

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### III.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

##### a. Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di salah satu bengkel spesialis yang berfokus pada pengujian performa mesin, yaitu Bengkel Core Injection Purwokerto. Bengkel ini beralamat di Gg ATM Center, Jl. Overste Isdiman, Belakang Starbucks, Purwokerto, Jawa Tengah 53114. Core Injection Purwokerto dikenal sebagai bengkel yang menyediakan layanan uji performa kendaraan menggunakan alat dinamometer atau dynotest, serta jasa tune up, modifikasi mesin, dan penyetelan sistem bahan bakar. Dengan fasilitas tersebut, bengkel ini menjadi tempat yang tepat untuk melaksanakan penelitian terkait pengaruh penambahan bioetanol terhadap efisiensi dan emisi kendaraan berbahan bakar RON 90 dan RON 92.



**Gambar III. 1** Bengkel Core Injection Purwokerto

Pelaksanaan uji emisi gas buang dilakukan di UPTD Pengujian Kendaraan Bermotor Kabupaten Banyumas. Laboratorium ini berlokasi di Jl. Bina Marga, Dusun IV, Karangnanas, Kec. Sokaraja, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, 53181. Fasilitas laboratorium tersebut difokuskan pada penggunaan peralatan uji, salah satunya *gas analyzer*, yang berfungsi sebagai instrumen utama untuk mengukur kandungan emisi gas buang kendaraan.

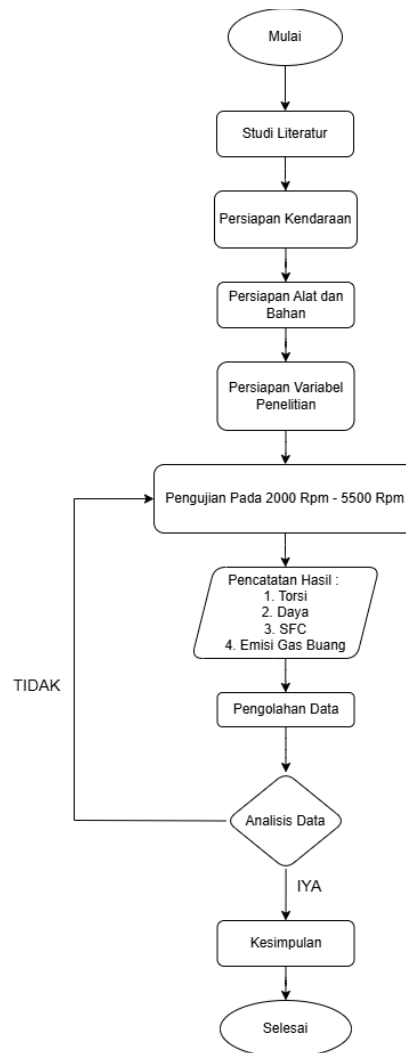


**Gambar III. 2** UPTD Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Banyumas

b. Waktu Penelitian

Penyusunan Bab I sampai III dilaksanakan pada bulan September hingga bulan November. Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan yang tersusun secara sistematis mulai dari bulan Desember hingga April. Tahap awal dimulai dengan pembelian alat dan bahan pada bulan Desember. Selanjutnya, dilakukan penyampuran bahan pada akhir bulan Januari. Tahap penelitian kemudian dilanjutkan dengan proses pengumpulan data, yang meliputi pengambilan data dyno pada awal bulan Februari, serta pengambilan data emisi gas buang pada akhir bulan Februari. Setelah seluruh data berhasil diperoleh, tahapan berikutnya adalah pengolahan data yang dilaksanakan pada bulan Maret. Tahap akhir dari penelitian ini yaitu penyusunan laporan untuk Bab IV dan Bab V yang berlangsung pada bulan Maret hingga April.

### III.2. Bagan Alir Penelitian



**Gambar III. 3** Bagan Alir Penelitian

Keterangan :

1. Mulai : Tahap awal penelitian dimulai dengan menentukan topik, tujuan, serta perumusan masalah yang akan dijawab melalui penelitian.
2. Studi Literatur : Pengumpulan data dan informasi dilakukan dari berbagai sumber, termasuk buku, jurnal ilmiah, artikel, serta penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori dan referensi yang relevan terkait dengan bioetanol, bahan bakar RON 90 dan RON 92, kinerja mesin, dan emisi gas buang.
3. Persiapan Kendaraan : Pada tahap ini, kendaraan dipastikan dalam kondisi baik. Proses ini mencakup pemeriksaan sistem bahan bakar,

- sistem pengapian, pelumasan, sistem pendingin, serta memastikan bahwa kendaraan siap untuk diuji di dinamometer dan uji emisi gas.
4. Persiapan Alat dan Bahan : mempersiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk studi ini.
  5. Persiapan Variabel Penelitian : Pada tahap ini, dilakukan penyiapan untuk variabel yang akan diterapkan dalam penelitian.
  6. Pengujian pada 2000 – 5500 RPM : Kendaraan diuji pada kisaran kecepatan mesin antara 2000 hingga 5500 RPM dengan menggunakan alat pengukur daya. Rentang antara 2000 hingga 5500 RPM mencakup kecepatan mesin yang sedang hingga tinggi, yang menjadi zona kerja utama bagi banyak kendaraan bertena gas bensin dalam situasi normal, terutama saat kendaraan sedang melaju atau meningkatkan kecepatan.
  7. Pencatatan Hasil :
    - Torsi (Nm): kemampuan mesin menghasilkan momen puntir.
    - Daya (HP): hasil kerja mesin dalam satuan waktu.
    - Specific Fuel Consumption (SFC): konsumsi bahan bakar spesifik sebagai indikator efisiensi.
    - Emisi Gas Buang: kadar CO dan HC yang diukur dengan gas analyzer.
  8. Pengolahan Data : Data yang belum diolah diproses, diseleksi, dan dilakukan perhitungan Statistik ANOVA. Hitung Sum Of Squares, Mean Squares, dan Fstatistic untuk masing-masing faktor dan interaksi. Diubah menjadi format yang lebih terstruktur.
  9. Analisis Data : Setelah memperoleh informasi seperti SS, MS, dan FStatistic, langkah berikutnya adalah melakukan uji signifikansi untuk menarik kesimpulan. Nilai F yang didapat digunakan untuk mengevaluasi apakah dampak dari faktor yang diuji itu memiliki signifikansi. Output dari pengujian ini menghasilkan p-value yang akan menentukan apakah hipotesis nol harus ditolak atau tidak. Setelah kesimpulan diambil, analisis lebih lanjut dilakukan untuk menilai dampak faktor terhadap variabel dependen serta memeriksa adanya interaksi signifikan antara faktor-faktor. Jika terdapat interaksi yang

signifikan, ini menunjukkan bahwa pengaruh satu faktor tergantung pada faktor yang lain. Interpretasi hasil: menyajikan hasil dari pengolahan data hasil pengujian.

10. Kesimpulan : Menarik kesimpulan dari seluruh data yang didapatkan dan menampilkan hasil pengolahan data hasil uji.

11. Selesai : Penelitian selesai dilaksanakan setelah hasil yang dituju telah didapatkan.

### III.3. Jenis Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian eksperimen bertujuan untuk memahami dampak variabel tertentu pada variabel lainnya dalam keadaan yang sangat terkendali (Syahrizal & Jailani, 2023). Tujuan dari metode ini adalah untuk menguji hipotesis dengan cara mengontrol variabel-variabel tertentu dan kemudian menganalisis hasil dari perlakuan yang diberikan. Dalam penelitian tersebut, peneliti membandingkan RON 90 dan RON 92 murni dengan RON 90 dan RON 92 yang dicampur bioetanol dari tebu pada berbagai variasi konsentrasi, yaitu 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh campuran tersebut terhadap torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), dan emisi gas buang dari kendaraan.

**Tabel III. 1** Variabel Penelitian

VARIABEL PENELITIAN	KOMPONEN
Variabel Bebas	RON 90 Murni 100% (PL 0%)
	RON 90 95% + Bioetanol 5% (PL 5%)
	RON 90 90% + Bioetanol 10% (PL 10%)
	RON 90 85% + Bioetanol 15% (PL 15%)
	RON 90 80% + Bioetanol 20% (PL 20%)
	RON 92 Murni 100% (PM 0%)
	RON 92 95% + Bioetanol 5% (PM 5%)
	RON 92 90% + Bioetanol 10% (PM 10%)
	RON 92 85% + Bioetanol 15% (PM 15%)
	RON 92 80% + Bioetanol 20% (PM 20%)
Variabel Terikat	Torsi

---

Daya

Konsumsi bahan bakar (SFC)

Emisi gas buang

---

#### III.4. Objek Penelitian



**Gambar III. 4** Mitsubishi Xpander Exceed 2017

Objek penelitian ini menggunakan mobil Mitsubishi Xpander Exceed 2017 transmisi otomatis, yang termasuk dalam segmen Low Multi Purpose Vehicle (LMPV) dan banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Berdasarkan data GAIKINDO periode Januari–Agustus 2025, Mitsubishi Xpander menempati posisi keenam mobil terlaris nasional dengan penjualan mencapai 16.873 unit, menunjukkan tingginya tingkat penerimaan pasar terhadap kendaraan ini. Mitsubishi Xpander Exceed dibekali mesin 1.499 cc dengan teknologi MIVEC (Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control) dan sistem Multi-Point Fuel Injection (MPFI) yang mampu mengatur campuran udara dan bahan bakar secara presisi untuk menghasilkan pembakaran yang efisien. Dengan karakteristik mesin modern, efisiensi tinggi, serta popularitasnya di pasar otomotif Indonesia, Xpander Exceed 2017 otomatis dinilai tepat digunakan sebagai objek penelitian untuk menguji pengaruh penambahan bioetanol berbasis tebu pada RON 90 dan RON 92 terhadap performa mesin dan emisi gas buang kendaraan berbahan bakar bensin. Spesifikasi lengkap pada kendaraan ini adalah sebagai berikut:

**Tabel III. 2** Spesifikasi Xpander Exceed 2017 AT  
(Owner Manual Book Mitshubishi Exceed 2017)

<b>Komponen</b>	<b>Keterangan</b>
Tipe Mesin	1.5L MIVEC DOHC 16 Katup, 4 Silinder Segaris
Isi Silinder	1.499 cc
Perbandingan Kompresi	10,0 : 1
Daya Maksimum	105 PS / 6.000 rpm
Torsi Maksimum	141 Nm / 4.000 rpm
Tipe Camshaft	<i>Double overhead</i>
Sistem Suplai Bahan Bakar	<i>Multi Point Injection (MPI)</i>
Jenis Bahan Bakar	Bensin RON 90 ke atas
Sistem Penggerak	<i>Front-wheel drive (FWD)</i>
Transmisi	<i>4-speed Automatic (Non-CVT)</i>
Suspensi Depan	MacPherson Strut dengan Coil Spring
Suspensi Belakang	<i>Torsion Beam</i>
Rem Depan	Ventilated Disc
Rem Belakang	Drum
Kapasitas Tangki	45 Liter
Dimensi	4.595 x 1.750 x 1.750 mm
Kapasitas Penumpang	7 Orang

### **III.5. Alat dan Bahan**

#### II.5.1. Alat

1. Sasis Dinamometer



**Gambar III. 5** Sasis Dinamometer

(Dokumentasi Penulis)

Alat pengukur yang digunakan untuk menilai daya dan torsi pada kendaraan dalam penelitian ini adalah dinamometer chassis. Dinamometer chassis yang digunakan Adalah 2WD chassis dynamometer dikarenakan kendaraan yang digunakan penggerak roda depan atau FWD (*Front Wheel Drive*)

## 2. Gas Analyzer



**Gambar III. 6** Gas Analyzer

(Dokumentasi Penulis)

Alat pengukur emisi gas kendaraan (*Gas Analyzer*) adalah perangkat yang digunakan untuk menentukan kandungan gas buang pada kendaraan berbahan bakar bensin seperti CO, HC, NOx, SO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>.

### 3. Blower

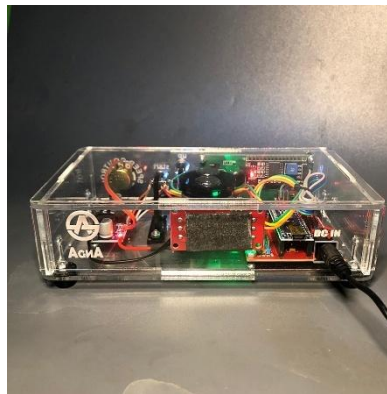


**Gambar III. 7** Blower

(Dokumentasi Penulis)

Blower pada alat ini berfungsi mengalirkan udara ke arah mesin selama proses pengujian untuk membantu menjaga suhu kerja mesin agar tetap stabil dan mencegah terjadinya overheat ketika diuji pada beban tinggi.

### 4. Magnetic Stirrer



**Gambar III. 8** Magnetic Stirrer

(Dokumentasi Penulis)

Magnetic stirrer atau pengaduk magnetik merupakan alat laboratorium yang digunakan untuk mencampur dua atau lebih cairan secara homogen dengan bantuan batang magnet (stir bar) yang berputar akibat medan magnet dari motor penggerak di dalam alat.

Dalam penelitian ini, magnetic stirrer berfungsi untuk mencampur bioetanol dan RON 90 dan RON 92 secara merata agar menghasilkan campuran bahan bakar yang homogen

sebelum dilakukan pengujian pada kendaraan. Penggunaan alat ini penting untuk memastikan komposisi campuran tetap konsisten di setiap percobaan sehingga hasil pengujian lebih akurat dan dapat dibandingkan secara ilmiah.

#### 5. Jerigen



**Gambar III. 9** Jerigen

(Dokumentasi Penulis)

Jerigen merupakan wadah berbahan plastik yang digunakan untuk menampung bahan bakar, baik dalam kondisi murni maupun yang telah dicampur dengan bioetanol sebelum dilakukan pengujian. Jerigen ini memiliki kapasitas sekitar 10.000 ml dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara selama proses pengujian berlangsung, sehingga memudahkan pengaturan volume dan jenis bahan bakar yang digunakan pada setiap tahap penelitian.

#### 6. *Tool Box*



**Gambar III. 10** Tool Box

(Dokumentasi Penulis)

Kotak peralatan atau toolbox adalah wadah yang berfungsi untuk mengorganisasi dan menyimpan berbagai alat serta

perlengkapan yang diperlukan selama melaksanakan tugas atau kegiatan teknis.

#### 7. Gelas Ukur



**Gambar III. 11** Gelas Ukur

(Dokumentasi Penulis)

Gelas ukur digunakan untuk mengukur takaran bahan bakar dan bioetanol yang akan dicampurkan agar sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan dalam penelitian.

#### 8. Komputer



**Gambar III. 12** Komputer

([gridoto.com](http://gridoto.com))

Komputer digunakan sebagai perangkat utama untuk menampilkan dan merekam data hasil pengujian dari dinamometer. Melalui komputer, data seperti daya, torsi, serta grafik performa mesin dapat dipantau secara real-time dan disimpan untuk analisis lebih lanjut. Perangkat ini juga berfungsi untuk mengontrol sistem dinamometer dan memastikan hasil pengujian tercatat secara akurat serta terstruktur.

## II.5.2. Bahan

### 1. Bioetanol

Bioetanol ini dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar yang dapat meningkatkan efisiensi proses pembakaran karena terbuat dari bahan organik yang bersahabat dengan lingkungan.

### 2. Pertalite

Bahan bakar minyak tipe RON 90 digunakan sebagai komponen dasar dalam penelitian ini yang akan mencampurkan dengan bahan tambahan.

### 3. Pertamax

Bahan bakar minyak tipe RON 92 digunakan sebagai komponen dasar dalam penelitian ini yang akan mencampurkan dengan bahan tambahan.

## III.6. Prosedur Pengujian

### III.6.1. Pengambilan Data Daya dan Torsi

- a. Menyiapkan semua peralatan uji seperti dinamo chassis, pendingin angin, gelas ukur, serta peralatan lainnya yang diperlukan, sambil memastikan keselamatan di sekitar area pengujian.
- b. Menyiapkan bahan bakar untuk pengujian dengan menuangkan campuran bahan bakar ke dalam gelas ukur sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan.
- c. Mengeluarkan pompa bahan bakar dan pipa pengembalian bahan bakar dari tangki kendaraan (yang berada di bawah kursi penumpang) agar pasokan bahan bakar berasal dari gelas ukur.
- d. Memasukkan pompa bahan bakar ke dalam gelas ukur yang telah berisi campuran bahan bakar sehingga sistem pasokan bahan bakar terhubung dengan baik.
- e. Menghidupkan perangkat uji dan blower, kemudian memastikan seluruh alat pengukur pada dinamo chassis bekerja dengan baik serta telah dilakukan kalibrasi awal jika diperlukan.
- f. Menghidupkan mesin kendaraan dan membiarkannya beroperasi sampai suhu kerja mesin stabil.

- g. Melaksanakan uji daya dan torsi dengan menjalankan mesin dalam kisaran putaran antara 2000 hingga 5500 rpm sesuai dengan prosedur pengujian pada dinamo chassis.
- h. Mengulang pengujian untuk setiap variasi campuran bahan bakar yang diuji. Setiap variasi diuji beberapa kali untuk memastikan data yang dikumpulkan konsisten dan dapat diperiksa.
- i. Mencatat semua hasil dari pengujian dalam bentuk grafik daya dan torsi, nilai maksimum, serta reaksi mesin pada setiap titik putaran untuk setiap variasi campuran bahan bakar.

#### III.6.2. Pengambilan Data Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

- a. Menempatkan mobil di atas roller dynamometer dan memastikan bahwa posisi mobil stabil serta roda berada dengan tepat di atas roller untuk pengujian.
- b. Memastikan bahwa mobil dalam keadaan mati sebelum melakukan perubahan pada sistem bahan bakar.
- c. Membuka akses menuju tangki bahan bakar agar lebih mudah dalam melepas selang dan pompa bahan bakar.
- d. Mengeluarkan selang pengembalian dan pompa bahan bakar yang berada di bawah kursi penumpang agar aliran bahan bakar bisa diarahkan ke gelas ukur.
- e. Menuangkan campuran bahan bakar sesuai variasi yang akan diuji ke dalam gelas ukur sesuai dengan volume yang sudah ditetapkan.
- f. Menghubungkan pompa bahan bakar dan selang pengembalian ke dalam gelas ukur yang berisi campuran bahan bakar, sehingga sistem bahan bakar kendaraan dapat langsung mengambil dari gelas ukur.
- g. Menghidupkan mesin mobil dan mengoperasikan di atas roller sesuai dengan skenario pengujian untuk mengukur laju konsumsi bahan bakar.
- h. Menghitung durasi pengosongan bahan bakar menggunakan stopwatch, yaitu waktu yang diperlukan sampai dengan volume tertentu di gelas ukur habis digunakan oleh mesin.

- i. Mencatat hasil setiap variasi pengujian campuran bahan bakar, termasuk waktu yang digunakan, jumlah bahan bakar, dan data lain yang mendukung perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC).

#### III.6.3. Pengambilan Data Emisi Gas Buang

- a. Menyiapkan kombinasi bahan bakar sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan, lalu memastikan jumlah bahan bakar mencukupi untuk proses pengujian.
- b. Melepaskan pompa bahan bakar dan selang pengembalian dari tangki mobil, kemudian menempatkan pompa bahan bakar ke dalam gelas ukur yang berisi campuran bahan bakar yang akan diuji sehingga pasokan bahan bakar berasal dari gelas ukur tersebut.
- c. Menghidupkan mesin kendaraan dalam posisi idle dan menunggu sampai mesin mencapai suhu operasional yang stabil agar pengukuran emisi menjadi tepat.
- d. Menyalakan alat pengukur Gas Analyzer, diikuti dengan proses pemanasan awal atau kalibrasi otomatis jika alat tersebut memerlukannya.
- e. Menyisipkan probe Gas Analyzer ke dalam ujung pipa knalpot untuk mengukur konsentrasi CO dan HC sesuai dengan standar metode pengujian emisi.
- f. Menunggu sampai alat melakukan pembacaan dan menstabilkan nilai emisi gas buang,.
- g. Mencetak atau menyimpan hasil pengujian dari alat Gas Analyzer untuk setiap variasi campuran bahan bakar yang telah diuji.

#### III.7. Pengolahan Data

Teknik untuk mengolah dan menganalisis data dalam studi ini menggunakan *TWO WAY ANOVA*. Teknik ini adalah analisis yang dilakukan pada dua variabel independen atau dua faktor, serta interaksi antara kedua faktor tersebut untuk menentukan apakah ada perbedaan rata-rata antara dua sampel (Siti, 2022). *TWO WAY ANOVA* bertujuan untuk mengeksplorasi

dampak variasi campuran bioetanol berbasis tebu dalam RON 90 dan RON 92 terhadap kinerja mesin dan emisi gas kendaraan. Analisis ini berfungsi untuk mengecek apakah ada perbedaan yang signifikan antara variasi campuran bahan bakar yang diuji terkait dengan daya, torsi, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang.

Sementara ada juga hipotesa yang akan diujikan adalah:

- a) Apakah ada perbedaan signifikan dari pengaruh variasi RON terhadap performa mesin dan emisi gas buang. (*main effect* untuk faktor variasi RON)

**Hipotesis**

Ho : Tidak ada perbedaan signifikan pada faktor variasi RON

Hi : Ada perbedaan signifikan antara faktor variasi RON

- b) Apakah ada perbedaan signifikan dari pengaruh variasi persentase bioetanol terhadap performa mesin dan emisi gas buang. (*main effect* untuk variasi campuran bioetanol).

**Hipotesis**

Ho : Tidak ada perbedaan signifikan pada faktor variasi persentase bioetanol

H1 : Ada perbedaan signifikan pada faktor variasi persentase bioetanol

- c) Apakah ada perbedaan signifikan dari pengaruh interaksi kedua faktor terhadap performa mesin dan emisi gas buang. (*interaction effect*).

**Hipotesis**

Ho : Tidak ada perbedaan signifikan pada interaksi kedua faktor

H1 : Ada perbedaan signifikan pada interaksi kedua faktor

**Pengambilan Keputusan**

Jika nilai signifikansi  $\geq 0.05$  maka Ho diterima

Jika nilai signifikansi  $< 0.05$  maka Ho ditolak

III.7.1. Matriks Data Penelitian

**Tabel III. 3** Pengujian Performa Mesin RON 90, RON 92, dan Bioetanol

Pengujian Dyno	(Bio 0%)		(Bio 5%)		(Bio 10%)		(Bio 15%)		(Bio 20%)	
	Torsi (Nm)	Daya (HP)	Torsi (Nm)	Daya (HP)	Torsi (Nm)	Daya (HP)	Torsi (Nm)	Daya (HP)	Torsi (Nm)	Daya (HP)
I										

2000 RPM	II
	III
2500 RPM	I
	II
	III
3000 RPM	I
	II
	III
3500 RPM	I
	II
	III
4000 RPM	I
	II
	III
4500 RPM	I
	II
	III
5000 RPM	I
	II
	III
5500 RPM	I
	II
	III

**Tabel III. 4** Pengujian Emisi Gas Buang RON 90, RON 92, dan Bioetanol

Pengujian Dyno	(Bio 0%)		(Bio 5%)		(Bio 10%)		(Bio 15%)		(Bio 20%)	
	CO (%)	HC (ppm)	CO (%)	HC (ppm)	CO (%)	HC (ppm)	CO (%)	HC (ppm)	CO (%)	HC (ppm)
Idle	I									
	II									
	III									
Rata - rata										

**Tabel III. 5** Pengujian Specific Fuel Consumption RON 90, RON 92, dan Bioetanol

Pengujian Dyno	Specific Fuel Consumption							
	Vo1 (ml)	Vo2 (ml)	V (m3)	detik	Massa Jenis	Laju Pemakaian	P (daya)	Hasil SFC
2000 RPM	I							
	II							
	III							

<b>2500 RPM</b>	I
	II
	III
<b>3000 RPM</b>	I
	II
	III
<b>3500 RPM</b>	I
	II
	III
<b>4000 RPM</b>	I
	II
	III
<b>4500 RPM</b>	I
	II
	III
<b>5000 RPM</b>	I
	II
	III
<b>5500 RPM</b>	I
	II
	III