

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR BAHAN BAKAR TERHADAP  
UNJUK KERJA MESIN GENERATOR SET 4 LANGKAH**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Pendidikan Tingkat Sarjana (S-1) pada Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Bengkulu



**OLEH**

**HENDRI SYAPUTRA  
NPM. G1C 009 007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BENGKULU**

**2014**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “PENGARUH VARIASI TEMPERATUR BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN GENERATOR SET 4 LANGKAH” merupakan karya saya sendiri (ASLI), dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu Institusi Pendidikan, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila dalam karya saya terdapat kesamaan dengan karya orang lain maka saya siap diberi sanksi berupa dicopot gelar kesarjanaan saya.



Bengkulu, Juni 2014

  
Hendri Syaputra

NPM. G1C009007

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto

*"Rencanakanlah yang anda akan lakukan, dan lakukanlah yang telah anda rencanakan"*

### Persembahkan

Skripsi ini kupersembahkan kepada :

❖ **Kedua orang tua tercinta Ayahanda Syaiful dan ibunda Zauni Jani**

**Harti yang telah memberi dukungan dan do'a.**

❖ **Keluarga-keluargaku yang sedikit banyak telah menghiburku dan membantuku**

❖ **Seorang wanita spesial dihati, yang selalu menemani, memberikan semangat dan dukungan dari awal sampai akhir pembuatan skripsi ini.**

❖ **Semua teman-teman Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu yang telah banyak membantunya selama ini.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Tugas akhir ini berjudul *"Pengaruh Variasi Temperatur Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Mesin Generator Set 4 Langkah"*, yang diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tertinggi penulis berikan kepada kedua orang tua tercinta ayahanda Syaiful dan ibunda Zauni Jani Harti serta seluruh keluarga yang berdoa untuk keberhasilan penulis. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Angky Puspawan, S.T., M.Eng., selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.
2. Bapak Yovan Witanto, S.T., M.T, selaku pembimbing utama yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan tugas akhir dibidang konversi energi dan juga telah memberikan motivasi, dorongan, dan nasehat-nasehat yang berguna penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Afdhal Kurniawan Mainil, S.T., M.T, selaku pembimbing pendamping atas masukkan dan motivasinya.
4. Bapak Hendri Van Hoten, S.T., M.T selaku ketua penguji.
5. Bapak Ahmad Fauzan Suryono, S.T.,M.T selaku penguji pendamping.
6. Rekan-rekan yang telah banyak memberikan bantuan selama penyelesaian tugas akhir ini.

Besar harapan penulis semoga tulisan ini memberikan manfaat yang baik bagi penulis sendiri maupun rekan-rekan yang membacanya.

Bengkulu, Juni 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN SOAL SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Manfaat .....	2
1.5. Batasan Masalah.....	2
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Penelitian Pendahulu.....	4
2.2. Landasan Teori.....	5
2.2.1. Motor Pembakaran Dalam.....	5
2.2.2. Motor Otto .....	6
2.2.3. Motor Empat Langkah.....	6
2.2.4. Pembakaran Dalam Motor Otto .....	8
2.2.5. Karburator .....	9
2.2.6. Generator .....	9
2.2.7. Parameter Unjuk Kerja .....	10
2.2.8. Bahan Bakar .....	11

2.2.9. Alat ukur Temperatur .....	12
2.2.10. Multimeter Analog .....	13
2.2.11. Material Isolasi Termal.....	14
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1. Prosedur Penelitian .....	15
3.2. Alat dan Bahan .....	16
3.3. Persiapan Pengujian .....	21
3.4. Kalibrasi Alat Ukur .....	21
3.5. Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data .....	22
3.5. Pengolahan Data .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Data Kalibrasi Alat Ukur .....	24
4.2. Temperatur Bahan Bakar .....	25
4.3. Daya Mesin .....	25
4.4. Konsumsi Bahan Bakar .....	29
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	32
5.2. Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN 1</b>	
<b>LAMPIRAN 2</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
<b>Gambar 2.1</b> <i>Siklus kerja 4 langkah motor bensin</i> .....	7
<b>Gambar 2.2</b> <i>Perbandingan siklus teoretis dan actual pada mesin otto</i> .....	8
<b>Gambar 2.3</b> Sensor Temperatur LM35 .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Multimeter Analog .....	13
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir proses penelitian. ....	15
<b>Gambar 3.2</b> Mesin Generator.....	16
<b>Gambar 3.3</b> Lampu Board.....	17
<b>Gambar 3.4</b> Pipa Gondok dan Tabung Ukur .....	17
<b>Gambar 3.5</b> Stopwatch.....	18
<b>Gambar 3.6</b> Clamp Meter.....	18
<b>Gambar 3.7</b> Alat Ukur temperatur .....	19
<b>Gambar 3.8</b> Penukar Kalor .....	19
<b>Gambar 3.9</b> Saluran Bahan Bakar.....	20
<b>Gambar 3.10</b> Poliuretan .....	21
<b>Gambar 4.1</b> Hasil regresi perbandingan data temperatur dari thermometer raksa dan sensor temperatur.....	25
<b>Gambar 4.2.</b> Grafik perbandingan daya terhadap beban pada bahan bakar pertamax .....	26
<b>Gambar 4.3</b> Grafik perbandingan daya terhadap beban pada bahan bakar premium .....	27
<b>Gambar 4.4</b> Grafik perbandingan daya yang dihadirkan bahan bakar premium terhadap bahan bakar pertamax .....	28
<b>Gambar 4.5</b> Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap beban pada bahan bakar premium.....	29
<b>Gambar 4.6</b> Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap beban pada bahan bakar pertamax .....	30
<b>Gambar 4.7</b> Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap beban yang diberikan pada premium dan pertamax	31

## DAFTAR SIMBOL

<b>Simbol</b>	<b>Arti</b>	<b>Satuan</b>
N	Daya	Hp
S <sub>fc</sub>	Konsumsi bahan bakae spesifik	Kg/Hp.h
M <sub>f</sub>	Massa fluida	Kg
I	Arus	Ampere
V	Tegangan	Volt
P <sub>f</sub>	Faktor daya	
C <sub>f</sub>	Efisiensi generator listrik	Persen
G <sub>f</sub>	Jumlah bahan bakar	Kg/Jam

## ABSTRAK

Generator set memiliki fungsi sebagai pemberi suplai daya listrik alternatif. Pengoperasian generator set kebanyakan dilakukan di ruang terbuka yang bertujuan untuk mengurangi kebisingan dan terhirupnya gas buang pada saat operasi. Pengoperasian di ruang terbuka seringkali tidak memperhatikan keadaan temperatur sekitar, dimana temperatur dapat mempengaruhi kedudukan suatu benda termasuk kinerja mesin generator. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur bahan bakar (premium dan pertamax) terhadap unjuk kerja mesin generator set 4 langkah. Bahan bakar pada tangki dikondisikan sehingga didapatkan temperatur bahan bakar di dalam ruang pelampung karburator pada rentang temperatur: 29.461°C -30.001°C, 31.4964°C-32.20256°C, dan 36.543°C-38.4331°C. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus listrik pada pembebanan 500, 1000, 1500, dan 2000 Watt sehingga didapat daya dan konsumsi bahan bakar spesifik. Dengan peningkatan temperatur bahan bakar dapat meningkatkan daya mesin dari 2.051516 Hp (premium dan pertamax) menjadi 2.15159 Hp (premium) dan 2.11334 Hp (pertamax) pada pembebanan 1500 watt begitu juga pada pembebanan lainnya. Namun nilai konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan dari  $0.31993 \frac{Kg}{Hp.h}$  (premium) dan  $0.273274 \frac{Kg}{Hp.h}$  (pertamax) menjadi  $0.255245 \frac{Kg}{Hp.h}$  (premium) dan  $0.249674 \frac{Kg}{Hp.h}$  (pertamax) pada pembebanan 1500 watt, begitu juga pada pembebanan yang lain.

**Kata kunci :** Generator set, Temperatur, unjuk kerja.

## ABSTRACT

Generator set has a function as a conduit of power supply alternatives. The operation of often in outdoor that has purpose to decrease loudness and inhalation of exhaust gases during operation. Generator set is often operated in outdoor without focus on temperature. Temperature can affect distribution of fuel from the tank to the carburettor and combustor. The purpose of this study was to determine fuel (premium and pertamax) against the performance 4 stroke engine generator set. Fuel is arranged on the top of the tank in order to get premium fuel temperature and to be in the carburetor float chamber with a temperature sensor. Then it was found the fuel temperature inside the chamber resulted in a fuel life vests were 29.461°C-30, 001°C, 31.4964°C-32.20256 °C, and 36 543°C-38.4331 °C. The data backup was measured with voltage and electric current in the load 500, 1500, and 2000 Watt, so that energy and the specific fuel consumption were gotten 2.051516 hp (premium and pertamax) becomes 2.15159 hp (premium) and 2.11334 hp (pertamax) at 1500 watts load and the other loads. But, consumption value of the specific fuel decrease from 0.31993 kg / (Hp.h) (premium) and 0.273274 kg / (Hp.h) (pertamax) to 0.255245 kg / (Hp.h) (premium) and 0.249674 kg / (Hp.h) (pertamax) at 1500 watts load and the other loads.

**Keywords:** *Generatorset, Temperature, Performance.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Generator set merupakan alat yang memiliki fungsi sebagai pemberi suplai daya listrik alternatif yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari baik untuk alat-alat listrik rumah tangga maupun alat-alat listrik perkantoran. Generator set memiliki konstruksi yang unggul yaitu dapat dibawah kemana saja, sehingga membuat alat tersebut dapat digunakan pada posisi manapun. Pengoperasian generator set kebanyakan dilakukan pada ruangan terbuka yang bertujuan untuk mengurangi kebisingan dan terhirupnya gas buang yang ditimbulkan pada saat pengoperasian mesin tersebut. Pengoperasian mesin tersebut di ruang terbuka sering kali tidak memperhatikan keadaan temperatur sekitar, sehingga banyak yang menempatkan generator set tersebut dibawah terik matahari atau di daerah yang memiliki kelembaban yang tinggi.

Kedudukan suatu benda dipengaruhi oleh temperatur, begitu juga dengan generator set yang diletakan di ruang terbuka juga dipengaruhi oleh keadaan temperatur sekitar. Kondisi temperatur sekitar dapat mempengaruhi kinerja suatu mesin, salah satunya pada proses penyaluran bahan bakar ataupun pembakaran bahan bakar di dalam selinder. Proses penyaluran bahan bakar tersebut dimulai dari tangki bahan bakar sampai menuju ruang bakar yang sebelumnya melewati selang dan keran.

Penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh temperatur yang dialami generator set terhadap unjuk kerja dari mesin generator set 4 langkah. Dengan demikian dampak pengaruh temperatur pada saluran bahan bakar menuju ke karburator dapat diprediksi sehingga penggunaan generator set di ruang terbuka bisa lebih baik.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi temperatur bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin generator set 4 langkah.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin generator set 4 langkah.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat yang ini dicapai pada penelitian ini adalah dapat mengetahui pengaruh variasi temperatur bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin generator set 4 langkah.

## **1.5 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini membatasi masalah yang akan dibahas yaitu sebagai berikut:

1. Membahas unjuk kerja mesin berupa daya mesin, dan konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*).
2. Memvariasikan temperatur yang diuji pada rentang 28.884°C-29.741°C, temperatur 31.282°C-32.053°C, dan temperatur 36.447°C-38.433°C
3. Pembebanan yang diberikan 500 watt, 1000 watt, 1500 watt, 2000 watt.
4. Menggunakan bahan bakar berupa premium dan pertamax.
5. Perpindahan panas tidak dikaji lebih lanjut.
6. Menggunakan motor generator set 4 langkah dengan tegangan dijaga konstan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penelitian ini ditulis berdasarkan susunan sebagai berikut:

**BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II : DASAR TEORI**

Berisi tentang materi-materi yang berkaitan dengan penelitian ini.

**BAB III : METODE PENELITIAN**

Berisi tentang metode penelitian, langkah penelitian, alat pengujian dan cara pengujian.

**BAB IV : PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA**

Berisi tentang hasil penelitian dan menganalisa hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian.

**BAB V : PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan saran yang bertujuan sebagai tindak lanjut dari hasil penelitian

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Penelitian Pendahuluan**

Pengujian unjuk kerja mesin dapat dilakukan dengan menggunakan bermacam-macam alat, salah satunya dengan menggunakan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator set. Ada beberapa penelitian tentang unjuk kerja mesin yang menggunakan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh mesin generator set baik yang menggunakan mesin diesel maupun *gasoline* (Bensin). Penelitian mengenai generator set ini sudah dilakukan oleh Murni (2010) dan Hasoloan (2008) yang memanfaatkan nilai tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator set yang menggunakan bahan bakar diesel dan biodiesel untuk mendapatkan daya mesin.

Generator set merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik melalui perubahan energi gerak menjadi energi listrik. Generator memerlukan bahan bakar sebagai energi primer untuk dapat menghasilkan energi listrik. Penggunaan bahan bakar dapat berupa bahan bakar cair antara lain premium, pertamax, pertamax plus, dan bahan bakar alternatif lainnya, seperti halnya yang telah dilakukan oleh Saragih dan Kawano (2013). Pada penelitian ini juga menggunakan peralatan pengukur arus dan tegangan listrik untuk mendapatkan daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar alternatif spiritus menghasilkan daya maksimal yang tertinggi, torsi maksimum tertinggi, tekanan efektif rata-rata (bmep) maksimum tertinggi, konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) minimum, efisiensi termal maksimum tertinggi, emisi gas buang Carbin monoksida (CO) minimum dan emisi gas buang HidroCarbon (HC) minimum juga dapat di capai oleh bahan bakar alternatif yaitu spiritus.

Proses pembakaran bahan bakar didalam selinder dapat dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu temperatur, kerapatan campuran, komposisi, dan turbulensi yang ada pada campuran. Apabila terjadi kenaikan temperatur campuran bahan bakar akan mengakibatkan semakin mudah campuran bahan bakar dan udara terbakar karena campuran bahan bakar dan udara akan lebih homogen. Seperti halnya yang dilakukan oleh Suyatno (2010), melakukan penelitian dengan

memberikan suatu perlakuan terhadap bahan bakar premium dengan melakukan pemanasan bahan bakar melalui pipa yang dipasang pada *upper tank* radiator dari sebuah mesin yang dipakai pada mobil jenis Daihatsu hijet 1000. Setelah dilakukan penelitian, menunjukkan hasil bahwa setelah dipanaskan, pada rpm tinggi penghematan bahan bakar juga tinggi dan daya efektif meningkatkan, sedangkan pada rpm rendah penghematan bahan bakar rendah dan pada daya efektif lebih kecil dari pada penggunaan bahan bakar sebelum dipanaskan.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Motor Pembakaran Dalam

Motor pembakaran dalam adalah suatu mesin yang memanfaatkan panas dari fluida atau gas kerja yang tidak memiliki dinding pemisah. Motor pembakaran dalam merupakan mesin konversi energi yang dapat diklasifikasikan diantaranya mesin diesel (*Compression Ignition Engines/CIE*), mesin bensin (*Spark Ignition Engines/SIE*) dan turbin gas siklus terbuka. Mesin *otto* atau *Beau de Roches* merupakan motor pembakar dalam berjenis *Spark ignition engines*. Mesin *otto* merupakan mesin pengkonversi energi secara tak langsung, dimana energi bahan bakar menjadi energi panas kemudian menjadi energi mekanis. Siklus kerja mesin *otto* dibedakan menjadi motor *otto* dua langkah dan motor *otto* empat langkah. (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008)

Motor dua langkah merupakan motor yang menggunakan dua langkah piston dalam satu putaran engkol secara sempurna akan menghasilkan satu langkah kerja. Pada siklus mesin dua langkah mengalami kesulitan untuk mengisi penuh volume langkah dengan campuran bersih karena sebagian dari campuran udara dan bahan bakar mengalir langsung keluar silinder selama langkah hisap. Sedangkan motor empat langkah merupakan motor yang menghasilkan satu langkah kerja pada setiap empat langkah kerja piston atau dua putaran engkol secara sempurna. (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008)

### 2.2.2 Motor Otto

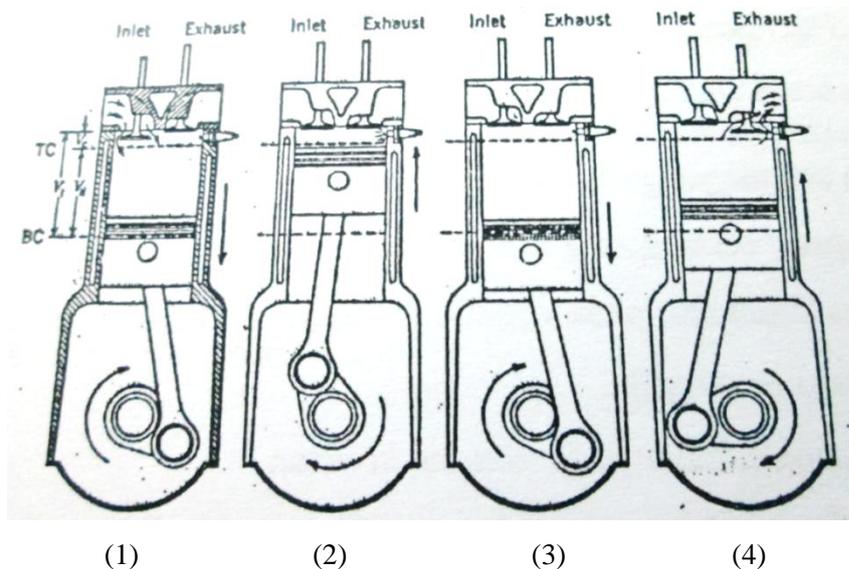
Motor *otto* merupakan motor yang menggunakan bahan bakar yang gampang menguap (*volatile*) baik dalam bentuk gas ataupun cair (bensin dengan berat jenis 0,75-0,78) yang akan membentuk campuran bahan bakar dengan udara menjadi homogen pada karburator. Bensin memiliki temperatur nyala sebesar 540°C, temperatur nyala bensin ternyata sangat rendah bila dibandingkan dengan temperatur nyala pada minyak diesel yaitu sebesar 320°C. Motor *otto* memiliki rasio kompresi berkisar antara 6,5-10,5. Untuk nilai rasio kompresi sebesar itu membuat motor *otto* tidak dapat mencapai temperatur penyalaan sendiri (*self ignition temperature*) sehingga diperlukan sumber penyalaan tambahan yang berupa loncatan bunga api listrik dari busi untuk memulai terjadinya pembakaran. Bila rasio kompresi terlalu tinggi, kemungkinan terbakarnya campuran bahan bakar dan udara terjadi sebelum loncatan bunga api listrik yang dapat menghentikan gerakan torak. Gejala seperti ini dapat disebut dengan penyalaan dini (*preignition*). (Kulshrestha,1989).

### 2.2.3 Motor Empat Langkah

Motor empat langkah merupakan motor yang menghasilkan satu langkah kerja pada setiap empat langkah kerja piston atau dua putaran engkol secara sempurna. Empat langkah kerja piston pada motor empat langkah dapat dijelaskan dengan siklus sebagai berikut: (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008)

1. Langkah pemasukan (*Intake*), dimana piston mula-mula berada pada titik mati atas (TMA) dan berakhir pada posisi piston di titik mati bawah (TMB). Pada langkah ini katup masuk terbuka, meningkatkan massa campuran yang terhisap dan menutup katup masuk setelah langkah ini berakhir.
2. Langkah kompresi (*Compression*), dimana kedua katup telah tertutup dan campuran udara dan bahan bakar terkompresi di dalam silinder ke bagian terkecil dari volume awalnya sehingga pembakaran dimulai dan tekanan selinder naik dengan sangat cepat.

3. Langkah kerja (*expansion*) merupakan langkah ekspansi yang terjadi pada  $45^\circ$  derajat sebelum titik mati bawah yang bergerak dari titik mati atas sehingga menekan piston turun dan memaksa engkol berputar dengan gas bertekanan tinggi serta melakukan proses pembuangan dan penurunan tekanan - tekanan selinder dengan membuka katup buang sehingga mendekati tekanan pembuangan.
4. Langkah pembuangan (*Exhaust*) terjadi ketika langkah kerja selesai dimana piston yang berada pada titik mati bawah bergerak ke titik mati atas. Dimana terjadi pembuangan sisa gas pembakaran melalui katup buang. Setelah piston berada pada titik mati atas, katup masuk membuka dan katup buang tertutup sehingga siklus dapat berulang kembali.



**Gambar 2.1** Siklus kerja 4 langkah motor bensin; (1)Inteke, (2) Compression (3) expansion (4) Exhaust (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008)

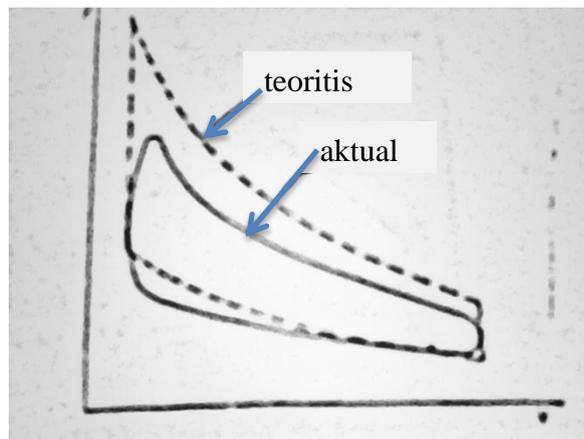
Secara teoritis motor *otto* memiliki proses masukan kalor berlangsung pada volume konstan. Beberapa asumsi yang digunakan sebagai berikut: (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008)

1. Kompresi berlangsung isentropic.
2. Pemasukan kalor pada volume konstan tidak memerlukan waktu.
3. *Ekspansi isentropic*
4. Pembuangan kalor pada volume konstan fluida kerja adalah udara dengan sifat gas ideal dan selama proses panas jenis konstan.

Siklus motor *otto* secara aktual memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan secara teoritis, karena mengalami kerugian-kerugian dalam operasi mesin yang meliputi: (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008)

1. Variasi panas jenis terhadap temperatur
2. Kesetimbangan kimia atau disosiasi
3. Waktu pembakaran
4. Pembakaran yang tidak sempurna
5. Perpindahan panas langsung
6. *Exhaust blowdown*
7. Pemompaan

Perbedaan antara siklus teoritis dan aktual pada mesin otto dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 2.2** Perbandingan siklus teoritis dan aktual pada mesin *otto*  
(Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008)

#### 2.2.4 Pembakaran dalam Motor *Otto*

Pembakaran antara campuran udara dan bahan bakar hanya terjadi dalam batas perbandingan tertentu. Secara umum telah disetujui bahwa api akan menjalar bila temperatur gas yang terbakar melebihi 1500 K untuk campuran hidrokarbon-udara. Untuk bahan bakar hidrokarbon perbandingan bahan bakar dan udara stoikometrik sekitar 1:15 sehingga perbandingan udara dan bahan bakar harus di sekitar 1:30 dan 1:7. Menurut Ricardo, pembakaran dibagi dalam dua tahap. Tahap pertama fase persiapan atau kelambatan

pembakaran dimana pertumbuhan dan perkembangan dari perjalanan inti api. Tahap kedua merupakan penyebaran bunga api ke seluruh ruang bakar. (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008)

### **2.2.5 Karburator**

Sebuah karburator akan menghasilkan campuran udara dengan bahan bakar yang sesuai untuk berbagai kondisi pembebanan, putaran dan daya. Adapun bagian-bagian utama dari sebuah karburator adalah ruang pelampung, tabung venturi, katup cuk, dan katup gas. Dimana ruang pelampung memiliki tujuan untuk menyediakan sejumlah bahan bakar dengan tekanan atmosfer dengan ketinggian permukaan yang tetap untuk catu atau suplai bahan bakar melalui berbagai jet dan saluran-saluran. Pelampung pada ruang ini dihubungkan dengan sebuah katup jarum, dan bila pelampung terangkat ke atas maka aliran bahan bakar yang masuk ke ruang ini akan berhenti karena aliran bahan bakar dari pompa ditutup. Sehingga permukaan bensin pada ruang ini akan dipertahankan konstan. (Kulshrestha, 1989)

### **2.2.6 Generator**

Generator bolak-balik (*Alternating Current/AC*) berfungsi sebagai pengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Generator AC memiliki komponen utama yaitu *rotor* yang menghasilkan medan magnet dan *stator* yang menghasilkan arus bolak-balik. *Rotor* generator diputar oleh tenaga mekanik mesin sehingga dapat menghasilkan listrik AC. Generator memiliki cara kerja sebagai berikut: pada saat mesin dihidupkan roda penerus ikut berputar, magnet permanen yang mengelilingi kumparan dapat menimbulkan kemagnetan yang berubah-ubah ataupun bolak-balik pada kumparan *stator*. Pada kumparan *stator* akan terinduksi listrik yang arahnya berubah-ubah sehingga disebut dengan listrik arus bolak balik atau arus AC. (Marsudi.2013)

Generator dapat dibedakan berdasarkan metode pembangkitannya, yaitu cara yang di pakai untuk memulai generator bekerja yaitu jenis *separately excited field generator* dan *self-excited generator*. pada generator jenis *self-excited generator* ini proses menyalakannya tidak membutuhkan sumber

tegangan dari luar, namun generator jenis ini akan menghasilkan tegangan kecil saat gulungan *armature* memotong medan magnet yang lemah. Bidang magnet yang lemah ini disebabkan oleh *residual magnetis* (sisa gaya magnet) di dalam *coil* yang berhenti mengalirkan arus dan tegangan. Pada generator jenis ini di kelompokkan menjadi tiga macam yaitu: *Shunt generator*, *Generator series*, *Generator Compound*. *Shunt generator* merupakan generator yang memiliki kutub magnet *coil* yang dihubungkan secara paralel ke *armature*. Generator jenis ini menggunakan lilitan kawat kecil dengan jumlah yang banyak dan menggunakan sedikit arus yang dihasilkan gulungan medan magnet sehingga total arus yang dihasilkan harus sesuai dengan jumlah arus untuk menghidupkan dan dikirim ke beban. Jenis generator ini juga disebut dengan mesin tegangan konsten. (Daryanto, 2011)

### 2.2.7 Parameter Unjuk Kerja

Parameter unjuk kerja pada motor pembakaran dalam dapat ditunjukkan sebagai berikut :

#### 2.2.7.1 Daya Mesin

Daya adalah usaha yang dilakukan suatu benda setiap detik. Dengan kata lain daya merupakan gaya yang diberikan suatu benda untuk memindahkan benda lain terhadap waktu yang diperlukan. (Abdullah, mikrajuddin. 2004)

Pada sebuah mesin, daya merupakan tujuan utama, begitu juga halnya dengan mesin yang dihubungkan ke generator. Daya pada mesin yang dihubungkan dengan generator terutama generator AC berfasa tunggal akan berpengaruh terhadap tegangan dan arus listrik. Seperti halnya pendapat dari Maleev dalam penelitian Murni tahun 2010, yang menyatakan bahwa daya dari mesin yang disambungkan ke generator a-c fasa tunggal dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N = \frac{V \times I \times P_f}{746 C_g} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

N = Daya Mesin (HP)

V = Voltmeter (Volt)

I = Amperemeter (Amp)

$P_f$  = Faktor daya untuk fasa tunggal=1

$C_g$  = Efisiensi generator listrik di bawah 50 kva=0,87% - 0,89%

### 2.2.7.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (*sfc*) merupakan jumlah massa bahan bakar (kg) per waktu yang dipakai selama proses pembakaran untuk menghasilkan daya sebesar 1 Hp. Dengan kata lain konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) dapat diartikan sebagai ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar. konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$Sfc = \frac{G_f}{N} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana  $G_f$  adalah jumlah bahan bakar yang digunakan dengan satuan kg/jam dan  $N$  adalah daya efektif atau daya poros dengan satuannya Hp. (Basyirun dkk. 2008)

### 2.2.8 Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan faktor yang penting dari motor bakar. Bahan bakar memiliki beberapa jenis yaitu: bahan bakar gas, bahan bakar padat, bahan bakar cair, dan bahan bakar propellant. (Usman dkk. 1979)

Bahan bakar cair pada saat ini lebih banyak digunakan dari pada bahan bakar gas dan padat karena volumenya relatif lebih kecil sehingga tidak banyak memakan ruang dalam penyimpanan. Bahan bakar cair dibagi menurut asalnya sebagai berikut: (Usman dkk. 1979)

- Minyak mineral

Minyak mineral merupakan minyak yang berasal dari minyak bumi. Minyak mineral yang berguna untuk motor seperti bensol, bensin, petroleum/minyak lampu, minyak diesel, minyak lincir, dan minyak gas. Minyak mineral memiliki susunan dan ikatan yang terbagi yaitu, ikatan *alifatis* yang memiliki rumus umum  $C_nH_{2n+2}$ , dan ikatan *siklis* yang tidak memiliki rumus umum.

- Minyak sintetis  
Minyak sintetis merupakan minyak yang berasal dari proses distilasi kering dari batu bara muda (*bruinkool*) yang menghasilkan *cokes* dan *bruinkool ter*. *Bruinkool ter* memiliki berat jenis 0,9 sampai 0,98 dan sebagian besar terdiri dari ikatan zat arang dan air. Dengan distilasi bertahap akan menghasilkan minyak solar, minyak parafine, minyak gas, dan minyak parafine berat
- Minyak tumbuh-tumbuhan.

### **2.2.9 Alat Ukur Temperatur**

Temperatur merupakan tingkat keadaan panas dinginnya suatu benda. Tingkat keadaan panas dinginnya suatu benda dapat diketahui dengan membandingkan suatu benda dengan benda yang lain. Secara teknik pengukuran temperatur dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang berupa termometer dan sensor temperatur LM35:

#### **2.2.9.1 Termometer raksa**

Termometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur temperatur. Termometer merupakan alat ukur yang terdiri dari pipa kapiler yang terbuat dari kaca hampa udara yang berisi raksa. Jika temperatur akan menaik air raksa hingga menunjukkan keadaan pada skala pembaca.

#### **2.2.9.2 Sensor Temperatur LM35**

Sensor temperatur LM35 merupakan salah satu komponen elektronika yang mempunyai fungsi sebagai pengubah besaran temperatur menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor temperatur LM35 memiliki keakuratan yang tinggi dan memiliki kemudahan dalam perancangannya jika dibandingkan dengan sensor tempertur yang lain. Sensor temperatur LM35 juga memiliki keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. Sensor ini memiliki tegangan yang dapat mencapai 30 volt, namun hanya sebesar 5 volt yang diberikan ke sensor sehingga dapat



### **2.2.11 Material Isolasi Termal**

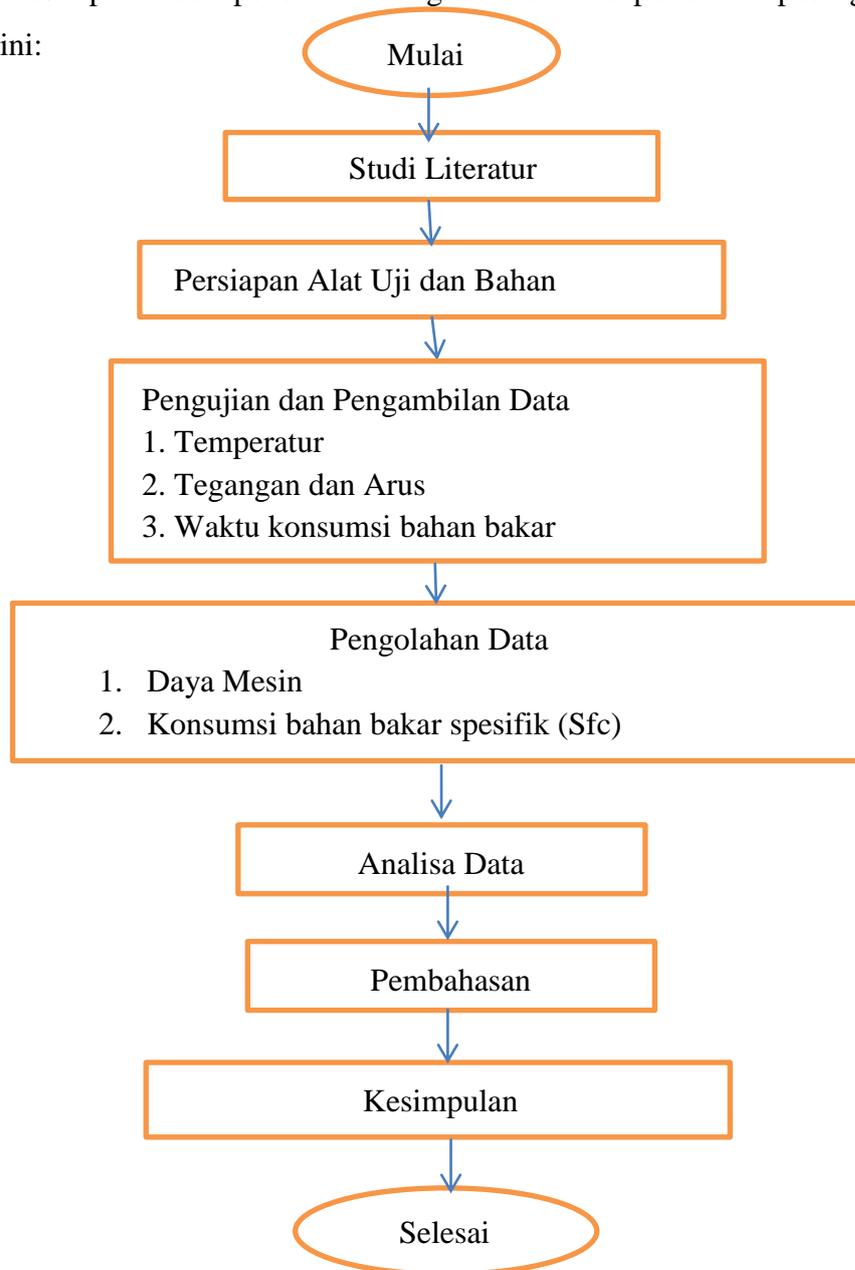
Material isolasi merupakan material yang digunakan untuk menahan aliran panas dari sistem yang ditutupi terhadap lingkungannya. Isolasi temperatur rendah akan digunakan untuk melindungi sistem yang bertemperatur rendah dari temperatur *ambient* (lingkungan) dan terjadinya kenaikan panas. Isolasi temperatur tinggi akan dipakai dalam keadaan sebaliknya yaitu jika diinginkan daerah yang diisolasi tidak melepaskan panasnya ke lingkungan. Material isolasi memiliki ketergantungan terhadap harga konduktivitas termal dan kerapatannya. Sebagai salah satu contoh material isolator yaitu polyurethane (busa) dengan nilai konduktivitas termalnya  $0.02 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ . : (Sugiarto, 2014)

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir yang membahas tentang langkah-langkah proses penelitian dari awal sampai akhir sehingga mendapatkan hasil dan kesimpulan dari penelitian. Diagram alir ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 3.1** Diagram alir proses penelitian

## 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

### 3.2.1 Alat Penelitian

Untuk menunjang penelitian ini perlu mempersiapkan alat-alat yang berupa:

#### 1. Mesin Generator Set Bensin

Pada penelitian ini menggunakan mesin generator set dan spesifikasi sebagai berikut:

Jenis mesin	Maestro
Tipe	MT3900LE
Max. AC output	2800 W
Rated. AC output	2500 W
AC Frequency	50 Hz
Cos $\phi$	1



**Gambar 3.2.** Mesin Generator

#### 2. Beban

Pembebanan menggunakan papan lampu yang merupakan rangkaian listrik terdiri dari 20 buah bola lampu yang disesuaikan terhadap beban ujinya. Papan lampu ini menggunakan bola lampu yang masing-masing 100 watt sebanyak 20 buah. Pembebanan yang diberikan pada penelitian memiliki kesamaan pada penelitian-penelitian terdahulu yang menggunakan generator set.



**Gambar 3.3** Lampu

3. Alat ukur bahan bakar

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur bahan bakar pada penelitian ini berupa pipa gondok dan tabung ukur. Pipa gondok digunakan untuk mengukur laju penggunaan bahan bakar pada saat mesin sedang beroperasi, yang memiliki ukuran 10 ml. sedangkan tabung ukur digunakan sebagai wadah pengukuran massa bahan bakar sebanyak 10 ml untuk mendapatkan ukuran massa dalam Kg.



**Gambar 3.4** Pipa Gondok dan tabung ukur

4. Alat ukur waktu

Pada pengujian ini menggunakan alat ukur waktu yaitu *stopwatch*. *Stopwatch* merupakan alat ukur waktu yang dapat di aktifkan dan di matikan pada saat memulai dan mengakhiri suatu pengukuran. *Stopwatch* akan berhenti berputar dan

menunjukkan waktu sesuai dengan pada saat di hentikan dan dapat mengembalikan jarum ke posisi nol dengan menekan tombol untuk memulai pengukuran kembali. *Stopwatch* mempunyai dua jenis yaitu *stopwatch* jarum dan *stopwatch* digital. *Stopwatch* jarum memiliki dua jarum , yaitu yarum panjang untuk menyatakan rentang waktu dalam detik sedangkan yang pendek untuk menyatakan rentang waktu dalam menit. Sedangkan *stopwatch* digital langsung menunjukkan angka-angka yang tertera pada pembacanya. (Mikrajuddi,Dkk.2006)



**Gambar 3.5** Stopwacth

#### 5. Alat Ukur Arus dan Tegangan

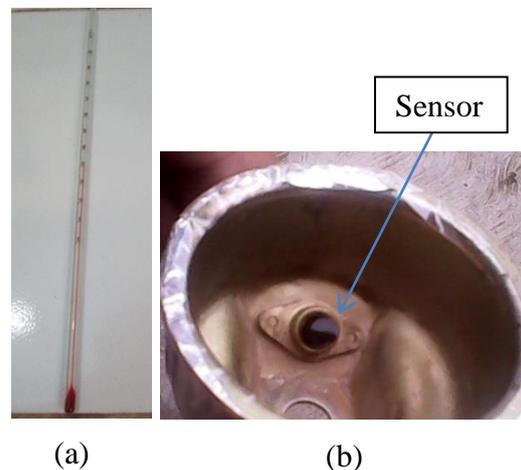
Pada penelitian ini menggunakan alat ukur arus dan tegangan yaitu clamp meter. Clamp meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur suatu aliran arus listrik tanpa harus memutuskan jalur arus listrik. Clamp meter juga disebut dengan tang *ampere* yang berfungsi untuk mengukur arus listrik, tegangan listik (*voltase*), mengukur tahanan dan resistor.



**Gambar 3.6** Clamp Meter

## 6. Alat ukur Temperatur

Pada penelitian ini menggunakan dua macam alat ukur temperatur yaitu termometer raksa dan sensor temperatur (LM35). Termometer dalam penelitian ini akan digunakan untuk mengukur temperatur bahan bakar saat berada di dalam tangki penyimpanan yang nantinya akan diberi perlakuan. Selain itu termometer juga digunakan sebagai alat pembanding pada sensor temperatur. Sensor temperatur merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur bahan bakar yang berada didalam ruang pelampung karburator. Pembacaan sensor temperatur LM35 ini dengan menggunakan multimeter



**Gambar 3.7** Alat Ukur temperatur (a) thermometer (b) LM35

## 7. Penukar kalor

Alat yang digunakan untuk mengkondisikan bahan bakar sebelum masuk ke dalam ruang pelampung pada karburator.



**Gambar 3.8** Penukar kalor

### 3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang di gunakan pada penelitian ini adalah:

#### 1. Saluran bahan bakar

Saluran bahan bakar menggunakan pipa tembaga dan pipa biasa.

Pipa berguna untuk saluran bahan bakar masuk ke karburator



**Gambar 3.9** Saluran Bahan Bakar

#### 2. Bahan bakar

Pada penelitian ini akan membahas bahan bakar produk dari Pertamina yaitu Premium dan Pertamax. Premium merupakan salah satu hasil dari penyulingan minyak bumi yang diberi *Tetra Ethyl Lead* (TEL) sebagai zat aditif. Premium tergolong jenis silica yang memiliki warna kuning akibat dari zat adiktif. Premium juga disebut dengan motor *gasoline* atau *petrol* yang memiliki angka oktan 88 dengan titik didih 30°-200°C. Sedangkan pertamax merupakan bahan bakar ramah lingkungan yang memiliki nilai oktan tinggi (berkisar 94) yang merupakan penyempurnaan bahan bakar sebelumnya. Pertamax di rekomendasikan untuk di gunakan pada kendaraan hasil produksi tahun 1990 ke atas dengan menggunakan teknologi *Fuel Injection* dan *catalytic*. Dengan menggunakan pertamax motor akan bekerja dengan lebih baik, lebih bertenaga, rendah emisi, serta memungkinkan untuk dapat menghemat bahan bakar. (purwanto,2012:)

### 3. Bahan isolasi termal

Bahan isolasi termal yang dipakai menggunakan bahan berjenis poliuretan. Dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 3.11** Poliuretan

### 3.3 Persiapan Pengujian

1. Pembuatan peralatan pembebanan
2. Mempersiapkan bahan dan alat ukur yang akan digunakan
3. Penyetelan alat
4. Perbandingan alat ukur

### 3.4 Kalibrasi alat ukur

Kalibrasi alat ukur dilakukan pada termometer raksa dan sensor temperatur. Pengkalibrasian alat ukur ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran temperatur pada titik beku air (es) dan temperatur pada titik didih air, saat mengalami perubahan fasa pada tekanan 1 atm. Pada saat perubahan fasa air es, termometer raksa menunjukkan temperatur  $0^{\circ}$  Celcius dan pada titik didih air menunjukkan temperatur  $100^{\circ}$  Celcius. Sehingga termometer raksa yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai yang tepat dan dapat digunakan.

Pada sensor temperatur ini menggunakan multimeter sebagai pembaca. Pengukuran pada sensor temperatur dengan menggunakan multimeter ini dilakukan bersamaan dengan termometer raksa pada pengukuran titik beku air dan titik didih air, Sehingga didapat data perbandingan antara sensor temperatur dan

termometer raksa. Data perbandingan sensor temperatur dan termometer raksa ini dilakukan regresi dengan temperatur beragam dari 0°C sampai 100°C.

### **3.5 Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data.**

Prosedur pengujian dan pengambilan data yang harus dilakukan pada penelitian ini meliputi langkah sebagai berikut:

1. Temperatur bahan bakar dikondisikan pada temperatur 28.884°C-29.741°C, temperatur 31.282°C-32.053°C, dan temperatur 36.447°C-38.433°C
2. Mesin dinyalakan bersamaan dengan menyalakan stopwatch.
3. Mesin dilakukan pemanasan tanpa beban selama 2 menit.
4. Mesin diberi pembebanan dengan cara menghidupkan saklar yang ada pada generator set dan memasang bola lampu sampai pada posisi beban pengujian yang diinginkan
5. Mesin ditahan pada posisi beban uji selama 5 menit untuk memastikan mesin dalam keadaan stabil pada posisi tersebut, dan selama itu dilakukan pengambilan data berupa pengecekan arus dan tegangan
6. Keran minyak dimatikan dan mencatat waktu yang ditempuh untuk mengkonsumsi 10 ml bahan bakar pada beban yang diberikan. Data diambil sebanyak 3 kali.
7. Pengujian dengan prosedur 4 sampai 6 dilakukan secara berulang pada beban yang berbeda
8. Pengoperasian dilakukan dengan menggunakan metode yang sama pada bahan bakar dengan variasi temperatur yang berbeda-beda.
9. Mesin dimatikan dengan terlebih dahulu menghilangkan beban pada mesin dengan menurunkan saklar pada mesin.

### **3.6 Pengolah Data**

Pengolahan data ini bertujuan untuk menarik kesimpulan dari keadaan sebenarnya dari objek penelitian yang sesuai dengan tujuan. Pengolahan data meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan daya

Perhitungan daya dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1

yaitu:

$$N_b = \frac{V \times I \times P_f}{746 C_g}$$

Dimana:

$N_b$  = Daya Mesin (HP)

$V$  = Voltmeter (Volt)

$I$  = Amperemeter (Amp)

$P_f$  = Faktor daya untuk fasa tunggal=1

$C_g$  = Efisiensi generator listrik di bawah 50 kva=0,87% - 0,89%

2. Perhitungan konsumsi bahan bakar.

Untuk mengetahui konsumsi bahan bakar spesifik yang dikonsumsi oleh mesin menggunakan persamaan 2.2 yaitu :

$$SFC = \frac{G_f}{N}$$

Dimana

$G_f$  = jumlah bahan bakar yang digunakan (kg/jam)

$N$  = daya efektif atau daya poros (Hp).

Dari pengolahan data tersebut akan mendapatkan hasil berupa grafik hubungan antara daya terhadap pembebanan dan konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) terhadap pembebanan yang diberikan.