



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**JUDUL**

**PERBAIKAN DAN MODIFIKASI MESIN DIESEL 1 SILINDER  
UNTUK *ENGINE TEST*  
KOMPOSISI BAHAN BAKAR B0, B5, B10, DAN B15**

**TUGAS AKHIR**

**NAMA : FAJAR ROZAQI**

**NIM : L0E 009003**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
SEPTEMBER 2012**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : FAJAR ROZAQI

NIM : L0E 009003

Tanda Tangan :

Tanggal : SEPTEMBER 2012



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL**  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**TUGAS PROYEK AKHIR**

**No. : 03 / V / PA / DIII TM / 2012**

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk Mahasiswa berikut :

Nama : FAJAR ROZAQI

NIM : L0E 009003

Judul Proyek Akhir :

“PERBAIKAN DAN MODIFIKASI MESIN DIESEL 1 SILINDER  
UNTUK *ENGINE TEST*

KOMPOSISI BAHAN BAKAR B0, B5, B10, DAN B15”

Isi Tugas :

1. Menentukan desain peralatan *engine test* skala laboratorium.
2. Menentukan spesifikasi komponen peralatan *engine test*.
3. Menganalisa unjuk kerja mesin diesel (*engine test*) dengan bahan bakardiesel.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini, dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 1 Mei 2012

Ketua PSD III Teknik Mesin

Dosen Pembimbing

Ir. Sutomo, M.Si.  
NIP. 195203211987031001

Seno Darmanto, ST.MT.  
NIP. 197110301998021001

Tembusan :

- Koordinator Proyek Akhir
- Dosen Pembimbing

## HALAMAN PERSETUJUAN

### LAPORAN TUGAS AKHIR

Dengan ini menerangkan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan judul : "Perbaikan dan Modifikasi Mesin Diesel 1 Silinder Untuk *Engine Test* Komposisi Bahan Bakar B0, B5, B10, Dan B15" yang telah disusun oleh:

Nama : FAJAR ROZAQI  
NIM : L0E 009003  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin  
Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro

Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada :

Hari : .....  
Tanggal : .....

Semarang, September 2012

Ketua PSD III Teknik Mesin

FT Universitas Diponegoro

Dosen Pembimbing

Ir. Sutomo, M.Si.  
NIP. 195203211987031001

Seno Darmanto, ST.MT.  
NIP. 197110301998021001

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

NAMA : FAJAR ROZAQI  
NIM : L0E 009003  
Jurusan/Program Studi : DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
Judul Tugas Akhir :

PERBAIKAN DAN MODIFIKASI MESINDIESEL 1 SILINDER

UNTUK *ENGINE TEST*

KOMPOSISI BAHAN BAKAR B0, B5, B10, DAN B15

**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Ttd.

Pembimbing : Seno Darmanto, ST.MT. (.....)  
Penguji : Seno Darmanto, ST.MT. (.....)  
Penguji : Sri Utami Handayani, ST.MT. (.....)  
Penguji : Windu Sediono, ST.MT. (.....)

Semarang, September 2012

Ketua PSD III Teknik Mesin

Ir. Sutomo, M.Si.

NIP. 195203211987031001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

=====

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : FAJAR ROZAQI  
NIM : LOE 009003  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya saya yang berjudul :

### PERBAIKAN DAN MODIFIKASI MESIN DIESEL 1 SILINDER UNTUK *ENGINE TEST* KOMPOSISI BAHAN BAKAR B0, B5, B10, DAN B15

Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Semarang  
Pada Tanggal : September 2012  
Yang menyatakan

( Fajar Rozaqi )

## HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. Pengalaman adalah guru yang paling berharga.
2. Niat, usaha, doa.
3. Tidak pernah ada kata terlambat untuk terus belajar.
4. Selalu menjadi pribadi yang baru untuk terus berkembang, untuk mencapai cita-cita dan impian.
5. Jangan pernah menunda pekerjaanmu, sekali menunda maka masa depanmu akan tertunda.
6. Surga ada dibawah telapak kaki ibu.

Persembahan :

1. Allah SWT. Atas rahmat dan karunia-Nya.
2. Bapak dan Ibu tercinta yang memberikan kepercayaan dan dukungan secara moril dan materiil kepada kami.
3. Bapak Ir. Sutomo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Program Studi Diploma III Teknik Mesin yang telah mengizinkan kami untuk membuat Tugas Akhir.
4. Bapak Seno Darmanto, ST.MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing kami selama proses pengerjaan Tugas Akhir sampai selesai dan sekaligus selaku Dosen Wali.
5. Bapak/Ibu Dosen yang telah membimbing dan membekali kami.
6. Para Teknisi yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir.
7. Teman-teman yang telah membantu dan memberikan semangat.
8. Keluarga Besar Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah yang diberikan-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Penyusun merasa banyak mendapat saran, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak selama menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu, tidak lupa penyusun mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Zainal Abidin, MS., selaku Ketua Program Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Ir. Sutomo, M.Si., selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
3. Bapak Seno Darmanto, ST.MT., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan sekaligus selaku Dosen Wali.
4. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Diploma III Teknik Mesin yang telah memberikan perhatian, pengalaman, dan ilmu yang tak ternilai harganya.
5. Bapak Sugito Widodo yang telah membantu dalam mengurus surat-surat.
6. Mbak Wahyu Setiawati yang telah membantu dalam pengurusan berkas syarat pengajuan Tugas Akhir.
7. Para Teknisi Program Studi Diploma III Teknik Mesin yang telah membantu dalam menyusun alat Tugas Akhir.
8. Ayah dan Ibu yang telah memberikan dukungan moril dan materiil sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
9. Saudara/saudariku yang selalu mendukung, memberi semangat dan doa.
10. Sahabat-sahabatku yang selalu mendukung, memberi semangat dan doa.
11. Teman seangkatan dan seperjuangan yang telah membantu dan memberi dukungan serta doa untuk kelancaran Tugas Akhir.
12. Teman dari Forum Mahasiswa Rembang Semarang dan Teman Immersi SMA yang selalu mendukung, memberi semangat dan doa.
13. Teman-temankost yang selalu mendukung, memberi semangat dan doa.
14. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini hingga selesai yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat menghargai kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan dari laporan ini.

Akhirnya penyusun berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan para pembaca.

Semarang, September 2012

Penyusun

## **ABSTRAKSI**

### ***PERBAIKAN DAN MODIFIKASI MESIN DIESEL 1 SILINDER UNTUK ENGINE TEST KOMPOSISI BAHAN BAKAR B0, B5, B10, DAN B15***

*Engine test merupakan seperangkat alat motor bakar yang digunakan untuk menentukan karakteristik mesin. Engine test secara umum terdiri dari mesin pembakaran dalam, penyerap (couple) energi/daya, sistem transmisi daya, sistem pendingin, kelistrikan, dan alat ukur. Pengujian dilakukan dengan mesin diesel 1 silinder 8 HP, generator listrik 5000 watt, lampu bohlam, dan motor listrik untuk variasi beban dengan 4 jenis bahan bakar berbeda ( B0, B5, B10, dan B15 ). Secara teoritis, peralatan engine test relatif sederhana dan sangat membantu untuk mengetahui karakteristik mesin dan pengujian jenis bahan bakar baru.*

*Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi beban, maka frekuensi semakin rendah, sedangkan konsumsi bahan bakar, efisiensi, dan temperatur gas buang yang keluar dari knalpot meningkat. Dan semakin banyak kandungan bio-etanol dalam bahan bakar, semakin rendah temperatur gas buang yang keluar. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi mesin karena suhu efektif pembakaran dapat terjaga.*

*Kata kunci : Engine test, bio-etanol, generator.*

## **ABSTRACT**

### ***REPAIR AND MODIFICATION OF 1 CYLINDER DIESEL ENGINE FOR ENGINE TEST COMPOSITION OF FUEL B0, B5, B10, AND B15***

*Engine test is a set of tools used to determine the characteristics of the engine. Engine test generally consists of the internal combustion engine, absorber (couple) energy/power, power transmission system, cooling system, electrical, and measuring instruments. Tests are performed with one-cylinder diesel engine 8 HP, 5000 watt electric generator, light bulbs, and electric motors for load variations with 4 different types of fuel (B0, B5, B10, and B15). Theoretically, engine test equipment is relatively simple and is very helpful to know the characteristics of the engine and testing of new fuel types.*

*The test results indicate that higher loads, it will produce the lower frequency, but fuel consumption, efficiency, and exhaust gas temperature coming out of the exhaust will be increase. And the more content of bio-ethanol in the fuel, will produce the lower temperature exhaust gas out. It can improve the efficiency of the engine because the effective temperature of combustion can be maintained.*

*Keywords : Engine test, bio-ethanol, generator.*

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	
HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR .....	
HALAMAN PERSETUJUAN .....	
HALAMAN PENGESAHAN .....	
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	
KATA PENGANTAR .....	
ABSTRAKSI .....	
DAFTAR ISI.....	
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. LatarBelakang	
1.2. PembatasanMasalah	
1.3. TujuanTugasAkhir	
1.4. ManfaatTugasAkhir	
1.5. SistematikaPenulisan Laporan	
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Proses Pembakaran Motor Diesel	
2.2. Motor Bakar Torak	
2.3. Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah	
2.4. Unjuk Kerja Bahan Bakar Biodiesel di Mesin Diesel	
2.5. Perhitungan Daya Motor	
BAB III METODOLOGI	
3.1. Rancangan Peralatan	
3.2. Proses Pembuatan Peralatan	
3.3. Proses Pemasangan	
3.4. Prosedur Pengujian	
3.5. Metode Perhitungan Data	
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data Pengujian Bahan Bakar	
4.2. Hasil Pengolahan Data	
4.3. Hasil Perhitungan	
4.4. Hasil dan Pembahasan	
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	
5.2. Saran	
DAFTAR PUSTAKA	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Engine test* merupakan seperangkat alat motor bakar yang digunakan untuk menentukan karakteristik mesin. *Engine test* secara umum terdiri dari mesin pembakaran dalam, penyerap (*couple*) energi/daya, sistem transmisi daya, sistem pendingin, kelistrikan, dan alat ukur. (Gerhard at al, 2004; Astra, 2003; Priambodo at al, 1996). Mesin pembakaran dalam dapat berupa mesin 2 (dua) tak atau 4 (empat) tak baik bensin ataupun diesel. Penyerap daya atau energi dapat menggunakan dinamometer, generator/alternator, mekanisme pengereman dan fluida penyerap energi (*dome load*). Selanjutnya sistem pendingin dapat menggunakan fluida minyak pelumas, air atau udara. Kelistrikan dan alat ukur digunakan untuk menampilkan parameter proses pembakaran yang meliputi konsumsi bahan bakar, tekanan, temperatur, putaran, arus listrik (volt, ampere), dan pengaturan pengapian ke bentuk data terukur secara kuantitatif. Selanjutnya karakteristik mesin ditentukan oleh hubungan sistem pengaturan (pengapian, aliran bahan bakar, aliran udara, sudut pengapian, injeksi) terhadap konsumsi bahan bakar, tekanan, temperatur, torsi, daya, dan efisiensi (thermis dan mekanis). Secara teoritis, peralatan *engine test* sebenarnya relatif **sederhana** dan seharusnya **mudah diusahakan** untuk mendukung pengujian bahan bakar baru, karakteristik bahan bakar baru terhadap mesin dan modifikasi mesin pembakaran dalam itu sendiri. Namun dalam aplikasi di lingkungan pendidikan, pelatihan, dan lembaga penelitian, *engine test* biasanya diusahakan dengan biaya pengadaan relatif tinggi sehubungan alat tersebut diimpor atau diusahakan lewat jasa swasta. Rancang bangun peralatan *engine test* skala laboratorium diharapkan dapat meningkatkan pendalaman dan keahlian dalam menentukan karakteristik mesin sehubungan dengan adanya bahan bakar baru, pengembangan sistem pengaturan bahan bakar dan udara, perkembangan sistem transmisi, perkembangan sistem pendingin, modifikasi, dan inovasi mesin baru.

Dalam *engine test* ini menggunakan mesin diesel, dikarenakan saat ini mesin diesel adalah mesin paling efektif dan efisien. Mesin diesel memiliki konstruksi yang lebih sederhana dibandingkan dengan mesin bensin. Pada mesin diesel tidak diperlukan sistem pengapian seperti pada mesin bensin. Sistem pengabutan bahan bakar pada mesin dieselpun lebih sederhana karena hanya menggunakan pompa dan injektor, sedangkan mesin bensin menggunakan karburator atau EFI yang konstruksinya lebih rumit.

### 1.2. Pembatasan Masalah

Peralatan *engine test* sebenarnya relatif sederhana dan seharusnya mudah diusahakan untuk mendukung pengujian bahan bakar baru, analisa karakteristik bahan bakar baru terhadap mesin dan modifikasi mesin pembakaran dalam. Komponen utama *engine test* meliputi mesin diesel/bensin dan pengopel daya (generator, dinamo, dan fluida) sebenarnya relatif mudah diperoleh di pasaran. Namun kesulitan dan kendala terletak bagaimana merancang, menentukan, dan memasang alat ukur ke dalam komponen engine test. Alat ukur menjadi komponen penting dalam mengambil dan menunjukkan parameter pengukuran. Rancang bangun peralatan *engine test* skala laboratorium diharapkan dapat meningkatkan pendalaman dan keahlian dalam menentukan karakteristik mesin

sehubungan dengan adanya bahan bakar baru, pengembangan sistem pengaturan bahan bakar dan udara, perkembangan sistem transmisi, perkembangan sistem pendingin, modifikasi dan inovasi mesin baru.

### 1.3. Tujuan Tugas Akhir

Rancang bangun peralatan *engine test* skala laboratorium diharapkan dapat meningkatkan pendalaman dan keahlian dalam menentukan karakteristik mesin sehubungan dengan adanya bahan bakar baru, pengembangan sistem pengaturan bahan bakar dan udara, perkembangan sistem transmisi, perkembangan sistem pendingin, modifikasi dan inovasi mesin baru. Tahapan analisa rancang bangun peralatan *engine test* skala laboratorium dilakukan sebagai berikut:

- a. Menentukan desain peralatan *engine test* skala laboratorium.
- b. Menentukan spesifikasi komponen peralatan *engine test*.
- c. Membuat peralatan *engine test* skala laboratorium.
- d. Menganalisa unjuk kerja mesin diesel (*engine set*) dengan bahan bakardiesel.

Tujuan Tugas Akhir selain tahapan diatas adalah untuk melengkapi persyaratan kelulusan di bangku perkuliahan.

### 1.4. Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah :

- a. Mendapatkan tambahan ilmu pengetahuan mengenai mesin diesel.
- b. Dapat mengetahui performa dan karakteristik *engine test* dari pengujian yang telah dilakukan.
- c. Dapat mengetahui bahwa *engine test* menghasilkan listrik.
- d. Melatih dan menambah keterampilan.

### 1.5. Sistematika Penulisan Laporan

Dalam sistematika penulisan laporan ini berisi tentang :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas tentang latarbelakang penulisan, pembatasan masalah, manfaat, dan tujuan Tugas Akhir, dan sistematika penulisanl aporan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan membahas tentang pengertian dan prinsip kerja *engine test* dan dasar teori yang berkaitan dengan *engine test*.

BAB III : METODOLOGI

Bab ini menjelaskan tentang mesin dan alat-alat yang digunakan, langkah kerja dalam pengujian, dan langkah pengambilan data.

BAB IV : HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan disajikan data hasil pengujian, data hasil pengolahan data, cara pengolahan data, dan pembahasan terkait dengan *engine test*.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran, ha lini dimaksudkan untuk menegaskan kembali keseluruhan dari Laporan Tugas Akhir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Proses Pembakaran Motor Diesel**

Suatu pembakaran terjadi bilamana dipenuhi tiga unsur pembakaran yaitu oksigen ( $O_2$ ) di dalam udara, bahan bakar, dan api. Proses pembakaran motor diesel terjadi setelah udara yang terhisap ke dalam silinder pada saat langkah hisap (pengisian) menjadi panas akibat langkah kompresi. Beberapa derajat engkol piston akan mencapai titik mati atas, injektor oleh sistem bahan bakar diesel menginjeksikan bahan bakar ke ruang bakar (*combustion chamber*), dengan cepat bahan bakar solar yang diinjeksikan dengan pengatomisasian yang tinggi menyerap panas dan terbakar dengan sendirinya.

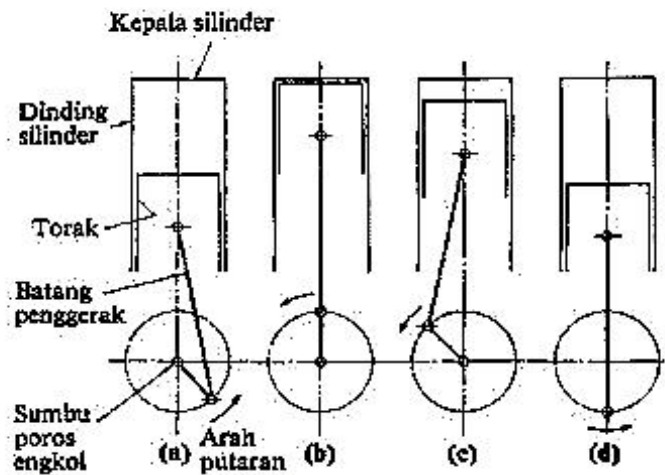
Pembakaran ini menimbulkan explorasi yang besar dan menghasilkan tenaga yang digunakan untuk melanjutkan langkah berikutnya dari siklus kerja *engine* dan tenaga untuk menggerakkan serta memikul beban/muatan kendaraan. Perbandingan campuran pada bahan bakar dan udara pada motor diesel cenderung lebih kurus dengan lamda 1,1 s/d 1,2. Hal ini menyebabkan kecenderungan menghasilkan NOX lebih tinggi, di samping saat injeksi yang harus tepat. Perubahan saat injeksi 1 derajat engkol akan mempengaruhi NOX 5% dan HC 15%.

#### **2.2. Motor Bakar Torak**

Motor bakar torak terbagi menjadi dua jenis utama yaitu motor bensin (OTO) dan motor diesel. Perbedaannya yang utama terletak pada sistem penyalanya, bahan bakar dalam motor bakar dinyalakan oleh loncatan api listrik di antara kedua elektroda busi. Di dalam motor diesel terjadi proses penyalaan sendiri yaitu karena bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder berisi udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi. Bahan bakar itu terbakar sendiri oleh udara yang mengandung 21 % volume  $O_2$ , setelah temperatur campuran itu melampaui temperatur nyala bahan bakar. (Wiranto.Penggerak Mula Motor Bakar Torak).

#### **2.3. Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah**

Jika torak berada pada posisi terjauh dari kepala silinder (TMB) dan katup hisap maupun katup buang pada posisi tertutup (a), torak akan bergerak ke atas (TMA) adalah gerakan langkah kompresi. Gerakan tersebut mengakibatkan naiknya tekanan dan temperatur udara di dalam ruang bakar. Apabila torak mencapai posisi terdekat dari kepala silinder (sebelum TMA (b), maka untuk motor diesel pada umumnya tekanan dan temperaturnya berturut-turut dapat mencapai  $\pm 30 \text{ kg/cm}^2$  dan  $\pm 550^\circ\text{C}$ . Namun beberapa saat sebelum torak mencapai posisi tersebut di atas(b), bahan bakar di semprotkan ke dalam silinder dan terjadilah pembakaran. Proses pembakaran tersebut menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur, tetapi karena proses pembakaran tersebut memerlukan waktu maka tekanan maksimum dan temperatur maksimumnya terjadi beberapa saat setelah torak mulai turun ke bawah(c), dan selanjutnya memutar poros engkol.



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah

Beberapa saat sebelum torak mencapai posisi TMB (d) katup buang mulai terbuka sehingga gas pembakaran keluar dari silinder. Selanjutnya, gas pembakaran dipaksa keluar dari silinder oleh torak yang bergerak dari bawah ke atas (langkah buang). Beberapa saat sebelum torak mencapai TMA katup hisap mulai membuka dan beberapa saat setelah torak bergerak ke bawah lagi katup buang sudah menutup. Dalam hal tersebut gerakan torak ke bawah akan menyebabkan masuknya udara segar dari atmosfer terhisap masuk ke dalam silinder (langkah hisap). Selanjutnya proses tersebut terjadi secara berulang-ulang. (Wiranto, Kochi Tsuda. Motor Diesel Putaran Tinggi).

#### 2.4. Unjuk Kerja Bahan Bakar Biodiesel di Mesin Diesel

Prosedur test mesin perlu dilakukan secara hati-hati yang didasarkan atas beban dan kecepatan. Selain analisa karakteristik mesin dan emisi gas buang, penelitian lebih lanjut perlu melibatkan pemahaman tentang kandungan *cytotoxic*, *mutagenic*, dan *carcinogenic*. (Krahl at. al., 1996). Muryama, at. al., (2000) melaporkan bahwa pada pengujian mesin diesel dengan bahan bakar minyak vegetatif dan minyak diesel didapatkan bahwa minyak vegetatif mempunyai efisiensi dan daya mesin yang lebih besar dibanding dengan minyak diesel, karena suhu gas buang yang dihasilkan lebih rendah namun terjadi penurunan kuantitas nilai kalor rata-rata 2%. Minyak vegetatif mempunyai angka *cetane* yang lebih tinggi sehingga akan didapat keterlambatan penyalaan yang lebih pendek bila dibandingkan dengan minyak diesel. Adanya keterlambatan penyalaan yang lebih pendek (*ignition delay*) daya yang dihasilkan besar dan efektif, maka akan dihasilkan unjuk kerja yang optimum. Altin, at al., (2000) mengadakan penelitian pemakaian minyak vegetatif dicampur dengan bahan bakar diesel dan didapatkan bahwa viskositas campuran relatif lebih tinggi dibandingkan bahan bakar diesel. Karakteristik kimia dan fisik bahan bakar biofuel mempunyai ukuran kualitas kekentalan minimum. Aplikasi bahan bakar biofuel pada mesin diesel standar perlu adaptasi alat injeksi bahan bakar secara khusus. Perlu pemanasan bahan bakar dengan temperatur antara 60 °C – 80 °C untuk menurunkan kekentalan ke level injeksi (*injection level*). (Tyson, 2004).

Bahan bakar biofuel (B20 dan B100) mempunyai masalah kestabilan (*stability*). Kestabilan bahan bakar merujuk pada 2 dua istilah yakni kestabilan dalam jangka panjang (*long-term stability or aging*) dan kestabilan yang berhubungan dengan temperatur/tekanan elevasi (*stability at elevated temperatures and/or pressures*) biasa dinamakan kestabilan termal (*thermal stability*). Kestabilan bahan bakar dalam jangka panjang berhubungan erat dengan sifat oksidasi. Oksidasi dan pematangan (*aging*) bahan bakar akan menyebabkan keasaman tinggi, kekentalan tinggi, formasi gumpalan, dan endapan yang dapat menyumbat filter bahan bakar. Kestabilan termal ditandai dengan penurunan kualitas bahan bakar (*fuel degradation*) di sistem saluran terutama komponen injektor di mana efek lebih lanjut menyebabkan coking injeksi (*injector coking*). (Tyson, 2004).

Analisa oli mesin merupakan salah satu metode untuk menentukan kondisi mesin setelah operasi. Setelah mesin beroperasi/hidup, perlu jaminan bahwa oli mesin bebas dari material lain (*contaminant*) terutama partikel logam. Partikel logam ini dihasilkan dari komponen mesin yang kontak secara langsung (bergesekan). Analisa oli mesin dengan *spectrometric* difokuskan untuk menentukan jumlah elemen logam yang aus (*wear metal element*). (Schumacer, 2001). Elemen-elemen logam itu meliputi aluminium, besi, *copper*, *lead*, *chromium*, *silicon*, timah, dan butiran logam lain.

Di samping analisa hubungan antara bahan bakar biodiesel dengan karakteristik mesin *diesel*, bahan bakar biodiesel perlu dianalisa secara menyeluruh (*integrated*) supaya bisa di terima di pasar (*market*) . Analisa menyeluruh itu meliputi :

- a. Analisa perbedaan derajat dari kontribusi emisi gas buang terhadap kualitas udara.
- b. Pengembangan model yang akurat terhadap biaya investasi dan siklus hidup antara mesin diesel dengan biodiesel.
- c. Uji kelayakan industri berkenaan dengan perdagangan biodiesel.

## 2.5. Perhitungan Daya Motor

Beberapa hal yang mempengaruhi kemampuan mesin antara lain:

### a. Volume Silinder

Volume silinder adalah besarnya volume langkah ditambah volume ruang bakar. Volume langkah adalah volume diatas torak sewaktu torak berada di TMB sampai garis TMA. Volume ruang bakar adalah volume diatas torak pada saat torak berada di TMA, yang disebut juga volume sisa. Besarnya volume langkah atau isi langkah torak adalah sebesar luas lingkaran torak dikalikan panjang langkah torak atau dapat ditulis dalam persamaan :

$$VL = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \quad (\text{Darmanto, Drs Dkk. 1997. Otomotif Mesin Tenaga})$$

Keterangan : VL = Volume Langkah (cc) , D = Diameter silinder (cm)

L = Panjang langkah (cm)

Isi silinder adalah sebesar :

$$Vt = VL + Vs \quad (\text{Darmanto, Drs Dkk. 1997. Otomotif Mesin Tenaga})$$

Keterangan :

Vt = Volume total atau isi silinder

Vs = Volume sisa atau volume ruang bakar

b. Perbandingan Kompresi

Perbandingan kompresi adalah perbandingan antara isi silinder dan ruang bakar atau ruang kompresi.

$$\text{Perbandingan kompresi} = \frac{\text{Volume langkah torak} + \text{volume ruang bakar}}{\text{Volume ruang bakar}}$$

$$\Sigma = \frac{\text{Volume silinder}}{\text{Volume ruang bakar}}$$

$$\Sigma = \frac{VL + Vs}{Vs} = \frac{Vt}{Vs}$$

$$\Sigma = \frac{VL}{Vs} + 1$$

(Darmanto, Drs Dkk. 1997. Otomotif Mesin Tenaga)

Keterangan :

$\Sigma$  = Perbandingan kompresi ,  $Vt$  = Volume total atau isi silinder

$Vs$  = volume sisi atau ruang bakar ,  $VL$  = Volume langkah

c. Efisiensi Volumetrik

Efisiensi volumetrik adalah perbandingan antara volume muatan segar yang masuk kedalam silinder dengan volume langkahnya.

$$\eta_{vol} = \frac{Vi}{VL} \times 100\% \quad (\text{Darmanto, Drs Dkk. 1997. Otomotif Mesin}$$

Tenaga)

Keterangan :

$\eta_{vol}$  = Efisiensi volumetrik ,  $Vi$  = Volume muatan segar yang masuk kedalam silinder ,  $VL$  = Volume langkah

d. Daya Efektif

Nilai ini dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$Ne = \frac{\pi n}{30} \times T \times \frac{1}{75} \quad (\text{Wiranto. Penggerak Mula Motor}$$

Bakar Torak).

Keterangan :  $Ne$  = Daya efektif (PS) ,  $T$  = Momen putar (kgm) ,  $n$  = Putaran poros engkol (rpm)

Di dalam perhitungan diatas torsi diperoleh dari pengukuran alat torsimeter.

e. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik Secara Efektif.

Untuk mencari nilai ini dengan persamaan dibawah ini:

$$Be = \frac{Gf}{Ne} \quad (\text{Wiranto. Penggerak Mula Motor Bakar Torak})$$

Keterangan :

$Be$  = Pemakaian bahan bakar spesifik efektif,

$Ne$  = Daya efektif (PS)

$Gf$  = Jumlah bahan bakar yang diperlukan,  $\frac{kg / jam}{PS}$  kg/jam

f. Daya Generator

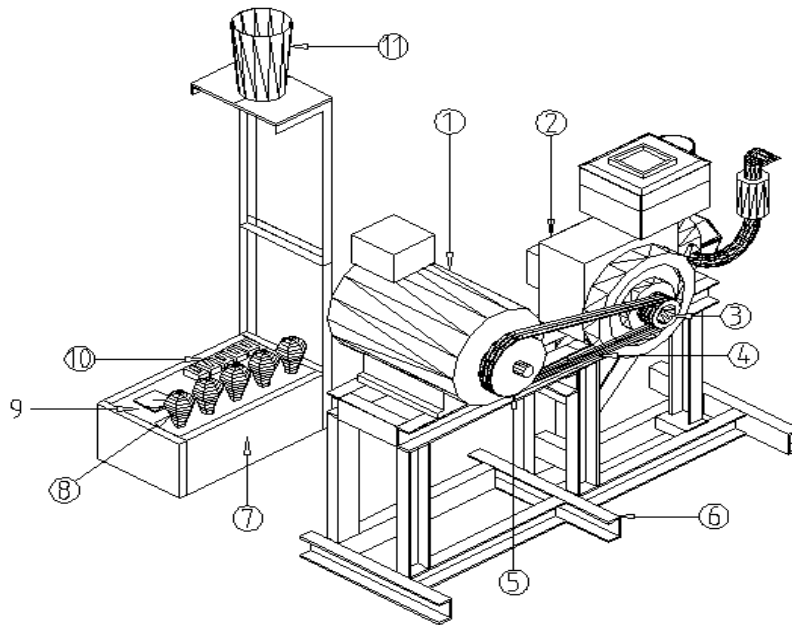
$$P = I \times V$$

Keterangan :  $P$  = Daya (watt) ,  $I$  = Arus listrik (ampere) ,  $V$  = Tegangan (volt)

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Rancangan Peralatan

Alat-alat uji yang digunakan dalam pengujian karakteristik motor diesel dengan bahan bakar bio-diesel adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Alat Uji *Engine Test*

Keterangan :

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. <i>Engine test</i> ( generator )    | 7. <i>Box instrument</i>     |
| 2. <i>Engine test</i> ( mesin diesel ) | 8. Lampu                     |
| 3. <i>Pulley</i> mesin diesel          | 9. Amperemeter dan Voltmeter |
| 4. Sabuk V                             | 10. Saklar                   |
| 5. <i>Pulley</i> generator             | 11. Gelas ukur               |
| 6. <i>Engine stand</i>                 |                              |

### 3.2. Proses Pembuatan Peralatan

#### 3.2.1. Motor Diesel

Motor diesel Dong-Hai merupakan unit alat pengujian utama dalam menganalisis karakteristik motor diesel dengan bahan bakar bio-diesel.

Spesifikasi motor diesel selengkapnya sebagai berikut :

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| a. Jenis mesin                 | : Diesel Dong-Hai       |
| b. Type                        | : R180                  |
| c. Jumlah dan susunan silinder | : 1 silinder horizontal |
| d. Mekanisme katup             | : OHV                   |
| e. Isi silinder                | : 487 cc                |
| f. Klasifikasi mesin           | : Diesel 4 langkah      |
| g. Diameter silinder           | : 80 mm                 |
| h. Diameter piston             | : 80 mm                 |

- i. Perbandingan kompresi : 21 : 1
- j. Daya indicator : 8 HP
- k. Daya efektif : 7 HP
- l. Sistem pembakaran : *Direct Injection*
- m. Jenis bahan bakar : Solar
- n. Jenis minyak pelumas : SAE 30
- o. Sistem pendingin : Hopper
- p. Isi air pendingin : 7,1 L
- q. Isi tangki bahan bakar : 6,1 L
- r. Isi minyak pelumas : 2,51 L
- s. Pemakaian bahan bakar spesifik : 278,8 g/kW.h ( 205g/PS.h )



Gambar 3.2. Mesin Diesel

### 3.2.2. Generator

Generator adalah alat yang digunakan untuk membangkitkan tegangan dan arus listrik sehingga akan diketahui besarnya daya yang ditimbulkan. Dari alat uji ini dapat diketahui besarnya daya yang dikeluarkan oleh motor diesel terhadap putaran dan beban generator yang bervariasi.

Generator yang dipakai dalam pengujian adalah Generator arus AC sinkron dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. Pabrik : Min Dong
- b. Model : Generator AC sinkron 1 phase
- c. Type : ST-5
- d. Voltage : 220
- e. Daya : 5000 watt
- f. Daya Input : 8,45 Ps
- g. Arus max : 21,5 Ampere
- h. Putaran : 1500 rpm
- i. Frekuensi : 50 hz
- j. Cos  $\phi$  : 1
- k. Phase : 1

Untuk mengoperasikan sebuah generator yang mempunyai output 5 kW, maka diperlukan sebuah motor penggerak yang mempunyai output :

$$PS = W \times \text{Cos } \phi / (0,736 \times \eta)$$

Dimana : PS : output motor (PS) , W : output generator , Cos  $\phi$  : 1

$\eta$  : efisiensi generator (asumsi 80%)

$$\begin{aligned} \text{Maka : } PS &= 5 \times 1 / (0,736 \times 0,8) \\ PS &= 8,49 \text{ kW} \end{aligned}$$



Gambar 3.3. Generator

### 3.2.3. Alat ukur

#### a. Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur putaran pada mesin/motor dan generator. Pada alat uji yang digunakan untuk kaji karakteristik motor diesel.

#### b. Voltmeter

Voltmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan yang ditimbulkan oleh generator.

#### c. Amperemeter

Amperemeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik. Arus listrik yang dihasilkan dalam pengujian ini didapat dari generator.



Gambar 3.4. Voltmeter dan Amperemeter

#### d. Pengukur Konsumsi Bahan Bakar

Alat ini terdiri dari gelas ukur, selang bahan bakar, dan stopwatch. Pada alat ukur konsumsi bahan bakar terdapat gelas ukur dengan kapasitas 2000 ml/2 ltr. Mesin diesel dalam kondisi hidup kemudian diamati levelnya pada posisi yang mudah diingat/ditandai setelah itu stopwatch dihidupkan. Amati penurunan level bahan bakarnya dalam beberapa menit sesuai dengan ketentuan pengujian.



Gambar 3.5. Gelas Ukur

e. Stopwatch

Stopwatch yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebuah HP merk Nokia. Alat ini digunakan untuk pengukuran waktu yang dibutuhkan motor diesel untuk menghabiskan bahan bakar dalam tiap menitnya sesuai dengan ketentuan pengujian.

f. Thermometer

Thermometer adalah alat yang digunakan mengukur temperatur. Dalam pengujian ini thermometer digital *Krisbow* digunakan untuk mengukur suhu pada gas buang (knalpot) dengan skala ukur  $-20^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 3.6. Thermometer Digital

g. Barometer

Barometer adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tekanan. Tekanan yang diukur dalam pengujian ini adalah tekanan pada saluran bahan bakar untuk mengetahui berapa tekanan penyemprotan bahan bakar. Pada pengujian kali ini, barometer yang digunakan adalah barometer Vorbes dengan skala ukur  $0-500 \text{ kg/cm}^2$ .

### 3.3. Proses Pemasangan

Pada dasarnya prinsip kerja alat uji ini, berdasarkan perubahan energi mekanik dari mesin diubah menjadi listrik oleh generator. Dimana putaran dari poros mesin dihubungkan melalui *pulley* dan *v-belt* ke poros generator sehingga poros generator berputar dan menghasilkan arus. Kemudian mesin diesel dan generator tadi diletakkan di *Engine Stand* dan dikencangkan dengan baut pada setiap sisinya.

Alat ukur tekanan ( barometer ) dipasang tepat setelah *nozzle*, pemasangannya dilakukan dengan cara melakukan pengelasan pada ujung bawah barometer ke batang *nozzle*.

Lampu 100 watt sebagai beban dipasang secara *portable* di stand beban, sehingga jumlah lampu yang terpasang bisa disesuaikan. Di dalam stand beban juga terdapat voltmeter dan amperemeter yang direkatkan di bagian atas untuk mempermudah proses pengujian.

Tangki modifikasi ( gelas ukur ) dipasang di bagian atas stand beban dengan terlebih dulu dilubangi bagian bawahnya untuk dimasuki selang bahan bakar menuju *nozzle*.

Dari sini dapat diketahui besarnya daya yang dihasilkan serta besarnya laju konsumsi bahan bakar untuk beban dan putaran tertentu.

Karena adanya perbedaan putaran maksimal generator dengan motor diesel maka diperlukan sistem transmisi sehingga putaran dari mesin cukup untuk menggerakkan generator tanpa merusak generator. Generator harus beroperasi pada putaran maksimal 1500 rpm, sedangkan mesin mampu berputar pada 6000 rpm (pengujian dengan tachometer). Maka diperlukan perbandingan *pulley* supaya keduanya dapat beroperasi maksimum.

*Pulley* yang digunakan mempunyai perbandingan diameter 1 : 2 yaitu diameter *pulley* motor diesel 90 mm, sedangkan diameter *pulley* generator 180 mm. Tipe *pulley* yang digunakan menggunakan tipe B dengan dua *line*, sedangkan sabuk V-nya mengikuti tipe pulleynya.



Gambar 3.7. Alat *Engine Test*

### 3.4. Prosedur Pengujian

Pengujian bertujuan untuk mengetahui prestasi dari motor diesel empat langkah dengan bahan bakar bio-solar. Yang termasuk parameter prestasi mesin adalah :

- Daya poros, yang dimaksud disini adalah daya aktual generator.
- Konsumsi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik.
- Efisiensi thermal efektif.

Dalam pengujian ini, bukaan katup gas diubah-ubah dengan putaran konstan sehingga variable yang berubah adalah beban pada generator. Pengujian dilakukan dari beban rendah ke beban tinggi dengan tegangan konstan 220 V.

### 3.4.1. Persiapan Pengujian

Sebelum melaksanakan pengujian, perlu dilakukan persiapan dan pengecekan dari perangkat pengujian. adapun yang harus dilakukan dalam persiapan pengujian adalah :

- Memeriksa kebersihan tangki modifikasi dan filter bahan bakar.
- Mengontrol persediaan bahan bakar dalam tangki modifikasi.
- Memeriksa kondisi volume air pendingin.
- Memeriksa oli pelumas mesin.
- Memeriksa baut-baut pengencang mesin denganudukannya untuk menghindari kecelakaan yang mungkin terjadi.
- Menyiapkan dan memasang semua peralatan pengujian
- Menyiapkan alat ukur tambahan seperti tachometer dan thermometer digital.

### 3.4.2. Langkah-langkah Pengujian

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- Menghidupkan mesin dan membiarkan mesin dalam kondisi stasioner selama 5-10 menit sebagai pemanasan.
- Mengatur motor pada posisi stasioner dengan putaran paling rendah.
- Mengatur bukaan katup gas secara perlahan-lahan sampai motor mencapai putaran diatas 2000 rpm sehingga putaran pada generator menjadi sekitar 1500 rpm dan menghasilkan tegangan listrik 220 V, setelah tercapai motor dibiarkan stabil beberapa saat (sekitar 15 menit).
- Mencatat besarnya putaran motor, tegangan, dan arus yang ditimbulkan setelah motor diberi pembebanan dengan jumlah waktu dan konsumsi bahan bakar yang ditentukan.
- Pembebanan motor/generator hanya sampai 2100 watt karena jika diberi beban lebih maka gas buang berwarna hitam dan banyak, berarti terjadi beban berlebih dan harus segera dikurangi.
- Setelah data dicatat semua, turunkan putaran mesin diikuti dengan penurunan beban.
- Lakukan sesuai dengan langkah-langkah di atas.

## 3.5. Metode Perhitungan Data

### 3.5.1. Daya

#### a. Daya Generator ( $P_g$ )

Daya yang dihitung adalah daya yang dihasilkan oleh generator, yang dapat dilihat dari alat ukur amperemeter dan voltmeter maka:

$$P_g = V \times I \cdot \cos \emptyset$$

Dimana :  $P_g$  = daya generator (watt) ,  $V$  = tegangan (volt )

$I$  = arus listrik (ampere) ,  $\cos \emptyset$  = faktor daya

#### b. Daya Motor ( $N_e$ )

Daya motor merupakan daya yang tersimpan dalam poros motor *fly wheel* (roda gila) atau sering disebut daya efektif. Dimana daya motor disini adalah daya generator dibagi efisiensi generator dan efisiensi sabuk (belt).

$$N_e = \frac{P_g}{e_g \times e_b}$$

Dimana :  $N_e$  = daya motor (watt) ,  $P_g$  = daya generator (watt) ,  $e_g = 0,85$  (efisiensi generator)

eb = 0,96 (efisiensi sabuk) diambil dari keadaan riil.

c. Daya Pembebanan ( $P_b$ )

Daya pembebanan adalah daya yang diperoleh dari pembebanan generator.

### 3.5.2. Pemakaian Konsumsi Bahan Bakar

Pemakaian konsumsi bahan bakar dapat dihitung berdasarkan volume bahan bakar dibagi dengan waktu pemakaian.

$$B = \frac{v}{t} \times \rho_{bb} \times 3600$$

Dimana :

B = pemakaian konsumsi bahan bakar (Kg/jam)

v = volume bahan bakar yang digunakan (ml)

t = waktu pemakaian bahan bakar (detik)

$\rho$  = masa jenis bahan bakar ( $\text{g/cm}^3$ )

$$\rho_{b0} = 847.8 \text{ kg/m}^3 \text{ (B0/solar)}$$

$$\rho_{b5} = 854.7 \text{ kg/m}^3 \text{ (B5/solar 95\% + 5\% biodiesel)}$$

$$\rho_{b10} = 857.8 \text{ kg/m}^3 \text{ (B10/solar 90\% + 10\% biodiesel)}$$

$$\rho_{b15} = 855.9 \text{ kg/m}^3 \text{ (B15/solar 85\% + 15\% biodiesel)}$$

### 3.5.3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik dapat diartikan banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan untuk setiap satu-satuan daya yang dihasilkan. Adapun persamaanya adalah sebagai berikut :

$$be_1 = \frac{B}{Ne}$$

$$be_2 = \frac{B}{P_g}$$

$$be_3 = \frac{B}{P_b}$$

Dimana :

$be_1 = be_2 = be_3$  = konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kW.jam)

Ne = daya motor (watt)

$P_g$  = daya generator (watt)

$P_b$  = daya pembebanan (watt)

B = pemakaian konsumsi bahan bakar. (kg/jam)

### 3.5.4. Energi Panas

Energi panas adalah energi panas yang dihasilkan dari bahan bakar, yang diperoleh dari perkalian nilai kalor bahan bakar (Ql) dengan pemakaian konsumsi bahan bakar.

$$\text{Energi panas} = B \times Ql$$

Dimana :

B = pemakaian konsumsi bahan bakar. (Kg/jam)

Ql = nilai kalor rendah bahan bakar (BTU/lb)

$$\text{Solar (Qh)} = 19603 \text{ BTU/lb} = 19603 \times 2.326$$

$$= 19603 \times 2.326$$

$$= 45.596,57 \text{ Kj/Kg}$$

$$Ql = Qh \times 0,945$$

$$B0 \text{ (Qh)} = 19603 \text{ BTU/lb} = 45.596,57 \text{ Kj/Kg}$$

$$B5 \text{ (Qh)} = 19559 \text{ BTU/lb} = 45.494,23 \text{ Kj/Kg}$$

$$B10 \text{ (Qh)} = 19539 \text{ BTU/lb} = 45.447,71 \text{ Kj/Kg}$$

$$B15 \text{ (Qh)} = 19551 \text{ BTU/lb} = 45.475,63 \text{ Kj/Kg}$$

### 3.5.5. Efisiensi

#### a. Efisiensi Daya Poros

Efisiensi daya poros menyatakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh poros/motor dengan energi yang dikandung bahan bakar.

$$\eta_{t_1} = \frac{Ne}{B \times Ql}$$

Dimana :

$\eta_{t_1}$  = Efisiensi thermal efektif

Ne = daya motor (watt)

B = pemakaian konsumsi bahan bakar. (Kg/jam)

Ql = nilai kalor rendah bahan bakar (BTU/lb)

#### b. Efisiensi Thermal Efektif

Efisiensi thermal efektif menyatakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh generator dengan energi yang dikandung bahan bakar.

$$\eta_{t_2} = \frac{P_g}{B \times Ql}$$

Dimana :

$\eta_{t_2}$  = Efisiensi thermal efektif

$P_g$  = daya generator (watt)

#### c. Efisiensi Pembebanan

Efisiensi generator menyatakan perbandingan antara daya pembebanan terhadap generator dengan energi panas.

$$\eta_{t_3} = \frac{P_b}{B \times Ql}$$

Dimana :

$\eta_{t_3}$  = Efisiensi thermal efektif

$P_b$  = Daya pembebanan (watt)

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari keseluruhan proses Perbaikan dan Modifikasi Mesin Diesel 1 Silinder Untuk *Engine Test*, maka dapat disimpulkan beberapa hal, sebagai berikut :

1. Peralatan utama yang digunakan untuk proses *Engine Test* ini, yaitu mesin diesel 8 PK dan generator 5000 watt.
2. *Engine Test* sangat membantu untuk mengetahui karakteristik mesin dan pengujian bahan bakar baru.
3. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa semakin tinggi beban, maka frekuensi semakin rendah.
4. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa semakin tinggi beban, maka konsumsi bahan bakar akan meningkat.
5. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa semakin tinggi beban, maka akan terjadi kenaikan efisiensi daya motor, efisiensi thermal efektif, dan efisiensi pembebanan.
6. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa semakin tinggi beban, maka temperatur gas buang semakin meningkat.
7. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa semakin tinggi kandungan bio-diesel dalam bahan bakar, maka semakin tinggi efisiensi yang didapatkan dan semakin rendah temperatur gas buang yang dihasilkan.

#### **5.2. Saran**

1. Untuk meningkatkan keakuratan hasil pengujian *Engine Test* ini, perlu dilakukan kalibrasi ulang terhadap alat ukur yang akan digunakan (tachometer, thermometer, dan gelas ukur).
2. Selama proses pengujian, hendaknya selalu berpegang teguh pada prosedur yang ada untuk menghindari data yang tidak akurat.
3. Selalu jaga keselamatan dan keamanan selama proses pengujian.