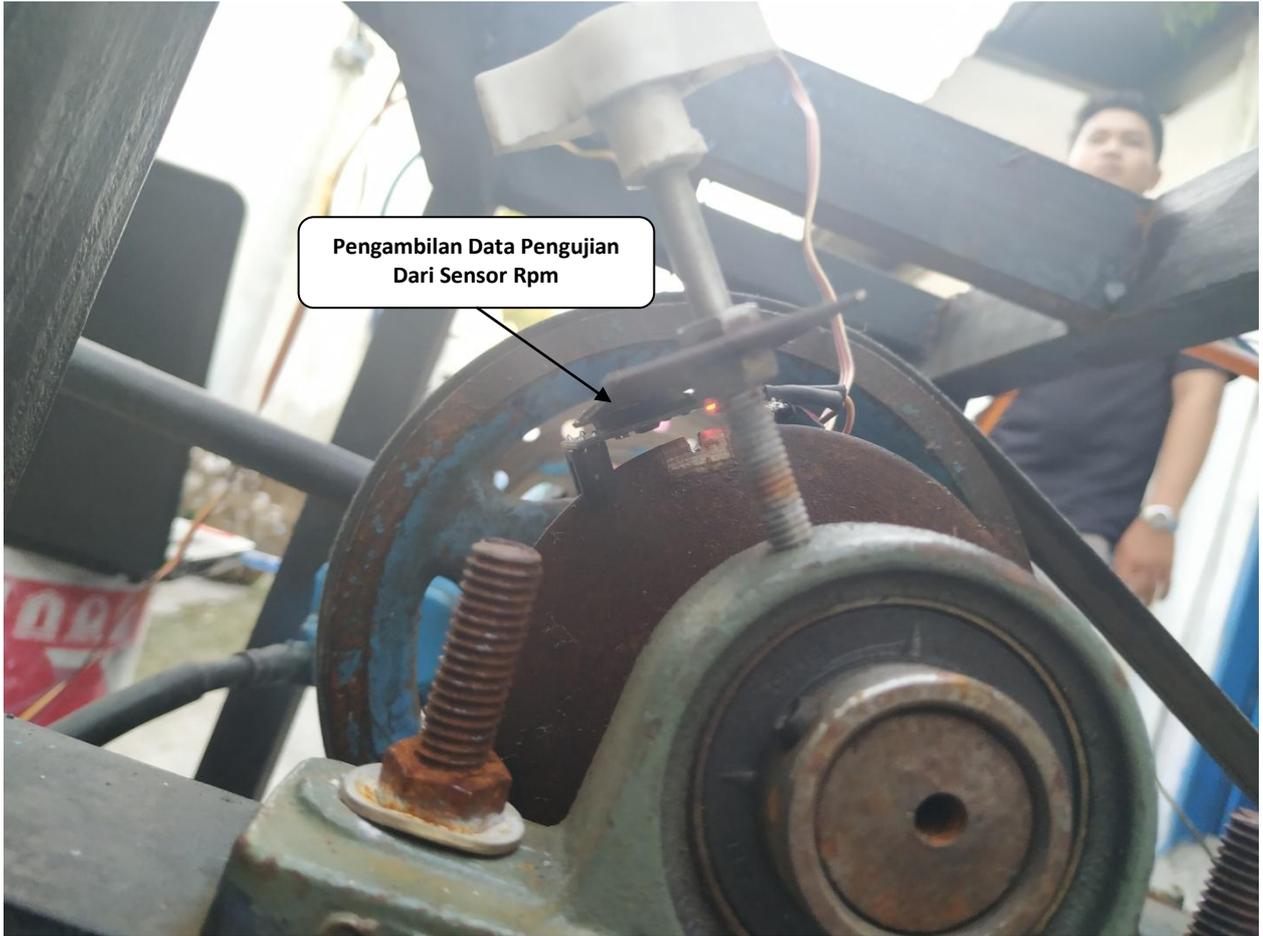
14:13:01	1,92	1018	84.5	2	4
14:13:04	1,97	1012	86.5	2	5
14:13:06	1.98	1007	86.25	3	6
14:13:08	2.06	996	86.75	3	7
14:13:10	2.23	986	87	4	9
14:13:13	2.47	979	87.5	3	9
14:13:15	2.58	1005	87.25	4	9
14:13:17	2.43	1012	87.75	6	12
14:13:19	2.26	1023	88.5	7	12
14:13:22	2,19	1036	88.75	3	12
14:13:24	2.11	1029	89	6	16
14:13:26	2.05	1022	89.5	9	16
14:13:28	2.08	1017	89.5	7	17
14:13:31	2.03	1008	89.75	9	18
14:13:33	2.08	1003	90	9	20
14:13:35	2.15	1008	90.5	19	22
14:13:37	2.18	1006	90.5	17	22
14:13:40	2.13	1014	90.75	17	24
14:13:42	1.97	1013	91	14	24
14:13:44	1.96	1011	91.25	17	25
14:13:46	1.89	1007	91.75	13	28
14:13:49	1.96	1009	92	12	27
14:13:51	2.17	1003	92.75	9	29
14:13:53	2.15	1012	93.5	7	31
14:13:55	2.17	1018	93.75	6	24
14:13:58	2.09	1018	94	2	24
	2.13	1010.926	89.37037	7.851852	16.88889

Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	Beban	Rpm	Suhu	Mq2	Mq7
14:12:59	2.87	1026	93.75.75	2	5

14:13:01	2.90	1001	94.5	4	6
14:13:04	2.97	1026	94.75	2	7
14:13:06	2.98	1024	95	5	7
14:13:08	3.09	1029	96	6	6
14:13:10	3.07	1036	96.5	7	8
14:13:13	3.03	1028	96.75	7	12
14:13:15	2.98	1012	97.5	9	17
14:13:17	2.99	1019	97.75	13	18
14:13:19	3.02	1017	98	13	22
14:13:22	3.05	1012	98.5	13	22
14:13:24	3.03	1008	98.75	16	26
14:13:26	3.05	1015	99	16	29
14:13:28	3.08	1017	99.25	13	28
14:13:31	3.03	1018	99.75	17	21
14:13:33	3.08	1013	100.5	17	23
14:13:35	3.01	1011	101.5	18	24
14:13:37	3.03	1013	101.25	19	27
14:13:40	3.00	1011	101.75	20	17
14:13:42	3.02	1013	102	22	15
14:13:44	3.02	1011	102.5	21	17
14:13:46	2.99	1012	102.75	19	2
14:13:49	2.98	1015	103	17	7
14:13:51	2.96	1003	103.75	11	15
14:13:53	2.93	1006	104.75	12	17
14:13:55	2.86	1008	105.25	16	13
14:13:58	2.66	1008	106	17	12
	2.99	1015.259	99.88462	13.03704	15.66667

Tahap Pengujian





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Ismail
NPM : 1307230244
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 21 Februari 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Menikah
Alamat : Jalan Ileng Gg. Mangga Lk. II Rengas Pulau
Nomor HP : 0821 6699 5460
Email : ismailparfume21@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Sahlan
Ibu : Sabariah

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : SD Titi Berdikari Medan
2007-2010 : SMP Yayasan Pendidikan Islam Medan Labuhan
2010-2013 : SMK Persatuan Amal Bakti VI Medan Helvetia
2013-2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara