



**PENGARUH VARIASI SUDUT PENGAPIAN PADA SISTEM
INJEKSI ETANOL TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BAKAR 4 LANGKAH**

SKRIPSI

Oleh
Agus Purwanto
NIM 061910101038

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2011**



**PENGARUH VARIASI SUDUT PENGAPIAN PADA SISTEM
INJEKSI ETANOL TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BAKAR 4 LANGKAH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Agus Purwanto
NIM 061910101038

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2011**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan basmalah skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Syuri Tauladan Umat Manusia: Rasulullah Mukhammad SAW;
2. Ibunda tercinta, Murtini dan Ayahanda tercinta, Sukiban (aku bangga menjadi putramu). Terima kasih atas semua kasih sayang, ilmu, pengorbanan dan do'a yang dengan setulus hati telah diberikan;
3. Kakak tersayang, Erna Widya Wati dan Heru Wibowo serta keponakanku Nabil Aulia Wibowo. Terima Kasih Atas semua dukungan semangat, kekuatan serta do'a dan cinta-kasih sayang yang telah diberikan sehingga aku dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar;
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu;
5. Seluruh Bapak dan Ibu Guru dari TK, SD, SLTP dan SMK yang telah membimbing dan memberikan ilmu;
6. Seluruh teman-teman seperjuangan d'Black Engine'06: Foxer (Mr. Setut), Haris (Jamudin), Budi (Limbad), Zainul (Boyox), Fuad (Ndut), Tri, Romi siwir (P. GM), Danang (Wong jero), Feri (Pepenk), Andre (Kepet), Yudis (kampes), Yayan (ebes), Imam (Kriting), 3 idiot Manufaktur (Misbah, denis, widodo), Isnaeni (mamat), Asyid (gembul), Dewa, Yusca (Kacang), Ardi (rambut turbulen), Surya, Adit (Kotak), Saiful (Tengu), Rafles, Fajar, Rico, Pram (Prampox), Rizal, Bakar (Buba), Aan (Asu), Nuri (Dzikru);
7. Teman-teman kos 213 patrang: Isnaini, Dewa, Yudis, Tri, Yusca, Fuad, Ardi, Ganjar, Darmaji, Acil, Ferdi, Fatah;
8. Teman-teman Teknik Mesin S1 dan D3 angkatan 2005 s.d 2010;
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah pula kamu bersedih hati padahal kamu adalah orang-orang yang paling tinggi derajatnya, jika kamu beriman.

(QS. Ali Imran: 139)

“Cara untuk menjadi di depan adalah memulai sekarang. Jika memulai sekarang, tahun depan Anda akan tahu banyak hal yang sekarang tidak diketahui, dan Anda tak akan mengetahui masa depan jika Anda menunggu-nunggu”.

(William Feather).

“Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiaakan waktu untuk menunggu inspirasi”.

(Ernest Newman).

*Perubahan memang tidak menjamin perbaikan
Tetapi tidak akan ada perbaikan tanpa ada perubahan*

(Agus Purwanto)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Agus Purwanto**

NIM : **061910101038**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: **“PENGARUH VARIASI SUDUT PENGAPIAN PADA SISTEM INJEKSI ETANOL TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BAKAR 4 LANGKAH”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juni 2011

Yang menyatakan,

Agus Purwanto
NIM. 061910101038

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI SUDUT PENGAPIAN PADA SISTEM
INJEKSI ETANOL TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BAKAR 4 LANGKAH**

Oleh :

**Agus Purwanto
NIM. 061910101038**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : M. Nurkoyim Kustanto, S.T, M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Pengaruh Variasi Sudut Pengapian Pada Sistem Injeksi Etanol Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 21 Juni 2011

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

M. Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T.
NIP 19691122 199702 1 001

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP 19681207 199512 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP 19600812 199802 1 001

Hary Sutjahyono, S.T., M.T.
NIP 19681205 199702 1 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Variasi Sudut Pengapian Pada Sistem Injeksi Ethanol Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah; Agus Purwanto; 061910101038; 2011;79 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Peningkatan performa mesin dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti menggeser waktu pengapian lebih maju (*advance*). Bila waktu pembakaran dimulai pada awal sebelum titik mati atas, tekanan hasil pembakaran akan meningkat sehingga gaya dorong yang dihasilkan pada saat pembakaran meningkat dan menyebabkan torsi dan daya yang dihasilkan juga meningkat sekaligus konsumsi bahan bakar yang dihasilkan menjadi rendah. Waktu pengapian yang digeser lebih maju mengakibatkan suhu pada ruang bakar menjadi meningkat sehingga memungkinkan terjadinya detonasi pada mesin tersebut, untuk itu waktu pengapian yang telah digeser menjadi lebih maju membutuhkan bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi agar waktu pembakaran tepat pada waktunya.

Penggunaan ethanol dengan nilai oktan tinggi sebesar 108 (RON) sebagai fluida pada sistem injeksi ethanol selain mencegah terjadinya detonasi juga akan meningkatkan daya dan torsi serta konsumsi bahan yang rendah. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh sistem injeksi ethanol terhadap daya, torsi, konsumsi bahan bakar, perbandingan udara-bahan bakar, mengetahui pergeseran waktu pengapian yang mempunyai daya terbesar pada unjuk kerja motor bakar empat langkah. Dalam pengujian unjuk kerja motor bakar digunakan alat *motor cycle dynamometer* untuk mengetahui nilai daya, torsi, dan putaran mesin. Pengujian ini menggunakan variasi sudut pengapian 16° , 17° , dan 18° BTDC serta pembukaan kran 30° , 60° , dan 90° . Kemudian hasil dari pengujian

dibandingkan dengan kondisi standart. Pengujian unjuk kerja motor bakar dilakukan pada gigi 1,2,3,dan 4.

Hasil yang didapat dari pengujian unjuk kerja motor bakar adalah dengan pembukaan sudut kran 30° pada sistem injeksi ethanol sudah dapat meningkatkan unjuk kerja motor bakar. Dari hasil pengujian dan analisa dalam pengujian ini torsi rata-rata terbesar terdapat pada variasi sudut pengapian 17° BTDC sebesar 7,07 N.m pada putaran mesin 6000 rpm terjadi pada penggunaan ethanol dengan sudut kran 90° . Peningkatan daya rata-rata terbesar terjadi pada variasi sudut pengapian 17° BTDC sebesar 7,13 HP pada putaran mesin 8000 rpm terjadi pada penggunaan ethanol dengan sudut kran 90° .

Konsumsi bahan bakar rata-rata (FC) terendah terjadi pada penggunaan injeksi ethanol dengan pengapian 17° BTDC yaitu sebesar 0,847 kg/jam pada putaran mesin 9000 rpm. Perbandingan udara-bahan bakar (AFR) terbesar terjadi pada penggunaan injeksi ethanol dengan pengapian 17° BTDC yaitu sebesar 15,075 pada putaran mesin 9000 rpm. Perubahan pengapian yang paling optimal berdasarkan daya yang dihasilkan adalah variasi sudut pengapian 17° BTDC menggunakan injeksi ethanol dengan pembukaan sudut kran 90° .

SUMMARY

Effect of Variation Angle Ignition On Ethanol Injection System Performance Four Stroke Engine Combustion; Agus Purwanto; 061910101038; 2011; 79 pages; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Improved engine performance can be done in various ways such as shifting more advanced ignition timing. When the time combustion begins at the beginning before the upper dead point, the pressure of combustion will increase that thrust thrust produced during combustion increases and causes the torque and power generated has also increased as well as the resulting fuel consumption is low. Ignition timing is shifted further to the combustion chamber cause the temperature to be increased, allowing the occurrence of detonation on such a machine for that ignition timing has shifted to more advanced require fuel with a higher octane rating so that burning time on time.

The use of ethanol with a high octane value of 108 (RON) as the fluid in the ethanol injection system in addition to preventing the occurrence of detonation also increases the power and torque and low fuel consumption. Objectives to be achieved in this study was to determine the effect of ethanol injection system to the power, torque, fuel consumption, air-fuel ratio, ignition timing shift knowing who has the greatest power on the performance of four stroke combustion engine. In testing the performance of the engine combustion used motor cycle tool dynamometer to determine the value of power, torque, and engine speed. These tests use a variety of ignition angle 16° , 17° , and 18° BTDC and the valve opening 30° , 60° , and 90° . Then

the results of testing compared with standard conditions. Performance of the engine combustion testing performed on the gear 1,2,3, and 4.

The results of testing the performance of motor fuel is by valve opening angle 30° to the ethanol injection system has been able to improve the performance of engine combustion. From the test results and analysis in this test the average torque of the largest found in 17° BTDC ignition angle variation is 7,07 Nm at 6000 rpm engine speed occurs in the use of ethanol with the 90° angle valves. Increased average power was greatest in 17° BTDC ignition angle variation is 7,13 HP at 8000 rpm engine speed occurs in the use of ethanol with the 90° angle valves.

Fuel consumption average (FC) the lowest occurred in the use of ethanol injection with 17° BTDC ignition that is equal to 0,847 kg/h at 9000 rpm engine speed. Air-fuel ratio (AFR), the largest occurred in the use of ethanol injection with 17° BTDC ignition is equal to 15,075 at 9000 rpm engine speed. Changes in the most optimal ignition based on the generated power is 17° BTDC ignition angle variation using ethanol injection with an valve opening angle 90° .

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Variasi Sudut Pengapian Pada Sistem Injeksi Ethanol Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Sumarji, S.T., M.T, Selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak M. Nurkoyim K., ST., MT., selaku DPU, dan Bapak Aris Zainul Muttaqin. ST., MT., selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
4. Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T, selaku dosen penguji pertama dan Bapak Hari Sutjahjono, S.T, M.T, selaku dosen penguji kedua yang telah memberikan saran dan waktu;
5. Bapak Hari Arbiantara B., S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Ibunda Murtini dan Ayahanda Sukiban, serta kakakku Erna Widya Wati dan Heru Wibowo serta keponakanku Nabil Aulia Wibowo tercinta. Terima kasih atas semua doa, semangat, motivasi dan kasih sayang kalian semua sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
7. Almamaterku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Jember. Yang telah mengantarkanku kejenjang yang lebih tinggi;
8. Guru-guruku dari TK sampai SMA yang memberikan ilmu tanpa balas jasa sehingga bias tercapainya gelar sarjana ini;

9. Teman-teman seperjuanganku d'Black Engine 2006, terima kasih atas motivasi dan do'a yang kalian berikan;
10. Semua teman-teman Teknik Mesin '05, '07, '08, '09 yang tidak dapat penulis sebutkan semuanya, terimakasih atas dukungan dan bantuannya;
11. Mbak Halimah, selaku staf administrasi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi;
12. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | vi |
| HALAMAN PEMBIBINGAN | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| KATA PENGANTAR | xi |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xix |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat | 3 |
| 1.4.1 Tujuan | 3 |
| 1.4.2 Manfaat | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Motor Bakar | 5 |
| 2.1.1 Motor Pembakaran Luar | 5 |
| 2.1.2 Motor Pembakaran Dalam | 5 |
| 2.1.3 Prinsip Kerja Motor Bensin | 6 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.4 Karakteristik Pembakaran Motor Bensin 4 Langkah | 10 |
| 2.2 Bahan Bakar dan Pembakaran | 11 |
| 2.3 Bioethanol | 11 |
| 2.4 Pipa Pitot | 14 |
| 2.5 Dinamometer Inersia | 14 |
| 2.6 Rumus Perhitungan Prestasi Mesin | 15 |
| 2.7 Prinsip Pengujian <i>Dynotest</i>..... | 15 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN | 20 |
| 3.1 Metode Penelitian | 24 |
| 3.2 Waktu dan Tempat | 24 |
| 3.3Alat dan Bahan..... | 24 |
| 3.3.1 Alat | 24 |
| 3.3.2 Bahan..... | 25 |
| 3.4 Variabel Pengukuran | 26 |
| 3.4.1 Variabel Bebas | 26 |
| 3.4.2 Variabel Terikat | 26 |
| 3.5 Prosedur Pengujian | 26 |
| 3.6 Diagaram Alir Penelitian | 28 |
| 3.7 Skema Alat Uji | 29 |
| BAB 4. PEMBAHASAN..... | 30 |
| 4.1 Konsep Pengujian..... | 30 |
| 4.2 Pembahasan dan Analisa..... | 30 |
| 4.2.1 Analisa Torsi Rata-rata Gigi 1(Satu)..... | 30 |
| 4.2.2 Analisa Torsi Rata-rata Gigi 2(dua)..... | 36 |
| 4.2.3 Analisa Torsi Rata-rata Gigi 3 (tiga)..... | 40 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.4 Analisa Torsi Rata-rata Gigi 4 (empat)..... | 44 |
| 4.2.5 Analisa Daya Rata-rata Gigi 1(Satu)..... | 49 |
| 4.2.6 Analisa Daya Rata-rata Gigi 2 (dua)..... | 53 |
| 4.2.7 Analisa Daya Rata-rata Gigi 3 (tiga)..... | 58 |
| 4.2.8 Analisa Daya Rata-rata Gigi 4 (empat)..... | 63 |
| 4.2.9 Analisa Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar (FC)..... | 67 |
| 4.2.10 Analisa Perhitungan <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR) | 73 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 78 |
| 5.1 Kesimpulan | 78 |
| 5.2 Saran..... | 79 |
| DAFTAR PUSTAKA | 80 |
| LAMPIRAN A. Torsi Rata-rata | 81 |
| LAMPIRAN B. Daya Rata-rata | 95 |
| LAMPIRAN C. <i>Fuel Consumption</i> Rata-rata | 109 |
| LAMPIRAN D. <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR) Rata-rata | 111 |
| LAMPIRAN E. Tabel Hasil Pengujian <i>Fuel Consumption</i> | 113 |
| LAMPIRAN F. Foto Penelitian | 117 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Gerak Naik Turun Torak | 6 |
| Gambar 2.2. Siklus Kerja Motor 4 Langkah | 7 |
| Gambar 2.3. Langkah Hisap (<i>Intake</i>) | 8 |
| Gambar 2.4. Langkah Kompresi (<i>compression</i>) | 8 |
| Gambar 2.5. Langkah Ekspansi (<i>expansion</i>) | 9 |
| Gambar 2.6. Langkah Buang (<i>Exhaust</i>) | 10 |
| Gambar 2.7. Siklus Otto Ideal..... | 12 |
| Gambar 2.8. Siklus Otto Aktual | 13 |
| Gambar 2.9. Pipa Pitot | 16 |
| Gambar 2.10 Roller Inersia Dinamometer | 18 |
| Gambar 2.11 <i>Engine Dynamometer</i> Dan <i>Chassis Dynamometer</i> | 21 |
| Gambar 2.12. <i>Roller</i> Dan Sensor Suhu Pada <i>Dynamometer</i> | 22 |
| Gambar 2.13. Konsol Pengonversi Dan Komputer (<i>Out Pc</i>)..... | 22 |
| Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian | 28 |
| Gambar 3.2. Skema Alat Uji <i>Dynotest</i> | 29 |
| Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 1 (satu) Pengapian standart..... | 31 |
| Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 1 (satu) Pengapian 16° BTDC | 32 |
| Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 1 (satu) Pengapian 17° BTDC..... | 33 |
| Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 1 (satu) Pengapian 18° BTDC..... | 35 |
| Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 2 (dua) Pengapian standart..... | 36 |
| Gambar 4.6. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 2 (dua) Pengapian 16° BTDC | 37 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.7. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 2 (dua) Pengapian 17° BTDC | 38 |
| Gambar 4.8. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 2 (dua) Pengapian 18° BTDC | 39 |
| Gambar 4.9. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 3 (tiga) Pengapian standart | 40 |
| Gambar 4.10. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 3 (tiga) Pengapian 16° BTDC | 41 |
| Gambar 4.11. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 3 (tiga) Pengapian 17° BTDC | 42 |
| Gambar 4.12. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 3 (tiga) Pengapian 18° BTDC | 44 |
| Gambar 4.13. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 4 (empat) Pengapian standart..... | 45 |
| Gambar 4.14. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 4 (empat) Pengapian 16° BTDC | 46 |
| Gambar 4.15. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 4 (empat) Pengapian 17° BTDC | 47 |
| Gambar 4.16. Grafik Hubungan Antara Torsi rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 4 (empat) Pengapian 18° BTDC | 48 |
| Gambar 4.17. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 1 (satu) Pengapian standart..... | 49 |
| Gambar 4.18. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 1 (satu) Pengapian 16° BTDC..... | 50 |
| Gambar 4.19. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 1 (satu) Pengapian 17° BTDC..... | 51 |
| Gambar 4.20. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 1 (satu) Pengapian 18° BTDC..... | 52 |
| Gambar 4.21. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 2 (dua) Pengapian standart..... | 54 |
| Gambar 4.22. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 2 (dua) Pengapian 16 ° BTDC..... | 55 |
| Gambar 4.23. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 2 (dua) Pengapian 17 ° BTDC..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.24. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 2 (dua) Pengapian 18 ° BTDC..... | 57 |
| Gambar 4.25. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 3 (tiga) Pengapian standart | 58 |
| Gambar 4.26. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 3 (tiga) Pengapian 16 ° BTDC | 59 |
| Gambar 4.27. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 3 (tiga) Pengapian 17 ° BTDC | 61 |
| Gambar 4.28. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 3 (tiga) Pengapian 18 ° BTDC | 62 |
| Gambar 4.29. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 4 (empat) Pengapian standart..... | 63 |
| Gambar 4.30. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 4 (empat) Pengapian 16° BTDC | 64 |
| Gambar 4.31. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 4 (empat) Pengapian 17° BTDC | 65 |
| Gambar 4.32. Grafik Hubungan Antara Daya rata-rata dengan Putaran Mesin Gigi 4 (empat) Pengapian 18° BTDC | 66 |
| Gambar 4.33. Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata pada Kondisi Pengapian Standart..... | 67 |
| Gambar 4.34. Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata pada Kondisi Pengapian 16° BTDC | 69 |
| Gambar 4.35. Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata pada Kondisi Pengapian 17° BTDC | 70 |
| Gambar 4.36. Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata pada Kondisi Pengapian 18° BTDC | 72 |
| Gambar 4.37. <i>Air Fuel Ratio (AFR)</i> Rata-rata pada Kondisi Pengapian Standart | 74 |
| Gambar 4.38. <i>Air Fuel Ratio (AFR)</i> Rata-rata pada Kondisi Pengapian 16° BTDC | 75 |
| Gambar 4.39. <i>Air Fuel Ratio (AFR)</i> Rata-rata pada Kondisi Pengapian 17° BTDC | 76 |
| Gambar 4.40 <i>Air Fuel Ratio (AFR)</i> Rata-rata pada Kondisi Pengapian 18° BTDC | 77 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---------------------|-----|
| LAMPIRAN A-1 | 81 |
| LAMPIRAN A-2 | 81 |
| LAMPIRAN A-3 | 82 |
| LAMPIRAN A-4 | 83 |
| LAMPIRAN A-5 | 84 |
| LAMPIRAN A-6 | 85 |
| LAMPIRAN A-7 | 86 |
| LAMPIRAN A-8 | 86 |
| LAMPIRAN A-9 | 87 |
| LAMPIRAN A-10 | 88 |
| LAMPIRAN A-11 | 89 |
| LAMPIRAN A-12 | 90 |
| LAMPIRAN A-13 | 91 |
| LAMPIRAN A-14 | 91 |
| LAMPIRAN A-15 | 92 |
| LAMPIRAN A-16 | 93 |
| LAMPIRAN B-1 | 95 |
| LAMPIRAN B-2 | 95 |
| LAMPIRAN B-3 | 96 |
| LAMPIRAN B-4 | 97 |
| LAMPIRAN B-5 | 98 |
| LAMPIRAN B-6 | 99 |
| LAMPIRAN B-7 | 100 |
| LAMPIRAN B-8 | 100 |
| LAMPIRAN B-9 | 101 |
| LAMPIRAN B-10 | 102 |

| | |
|----------------------------|-----|
| LAMPIRAN B-11 | 103 |
| LAMPIRAN B-12 | 104 |
| LAMPIRAN B-13 | 105 |
| LAMPIRAN B-14 | 105 |
| LAMPIRAN B-15 | 106 |
| LAMPIRAN B-16 | 107 |
| LAMPIRAN C-1 | 109 |
| LAMPIRAN C-2 | 109 |
| LAMPIRAN C-3 | 110 |
| LAMPIRAN C-4 | 110 |
| LAMPIRAN D-1 | 111 |
| LAMPIRAN D-2 | 111 |
| LAMPIRAN D-3 | 112 |
| LAMPIRAN D-4 | 112 |
| LAMPIRAN E | 113 |
| LAMPIRAN F | 117 |