



**VARIASI KUAT ARUS DAN ARAH MEDAN MAGNET PADA SALURAN
BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BAKAR 4
LANGKAH DENGAN BAHAN BAKAR E-10**

SKRIPSI

Oleh

**LUKMAN HAKIM
NIM 101910101036**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**VARIASI KUAT ARUS DAN ARAH MEDAN MAGNET PADA SALURAN
BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BAKAR 4
LANGKAH DENGAN BAHAN BAKAR E-10**

SKRIPSI

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

Oleh

**LUKMAN HAKIM
NIM 101910101036**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT serta dengan tulus ikhlas dan segala kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT atas segala rizki dan hidayahnya yang telah diberikan, serta kepada junjunganku Nabi Muhammad SAW.
2. Keluargaku, Ibunda tercinta Ibu. Siti Ropingah dan Ayahanda tercinta Bpk. Kateni, Kakakku tersayang Umi Maimunah, dan kedua Adikku Khajar Fima'i Tohar dan Roghifan atas segala do'a, dukungan semangat dan materil serta saudara-saudaraku semua. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan manusia yang beriman, bertaqwa, berakhlak mulia, dan berguna bagi bangsa negara. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah kalian lakukan.
3. Kekasihku tercinta Robiatus zakiyah kamil yang tak henti-hentinya memberi dukungan dan semangat dalam pembuatan skripsi.
4. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Andi Sanata, S.T., M.T., selaku dosen penguji I, dan Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T., selaku dosen penguji II.
5. Semua guruku dari Taman Kanak-Kanak sampai Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan penuh rasa sabar.
6. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

7. Seluruh teman-teman angkatan 2010 (Mech-X) yang telah memberikan kontribusi, dukungan, ide yang inspiratif, dan kritikan yang konstruktif. Terimakasih atas semua kontribusi yang kalian berikan.

MOTTO

Niscaya Allah akan meninggikan beberapa derajat orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat

(terjemahan Alqur'an Surat *Al mujadalah* ayat 11)

Kasih ibu adalah bahan bakar yang memungkinkan manusia biasa melakukan hal yang luar biasa”

(Merion C. Garrety)

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

(Ernest Newman)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Lukman Hakim**

NIM : **101910101036**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: "Variasi Kuat Arus dan Arah Medan Magnet Pada Saluran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkag Dengan Bahan Bakar E10" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi 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 jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 juni 2014
Yang menyatakan,

Lukman Hakim
NIM 101910101036

SKRIPSI

**VARIASI KUAT ARUS DAN ARAH MEDAN MAGNET PADA
SALURAN BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BAKAR 4 LANGKAH BERBAHAN BAKAR E-10**

Oleh

Lukman Hakim

NIM 101910101036

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Variasi Kuat Arus dan Arah Medan Magnet pada Saluran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah dengan Bahan Bakar E-10”
Telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Rabu, 25 Juni 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

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

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP 19681207199512 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Andi Sanata, S.T., M.T.
NIP 19750502 200112 1 001

Santoso Mulyadi, S.T., M.T.
NIP 19700228 199702 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Variasi Kuat Arus dan Arah Medan Magnet Pada Saluran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah dengan bahan Bakar E-10; Lukman Hakim, 101910101036; 2014; 64 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Unjuk kerja dari suatu mesin berkaitan langsung dengan horse power yang di hasilkan, Adapun beberapa hal yang mempengaruhi unjuk kerja mesin bensin, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat *homogenitas* campuran bahan bakar dengan udara, angka oktan bensin sebagai bahan bakar, dan tekanan udara yang masuk ke ruang bakar. Dengan ditambahkan etanol pada bahan bakar dan penambahan magnet pada saluran bahan bakar diharapkan akan menyempurnakan pembakaran dan menurunkan kadar emisi yang bersifat racun seperti CO dan HC dari keadaan standar. Mengetahui pengaruh variasi kuat arus dan arah medan magnet terhadap unjuk kerja, konsumsi bahan bakar spesifik dan emisi gas buang motor bakar empat langkah dengan bahan bakar E10. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Jember. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah motor bakar 4 langkah merek Jupiter Z 2010, Dinamometer, Gas Analyzer, Kumparan elektromagnet, buret, dan tachometer. Bahan yang digunakan bensin premium, etanol, E10, Kawat tembaga berdiameter 0,6 mm, pipa berdiameter 20 mm dengan panjang 12 cm dan ring 18 mm.

Dari penelitian ini diperoleh hasil kuat arus elektromagnet mempengaruhi unjuk kerja motor bakar empat langkah. arus 0.65A (4V) sudah dapat meningkatkan unjuk kerja mesin. Namun hasil optimal pada variasi arus 1.90A (12V). Karena pada electromagnet 1.90A (12V) mampu menghasilkan medan magnet yang lebih besar sehingga pengaruhnya terhadap bahan bakar lebih besar juga. mengalami peningkatan daya maksimal sebesar 4.87% yaitu dari daya dari bahan bakar premium dengan penambahan elektro magnet 0.65A (4V) sebesar 6.05 hp menjadi 6.37 hp

menggunakan bahan bakar E10 dengan penambahan elektromagnet 1.90A (12V). Konsumsi bahan bakar menurun dengan di tambahnya Elektromagnet. Penurunan maksimal terjadi pada variasi bahan bakar E10 dengan variasi kuat arus 1.30A (8V) yaitu dari konsumsi bahan bakar premium dengan penambahan elektromagnet 0.65A (4V) sebesar 0.00141 kg/hp.jam menjadi 0.00107 kg/hp.jam. dengan demikian SFCE mengalami penurunan sekitar 24.11%. Dengan penambahan elektromagnet bisa menurunkan emisi gas buang CO dan HC penurunan CO paling kecil terjadi pada penambahan elektromagnet dengan arus 1.30A (8V) yaitu sebesar 0.04%. kemudian HC paling kecil didapat pada penambahan elektromagnet 1.90A (12V) yaitu sebesar 58.67 ppm.

SUMMARY

Current Variations and Direction of Magnetic Field on The Fuel Line Performance of 4 Stroke Gasoline Engine With E10; Lukman Hakim, 101910101036; 2014; 64 pages; Department of Mechanical Engineering, The Faculty of Engineering, Jember University.

Performance of an engine are directly related to the horse power produced, as for some of the things that affect performance gasoline engines, among others, the magnitude of the compression ratio, the degree of homogeneity of the fuel mixture with air, octane number gasoline as a fuel, and the pressure of the incoming air to the combustion chamber. With ethanol added to the fuel and the addition of the fuel line magnets is expected to improve combustion and reduce levels of toxic emissions such as CO and HC from the standard state. Knowing the effect of variations in current strength and direction of the magnetic field on the performance, specific fuel consumption and exhaust emissions with a four-stroke internal combustion engine fuel E10. The experiment was conducted at the Laboratory of Conversion Energy Faculty of Engineering, Jember University. The equipment used in this study is the 4 stroke motor fuel brands Jupiter Z 2010, Dynamometer, Gas analyzer, electromagnetic coil, burette, and tachometer. Materials used premium gasoline, ethanol, E10, copper wire 0.6 mm in diameter, 20 mm diameter pipe with a length of 12 cm and 18 mm ring.

Results obtained from this study strong electromagnetic currents to influence the performance of the internal combustion engine four steps. current 0.65A (4V) has been able to improve the performance of the engine. However, optimal results in variation of the current 1.90A (12V). Because the electromagnet 1.90A (12V) capable of generating a magnetic field so that the greater influence on the larger fuel as well. Maximum power has increased by 4.87% from the power of premium fuel with the addition of electromagnetic 0.65A (4V) at 6:05 6:37 hp hp to use E10 fuel with additional electromagnetic 1.90A (12V). Fuel consumption decreased by

electromagnetic added. The decrease in maximal variation occurs on E10 fuel with a strong variation of current 1.30A (8V) is of premium fuel consumption with the addition of an electromagnet 0.65A (4V) of 0.00141 kg/hp.jam be 0.00107 kg/hp.jam. SFCe thus decreased about 24.11%. With the addition of an electromagnet can reduce exhaust emissions of CO and HC CO smallest decline occurred in penanmban electromagnet with current 1.30A (8V) is equal to 0:04%. then the smallest HC obtained on the addition of an electromagnet 1.90A (12V) that is equal to 58.67 ppm.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga Allah SWT limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan membuat penulis lebih kuat dan menatap setiap hal yang penuh optimis dan berfikir positif, dalam menunjang kemampuan penulis dalam menajalani persaingan globalisasi kerja nantinya.

Skripsi ini berjudul “Variasi Kuat Arus dan Arah Medan Magnet Pada Saluran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah dengan Bahan Bakar E-10”. Penyusunan skripsi ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan kepada penulis selama penyusunan laporan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Allah SWT atas segala rizki dan hidayahnya yang telah diberikan, serta kepada junjunganku Nabi Muhammad SAW.
2. Keluargaku, Ibunda tercinta Ibu. Siti Ropingah dan Ayahanda tercinta Bpk. Kateni, Kakakku tersayang Umi Maimunah, dan kedua Adikku Khajar Fima'i Tohar dan Roghifan atas segala do'a, dukungan semangat dan materil., serta saudara-saudaraku semua. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan manusia yang beriman, bertaqwa, berakhlak mulia, dan berguna bagi bangsa negara. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah kalian lakukan.
3. Kekasihku tercinta Robiatus zakiyah kamil yang tak henti-hentinya memberi dukungan dan semangat dalam pembuatan skripsi.

4. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Andi Sanata, S.T., M.T., selaku dosen penguji I, dan Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T., selaku dosen penguji II.
5. Semua guruku dari Taman Kanak-Kanak sampai Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan penuh rasa sabar. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Seluruh teman-teman angkatan 2010 (Mech -X) yang telah memberikan banyak dukungan Irsan, Tantowi, Marta, Wahyu (enyun), Mega, Memed, Tedy, Heru (kas), Mbah Yogi, Raka, Ferdy, Dadang, Akbar, Bayu, dan teman-teman yang lain yang telah banyak membantu selama 4 tahun perkuliahan dan selalu menjunjung tinggi solidaritas kalian semua keren dan hebat.
7. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.

Penulis menyadari sebagai manusia yang tak lepas dari kekhilafan dan kekurangan, oleh karena itu diharapkan adanya kritik, saran, dan ide yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini dan penelitian berikutnya yang berkaitan dengan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan peneliti-peneliti berikutnya.

Jember, 25 Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Dan Manfaat	4
1.3.1 Tujuan	4
1.3.2 Manfaat	5
1.4 Batasan Masalah	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Motor Bakar	6
2.1.1 Motor Pembakaran Dalam (<i>Internal Combustion Engine</i>)	6
2.1.2 Motor Pembakaran Luar (<i>External Combustion Engine</i>)	7
2.1.3 Motor Bakar 4 Langkah (4tak)	9
2.1.4 Motor Bakar Bensin	10
2.1.5 Siklus Ideal Dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah	12

2.2 Bahan Bakar	15
2.2.1 Premium (Bensin)	16
2.2.2 Etanol	17
2.2.3 Campuran Bensin dan Etanol	18
2.3 Magnet Dan Efek Magnetisasi	20
2.4 Dinamometer	23
2.5 Gas Analyzer	25
2.6 Parameter Unjuk Kerja Motor Bensin	25
2.6.1 Torsi	26
2.6.2 Daya Efektif (Ne)	26
2.6.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (Sf _{ce})	26
2.7 Emisi Gas Buang	27
2.8 Hipotesa	30
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Metode Penelitian	31
3.2 Waktu dan Tempat	31
3.3 Alat dan Bahan	31
3.3.1 Alat Untuk Pembuatan E-10	31
3.3.2 Alat Untuk Pengujian	31
3.3.2 Bahan	33
3.4 Variabel Penelitian	33
3.4.1 Variabel Bebas	33
3.4.2 Variabel Terikat	34
3.5 Pelaksanaan penelitian	34
3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian	34
3.5.2 Tahapan Penelitian	34
3.5.3 Pengolahan Data	35
3.5.4 Prosedur Uji Emisi	36
3.5.5 Sekema Alat Uji	38

3.6 Pengukuran Parameter	39
3.6.1 Torsi dan Daya	39
3.6.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik efektif (SFCe).....	40
3.7 Diagram Alir Penelitian	42
3.8 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	43
BAB 4. PEMBAHASAN	44
4.1 Pembahasan dan Analisa	44
4.2 Daya Efektif	44
4.2.1 Analisa Hubungan Daya Efektif Terhadap Putaran Mesin	44
4.3 SFCe (Specific Fuel Consumption Efectif)	52
4.3.1 Analisa SFCe (Specific Fuel Consumption Efectif)	52
4.4 Emisi Gas Buang	56
4.4.1 Analisis Emisi Gas CO dan CO ₂	57
4.4.2 Analisa Emisi Gas O ₂	58
4.4.3 Analisa Emisi Gas HC (sisa bahan bakar)	59
BAB 5. PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan Sifat Fisika Antara Ethanol Dengan Bensin	19

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Motor Pembakaran Dalam (ICE)	7
Gambar 2.2 Motor Pembakaran Luar.....	8
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Motor 4 Langkah.....	10
Gambar 2.4 Keseimbangan Energy Pada Motor Bakar	11
Gambar 2.5 Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah	12
Gambar 2.6 Alur Pemasangan Alat Elektromagnetik Penghemat Bahan Bakar	21
Gambar 2.7 Pemecahan Molekul Hidrokarbon Yang Melewati Medan Magnet	22
Gambar 2.8 Prinsip Kerja Dynamometer.....	24
Gambar 2.9 Diagram Informasi Gas Analyzer	25
Gambar 3.1. Skema Mesin Uji Dynamometer	38
Gambar 3.2 Skema Alat Uji Emisi Gas Buang.....	49
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Daya Efektif Dengan Putaran Mesin Pada Bahan Bakar E10 Dan Premium Dengan Magnet 0.65 A	45
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Daya Efektif Maksimum dan Daya Rata Pada Bahan Bakar E10 dan Premium Dengan Magnet 0.65A.....	46
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Daya Efektif Dengan Putaran Mesin Pada Bahan Bakar E10 Dengan Magnet 0.65 A, 1.30 A dan 1.90 A.....	47
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Daya Efektif Maksimum Dan Daya Rata Pada Bahan Bakar E10 Dengan Magnet 0.65 A, 1.30 A dan 1.90 A.....	49
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Daya Efektif Dengan Putaran Mesin Pada Bahan Bakar E10 Dengan Magnet 1.30 A	50
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Daya Efektif Maksimum dan Daya Rata Pada Bahan Bakar E10 dan Dengan Magnet 1.30 A	51
Gambar 4.7 Grafik Sfce Bahan Bakar Premium dan E10 Dengan Magnet 0.65A	53
Gambar 4.8 Grafik Sfce Bahan Bakar E10 Dengan Magnet 0.65 A, 1.30A	

Dan 1.90 A	54
Gambar 4.9 Grafik Sfce Bahan Bakar E10 Dengan Magnet 1.30 A.....	56
Gambar 4.10 Grafik Emisi Gas Buang CO dan CO ₂ terhadap Tegangan Elektromagnet	58
Gambar 4.11 Grafik Emisi Gas Buang O ₂ Terhadap Tegangan Electromagnet .	59
Gambar 4.12 Grafik Emisi Gas Buang HC Terhadap Tegangan Electromagnet	60

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi bahan bakar perkapita pada saat ini sekitar 3 SBM (setara barel minyak) yang setara dengan kurang lebih sepertiga konsumsi per kapita rerata negara ASEAN. Diperkirakan kebutuhan energi nasional akan meningkat dari 674 juta SBM tahun 2002 menjadi 1680 juta SBM pada tahun 2020, meningkat sekitar 2,5 kali lipat atau naik dengan laju pertumbuhan penduduk rerata tahunan sebesar 5,2% (KNRT, 2006). Sedangkan cadangan energi di Indonesia semakin lama akan semakin menipis apabila tidak ditemukan energi alternatif. Oleh sebab itu diperlukan adanya berbagai terobosan untuk mencegah terjadinya krisis energi. Secara bersamaan para peneliti berusaha juga menemukan peralatan yang dapat menghemat pemakaian bahan bakar untuk kendaraan bermotor. Bahan bakar minyak dalam kondisi normal ikatannya cenderung tak beraturan dan mengelompok. Dengan memberikan medan magnet untuk menginduksi bahan bakar minyak tersebut maka ikatan hidrokarbon itu akan pecah dan akan membuat komposisi kimianya semakin homogen (Siregar H,P. 2006)

Perlakuan pada mesin maupun bahan bakar untuk penghematan bahan bakar maupun Peningkatan efisiensi unjuk kerja mesin telah dicoba dengan berbagai cara mulai dengan penambahan zat adiktif pada bahan bakar, menaikkan nilai oktan bahan bakar, sampai pemakaian supercharger untuk peningkatan performa mesin. Sebagai contoh perlakuan khusus yang diberikan pada bahan bakar untuk meningkatkan efisiensi mesin adalah dengan memberikan magnet terhadap saluran bahan bakar sehingga menghasilkan resonansi partikel-partikel bahan bakar dan penambahan etanol untuk menaikkan nilai oktan dari bahan bakar itu sendiri. Perlakuan ini menyebabkan rantai hidrokarbon tidak stabil serta lebih reaktif sebelum bahan bakar masuk kedalam engine dan selanjutnya menjadi pembakaran yang lebih sempurna juga dapat menghasilkan daya mesin yang lebih baik. Selain itu ruang bakar akan tetap bersih sehingga mesin lebih awet, bersuara halus, pemakain spesifik menjadi

lebih rendah serta mengurangi kadar polutan dari gas buang pada motor (Sugiarto, Bambang. 2003).

Unjuk kerja atau prestasi mesin motor bakar mempunyai hubungan erat dengan cara pengoperasian dan kegunaan mesin itu sendiri. Unjuk kerja dari suatu mesin berkaitan langsung dengan horse power yang di hasilkan, Adapun beberapa hal yang mempengaruhi unjuk kerja mesin bensin, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat *homogenitas* campuran bahan bakar dengan udara, angka *oktan* bensin sebagai bahan bakar, dan tekanan udara yang masuk ke ruang bakar dengan kata lain semakin tinggi perbandingan kompresi, angka oktan bahan bakar, tekanan udara di dalam ruang bakar dan di sertai pencampuran udara dan bahan bakar yang homogen maka kinerja mesin tersebut akan semakin baik, karena apabila semakin tinggi kompresi maka temperatur campuran bahan bakar dengan udara meningkat, sehingga campuran bahan bakar dan udara tersebut akan semakin mudah terbakar.

Berbagai cara telah dilakukan untuk menciptakan alat yang dapat menghemat bahan bakar yang paling sempurna dan dapat menghasilkan emisi gas buang seminimal mungkin zat berbahaya sehingga tidak terlalu mencemari kondisi udara sekitar. Akan tetapi sekarang ini orang masih terus melakukan percobaan. Salah satunya adalah memberikan perlakuan terhadap bahan bakar sebelum memasuki ruang bakar atau sebelum mengalami proses pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar. Metode yang dapat digunakan adalah penambahan alcohol pada bahan bakar dan aplikasi medan magnet (elektromagnetic) karena peralatan ini menggunakan kumparan yang cukup sederhana dan biaya yang dikeluarkan relatif murah.

Penelitian oleh Indah dwi endyani dan toni dwi putra (2010) yang berjudul pengaruh campuran bahan bakar bensin dan alcohol dengan menggunakan elektro magnet terhadap *performance* mesin maka didapat penggunaan bahan bakar paling hemat adalah dengan elektro magnet pada komposisi campuran bahan bakar 90:10 yaitu daya indikasi sebesar 17,44 hp dan daya efektif sebesar 13,96 hp dengan pemakaian bahan bakar 19,17 ml permenit dan kenaikan efisiensi paling tinggi sebesar 13,39%.

Penelitian oleh suparyanto dkk Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan: Penggunaan X Power 800 Gold pada kendaraan bermotor roda dua khususnya Honda Supra X 125 tahun 2009 dapat menurunkan kadar gas polutan CO sebesar 0.28% dan HC sebesar 122 ppm. (2)Penambahan etanol dalam bahan bakar premium sebanding lurus dengan penurunan kadar gas polutan CO, yakni semakin banyak kandungan etanol dalam bahan bakar premium semakin kecil kadar CO, namun berbanding terbalik dengan penurunan kadar gas polutan HC, yakni semakin banyak kandungan etanol dalam bahan bakar premium semakin semakin kadar HC yang dihasilkan kendaraan bermotor roda dua khususnya Honda Supra X 125 tahun 2009. (3)Interaksi terbaik antara campuran premium-etanol dan penggunaan X Power 800 Gold dalam penurunan kadar gas polutan CO dan HC yaitu pada campuran premium-etanol 15% dan penggunaan X Power 800 Gold yakni CO 0.75% dan HC 390 ppm, namun dalam penggunaan variasi ini perlu diperhatikan biaya pengeluarannya.

Penelitian oleh Dwi, Febryan (2013) pada kondisi magnet 12 volt dengan jarak 3 cm dari karburator dan panjang kumparan 12 cm menunjukkan penggunaan variasi panjang kumparan magnet penghemat bahan bakar memiliki perbedaan konsumsi bahan bakar dari FC standart dengan FC yang menggunakan magnet dengan selisih sebesar 20,36%. Hasil pengujian dynometer dengan bahan bakar bensin yang menggunakan magnet memiliki keunggulan dari pada pengujian tanpa menggunakan magnet yaitu: torsi maksimal pada putaran 8000 rpm sebesar 11,20 N.m, daya efektif maksimal pada putaran 9000 rpm sebesar 20,44 hp, untuk konsumsi bahan bakar paling efisien putaran 7000 rpm sebesar 0,637 kg/jam. Penggunaan magnet penghemat bahan bakar memiliki pengaruh sangat besar, karena ada perubahan signifikan.

Penelitian oleh Pratama PEP (2014) pada kondisi magnet 12 volt dengan jarak 3 cm dari karburator dan panjang kumparan 12 cm menunjukkan penggunaan variasi jumlah lilitan magnet penghemat bahan bakar memiliki perbedaan konsumsi bahan bakar dari FC standart dengan FC yang menggunakan magnet dengan selisih sebesar

20,35%. Hasil pengujian dynamometer dengan bahan bakar bensin yang menggunakan magnet memiliki keunggulan dari pada pengujian tanpa menggunakan magnet yaitu : Konsumsi bahan bakar paling efisien terdapat pada penggunaan Variasi jumlah lilitan elektromagnet mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar paling efisien terdapat pada penggunaan variasi jumlah lilitan 1000 lilitan dari kondisi bahan bakar keadaan standar sebesar 0,57 kg/jam menjadi 0,43 kg/jam pada putaran 3000 rpm dengan peningkatan efisiensi sekitar 8,14 %. Meskipun hasil ini lebih kecil dari hasil penelitian sebelumnya sebesar 20,35%, tetapi pada putaran mesin 9000 rpm hasil penelitian ini menghasilkan FC yang lebih rendah, yaitu 0,81 kg/jam dibanding 1,19 kg/jam.

Penggunaan magnet penghemat bahan bakar memiliki pengaruh sangat besar, karena ada perubahan signifikan. Sehingga perlu penelitian yang lebih lanjut tentang penggunaan bahan bakar E-10 dan medan magnet terhadap penghemat bahan bakar jenis elektromagnetik ini dengan variasi kuat arus dan arah medan magnet dan memperdekat jarak medan magnet dengan karburator terhadap unjuk kerja dan emisi pada motor bakar empat langkah.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi kuat arus dan arah medan magnet terhadap unjuk kerja motor bakar empat langkah dengan bahan bakar E10
2. Bagaimana pengaruh variasi kuat arus dan arah medan magnet terhadap emisi gas buang hasil pembakaran bakar empat langkah dengan bahan bakar E10.

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

- a. Mengetahui pengaruh variasi kuat arus dan arah medan magnet terhadap unjuk kerja motor bakar empat langkah dengan bahan bakar E10.

- b. Mengetahui pengaruh variasi kuat arus dan arah medan magnet terhadap emisi gas buang hasil pembakaran pada motor bakar empat langkah dengan bahan bakar E10.
- c. Mengetahui pengaruh variasi kuat arus dan arah medan magnet terhadap konsumsi bahan bakar pada motor bakar empat langkah dengan bahan bakar E10.

1.3.2 Manfaat penelitian ini adalah:

- a. Sebagai alat untuk menghemat bahan bakar dan membantu mengurangi emisi gas buang dari hasil pembakaran motor bensin 4 langkah.
- b. Meningkatkan hasil pembakaran menjadi lebih sempurna.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang diterapkan untuk memudahkan analisa penelitian ini antarlain:

1. Motor bakar yang digunakan untuk penelitian ini adalah motor Yamaha Jupiter z tahun 2010
2. Bahan bakar yang digunakan, E-10 (bensin + etanol 90%) dan Premium
3. Etanol yang digunakan adalah etanol 90%
4. Pencampuran bahan bakar antara bensin dan etanol dianggap homogen
5. Kawat yang digunakan untuk magnet adalah kawat tembaga dengan ukuran 0,6 mm merek helnic dengan jumlah lilitan 1000 dan panjang besi yang dililit 12cm dan variasi arus 0.65A (4V), 1.30A (8V) dan 1.90A (12V).
6. Suhu lingkungan dianggap konstan.
7. Sudut pengapian standart.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor bakar

Motor bakar adalah suatu mekanisme atau konstruksi mesin yang merubah energi panas menjadi energi mekanis. Terjadinya energi panas karena adanya proses pembakaran, bahan bakar, udara, dan sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin, memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran yang diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak. Misalnya Energi mekanik yang telah dihasilkan didalam mesin kemudian disalurkan pada bagian yang akan digerakkan, misalkan roda pada motor. Adapun bahan bakar yang digunakan adalah berupa campuran antara bensin dan udara untuk motor bensin, sedangkan pada mesin diesel digunakan campuran solar dan udara. Saat ini motor bakar masih menjadi pilihan utama untuk dijadikan sebagai penggerak mula. Karena itu, usaha untuk menciptakan motor bakar yang menghasilkan kemampuan tinggi terus diusahakan oleh manusia. Jika ditinjau dari cara memperoleh energi panas atau kalor (proses pembakaran bahan bakar), maka motor bakar dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu motor pembakaran luar dan motor pembakaran dalam.

2.1.1 Motor Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)

Mesin pembakaran dalam adalah sebuah mesin yang sumber tenaganya berasal dari pengembangan gas-gas panas bertekanan tinggi hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara, yang berlangsung di dalam ruang tertutup dalam mesin, yang disebut ruang bakar (*combustion chamber*). Mesin pembakaran dalam biasanya merujuk kepada mesin yang pembakarannya dilakukan secara berselang-seling. jika pembakaran berlangsung maka diperlukan adalah Bahan bakar dan udara dimasukkan ke dalam motor dan kemudian Bahan bakar dimampatkan atau dipanaskan hingga suhu nyala. Pembakaran ini menimbulkan panas yang

menghasilkan tekanan yang kemudian menghasilkan tenaga mekanik. Contoh aplikasi dari pembakaran dalam ini digunakan pada power rendah, misalnya motor bensin dan motor diesel.

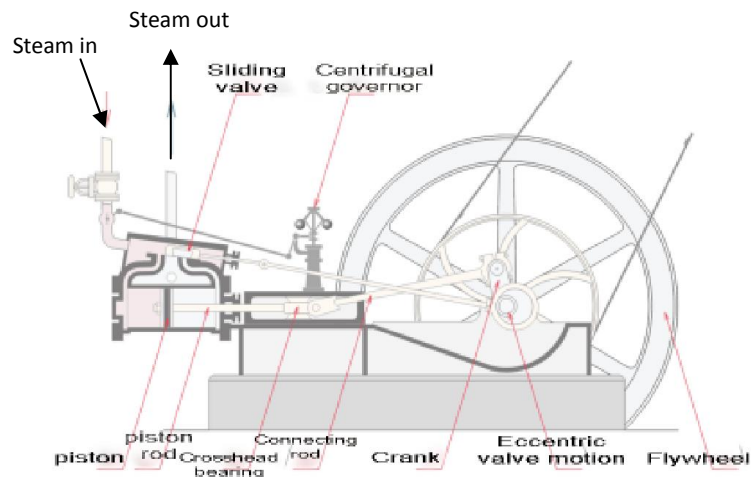


Gambar 2.1 Motor Pembakaran Dalam (ICE)

2.1.2 Motor Pembakaran Luar (*External Combustion Engine*).

Motor pembakaran luar Merupakan sebuah motor dimana pembakarannya terjadi di luar sistem (silinder) dan biasa digunakan pada power tinggi, yaitu misalnya pada ketel uap, turbin uap, mesin uap, dll. Pada mesin uap dan turbin uap, bahan bakar dibakar di ruang pembakaran tersendiri dengan ketel untuk menghasilkan uap. Jadi mesinnya tidak digerakkan oleh gas yang terbakar tetapi oleh uap air. Untuk membuat uap air maka bahan bakar yang dipergunakan dapat berupa batubara atau kayu dan pembakarannya dilakukan secara terus-menerus. Lagi pula uap tidak dipanasi langsung oleh nyala api, tetapi dengan perantara dinding ruang pembakaran, maka dari itu tidak mungkin memanasi uap sampai suhu yang tinggi dan efisiensi thermisnya agak rendah. Secara singkat, mesin uap dan turbin uap mempunyai karakter yang hanya dapat dipergunakan sebagai penggerak mula ukuran besar, misalnya lokomotif, kapal, dan power plant dan tidak baik dipergunakan sebagai penggerak generator serbaguna, sepeda motor, kendaraan (mobil), dan lain

sebagainya. Jadi pembakaran luar mesin (*external combustion engine*), pembakaran terjadi di luar system yaitu mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya energi kinetik diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran (pada instalasi uap, tenaga thermis dalam bahan bakar, pertama-tama dipergunakan untuk membuat uap dalam kawah uap, untuk itu mesin uap disebut juga pesawat kalor dengan pembakaran luar). Adapun contoh dari mesin pembakaran luar dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini



Gambar 2.2 Motor Pembakaran Luar

Berdasarkan metode penyalan campuran bahan bakar dan udara, motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi mesin dengan penyalan busi (*spark ignition engine*) dan mesin penyalan dengan tekanan konpresi (*compression ignition engine*). Dalam melakukan proses pembakaran tersebut komponen komponen motor seperti torak, batang torak, dan poros engkol akan melakukan gerakan berulang yang disebut siklus. Didalam setiap siklus yang terjadi dalam mesin terdiri dari beberapa urutan langkah kerja.

2.1.3 Motor Bakar 4 Langkah (4tak)

Motor 4 tak atau 4 *cicle engine* adalah motor yang dalam satu siklus kerjanya membutuhkan 4 kali piston bolak-balik, 2 kali putaran poros engkol dan menghasilkan 1 kali langkah usaha. Motor 4 tak (4 langkah) dibedakan menjadi 2 yaitu untuk motor bensin dan diesel. Adapun prinsip kerja dari motor empat langkah adalah sebagai berikut:

a. Langkah isap

Piston bergerak dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah). Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar diisap ke dalam silinder. Katup isap terbuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu piston bergerak ke bawah, menyebabkan ruang silinder menjadi vakum, masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder disebabkan adanya tekanan udara luar (atmospheric pressure).

b. Langkah kompresi

Piston bergerak dari TMB ke TMA. Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar dikompresikan/dimampatkan. Katup isap dan katup buang tertutup. Waktu torak mulai naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) campuran udara dan bahan bakar yang diisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya menjadi naik, sehingga akan mudah terbakar.

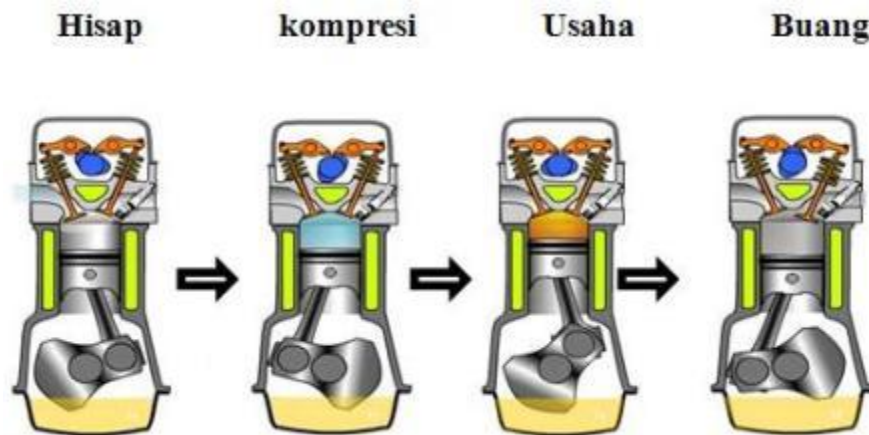
c. Langkah usaha

Piston bergerak dari TMA ke TMB. Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Sesaat sebelum torak mencapai TMA pada saat langkah kompresi, busi memberi loncatan bunga api pada campuran yang telah dikompresikan. Dengan terjadinya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak kebawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin (engine power).

d. Langkah buang

Piston bergerak dari TMB ke TMA. Dalam langkah ini, gas yang terbakar dibuang dari dalam silinder. Katup buang terbuka, piston bergerak dari TMB ke TMA mendorong gas bekas pembakaran ke luar dari silinder.

Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan berikutnya, yaitu langkah isap. Prinsip kerja mesin 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Motor 4 Langkah

2.1.4 Motor Bakar Bensin

Motor bensin (*spark Ignition*) adalah suatu tipe mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang dapat mengubah energi panas dari bahan bakar menjadi energi mekanik berupa daya poros pada putaran poros engkol. Energi panas diperoleh dari pembakaran bahan bakar dengan udara yang terjadi pada ruang bakar (*Combustion Chamber*) dengan bantuan bunga api yang berasal dari percikan busi untuk menghasilkan gas pembakaran (I gede wiratmaja, 2010)

Campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder kemudian dikompresikan oleh torak kepada tekanan sekitar 8-15 kg/cm². Bahan bakar dinyalakan oleh sebuah loncatan bunga api listrik oleh busi dan terbakar cepat sekali

di dalam udara kompresi tersebut. Kecepatan pembakaran melalui campuran bahan bakar udara biasanya 10 sampai 25 m/s. Suhu udara naik hingga 2000° - 2500° C dan tekanannya mencapai 30 - 40 kg/m². Dengan terjadinya penyempitan ruangan didalam lubang silinder berarti tekanan bahan bakar menjadi meningkat (Arismunandar, Wiranto. 1998).

Bahan bakar standar motor bensin adalah isooktana (C₈H₁₈). Efisiensi pengonversian energinya berkisar 30% ($\eta \pm 30\%$) hal ini karena adanya rugi rugi: 50% rugi panas, gesek/mekanis, dan pembakaran tak sempurna. Keuntungan dari mesin pembakaran dalam adalah kontruksinya yang sederhana.

Motor bensin yang ada di masa sekarang ini merupakan perkembangan dan hasil evolusi mesin yang semula dikenal sebagai motor Otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan udara segar, karena itu motor bensin cenderung dinamai Spark Ignition Engine (Sukrisno, Umar. 1997).

Pada motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini



Gambar 2.4 Keseimbangan Energy Pada Motor Bakar

Dari gambar di atas terlihat daya berguna bagiannya hanya 25% yang artinya mesin hanya mampu menghasilkan 25% daya berguna yang bisa dipakai sebagai penggerak dari 100% bahan bakar. Energi yang lainnya dipakai untuk menggerakkan

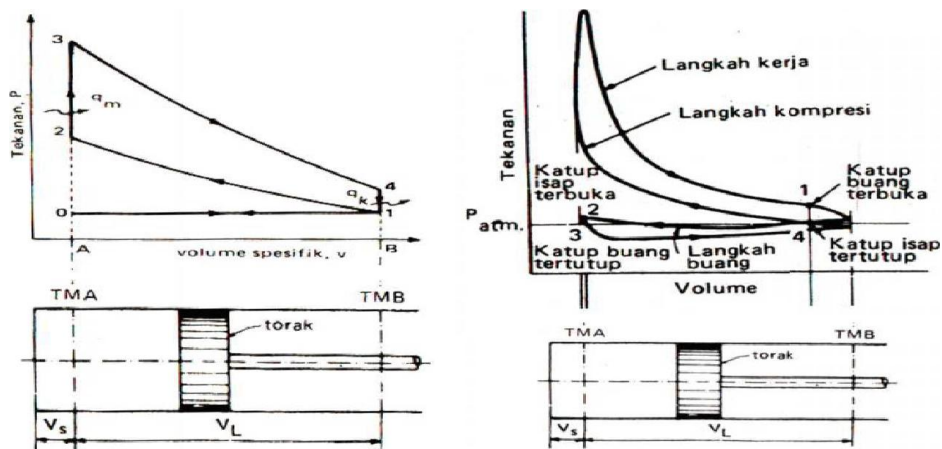
asesoris atau peralatan bantu, kerugian gesekan dan sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang dan melalui air pendingin (Widodo dan Doni, 2008:20).

2.1.5 Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah

Proses teoritis (ideal) motor bensin adalah proses yang bekerja berdasarkan siklus otto dimana proses pemasukan kalor berlangsung pada volume konstan. Beberapa asumsi yang ditetapkan dalam hal ini adalah:

- 1) Kompresi berlangsung isentropis;
- 2) Pemasukan kalor pada volume konstan dan tidak memerlukan waktu;
- 3) Ekspansi isentropis;
- 4) Pembuangan kalor pada volume konstan;
- 5) Fluida kerja udara adalah dengan sifat gas ideal dan selama proses, panas jenis konstan.

Adapun gambar dari Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.5 Siklus Ideal Dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah

Sumber : Pratama PEP (2014)

Proses - proses yang terjadi :

1. Proses (0 - 1) = Langkah isap (udara murni) pada tekanan konstan.
Pada langkah isap, piston bergerak dari TMA menuju TMB. Saat piston bergerak turun, katup masuk dalam keadaan terbuka, sehingga campuran bahan bakar dan udara terhisap ke dalam silinder. Ketika piston mencapai TMB, katup masuk dalam keadaan tertutup, dapat dikatakan bahwa langkah isap selesai.
2. Proses (1 - 2) = Langkah kompresi.
Pada langkah kompresi, kedua katup (katup masuk dan katup buang) dalam keadaan tertutup. Piston bergerak naik dari TMB menuju TMA mendorong campuran bahan bakar dan udara dalam silinder, sehingga menyebabkan tekanan udara dalam silinder meningkat. Sebelum piston mencapai TMA campuran bahan bakar dan udara yang bertekanan tinggi dibakar oleh loncatan bunga api busi.
3. Proses (2 - 3) = Proses pembakaran (pemasukan kalor pada volume konstan).
Pada proses ini kedua katup tertutup. Piston berada di TMA dan loncatan api busi yang bereaksi dengan campuran udara dan bahan bakar bertekanan tinggi akan menimbulkan pembakaran.
4. Proses (3 - 4) = Langkah ekspansi (kerja)
Pada langkah kerja loncatan api busi yang bereaksi dengan campuran bahan bakar dan udara bertekanan tinggi akan menimbulkan letusan. Letusan ini akan menghasilkan tenaga yang mendorong piston bergerak turun menuju TMB. Tenaga yang dihasilkan oleh langkah kerja diteruskan oleh poros engkol untuk menggerakkan gigi transmisi yang menggerakkan *gear* depan.
5. Proses (4 - 1) = Proses pembuangan (pengeluaran kalor) pada volume konstan.
Pada proses ini katup isap tertutup dan katup buang terbuka. Posisi piston berada di TMB.

6. Proses (1 - 0) = Langkah buang pada tekanan konstan.

Pada langkah pembuangan, piston bergerak naik dari TMB menuju TMA. Katup masuk dalam keadaan tertutup dan katup buang dalam keadaan terbuka. Gas sisa hasil pembakaran terdorong keluar menuju saluran pembuangan. Dengan terbuangnya gas sisa pembakaran, berarti kerja dari langkah - langkah mesin untuk satu kali proses kerja (siklus) telah selesai.

Efisiensi siklus aktual jauh lebih rendah dibandingkan dengan siklus teoritis karena berbagai kerugian pada operasi mesin secara aktual yang disebabkan oleh beberapa kasus penyimpangan.

Beberapa penyimpangan dari siklus ideal terjadi karena beberapa faktor yaitu:

- a. Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup yang tidak dapat sempurna;
- b. Katup tidak dapat terbuka dan tertutup tepat pada saat TMA (Titik Mati Atas) dan TMB (Titik Mati Bawah) karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja, kerugian itu dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan besarnya beban dan kecepatan torak;
- c. Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung;
- d. Pada motor bakar yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA (Titik Mati Atas) tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Pemasukan kalor disebabkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dan udara dalam silinder;
- e. Proses pembakaran memerlukan waktu untuk memulai pembakaran. Pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar yang berubah-ubah karena gerakan torak. Dengan demikian, proses pembakaran harus dimulai beberapa derajat sudut engkol sesudah torak kembali bergerak kembali ke

TMA (Titik Mati Atas) menuju TMB (Titik Mati Bawah). Jadi pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume dan tekanan konstan. Kenyataan pembakaran tidak pernah terjadi pada kondisi sempurna;

- f. Terjadi kerugian kalor yang disebabkan karena perpindahan kalor fluida kerja ke fluida pendingin terutama pada langkah kompresi, ekspansi dan gas buang meninggalkan silinder, perpindahan kalor tersebut dikarenakan perbedaan temperature antara fluida kerja dengan fluida pendingin;
- g. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik;
- h. Terdapat kerugian energi karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya.

2.2 Bahan Bakar

Ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor tersebut, untuk digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung. Sebagai contoh penggunaan kalor dari proses pembakaran secara langsung.

Beberapa macam bahan bakar yang dikenal adalah:

- a. Bahan bakar fosil, seperti: batubara, minyak bumi, dan gas bumi.
- b. Bahan bakar nuklir, seperti: uranium dan plutonium.
- c. Pada bahan bakar nuklir, kalor diperoleh dari hasil reaksi rantai penguraian atom-atom melalui peristiwa radioaktif.
- d. Bahan bakar lain, seperti: sisa tumbuh-tumbuhan, minyak nabati, minyak hewani.

Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara bensin juga dapat terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Bilangan oktan suatu bensin memberikan informasi kepada kita tentang seberapa besar tekanan yang biasa diberikan sebelum bensin tersebut terjadi pembakaran secara spontan. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi knocking atau ketukan didalam mesin. Knocking ini akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga hal ini harus kita hindari.

Jenis Bahan Bakar Minyak Bensin merupakan nama umum untuk beberapa jenis bahan bakar mesin yang diperuntukkan untuk mesin dengan pembakaran dengan pengapian. Di Indonesia terdapat beberapa jenis bahan bakar jenis bensin yang memiliki nilai mutu pembakaran berbeda. Nilai mutu jenis BBM bensin ini dihitung berdasarkan nilai RON (Randon Otcane Number). Dan untuk penelitian yang saya lakukan menggunakan jenis BBM Premium (RON 88).

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (dye). Penggunaan premium pada umumnya adalah untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, seperti: mobil, sepeda motor, motor temple dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor gasoline (Anonim. 2010. PT. Pertamina).

2.2.1 Premium (Bensin)

Bensin dibuat dari minyak mentah yang di pompa dari perut bumi dan biasa disebut Crude oil, dengan proses destilasi atau penyulingan minyak mentah, bensin diperoleh pada temperature 150°C, cairan ini mengandung hidrokarbon, atom-atom karbon dalam minyak mentah saling berhubungan membentuk rantai dengan panjang yang berbeda-beda.

Secara sederhana bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus dengan rumus kimia C_nH_{2n+2} mulai dari C_7 (heptana) sampai dengan C_{11} dengan kata lain bensin

terbentuk dari hydrogen dan karbon, saling terikat satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai.

Karakteristik umum yang perlu diketahui untuk menilai kinerja dari bahan bakar bensin antara lain :

1. Bensin (gasoline) C_8H_{18}
2. Mudah menguap pada temperatur normal
3. Tidak berwarna, tembus pandang, dan berbau
4. Mempunyai titik nyala rendah ($-10^{\circ}C$ sampai $-15^{\circ}C$)
5. Mempunyai berat jenis yang rendah (0,6 – 0,78)
6. Mempunyai Nilai Oktan 88
7. Dapat melarutkan oli dan karet
8. Menghasilkan jumlah panas yang besar $LHV = 12043,01$ kcal/kg
9. Sedikit meninggalkan carbon setelah dibakar

2.2.2 Etanol

Etanol dipasaran dikenal dengan nama alkohol. Etanol memiliki rumus molekul CH_3CH_2OH . Alkohol atau etanol ini adalah bahan kimia dalam bentuk cairan yang bening, tidak berwarna, mudah menguap, memiliki aroma yang tajam, dan erasa pedih di kulit. Selain merupakan salah satu zat kimia sintetik organik tertua yang digunakan manusia, etanol merupakan salah satu zat yang penting di bidang kimia dan industri, sebagai contoh etanol banyak digunakan untuk pelarut vernis dan campuran parfum. (I gede wiratmaja, 2010)

Etanol adalah salah satu bahan bakar alternative (yang dapat diperbaharui) yang ramah lingkungan yang menghasilkan gas emisi karbon yang rendah dibandingkan dengan bensin atau sejenisnya (sampai 85% lebih rendah). Pada dasarnya etanol terbuat dari ubi, jagung, atau hasil perkebunan lainnya dan sampai saat ini belum ada kendaraan yang didesain khusus menggunakan etanol 100%. Penggunaan etanol pada kendaraan biasanya menggunakan 2 jenis etanol yaitu etanol 10 (E-10) yang merupakan campuran antara 10% etanol dan 90% bahan bakar bensin

dan bisa digunakan diseluruh kendaraan keluaran terbaru. (Yolanda J. Lewerissa, 2011).

Bioetanol adalah yang diproduksi dari bahan baku berupa biomassa seperti jagung, singkong, sorghum, kentang, tebu dan juga limbah biomassa seperti tongkol jagung, limbah jerami dan limbah sayuran lainnya. Bioetanol diproduksi dengan teknologi biokimia, melalui proses fermentasi bahan baku, kemudian etanol yang diproduksi dipisahkan denganairmelalui proses destilisasi dan dehidrasi. Penggunaan bioetanol sebagai campuran biogasoline memiliki keunggulan sebagai berikut :

- a. Meningkatkan bilangan oktan (dapat digantikan TEL sebagai aditif sehingga mengurangi emisi logam berat timbal)
- b. Menghasilkan pembakaran lebih sempurna (mengurangi emisis karbon monoksida)
- c. Mengurangi emisi gas buang karbon dioksida serta senyawa sulfur mengurangi hujan asam.

2.2.3 Campuran Bensin Dan Etanol

Biopremium merupakan campuran bioetanol dengan premium dengan kadar campuran tertentu. Biopremium E-10, misalnya mengandung etanol 10% dan premium 90%. Kualitas etanol yang digunakan tergolong *fuel grade* etanol yang kadar etanolnya 99%.

Terdapat beberapa cara penggunaan etanol untuk campuran gasoline sebagai berikut :

- a. Hydras etanol (96% volume), yaitu etanol yang masih mengandung air sebesar 4%
- b. Anhydrous etanol yaitu etanol bebas air dan paling tidak memiliki kemurnian 99%.
- c. Etanol juga digunakan sebagai bahan baku ETBE (ethyl-tertiary-butyl-ether), aditif gasoline konvensional. (Yolanda J. Lewerissa, 2011).

Perbandingan karakteristik fisika ethanol dengan bensin dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Perbandingan Sifat Fisika Antara Ethanol Dengan Bensin

Property	Ethanol	Bensin
Rumus kimia	CH ₃ CH ₂ OH	C ₇ sd C ₁₁
Komposisi% berat		
karbon	52,2	85 -88
hidrogen	13,1	12 – 15
oksigen	34,7	0
Octane Number		
Nilai Oktane	117	87 - 95
Densitas (lb / gal)	6,61	6 – 6,5
Suhu mendidih. (° F)	172	80 - 437
Titik Beku (° F)	-173,22	-40
Titik Nyala (° F)	55	-45
<i>Auto Ignition Temp.</i> (° F)	793	495
nilai kalor		
Tinggi (Btu / gal)	84100	124800
Lebih rendah (Btu / gal)	76000	115000
Panas spesifik Btu / lb ° F	0,57	0,48
Stoikiometri udara / bahan bakar, berat	9	14,7

Sumber : (I gede wiratmaja, 2010)

2.3 Magnet dan Efek Magnetisasi

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Kata magnet (magnit) berasal dari bahasa Yunani magnítis líthos yang berarti batu Magnesian. Magnesia adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki) di mana terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu di wilayah tersebut. Pada saat ini, suatu magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet.

Materi tersebut bisa dalam berwujud magnet tetap atau magnet tidak tetap. Magnet yang sekarang ini ada hampir semuanya adalah magnet buatan. Magnet selalu memiliki dua kutub yaitu: kutub utara (north/N) dan kutub selatan (south/ S). Walaupun magnet itu dipotong-potong, potongan magnet kecil tersebut akan tetap memiliki dua kutub.

Rumus Kuat Medan Magnet Solenoida bagian Tengah yaitu :

$$B = \frac{\mu i N}{L} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

B = kuat medan magnetik (Tesla)

L = panjang solenoida (m)

i = kuat arus listrik (A)

N = jumlah lilitan solenoida

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ dalam satuan standard

Satuan intensitas magnet menurut sistem metrik pada *International System of Units* (SI) adalah *Tesla* dan SI unit untuk total fluks magnetik adalah *weber*. 1 weber/m² = 1 *Tesla*, yang mempengaruhi satu meter persegi. *Gauss* adalah Satuan *cgs* yang dinyatakan dengan konversi 1 *Tesla* 10.000 *Gauss*.

Untuk pengaplikasian alur pemasangan magnet pada saluran bahan bakar dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini :



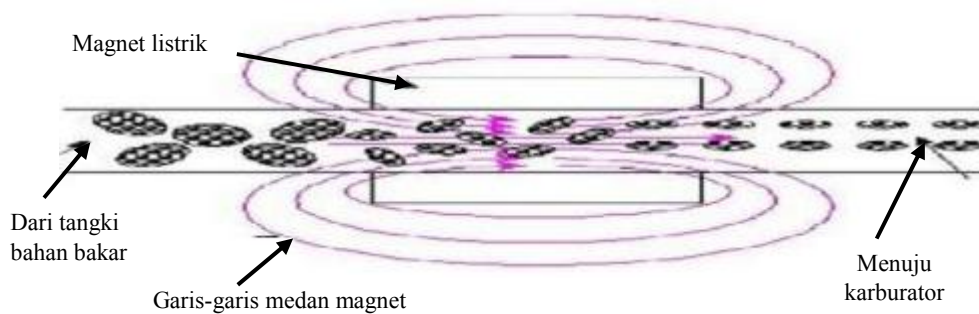
Gambar 2.6 Alur Pemasangan Alat Elektromagnetik Penghemat Bahan Bakar

Sumber : Pratama PEP (2014)

Untuk penempatan magnet pada saluran bahan bakar disini diusahakan agar diletakkan sedekat mungkin dengan alat pengabut dan pencampur bahan bakar seperti karburator atau pompa injeksi pada mesin-mesin yang sudah menggunakan teknologi penginjeksian bahan bakar. Hal ini dilakukan agar molekul-molekul bahan bakar yang sudah tidak stabil dan bersifat lebih reaktif karena telah dipengaruhi oleh medan magnet tersebut tidak cenderung menjadi stabil kembali akibat terlalu jauhnya jarak medan magnet dengan karburator ataupun pompa injeksi. Dengan penempatan magnet sedekat mungkin dengan alat pengabut bahan bakar diharapkan supaya molekul-molekul bahan bakar yang sudah tidak stabil dan bersifat lebih reaktif tadi dapat segera bercampur dan bereaksi dengan udara lebih cepat dan singkat disaat proses pencampuran bahan bakar di dalam karburator, intake manifold ataupun di dalam ruang bakar mesin.

Pada saat bahan bakar berada dalam tangki bahan bakarnya, molekul hidrokarbon yang merupakan penyusun utama bahan bakar cenderung untuk saling tertarik satu sama lain, membentuk molekul -molekul yang berkelompok (clustering) (Sugiarto Bambang, 2003). Pengelompokan ini akan menyebabkan molekul –molekul hidrokarbon tidak saling terpisah atau tidak terdapat cukup waktu untuk saling berpisah pada saat bereaksi dengan oksigen di ruang bakar. Dengan menempatkan

medan magnet pada saluran bahan bakar, partikel-partikel atom yang membentuk molekul tersebut akan terpengaruh oleh medan magnet yang ditimbulkan sehingga akhirnya akan menjadi semakin aktif dan arahnya terajar rapi sesuai dengan arah medan magnet. Aktivitas molekular yang meningkat akibat medan magnet akan menyebabkan pengelompokkan molekular menjadi terpecah. Oksigen akan lebih mudah bereaksi dengan masing-masing molekul hidrokarbon yang tidak lagi berada dalam kelompok, sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna serta memperbaiki kualitas gas buang hasil pembakaran. Pemecahan molekul molekul hidrokarbon yang melewati medan magnet dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini:



Gambar 2.7 Pemecahan Molekul Hidrokarbon yang Melewati Medan Magnet
Sumber : Pratama PEP (2014)

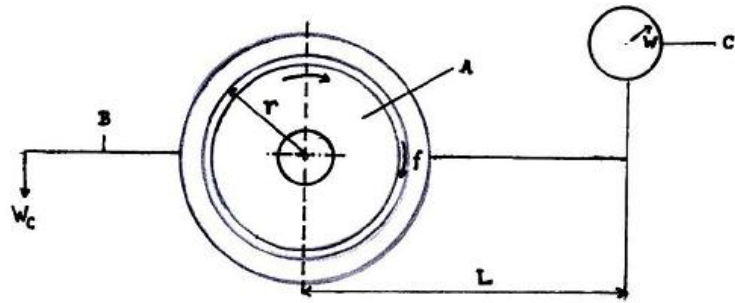
Apabila pada sebuah senyawa mempunyai ketertarikan senyawa hidrokarbon dengan oksigen akan lebih kuat dibandingkan dengan hidrokarbon tersebut dalam keadaan sama sekali netral, Seperti diketahui, apabila suatu molekul bersifat polar negatif akan kecenderungan menarik molekul lain yang bersifat polar positif menjadi semakin kuat di samping itu salah satu tujuan penginduksian magnet pada bahan bakar adalah untuk mempolarisasikan bahan bakar, agar memiliki kecenderungan bermuatan polar positif. Seperti diketahui, apabila suatu molekul bersifat polar negatif akan kecenderungan menarik molekul lain yang bersifat polar positif menjadi semakin kuat. Hal ini meningkatkan proses oksidasi dan menyempurnakan

pembakaran. pemecahan molekul hidrokarbon saat bahan bakar keluar dari tangki bahan bakar hidrokarbon cenderung berkelompok. Tetapi setelah mendapat induksi magnetik maka terjadi pemecahan hidrokarbon menjadi bagian lebih kecil. Dengan memanfaatkan fluks medan magnet, pecahan molekul hidrokarbon tersebut menjadi berjajar rapi menuju ruang bakar. Molekul-molekul hidrokarbon yang berjajar rapi akan menghasilkan pembakaran yang lebih optimal dan sempurna serta memberikan energi pada motor bakar yang optimal.

2.4 Dinamometer

Menurut sejarah, orang sudah mengenal apa yang dinamakan alat pengukur daya dari suatu mesin dengan datangnya dinamo. Karena perkembangan pembuatan mesin atau motor yang kontinu dari tahun ketahunnya, maka secara otomatis perkembangan alat ukurnya berkembang pula, baik dalam segi konstruksi maupun bentuk perencanaannya yang mana ini akan menghasilkan ketelitian pengukuran yang baik.

Sebetulnya pengukuran daya mesin merupakan pengukuran torsi yang berhubungan dengan tenaga mekanik, baik untuk tenaga yang diperlukan maupun tenaga yang dikembangkan oleh mesin. Dalam hal ini perlengkapan-perlengkapan pengukur torsi itu biasanya dianggap sebagai dinamometer. Dewasa ini dinamometer itu dipergunakan untuk pengukuran pada seluruh perkembangan dari kerja mesin, mulai dari percobaan dan pengetesan motor bersilinder tunggal sampai motor pesawat terbang. Tetapi dalam hal ini bila mesin dalam keadaan tetap atau diam maka pengukuran dayanya sederhana dan mudah untuk dibuat, tetapi untuk keadaan dinamis mungkin sukar untuk menentukan pengukurannya. Ukuran atau besaran untuk kerja suatu motor biasanya dalam bentuk torsi dan tenaga kuda.



Gambar 2.8 Prinsip Kerja Dinamometer

Keterangan gambar:

r : Jari-jari rotor (ft)

W_c : Beban pengimbang (N)

f : Gaya kopel (ft.lb)

Prinsip kerja sebagai berikut:

Rotor (A) diputar oleh sumber daya motor yang ditest, dipasangkan secara mekanis, elektrik, magnetic, hydraulic, dengan stator, dalam keadaan setimbang. Bila dalam keadaan diam maka ditambahkan sebuah beban pengimbang (W_c) yang dipasangkan pada (B) dan diengselkan pada stator. Karena gesekan yang timbul, maka gaya yang terjadi didalam stator diukur dengan timbangan (C) dan penunjukannya merupakan beban atau muatan dinamometer.

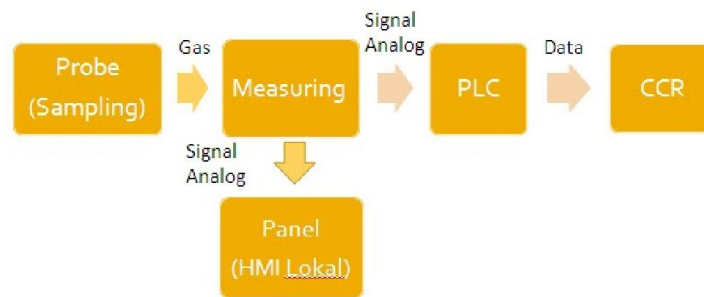
Dalam satu putaran poros, keliling rotor bergerak sepanjang $2\pi.r$ melawan gaya kopel (f).

Jadi kerja tiap putaran: $2\pi.r.f$ (2.2)

Momen luar yang dihasilkan dari pembacaan W pada timbangan (C) dan lengan (L) harus setimbang dengan momen putar yaitu: $r \times f$ Maka: $r \times f = W \times L$ Jika motor berputar dengan n putaran tiap menit, maka kerja per menit harus sama dengan: $2\pi.W.L.n$, harga ini merupakan suatu daya, karena menurut definisi daya dibatasi oleh waktu, kecepatan putar dan kerja yang terjadi.

2.5 Gas Analyzer

Gas analyzer adalah suatu alat yang salah satu fungsinya adalah untuk monitoring gas emisi kendaraan yang keluar dari knalpot (HC, CO, CO₂, O₂, dan NO). Prinsip kerja *Gas Analyzer* : Gas Sample yang diambil melalui probe akan masuk ke setiap sample cell secara bergiliran dimana gas sample akan dibandingkan dengan gas standar melalui pemancaran sistem infrared dimana akan menghasilkan perbedaan panjang gelombang yang akan dikonversi receiver menjadi signal analog (4-20) mA.



Gambar 2.9 Diagram Informasi Gas Analyzer

2.6 Parameter Unjuk Kerja Motor Bensin

Tujuan utama dalam menganalisa unjuk kerja adalah untuk memperbaiki keluran kerja dan keandalan dari mesin. Pengujian dari suatu motor bakar adalah untuk mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri.

Parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja mesin dalam motor empat langkah adalah:

1. *Torque* (T);
2. Daya efektif (Ne);
3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe);

2.6.1 Torque (T)

Torque merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya Torque dapat diukur dengan menggunakan alat dinamometer. Besarnya Torque dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = I \cdot \alpha \text{ [N.m]} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan T = Momen gaya yang dihasilkan (N.m)

$I = \frac{1}{2} M \cdot r^2 =$ inersia roller (N/m²)

$\alpha =$ percepatan sudut (rad/sec²)

2.6.2 Daya Efektif (Ne)

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi yaitu suatu daya yang dihasilkan torak. Daya efektif didapatkan dengan mengalikan Torque (T) dengan kecepatan angular poros (ω) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ne = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (hp)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan Ne = daya efektif (hp)

T = torque (N m)

$\omega =$ kecepatan angular poros (rad. detik⁻¹)

n = putaran poros engkol (rpm)

2.6.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif sebesar 1 hp selama 1 jam. Bahan bakar akan dialirkan melalui tabung ukur kemudian diamati waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tertentu pada kondisi mesin bekerja.

Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan ke dalam satuan kg/jam, maka akan diperoleh rumusan:

$$FC = \frac{b}{t} \cdot \gamma_f \cdot \frac{3600}{1000} (kg \cdot jam^{-1}) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

F_c = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

b = volume bahan bakar selama t detik (ml)

t = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak b liter (dtk)

γ_f = berat spesifik bahan bakar (kg/liter)

dari nilai konsumsi bahan bakar (FC) didapat *specific Fuel Consumption effective* (SFC_e) dengan persamaan berikut:

$$SFC_e = \frac{FC}{N_e} (kg \cdot hp^{-1} \cdot jam^{-1}) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan:

SFC_e = konsumsi bahan bakar spesifik efektif ($kg \cdot hp^{-1} \cdot jam^{-1}$)

F_c = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

N_e = daya efektif (hp)

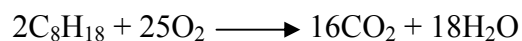
2.7 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah zat atau unsur hasil dari pembakaran di dalam ruang bakar yang di lepas ke udara yang ditimbulkan kendaraan bermotor. Emisi gas buang kendaraan bermotor mengandung Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), dan Partikel Molekul tidak semua senyawa yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor diketahui dampaknya terhadap lingkungan. Zat-zat yang berbahaya dari emisi as buang diantaranya:

1. Karbon Monoksida (CO)

Pembentukan karbon monoksida di ruang bakar disebabkan oleh proses pembakaran yang tidak sempurna. Oleh karena itu besar atau kecilnya jumlah karbon monoksida yang dihasilkan oleh setiap kendaraan tersebut sangat tergantung pada

tingkat kesempurnaan proses pembakaran. Sebagai salah satu contoh, dapat dijelaskan proses terjadinya pembakaran bahan bakar bensin (C_8H_{18}) pada ruang bakar motor otto. Proses pembakaran dapat terjadi sempurna jika kebutuhan oksigen/udara untuk membakar bahan bakar bensin tersebut dijaga pada rasio yang memadai. Oleh karena itu agar proses pembakaran tersebut terjadi secara sempurna, harus memenuhi reaksi kimia tersebut :



Artinya:

Untuk membakar secara sempurna 2 molekul C_8H_{18} diperlukan 25 molekul O_2 . Dengan perkataan lain, untuk membakar sempurna 228 g C_8H_{18} diperlukan oksigen seberat 800 gr atau 1 g C_8H_{18} memerlukan 3,5 g oksigen.

2. Hidrokarbon (HC)

Bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin (AFR=Air Fuel Ratio) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah-olah tetap dapat "bersembunyi" dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi.

3. Karbon Dioksida (CO_2)

Konsentrasi CO_2 menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal, emisi CO_2 berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu kaya, maka emisi CO_2 akan turun secara drastis. Apabila CO_2 berada dibawah 12%, maka kita harus melihat emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya

atau terlalu kurus. Perlu diingat bahwa sumber dari CO₂ ini hanya ruang bakar dan *Catalytic converter* (merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan polutan dari emisi kendaraan bermotor, khususnya untuk motor berbahan bakar bensin (Heisler dalam Nugroho, 2001). Apabila CO₂ terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran pipa knalpot.

4. Oksigen (O₂)

Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO₂. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon. Dalam ruang bakar, campuran udara dan bensin dapat terbakar dengan sempurna apabila bentuk dari ruang bakar tersebut melengkung secara sempurna. Kondisi ini memungkinkan molekul bensin dan molekul udara dapat dengan mudah bertemu untuk bereaksi dengan sempurna pada proses pembakaran. Tapi sayangnya, ruang bakar tidak dapat sempurna melengkung dan halus sehingga memungkinkan molekul bensin seolah-olah bersembunyi dari molekul oksigen dan menyebabkan proses pembakaran tidak terjadi dengan sempurna. Untuk mengurangi emisi HC, maka dibutuhkan sedikit tambahan udara atau oksigen untuk memastikan bahwa semua molekul bensin dapat “bertemu” dengan molekul oksigen untuk bereaksi dengan sempurna. Ini berarti AFR 14,7:1 ($\lambda = 1.00$) sebenarnya merupakan kondisi yang sedikit kurus. Inilah yang menyebabkan oksigen dalam gas buang akan berkisar antara 0.5% sampai 1%. Pada mesin yang dilengkapi dengan CC, kondisi ini akan baik karena membantu fungsi CC untuk mengubah CO dan HC menjadi CO₂. Normalnya konsentrasi oksigen di gas buang adalah sekitar 1.2% atau lebih kecil bahkan mungkin 0%. Tapi kita harus berhati-hati apabila konsentrasi oksigen mencapai 0%. Ini menunjukkan bahwa semua oksigen dapat terpakai semua dalam proses pembakaran dan ini dapat berarti bahwa AFR cenderung kaya. Dalam kondisi demikian, rendahnya konsentrasi oksigen akan berbarengan dengan tingginya

emisi CO. Apabila konsentrasi oksigen tinggi dapat berarti AFR terlalu kurus tapi juga dapat menunjukkan beberapa hal lain.

2.8 Hipotesa

1. Dengan penambahan etanol sebanyak 10% maka nilai oktan bensin dan LHV/HHV akan naik sehingga unjuk kerja mesin semakin bagus (naik).
2. Semakin besar arus pada elektromagnet akan menghasilkan kuat medan elektromagnet yang besar juga, sehingga bahan bakar akan terpolarisasikan (lebih mudah tercampur dengan udara) sehingga dapat menyempurnakan pembakaran dan menurunkan kadar emisi yang bersifat racun seperti CO dan HC dari keadaan standar.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau desain baru dengan cara membandingkan desain tersebut dengan desain tanpa perlakuan sebagai kontrol atau pembanding, atau membandingkan pengujian beberapa variasi perlakuan dengan pengujian tanpa variasi sebagai pembanding.

3.2 Waktu dan Tempat

Pengujian ini dilaksanakan pada bulan April 2014 – Mei 2014. Proses tersebut meliputi persiapan alat, pengambilan data dan analisis data. Penelitian di laksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Untuk Pembuatan E-10

- Gelas Ukur 50 ml
- Elenmeyer 250 ml
- Suntikan 12 ml
- Pipet

3.3.2 Alat Untuk Pengujian Konsumsi Bahan Bakar, Torsi, dan Daya

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Motor bensin 4 langkah dengan spesifikasi sebagai berikut:

Mesin YAMAHA JUPITER Z

Tipe Mesin : 4 Langkah, 2 Valve SOHC, Berpendingin Udara

Diameter Langkah : 50,0 x 57,9 mm

Volume Silinder	: 113 cc
Susunan Silinder	: Cylinder Tunggal / Mendatar
Perbandingan Kompresi	: 9,3 : 1
Power Max	: 6,6 kW / 7.500 rpm
Torsi Max	: 9,0 Nm / 4.000 rpm
Sistem Pelumasan	: Pelumasan Basah
Oli Mesin	: 800cc (Berkala) 1.000 cc (Total)
Karburator	: (MIKUNI) VM17SH x 1
Saringan udara	: Tipe kering/kertas
Transmisi	: Tipe ROTARY 4 Kecepatan (N-1-2-3-4-N)
Kopling	: Basah, Kopling Ganda Sentrifugal
Sistem Starter	: Electric Starter & Kick Starter

2. Motor Cycle Dinamometer dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk : Rextor Sportdyno

Type : Motor Cycle SP1/SP2/SP3 V3.3

Perlengkapan pendukung:

- Terminal sensor Dyno test
- Sensor kecepatan putaran mesin
- Alat penstabil arus
- Magnet (elektromagnetik)
- Avo meter
- Tachometer
- Tabung Pengukur (Buret)
- Gelas ukur
- Stop watch

- Komputer
- Blower

3.3.3 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Bahan bakar (bensin Premium)
- Etanol 90% (90% etanol 10% air)
- Kawat tembaga diameter 0.6 mm
- Pipa besi diameter 20 mm dengan panjang 12 cm
- Ring 18

3.4 Variabel Penelitian

Terdapat banyak variabel proses atau faktor yang berpengaruh terhadap proses pengambilan data. Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel yaitu meliputi:

3.4.1 Variabel Bebas

Merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan oleh peneliti berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan dari penelitian itu sendiri. dalam penelitian ini dipilih faktor kendali yang diduga dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap unjuk kerja motor bensin. variabel bebas yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Panjang solenoid 12 cm dililit dengan kawat tembaga ukuran 0,6 mm sebanyak 1000 lilitan
- b) Arus magnet 0.65A (4V), 1.30A (8V), 1.90A (12V).
- c) Arah medan magnet searah dengan aliran bahan bakar dan berlawanan dengan aliran bahan bakar

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian motor bakar. Tujuan dari pengujian motor bakar adalah untuk mengetahui unjuk kerja mesin tersebut dengan menganalisa data-datanya yang meliputi:

- a) Torsi
- b) Daya efektif motor bakar
- c) konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCE)
- d) emisi gas buang.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum penelitian dilakukan terlebih dahulu kita mempersiapkan alat dan bahan, setelah semua siap, dilakukan pengecekan alat uji seperti buret, blower, kondisi mesin motor, dan dinamometer.

3.5.2 Tahapan Penelitian

a. Tahap Persiapan Pengujian

Menyusun dan merangkai semua peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian. Setelah proses penyusunan peralatan dan motor uji sudah terpasang dengan baik pada dinamometer maka dilakukan proses pengecekan pada kondisi pemasangan motor, pengecekan terhadap alat ukur dan sensor-sensor ukur yang terhubung pada terminal dinamometer serta mencatat kondisi ruangan pengujian yaitu suhu dan kelembaban udara ruangan.

b. Tahap Pengujian

Tahapan proses pengujian dapat diperinci sebagai berikut:

1. Mengatur volume bahan bakar pada tabung ukur (*buret*);

2. Mengatur arus yang masuk pada kumparan magnet
 3. Menghidupkan mesin dan mengoposisiskan percobaan pada rasio gigi 3
 4. Mengatur bukaan *throttle* hingga mencapai putaran mesin 3000 rpm;
 5. Memulai pengujian atau proses pengambilan data oleh mesin dinamometer dengan range putaran 3000 - 9000 rpm. Pengujian dilakukan dengan membuka *throttle* sampai 3000 rpm dan selanjutnya *throttle* dibuka secara penuh hingga mencapai putaran maksimal dan dilakukan penahanan dan pengujian selesai;
 6. Setelah mencapai putaran 9000 rpm pengambilan selesai (memberhentikan proses pengambilan data pada dinamometer);
 7. Mematikan motor dan membersihkan sisa bahan bakar.
- c. Mengulangi langkah 1 s.d 6 dengan variasi arus listrik dan variasi arah medan magnet.

d. Akhir Pengujian

Setelah proses pengujian atau pengambilan data selesai, langkah yang selanjutnya adalah:

1. Mematikan semua alat elektronik yang dipergunakan selama pengujian;
2. Melepaskan semua sensor-sensor serta perlengkapan lainnya dari mesin uji;
3. Menurunkan motor uji dan memeriksa seluruh keadaan bagian mesin uji (dinamometer) serta motor uji.

3.5.3 Pengolahan Data

Hasil dari pengujian akan diperoleh data sebagai berikut:

1. *Torque* (T);
2. Daya efektif motor (Ne);
3. Waktu konsumsi bahan bakar (t).

Dari data-data diatas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar dalam bentuk grafik. Data yang didapat berupa nilai sebagai berikut:

1. *Torque (N.m)*;
2. Daya efektif (*Ne*);
3. Waktu konsumsi bahan bakar (t).

3.5.4 Prosedur Uji Emisi:

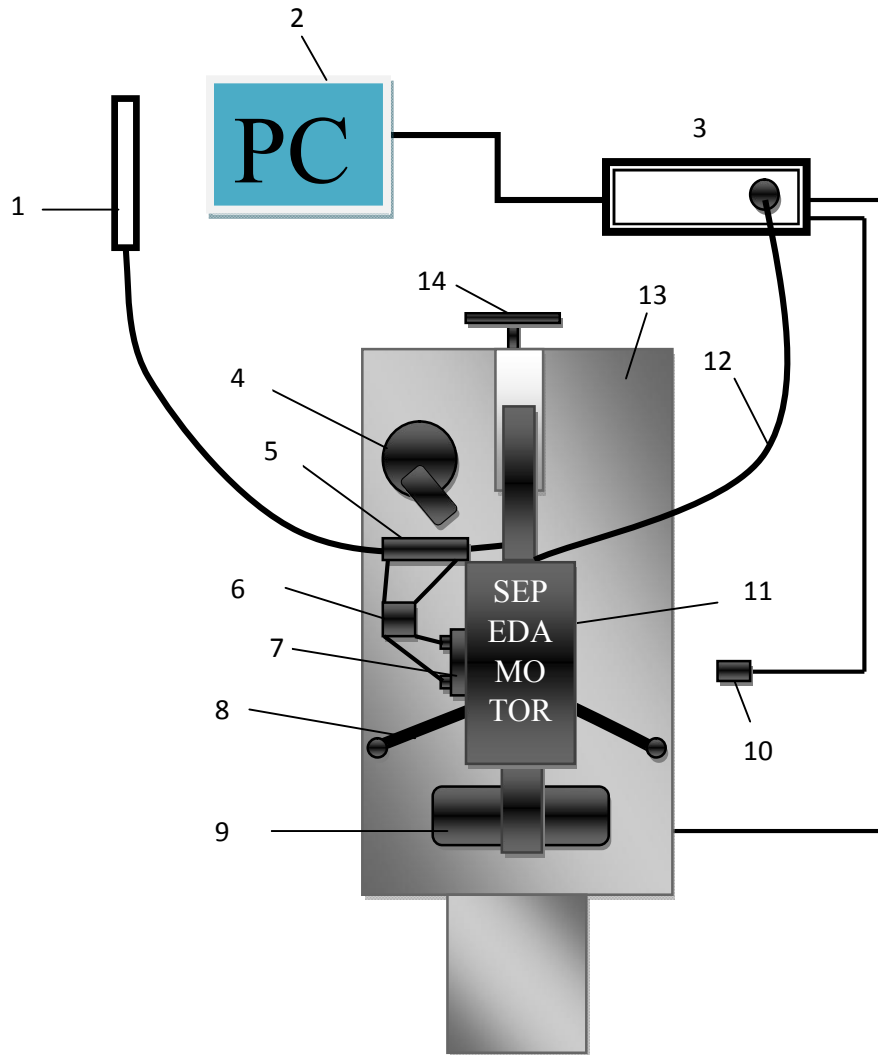
- a. Memeriksa dan mengganti oli mesin, busi dan melakukan *tune up* agar pembakaran dapat berlangsung baik dan sempurna.
- b. Mempersiapkan mesin yang akan diuji serta alat-alat ukur beserta pendukungnya seperti : *tachometer*, *stop watch*, *gas analyzer* dan magnet penghemat bahan bakar.
- c. Mengisi buret dengan bahan bakar yang akan di gunakan secukupnya dan mempersiapkan peralatan.
- d. Mengontrol saluran bahan bakar dari tangki yang menuju ke karburator untuk menyakinkan bahwa tidak ada selang yang tersumbat dan kebocoran, hal ini dilakukan agar dalam pengambilan data dapat diperoleh hasil yang optimal.

Dalam melakukan penelitian ini, pastikan posisi *trottle* (katub) terbuka penuh. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya yang dihasilkan oleh mesin pada putaran tertentu. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengambilan data sebagai berikut:

- a. Pengujian yang dilakukan berulang-ulang dengan menggunakan Bensin premium dan campuran bensin dengan etanol Menghidupkan mesin melalui stop kontak (*On*).
- b. Dilakukan pemanasan awal pada mesin percobaan, lama pemanasan dapat dilakukan selama kurang lebih 3 menit dengan tujuan untuk mendapatkan suhu mesin yang cukup. Hal ini untuk mengetahui dan menyakinkan kondisi mesin normal dan siap digunakan.

- c. Pemasangan peralatan *gas analyzer* pada mesin yang diuji.
- d. Menghidupkan *gas analyzer* pada posisi *on* (start).
- e. Melihat dan membaca perubahan komposisi gas hasil pembakaran yang terjadi pada monitor *gas analyzer*. Mengamati dan mencatat banyaknya kadar gas yang terbang.
- f. Setelah pengukuran atau pengambilan data keseluruhan yang dibutuhkan selesai.
- g. Pemasangan alat penghemat bahan bakar dengan panjang kumparan 12 cm elektromagnetik dengan jumlah lilitan 1000 lilitan dan variasi kuat arus 0.65A (4V), 1.30A (8V), 1.90A (12V) dengan arah medan magnet searah dan berlawanan arah aliran bahan bakar dan melakukan pengujian sama seperti diatas.

3.5.5 Skema Alat Uji

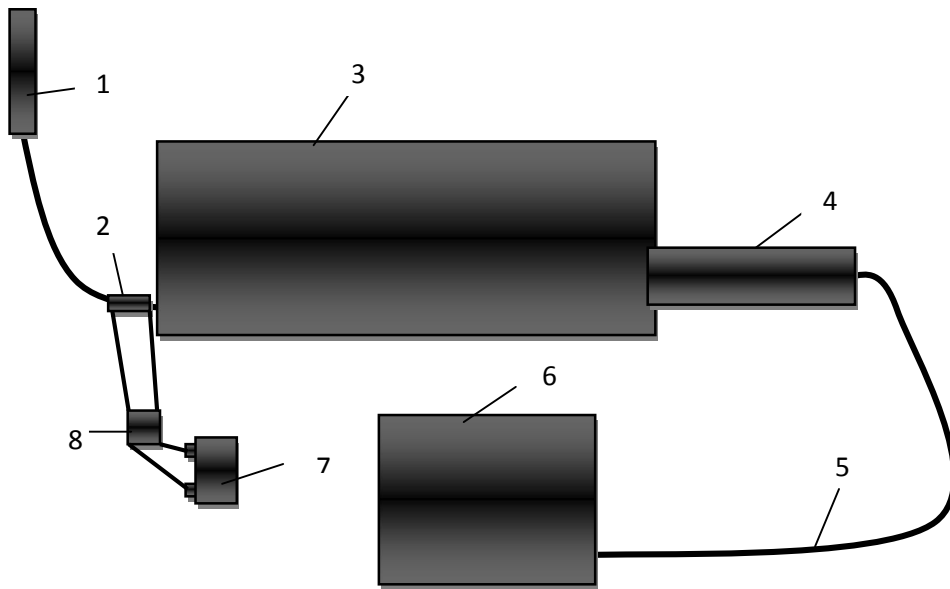


Gambar 3.1. Skema Mesin Uji Dinamometer

Keterangan Gambar Skema Alat Uji;

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Buret; | 6. Alat pengatur arus; |
| 2. Seperangkat komputer; | 7. Baterai (accu); |
| 3. Konsol pengkonversi; | 8. Tali pengikat motor uji; |
| 4. Blower; | 9. Roller dynamo meter; |
| 5. Kumparan elektromagnet; | 10. Tombol start dan end |

- 11. Motor yang di uji;
- 12. Kabel sensor rpm;
- 13. *Chasis Dynometer*
- 14. tuas pengatur posisi motor



Gambar 3.2. Skema Alat Uji Emisi Gas Buang

Keterangan gambar skema alat uji;

- 1. Buret;
- 2. Lilitan elektromagnet;
- 3. Sepeda motor;
- 4. Knalpot (mufler);
- 5. Selang sensor emisi gas buang;
- 6. Gas analizer
- 7. Baterei (accu)
- 8. Alat pengatur arus.

3.6 Pengukuran Parameter

3.6.1 Torsi dan Daya

Torsi dan daya dari motor bakar diperoleh dari hasil pengkonversian energi termal (panas) hasil pembakaran menjadi energi mekanik. Torsi didefinisikan sebagai besarnya momen putar yang terjadi pada poros out put mesin akibat adanya

pembebanan dengan sejumlah massa (kg), sedangkan daya didefinisikan sebagai besarnya tenaga yang dihasilkan motor tiap satu satuan waktu. Pengukuran torsi dapat dilakukan dengan meletakkan mesin yang akan diukur torsinya pada *engine testbed* dan poros keluaran di hubungkan dengan rotor dinamometer (Heywood,1988). Besarnya torsi dapat diperoleh dengan persamaan

$$T = I. \alpha \text{ [N.m]} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dengan T = Momen gaya yang dihasilkan (N.m)

$$I = \frac{1}{2} M.r^2 = \text{inersia roller (N/m}^2\text{)}$$

$$\alpha = \text{percepatan sudut (rad/sec}^2\text{)}$$

Dan daya efektif yang di dihasilkan oleh motor di peroleh dengan persamaan :

$$Ne = T. \omega = \frac{T.2.\pi.n}{60.75} = \frac{T.n}{716,2} \text{ (hp)} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dengan Ne = daya efektif (hp)

$$T = \text{torque (N m)}$$

$$\omega = \text{kecepatan angular poros (rad. detik}^{-1}\text{)}$$

$$n = \text{putaran poros engkol (rpm)}$$

3.6.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe)

Konsumsi bahan bakar spesifik mengindikasikan banyaknya bahan bakar yang di perlukan untuk menghasilkan satu satuan daya. Besarnya bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (SFC) dapat dihitung dengan persamaan :

$$FC = \frac{b}{t} . \gamma f . \frac{3600}{1000} \text{ (kg.Jam}^{-1}\text{)} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dengan:

$$FC = \text{konsumsi bahan bakar (kg/jam)}$$

$$b = \text{volume bahan bakar selama t detik (ml)}$$

t = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak b liter (detik)

γ_f = berat spesifik bahan bakar (kg/liter)

dari nilai konsumsi bahan bakar (FC) didapat *specific Fuel Consumption effective* (SFCe) dengan persamaan berikut:

$$SFCe = \frac{FC}{Ne} (kg \cdot hp^{-1} \cdot jam^{-1}) \dots \dots \dots (3.4)$$

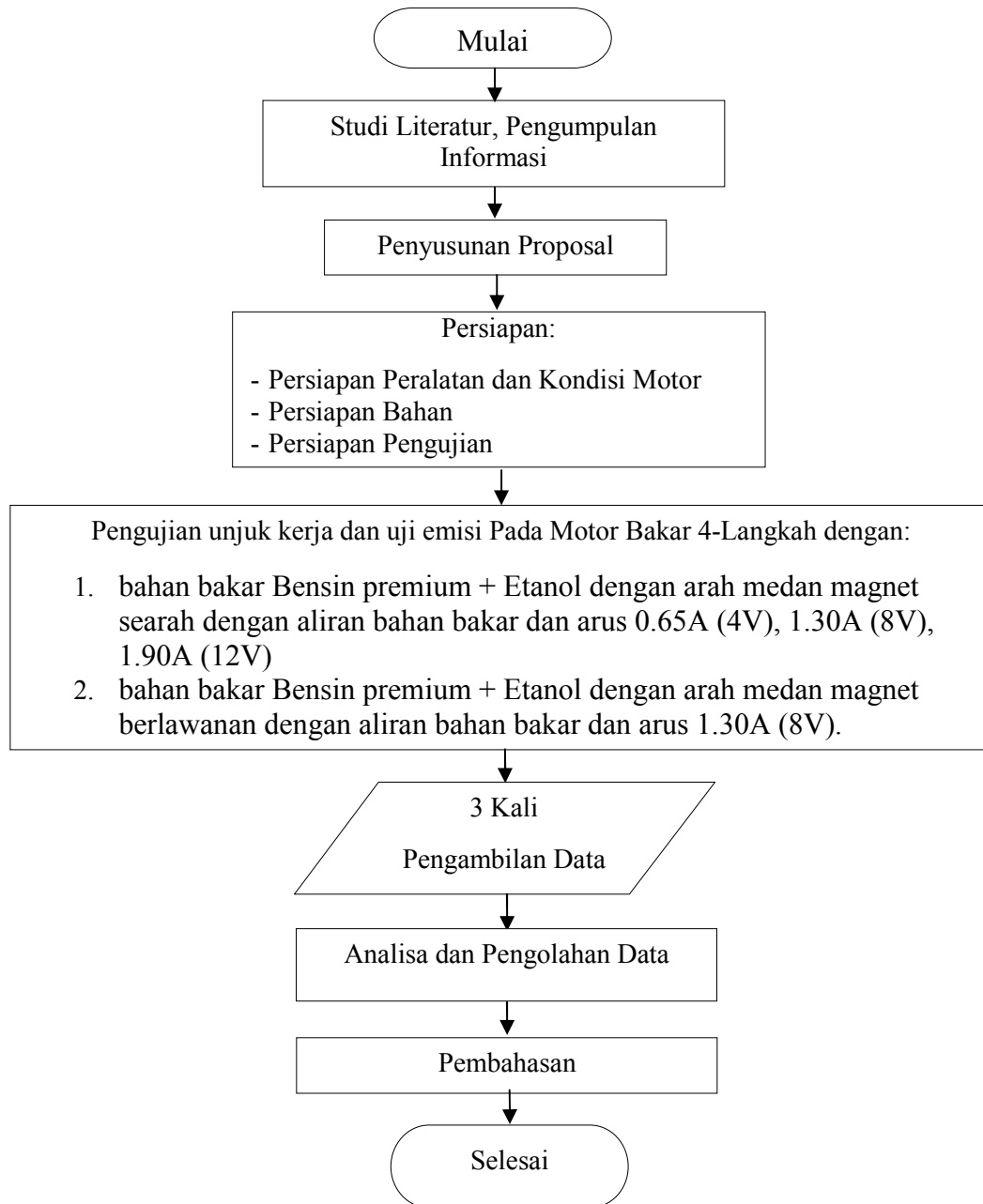
Dengan:

SFCe = konsumsi bahan bakar spesifik efektif (kg.hp⁻¹.jam⁻¹)

Fc = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

Ne = daya efektif (hp)

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian mengenai analisa variasi kuat arus dan arah medan magnet pada alat penghemat bahan bakar terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang motor bakar 4 langkah adalah sebagai berikut:

0.65A (4V), 1.30A (8V) dan 1.90A (12V)

1. Variasi kuat arus elektromagnet mempengaruhi unjuk kerja motor bakar empat langkah. Dengan variasi arus 0.65A (4V) sudah dapat meningkatkan unjuk kerja mesin. Namun hasil optimal diperoleh pada variasi arus 1.90A (12V). Karena pada elektromagnet 1.90A (12V) mampu menghasilkan medan magnet yang lebih besar sehingga pengaruhnya terhadap bahan bakar lebih besar juga.
2. Dari hasil pengujian didapatkan peningkatan daya maksimal sebesar 4.87% yaitu dari daya dari bahan bakar premium dengan penambahan elektromagnet 0.65A (4V) sebesar 6.05hp menjadi 6.37 hp menggunakan bahan bakar E10 dengan penambahan elektromagnet 1.90A (12V).
3. Konsumsi bahan bakar menurun dengan di tambahkannya Elektromagnet. Penurunan maksimal terjadi pada variasi bahan bakar E10 dengan variasi kuat arus 1.30A (8V) yaitu dari konsumsi bahan bakar premium dengan penambahan elektromagnet 0.65A (4V) sebesar 0.00141 kg/hp.jam menjadi 0.00107 kg/hp.jam. dengan demikian SFCE mengalami penurunan sekitar 24.11%.
4. Dengan penambahan elektromagnet bisa menurunkan emisi gas buang CO dan HC penurunan CO paling kecil terjadi pada penambahan elektromagnet dengan arus 1.30A (8V) yaitu sebesar 0.04%. kemudian HC paling kecil didapat pada penambahan elektromagnet 1.90A (12V) yaitu sebesar 58.67 ppm.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini yaitu antara lain:

1. Mengingat semakin besarnya arus listrik pada elektromagnet mengakibatkan elektromagnet menjadi panas dan mempengaruhi suhu bahan bakar, maka sebaiknya dilakukan pendinginan terlebih dahulu sebelum melakukan pengambilan data yang berikutnya.
2. Dalam pengambilan data, sebaiknya diberi interval waktu istirahat yang lebih lama lagi antara satu pengambilan data dengan pengambilan yang lain agar kondisi mesin dapat benar-benar dalam keadaan optimal.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk aplikasi penggunaan elektromagnet sebagai alat penghemat bahan bakar pada mesin diesel yang menggunakan bahan bakar solar.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwi, toni P. 2010. *Alat Penghemat Bahan Bakar Berbasis Elektromagnet*. PROTON, Vol. 2 No. 2/Hal. 13- 17. Malang : Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang.
- Endyani, Dwi, *et al.* 2010. *Pengaruh Campuran Bahan Bakar Bensin Dan Alkohol Dengan Menggunakan Elektromagnet Terhadap Performancemesin*. Jurnal PROTON, Vol. 2 No. 2/Hal. 18 – 22. Malang : Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang.
- F.D.N.Prasetyoet al. 2013. *Pengaruh Panjang Kumparan Magnet Pada Alat Penghemat Bahan Bakar Jenis Elektromagnetik Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah*. UNEJ JURNAL XXXXXXXXXX 2013, I (1): 1-5. Jember : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Hotlan M. Nababan. 2013. *Studi Kinerja Mesin Otto Menggunakan Bahan Bakar Bensin Dan Etanol 96%*. Jurnal e-Dinamis, Volume 4, No.4 Maret 2013 ISSN 2338-1035. Medan : Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 Medan Indonesia.
- Kementerian Negara Ristek (KNRT), 2006, *Buku Putih Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025*, Jakarta.
- Pratama,PEP. 2014. *Analisa Variasi Jumlah Lilitan Pada Alat Penghemat Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Motor Bensin 4 Langkah*. jurnal ROTOR, Volume 7 Nomor 1, April 2014. Jember : Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Saputro, Danang Aji. 2011. *Pengaruh Penambahan Metanol Pada Premium Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah Dengan Berbagai Sudut Pengapian*. Tidak dipublikasikan. Skripsi. Jember : Jurusan Teknik Mesin Strata Satu Fakultas Teknik Universitas Jember.

- Siregar, Houtman P.2006.”*Pengaruh Diameter Kawat Kumputan Alat Penghemat Energi yang Berbasis Elektromagnetik Terhadap Kinerja Motor Diesel*”. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Indonesia, Jakarta.
- Sulistiono, Feri. 2010. *Pengaruh Variasi Perbandingan Kompresi Ruang Bakar Pada Campuran Bahan Bakar Premium Etanol Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah*. Tidak dipublikasikan. Skripsi . jember : Jurusan Teknik Mesin Strata Satu Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Sugiarso, Bambang. 2003. *Pengaruh Kinerja Mesin Otto Dengan Magnetisasi Bahan Bakar* . Dalam Prosiding Seminar Nasional “Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri III”. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung.
- Suyatno, Agus. 2011. *Variasi Campuran Bahan Bakar Dengan Peralatan Elektromagnet Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Bakar Bensin 3 Silinder*. Jurnal PROTON, Vol. 3 No. 1/Hal 13 – 18. Malang : Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang.
- Suparyanto, *et al.* *Analisis Penggunaan X Power Dan Variasi Campuran Bahan Bakar Premium – Etanol Terhadap Kadar Gas Polutan Co Dan Hc Pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun 2009*. Jurnal. Surakarta : Prodi. Pendidikan Teknik Mesin , Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP, UNS.
- Sukrisno, Umar. 1997. *Motor Bensin*. cetakan ke 4. Jakarta : Erlangga.
- Wiratmaja, I gede. 2010. *Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin cakra. M Vol. 4 No.1. April 2010 (16-25). Bali : Mahasiswa S2 Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali.
- Yolanda J. Lewerissa. 2011. *Pengaruh Campuran Bahan Bakar Bensin Dan Etanol Terhadap Prestasi Mesin Bensin*. Jurnal ARIKA, Vol. 05, No. 2 Agustus 2011 ISSN: 1978-1105. Sorong : Dosen Jurusan Mesin, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.

LAMPIRAN

Lampiran 1

A. Lampiran. Perhitungan

Contoh perhitungan laporan skripsi yang berjudul “variasi kuat arus dan arah medan magnet pada saluran bahan bakar terhadap unjuk kerja motor bakar empat langkah dengan bahan bakar E10” adalah sebagai berikut:

Diketahui:

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. Gigi transmisi | = 3 |
| 2. Putaran mesin (n) | = 5000 rpm |
| 3. Massa Roller <i>dynamometer</i> (M) | = 225 kg |
| 4. Inersia Roller <i>dynamometer</i> (I) | = 1,46 kg.m ² |
| 5. Diameter Roller <i>dynamometer</i> (D) | = 252 mm |
| 6. Berat spesifik bahan bakar (γ_f) | = 0,71 g/ml |

1) Perhitungan untuk Mesin Berbahan Bakar Premium

Pada kondisi transmisi gigi 3 dengan data yang tercantum diatas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar sebagai berikut:

a. Torsi (T)

$$T = I \times \alpha \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

Torsi yang dihasilkan sesuai dengan besarnya inersia roller 1,46 kg.m² dikalikan percepatan putar roller (α), dan nilai torsi rata-rata pada putaran 5000 rpm transmisi gigi tiga adalah 6,04 Nm.

b. Daya (hp)

Nilai daya efektif dapat diketahui pada dinamometer yakni 3,35 kW atau 4,492 hp

c. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe)

$$SFCe = \frac{FC}{Ne} \text{ (kg/hp.jam),}$$

$$FC = \frac{V}{t} \times \gamma_f \times \frac{3600}{1000} \text{ (kg/jam)} = \frac{7.07}{11.33} \times 0,71 \times \frac{3600}{1000} = 1.593741 \text{ (kg/jam)}$$

$$SFCe = \frac{FC}{Ne} \text{ (kg/hp.jam)}$$

= FC / Daya efektif saat akselerasi (daya dari rata-rata luasan grafik).

$$= \left(\frac{1.5933741 \text{ kg/jam}}{1272.71 \text{ hp}} \right) = 0,00125 \text{ kg/hp. jam}$$

Lampiran 2

A. Hubungan torsi dan daya terhadap putaran mesin pada mesin berbahan bakar premium dengan arus electromagnet 0.65A (4V)

PREMIUM 0.65A (4V)								
	PERCOBAAN 1		PERCOBAAN 2		PERCOBAAN 3		RATA-RATA	
RPM	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI
3000	3.63	7.70	3.61	7.72	3.67	7.79	3.64	7.74
3250	3.72	7.40	3.67	7.36	3.61	7.19	3.66	7.32
3500	3.59	6.74	3.54	6.64	3.55	6.68	3.56	6.69
3750	3.74	6.56	3.76	6.63	3.82	6.69	3.77	6.63
4000	3.98	6.58	4.00	6.60	3.91	6.47	3.96	6.55
4250	4.18	6.55	4.09	6.40	4.14	6.47	4.14	6.47
4500	4.38	6.47	4.44	6.58	4.45	6.60	4.42	6.55
4750	4.74	6.66	4.61	6.49	4.54	6.43	4.63	6.53
5000	4.81	6.45	4.83	6.47	4.89	6.57	4.84	6.50
5250	5.02	6.42	5.11	6.56	5.08	6.48	5.07	6.49
5500	5.31	6.53	5.19	6.36	5.30	6.47	5.27	6.45
5750	5.40	6.34	5.61	6.59	5.63	6.60	5.54	6.51
6000	5.70	6.42	5.50	6.20	5.55	6.28	5.58	6.30
6250	5.61	6.09	5.90	6.37	5.89	6.38	5.80	6.28
6500	5.93	6.20	5.79	6.05	5.90	6.16	5.88	6.14
6750	5.86	5.91	6.02	6.07	5.97	6.03	5.95	6.00
7000	5.92	5.77	5.97	5.82	6.07	5.92	5.99	5.84
7250	6.07	5.72	5.96	5.63	5.92	5.57	5.98	5.64
7500	5.89	5.39	6.15	5.62	6.10	5.57	6.05	5.53
7750	5.60	4.98	5.97	5.29	5.96	5.28	5.84	5.18
8000	5.53	4.76	5.64	4.86	5.70	4.90	5.63	4.84
8250	5.57	4.65	5.56	4.64	5.58	4.66	5.57	4.65
8500	5.45	4.42	5.49	4.46	5.47	4.44	5.47	4.44
8750	5.20	4.11	5.25	4.15	5.22	4.13	5.22	4.13
9000	4.92	3.78	5.06	3.90	5.13	3.94	5.04	3.87

B. Hubungan torsi dan daya terhadap putaran mesin pada mesin berbahan bakar E10 dengan arus electromagnet 0.65A (4V)

E10 0.65A (4V)								
	PERCOBAAN 1		PERCOBAAN 2		PERCOBAAN 3		RATA-RATA	
RPM	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI
3000	3.36	7.26	3.41	7.32	3.42	7.32	3.40	7.30
3250	3.14	6.33	3.26	6.53	3.18	6.41	3.19	6.42
3500	3.31	6.22	3.43	6.44	3.37	6.34	3.37	6.33
3750	3.62	6.36	3.56	6.29	3.64	6.43	3.60	6.36
4000	3.79	6.29	3.82	6.32	3.81	6.32	3.81	6.31
4250	4.02	6.27	4.05	6.36	4.01	6.26	4.03	6.30
4500	4.28	6.35	4.16	6.19	4.30	6.38	4.24	6.31
4750	4.40	6.22	4.64	6.52	4.47	6.29	4.50	6.34
5000	4.84	6.48	4.65	6.25	4.69	6.29	4.73	6.34
5250	4.90	6.28	5.00	6.39	4.99	6.39	4.96	6.35
5500	5.19	6.34	5.28	6.48	5.13	6.27	5.20	6.36
5750	5.39	6.34	5.32	6.24	5.48	6.45	5.40	6.34
6000	5.56	6.26	5.65	6.38	5.52	6.21	5.58	6.28
6250	5.72	6.23	5.70	6.18	5.80	6.30	5.74	6.24
6500	5.80	6.07	5.86	6.12	5.78	6.04	5.81	6.08
6750	5.82	5.88	5.96	6.01	5.93	5.98	5.90	5.96
7000	6.09	5.92	5.78	5.64	6.17	6.00	6.01	5.85
7250	6.04	5.69	6.14	5.80	6.00	5.66	6.06	5.72
7500	5.99	5.47	5.96	5.44	6.15	5.61	6.03	5.51
7750	6.16	5.46	5.84	5.17	6.14	5.43	6.05	5.35
8000	6.10	5.23	5.86	5.04	5.90	5.06	5.95	5.11
8250	5.83	4.85	5.97	4.99	5.73	4.79	5.84	4.88
8500	5.46	4.43	5.75	4.67	5.63	4.57	5.61	4.56
8750	5.54	4.37	5.67	4.47	5.51	4.35	5.57	4.40
9000	5.42	4.16	5.35	4.11	5.26	4.04	5.34	4.10

C. Hubungan torsi dan daya terhadap putaran mesin pada mesin berbahan bakar premium dengan arus electromagnet 1.30A (8V)

E10 1.30A (8V)								
	PERCOBAAN 1		PERCOBAAN 2		PERCOBAAN 3		RATA-RATA	
RPM	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI
3000	3.49	7.50	3.48	7.49	3.51	7.50	3.49	7.50
3250	3.29	6.60	3.29	6.59	3.33	6.70	3.30	6.63
3500	3.38	6.35	3.39	6.38	3.45	6.49	3.41	6.41
3750	3.61	6.34	3.60	6.33	3.62	6.36	3.61	6.34
4000	3.91	6.47	3.87	6.41	3.84	6.38	3.87	6.42
4250	4.10	6.44	4.13	6.45	4.16	6.49	4.13	6.46
4500	4.26	6.31	4.26	6.32	4.28	6.35	4.27	6.33
4750	4.57	6.46	4.50	6.35	4.57	6.41	4.55	6.41
5000	4.64	6.22	4.79	6.42	4.83	6.47	4.75	6.37
5250	5.07	6.46	4.99	6.40	4.99	6.41	5.02	6.42
5500	5.22	6.39	5.33	6.51	5.41	6.61	5.32	6.50
5750	5.43	6.36	5.38	6.31	5.40	6.34	5.40	6.34
6000	5.65	6.36	5.79	6.54	5.73	6.45	5.72	6.45
6250	5.67	6.16	5.65	6.13	5.69	6.18	5.67	6.16
6500	5.92	6.19	5.95	6.22	6.04	6.30	5.97	6.24
6750	5.95	6.00	5.99	6.02	5.93	5.99	5.95	6.00
7000	5.94	5.80	6.02	5.88	6.08	5.92	6.01	5.87
7250	6.19	5.83	6.24	5.88	6.16	5.80	6.20	5.84
7500	6.02	5.49	6.05	5.51	6.07	5.55	6.05	5.52
7750	5.89	5.22	5.95	5.28	6.12	5.42	5.99	5.31
8000	5.98	5.15	6.00	5.16	6.17	5.29	6.05	5.20
8250	5.91	4.94	6.05	5.04	6.10	5.09	6.02	5.02
8500	5.84	4.74	5.94	4.81	5.88	4.77	5.89	4.77
8750	5.67	4.48	5.76	4.55	5.61	4.43	5.68	4.49
9000	5.39	4.15	5.49	4.22	5.47	4.20	5.45	4.19

D. Hubungan torsi dan daya terhadap putaran mesin pada mesin berbahan bakar premium dengan arus electromagnet 1.90A (12V)

E10 1.90A (12V)								
RPM	PERCOBAAN 1		PERCOBAAN 2		PERCOBAAN 3		RATA-RATA	
	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI
3000	3.73	7.96	3.81	8.11	3.73	7.91	3.75	7.99
3250	3.62	7.25	3.67	7.32	3.55	7.07	3.61	7.21
3500	3.58	6.71	3.64	6.79	3.61	6.78	3.61	6.76
3750	3.84	6.74	3.94	6.89	3.81	6.72	3.86	6.78
4000	4.04	6.70	4.12	6.82	4.13	6.80	4.10	6.77
4250	4.22	6.57	4.27	6.68	4.33	6.79	4.27	6.68
4500	4.58	6.76	4.61	6.83	4.49	6.62	4.56	6.74
4750	4.69	6.58	4.75	6.69	4.87	6.82	4.77	6.70
5000	4.95	6.64	5.07	6.76	4.98	6.65	5.00	6.68
5250	5.25	6.70	5.33	6.80	5.24	6.67	5.27	6.72
5500	5.31	6.51	5.42	6.61	5.56	6.79	5.43	6.64
5750	5.75	6.71	5.87	6.86	5.67	6.64	5.76	6.74
6000	5.68	6.40	5.80	6.52	5.99	6.75	5.82	6.56
6250	5.99	6.50	6.11	6.61	5.92	6.42	6.01	6.51
6500	5.93	6.19	6.04	6.31	6.25	6.52	6.07	6.34
6750	6.29	6.34	6.32	6.36	6.08	6.12	6.23	6.27
7000	6.09	5.93	6.28	6.09	6.37	6.19	6.24	6.07
7250	6.25	5.89	6.43	6.07	6.43	6.04	6.37	6.00
7500	6.29	5.72	6.28	5.72	6.18	5.64	6.25	5.69
7750	5.90	5.23	5.99	5.31	6.35	5.61	6.08	5.38
8000	5.82	5.01	6.03	5.17	6.40	5.48	6.08	5.22
8250	5.88	4.92	6.16	5.14	6.12	5.09	6.05	5.05
8500	5.81	4.71	6.03	4.89	5.85	4.74	5.89	4.78
8750	5.67	4.48	6.04	4.76	5.70	4.51	5.81	4.58
9000	5.49	4.22	5.81	4.46	5.57	4.28	5.62	4.32

- E. Hubungan torsi dan daya terhadap putaran mesin pada mesin berbahan bakar premium dengan arus electromagnet 1.30A (8V) dengan arah medan magnet berlawanan dengan aliran bahan bakar

E10 1.30A (8V) BERLAWANAN								
RPM	PERCOBAAN 1		PERCOBAAN 2		PERCOBAAN 3		RATA-RATA	
	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI	DAYA	TORSI
3000	3.73	7.96	3.73	7.96	3.42	7.37	3.62	7.76
3250	3.62	7.25	3.62	7.25	3.29	6.59	3.51	7.03
3500	3.58	6.71	3.58	6.71	3.56	6.67	3.57	6.70
3750	3.84	6.74	3.84	6.74	3.88	6.81	3.85	6.76
4000	4.04	6.70	4.04	6.70	4.03	6.67	4.04	6.69
4250	4.22	6.57	4.22	6.57	4.23	6.62	4.22	6.59
4500	4.58	6.76	4.58	6.76	4.57	6.78	4.58	6.77
4750	4.69	6.58	4.69	6.58	4.64	6.54	4.67	6.57
5000	4.95	6.64	4.95	6.64	5.00	6.72	4.96	6.67
5250	5.25	6.70	5.25	6.70	5.20	6.64	5.23	6.68
5500	5.31	6.51	5.31	6.51	5.41	6.61	5.35	6.54
5750	5.75	6.71	5.75	6.71	5.72	6.70	5.74	6.71
6000	5.68	6.40	5.68	6.40	5.67	6.39	5.68	6.40
6250	5.99	6.50	5.99	6.50	6.12	6.62	6.04	6.54
6500	5.93	6.19	5.93	6.19	5.98	6.24	5.95	6.21
6750	6.29	6.34	6.29	6.34	6.20	6.23	6.26	6.30
7000	6.09	5.93	6.09	5.93	6.30	6.14	6.16	6.00
7250	6.25	5.89	6.25	5.89	6.26	5.91	6.25	5.90
7500	6.29	5.72	6.29	5.72	6.45	5.87	6.34	5.77
7750	5.90	5.23	5.90	5.23	6.33	5.59	6.04	5.35
8000	5.82	5.01	5.82	5.01	6.02	5.18	5.88	5.07
8250	5.88	4.92	5.88	4.92	6.09	5.08	5.95	4.97
8500	5.81	4.71	5.81	4.71	6.04	4.90	5.89	4.77
8750	5.67	4.48	5.67	4.48	5.85	4.61	5.73	4.52
9000	5.49	4.22	5.49	4.22	5.68	4.36	5.55	4.27

F. Table hasil pengujian emisi gas buang

premium 0.65A (4V)	1	2	3	rata-rata
CO	0.04	0.05	0.05	0.05
CO ₂	1.6	1.7	1.6	1.63
HC	77	85	74	78.67
O ₂	17.54	17.45	17.61	17.53
E10. 0.65A (4V)	1	2	3	rata-rata
CO	0.06	0.06	0.07	0.06
CO ₂	2	1.9	2	1.97
HC	117	105	104	108.67
O ₂	16.97	17.21	16.96	17.05
E10. 1.30A (8V)	1	2	3	rata-rata
CO	0.04	0.04	0.04	0.04
CO ₂	1.9	2.1	2	2.00
HC	93	95	96	94.67
O ₂	16.97	16.81	16.91	16.90
E10. 1.90A (12V)	1	2	3	rata-rata
CO	0.1	0.1	0.1	0.10
CO ₂	2.2	2.2	2.1	2.17
HC	61	58	57	58.67
O ₂	17.02	16.91	17.22	17.05
E10. 1.30A (8V) berlawanan	1	2	3	rata-rata
CO	0.06	0.07	0.07	0.07
CO ₂	2	2	2.1	2.03
HC	100	103	98	100.33
O ₂	17.14	17.1	16.99	17.08

G. Table FC dalam 1x tarikan pengujian

premium	BB (ml)	7.6	7.6	7.4	7.53
	waktu	11	11	10	10.67
0.65A (4V)	suhu mesin	120	123	130	124.33
	BB (ml)	7.2	7	7	7.07
E10 - 0.65A (4V)	waktu	12	11	11	11.33
	suhu mesin	153	129	141	141
E10 - 1.30A (8V)	BB (ml)	5	7.2	7.2	6.47
	waktu	10	13	13	12
E10 -1.90A (12V)	suhu mesin	148	147	152	149
	BB (ml)	7.2	7	7.2	7.13
E10 -1.90A (12V)	waktu	12	11	12	11.67
	suhu mesin	137	151	163	150.33
E10 - 1.30A (8V)	BB (ml)	7.4	7	7	7.13
	waktu	11	10	10	10.33
BL	suhu mesin	135	152	171	152.67

H. Tabel konsumsi bahan bakar

Konsumsi bahan bakar (FC)				
PREMIUM 0.65A (4V)	E10 0.65A (4V)	E10 1.30A (8V)	E10 1.90A (12V)	E10 1.30A (8V) Berlawanan
1.80518	1.593741	1.3774	1.5628114	1.7644645

I. Tabel konsumsi bahan bakar spesifik efektif

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe)				
PREMIUM 0.65A (4V)	E10 0.65A (4V)	E10 1.30A (8V)	E10 1.90A (12V)	E10 1.30A (8V) Berlawanan
0.00141	0.00125	0.00107	0.00117	0.00133

Lampiran 3

A. Foto Penelitian



Gambar 3.1 Kumparan Elektromagnet



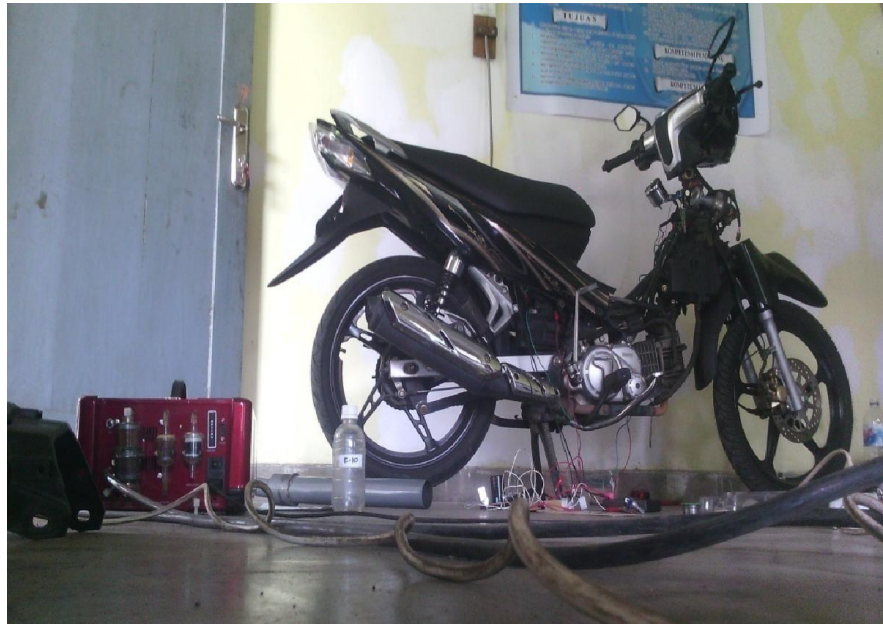
Gambar 3.2 Dinamometer (*dyno test*)



Gambar 3.3 Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Elektromagnet



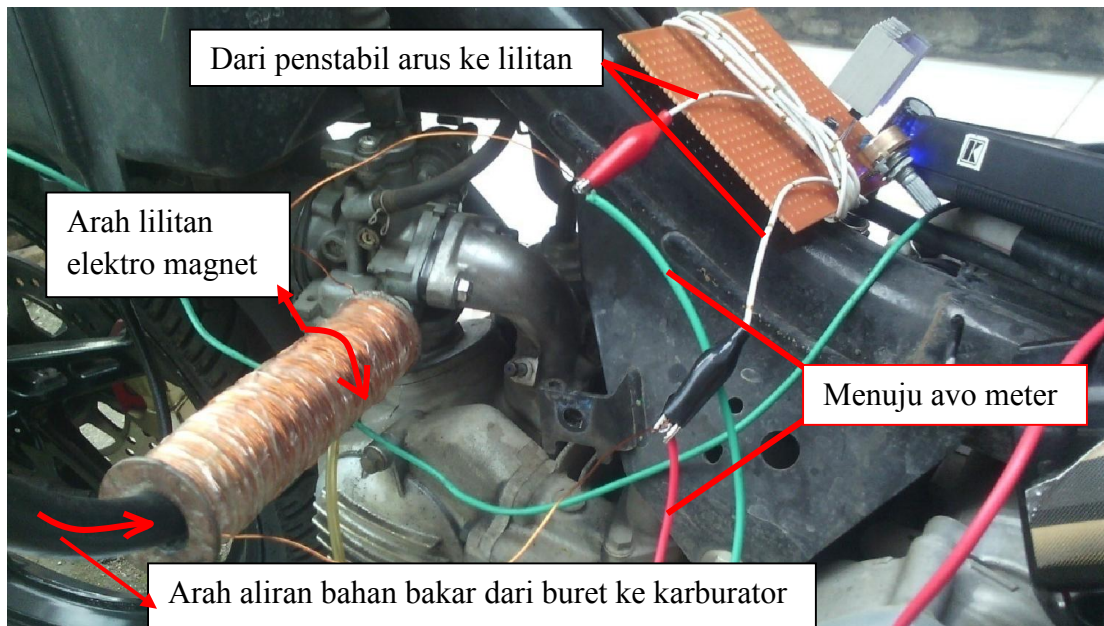
Gambar 3.4 Foto Pengambilan Data



Gambar 3.5 Foto Pengambilan Data Uji Emisi



Gambar 3.6 Foto Data Dari Gas Analyzer



Gambar 3.7 Pemasangan Elektromagnet Pada Saluran Bahan Bakar