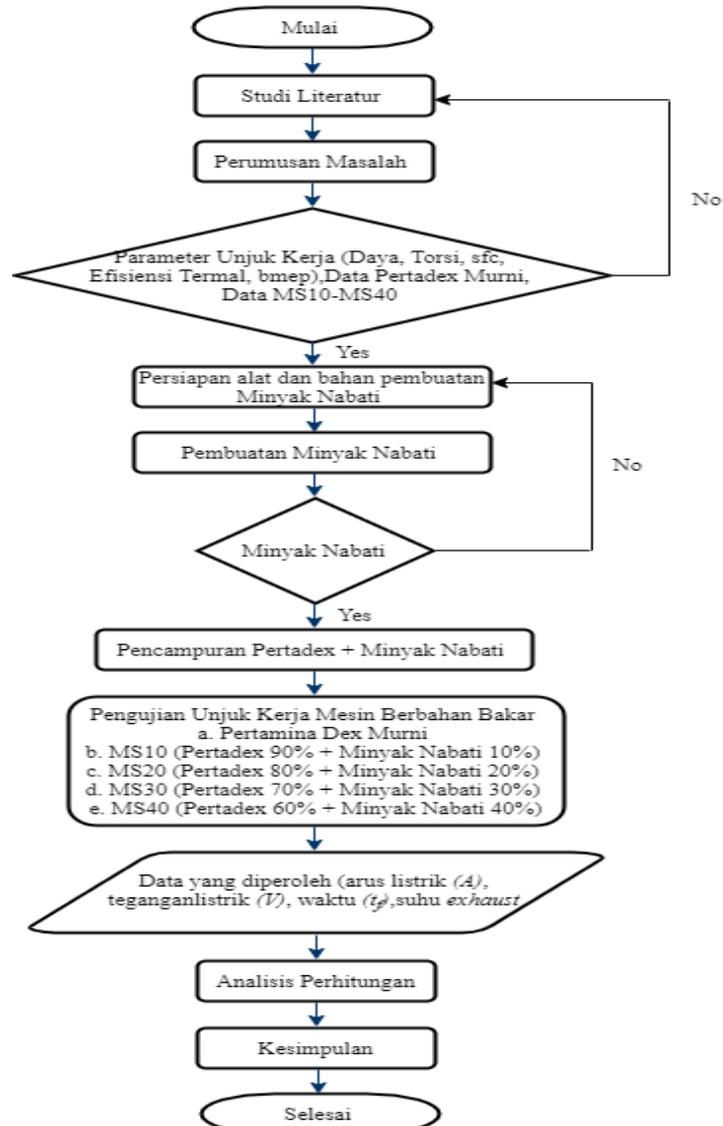


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah secara eksperimental. Secara garis besar penelitian tugas akhir ini disampaikan menggunakan kerangka pikir, kerangka pikir pada penelitian ini dibuat dalam bentuk diagram yang berisikan mengenai konsep pemikiran yang terdiri dari studi literatur, perumusan masalah, pengambilan data, pengolahan data, hasil dan analisis, serta kesimpulan. Tahapan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Kerangka Pikir Tugas Akhir

Adapun komposisi campuran minyak nabati yang akan dipakai dalam proses pengambilan data unjuk kerja mesin diesel satu silinder. Komposisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Formulasi Bahan Bakar Pertadex – Minyak Nabati

Komposisi	Formulasi
Pertamina Dex Murni	Dex
10% Minyak Nabati dan 90% Pertamina Dex	MS10
20% Minyak Nabati dan 80% Pertamina Dex	MS20
30% Minyak Nabati dan 70% Pertamina Dex	MS30
40% Minyak Nabati dan 60% Pertamina Dex	MS40

Penelitian ini menguji pengaruh penggunaan bahan bakar pertamina dex, MS10, MS20, MS30, dan MS40 terhadap daya efektif generator, torsi, konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, dan tekanan efektif rata-rata.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

a. Pembuatan dan pencampuran bahan bakar

Pembuatan minyak nabati serta pencampuran antara bahan bakar pertamina dex dengan minyak nabati MS10, MS20, MS30, dan MS40 dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Institut Teknologi Sumatera.

b. Pengujian unjuk kerja mesin diesel satu silinder

Pengujian unjuk kerja mesin diesel satu silinder dengan bahan bakar pertamina dex murni serta campuran antara pertamina dex dengan minyak nabati MS10, MS20, MS30, dan MS40 dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Institut Teknologi Sumatera.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan selama kurang lebih 6 bulan pada bulan Desember 2020 sampai Mei 2021 yang disajikan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 *Time line* Penelitian

No	Kegiatan	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
1	Studi Literatur						
2	Peminjaman Laboratorium serta Persiapan Alat dan Bahan						
4	Seminar Proposal Tugas Akhir						
5	Pembuatan Minyak Nabati						
6	Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel						
7	Sidang Tugas Akhir						

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Secara garis besar, penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi dua tahapan diantaranya pembuatan minyak nabati melalui proses transesterifikasi dan pengujian unjuk kerja mesin diesel satu silinder. Berikut penjelasan dari tahapan-tahapan tersebut.

3.3.1 Pembuatan Minyak Nabati

Tahapan pembuatan minyak nabati ini melalui proses transesterifikasi yang dibantu oleh katalis basa homogen yaitu KOH. Tahapan ini merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum proses pengujian unjuk kerja dari mesin diesel satu silinder. Dalam tahapan pembuatan minyak nabati ini terdiri dari beberapa alat dan bahan diantaranya sebagai berikut.

a. Alat Pembuatan Minyak Nabati

Adapun alat yang digunakan pada pembuatan minyak nabati yaitu :

1. Neraca Analitik

Neraca analitik dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3.2 Neraca Analitik

2. Pengaduk Magnetik (*Magnetic Stirrer*) serta Mesin Sentrifugal (*Centrifuge*) dan Tabung *Centrifuge*

Pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*) serta Mesin Sentrifugal (*Centrifuge*) dan Tabung *Centrifuge* dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.3 *Magnetic Stirrer* dan *Centrifuge* beserta Tabung *Centrifuge*

3. Gelas Beaker 250 ml dan 500 ml

Gelas beaker 250 ml dan 500 ml dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3.4 Gelas Beaker 250 ml dan 500 ml

4. Corong Pisah dan Gelas Ukur 100 ml

Corong pisah dan gelas ukur 100 ml dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut :



Gambar 3. 5 Corong Pisah dan Gelas Ukur 100 ml

5. Mortal dan Pastel serta Alat Pengukur Temperatur (*Termometer*)

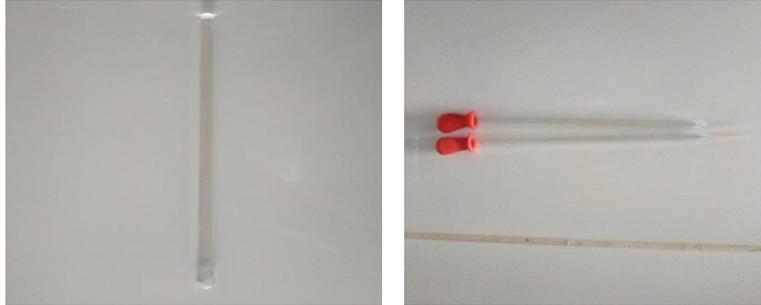
Mortal dan pastel serta *termometer* dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut :



Gambar 3.6 Mortal beserta Pastel dan *Termometer*

6. Batang Pengaduk dan Pipet Tetes

Batang pengaduk dan pipet tetes dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut :



Gambar 3.7 Batang Pengaduk dan Pipet Tetes

b. Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada pembuatan biodiesel yaitu :

1. *Crude Palm Oil* (CPO)

Crude palm oil merupakan bahan pokok dalam pembuatan minyak nabati ini. Adapun gambar dari *crude palm oil* (CPO) dapat dilihat pada Gambar 3.8 dibawah ini :



Gambar 3.8 *Crude Palm Oil* (CPO)

2. Kalium Hidroksida (KOH) dan Metanol (CH₃OH)

Pada pembuatan minyak nabati ini katalis yang digunakan adalah kalium hidroksida (KOH). Sedangkan, jenis alkohol yang digunakan dalam pembuatan minyak nabati ini adalah metanol (CH₃OH). Adapun gambar dari kalium hidroksida dan metanol dapat dilihat pada Gambar 3.9 dibawah ini :



Gambar 3.9 Kalium Hidroksida (KOH) dan Metanol (CH₃OH)

3.3.2 Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel Satu Silinder

Pada tahap selanjutnya yaitu pengujian unjuk kerja mesin diesel satu silinder yang terdiri dari beberapa alat dan bahan diantaranya sebagai berikut.

a. Alat Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel

Adapun alat yang digunakan pada pengujian ini yaitu :

1. Mesin Diesel 4 Langkah dan Generator Listrik

Mesin diesel serta generator listrik yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir seperti pada Gambar 3.10 yang dimana mesin diesel sudah dihubungkan dengan generator listrik menggunakan transmisi sabuk. Mesin diesel ini mempunyai spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3. Sedangkan, generator listrik atau *electrical dynamometer* digunakan untuk menghitung daya yang dihasilkan berdasarkan beban pada generator listrik, untuk spesifikasi generator listrik dapat dilihat pada Tabel 3.4.



Gambar 3. 10 Mesin Diesel 4 Langkah dan Generator Listrik

Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin Diesel

Merek	Dongfeng R175A
Tipe	4 Langkah
Sistem Pembakaran	Penggabungan Langsung
Jumlah Silinder	1 Silinder
Diameter × Panjang Langkah	75 mm × 80 mm
Volume Silinder	0,353
Perbandingan Kompresi	22 : 1
Tegangan Maksimum / RPM	7 Hp / 2600
Tegangan Rata-rata	6,5 Hp / 2600
Pemakaian Bahan Bakar	≤ 294,2
Kapasitas Oli	2 L
Sistem Pendingin	Air dengan Hoper
Cara Menghidupkan	Engkol
Jenis Oli	SAE 40
Jenis Diesel	4,75 L
Kapasitas Tangki	
Kapasitas Tangki Air	7 L
Ukuran Peti	380 mm × 50 mm × 550 mm
Berat Kotor	82 kg
Berat Bersih	72 kg

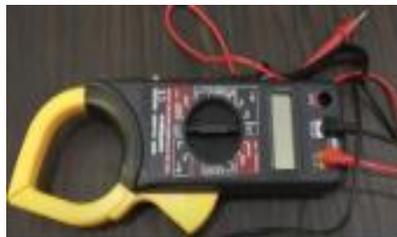
Tabel 3.4 Spesifikasi Generator Listrik

Merek	Dongfeng St 3
Keluaran Maksimum	3 kW
Keluaran Rata-rata	2,4 kW
Tegangan	220 V

Phase	1
Power Factor	1,0
Kecepatan Putar	1500 rpm
Arus	13 A
Berat	70 kg

2. Tang Ampere (*Clampmeter*)

Tang ampere (*clampmeter*) merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur arus listrik yang terjadi akibat pemberian beban pada generator listrik. Cara kerja dari *clampmeter* yaitu sebuah kabel konduktor yang dialiri arus listrik dengan menggunakan dua penjepit tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listriknya. Tang ampere (*clampmeter*) yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 *Clampmeter*

3. Takometer (*Tachometer*) Digital

Takometer (*tachometer*) digital merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi pada mesin. Takometer (*tachometer*) digital yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 *Tachometer Digital*

4. *Infrared Thermometer* atau *Termo Gun*

Termo gun merupakan salah satu jenis dari *termometer* inframerah yang digunakan untuk mengukur suhu. Cara kerja dari *termo gun* ini yaitu dengan menembakkan inframerah ke tempat yang ingin diukur suhunya. *Termo gun* yang digunakan untuk mengukur suhu *exhaust* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.13 berikut.



Gambar 3.13 *Termo Gun*

5. Beban Lampu dan Gelas Ukur

Beban lampu ini terdiri dari lampu pijar sebanyak 20 buah dengan konsumsi daya masing-masing lampu sebesar 100 Watt. Lampu-lampu tersebut disusun secara paralel dengan setiap lampu dilengkapi tombol on off untuk pengaturan beban. Sedangkan, gelas ukur merupakan alat yang digunakan untuk mengukur jumlah bahan bakar baik pertamina dex maupun MS10, MS20, MS30, dan MS40 yang dikonsumsi oleh motor diesel yaitu 5 ml setiap pengambilan data. Beban lampu dan gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.14 berikut.



Gambar 3.14 Beban Lampu dan Gelas Ukur

6. Jam Sukat (*Stopwatch*)

Jam sukat (*stopwatch*) merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan motor diesel untuk mengkonsumsi bahan bakar pertamina dex atau MS10-MS40 setiap 5 ml pengambilan data. Jam sukat (*stopwatch*) yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.15 berikut.



Gambar 3.15 *Stopwatch*

Adapun spesifikasi alat ukur pada pengujian unjuk kerja mesin diesel tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Spesifikasi Alat Ukur

Alat	Merek	Tipe	%Error
<i>Clampmeter</i>	Mastech	M266	$\pm (5,0\% \text{ of rdg} \pm 5 \text{ digits})$ for AC Current $\pm (1,0\% \text{ of rdg} \pm 4 \text{ digits})$ for AC Voltage
<i>Tachometer</i>	Generik	DT-2234C+	$\pm (0,05\% \text{ of rdg} \pm 1 \text{ digit})$
<i>Termo Gun</i>	Benetech	GM550	$\pm (1,0\% \text{ of rdg} \pm 1 \text{ digit})$
<i>Stopwatch</i>	Q&Q	HS45J002Y	$\pm (1,0\% \text{ of rdg})$

b. Bahan Pengujian Perfoma Kerja Mesin Diesel

Adapun bahan yang digunakan pada pengujian ini yaitu :

1. Pertamina Dex Murni
2. MS10, MS20, MS30, dan MS40

3.4 Tahap Transesterifikasi Minyak Nabati

Adapun tahapan dalam pembuatan minyak nabati dari *crude palm oil* melalui proses transesterifikasi dengan dibantu oleh katalis homogen sebagai berikut.

- a. Memasukkan 100 gr *crude palm oil* (CPO) pada gelas beaker dan panaskan diatas *magnetic stirrer* hingga suhu menjadi 55°C.
- b. Menyiapkan larutan metoksi (metanol dan katalis) untuk menurunkan jumlah asam lemak bebas dalam minyak sehingga bilangan asamnya lebih kecil. Yaitu dengan mencampurkan 0,52% b/b KOH dan 32% b/b metanol dari berat CPO menjadi larutan homogen.
- c. Mencampurkan larutan metoksi dengan 100 gr minyak CPO menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu diantara 55°C – 60°C selama 2 jam.
- d. Mendinginkan larutan minyak hingga terpisah antara gliserol dengan metil ester (minyak nabati).
- e. Memisahkan antara larutan gliserol dengan larutan metil ester (minyak nabati) dengan menggunakan alat pemusing (*centrifuge*) berkecepatan 3000 rpm selama 5 menit.
- f. Melakukan pencucian metil ester (minyak nabati) dengan mencampurkan *aquadest* pada minyak nabati dengan perbandingan 1:1.
- g. Memisahkan larutan metil ester (minyak nabati) dengan sisa-sisa *aquadest* dengan menggunakan alat pemusing (*centrifuge*) kembali berkecepatan 3000 rpm selama 10 menit.
- h. Memisahkan larutan metil ester (minyak nabati) dengan *aquadest* menggunakan pipet tetes.
- i. Memanaskan larutan metil ester (minyak nabati) dengan suhu 100°C selama 30 menit dengan *magnetic stirrer*.
- j. Minyak nabati dari proses transesterifikasi siap untuk digunakan.

3.5 Tahap Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel Satu Silinder

Adapun tahapan dalam pengujian unjuk kerja mesin diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar pertamina dex maupun campuran pertamina dex dan minyak nabati (*crude palm oil*) MS10, MS20, MS30, dan MS40 adalah sebagai berikut.

- a. Membuka katub bahan bakar dari tangki untuk mengisi bahan bakar ke dalam pipet gelas dan menutup kembali katub tersebut.
- b. Membuka katub bahan bakar ke mesin.
- c. Menggeser sedikit tungkai gas pada motor diesel 4 langkah ini.
- d. Menarik tuas engkol dengan cepat hingga mesin menyala.
- e. Memanaskan motor diesel selama kurang lebih 5 menit.
- f. Menggeser perlahan tungkai gas hingga putaran mesin terbaca pada *tachometer* kurang lebih 1000 rpm.
- g. Menyambungkan arus listrik dari generator listrik ke lampu uji dengan daya konstan sebesar 1500 watt.
- h. Menghitung dan mencatat waktu untuk pemakaian bahan bakar sebanyak 5 ml. Pada waktu bersamaan catat juga putaran mesin, temperatur gas buang, serta daya atau tegangan yang dikeluarkan.
- i. Ulangi langkah i dengan memvariasikan putaran mesin dari 1000 rpm hingga 2000 rpm.
- j. Melepaskan semua beban lampu uji pada mesin.
- k. Menggeser tungkai gas sampai putaran mesin berputar pada putaran rendah secara perlahan hingga mesin mati.
- l. Menutup katub bahan bakar ke mesin.

3.6 Variabel Penelitian

3.6.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel awal sebelum melakukan penelitian yang bebas ditentukan oleh peneliti. Variabel bebas yang akan digunakan meliputi:

- a. Pertamina Dex (100%)
- b. MS10 (Minyak Nabati 10% dan Pertamina Dex 90%)
- c. MS20 (Minyak Nabati 20% dan Pertamina Dex 80%)
- d. MS30 (Minyak Nabati 30% dan Pertamina Dex 70%)
- e. MS40 (Minyak Nabati 40% dan Pertamina Dex 60%)

3.6.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tidak dapat ditentukan oleh peneliti, tetapi bergantung pada variabel bebasnya. Adapun

variabel terikat pada penelitian tugas akhir ini yaitu:

- a. Arus listrik (I)
- b. Tegangan listrik (V)
- c. Waktu konsumsi bahan bakar per 5 ml (t_f)
- d. Suhu *exhaust*

3.6.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari penelitian tugas akhir ini. Variabel kontrol pada penelitian tugas akhir ini diantaranya putaran mesin dari 1000 rpm sampai dengan 2000 rpm dengan interval kenaikan setiap 200 rpm serta beban konstan sebesar 1500 watt.

3.7 Metode Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data penelitian tugas akhir ini ada dua data yang dipergunakan, diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. Data primer, merupakan data yang langsung diperoleh saat pengukuran dan pembacaan pada alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data unjuk kerja mesin diesel meliputi arus listrik (I), tegangan listrik (V), waktu konsumsi bahan bakar setiap 5 ml (t_f), dan suhu *exhaust*.
- b. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari pengolahan dan perhitungan hasil pengujian unjuk kerja mesin diesel meliputi daya efektif generator (N_e), torsi (M_t), konsumsi bahan bakar perjam (B), konsumsi bahan bakar spesifik (sfc), efisiensi termal (η_{th}), dan tekanan efektif rata-rata ($b MEP$).

3.8 Metode Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian selanjutnya akan diolah dengan menggunakan rumus, yang kemudian hasil dari perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik.

3.9 Tahap Pengambilan Data dan Pengolahan Data

3.9.1 Tahap Pengambilan Data Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel

Adapun data-data yang akan diambil pada pengujian unjuk kerja mesin diesel satu silinder dengan menggunakan masing-masing bahan bakar

adalah sebagai berikut.

- a. Arus listrik (I), nilai arus listrik diperoleh dengan menggunakan alat *clampmeter* yang dihubungkan dengan kabel konduktor dengan dialiri arus listrik, menggunakan dua penjepit tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listriknya.
- b. Tegangan listrik (V), nilai tegangan listrik diperoleh dengan menggunakan alat *clampmeter* yang dihubungkan dengan kabel konduktor dengan dialiri arus listrik, menggunakan dua penjepit tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listriknya.
- c. Waktu konsumsi bahan bakar (t_f), menghitung berapa lama waktu untuk menghabiskan bahan bakar setiap 5 ml dengan menggunakan alat *stopwatch*.
- d. Suhu *exhaust*, diperoleh dengan menggunakan alat *termo gun* yang ditembakkan langsung pada bagian mesin.

Data-data yang diambil dari hasil pengujian bahan bakar pertamina dex serta MS10, MS20, MS30, dan MS40 disajikan dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Data Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel Berbahan Bakar Pertamina Dex serta MS10, MS20, MS30, dan MS40

BEBAN : 1500 Watt				
RPM	WAKTU (s)	KUAT ARUS (A)	TEGANGAN (V)	SUHU (°C)
1000				
Rata-rata				
1200				
Rata-rata				
1400				

Rata-rata				
1600				
Rata-rata				
1800				
Rata-rata				
2000				
Rata-rata				

3.9.2 Tahap Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh langsung dari hasil pengujian unjuk kerja mesin diesel, maka data-data tersebut selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan rumus-rumus yang sudah ditentukan sebelumnya, yaitu sebagai berikut.

- a. Daya efektif generator (N_e) yang diperoleh dengan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan (2.1)
- b. Torsi (M_t) yang diperoleh dengan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan (2.2)
- c. Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) yang diperoleh dengan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan (2.3)
- d. Efisiensi termal (η_{th}) yang diperoleh dengan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan (2.5)
- e. Tekanan efektif rata-rata ($b MEP$) yang diperoleh dengan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan (2.6)

Data-data yang telah diperoleh dari hasil pengolahan data melalui perhitungan, selanjutnya akan disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik untuk mempermudah dalam melakukan proses analisa data.

Adapun data nilai daya efektif generator disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Penyajian Nilai Daya Efektif Generator

Daya Efektif Generator (watt) pada Putaran Mesin						
Bahan Bakar	1000 rpm	1200 rpm	1400 rpm	1600 rpm	1800 rpm	2000 rpm
Dex						
MS10						
MS20						
MS30						
MS40						

Data nilai torsi yang dihasilkan dari proses perhitungan disajikan dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Penyajian Nilai Torsi

Torsi (N.m) pada Putaran Mesin						
Bahan Bakar	1000 rpm	1200 rpm	1400 rpm	1600 rpm	1800 rpm	2000 rpm
Dex						
MS10						
MS20						
MS30						
MS40						

Data nilai konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan dari proses perhitungan disajikan dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Penyajian Nilai Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/Hp.jam) pada Putaran Mesin						
Bahan Bakar	1000 rpm	1200 rpm	1400 rpm	1600 rpm	1800 rpm	2000 rpm
Dex						
MS10						

MS20						
MS30						
MS40						

Data nilai efisiensi termal yang dihasilkan dari proses perhitungan disajikan dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Penyajian Nilai Efisiensi Termal

Efisiensi Termal (%) pada Putaran Mesin						
Bahan Bakar	1000 rpm	1200 rpm	1400 rpm	1600 rpm	1800 rpm	2000 rpm
Dex						
MS10						
MS20						
MS30						
MS40						

Data nilai tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan dari proses perhitungan disajikan dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Penyajian Nilai Tekanan Efektif Rata-rata

Tekanan Efektif Rata-rata (kPa) pada Putaran Mesin						
Bahan Bakar	1000 rpm	1200 rpm	1400 rpm	1600 rpm	1800 rpm	2000 rpm
Dex						
MS10						
MS20						
MS30						
MS40						

Dimana tabel pengambilan data parameter unjuk kerja mesin diesel satu silinder serta tabel pengolahan data tersebut akan dilampirkan pada bagian lampiran.