



TUGAS AKHIR–VM 180629

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK *ENGINE*
4 LANGKAH 1 SILINDER SOHC 113,6 CC FI
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR ETANOL
SECARA TEORITIS DENGAN HASIL UJI
PADA *DYNO TEST***

**GERY ALMEYDA SAPUTRA
NRP. 102116 000 000 86**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT.
NIP. 19610602 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



TUGAS AKHIR–VM 180629

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK *ENGINE*
4 LANGKAH 1 SILINDER SOHC 113,6 CC FI
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR ETANOL
SECARA TEORITIS DENGAN HASIL UJI
PADA *DYNO TEST***

**GERY ALMEYDA SAPUTRA
NRP. 102116 000 000 86**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT.
NIP. 19610602 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



FINAL PROJECT–VM 180629

**CHARACTERISTIC COMPARISON OF
ENGINE 4 STEP 1 CYLINDER SOHC 113.6 CC
FI USING ETHANOL FUEL
THEORETICALLY WITH TEST RESULT ON
THE DYNO TEST**

**GERY ALMEYDA SAPUTRA
NRP. 102116 000 000 86**

**Conselor Lecturer :
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT.
NIP. 19610602 198701 1 001**

**INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT
FACULTY OF VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

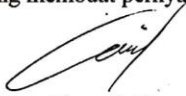
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gery Almeyda Saputra
NRP : 1021160000086
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – ITS.

Surabaya, 1 Januari 2020
Yang membuat pernyataan,


Gery Almeyda Saputra
NRP. 1021160000086

LEMBAR PENGESAHAN

“PERBANDINGAN KARAKTERISTIK *ENGINE* 4 LANGKAH 1 SILINDER SOHC 113,6 CC FI MENGUNAKAN BAHAN BAKAR ETANOL SECARA TEORITIS DENGAN HASIL UJI PADA *DYNO TEST*”

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Bidang Studi Konversi Energi
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

GERY ALMEYDA SAPUTRA
NRP. 1021160000086



SURABAYA,
JANUARI, 2020

Abstrak

Semakin menipisnya cadangan minyak dunia maka kebutuhan akan pengganti bahan bakar tersebut juga semakin meningkat. Maka salah satu alternatif ialah penggunaan etanol sebagai bahan bakar. Etanol merupakan bahan bakar terbarukan yang dapat diproduksi dari bahan-bahan nabati. Etanol memiliki angka oktan tinggi namun nilai kalor yang rendah sehingga jika ingin dijadikan bahan bakar maka perlu dilakukan penyesuaian pada *engine* yang akan digunakan. Dari hasil pengujian di Laboratorium Lembaga Penelitian dan Pengembangan Masyarakat ITS didapatkan nilai LHV= 26950 kJ/kg dan massa jenis (ρ) = 794 Kg/m³.

Engine yang dipakai pada pengujian memiliki rasio kompresi sebesar 9,3 : 1. Dari hasil perhitungan teoritis didapat data bahwa *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI memiliki *air fuel ratio* (AFR) dengan perbandingan udara dengan bahan bakar secara teoritis didapat 9,8 : 1. Serta unjuk kerja teoritis yang didapat pada putaran 8500 rpm yaitu daya sebesar 14,707 HP, bmep sebesar 1362,9 kpa, torsi sebesar 12,32686624 Nm, bsfc sebesar 0,000226 kg/W-h. Selanjutnya dilakukan pengujian *engine* pada *dynotest* untuk mengetahui karakteristik dan konsumsinya. Dari pengujian *dynotest*, unjuk kerja pada putaran 8500 rpm didapat daya sebesar 10,63861545 HP, bmep sebesar 997,13 kpa, torsi sebesar 8,9089571 Nm, sedangkan bsfc sebesar 0,000346 kg/W-h.

Kata kunci : *AFR, etanol, unjuk kerja, teoritis dan pengujian.*

Abstract

The depletion of the world's oil reserves increases the demand for fuel replacements as well. An alternative, then, is to use ethanol as a fuel. Ethanol is a renewable fuel that can be produced from vegetable materials. Ethanol has high octane Numbers and low value kalor so that if you want to fuel it, it needs to be adapted to the engine that's going to be used. From the test results in the weaver society lab and its community development gained value LHV= 26950 kJ/kg and its density (ρ) = 794 Kg/m³.

The engine that is used on testing has a compression ratio of 9.3:1. The theoretical results revealed that engine 4 steps 1 SOHC 113.6 cc FI has fuel water ratio (AFR) with a theoretical match of 9.8:1. The data found that the fuel ethanol fuel had a optimal working march of 8500 rpm with a power of 14.707 HP, bmep of 1362.9 kpa, torque of 12.32686624 Nm, bsfc of 0.000226 kg/W-h. Engine testing is then conducted on dynotest to determine the characteristic and consumption. From the dynotest, where as engine's working performance at 8500 rpm is actually powered by 10.63861545 HP, the amount of bmep is 998.13 kpa, the torque is 8,9089571 HP, while the bsfc is 0.000346 kg/W-h.

Keywords : *AFR, ethanol, work, theoretical and test.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala karunia dan kelancaran yang diberikan pada pengerjaan Tugas Akhir ini yang berjudul : Perbandingan Karakteristik *Engine* 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 CC FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol Secara Teoritis Dengan Hasil Uji Pada *Dyno Test*.

Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan akademis dan memperoleh gelar Ahli Madya dalam menempuh pendidikan Bidang Studi Konversi Energi di program Studi D3 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yakni:

1. Bapak Ir. Joko Sarsetiyanto, MT. Selaku dosen wali selama masa perkuliahan, dosen pembimbing tugas akhir dan dosen pembimbing Tim Nogogeni ITS yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu mengenai motor pembakaran dalam yang terkait dengan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT. Selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. Bapak Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D. Selaku dosen pembimbing Tim Nogogeni ITS.
5. Bapak Ir. Budi Luwar Sanyoto, M.T. Selaku dosen wali yang telah membimbing dan mengarahkan selama menempuh perkuliahan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
6. Para Dosen Penguji selaku dosen yang memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.

7. Seluruh Dosen dan Karyawan yang telah banyak membimbing penulis dalam menggali ilmu di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
8. Sapto Wisasno, S.T selaku Asisten Laboratorium Motor Pembakaran Dalam yang telah memberikan bantuan saran dalam penulisan laporan serta ijin meminjam alat-alat untuk pengerjaan tugas akhir ini dan membantu dalam pengambilan data.
9. Bapak Prastowo Harjono dan Ibu Suci Suhartatik selaku orang tua yang selalu memberikan restu, doa serta dukungan moral maupun materil untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Maulia Farah Nur Azizah yang selalu membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan yang selalu memberikan motivasi, masukan dan saran.
11. Seluruh teman-teman Nogogeni ITS Team angkatan 2015, 2016 dan 2017, baik teknis maupun nonteknis.
12. Patner tugas akhir: Mohammad Agus Munzihat, A.Md; M Diki Muslihudin, A.Md; Fajar Prasetya Atmaja, A.Md; Ahmad Ibad Maulana, A.Md.
13. Seluruh teman-teman Warga Angkatan 2016 yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Terima kasih atas segala kritik, saran serta motivasi yang telah kalian berikan.
14. Semua pihak yang belum disebutkan di atas yang telah memberikan do'a, bantuan, dan dukungannya bagi penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Surabaya, 2 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv

BAB I

PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	5

BAB II

DASAR TEORI.....	7
2.1 Motor Bensin Empat Langkah (4 tak)	7
2.1.1 Prinsip Kerja.....	7
2.1.2 Konstruksi	11
2.2 Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah	23
2.2.1 Langkah Hisap.....	24
2.2.2 Langkah kompresi	25
2.2.3 langkah Ekspansi	25
2.2.4 Langkah Pembuangan.....	25

2.3 Bahan Bakar Etanol.....	25
2.4 Proses Pembakaran.....	26
2.4.1 Pembakaran Dalam SIE.....	27
2.4.2 Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR).....	28
2.4.3 Perhitungan Laju Bahan Bakar	30
2.5 Sistem Pengapian	30
2.6 Unjuk Kerja.....	32
2.6.1 <i>Perfomance Engine</i>	32
2.6.2 Daya	33
2.6.3 Torsi	33
2.6.4 Tekanan Efektif Rata-rata (BMEP).....	34
2.6.5 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (BSFC)	34
2.7 Unjuk Kerja Teoritis.....	35
2.7.1 Reaksi Pembakaran Dengan Cara Stokiometri	35
2.7.2 Menghitung Laju Udara Teoritis.....	36
2.7.3 Menghitung Laju Bahan Bakar Teoritis.....	36
2.7.4 Menghitung Daya Teoritis	36

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN..... 39

3.1. Penelitian	39
3.2. Tempat Penelitian	39
3.3. Instalasi Percobaan	39
3.4. Peralatan Percobaan.....	40
3.5. Alat Ukur	41
3.6. Instalasi Percobaan	44
3.7. Bahan Bakar Uji	45
3.8. Prosedur Pengujian.....	45
3.9. Diagram Alir Pengujian.....	47

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN 49

4.1 Data Hasil Penelitian	49
4.2 Perhitungan.....	49
4.3 Perhitungan Teoritis <i>Air Fuel Ratio Engine</i> 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol	49
4.4 Perhitungan Teoritis Unjuk Kerja <i>Engine</i> 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol	51
4.5 Hasil Pengujian <i>Engine</i> 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol	58
4.6 Perhitungan Aktual Unjuk Kerja <i>Engine</i> 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol	59
4.7 Analisa Perbandingan Unjuk Kerja Secara Teoritis dan Hasil Uji Coba Engine 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol	63

BAB V

PENUTUP	69
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran.....	70

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus 4 langkah	9
Gambar 2.2 Diagram P-V dari siklus ideal mesin bensin 4 langkah.....	9
Gambar 2.3 Kontruksi mesin bensin empat langkah	11
Gambar 2.4 Piston.....	12
Gambar 2.5 Mekanisme katup.....	13
Gambar 2.6 Sistem bahan bakar pada kendaraan EFI.....	15
Gambar 2.7 Kontruksi <i>fuel pump</i>	16
Gambar 2.8 Kontruksi injektor bahan bakar.....	17
Gambar 2.9 Penempatan injektor pada <i>throttle body</i>	18
Gambar 2.10 Komponen dan aliran bahan bakar pada sistem injeksi (EFI).....	18
Gambar 2.11 <i>Throttle body</i> pada sistem EFI	21
Gambar 2.12 Busi	23
Gambar 2.13 Diagram P-V siklus aktual	24
Gambar 2.14 Siklus aktual 2 langkah dan 4 langkah	24
Gambar 2.15 Diagram P-V teoritis.....	27
Gambar 2.16 <i>Air fuel Ratio</i>	29
Gambar 2.17 Saat pengapian dan tekanan pembakaran.....	31
Gambar 2.18 Titik pengapian yang tepat.....	32
Gambar 3.1 Skema instalasi percobaan sederhana	39
Gambar 3.2 Motor 4 langkah SOHC 113,6 cc FI	40
Gambar 3.3 <i>ECU Programmable</i>	41
Gambar 3.4 <i>Pressure gauge</i>	42
Gambar 3.5 Buret.....	42
Gambar 3.6 Alat uji <i>dyno test</i>	43
Gambar 3.7 <i>Stop watch</i>	43
Gambar 3.8 Instalasi pengujian	44
Gambar 3.9 Pengaplikasian pengujian	44
Gambar 3.10 Diagram alir pengujian	48

Gambar 4.1	Grafik hasil uji coba dan perhitungan teoritis daya poros (HP) terhadap putaran (rpm) <i>engine</i> menggunakan bahan bakar etanol.....	65
Gambar 4.2	Grafik hasil uji coba dan perhitungan teoritis BSFC (Kg/Wh) terhadap putaran (rpm) <i>engine</i> menggunakan bahan bakar etanol.....	66
Gambar 4.3	Grafik hasil uji coba dan perhitungan teoritis BMEP (KPa) terhadap putaran (rpm) <i>engine</i> menggunakan bahan bakar etanol.....	67
Gambar 4.4	Grafik hasil uji coba dan perhitungan teoritis torsi (Nm) terhadap putaran (rpm) <i>engine</i> menggunakan bahan bakar etanol	67

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	.Nilai properties bahan bakar	45
Tabel 4.1	Hasil perhitungan laju aliran udara secara teoritis.....	53
Tabel 4.2	Hasil perhitungan laju aliran bahan bakar secara teoritis.....	54
Tabel 4.3	Hasil perhitungan daya secara teoritis	55
Tabel 4.4	Hasil perhitungan BMEP (<i>Brake Mean Effective Pressure</i>) secara teoritis.....	56
Tabel 4.5	Hasil perhitungan torsi secara teoritis.....	57
Tabel 4.6	Hasil perhitungan BSFC (<i>Brake Specific Fuel Consumption</i>) secara teoritis	58
Tabel 4.7	Hasil pengujian <i>engine</i> 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI menggunakan <i>dyno test</i>	59
Tabel 4.8	Hasil perhitungan laju aliran massa bahan bakar etanol	60
Tabel 4.9	Hasil perhitungan BSFC (<i>Brake Specific Fuel Consumption</i>).....	61
Tabel 4.10	Hasil perhitungan BMEP (<i>Brake Mean Effective Pressure</i>)	62
Tabel 4.11	Hasil perhitungan torsi	63
Tabel 4.12	Unjuk kerja teoritis <i>engine</i> 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI berbahan bakar etanol.....	64
Tabel 4.13	Unjuk kerja hasil uji coba <i>engine</i> 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI berbahan bakar etanol.....	64

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia, kebutuhan akan alat transportasi untuk mobilisasi masyarakat juga semakin meningkat. Salah satu alat transportasi yang sekarang berkembang sangat pesat di masyarakat adalah sepeda motor. Menurut sumber dari BPS 2013, sepeda motor mempunyai pertumbuhan yang paling tinggi dibandingkan dengan moda transportasi yang lain. Dari tahun 2009 sampai 2013, pertumbuhan sepeda motor mencapai lebih dari 13 %. Permasalahan yang muncul akibat besarnya jumlah kendaraan bermotor, tentunya tidak hanya di bidang ekonomi saja. Lingkungan juga menerima dampak akibat polutan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor tersebut. Saat ini mayoritas kendaraan bermotor di Indonesia masih menggunakan bahan bakar *gasoline* yang berasal dari fosil. Secara langsung atau tidak langsung hal ini mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan makhluk hidup karena sisa pembakaran energi fosil ini menghasilkan zat-zat pencemar yang berbahaya. Pencemaran udara telah menyebabkan turunnya kualitas udara sehingga mengganggu kenyamanan lingkungan bahkan telah menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan. Menurunnya kualitas udara tersebut terutama disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil yang tidak terkendali dan tidak efisien pada sarana transportasi. Salah satu sumber energi yang dapat dijadikan alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil adalah pada kendaraan adalah etanol.

Etanol adalah bahan bakar terbarukan karena dapat diproduksi dari bahan nabati. Etanol sebagai bahan

bakar pada kendaraan bermotor memiliki beberapa keunggulan dibanding menggunakan bahan bakar minyak. Keunggulan tersebut diantaranya adalah angka oktan Etanol yang tinggi sehingga lebih tahan terhadap *knocking*, sehingga motor etanol bisa beroperasi pada rasio kompresi yang lebih tinggi dengan efisiensi termal yang lebih baik. Selain itu, Etanol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor lebih ramah lingkungan karena mempunyai emisi yang jauh lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil. Namun, sampai saat ini penggunaan etanol sebagai campuran bensin dalam motor bakar masih dalam prosentase yang cukup kecil tidak lebih dari kisaran 10 % saja. Kelemahan dan masalah yang paling mendasar dari penggunaan etanol dalam motor bakar torak adalah etanol memiliki nilai kalor sekitar 60% lebih rendah dan nilai *Research Octane Number* (RON) yang lebih tinggi dari bahan bakar bensin. Nilai kalor yang rendah berakibat energi pembakarannya yang rendah dari etanol. Selain itu sifat volatilitas atau kemampuan bahan bakar untuk cepat menguap dari etanol cukup rendah dibandingkan dengan bensin. Hal ini mengakibatkan motor bakar akan sulit hidup pada suhu mesin yang rendah terutama sekali pada saat *start* awal sebelum motor bakar dihidupkan.

Parameter ini mengharuskan adanya sinkronisasi antara waktu injeksi dan waktu pengapian. Untuk tujuan tersebut, maka dibutuhkan ECU (*Electronic Control Unit*) yang bisa diprogram untuk menyesuaikan antara waktu injeksi dan pengapian.

Dalam penelitian berikut ini dilakukan pengujian pada nilai-nilai yang menjadi parameter unjuk kerja seperti tekanan efektif rata-rata, daya, torsi dan pemakaian bahan bakar spesifik dari *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI dalam keadaan standar keluaran pabrik. Metode pengujian

menggunakan uji *dyno test* terhadap performa *engine* 4 langkah yang telah menggunakan bahan bakar etanol.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, permasalahan yang muncul pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik *engine* 4 langkah 1 silinder 113,6 cc SOHC FI dengan menggunakan bahan bakar etanol.
2. Bagaimana perbandingan karakteristik *engine* 4 langkah 1 silinder 113,6 cc SOHC FI menggunakan bahan bakar etanol secara teoritis dan uji coba.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik *engine* 4 langkah 1 silinder 113,6 cc SOHC FI dengan menggunakan bahan bakar etanol.
2. Mengetahui perbandingan karakteristik *engine* 4 langkah 1 silinder 113,6 cc SOHC FI menggunakan bahan bakar etanol secara teoritis dan uji coba.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka diberikan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan pada *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah etanol dengan RON > 120 yang diproduksi oleh PT. Energi Agro Nusantara.
3. Kondisi temperatur udara sekitar 30 °C, RH 75%.
4. Kondisi temperature kerja engine 55⁰C

5. Data diambil pada putaran mesin 2500 sampai 8500 rpm toleransi kurang lebih 50.
6. Tekanan injektor sebesar 324 Kpa
7. Data diambil dalam kondisi kendaraan diam pada *dyno test*.
8. Belum melakukan uji jangka panjang untuk mengetahui akibat pemakaian bahan bakar etanol terhadap komponen-komponen injeksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumbangan bagi ilmu pengetahuan serta dapat memberi informasi dan inspirasi kepada masyarakat umum tentang keunggulan penggunaan bahan bakar etanol yang bahan bakarnya dapat diperbarui serta lebih ramah lingkungan pada *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI ditinjau dari parameter unjuk kerjanya.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Studi Literatur

Dasar-dasar pengetahuan mengenai tema dari tugas akhir ini, dilakukan dengan observasi, konsultasi dengan dosen Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS Surabaya, dan mencari referensi pada buku, makalah, jurnal-jurnal yang berhubungan dengan unjuk kerja mesin yang telah dimodifikasi dengan tujuan mendapatkan acuan untuk menganalisa dan perhitungan unjuk kerja.

2. Studi Laboratorium

Melakukan pengujian di Laboratorium Energi LPPM-ITS untuk mengetahui *properties* bahan bakar dan Laboratorium Motor Bakar *Workshop* Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS dengan peralatan mesin dan alat ukur yang telah tersedia untuk mendapatkan data-data yang diperlukan.

3. Analisa Data

Data-data *real* hasil pengujian dianalisis dengan tujuan mengetahui unjuk kerja *engine* 4 langkah SOHC 113,6 cc FI dengan bahan bakar etanol.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan yang bersifat umum adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi teori-teori yang menunjang pelaksanaan penelitian, perhitungan dan pemecahan masalah yang telah diperoleh.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metodologi dan diagram alir dari pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian serta alat-alat yang dipergunakan dalam pelaksanaan pengujian.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana unjuk kerja *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI menggunakan bahan bakar etanol dengan kompresi standar 9,3:1. Dalam tahap ini juga dilakukan analisa berdasarkan data-data hasil pengujian yang meliputi :

- a. Putaran mesin.
- b. Daya, BMEP, torsi, BSFC.
- c. Konsumsi bahan bakar dalam 30 detik yang ditunjukkan alat ukur dalam putaran tertentu.
- d. Laju aliran massa bahan bakar.

Yang selanjutnya disajikan dalam perhitungan untuk memudahkan analisa. berguna untuk analisa data yang telah diperoleh.

BAB V KESIMPULAN

Bab Kesimpulan menyatakan pernyataan akhir dari uraian dan penjelasan pada bab-bab sebelumnya

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Motor Bensin Empat Langkah (4 Tak)

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) empat langkah pertama kali ditemukan oleh pria asal Jerman yang bernama Nikolaus August Otto pada tahun 1876, oleh sebab siklus empat langkah pada motor pembakaran dalam dikenal sebagai siklus Otto (*Otto cycle*).

Motor pembakaran dalam adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi termal melalui proses pembakaran. Energi termal yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme mesin. Dalam proses pembakaran tersebut, bagian-bagian motor melakukan gerakan berulang yang dinamakan siklus. Setiap siklus yang terjadi dalam mesin terdiri dari beberapa urutan langkah kerja.

Siklus kerja motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi motor 2 langkah dan motor 4 langkah. Berdasarkan pembatasan masalah, peralatan uji yang digunakan adalah motor Otto berbahan bakar bensin (*spark ignition engine*) dengan sistem 4 langkah. Motor Otto merupakan motor pembakaran dalam karena motor Otto melakukan proses pembakaran gas dan udara di dalam silinder untuk melakukan kerja mekanis.

2.1.1 Prinsip Kerja

Motor bakar empat langkah adalah sebuah mesin dimana untuk menghasilkan sebuah tenaga memerlukan empat

langkah naik-turun piston, dua kali putaran poros engkol (*crank shaft*), dan satu putaran noklen as (*cam shaft*). Posisi tertinggi pada gerakan piston disebut titik mati atas (TMA) sedangkan yang terendah disebut titik mati bawah (TMB). Keempat langkah pada motor empat langkah adalah langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja (usaha) dan langkah buang. Masing-masing membutuhkan. Beberapa kejadian berikut, membentuk siklus dalam motor bensin :

1. Mengisi silinder mesin dengan campuran udara dan bahan bakar yang telah mengalami pengabutan.
2. Penekanan pada silinder, dimana volume silinder yang sudah terisi campuran bahan bakar dan udara dimampatkan sehingga tekanan dan suhu menjadi naik.
3. Penyalaan oleh busi.
4. Pembakaran bahan bakar dan pengembangan gas panas.
5. Mengosongkan hasil pembakaran dari silinder.

Keempat kejadian ini terjadi berulang-ulang pada waktu mesin menyala. Jika masing-masing dari keempat kejadian ini memerlukan langkah torak yang terpisah, maka daurnya disebut daur empat langkah. Empat kejadian utama ditunjukkan secara skematis pada gambar 2.1 dibawah ini.



(a) Langkah Hisap



(b) Langkah Kompresi



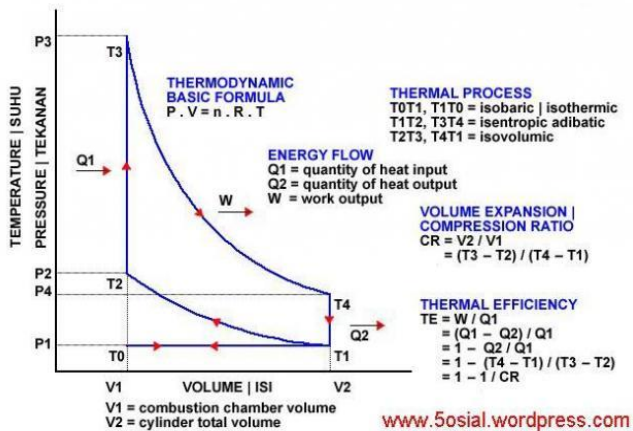
(c) Langkah Kerja



(d) Langkah Buang

Gambar 2.1. Siklus 4 langkah

(Sumber: <http://www.wikipedia.com/motorbakar>)



Gambar 2.2. Diagram P vs v dari siklus ideal mesin bensin 4 langkah

(Sumber : <http://www.5osial.wordpress.com/siklus-diesel-p-v-siklus-otto-p-v.html>)

Proses (0-1) : Langkah Hisap

Pada langkah hisap posisi katup hisap dalam keadaan terbuka, katup buang dalam keadaan menutup serta torak bergerak dari TMA (titik mati atas) menuju ke TMB (titik mati bawah). Akibatnya terjadi kevakuman di dalam silinder yang

menyebabkan terisapnya campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder.

Proses (1-2): Langkah Kompresi Isentropik

Setelah bahan bakar masuk ke dalam silinder torak masih bergerak dari TMA menuju ke TMB, katup hisap mulai menutup sehingga kedua katup dalam keadaan tertutup. Dengan demikian campuran udara dan bahan bakar tersebut dikompresi oleh tekanan torak ketika torak bergerak dari TMB menuju TMA.

Proses (2-3): Proses Pembakaran Pada Volume Konstan

Proses pembakaran terjadi sesaat sebelum torak mencapai TMA, busi memercikkan bunga api listrik pada ujung elektrodanya yang menyebabkan terbakarnya campuran udara dan bahan bakar. Akibat proses pembakaran, tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi dan terjadi ledakan. Sesudah torak mencapai TMA energi yang dihasilkan segera diekspansikan oleh torak.

Proses (3-4): Langkah Ekspansi Isentropik

Ledakan yang terjadi di dalam silinder mengakibatkan tekanan meningkat dan mendorong torak menuju TMB. Pada langkah ini posisi katup hisap dan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Selama proses ekspansi ini tekanan dan temperatur mulai turun sedikit demi sedikit dan berlangsung proses isentropik.

Proses (4-1): Proses Pembuangan Pada Volume Konstan

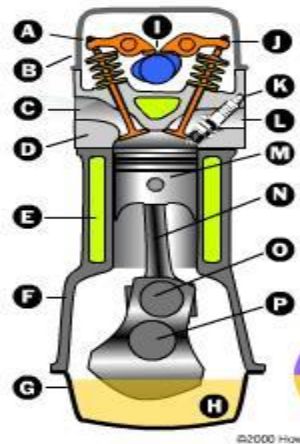
Proses pembuangan sejumlah gas pembakaran terjadi pada saat torak mencapai TMB. Pada langkah ini, posisi katub buang terbuka dan katup hisap tertutup. Pada proses ini berlangsung pada volume konstan.

Proses (1-0): Langkah Buang

Pada langkah buang posisi katup isap dalam keadaan menutup dan katup buang dalam keadaan terbuka sehingga gas bekas keluar dengan sendirinya. Torak bergerak dari TMB menuju ke TMA, mendorong gas sisa pembakaran yang selanjutnya keluar menuju saluran keluar (*exhaust manifold*).

2.1.2 Konstruksi

Motor bensin memiliki konstruksi dalam sistem pembakarannya. Kontruksi motor bensin empat langkah dapat dilihat pada gambar 2.3. dibawah ini.



Gambar 2.3. Konstruksi mesin bensin empat langkah
(Sumber : <https://www.otomotifstudi.com/2018/03/memahami-prinsip-kerja-motor-4-tak.html>)

Keterangan :

- | | |
|---|-----------------------------------|
| A. Mekanisme <i>intake valve</i> ,
<i>rocker arm</i> , <i>spring</i> | I. <i>Camshaft</i> |
| B. <i>Cover valve</i> | J. Mekanisme <i>exhaust valve</i> |
| | K. Busi |

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| C. Saluran <i>intake</i> | L. Saluran <i>Exhaust</i> |
| D. <i>Cylinder head</i> | M. <i>Piston</i> (Torak) |
| E. Saluran pendingin | N. Batang Penghubung |
| F. <i>Blok engine</i> | O. <i>Bearing Crankshaft</i> |
| G. Bak oli | P. <i>Crankshaft</i> |
| H. Penghisap oli | |

Beberapa komponen-komponen dalam motor bensin 4 tak adalah:

1. Torak (*Piston*)

Torak merupakan bagian mesin yang bersinggungan langsung dengan gas bertekanan dan bertemperatur tinggi, torak bergerak translasi dengan kecepatan tinggi. Torak pada mesin bensin empat tak dilengkapi dengan tiga ring torak. Ring pada bagian atas berfungsi agar gas pembakaran yang bertekanan tinggi tidak masuk ke dalam ruang engkol (*crankcase*). Ring bagian bawah berfungsi sebagai pengontrol oli yang menempel pada dinding silinder.



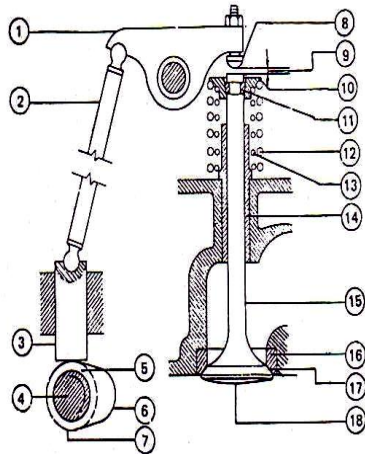
Gambar 2.4. *piston*

(Sumber: <http://belangbela.blogspot.com/2012/02/komponen-komponen-motor-bakar-diesel.html>)

2. Katup (*Valve*)

Untuk mesin empat langkah pemasukan bahan bakar dan pembuangan gas sisa pembakaran dilakukan

melalui katup masuk dan katup buang. Terbuka dan tertutupnya kedua katup tersebut diatur oleh perputaran poros kam atau poros hubungan. Untuk membedakan antara katup hisap dan katup buang dapat dilihat dari diameter katup. Diameter katup hisap lebih besar daripada katup buang. Ukuran katup hisap ini berfungsi untuk memperbanyak jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar. Pembukaan dan penutupan katup diatur melalui mekanisme yang ditunjukkan gambar dibawah ini.



Gambar 2.5. Mekanisme katup
(Arismunandar, 2002:12)

Keterangan:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. Mekanisme
<i>intake valve</i> | 11. Busi |
| 2. <i>Cover valve</i> | 12. Saluran <i>Exhaust</i> |
| 3. Saluran <i>intake</i> | 13. <i>Piston</i> (Torak) |
| 4. <i>Cylinder head</i> | 14. Batang
Penghubung |
| 5. Saluran
pendingin | 15. <i>Bearing</i>
<i>Crankshaft</i> |
| 6. <i>Blok engine</i> | 16. <i>Crankshaft</i> |
| 7. Bak oli | 17. Bidang rapat
katup |
| 8. Penghisap oli | 18. Kepala katup |
| 9. <i>Camshaft</i> | |
| 10. Mekanisme
<i>exhaust valve</i> | |

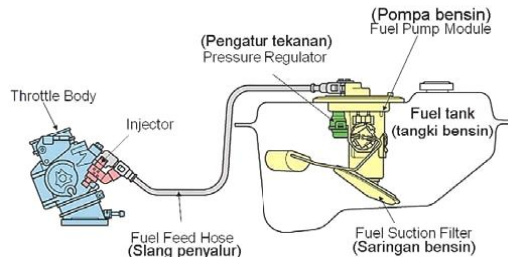
3. Kontruksi Dasar Sistem EFI (*Electronic Fuel Injection*)

Istilah sistem injeksi bahan bakar (EFI) dapat digambarkan sebagai suatu sistem yang menyalurkan bahan bakarnya dengan menggunakan pompa pada tekanan tertentu untuk mencampurnya dengan udara yang masuk ke ruang bakar. Pada sistem EFI dengan motor berbahan bakar bensin, pada umumnya proses penginjeksian bahan bakar terjadi di bagian ujung *intake manifold*, masuk sebelum *inlet valve* (katup/klep masuk). Pada saat *inlet valve* terbuka, yaitu pada langkah hisap, udara yang masuk ke ruang bakar sudah bercampur dengan bahan bakar. Secara ideal, sistem EFI harus dapat mensuplai sejumlah bahan bakar yang disemprotkan agar dapat bercampur dengan udara dalam perbandingan campuran yang tepat sesuai kondisi putaran dan beban mesin, kondisi suhu kerja mesin dan suhu atmosfer saat itu. Sistem

harus dapat mensuplai jumlah bahan bakar yang bervariasi, agar perubahan kondisi operasi kerja mesin tersebut dapat dicapai dengan unjuk kerja mesin yang tetap optimal. Secara umum, konstruksi sistem EFI dapat dibagi menjadi tiga bagian/sistem utama, yaitu;

a. Sistem Bahan bakar

Komponen-komponen yang digunakan untuk menyalurkan bahan bakar ke mesin terdiri dari tangki bahan bakar, pompa bahan bakar (*fuel pump*), saringan bahan bakar (*fuel filter*), pipa/slang penyalur (pembagi), pengatur tekanan bahan bakar (*fuel pressure regulator*), dan injektor/penyemprot bahan bakar. Sistem bahan bakar ini berfungsi untuk menyimpan, membersihkan, menyalurkan dan menyemprotkan /menginjeksikan bahan bakar.



Gambar 2.6. Sistem bahan bakar pada kendaraan EFI

(Sumber: www.teknik-otomotif.com)

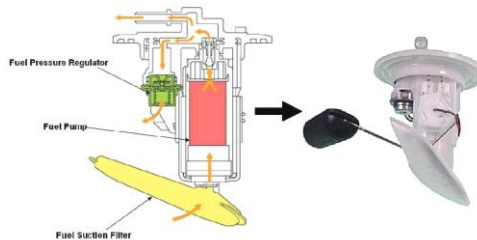
Adapun fungsi masing-masing komponen pada sistem bahan bakar tersebut adalah sebagai berikut:

1) *Fuel suction filter*

untuk menyaring kotoran agar tidak terisap pompa bahan bakar.

2) *Fuel pump module*

untuk memompa dan mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke injektor. Penyaluran bahan bakarnya harus lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan mesin supaya tekanan dalam sistem bahan bakar bisa dipertahankan setiap waktu walaupun kondisi mesin berubah-ubah.



Gambar 2.7. Gambar Kontruksi *fuel pump*
(Sumber: www.teknik-otomotif.com)

3) *Fuel pressure regulator*

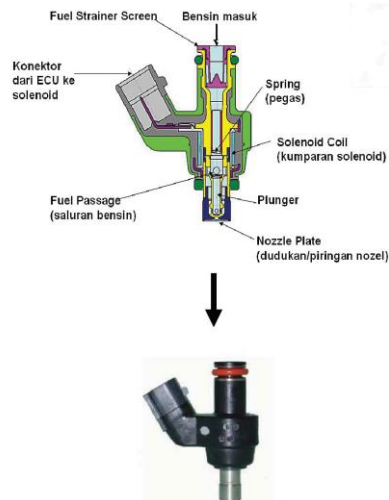
untuk mengatur tekanan bahan bakar di dalam sistem aliran bahan bakar agar tetap/konstan.

4) *Fuel feed hose*

adalah slang untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki menuju injektor. Selang dirancang harus tahan tekanan bahan bakar akibat dipompa dengan tekanan minimal sebesar tekanan yang dihasilkan oleh pompa.

5) *Fuel Injector*

untuk menyemprotkan bahan bakar ke saluran masuk (*intake manifold*), biasanya sebelum katup masuk, namun ada juga yang ke *throttle body*. Volume penyemprotan disesuaikan oleh waktu pembukaan nozel/injektor. Lama dan banyaknya penyemprotan diatur oleh ECM (*Electronic/Engine Control Module*) atau ECU (*Electronic Control Unit*).

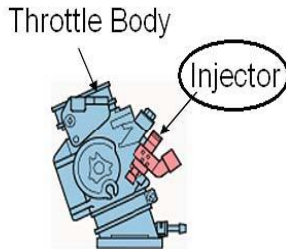


Gambar 2.8. Gambar Kontruksi injektor bahan bakar

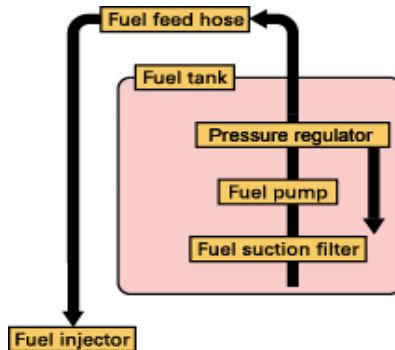
(Sumber: www.teknik-otomotif.com)

Terjadinya penyemprotan pada injektor adalah pada saat ECU memberikan tegangan listrik ke solenoid coil injektor. Dengan pemberian tegangan listrik tersebut solenoid coil akan menjadi magnet sehingga mampu menarik

plunger dan mengangkat needle valve (katup jarum) dari dudukannya, sehingga saluran bahan bakar yang sudah bertekanan akan memancar keluar dari injektor.



Gambar 2.9. Penempatan injektor pada *throttle body*



Gambar 2.10. Komponen & aliran bahan bakar pada sistem EFI sepeda motor
(Sumber: www.teknik-otomotif.com)

b. Sistem Kontrol Elektronik

Komponen sistem kontrol elektronik terdiri dari beberapa sensor (pengindera), seperti MAP (*Manifold Absolute Pressure*) sensor, TP (*Throttle Position*) sensor, IAT (*Intake Air*

Temperature) sensor, *bank angle sensor*, EOT (*Engine Oil Temperature*) sensor, dan sensor-sensor lainnya. Pada sistem ini juga terdapat ECU (*Electronic Control Unit*) atau ECM dan komponen-komponen tambahan seperti alternator (magnet) dan regulator/rectifier yang mensuplai dan mengatur tegangan listrik ke ECU, baterai dan komponen lain. Pada sistem ini juga terdapat DLC (*Data Link Connector*) yaitu semacam soket dihubungkan dengan *engine analyzer* untuk mencari sumber kerusakan komponen.

Secara garis besar fungsi dari masing-masing komponen sistem kontrol elektronik antara lain sebagai berikut;

1) ECU/ECM

ECU menerima dan menghitung seluruh informasi/data yang diterima dari masing-masing sinyal sensor yang ada dalam mesin. Informasi yang diperoleh dari sensor antara lain berupa informasi tentang suhu udara, suhu oli mesin, suhu air pendingin, tekanan atau jumlah udara masuk, posisi katup throttle/katup gas, putaran mesin, posisi poros engkol, dan informasi yang lainnya. Pada umumnya sensor bekerja pada tegangan antara 0 volt sampai 5 volt. Selanjutnya ECU/ECM menggunakan informasi-informasi yang telah diolah tadi untuk menghitung dan menentukan saat (*timing*) dan lamanya injektor bekerja/menyemprotkan bahan bakar dengan mengirimkan signal berupa tegangan listrik ke aktuator-aktuator. Pada beberapa mesin yang

sudah lebih sempurna, disamping mengontrol injektor, ECU/ECM juga bisa mengontrol sistem pengapian.

2) MAP (*Manifold absolute pressure*)

Merupakan sensor memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tekanan udara yang masuk ke *intake manifold*. Selain tipe MAP sensor, pendeteksian udara yang masuk ke intake manifold bisa dalam bentuk jumlah maupun berat udara. Jika jumlah udara yang dideteksi, sensornya dinamakan *air flow meter*, sedangkan jika berat udara yang dideteksi, sensornya dinamakan *air mass sensor*.

3) IAT (*Engine air temperature*)

Merupakan sensor memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang suhu udara yang masuk ke *intake manifold*. Tegangan referensi/suplai 5 Volt dari ECU selanjutnya akan berubah menjadi tegangan sinyal yang nilainya dipengaruhi oleh suhu udara masuk.

4) TP (*Throttle Position*)

Merupakan sensor memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang posisi katup *throttle*/katup gas. Generasi yang lebih baru dari sensor ini tidak hanya terdiri dari kontak-kontak yang mendeteksi posisi idel/langsam dan posisi beban penuh, akan tetapi sudah merupakan potensiometer (*variable resistor*) dan dapat memberikan sinyal ke ECU pada setiap keadaan beban mesin. Konstruksi generasi terakhir dari sensor posisi katup gas

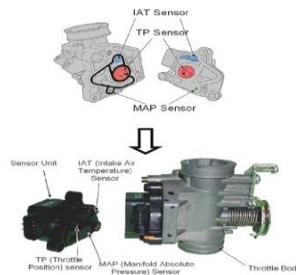
sudah full elektronis, karena yang menggerakkan katup gas adalah elektromesin yang dikendalikan oleh ECU tanpa kabel gas yang terhubung dengan pedal gas. Generasi terbaru ini memungkinkan pengontrolan emisi/gas buang lebih bersih karena pedal gas yang digerakkan hanyalah memberikan sinyal tegangan ke ECU dan pembukaan serta penutupan katup gas juga dilakukan oleh ECU secara elektronis.

5) EOT (*Engine oil temperature*)

Merupakan sensor memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang suhu oli mesin.

c. Sistem Induksi Udara

Sistem Induksi Udara berfungsi mengatur dan mengukur aliran udara yang masuk ke dalam silinder. Komponen-komponen sistem induksi udara (EFI tipe D) terdiri dari : Saringan udara, *Throttle body* (yang didalamnya terdapat : *Manifold Absolute Pressure* (MAP) Sensor, *Throttle Position* (THP) Sensor, *Intake Air Temperature* (IAT) Sensor), dan *Intake Manifold*.



Gambar 2.11. *Throttle body* pada sistem EFI sepeda motor

(Sumber: www.teknik-otomotif.com)

4. Busi

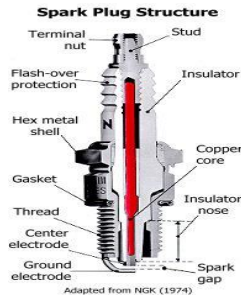
Busi adalah suatu suku cadang yang dipasang pada mesin pembakaran dalam dengan ujung elektroda pada ruang bakar. Busi dipasang untuk memercikkan bunga api sehingga bahan bakar dan udara yang telah tercampur dan terkompresi oleh piston bisa terbakar. Percikan busi berupa percikan elektrik. Pada bagian tengah busi terdapat elektroda yang dihubungkan dengan kabel ke koil pengapian (*ignition coil*) di luar busi, dan dengan *ground* pada bagian bawah busi, membentuk suatu celah percikan di dalam silinder. Busi tersambung ke tegangan yang besarnya ribuan Volt yang dihasilkan oleh koil pengapian (*ignition coil*). Tegangan listrik dari koil pengapian menghasilkan beda tegangan antara elektroda di bagian tengah busi dengan yang di bagian samping. Arus tidak dapat mengalir karena bensin dan udara yang ada di celah merupakan isolator, namun semakin besar beda tegangan, struktur gas di antara kedua elektroda tersebut berubah. Pada saat tegangan melebihi kekuatan dielektrik dari pada gas yang ada, gas-gas tersebut mengalami proses ionisasi dan yang tadinya bersifat insulator, berubah menjadi konduktor. Setelah itu terjadi arus elektron dapat mengakibatkan suhu di celah percikan busi naik drastis, sampai 60.000 K. Suhu yang sangat tinggi ini membuat gas yang terionisasi untuk memuai dengan cepat dan menjadi ledakan.

Rata-rata panas yang dihasilkan ditentukan oleh :

- a. Panjang hidung insulator
- b. Volume gas disekitar hidung insulator

- c. Material dan konstruksi dari pusat elektrode dan porselin insulator

Sekarang sebagai fungsi aktualnya sebagai pemicu pembakaran yang mengirim percikan bunga api melalui rotor, menuju cap, turun pada kawat dan kemudian percikan tersebut melompat pada celah busi. Inti dari busi diciptakan untuk membakar campuran udara–bahan bakar pada ruang bakar. Waktu yang tepat pada percikan ini tidak hanya terpusat pada gambaran diatas tetapi kita harus mempunyai *heat range* dan gap yang benar.



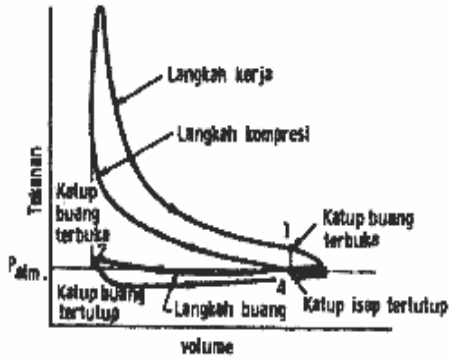
Gambar 2.12. Busi

(Sumber : <http://laksito->

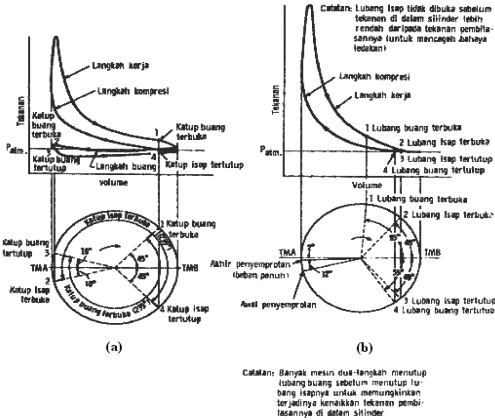
[minggir.blogspot.com/2015/12/fungsi-busi-pada-mesin-otomotif.html](http://laksito-minggir.blogspot.com/2015/12/fungsi-busi-pada-mesin-otomotif.html))

2.2 Siklus Aktual Motor Bensin 4 langkah

Dalam siklus ideal masing-masing langkah dimulai dan di akhiri tepat di titik matinya (TMA & TMB), ini berarti tiap satu langkah ekuivalen dengan setengah poros engkol (180° sudut engkol). Dalam siklus actual permulaan maupun akhir tiap langkah bukan pada titik matinya. [1]



Gambar 2.13. Diagram P-V siklus aktual



Gambar 2.14. Siklus aktual 2 langkah dan 4 langkah
(Sumber : Arismunandar, 2002:12)

2.2.1 Langkah Hisap

Pembukaan katup hisap pada langkah hisap dimulai sekitar 10 derajat sudut engkol sebelum piston mencapai TMA sehingga tepat ketika piston memulai langkah hisap katup masuk sudah terbuka penuh. Sedangkan penutupan dilakukan setelah piston melewati TMB.

2.2.2 Langkah Kompresi

Langkah kompresi dimulai ketika TMB sampai piston mencapai TMA, namun kenaikan tekanan maksimum dicapai setelah melewati TMA.

2.2.3 Langkah Ekspansi

Proses pemanfaatan tenaga gas yang berlangsung pada langkah ekspansi ini dalam kenyataan lebih pendek dari idealnya, karena sudah harus berakhir sebelum piston mencapai TMB.

2.2.4 Langkah Pembuangan

Dalam kenyataan proses pembuangan gas hasil pembakaran berlangsung dalam dua periode. Periode pertama dimulai ketika piston masih melakukan kerja ekspansi tetapi katub buang sudah mulai dibuka, keluarnya gas pada periode ini disebabkan tekanan gas didalam silinder diakhir langkah kerja masih lebih tinggi dari tekanan diluar silinder, periode ini disebut proses blow down.

Periode kedua dilakukan dengan dorongan piston yang dimulai dari TMB sampai beberapa derajat sesudah piston melewati TMA.

2.3 Bahan Bakar Etanol

Etanol merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar gasoline atau bensin. Etanol yang sering disebut etil alkohol memiliki rumus kimia C_2H_5OH , bersifat cair pada temperatur kamar. Etanol dapat dibuat dari proses pemasakan, fermentasi dan distilasi beberapa jenis tanaman seperti tebu, jagung, singkong, atau tanaman lain yang kandungan karbohidratnya tinggi. Bahkan dalam beberapa penelitian ternyata etanol juga

dapat dibuat dari selulosa atau limbah hasil pertanian (biomassa). Sehingga etanol memiliki potensi cukup memungkinkan sebagai pengganti bensin.

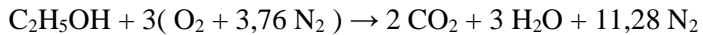
Untuk melakukan proses produksi etanol dibutuhkan bahan baku yang tepat. Bahan baku pembuatan etanol terbagi menjadi gula, pati, selulosa. Pada proses produksi etanol, bahan baku harus melalui proses pre-treatment dengan tujuan untuk meningkatkan kandungan glukosa bahan semaksimal mungkin sebelum memasuki tahap fermentasi. Kandungan glukosa ditingkatkan dengan merubah bentuk gula kompleks (polisakarida) menjadi gula sederhana. Proses pre-treatment sangat bergantung dari tipe bahan baku yang digunakan. Setelah itu dilakukan proses fermentasi yang menghasilkan alkohol dengan kadar rendah. Proses fermentasi merubah bahan baku glukosa menjadi alkohol dan residu karbon dioksida. Pada proses tersebut dibutuhkan bantuan ragi *saccharomyces cerevisiae*. Proses fermentasi menghasilkan alkohol dengan kadar maksimal hanya 7 – 9% (15% jika menggunakan strain ragi yang paling tahan alkohol). Untuk meningkatkan kadar etanol hingga mencapai Fuel Grade Etanol (FGE) 99.5% dibutuhkan proses penyulingan (distillation) dan dehidrasi (dehydration). Proses penyulingan akan menghasilkan etanol dengan kadar maksimum 95.6% dan tidak bisa ditingkatkan lagi karena sifat azeotrope larutan etanol-air.

2.4 Proses Pembakaran

Proses pembakaran adalah terbakarnya kombinasi kimia antara hidrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen dalam udara dengan waktu yang relatif singkat dan menghasilkan energi dalam bentuk panas. Pembakaran dalam Spark Ignition Engine (SIE) dimulai oleh adanya percikan

bunga api listrik yang ditimbulkan oleh busi yang kemudian membakar campuran udara– bahan bakar yang mudah terbakar yang disuplai dan dicampur oleh injektor sehingga terjadi ledakan yang sangat hebat dalam ruang bakar pada motor tersebut.

Persamaan kimia untuk pembakaran bahan bakar dalam SIE

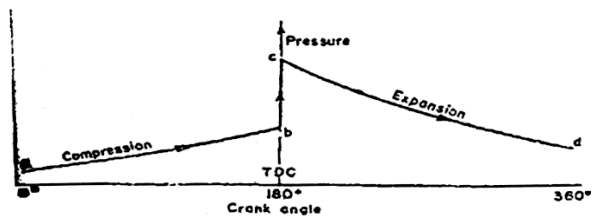


Kombinasi yang diperlukan untuk pembakaran adalah sebagai berikut :

- a. Adanya campuran udara-bahan bakar yang dapat terbakar. Pada mesin bensin, pencampuran udara-bahan bakar terjadi pada injektor.
- b. Pembakaran pada mesin bensin terjadi karena adanya pengapian dari loncatan bunga api listrik pada kedua elektroda busi.
- c. Stabilisasi dan penyebaran api dalam ruang bakar.

2.4.1 Pembakaran Dalam SIE

Ada tiga tahapan yang terjadi dalam proses pembakaran pada SIE (*spark ignition engine*) mulai dari awal sampai akhir pembakaran, yaitu:



Gambar 2.15. Diagram P – V teoritis

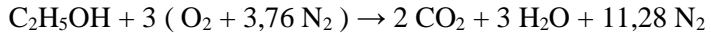
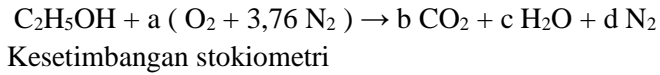
(Sumber : Arismunandar, 2002:12)

- Tahap I : *Ignition Lag* (fase persiapan) yaitu membesar dan berkembangnya inti api serta merambatnya inti api tersebut dalam campuran udara–bahan bakar terkompresi dalam ruang bakar. Proses ini merupakan proses kimia yang tergantung pada tekanan dan temperatur, koefisien temperatur bahan bakar yaitu hubungan temperatur dan laju percepatan oksidasi/pembakaran. [1]
- Tahap II : *Propagation of Flame* yaitu dimana api mulai merambat dan menyebar ke seluruh ruang bakar. Proses mekanis banyak mempengaruhi proses ini. Proses ini dianggap berjalan baik apabila api dengan cepat merambat sehingga tidak ada campuran bahan bakar yang tidak terbakar. Dengan begitu akan terjadi pembakaran yang sempurna. (B – C) [1]
- Tahap III : *After Burning*, setelah terjadi reasosiasi pada proses pembakaran maka berikutnya akan terjadi diasosiasi ada gas-gas hasil pembakaran. Setelah titik C. [1]

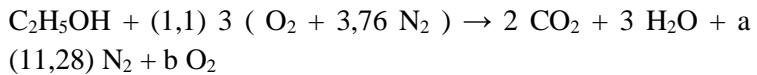
2.4.2 Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR)

Didalam pembakaran, terjadi dalam batasan perbandingan udara-bahan bakar tertentu, yang disebut "*Ignition Limits*". Campuran yang kelebihan bahan bakar dinamakan campuran kaya dan campuran yang kelebihan oksigen dinamakan campuran miskin. Campuran yang mendekati homogen dari bahan bakar dan udara dipersiapkan oleh injektor dan *intake valve throttle body* pada sistem EFI. Bila campurannya lebih kaya atau lebih miskin, maka berkuranglah nilai untuk terbakar sendiri. Etanol memiliki

rumus kimia C_2H_5OH , sehingga reaksi stokiometri bahan bakar etanol dan udara



Ketika terjadi penambahan *excess air* sebesar 110% akan mempengaruhi kesetimbangan stokiometri sebelumnya.



Menghitung *air fuel ratio*

Dari stokiometri diatas dapat dihitung *air fuel ratio* dengan menggunakan rumus :

$$AFR = \frac{X_{udara}}{X_{bahan\ bakar}} \times \frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}}$$

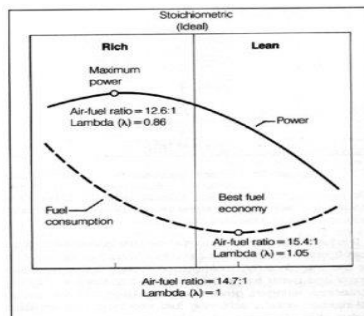
Dimana :

X udara = jumlah mole udara

X bahan bakar = jumlah mole bahan bakar

M udara = massa udara berdasarkan mole

M bahan bakar = massa bahan bakar berdasarkan mole



Gambar 2.16. Air Fuel Ratio

(Sumber : Arismunandar, Wiranto, 2002)

2.4.3 Perhitungan Laju Bahan Bakar

Laju aliran massa sebuah pada suatu mesin diperlukan untuk mengetahui unjuk kerja (*performance*) suatu mesin. Laju aliran massa diperoleh dari menghitung habisnya sebuah bahan bakar berdasarkan waktu tertentu. Untuk mengetahui laju aliran massa menggunakan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{V \text{ (mL)} \times \rho \text{ bahan bakar} \times 3600}{T \text{ (s)} \times 1000000}$$

Keterangan:

V : volume bahan bakar (mL)

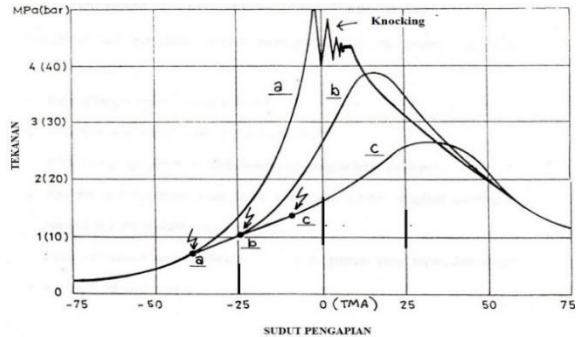
ρ : massa jenis bahan bakar (kg/m³)

T : waktu konsumsi bahan bakar pada V tertentu (s)

\dot{m} : laju aliran massa (kg/jam)

2.5 Sistem Pengapian

Sistem pengapian berfungsi untuk menghasilkan percikan bunga api listrik (*voltage arc*) yang kuat untuk membakar campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Selain kuat, ada satu hal lagi yang wajib dimiliki adalah ketepatan waktu untuk membakar sehingga memperoleh daya pembakaran yang optimal. Ketepatan waktu inilah yang kemudian dikenal sebagai *ignition timing*. Dengan demikian dapat dipersepsikan bahwa sistem pengapian merupakan penjamin sebuah motor bensin agar dapat melakukan siklus pembakaran dengan baik.



Gambar 2.17. Saat pengapian dan tekanan pembakaran

1. Titik a

Pada pengapian tersebut merupakan pengapian maju, pengapian maju dapat menyebabkan *knocking*. *Knocking* merupakan proses pembakaran yang tidak tepat dimana proses pencampuran bahan bakar dan udara belum setara namun sudah terjadi penyulutan dari bunga api pada busi. Sehingga tekanan yang terjadi pada proses kompresi belum tepat namun sudah terjadi pembakaran atau ledakan, akibatnya akan timbul suara ketukan dari ruang bakar. Akibat *knocking* tersebut akan menyebabkan unjuk kerja dari suatu mesin tidak optimal.

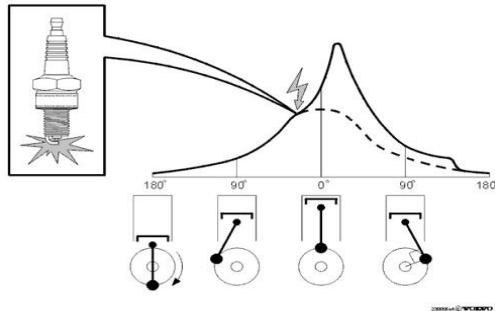
2. Titik b

Pada pengapian tersebut terjadi pengapian yang tepat. Dimana campuran udara dan bahan bakar sudah homogen, tekanan piston sudah optimum dan juga titik pengapian yang tepat akan menyebabkan kinerja mesin optimum.

3. Titik c

Pada pengapian tersebut terjadi pengapian yang mundur. Dimana campuran bahan bakar sudah

mengalami homogen namun tekanan pada ruang bakar kurang tepat jika terlalu mundur. Hal tersebut akan berakibat kinerja mesin akan turun dan juga efisiensi mesin akan menurun akibat dari energi tekan di ruang bakar tidak dapat di manfaatkan menjadi energi rotasi pada poros engkol.



Gambar 2.18. Titik pengapian yang tepat

2.6 Unjuk Kerja

2.6.1 *Performance Engine*

Performance atau unjuk kerja suatu mesin tergantung pada energi yang dihasilkan dari campuran bahan bakar yang diterima oleh mesin serta efisiensi termal dari mesin tersebut (kemampuan mesin untuk mengubah energi dari campuran bahan bakar menjadi kerja *output* dari mesin). Dari kondisi diatas menunjukkan ada dua metode umum untuk meningkatkan *performance* atau unjuk kerja dari suatu mesin, yaitu :

1. Meningkatkan energi input

Meningkatkan energi input dari bahan bakar ini dapat dilakukan dengan cara memperbesar pasokan bahan bakar dengan udara yang masuk kedalam ruang bakar, menggunakan bahan bakar yang mempunyai

nilai kalor yang lebih tinggi atau dengan menambahkan zat aditif ke dalam bahan bakar sehingga proses pembakaran yang terjadi lebih sempurna.

2. Meningkatkan efisiensi *thermal* dari mesin (η_{th})

Efisiensi *thermal* dari mesin adalah perbandingan antara daya mesin yang dihasilkan dengan energi yang dibangkitkan dari campuran bahan bakar. Meningkatkan efisiensi *thermal* dari mesin pada mesin otto dapat dilakukan antara lain dengan cara menaikkan rasio kompresi.

2.6.2 Daya

Pada motor bakar torak, daya yang berguna ialah daya yang terjadi pada poros. Karena poros itulah yang menggerakkan beban motor. Daya poros itu sendiri dibangkitkan oleh daya indikator yang merupakan daya hasil pembakaran yang menggerakkan piston. Sebagian besar daya indikator yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar digunakan untuk mengatasi gerak mekanik pada peralatan mesin itu sendiri, misalnya kerugian karena gesekan antara dinding silinder dengan *ring piston*, poros dengan bantalan sehingga daya poros yang dihasilkan dari proses pembakaran didapatkan dari alat uji yaitu *dyno test*. Didalam *dyno test* sudah terdapat *Brake Horse Power* (BHP) dalam setiap rpm yang telah terbaca.

2.6.3 Torsi

Poros yang bergerak dengan kecepatan tertentu, akan menghasilkan momen torsi atau momen puntir, waktu berputarnya dan torsi sendiri adalah kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja:

$$T = \frac{N}{\omega}$$

Keterangan:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \left(\frac{rad}{sec} \right)$$

T = Torsi (N.m)

N = Daya poros (watt)

n = Kecepatan putaran mesin (rpm)

2.6.4 Tekanan Efektif Rata – Rata (BMEP)

Tekanan efektif rata-rata pengamat dari motor, (*Break Mean Effective Pressure*) didefinisikan sebagai tekanan efektif rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif pengamatan.

$$BMEP = \frac{N}{V_{sil} \times a \times n \times z}$$

Keterangan :

BMEP = Tekanan efektif rata-rata (Pa)

n = Putaran mesin (rpm)

V_{sil} = Volume silinder (m^3)

Z = Jumlah silinder

a = 1 siklus (motor 2-langkah)

0,5 siklus (motor 4-langkah)

2.6.5 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

BSFC (*Brake Specific Fuel Consumption*) adalah banyak bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan 1 HP selama 1 jam. Apabila dalam pengujian diperoleh data mengenai penggunaan bahan bakar, \dot{m} (kg/jam) dan daya yang dihasilkan sebesar N (watt), maka besarnya pemakaian bahan bakar spesifik adalah :

$$BSFC = \frac{\dot{m}_{bb}}{N}$$

Keterangan:

BSFC = Pemakaian bahan bakar spesifik ($\frac{kg}{watt.jam}$)

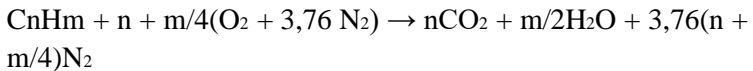
N = Daya poros (watt)

\dot{m}_{bb} = massa bahan bakar per waktu ($\frac{kg}{jam}$)

2.7 Unjuk Kerja Teoritis

2.7.1 Reaksi Pembakaran Dengan Cara Stokiometri

Persamaan reaksi pembakaran teoritis antara hidrokarbon dengan udara adalah sebagai berikut :



Persamaan di atas menyatakan perbandingan stokiometri dari udara dan bahan bakar yang tersedia cukup oksigen untuk mengubah seluruh bahan bakar menjadi produk yang bereaksi sempurna. AFR stokiometri tergantung komposisi kimia bahan bakar.

Untuk rumus AFR sendiri dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$AFR = \frac{X_{udara}}{X_{bahanbakar}} \times \frac{M_{udara}}{M_{bahanbakar}}$$

Keterangan :

X_{udara} = jumlah mole udara

$X_{bahan\ bakar}$ = jumlah mole bahan bakar

M_{udara} = massa udara berdasarkan mole

$M_{bahan\ bakar}$ = massa bahan bakar berdasarkan mole

2.7.2 Menghitung Laju Udara Teoritis

Untuk menghitung laju udara dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\dot{m}_{udara} = q \times \rho$$

Keterangan :

\dot{m}_{udara} = laju udara teoritis (kg/s)
 q = kapasitas (m³/s)
 ρ = massa jenis udara (kg/m³)

2.7.3 Menghitung Laju Bahan Bakar Teoritis

Untuk menghitung laju bahan bakar yang digunakan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\dot{m}_{bb} = \frac{\dot{m}_{udara}}{AFR}$$

Keterangan :

\dot{m}_{bb} = laju bahan bakar teoritis (kg/s)
 \dot{m}_{udara} = laju udara teoritis (kg/s)
AFR = *air fuel ratio* teoritis

2.7.4 Menghitung Daya Teoritis

Untuk menghitung daya secara teoritis dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N = \text{effisiensi} \times \dot{m} \times \text{LHV} \times \eta \text{ mekanik}$$

Keterangan :

N = daya motor (kj/s)
Effisiensi = efisiensi thermis

\dot{m} = laju bahan bakar (kg/s)
LHV = *low heat value* (kj/kg)
 η mekanik = efisiensi mekanik

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI

3.1 Penelitian

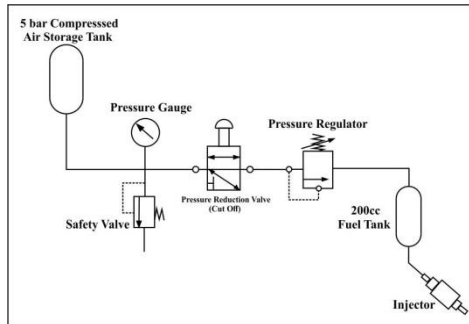
Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui perbandingan karakteristik *engine* 4 langkah 1 silinder 113,6 cc SOHC FI menggunakan bahan bakar etanol secara teoritis dan uji coba.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Pembakaran Dalam *Workshop* Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Sukolilo Surabaya.

3.3 Instalasi Percobaan

Skema instalasi percobaan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema instalasi percobaan sederhana

Instalasi percobaan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1. untuk instalasi udara

bertekanan maksimal 5 bar yang tersimpan pada tabung bertekanan sudah melalui proses pengaturan pada *pressure regulator* sebesar 324 KPa yang masuk ke injektor sebagai pengganti pompa bahan bakar.

3.4 Peralatan Percobaan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Engine* sepeda motor motor 4 langkah SOHC 113,6 cc FI. Dengan spesifikasi :

- a. Jenis *engine* : 4-langkah 1 silinder
- b. Kapasitas silinder : 113,6 cc
- c. *Bore x stroke* : 50,0 x 57,9 mm
- d. Rasio Kompresi : 9,3 : 1
- e. Sistem bahan bakar : *Electric Fuel Injection* (EFI)
- f. *Control* elektronik : *Electronic Control Unit* (ECU) *Programmable*
- g. Tekanan bahan bakar : 324 Kpa



Gambar 3.2. Motor 4 langkah SOHC 113,6 cc FI

2. Engine Control Unit (ECU)

Engine Control Unit merupakan alat yang digunakan untuk mengatur *supply* bahan bakar dan sudut pengapian agar dapat mendukung performa *engine* motor 4 langkah SOHC 113,6 cc FI.



Gambar 3.3. *ECU programmable*

3.5 Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pressure Gauge

Pressure Gauge digunakan untuk mengetahui seberapa besar tekanan yang terdapat pada tabung bertekanan dengan kapasitas maksimal 5 bar.



Gambar 3.4. *Pressure gauge*

2. Buret

Buret berfungsi sebagai alat ukur konsumsi bahan bakar.



Gambar 3.5. Buret

- Merek : Pyrex
- Kapasitas : 200 mL
- Akurasi : 0,2 mL

3. *Dyno test*

Dyno test sebagai metode pengujian untuk mengetahui performa yang dihasilkan pada *engine*.



Gambar 3.6. Alat uji *dyno test*

4. *Stop Watch*

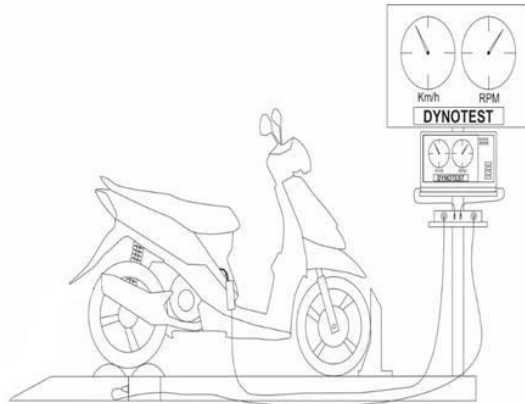
Sebagai alat untuk mengukur durasi waktu yang digunakan pada pengonsumsiian bahan bakar.



Gambar 3.7. *Stop watch*

3.6 Instalasi Percobaan

Instalasi pengujian percobaan dalam penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.8. Instalasi pengujian



Gambar 3.9. Pengaplikasian pengujian

Pada gambar di atas *Dynometer* digunakan untuk mengukur unjuk kerja *engine*, daya poros, torsi, kecepatan

yang dihasilkan *engine*. Buret digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar selama pengujian.

3.7 Bahan Bakar Uji

Bahan bakar pengujian yang digunakan dalam percobaan adalah ethanol E100. Di bawah ini adalah karakteristik bahan bakar yang digunakan dalam pengujian:

Tabel 3.1. Nilai properties bahan bakar

Pengujian	Nilai
LHV (<i>Lower Heating Value</i>) $\left(\frac{KJ}{Kg}\right)$	26950
Density $\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right)$	794
RON (<i>Research Octan Number</i>)	>120

Karakteristik bahan bakar diatas diteliti di Laboratorium Energi yang dikelola langsung oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

3.8 Prosedur Pengujian

Tahapan-tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Prosedur persiapan pengujian.

- a. Periksa kerapatan baut pada *part* yang terdapat pada kendaraan dan bantalan mesin. Pengecekan kondisi tabung bahan bakar, saluran bahan bakar dan tabung udara bertekanan sebagai pengganti

pompa bahan bakar pastikan berfungsi dengan baik serta pemasangan aki pada kendaraan.

- b. Periksa sistem pelumasan pada mesin. Mempersiapkan bahan bakar etanol. Isi tabung bahan bakar dengan bahan bakar yang telah ditentukan kemudian tutup tabung dengan sambungan tabung udara bertekanan.
- c. Periksa tekanan pada tabung, apabila kurang tambahkan sampai sebesar 324 KPa, apabila lebih 324 Kpa *safety valve* akan berfungsi membuang tekanan yang berlebih tersebut. Atur tekanan bahan bakar sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.
- d. Tekan *pressure reduction valve (cut off)* untuk menyalurkan dan memutus aliran udara bertekanan ke bahan bakar sebagai pengganti pompa bahan bakar.
- e. Serta persiapkan alat uji dan alat ukur yang digunakan seperti *dyno test*, buret, *stopwatch*. Periksa alat ukur *dyno test* apakah terhubung dengan baik dan bekerja dengan baik.
- f. Jika semua prosedur persiapan telah dilakukan semua maka percobaan sudah dapat dilakukan.

2. Prosedur pengujian.

- a. Persiapkan kendaraan pada alat *dyno test* dan pasang RPM meter dari alat *dyno test* ke kabel busi untuk pembacaan rpm.
- b. Putar kunci kontak searah jarum jam dan nyalakan mesin.
- c. Mulai untuk pengambilan data dari *running dyno test* , dimulai dengan klik tombol start dengan rpm *idle* sampai batas limiter kemudian tekan tombol

save/stop untuk menyimpan data yang sudah terekam oleh alat *dyno test*.

- d. Setelah dapat hasil dari *dyno test* selanjutnya ambil data konsumsi bahan bakar dengan variasi rpm 2500, 3500, 4500, 5500, 6500, 7500 dan 8500.
- e. Tahan *engine* pada bukaan *throttle* rpm variasi yang telah ditentukan selama 30 detik di atas alat *dyno test*, dan tandai ketika mulai pengambilan data.
- f. Kemudian buka tabung bahan bakar dan ukur seberapa banyak konsumsi bahan bakar yang telah dikonsumsi selama 30 detik sampai tanda yang telah ditentukan.
- g. Untuk mendapatkan data–data yang *valid* dapat dilakukan pengulangan percobaan beberapa kali dengan variabel yang telah ditentukan.

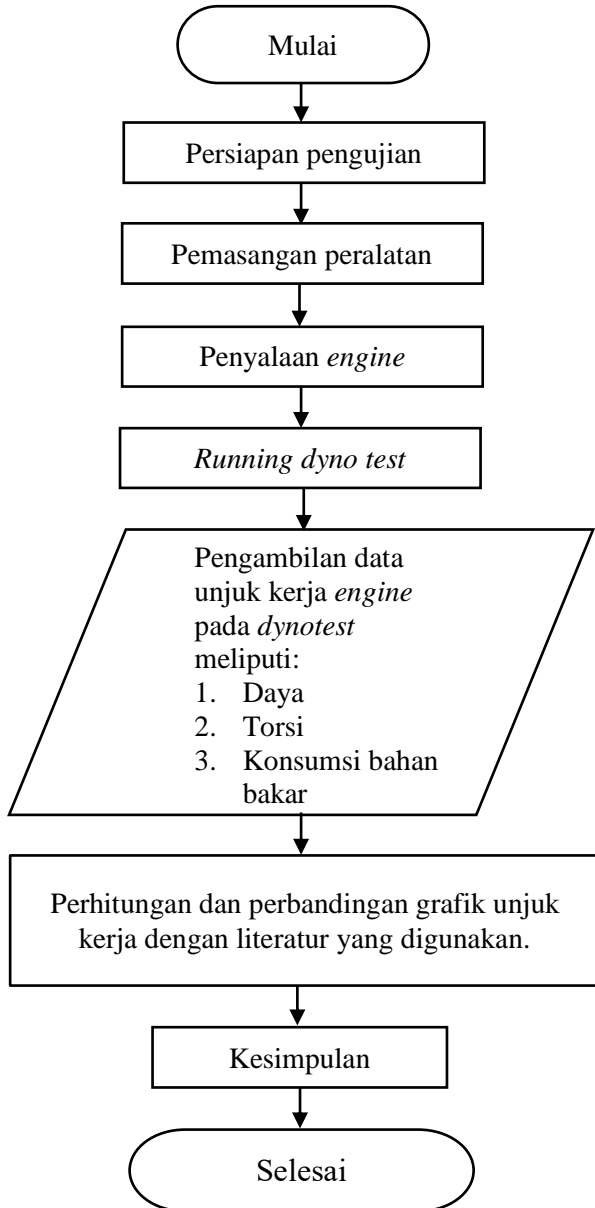
3. Prosedur setelah pengujian.

- a. Lepaskan *throttle gas* secara perlahan hingga putaran idle stabil. Matikan mesin dengan memutar ke arah CCW kunci kontak.
- b. Putar *cut off* ke arah CCW untuk menghentikan laju aliran udara bertekanan menuju tabung bahan bakar dan lepas ECU dan busi yang telah terpasang dan kosongkan isi tabung udara bertekanan.

Dengan diperolehnya semua data seperti daya (HP) dan konsumsi bahan bakar, akan dilakukan perhitungan BMEP, BSFC dan torsi.

3.9 Diagram Alir Pengujian

Urutan langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.10. Diagram alir pengujian

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Setelah melakukan serangkaian pengujian unjuk kerja *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI menggunakan bahan bakar etanol dengan alat uji *dynotest* dengan variasi putaran pada putaran 2500, 3500, 4500, 5500, 6500, 7500, 8500 rpm maka data yang dapat diketahui yaitu tekanan efektif rata-rata, daya, torsi dan bsfc, secara teoritis dan aktual. Selain itu juga dapat mengetahui laju aliran masa pada bahan bakar serta pembahasan reaksi kimia pada etanol untuk mendapatkan *air fuel ratio* secara teoritis.

4.2 Perhitungan

Untuk mempermudah perhitungan unjuk kerja dari data hasil pengujian. Beberapa data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Data *engine* :

- a. Jumlah silinder : 1
- b. Volume langkah : 113, 6 cc
- c. Siklus : 4 langkah, $a = \frac{1}{2}$

2. Data bahan bakar :

a. Etanol :

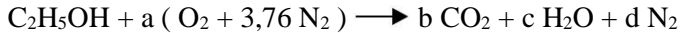
Lower Heating Value, LHV : $26950 \frac{kJ}{kg}$

ρ bahan bakar : $794 \frac{kg}{m^3}$

4.3 Perhitungan Teoritis *Air Fuel Ratio Engine* 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol

Etanol memiliki rumus kimia : C_2H_5OH

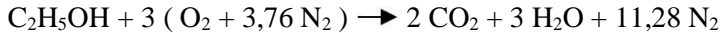
1. Reaksi Stoikiometri



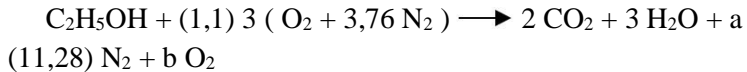
Mencari kesetimbangan reaksi :

- C : b = 1 (2)
b = 2
- H : 2c = 6
c = 3
- O : 2a + 1 = 2 (2) + 3 (1) a = 3
- N : 2d = (3) 3,76 (2)
= 11,28

Hasil kesetimbangan stoikiometri :



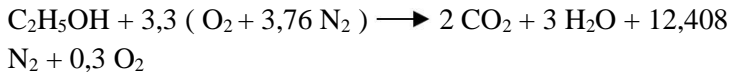
2. Stoikiometri setelah penambahan *excess air* 110%



Mencari kesetimbangan reaksi :

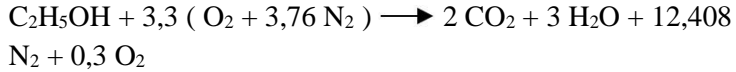
- N_2 : a (11,28) = 1,1 (3) (3,76)
a = 1,1
- O : 2b + 3 + 4 = 1 + (1,1) (3) (2)
b = 0,3

Hasil kesetimbangan stoikiometri :



3. Menghitung *Air Fuel Ratio*

Dari persamaan stokiometri di atas dapat dihitung *air fuel ratio* sebagai berikut :



➤ M_{udara} :

$$\begin{aligned} \text{O} &= 3,3 \times 2 \times (16 \text{ kg/kmol}) && = 105,6 \text{ kg/kmol} \\ \text{N} &= 3,3 \times 3,76 \times 2 \times (14 \text{ kg/kmol}) && = 347,424 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} M_{\text{udara}} &= (105,6 + 347,424) \text{ kg/kmol} \\ &= 453,024 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

➤ $M_{\text{bahan bakar}}$:

$$\begin{aligned} \text{C} &= 2 \times (12 \text{ kg/kmol}) && = 24 \text{ kg/kmol} \\ \text{H} &= 6 \times (1 \text{ kg/kmol}) && = 6 \text{ kg/kmol} \\ \text{O} &= 1 \times (16 \text{ kg/kmol}) && = 16 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$M_{\text{bahan bakar}} = (24 + 6 + 16) \text{ kg/kmol} = 46 \text{ kg/kmol}$$

Maka,

$$\text{AFR} = \frac{M_{\text{udara}}}{M_{\text{bahan bakar}}}$$

$$\text{AFR} = \frac{453,024 \text{ kg/kmol}}{46 \text{ kg/kmol}}$$

$$\text{AFR} = 9,8 \frac{\text{kg(udara)}}{\text{kg (bahan bakar)}}$$

4.4 Perhitungan Teoritis Unjuk Kerja Engine Motor 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol

Diketahui :

$$\text{LHV} = 26950 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

AFR	= 9,8 : 1	
Rasio kompresi	= 9,3	
Bore	= 50 mm	= 0,05 m
Stroke	= 57,9	= 0,0579 m
Volume silinder	$= \frac{\pi \times D^2 \times L}{4}$	
	$= \frac{\pi \times 0,05^2 \times 0,0579}{4}$	
	= 0,0001136 m ³	
Jumlah silinder (z)	= 1	
Siklus (a)	= 4 langkah	
	= 1/2	
Massa jenis udara	= 1,2 Kg/m ³	
η volumetrik	= 0,7	
η mekanik	= 0,7	
(Arends, BPM., Berenschot, H., 1980. Motor Bensin , halaman 16)		

1. Menghitung Laju Aliran Udara Teoritis

Untuk menghitung laju udara dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\dot{m}_{udara} = q \times \rho_{udara}$$

Dimana :

\dot{m}_{udara}	= laju udara	(kg/s)
q	= kapasitas	(m ³ /s)
ρ_{udara}	= massa jenis udara	(kg/m ³)

Sehingga :

➤ 8500 rpm :

$$q = n \times V_L \times \eta_{volumetrik} \times \frac{1}{60s} \times \frac{1}{2}$$

$$\begin{aligned}
&= 8500 \times 0,0001136 \text{ m}^3 \times 0,7 \times \frac{1}{60\text{s}} \times \frac{1}{2} \\
&= 0,00563 \text{ m}^3/\text{s} \\
\dot{m}_{udara} &= q \times \rho_{udara} \\
&= 0,00563 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\
&= 0,00676 \text{ kg/s}
\end{aligned}$$

Tabel 4.1. Hasil perhitungan laju aliran udara secara teoritis

Putaran (rpm)	q (m ³ /s)	\dot{m}_{udara} (kg/s)
2500	0,00166	0,00166
3500	0,00232	0,00232
4500	0,00298	0,00298
5500	0,00364	0,00364
6500	0,00431	0,00431
7500	0,00497	0,00497
8500	0,00563	0,00563

2. Menghitung Laju Aliran Bahan Bakar Secara Teoritis

Untuk menghitung laju bahan bakar teoritis dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\dot{m}_{bb} = \frac{\dot{m}_{udara}}{AFR}$$

Dimana :

\dot{m}_{bb} = Laju bahan bakar (kg/s)

\dot{m}_{udara} = Laju udara (kg/s)

AFR = *Air Fuel Ratio*

Sehingga :

➤ 8500 rpm :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{bb} &= \frac{0,00676 \text{ kg/s}}{9,8} \\ \dot{m}_{bb} &= 0,00069 \text{ kg/s} \\ \dot{m}_{bb} &= 2,483 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Tabel 4.2. Hasil perhitungan laju aliran bahan bakar secara teoritis

Putaran (rpm)	\dot{m}_{udara} (kg/s)	\dot{m}_{bb} (kg/h)
2500	0,00199	0,7303
3500	0,00278	1,0224
4500	0,00358	1,3145
5500	0,00437	1,6066
6500	0,00517	1,8987
7500	0,00596	2,1909
8500	0,00676	2,4830

3. Menghitung Daya Secara Teoritis

Untuk menghitung daya motor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N = \eta \times \dot{m}_{bb} \times LHV$$

Dimana :

N = Daya (kj/s)

η = Efisiensi

\dot{m} = Laju bahan bakar (kg/s)

LHV = *Low Heat Value* (kJ/kg)

Sehingga :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \left(\frac{1}{Rc}\right)^{k-1}$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \left(\frac{1}{9,3}\right)^{1,4-1}$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 0,59$$

$$\begin{aligned}
 &\triangleright 8500 \text{ rpm} : \\
 N &= 0,59 \times 0,00069 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 26950 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\
 N &= 10966.8020 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \\
 N &= 10966,8020 \text{ watt} \\
 N &= 14,7067212 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3. Hasil perhitungan daya secara teoritis

Putaran (rpm)	\dot{m}_{bb} (kg/s)	Daya (HP)
2500	0,000203	0,630497519
3500	0,000284	1,744865227
4500	0,000365	3,351900764
5500	0,000446	5,45160413
6500	0,000527	8,043975325
7500	0,000609	11,12901435
8500	0,000690	14,7067212

4. Mengitung Tekanan Efektif rata-rata (BMEP) Secara Teoritis

Untuk menghitung BMEP dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$BMEP = \frac{N}{V_{sil} \times a \times n \times z}$$

Dimana :

N = Daya

BMEP = Tekanan efektif rata-rata (N/m³)

n = Putaran *engine* (rpm)

a = 0,5 siklus (*engine* 4 langkah)

V_{sil} = Volume silinder (m³)

z = 1 silinder

Sehingga :

➤ Pada 8500 rpm :

$$\text{BMEP} = \frac{10966,8020 \text{ watt} \times 60 \left(\frac{\text{s}}{\text{min}}\right)}{0,0001136 \text{ m}^3 \times 0,5 \times 8500 \times 1}$$

$$\text{BMEP} = 1362900 \text{ Pa}$$

$$\text{BMEP} = 1362,9 \text{ kPa}$$

Tabel 4.4. Hasil perhitungan BMEP (*Brake Mean Effective Pressure*) secara teoritis

Putaran (rpm)	Daya (watt)	BMEP (KPa)
2500	470,1620	198,66
3500	1301,1460	392,70
4500	2499,5124	586,74
5500	4065,2612	780,78
6500	5998,3924	974,82
7500	8298,9060	1168,86
8500	10966,8020	1362,9

5. Menghitung Torsi Secara Teoritis

Untuk menghitung torsi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Torsi} = \frac{N}{\omega}$$
$$\text{Torsi} = \frac{60 \times N}{2 \times \pi \times n}$$

Dimana :

N = Daya (watt)

n = Putaran *engine* (rpm)

Sehingga :

➤ Pada 8500 rpm :

$$\text{Torsi} = \frac{60 \times 10966,8020 \text{ watt}}{2 \times \pi \times 8500}$$

$$\text{Torsi} = 12,32686624 \text{ Nm}$$

Tabel 4.5. Hasil perhitungan torsi secara teoritis

Putaran (rpm)	Daya (watt)	Torsi (Nm)
2500	470,1620	1,796797452
3500	1301,1460	3,551808917
4500	2499,5124	5,306820382
5500	4065,2612	7,061831847
6500	5998,3924	8,816843312
7500	8298,9060	10,57185478
8500	10966,8020	12,32686624

6. Menghitung Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (BSFC) Secara Teoritis

Untuk menghitung pemakaian bahan bakar spesifik digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{BSFC} = \frac{\dot{m}_{bb}}{N}$$

Dimana :

\dot{m}_{bb} = Laju bahan bakar (Kg/h)

N = Daya (watt)

Sehingga :

➤ Pada 8500 rpm :

$$\text{BSFC} = \frac{2,483 \text{ kg/h}}{10966,8020 \text{ watt}}$$

$$\text{BSFC} = 0,000226 \text{ Kg/Wh}$$

Tabel 4.6. Hasil perhitungan BSFC (*Brake Specific Fuel Consumption*) secara teoritis

Putaran (rpm)	\dot{m}_{bb} (kg/h)	Daya (watt)	BSFC (Kg/Wh)
2500	0,7303	470,1620	0,001553
3500	1,0224	1301,1460	0,000786
4500	1,3145	2499,5124	0,000526
5500	1,6066	4065,2612	0,000395
6500	1,8987	5998,3924	0,000317
7500	2,1909	8298,9060	0,000264
8500	2,4830	10966,8020	0,000226

4.5 Hasil Pengujian *Engine* 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol

Pengujian unjuk kerja *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI menggunakan bahan bakar etanol sedikit berbeda dengan saat menggunakan bahan bakar *gasoline*. Pada *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI berbahan bakar etanol memerlukan *idling speed* untuk langsam sedikit lebih tinggi yaitu berada pada kisaran 1500 rpm. Tidak ditemukan kesulitan pada saat penyalaan ketika *engine* berada pada temperature rendah.

Data pengukuran untuk mendapatkan laju aliran massa pada bahan bakar dari pengujian adalah dengan menentukan waktu konsumsi bahan bakar selama 30 detik dengan menghitung konsumsi bahan bakar. Hal tersebut dilakukan pada alat uji *dyno test* dengan variasi putaran 2500, 3500, 4500, 5500, 6500, 7500 dan 8500 rpm. Dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.7. Hasil pengujian *engine* 4 langkah SOHC 113,6 cc FI menggunakan *dyno test*

No	Putaran (rpm)	Daya (watt)	Daya (HP)	Konsumsi (ml/30s)
1	2500	1225,128962	1,642925	6,8
2	3500	1475,42771	1,97858115	8
3	4500	2546,781614	3,4152904	11,8
4	5500	3670,528271	4,922259489	13,6
5	6500	5960,831841	7,993607167	18,6
6	7500	7079,643529	9,493958353	23,8
7	8500	7933,214179	10,63861545	28,8

4.6 Perhitungan Aktual Unjuk Kerja *Engine* Motor 4 Langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Power} &= 7933,214179 \text{ watt} \\ &= 10,63861545 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\text{LHV} = 26950 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Volume silinder} = 113,6 \text{ cc}$$

$$\text{Jumlah silinder} = 1$$

$$\text{Siklus} = 4 \text{ langkah}$$

$$= \frac{1}{2}$$

$$\rho \text{ etanol} = 794 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

1. Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Etanol

Perhitungan laju aliran massa pada *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI menggunakan bahan bakar etanol selama 30 detik dengan beberapa titik putaran *engine* sebagai berikut :

Diketahui :

ρ bahan bakar : $794 \frac{kg}{m^3}$

$$\dot{m}_{bb} = \frac{V \times \rho \text{ etanol} \times 3600}{30 \text{ s} \times 1000000}$$

Maka,

➤ 2500 rpm :

$$\dot{m}_{bb} = \frac{6,8 \text{ ml} \times 794 \frac{kg}{m^3} \times 3600}{30 \text{ s} \times 1000000}$$

$$\dot{m}_{bb} = 0,647904 \frac{kg}{h}$$

Tabel 4.8. Hasil perhitungan laju aliran massa bahan bakar etanol

Putaran (rpm)	$V_{\text{bahanbakar}}$ (ml/30s)	\dot{m}_{bb} (Kg/h)
2500	6,8	0,647904
3500	8	0,76224
4500	11,8	1,124304
5500	13,6	1,295808
6500	18,6	1,772208
7500	23,8	2,267664
8500	28,8	2,744064

2. Perhitungan BSFC (*Brake Specific Fuel Consumption*)

Untuk menghitung pemakaian bahan bakar spesifik digunakan persamaan sebagai berikut :

$$BSFC = \frac{\dot{m}_{bb}}{N}$$

Dimana :

\dot{m}_{bb} = konsumsi bahan bakar per waktu ($\frac{kg}{h}$)

N = Daya poros (Watt)

Sehingga dilakukan perhitungan sebagai berikut :

➤ 6500 rpm :

$$\text{BSFC} = \frac{1,772208 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{5960,831841 \text{ watt}}$$

$$\text{BSFC} = 0,000297309 \frac{\text{kg}}{\text{Wh}}$$

Tabel 4.9. Hasil perhitungan BSFC (*Brake Specific Fuel Consumption*)

Putaran (rpm)	\dot{m}_{bb} (Kg/h)	Daya (Watt)	BSFC (Kg/Wh)
2500	0,647904	1225,128962	0.000529
3500	0,76224	1475,42771	0.000517
4500	1,124304	2546,781614	0.000441
5500	1,295808	3670,528271	0.000353
6500	1,772208	5960,831841	0.000297
7500	2,267664	7079,643529	0.000320
8500	2,744064	7933,214179	0.000346

3. Perhitungan BMEP

Untuk menghitung tekanan efektif rata-rata digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{BMEP} = \frac{N}{V_{sil} \cdot a \cdot n \cdot z} \text{ (Pa)}$$

Dimana :

N = Daya (watt)

n = Putaran mesin (rpm)

V_{sil} = Volume silinder (m^3)

z = Jumlah silinder

a = Siklus 4 langkah

Sehingga dilakukan perhitungan sebagai berikut :

➤ 7500 rpm :

$$\text{BMEP} = \frac{7079,643529 \text{ watt}}{0,0001136 \times 0,5 \times 7500 \times 1} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}$$

$$\text{BMEP} = 997132,8914 \text{ Pa}$$

$$\text{BMEP} = 997,1328914 \text{ Kpa}$$

Tabel 4.10. Hasil perhitungan BMEP (*Brake Mean Effective Pressure*)

Putaran (rpm)	Daya (watt)	BMEP (KPa)
2500	1225,128962	517,66
3500	1475,42771	445,30
4500	2546,781614	597,84
5500	3670,528271	704,97
6500	5960,831841	968,72
7500	7079,643529	997,13
8500	7933,214179	985,90

4. Perhitungan Torsi

Untuk mengetahui Torsi, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Torsi} = \frac{N}{\omega}$$

$$\text{Torsi} = \frac{60 \text{ s} \times N}{2 \times \pi \times n}$$

Dimana :

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60} \left(\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right)$$

$$N = \text{Daya poros} \quad (\text{watt})$$

n = Kecepatan putaran mesin (rpm)

Sehingga dilakukan perhitungan sebagai berikut :

➤ 7500 rpm :

$$\text{Torsi} = \frac{60 \text{ s} \times 7079,643529 \text{ watt}}{2 \times 3,14 \times 7500 \text{ rpm}}$$

$$\text{Torsi} = 9,0104554 \text{ Nm}$$

Tabel 4.11. Hasil perhitungan torsi

Putaran (rpm)	Daya (watt)	Torsi (Nm)
2500	1225,128962	4,677765128
3500	1475,42771	4,023893755
4500	2546,781614	5,40226403
5500	3670,528271	6,370338321
6500	5960,831841	8,753669138
7500	7079,643529	9,0104554
8500	7933,214179	8,9089571

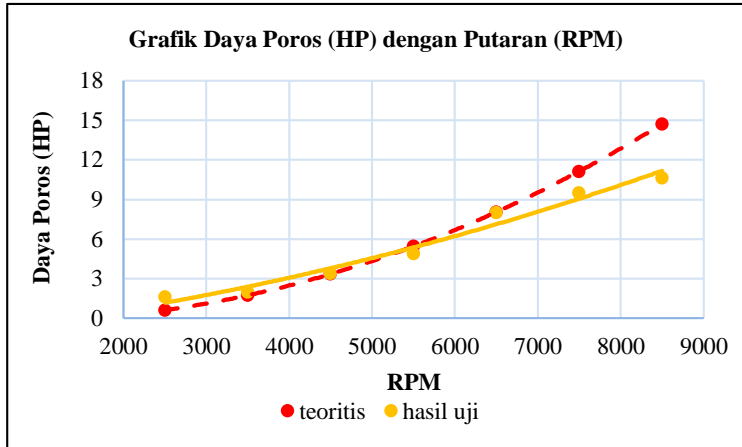
4.7 Analisa Perbandingan Unjuk Kerja Secara Teoritis dan Hasil Uji Coba *Engine* 4 langkah 1 Silinder SOHC 113,6 cc FI Menggunakan Bahan Bakar Etanol

Tabel 4.12. Unjuk kerja teoritis *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI berbahan bakar etanol

Putaran (rpm)	Daya (HP)	BSFC (Kg/Wh)	BMEP (Kpa)	Torsi (Nm)
2500	0,630	0,001553	198,66	1,796797452
3500	1,745	0,000786	392,70	3,551808917
4500	3,352	0,000526	586,74	5,306820382
5500	5,452	0,000395	780,78	7,061831847
6500	8,044	0,000317	974,82	8,816843312
7500	11,129	0,000264	1168,86	10,57185478
8500	14,707	0,000226	1362,90	12,32686624

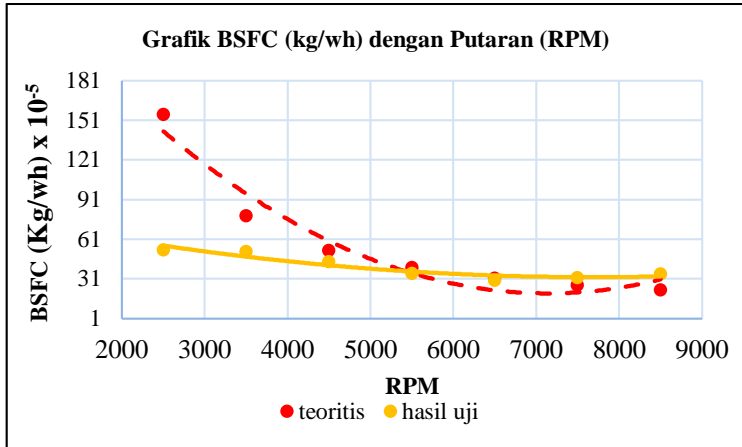
Tabel 4.13. Unjuk kerja hasil uji coba *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI berbahan bakar etanol

Putaran (rpm)	Daya (HP)	BSFC (Kg/Wh)	BMEP (Kpa)	Torsi (Nm)
2500	1,643	0,000529	517,20	4,677765128
3500	1,979	0,000517	444,91	4,023893755
4500	3,415	0,000441	597,31	5,40226403
5500	4,922	0,000353	704,35	6,370338321
6500	7,994	0,000297	967,86	8,753669138
7500	9,494	0,000320	996,26	9,0104554
8500	10,639	0,000346	985,03	8,9089571



Gambar 4.1. Grafik hasil uji coba dan perhitungan teoritis daya poros (HP) terhadap putaran (rpm) *engine* menggunakan bahan bakar ethanol.

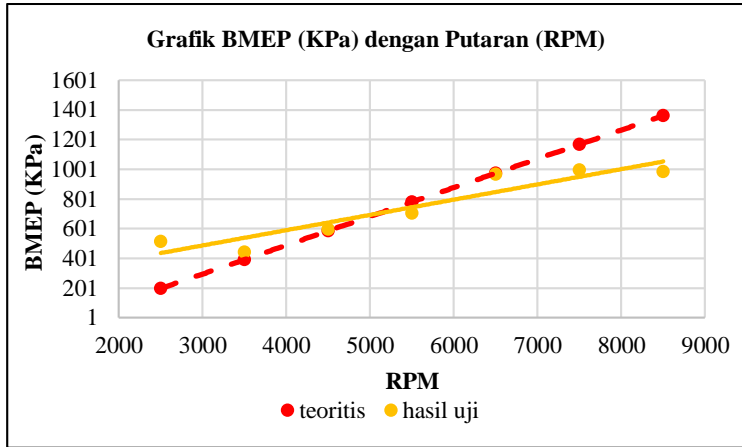
Hasil analisa grafik perbandingan daya poros terhadap putaran *engine* menunjukkan terjadi perbedaan pada putaran tinggi dimulai dari putaran 4500 rpm hingga putaran 8500 rpm. Nilai tertinggi daya poros hasil uji coba menggunakan bahan bakar etanol adalah sebesar 10,639 HP dan perhitungan teoritis sebesar 14,707 HP. Kedua nilai tersebut didapat pada putaran 8500 rpm.



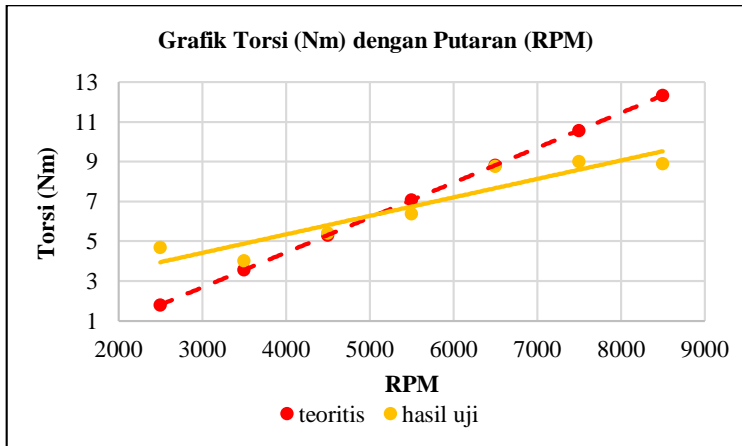
Gambar 4.2. Grafik hasil uji coba dan perhitungan teoritis BSFC (Kg/wh) x 10⁻⁵ terhadap putaran (rpm) *engine* menggunakan bahan bakar etanol.

Hasil analisa grafik perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik (BSFC) terhadap putaran *engine* menunjukkan terjadi perbedaan yang signifikan antara hasil uji coba dan perhitungan teoritis *engine* menggunakan bahan bakar etanol pada putaran tinggi.

Nilai tertinggi BSFC hasil uji coba menggunakan bahan bakar etanol berada pada putaran 2500 rpm yaitu sebesar 0,000529 Kg/Wh dan perhitungan teoritis sebesar 0,001553 Kg/Wh. Sedangkan nilai terendah BSFC hasil uji coba menggunakan bahan bakar etanol berada pada putaran 6500 rpm yaitu sebesar 0,000297 Kg/Wh dan perhitungan teoritis pada putaran 8500 rpm sebesar 0,000226 Kg/Wh.



Gambar 4.3. Grafik hasil uji coba dan perhitungan teoritis BMEP (KPa) terhadap putaran (rpm) *engine* menggunakan bahan bakar etanol.



Gambar 4.4. Grafik hasil uji coba dan perhitungan teoritis torsi (Nm) terhadap putaran (rpm) *engine* menggunakan bahan bakar etanol.

Hasil analisa grafik tekanan efektif rata-rata bahan bakar (BMEP) dan torsi terhadap putaran *engine* menunjukkan persamaan pola grafik dari keduanya. Nilai BMEP dan torsi akan meningkat selaras dengan semakin tingginya nilai daya poros dan putaran *engine* (rpm).

Nilai BMEP tertinggi yang didapat pada hasil uji coba adalah sebesar 996,26 KPa pada putaran 7500 rpm, sedangkan pada perhitungan teoritis sebesar 1362,9 KPa pada putaran 8500 rpm. Nilai torsi tertinggi yang didapat pada hasil uji coba adalah sebesar 9,0104554 Nm pada putaran 7500 rpm. Sedangkan nilai torsi pada perhitungan secara teoritis adalah sebesar 12,32686624 Nm pada putaran 8500 rpm.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan unjuk kerja secara teoritis dengan putaran mesin sebesar 8500 rpm, mampu menghasilkan daya sebesar 14,707 HP, tekanan efektif rata-rata sebesar 1362,9 KPa, torsi sebesar 12,32686624 Nm, pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 0,000226 Kg/Wh.
2. Sedangkan hasil uji coba menghasilkan daya tertinggi sebesar 10,639 HP pada putaran 8500 rpm, tekanan efektif rata-rata tertinggi sebesar 996,26 Kpa pada putaran 7500 rpm, torsi tertinggi sebesar 9,0104554 Nm pada putaran 7500 rpm, pemakaian bahan bakar spesifik terendah sebesar 0.000297 Kg/Wh pada putaran 6500 rpm.
3. Laju aliran massa etanol pada perhitungan teoritis nilai terendah sebesar 0,7303 kg/h pada putaran 2500 rpm dan tertinggi sebesar 2,4830 Kg/h, sedangkan pada hasil uji coba nilai terendah sebesar 0,647904 kg/h pada putaran 2500 rpm dan tertinggi sebesar 2,744064 Kg/h pada putaran 8500 rpm yang berarti *engine* 4 langkah 1 silinder SOHC 113,6 cc FI berbahan bakar etanol hasil uji coba dibandingkan dengan perhitungan teoritis dapat dikatakan lebih irit pada putaran rendah dan sedikit lebih boros pada putaran tinggi. Namun

nilai daya, BMEP dan torsi pada hasil uji coba lebih rendah dibanding nilai pada perhitungan teoritis.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai bahan bakar etanol sebagai pengganti bahan bakar gasoline.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kompresi yang tepat untuk mesin berbahan bakar etanol.
3. Perlu adanya alat penyetabil temperatur kerja mesin agar setiap pengambilan data temperatur *engine* konstan.
4. Perlu adanya alat penunjang untuk membantu pengambilan data konsumsi bahan bakar pada kendaraan dengan teknologi EFI.

Lampiran 1

Hasil pengujian *properties* bahan bakar di LPPM-ITS



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
 Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
 Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
<http://www.lppm.its.ac.id>

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : A. Rofiqil A'la
 Alamat Pemilik : Teknik Mesin ITS
 Nama Contoh : **Pertamax dan Ethanol** Tanggal Terima : 30 Apr 2018
 Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 02 Mei 2018
 Contoh Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 14 Mei 2018
 Kemasan : Botol Jumlah Contoh : 02
 Kode Contoh : **EN-015**

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

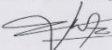
No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Pertamax	Lower Heating Value	18.988	BTU/lb	ASTM D 240
		Densitas	0,741	gr/cm ³	Piknometer
		Angka Oktan	98,6	-	Oktan/Cetane Meter
2	Ethanol	Lower Heating Value	18.775	BTU/lb	ASTM D 240
		Densitas	0,792	gr/cm ³	Piknometer
		Angka Oktan	0,0	-	Oktan/Cetane Meter

Suhu : 20,3°C
 Humidity : 56%
 Analisis : NRS, MBB, EVY


Catatan:

- Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
- Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
- Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak
 Laboratorium Energi dan Lingkungan


 Dr. Ir. Susianto, DEA
 NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis


 Vita Yuliana, S.Sj
 NIP. 1990201822404

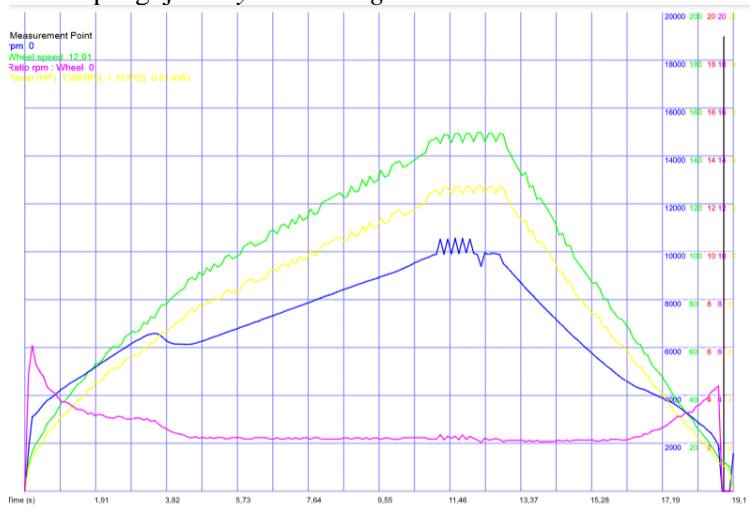
Lampiran 2

Tabel 1. Karakteristik Bahan Bakar *Gasoline* dan Bioetanol [4],[6],[7]

<i>Property</i>	<i>Gasoline</i>	<i>Bioethanol</i>
<i>Chemical formula</i>	C5-C11	C ₂ H ₅ OH
<i>Molar mass (g/mol)</i>	102.5	46.07
<i>C (%wt)</i>	86.5	52.2
<i>H (%wt)</i>	13.5	13.1
<i>O (%wt)</i>	0	34.7
<i>Density (kg/m³)</i>	740	794
<i>Research octane number (RON)</i>	92	109
<i>Flash point (°C)</i>	-40	13
<i>Boiling point at 1 bar (°C)</i>	25-215	79
<i>Lower heating value (MJ/kg)</i>	42.9	26.95
<i>Latent heat of vaporization (kJ/kg)</i>	289	854
<i>Stoichiometric ratio</i>	14.7	9
<i>Laminar flame speed (m/s), λ=1</i>	0.28	0.40

Lampiran 3

Grafik pengujian *Dyno Test engine* bahan bakar etanol



Lampiran 5

Foto pengujian di Laboratorium Motor Pembakaran Dalam, Dept. Teknik Mesin Industri F. Vokasi





DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rofiqil A'la, Ahmad, 2018. **Perhitungan Teoritis Karakteristik Mesin Mobil Nogeni Evo 3 Menggunakan Bahan Bakar Etanol**, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia.

- [2] Arismunandar, Wiranto, 2002. **Penggerak Mula Motor Bakar Torak**, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.

- [3] Arends, BPM., Berenschot, H., 1980. **Motor Bensin**, Erlangga, Jakarta

- [4] Feibianto, Renno, 2016. **Studi Eksperimen Pengaruh Rasio Kompresi dan Durasi Penginjeksian Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Engine Honda CB150R Berbahan Bakar Bioetanol E100**, Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia.

- [5] Ganesan, V., 2003. **Internal Combustion Engines, Second edition** : Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi, India.

- [6] Mahesa, Ruso, 2017. **Perhitungan Teoritik Motor 4 Langkah 1 Silinder Dioperasikan dengan LPG**, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia.

- [7] Menggolo, Anugra jessa, 2017. **Perbandingan Unjuk Kerja**

Motor Bensin Empat Langkah Satu Silinder yang Menggunakan Bahan Bakar Condensate CNG dan Pertalite, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia.

- [7] Sutejo, Damara Aji, 2017. **Perhitungan Teoritis Karakteristik Mesin Mobil Fin Komodo Kd 250 AT Dimodifikasi Dari Bahan Bakar Bensin Menjadi Bahan Bakar Gas LPG**, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Blitar, 21 April 1998 dari pasangan Bapak Prastowo Harjono dan Ibu Suci Suhartatik merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu, SDN Bendogerit 1 Kota Blitar, SMPN 1 Kota Blitar, dan SMKN 1 Kota Blitar. Pada tahun 2016, penulis diterima di Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 1021160000086.

Penulis mengambil tugas akhir Mesin Pembakaran Dalam. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Trias Persada Indonesia, Sidoarjo. Selama menempuh pendidikan perguruan tinggi, penulis telah mengikuti berbagai pelatihan antara lain LKMM Pra-TD FTI-ITS, LKMM TD HMDM FV-ITS, PKTI TD FTI-ITS. Organisasi yang pernah diikuti penulis, yaitu magang staff *Chassis and Steering System* Nogogeni ITS Team 17/18 dan staff *Chassis and Steering System* Nogogeni ITS Team 18/19. Perlombaan yang pernah diikuti penulis antara lain KMHE (Kontes Mobil Hemat Energi) 2018 di Universitas Negeri Padang dan berhasil mendapatkan Juara 1 pada kategori urban etanol, SEM (*Shell Eco Marathon*) Asia 2019 di Sirkuit Internasional Sepang Malaysia dan berhasil mendapatkan juara 2 kategori urban listrik.

Alamat email: geryalmeyda98@gmail.com