



**PENGARUH MAGNETISASI BAHAN BAKAR PADA *FUEL FEED LINE*
TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BAKAR
4-LANGKAH**

SKRIPSI

Oleh

**Ikhwanudin
NIM 101910101040**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH MAGNETISASI BAHAN BAKAR PADA *FUEL FEED LINE*
TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BAKAR
4-LANGKAH**

SKRIPSI

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

Oleh

**Ikhwanudin
NIM 101910101040**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Sudarsih dan Ayahanda Hafidzin tercinta yang selalu menjadi motivasi dalam pengerjaan skripsi ini;
2. UKM MAHADIPA yang memberikan banyak pembelajaran dalam berproses baik di dalam maupun di luar bangku perkuliahan;
3. Sahabat sekaligus keluargaku, Adi Purnomo, Decky Pradana, Yurike Elok P., Dovy Risiko B., yang selalu memberikan suport, bantuan dan semangat dalam pengerjaan skripsi ini;
4. Teman-teman baik dibangku perkuliahan ataupun diluar bangku perkuliahan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu;
5. Guru-guruku sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Sudah bergunakah anda hari ini?
Lakukanlah setidaknya satu hal yang berguna untuk hari ini”

(MAHADIPA)

“Bila kita takpernah melakukan kesalahan, ada baiknya kita lihat lagi langkah kita.
Jangan jangan kita tak melangkah sama sekali.

“Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya; hidup di tepi jalan dan dilempari
orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah.”

(Abu Bakar Sibli)

“Jangan takut untuk mengambil satu langkah besar bila memang itu diperlukan. Kita
takkan bisa meloncati sebuah jurang dengan dua langkah kecil.”

(David Llyod George)

“ALLAH tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah ayat 286)*)

*)Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al-Qur'an dan Terjemahannya.
Semarang:PT Kumundasmoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Ikhwanudin**

NIM : **101910101040**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Magnetisasi Bahan Bakar Pada *Fuel Feed Line* Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4-Langkah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

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

Jember, 26 November 2015

Yang menyatakan,

(Ikhwanudin)

NIM 101910101040

SKRIPSI

**PENGARUH MAGNETISASI BAHAN BAKAR PADA *FUEL FEED LINE*
TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BAKAR
4-LANGKAH**

Oleh

Ikhwanudin
NIM 101910101040

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T.,M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. R. Koekoeh K.W., S.T.,M.Eng.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Magnetisasi Bahan Bakar Pada *Fuel Feed Line* Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4-Langkah” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 26 November 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

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

Dr. R. Koekoeh K.W., S.T., M.Eng.
NIP 19670708 199412 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.
NIP 19751006 200212 1 002

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP 19850117 201212 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Pengaruh Magnetisasi Bahan Bakar Pada Fuel Feed Line Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4-Langkah; Ikhwanudin, 101910101040; 2015: 73 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Unjuk kerja dari motor yang semakin lama semakin menurun berdampak pada kecenderungan masyarakat untuk mengganti motor lama dengan yang baru. Langkah cerdas untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menganalisa penyebab-penyebab yang mengakibatkan kinerja kendaraan bermotor menurun serta mencari solusi yang paling tepat. Salah satu penyebab kinerja motor yang menurun adalah proses pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan lilitan solenoid penghasil medan elektromagnet pada *fuel feed line* motor bensin 4-langkah dengan variasi luas penampang terhadap unjuk kerja motor. Penelitian dimulai dengan pembuatan lilitan solenoid dengan menggunakan bahan kawat berdiameter 0,6 mm, panjang lilitan 120 mm, sebanyak 1000 lilitan.

Adapun nilai torsi tertinggi pada putaran 4000-7000 rpm dicapai oleh solenoid D sebesar 9,306 Nm, dan daya rata-rata tertinggi pada putaran tersebut diperoleh oleh solenoid A dengan pencapaian sebesar 7,659 hp. Konsumsi bahan bakar terendah terdapat pada penggunaan solenoid D dengan peningkatan efisiensi sebesar 18,09 %. Hasil pengujian emisi gas buang menunjukkan penggunaan solenoid C yang paling mendekati ideal.

SUMMARY

The Influence Fuel Magnetization on the Fuel Feed Line to the Performance of 4-Stroke Internal Combustion Engine; Ikhwanudin, 101910101040; 2015: 73 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

Motor performance which is getting lower has its impacts on people's tendency to change their old motor to the new one. A brilliant step to overcome this problem is by analyzing the reasons on what makes the motor performance low and identifying the appropriate solution. One of the reasons which make the motor performance low is that the imperfect fuel burning process.

Therefore, the purpose of this research is to identify the effect of using solenoid convolution producing electromagnet field on 4-stroke fuel motor fuel feed line varying on the square section to the motor performance. This research starts by producing solenoid convolution by using 0.6 mm wire in diameter, 120mm convolution inlength consisting of 1000 convolutions.

Maximum torque value on the 4000-7000 rpm round produce by D solenoid is 9.306 Nm, and the maximum average power in that round achieves by solenoid A in the amount of 7.659 hp. The lowest fuel consumption in solenoid D which significantly increasingthe efficiency 18.09%. The exhaust gas emissions test result shows that the using of solenoid C is better.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “ Pengaruh Magnetisasi Bahan Bakar Pada *Fuel Feed Line* Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4-Langkah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dalam hidup ini.
2. Ayah Hafidzin dan Ibu Sudarsih yang telah menjadi orang tua yang sangat baik dalam hal mendidik, mengarahkan, memberi nasehat demi kehidupan penulis yang lebih baik, selalu memberikan kasih sayang, perhatian, materi, dan yang terpenting adalah doa yang selalu beliau haturkan setiap saat untuk penulis dan keluarga.
3. Bapak Hary Sutjahjono, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, Dr. R. Koekoeh K.W, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Bapak Dr. Salahudin Junus, S.T.,M.T. dan Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah banyak sekali memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;

6. Kepada MAHADIPA dan saudara-saudaraku yang memberikan banyak pelajaran dan mengajarkan arti kebersamaan, dan kekeluargaan seperti halnya slogan yang selalu kita bangga-banggakan “BERSAMA BERSODARA”.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, 26 November 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Motor Bakar	5
2.1.1 Motor Bakar bensin	6
2.1.2 Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah.....	8
2.1.3 Pembakaran Pada Motor Bensin.....	11
2.1.4 Konsep Reaksi Pembakaran.....	11
2.2 Unjuk Kerja Mesin Otto	12
2.2.1 Torsi, (T).....	12
2.2.2 Daya Efektif Motor, (Ne).....	13
2.2.3 Konsumsi Bahan Bakar (FC).....	13

2.3 Emisi Gas Buang	14
2.4 Bahan Bakar	16
2.4.1 Bahan Bakar Premium	17
2.4.2 Syarat-Syarat Bahan Bakar Untuk Motor Bakar Bensin	18
2.5 Magnet dan Efek Magnetisasi Pada Bahan Bakar	20
2.5.1 Magnet	20
2.5.2 Medan Magnet	22
2.5.3 Efek Magnetisasi Pada Bahan Bakar	23
2.5.4 Cara Membuat Magnet Dengan Arus Listrik	24
BAB 3.METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metodologi Penelitian	27
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Kegiatan Penelitian	27
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1 Alat.....	27
3.3.2 Bahan	29
3.4 Variabel Penelitian	30
3.4.1 Variabel Bebas	30
3.4.2 Variabel Terikat	30
3.5 Metode Pengumpulan Data	30
3.5.1 Data Primer	31
3.5.2 Data Sekunder.....	31
3.6 Metode Pengolahan Data	31
3.7 Pengamatan dan Tahap Pengujian	31
3.8 Prosedur Penelitian	31
3.9 Metode Uji Penelitian	31
3.10 Diagram Alir Penelitian	33
3.11 Prosedur Pembuatan Lilitan Selenoid	35
3.12 Prosedur Pengujian	36
3.13 Hipotesa	37

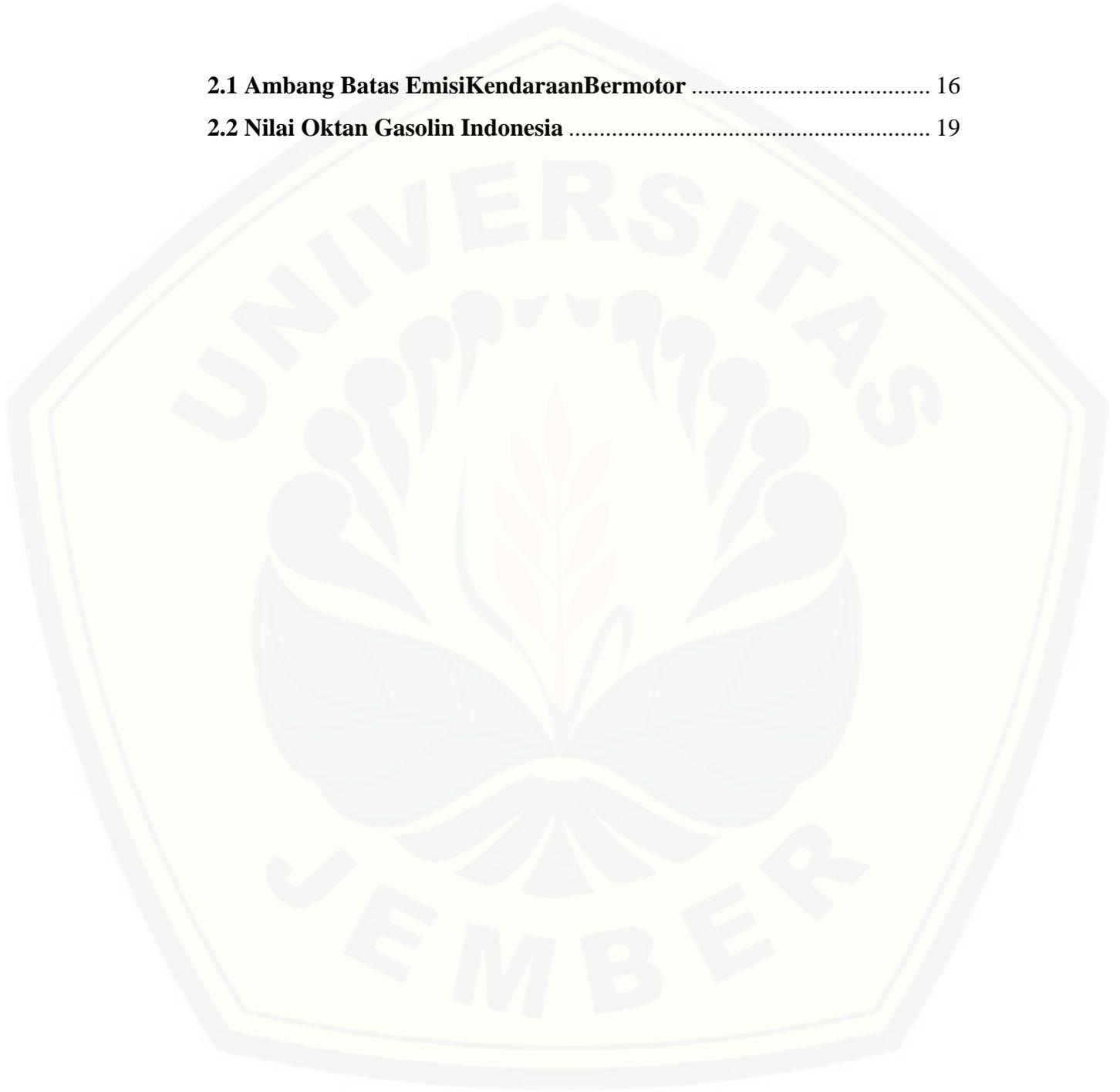
3.14 Akhir Pengambilan Data	38
3.15 Pengolahan Data	38
3.16 Skema Alat Uji	38
BAB 4.HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian	42
4.1.1 Pengujian <i>Dinamometer</i>	42
4.1.2 Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	42
4.1.3 Pengujian <i>Gas Analyzer</i>	43
4.2 Pengolahan Data	43
4.3 Pembahasan	43
4.3.1 Momen putar (torsi)	44
4.3.2 Daya Efektif (Ne).....	45
4.3.3 Konsumsi Bahan Bakar (FC).....	47
4.3.4 Analisa Gas Buang.....	48
4.3.4.1 Emisi CO	48
4.3.4.2 Emisi HC	49
4.3.4.3 Gas Buang CO ₂	50
4.3.4.4 Gas Buang O ₂	50
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1 Skema sistem bahan bakar bensin	5
2.2 Siklus Motor 4 Langkah motor bensin	7
2.3 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar SIE.....	8
2.4 Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah.	9
2.5 Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin.....	10
2.6 Diagram Alir Prestasi Mesin	13
2.7 Serbuk Besi Yang Mengisi Medan Magnet.....	20
2.8 Garis Gaya Medan Magnet.	21
2.9 Molekul Termagnetisasi.....	23
2.10 Pemecahan Molekul Hidrokarbon.....	24
2.11 Alur Pemasangan Alat Elektromagnetik	25
3.1 Diagram Alir Penelitian.	33
3.2 Skema alat uji.....	39
3.3 Alat penghasil magnet dengan lilitan selenoid.....	40
3.4 Skema pemasangan lilitan solenoid.	41
4.1 Grafik Nilai Torsi Mesin dengan variasi luas penampang.	44
4.2 Grafik Nilai Daya Mesin Dengan Variasi Luas Penampang	46
4.3 Grafik Nilai <i>Fuel Consumption</i> dengan variasi luas penampang .	47
4.4 Grafik prosentase CO terhadap variasi luas penampang selenoid.	48
4.5 Grafik prosentase HC terhadap variasi luas penampang selenoid.	49
4.6 Grafik prosentase CO ₂ terhadap variasi luas penampang solenoid	50
4.7 Grafik prosentase O ₂ terhadap variasi luas penampang selenoid	51

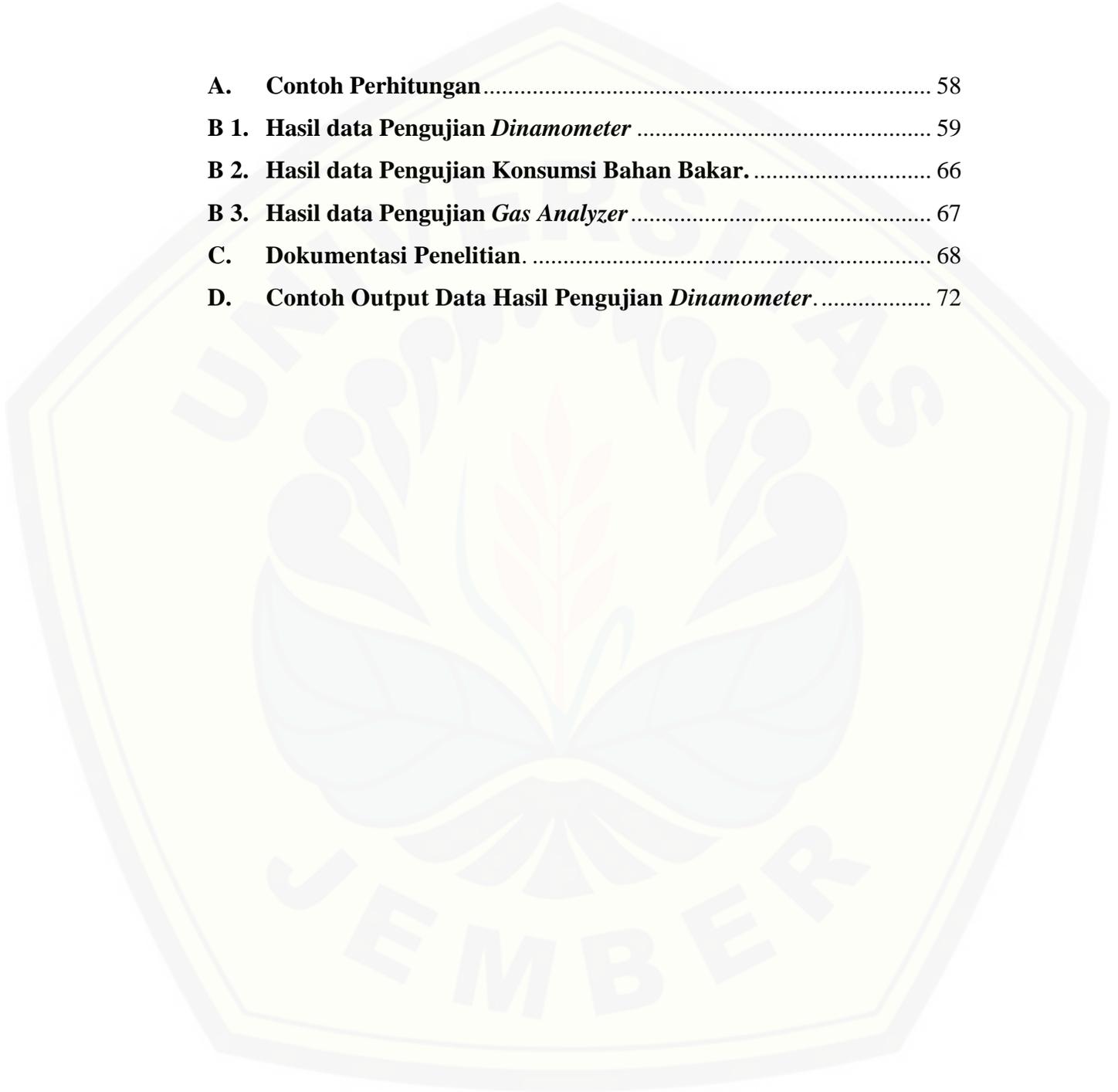
DAFTAR TABEL

2.1 Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor	16
2.2 Nilai Oktan Gasolin Indonesia	19



DAFTAR LAMPIRAN

A.	Contoh Perhitungan.....	58
B 1.	Hasil data Pengujian <i>Dinamometer</i>	59
B 2.	Hasil data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	66
B 3.	Hasil data Pengujian <i>Gas Analyzer</i>	67
C.	Dokumentasi Penelitian.....	68
D.	Contoh Output Data Hasil Pengujian <i>Dinamometer</i>	72



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, industri-industri besarkendaraan bermotor terus bersaing dalam inovasi produk yang mereka unggulkan sehingga banyak bermunculan berbagai varian motor dengan keunggulannya masing-masing. Namun pada era global seperti sekarang ini alangkah lebih baiknya jika masyarakat sebagai konsumen tidak selalu terlena dengan produk yang ditawarkan oleh produsen kendaraan bermotor. Sepatutnya masyarakat harus berpikir bijak untuk mengurangi kebiasaan konsumtifnya sebagai manusia.

Unjuk kerja dari motor yang semakin lama semakin menurun berdampak pada kecenderungan masyarakat untuk mengganti motor lama dengan yang baru. Peran bahan bakar pada kendaraan bermotor (motor bakar) sangat penting dalam proses pembakaran karena dapat mempengaruhi performa dari mesin secara keseluruhan. Kurang optimalnya sebuah unjuk kerja dari motor bakar disebabkan oleh beberapa hal, salah satu penyebab utamanya adalah proses pembakaran dalam ruang bakar yang tidak sempurna. Dewasa ini pada umumnya perlakuan pada sistem saluran bahan bakar yang diberikan hanya sebatas pemberian filter. Tidak ada perlakuan khusus lain yang diberikan untuk mengoptimalkan unjuk kerja dari motor bakar.

Pembakaran tidak sempurna pada umumnya terjadi karena pada saat bahan bakar berada dalam tangki bahan bakar molekul hidrokarbon yang merupakan penyusun utama bahan bakar cenderung saling tarik-menarik satu sama lain, sehingga membentuk molekul-molekul yang berkelompok (*clustering*) sehingga menyebabkan molekul-molekul hidrokarbon tidak saling terpisah atau tidak cukup waktu untuk saling berpisah pada saat bereaksi dengan oksigen diruang bakar (Chalid *et al.*, 2005). Berbagai cara telah dilakukan untuk mengoptimalkan proses pembakaran agar dapat bekerja secara optimal. Akan tetapi sekarang ini orang masih terus melakukan percobaan. Salah satunya adalah memberikan perlakuan terhadap bahan bakar dengan memberikan medan elektromagnet pada saluran bahan bakar sebelum memasuki

ruang bakar. Fuhaid (2011) menyatakan “daya dan Efisiensi yang dihasilkan menggunakan medan magnet lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan medan magnet pada setiap variasi putaran mesin.

Penelitian oleh Yuda (2012) pada kondisi magnet 12 volt dengan jarak 3 cm dari karburator menunjukkan penggunaan variasi magnet dengan jarak penempatan magnet penghemat bahan bakar memiliki perbedaan konsumsi bahan bakar sebesar 15,42% dari keadaan standar. Torsi maksimal pada putaran 5250 rpm sebesar 10,75 Kg.m, daya efektif maksimal pada putaran 6.750 rpm sebesar 9,088 hp.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Dwi (2012) Medan elektromagnet dapat menurunkan nilai emisi gas buang berbahaya sekitar 20% ($CO=24\%$, $CO_2=10\%$, $HC=40\%$), dibandingkan dengan percobaan tanpa menggunakan medan elektromagnet yang nilainya lebih tinggi. Penggunaan medan elektromagnet memiliki pengaruh sangat besar, karena ada perubahan signifikan.

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan di analisa luasan penampang terbaik pada *fuel feed line* (saluran bahan bakar) yang berpotensi menghasilkan unjuk kerja terbaik kendaraan bermotor 4-tak.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana cara untuk mengatasi unjuk kerja motor bakar 4 langkah yang menurun. Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah diantaranya:

1. Bagaimana pengaruh magnetisasi bahan bakar pada *fuel feed line* terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah.
2. Bagaimana unjuk kerja motor setelah proses magnetisasi bahan bakar pada *fuel feed line* dengan variasi luas penampang lilitan solenoid penghasil medan magnet.
3. Bagaimana komposisi gas buang motor setelah proses magnetisasi bahan bakar pada *fuel feed line* dengan variasi luas penampang lilitan solenoid penghasil medan magnet.

1.3 Batasan Masalah

Karena kompleksnya permasalahan yang ada, maka untuk memfokuskan kajian yang akan dibahas perlu adanya batasan masalah. Adapun batasan adalah sebagai berikut:

1. Bahan bakar yang digunakan untuk pengujian adalah premium dengan asumsi nilai oktan standar (angka oktan 88).
2. Premium yang digunakan untuk pengujian merupakan bahan bakar premium yang dijual di SPBU. Untuk menjaga agar tidak terjadi perbedaan kualitas yang signifikan dari bahan bakar premium, maka premium yang akan digunakan dibeli dalam satu waktu pada satu tempat SPBU saja.
3. Suhu lingkungan dianggap konstan.
4. Komposisi bahan bakar dan udara dianggap konstan.
5. Parameter-parameter yang dibahas saat penelitian hanyalah pada konsumsi bahan bakar, parameter prestasi mesin berupa torsi, daya efektif motor, konsumsi bahan bakar, serta emisi gas buang motor bakar 4-langkah.
6. Metode uji emisi yang digunakan berdasarkan pada peraturan menteri negara lingkungan hidup No. 5 tahun 2006.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat dari penelitian dan pembahasan ini adalah sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan

- a. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh magnetisasi bahan bakar pada *fuel feed line* dengan variasi luas penampang solenoid terhadap besarnya torsi dan daya motor bakar 4 langkah.
- b. Untuk mengetahui pengaruh magnetisasi bahan bakar pada *fuel feed line* dengan variasi luas penampang solenoid terhadap besarnya konsumsi motor bakar 4 langkah.

- c. Untuk mengetahui pengaruh magnetisasi bahan bakar pada *fuel feed line* dengan variasi luas penampang solenoid terhadap komposisi gas buang motorbakar 4 langkah.

1.4.2 Manfaat

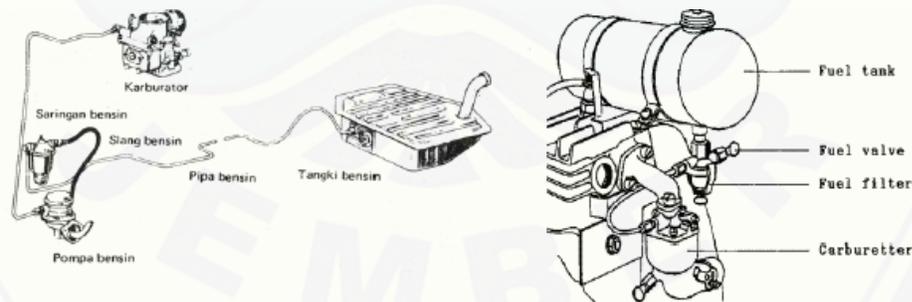
- a. Meningkatkan hasil pembakaran menjadi lebih sempurna.
- b. Sebagai alat untuk membantu meningkatkan unjuk kerja motor bakar 4 langkah.
- c. Dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai salah satu alat yang mampu meningkatkan unjuk kerja motor bakar, menghemat bahan bakar sekaligus mengurangi emisi gas buang yang bersifat racun.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu pesawat atau alat yang dapat merubah suatu bahan bakar menjadi energi panas kemudian energi panas ini dirubah menjadi energi mekanik didalam mesin. Energi mekanik yang telah dihasilkan didalam mesin kemudian ditransmisikan pada bagian yang akan digerakkan seperti roda pada motor. Bahan bakar yang digunakan pada motor bakar berupa campuran antara bensin dan udara untuk motor bensin, sedangkan pada mesin diesel digunakan campuran solar dan udara. Bahan bakar tersebut dinyalakan dalam ruangan yang tertutup yaitu didalam silinder. Motor bakar torak merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dan merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya (Anfarozzi, 2013).

Syarat utama proses pembakaran adalah tersedia bahan-bakar yang bercampur dengan baik dengan udara dan tercapainya suhu pembakaran. Pada motor bensin proses pencampuran bahan-bakar udara terjadi pada karburator. Pada karburator bahan bakar disuplai dari tangki bahan bakar dengan melewati filter bensin dan udara dihisap dari lingkungan setelah melewati filter udara seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema Sistem Bahan Bakar Bensin

(Sumber: Suyatno, 2011)

Masuknya bahan bakar ke dalam ruang bakar ini berupa kabut atau droplets. Setelah bahan bakar berada dalam ruang bakar atau dapat dikatakan bahwa bahan bakar tersebut terperangkap dalam lubang silinder maka langkah selanjutnya adalah memampatkan bahan bakar tersebut. Langkah pemampatan ini dilakukan oleh torak yang bergerak ke bagian atas lubang silinder. Dengan terjadinya penyempitan ruangan didalam lubang silinder berarti tekanan bahan bakar menjadi meningkat (Arismunandar & Wiranto, 2005).

2.1.1 Motor Bakar Bensin

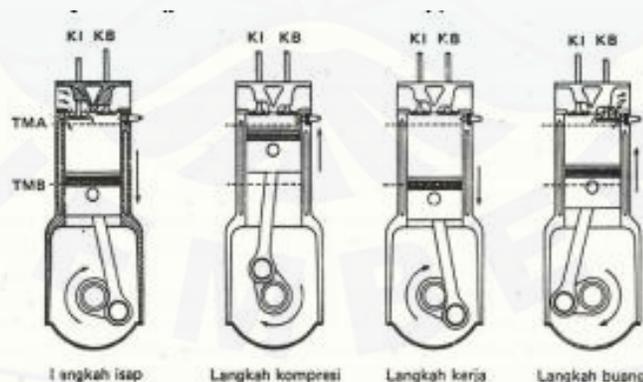
Motor bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik (Hidayat, 2012). Bahan bakar standar motor bensin adalah isooktana (C_8H_{18}). Motor bensin yang ada dimasa sekarang ini merupakan perkembangan dan hasil evolusi mesin 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, karena itu motor bensin cenderung dinamai *Spark Ignition Engine* (Irianto, 2013).

Motor bakar bekerja melalui mekanisme langkah yang terjadi berulang-ulang atau periodik sehingga menghasilkan putaran pada poros engkol. Sebelum terjadi proses pembakaran di dalam silinder, campuran udara dan bahan-bakar dari karburator akan dihisap kedalam silinder karena adanya vakum dari dalam ruang silinder. Hal ini biasa disebut dengan langkah hisap. Pada langkah ini, piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB), katup isap akan terbuka sedangkan katup buang akan tertutup.

Setelah campuran bahan-bakar udara masuk kedalam silinder melalui intake manifold, campuran bahan bakar dan udara dikompresikan oleh gerakan torak yang menuju TMA. Hal tersebut biasa disebut dengan langkah kompresi, Piston bergerak dari TMB menuju TMA, katup isap dan katup buang tertutup. Karena dikompresi volume campuran menjadi kecil dengan tekanan dan temperatur naik, dalam kondisi

tersebut campuran bahan-bakar udara sangat mudah terbakar. Sebelum piston sampai TMA campuran dinyalakan oleh percikan bunga api listrik, terjadilah proses pembakaran menjadikan tekanan dan temperatur naik, sementara piston masih terus naik sampai TMA sehingga tekanan dan temperatur semakin tinggi. Setelah sampai TMA kemudian torak didorong menuju TMB dengan tekanan yang tinggi, katup isap dan buang masih tertutup.

Selama piston bergerak menuju dari TMA ke TMB yang merupakan langkah kerja atau langkah ekspansi. Volume gas pembakaran bertambah besar dan tekanan menjadi turun. Sebelum piston mencapai TMB katup buang terbuka, katup masuk masih tertutup. Kemudian piston bergerak lagi menuju ke TMA mendesak gas pembakaran keluar melalui katup buang dan menuju saluran buang (*exhaust manifold*). Proses pengeluaran gas pembakaran disebut dengan langkah buang. Setelah langkah buang selesai siklus dimulai lagi dari langkah isap dan seterusnya. Piston bergerak dari TMA-TMB-TMA-TMB-TMA membentuk satu siklus. Sehingga satu tenaga di dapat dengan dua putaran poros engkol atau empat kali gerak naik turun piston. Motor bakar yang bekerja dengan siklus tersebut diklasifikasikan masuk golongan motor 4 tak (Irianto, 2013). Adapun siklus kerja motor 4-langkah dapat dilihat pada Gambar 2.2.

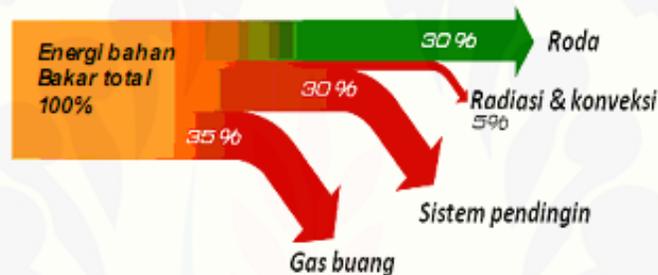


Gambar 2.2 Siklus Motor 4-Langkah Motor Bensin

(sumber: Arismunandar & Wiranto, 2005)

Proses perubahan energi dari mulai proses pembakaran sampai menghasilkan daya pada poros motor bakar melewati beberapa tahapan dan tidak mungkin perubahan energi yang dicapai 100 %. Selalu ada kerugian yang dihasilkan dari selama proses perubahan, hal ini sesuai dengan hukum termodinamika kedua yaitu tidak mungkin membuat sebuah mesin yang mengubah semua panas atau energi yang masuk menjadi kerja (Haq, 2013).

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 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar SIE

(sumber: Anfaroz, 2013)

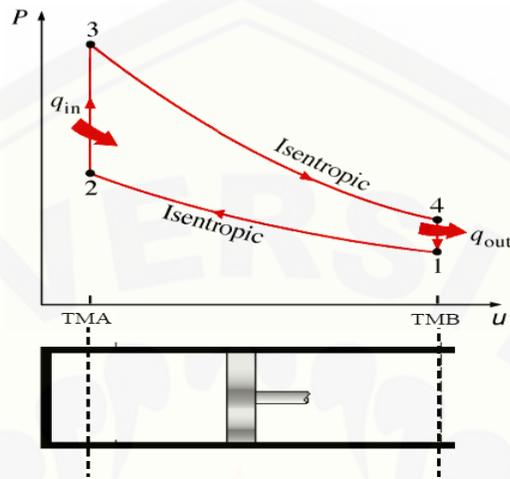
2.1.2 Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah

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.

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

kasus penyimpangan (Anfarozzi, 2013). Adapun gambaran dari siklus ideal dapat dilihat pada Gambar 2.4.

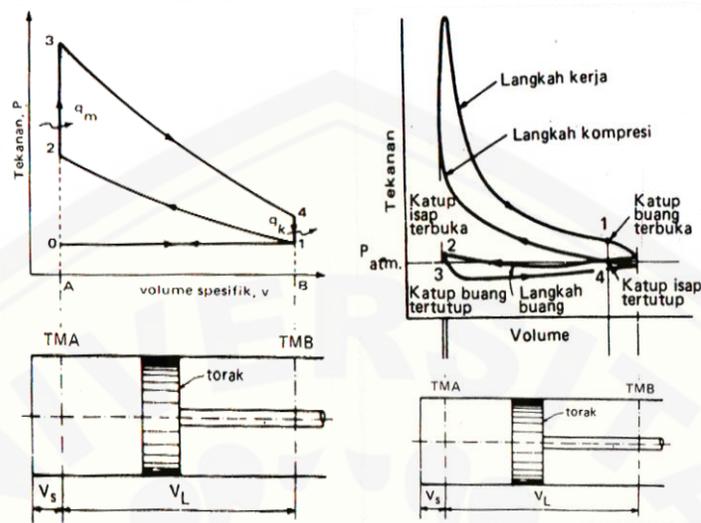


Gambar 2.4 Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah.

(sumber: Anfarozzi, 2013)

Keterangan:

- 0-1 : Pemasukan BB pd P konstan
- 1-2 : Kompresi Isentropis
- 2-3 : Pemasukan kalor pd V konstan
- 3-4 : Ekspansi Isentropis
- 4-1 : Pembuangan kalor pd V konstan
- 1-0 : Pembuangan gas buang pd P konstan



Gambar 2.5 Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin

(sumber: Anfaroz, 2013)

Pada Gambar 2.5 diatas dapat kita lihat terjadi beberapa penyimpangan-penyimpangan yang terjadi pada siklus aktual. Berikut adalah beberapa faktor penyebab penyimpangan dari siklus ideal:

- Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup yang tidak dapat sempurna;
- Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung;
- 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;
- Terjadi kerugian kalor yang disebabkan karena perpindahan kalor fluida kerja ke fluida. Perpindahan kalor tersebut dikarenakan perbedaan temperature antara fluida kerja dengan fluida pendingin;

- e. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik;
- f. Kerugian karena gesekan antara piston dan dinding silinder;
- g. Pembukaan katup *exhaust* atau buang yang terlalu awal menyebabkan sebagian dari langkah ekspansi (langkah kerja) terbuang;

2.1.3 Pembakaran Pada Motor Bensin

Secara umum pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia atau reaksi persenyawaan bahan bakar dengan oksigen dengan diikuti oleh sinar panas dan panas. Mekanisme pembakaran sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran di mana atom-atom dari komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen dan membentuk produk yang berupa gas (Adam, 2008)

Dalam proses pembakaran bahan bakar selalu membutuhkan sejumlah udara tertentu agar bahan bakar tadi dapat dibakar. Pada reaksi ini terjadi panas dan muncul api pada motor bakar bensin. Pembakaran berlangsung melalui perantara cetus api antara elektrode busi, ketika busi mengeluarkan bunga api listrik. Panas pembakaran bahan bakar dalam silinder dilepas selama proses menghasilkan tenaga. Pada saat terjadi proses pembakaran, campuran bahan bakar dan udara tidak langsung terbakar karena terjadi reaksi antara bahan bakar dan udara. Pada saat gas dikompresikan, tekanan suhu naik, sehingga akan terjadi reaksi kimia dimana molekul-molekul hidrokarbon terurai dan bergabung dengan oksigen. Ada dua kemungkinan yang dapat terjadi dalam pembakaran gas motor bensin, yaitu pembakaran akan terjadi secara sempurna atau pembakaran berlangsung tidak sempurna (Putra & Endayani, 2010).

2.1.4 Konsep Reaksi Pembakaran

Reaksi pembakaran adalah reaksi kimia bahan bakar dan oksigen yang diperoleh dari udara yang akan menghasilkan panas dan gas sisa pembakaran yang berlangsung dalam waktu yang sangat cepat. Reaksi pembakaran tersebut akan

menghasilkan produk hasil pembakaran yang komposisinya tergantung dari kualitas pembakaran yang terjadi. Dalam pembakaran proses yang terjadi adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut :



Pembakaran akan dikatakan sempurna apabila campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan yang tepat (stoichiometric), hingga tidak diperoleh sisa. Bila oksigen terlalu banyak, dikatakan campuran kurus dan hasil pembakarannya menghasilkan api oksidasi. Sebaliknya, bila bahan bakarnya terlalu banyak (tidak cukup oksigen), dikatakan campuran kaya (*rich*) sehingga pembakaran ini menghasilkan api reduksi. Pada motor bensin, campuran udara dan bahan bakar tersebut dinyalakan dalam silinder oleh bunga api dari busi pada akhir langkah kompresi dengan suhu pembakaran berkisar antara 2100°K sampai 2500°K.

2.2 Unjuk Kerja Mesin Otto

Tujuan utama dalam menganalisa unjuk kerja adalah untuk memperbaiki keluaran kerja dan keandalan dari mesin. Pengujian dari suatu motor bakar adalah untuk mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri. Parameter-parameter yang dibahas saat penelitian hanyalah pada konsumsi bahan bakar, parameter prestasi mesin berupa torsi, daya efektif motor, pemakaian bahan bakar spesifik yang efektif, serta emisi gas buang motor bakar 4-langkah (Had & Haryono, 2012).

2.2.1 Torsi, (T)

Torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja. Torsi merupakan perkalian gaya tangensial dengan lengannya. Dalam prakteknya, torsi dari mesin antara lain berguna untuk mengatasi hambatan sewaktu kendaraan terperosok atau untuk mempercepat laju kendaraan (melakukan akselerasi). Untuk keperluan pengukuran torsi dan tenaga dari mesin digunakan *dinamometer*. Cara kerja dari alat ini adalah poros dari *rotor* dihubungkan dengan poros dari mesin ataupun *rotor* penggerak *dinamometer* dihubungkan dengan roda dari kendaraan yang akan diuji.

Rotor tersebut dikopel dengan *stator* secara elektrik, magnetis, *hidraulis* atau *fluida* maupun *mekanis* (gesekan). Pada penelitian ini digunakan jenis *mekanis* (gesekan).

$$T = I \times \alpha \text{ (N.m)} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\text{Dengan } I = \frac{1}{2} M r^2$$

Keterangan:

T = torsi (Nm)

I = inersia roller (N/m²)

α = percepatan (rad/s²)

M = massa (kg)

r = jari-jari roller (m)

2.2.2 Daya Efektif Motor, (Ne)

Yang dimaksud dengan daya efektif motor adalah besarnya kerja motor atau ukuran kemampuan dari suatu mesin untuk menghasilkan daya yang diberikan oleh poros penggerak selama waktu tertentu. Biasanya satuan daya tadi dinyatakan dalam kilowatt tetapi ada juga dalam *Horse Power* (hp).

$$N_e = T \cdot \omega = \frac{T \times n}{716,2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

Ne = daya efektif (hp)

T = torsi (Nm)

ω = kecepatan angular poros (rad/s)

n = putaran poros engkol (rpm)

2.2.3 Konsumsi Bahan Bakar, (FC)

Konsumsi bahan bakar pada motor bakar atau mesin diukur dengan menggunakan tabung ukur yang disebut meter alir, disitu bahan bakar dialirkan melalui tabung ukur yang diketahui volumenya ini dan kemudian dilihat waktu yang diperlukan untuk menghabiskannya sebesar volume tersebut. Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan kedalam kg/jam dengan rumusan sebagai berikut:

$$FC = \frac{3,6 \times V \times \delta}{t} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- FC = pemakaian bahan bakar spesifik yang efektif (kg/jam)
 V = volume (l)
 δ = berat jenis bahan bakar: untuk bensin $\delta = 0,7356$ kg/l
 t = waktu (jam)

2.3 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.

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 sebagai berikut:



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

Zat-zat yang berbahaya dari emisi gas 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.

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 CO_2 ini hanya ruang bakar. Apabila CO_2 terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran pipa knalpot.

4. Oksigen (O_2)

Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO_2 . 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. Pemerintah telah menetapkan batasan-batasan kadar gas buang kendaraan bermotor dalam peraturan menteri lingkungan hidup seperti pada table 2.1.

Tabel 2.1 Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor

Kategori	Tahun	Parameter		Metode uji
	Pembuatan	CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	4,5	12.000	Idle
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	5,5	2.400	Idle
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	> 2010	4,5	2.000	Idle

(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, 2006)

Normalnya konsentrasi oksigen di gas buang adalah sekitar 1,2% atau lebih kecil bahkan mungkin 0%. Akan tetapi 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 miskin tapi juga dapat menunjukkan beberapa hal lain.

Dalam mendukung usaha pelestarian lingkungan hidup, negara-negara di dunia mulai menyadari bahwa gas buang kendaraan merupakan salah satu polutan atau sumber pencemaran udara terbesar oleh karena itu, gas buang kendaraan harus dibuat sebersih mungkin agar tidak mencemari udara. Maka teknologi kendaraan yang sekarang sedang dikembangkan di dunia otomotif adalah teknologi yang ramah lingkungan (Adam, 2008).

2.4 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 tak 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.

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 tempel dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor gasoline (Anonim.2010).

2.4.1 Bahan Bakar Premium

Premium atau *gasoline (petrol)* merupakan salah satu beberapa produk utama dari industri pengilangan minyak. Komposisinya merupakan campuran dari beberapa macam senyawa *hidrokarbon* dengan jumlah mulai dari 4 sampai dengan 9 (kadang-kadang sampai 12) seperti *parafin, olefin, nafta* dan aromatik yang mempunyai temperatur nyala minimum 360 °C. Angka oktan premium RON (*Research Octan Number*) minimal 88, MON (*Motor Ocian Number*) 83-90, nilai kalor 44.585 kJ/kg,

berat jenis $0,723 \text{ gr/cm}^3$. Biasanya untuk meningkatkan angka oktan pada premium ditambahkan zat anti *knock* seperti TEL (*Tetra Ethyl Lead*) dan TML (*Tetra Methyl Lead*) yang merupakan aditif *anti knock* yang sangat efisien. Tetapi senyawa inimengandung logam berat (timbal) yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia (Sururi& Waluyo, 2014).

Untuk penggunaan pada motor bakar misalnya pada kendaraan bermotor, premium (*gasoline*) harus mempunyai sifat-sifat fisik dan kimia tertentu agar proses penyaluran bahan bakar dari tangki ke karburator ataupun ke *injector* akan berjalan dengan baik. Selain itu premium juga harus bisa membentuk campuran yang homogen dengan udara sehingga dapat terbakar dengan sempurna dan dapat menghasilkan energi yang dibutuhkan.

2.4.2 Syarat-Syarat Bahan Bakar Untuk Motor Bakar Bensin

a. Volatilitas bahan bakar

Volatilitas bahan bakar didefinisikan sebagai kecenderungan cairan bahan bakar untuk menguap. Pada motor bensin, campuran bahan bakar dan udara yang masuk dalam silinder sebelum dan sesudah selama proses pembakaran diusahakan sudah dalam keadaan campuran uap bahan bakar dan udara, sehingga memudahkan proses pembakaran. Oleh karena itu kemampuan menguapkan bahan bakar untuk motor bensin sangat penting.

b. Angka Oktan

Angka Oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan sifat anti ketukan (denotasi). Dengan kata lain, makin tinggi angka oktan maka semakin berkurang kemungkinan untuk terjadinya detonasi (*knocking*). Dengan berkurangnya intensitas untuk berdetonasi, maka campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan oleh torak menjadi lebih baik sehingga tenaga motor akan lebih besar dan pemakaian bahan bakar menjadi lebih hemat.

Besar angka oktan bahan bakar tergantung pada presentase *iso-oktana* (C_7H_{18}) dan normal *heptana* (C_7H_{16}) yang terkandung di dalamnya. Sebagai pembanding,

bahan bakar yang sangat mudah berdenotasi adalah normal *heptana* (C_7H_{16}) sedang yang sukar berdenotasi adalah *iso-oktana* (C_7H_{18}).

Bensin yang cenderung kearah sifat normal *heptana* disebut bensin dengan nilai oktan rendah (angka oktan rendah) karena mudah berdenotasi, sebaliknya bahan bakar yang lebih cenderung kearah sifat *iso-oktana* dikatakan bensin dengan nilai oktan tinggi atau lebih sukar berdenotasi. Misalnya suatu bensin mempunyai angka oktan 90 akan lebih sukar berdenotasi daripada bensin beroktan 70. Jadi kecenderungan bensin untuk berdenotasi dinilai dari angka oktannya. *Iso-oktana* murni diberi indeks 100, sedangkan normal *heptana* murni diberi indeks 0. Dengan demikian jika suatu bensin memiliki angka oktan 90 berarti bensin tersebut cenderung berdenotasi sama dengan campuran yang terdiri atas 90% volume *iso-oktana* dan 10% volume normal *heptana*. Adapun nilai oktan yang harus dimiliki oleh bahan bakar ditampilkan dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2. Nilai Oktan Gasolin Indonesia

No	Jenis	Angka OktanMinimum
1	Premium 88	88 RON
2	Pertamax	94 RON
3	Pertamax Plus	95 RON
4	Bensol	98 RON

(sumber: Purnomo, 2013)

c. Kesetabilan kimia dan kebersihan bahan bakar

Kesetabilan kimia bahan bakar sangat penting, karena berkaitan dengan kebersihan bahan bakar yang selanjutnya berpengaruh terhadap sistem pembakaran dan sistem saluran. Pada bahan bakar juga sering terdapat saluran/senyawa yang menyebabkan korosi, senyawa ini antara lain: senyawa belerang, nitrogen, oksigen, dan lain-lain. Kandungan senyawa tersebut pada *gasoline* harus diperkecil untuk mengurangi korosi yang dapat terjadi pada dinding silinder, katup, busi, dan lainnya. Terjadinya korosi tersebut yang menyebabkan awal kerusakan pada mesin.

2.5 Magnet dan Efek Magnetisasi Pada Bahan Bakar

2.5.1 Magnet

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.

Semua magnet mempunyai 2 kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kutub itu bukan benda atau barang yang ada pada magnet. Kutub tersebut adalah suatu konsep yang digunakan untuk menjelaskan bahwa itu adalah magnet. Kutub seperti tempat yang spesifik, karena intensitas pada permukaan yang paling besar dari medan magnet terjadi pada kutub. Gambaran tentang kutub-kutub yang terdapat pada medan magnet dapat dilihat dengan memberikan serbuk besi disekeliling magnet sehingga akan nampak dengan jelas kutub-kutub yang terbentuk seperti pada Gambar 2.7.



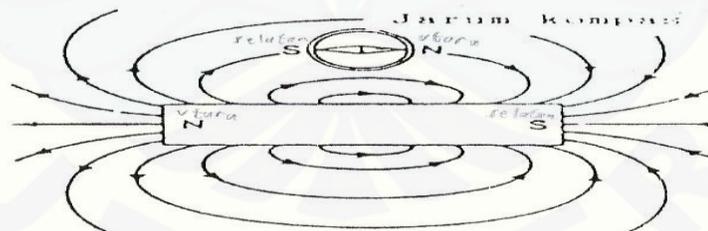
Gambar 2.7 Serbuk Besi Yang Mengisi Medan Magnet

(sumber: Mardiansyah, 2012)

Medan magnet (*magnetic field*) itu sendiri adalah area disekitar magnet atau sekitar suatu penghantar yang dialiri arus listrik. Medan magnet dapat diartikan pula ruang, yang apabila sebuah magnet diletakkan dalam ruang itu akan mengalami gaya tarik atau gaya tolak magnetik. Pada suatu titik tertentu dikatakan ada medan magnet bila terdapat gaya yang bekerja terhadap muatan yang bergerak di titik itu. Suatu medan magnet menunjukkan adanya medan gaya pada ruang akibat efek kemagnetan. Efek kemagnetan muncul dari adanya gerakan elektron pada penghantar atau ruang.

Medan magnet biasa dinyatakan sebagai banyaknya garis gaya (fluks magnet) pada satu satuan luas (densitas fluks magnet). Besar densitas fluks magnet ini sangat dipengaruhi oleh jenis media yang dilaluinya. Sehingga dapat diketahui bagaimana hubungan antara bahan dengan kemagnetan. Terdapat macam-macam bahan magnetik, beberapa diantaranya mampu menampilkan gejala magnetisasi pada saat medan magnet dari luar dipengaruhi dan menamabah efek kemagnetan bila berada dalam medan magnet, bahan yang demikian disebut *ferromagnetik*. Jenis lainnya adalah *paramagnetik* yaitu bahan yang meneruskan medan magnet yang mengalir padanya pada saat ada medan magnet dari luar dipengaruhi dan jenis *diamagnetik* yaitu bahan yang tidak mampu menampilkan semua induksi magnetisasinya pada saat ada medan magnet dari luar dipengaruhi. Karakteristik yang membedakan ini dikenal sebagai permeabilitas bahan. Untuk menguji karakteristik dari suatu bahan terhadap pengaruh medan magnet tersebut, dapat kita lakukan dengan menggunakan selenoida.

Garis-garis medan magnet yang berkumpul di suatu daerah dapat memperlihatkan kearah mana jarum kompas akan menunjuk bila ditempatkan didaerah tersebut. Suatu cara untuk menentukan garis-garis medan di dekat sebuah magnet dapat diperlihatkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Garis Gaya Medan Magnet

(sumber: Mardiansyah, 2012)

Magnet mempunyai kutub utara dan kutub selatan karena sebuah jarum kompas menunjukkan menjauhi kutub utara dan mendekati kutub selatan, berarti

garis-garis medan magnet keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan. Kutub-kutub yang sejenis akan tolak menolak sedangkan yang tidak sejenis tarik-menarik.

Jadi arah aliran garis medan magnet dapat dilihat dari arah kutub utara ujung jarum kompas (yang biasanya berwarna merah) menunjukkan. Pada daerah disekitar magnet batang, garis medan magnet pasti bergerak dari utara ke selatan.

2.5.2 Medan Magnet

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 dengan inti besi yaitu:

$$B = \frac{\mu_0 \times \mu_r \times i \times N}{l} \dots\dots\dots(2.5)$$

B = kuat medan magnetik (wb/m^2 atau tesla)

μ_r = permeabilitas relatif

μ_0 = permeabilitas udara (wb/A.m)

N = jumlah lilitan solenoid

i = arus yang mengalir pada kawat (A)

l = panjang batang solenoid (m) (sumber: Mardiansyah, 2012)

Satuan intensitas magnet menurut sistem metrik pada *International System of Units* (SI) adalah *Testa* dan SI unit untuk total *fluks* magnetik adalah *weber*. $1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ tesla}$, yang mempengaruhi satu meter persegi. *Gauss* adalah Satuan *cgs* yang dinyatakan dengan konversi 1 Tesla sama dengan 10.000 *gauss*.

Coulomb menemukan adanya medan gaya magnet yang dihasilkan diantara dua kutub berbeda. Kemudian teori berkembang lebih ke arah molekuler dimana pada tahun 1982 Webber dan dikembangkan oleh Ewing mengemukakan teori bahwa “molekul suatu zat benda, telah mengandung potensi magnet dengan masing-masing

kutub N (utara) dan S (selatan)”. Pada keadaan tidak termagnetisasi, molekul kecil magnet berada dalam bentuk tidak beraturan. Dan jika dipengaruhi medan magnet pada partikelnya, maka molekul tersebut mempunyai gaya magnet untuk bergerak dan menyesuaikan kutub magnet dengan indikasi magnet yang diberikan seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Molekul Termagnetisasi

(sumber: Suyatno, 2013)

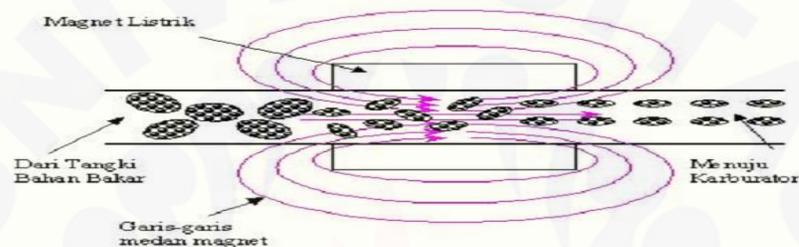
2.5.3 Efek Magnetisasi Pada Bahan Bakar

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*) (Syarifudin & Sudarmanta, 2013). 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 terjajar rapi sesuai dengan arah medan magnet.

Medan magnet yang diberikan pada bahan bakar dapat menggetarkan (meresonansi) molekul hidrokarbon yang membuat gaya tolak-menolak antara molekul hidrogen dan karbon akan semakin besar. Sehingga ikatan kimia antara molekul hidrogen dan karbon dalam bahan bakar akan semakin renggang dan lebih teratur. Akibatnya ikatan senyawa bahan bakar menjadi semakin tidak stabil dan lebih reaktif. Dengan semakin banyaknya ikatan senyawa yang tidak stabil dan lebih reaktif maka semakin cepat, kuat dan homogen reaksi C dan H untuk mengikat O_2 yang

terjadi pada saat proses pencampuran bahan bakar dengan udara di karburator, di saluran *intake manifold* ataupun didalam ruang bakar, sehingga energi yang dikandung oleh molekul penyusun bahan bakar akan semakin besar. Semakin besar energi yang dikandung oleh molekul bahan bakar maka reaksi pembakaran di dalam ruang bakar mesin akan semakin cepat dan sempurna. Dengan semakin cepat dan sempurna pembakaran tersebut pada akhirnya akan mengakibatkan naiknya performa dari motor bakar dan menurunnya emisi gas buang (Murni *et al.*, 2010).



Gambar 2.10 Pemecahan Molekul Hidrokarbon yang Melewati Medan Magnet
(sumber: Siregar, 2006)

Pada Gambar 2.10 diatas dapat dilihat bahwa dengan adanya induksi medan elektromagnet molekul hidrokarbon yang menuju ke dalam karburator akan terpecah. Apabila pada sebuah senyawa mempunyai ketertarikan senyawa hidrokarbon dengan oksigen akan lebih kuat dibandingkan dengan hidrokarbon tersebut dalam keadaan sama sekali netral, 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 (Siregar, 2006).

2.5.4 Cara Membuat Magnet dengan Arus Listrik

Untuk membuat magnet yang memanfaatkan arus listrik, diperlukan sumber tegangan DC (baterai atau aki), kabel, dan batang besi atau baja. Jika sebatang baja atau besi dililit kawat yang dialiri arus listrik searah, baja atau besi tersebut akan

menjadi magnet. Magnet yang dibuat dengan cara seperti itu disebut elektromagnet atau magnet listrik. Adapun alur pemasangan alat elektromagnet pada saluran bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.11 Alur Pemasangan Alat Elektromagnetik Penghemat Bahan Bakar

Menurut Istiyanto (2006) diperlukan pemilihan magnet dengan kekuatan tarik (Gauss) yang tepat, artinya tidak besar atau tidak kekecilan nilainya. Masih menurut Djoko Istiyanto, Koordinator Pusat Informasi Teknologi Hemat Energi (PITHE), yang telah melakukan penelitian tentang ini sejak tahun 1997 mengatakan bahwa kuat medan magnet yang tepat adalah di bawah 12.000 Gauss. Meskipun pada penggunaan medan magnet yang terlalu kuat, ikatan antara atom H – C tidak sampai terlepas satu sama lain, namun setidaknya kekuatannya akan sedikit melemah, sehingga atom-atom hidrogen dan karbon akan lebih mudah tertarik dengan oksigen pada saat pencampuran bahan bakar dengan udara dan saat proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin (Endah, 2006)

Manfaat lain penggunaan medan magnet pada saluran bahan bakar juga dapat bermanfaat sebagai “*filter*” kedua, sebab dengan adanya medan magnet yang ditimbulkan oleh magnet tersebut diharapkan dapat menarik kotoran-kotoran logam yang sangat halus ataupun ion-ion logam yang terikut serta pada aliran bahan bakar karena tidak dapat tersaring oleh *filter* sesungguhnya. Dengan dapat tersaringnya kotoran-kotoran logam yang sangat halus ataupun ion-ion logam tersebut diharapkan proses pembakaran campuran bahan bakar dengan udara di dalam ruang bakar mesin

menjadi tambah sempurna, akibat dari semakin bersihnya bahan bakar sehingga kualitasnya dapat bertambah baik.

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 demikian 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.

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 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Kegiatan Penelitian

Penelitian dilakukan di RAT Motorsport Sidoarjo, Daihatsu Jember, dan Laboratorium Opto elektronika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Pengambilan data dilakukan 3 kali pengulangan dan selanjutnya diambil rata-rata untuk mendapatkan data yang lebih baik dan akurat, dibantu oleh teknisi bengkel dan laboratorium. Pelaksanaan kegiatan penelitian dilaksanakan kurang lebih terhitung bulan Juni sampai November 2015.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan pada saat penelitian adalah:

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Motor bensin empat langkah dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Tipe mesin : 4 langkah, SOHC, pendingin udara
 - Diameter x langkah : 50 mm x 57,9 mm
 - Volume langkah : 113.7 cc
 - Perbandingan kompresi : 8,8 : 1
 - Torsi maksimum : 7,84 Nm pada 7.000 rpm
 - Kapasitas pelumas : 0,9 liter pada penggantian berkala
 - Berat kosong : 87 kg

- Gigi transmisi : V-belt otomatis
- Stater : Pedal dan elektrik
- Rem depan : Hidrolik, dengan piston tunggal
- Rem belakang : Tromol
- Kapasitas tangki bahan bakar : 3,7 liter
- Aki : 12 V – 3 Ah
- Busi : C7HSA/U22 FS-U
- Sistem pengapian : DC – CDI, Baterai

b. Peralatan Ukur

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu:

1. *Dinamometer*

Digunakan untuk mengukur torsi dan daya pada poros *output*. Adapun spesifikasinya sebagai berikut:

Type : *Sport Device SD.325*

Roller Inertia : 4,6 kg.m²

Diameter roller : 325mm

Software Pendukung : Sport Devices V3.4

2. *Gas Analyzer*

Alat yang digunakan untuk mengukur kadar emisi, antara lain CO, CO₂, O₂ dan HC. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut:

Merk : Sukyoung

Type : SY-GA 401

3. Buret (meter alir)

Berupa tabung pengukur berisi sejumlah bahan bakar dengan volume tertentu. Digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar yang dipakai selama pengujian.

4. *Teslameter*

Alat ini digunakan untuk mengukur kuat medan magnet dalam satuan tesla.

5. *Stopwatch*

Alat yang digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan dalam pemakaian bahan bakar pada tabung pengukur guna mengetahui waktu yang dibutuhkan motor bakar atau mesin untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume tertentu.

6. *Barometer*

Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan udara ruangan selama penelitian berlangsung.

7. *Thermocouple & Thermometer reader*

Alat ini digunakan untuk mengukur temperaur mesin saat melakukan pengujian.

8. *Thermometer*

Alat yang digunakan untuk mengukur temperatur ruangan, temperatur air pendingin, temperatur gas buang selama penelitian.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian terdiri dari:

- a. Premium (RON 88)
- b. Aki 12 volt
- c. Selang bahan bakar
- d. Lem besi
- e. Jumper
- f. Lilitan selenoid

Lilitan selenoid berintikan besi ST 40 dengan panjang lilitan 120 mm, jumlah lilitan sebanyak 1000 lilitan menggunakan kawat tembaga berdiameter 0,6 mm, media lilitan kawat tembaga (inti besi) dengan diameter

dalam 6, 8, 10, dan 12 mm, dan diameter luar sebesar 11, 13, 15, dan 17 mm.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian, variabel bebas yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Variasi Perlakuan

Variasi perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah variasi ukuran pada fuel feed line yang diberikan medan magnet dengan luas penampang:

- A. $113,04 \text{ mm}^2$ (Standar selang bahan bakar dengan diameter dalam 6 mm)
- B. $200,96 \text{ mm}^2$ (diameter dalam 8 mm)
- C. $314,00 \text{ mm}^2$ (diameter dalam 10 mm)
- D. $452,16 \text{ mm}^2$ (diameter dalam 12 mm)

b. Putaran Mesin

Metode yang digunakan pada pengujian dengan menggunakan *dinamometer* menginginkan putaran yang berubah secara cepat sesuai dengan kemampuan mesin dari putaran 2.250 rpm hingga 10.000 rpm dengan interval 250 rpm.

3.4.2 Variabel Terikat

Yaitu variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti saat melakukan penelitian. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi

- a. Torsi (Nm);
- b. Daya efektif motor (hp);
- c. Waktu pemakaian bahan bakar atau t (detik);
- d. Kadar emisi gas buang : CO, HC, dan gas buang CO_2 , O_2 .

3.5 Metode Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi:

3.5.1 Data primer

Merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran dan pembacaan pada unit instrumentasi dan alat ukur pada masing-masing pengujian seperti data hasil uji *dinamometer* yang berupa nilai torsi, daya, dan rpm, data konsumsi bahan bakar berupa jumlah bahan bakar yang dihabiskan selama selang waktu 1 menit, dan data hasil uji *gas analyzer* yang berupa nilai CO, HC, CO₂, dan CO.

3.5.2 Data sekunder

Merupakan data penunjang yang diperoleh dari hasil perhitungan dan pengukuran kuat medan magnet yang digunakan saat pengujian dengan menggunakan *teslameter*.

3.6 Metode Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari data primer dan sekunder diolah ke dalam rumus empiris, kemudian data dari perhitungan disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik.

3.7 Pengamatan dan Tahap Pengujian

Pada penelitian berikut yang akan diamati adalah:

1. Parameter torsi (T) dan parameter daya.
2. Parameter konsumsi bahan bakar (FC).
3. Parameter kadar emisi gas buang: CO, HC, dan gas buang CO₂, O₂.

3.8 Prosedur Penelitian

Dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

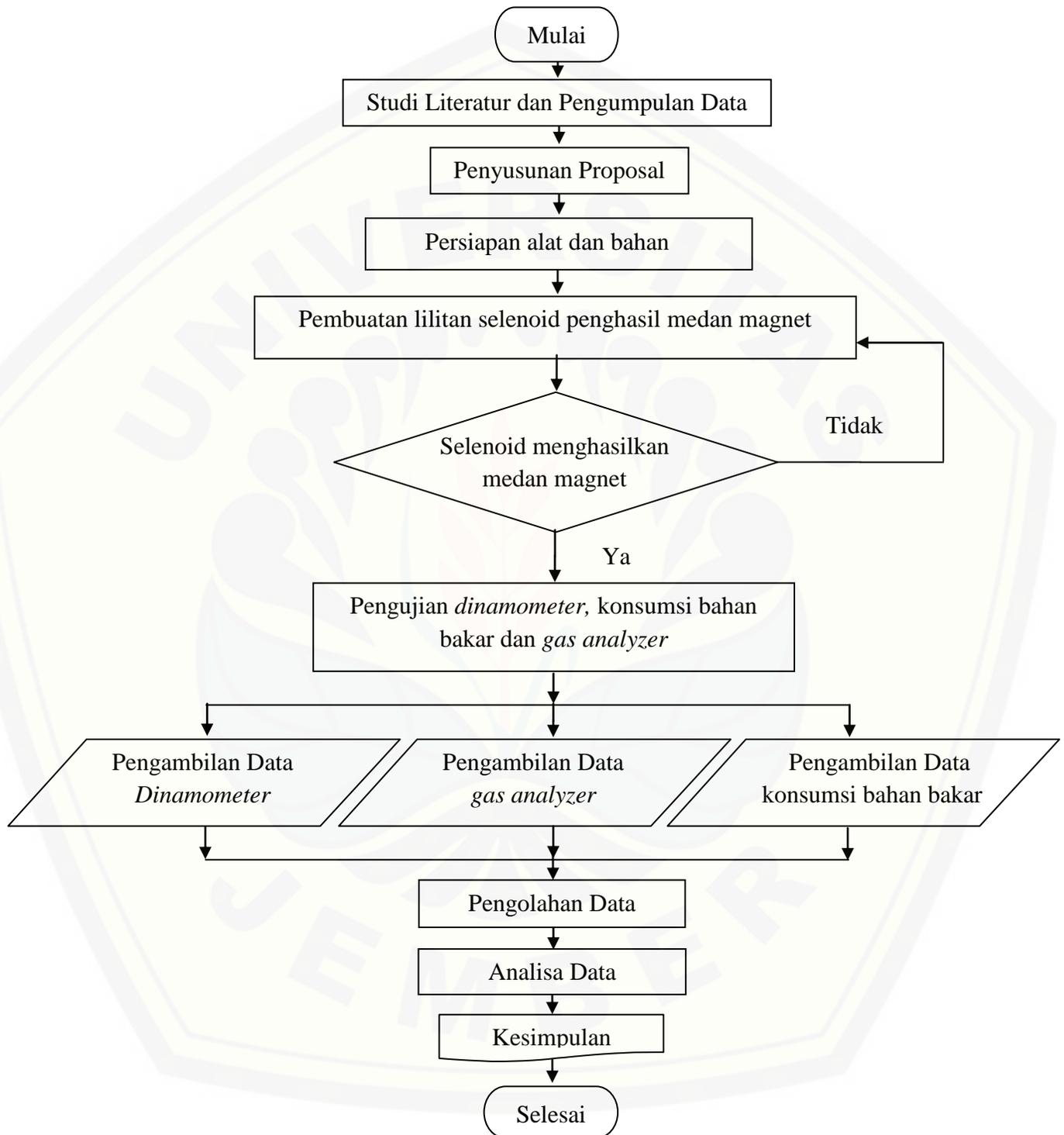
1. Proses pembuatan lilitan selenoid penghasil medan magnet.
2. Pengujian *dinamometer* dan uji konsumsi bahan bakar dalam keadaan standar atau tanpa menggunakan lilitan selenoid penghasil medan magnet.
3. Pengujian *dinamometer* dan uji konsumsi bahan bakar menggunakan lilitan selenoid A (luas penampang sebesar 113,04 mm²).
4. Pengujian *dinamometer* dan uji konsumsi bahan bakar menggunakan lilitan B (luas penampang sebesar 200,96 mm²).

5. Pengujian *dinamometer* dan uji konsumsi bahan bakar menggunakan lilitan selenoid C (luas penampang sebesar 314,00 mm²).
6. Pengujian *dinamometer* dan uji konsumsi bahan bakar menggunakan lilitan selenoid D (luas penampang sebesar 452,16 mm²).
7. Pengujian emisi gas buang pada motor bakar 4-langkah dengan variasi lilitan selenoid A, B, C, dan D.

3.9 Metode Uji Penelitian

Standar yang digunakan pada pengujian *dinamometer* adalah SAE J1349 yakni dengan bukaan katup secara penuh dan menahan throttle dari putaran idle sampai putaran maksimum. Standar pengujian konsumsi bahan bakar motor bakar bensin yang digunakan mengacu pada SNI 7554-2010. Metode uji *gas analyzer* untuk kendaraan bermotor kategori L (sepeda motor) pada kondisi idle yang dilakukan berdasarkan referensi Standar dari International Organization for Standardization (ISO) SNI 19-7118.2-2005 dan Regulasi United Nation for Economic Commission for Europe (UN-ECE).

3.10 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3.1 digambarkan alur dari penelitian yang dilakukan dalam bentuk diagram. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

a. Mulai.

Langkah pertama yang dilakukan sebelum memulai penelitian ini adalah menentukan rumusan masalah yang akan diteliti. Karena dari perumusan masalah akan ditemukan berbagai permasalahan yang akan dibahas dan diteliti.

b. Studi literatur dan pengumpulan data.

Setelah merumuskan masalah yang akan diteliti, maka materi - materi yang menunjang berjalannya penelitian ini diperlukan agar mempermudah dan membatasi penelitian ini maka dari itu diperlukan studi literatur tentang pemberian perlakuan pada bahan bakar dengan memberikan induksi magnet yang diperoleh dari lilitan selenoid.

c. Penyusunan proposal.

Penyusunan proposal dilakukan guna memenuhi kewajiban seorang mahasiswa untuk mendapatkan gelar sarjana dan diajukan kepada dosen pembimbing.

d. Persiapan alat dan bahan.

Mempersiapkan alat-alat dan bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini.

e. Pembuatan lilitan selenoid penghasil medan magnet.

Proses pembuatan alat dengan spesifikasi yang telah ditentukan seperti dimensi, dan jumlah lilitan. Pengerjaannya menggunakan alat bantu berupa mesin bubut, bor, lem besi, dan lain-lain.

f. Pengujian *dinamometer*, konsumsi bahan bakar, dan *gas analyzer*.

Setelah lilitan selenoid dapat menghasilkan kuat medan magnet yang memiliki nilai sama besar dan dapat diaplikasikan pada motor bensin 4-langkah, maka dilakukan pengujian *dinamometer* dan uji emisi untuk mendapatkan nilai torsi

motor pada berbagai variasi yang diujikan sekaligus untuk mendapatkan kadar emisi gas buang.

g. Pengambilan data *dinamometer*.

Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan nilai torsi motor pada berbagai variasi yang diujikan, dan proses pengambilan data diulang sebanyak 3 kali untuk mendapat hasil data yang akurat.

h. Pengambilan data konsumsi bahan bakar

Pengambilan data dilakukan dengan mengamati bahan bakar yang dihabiskan dalam kecepatan motor dan waktu tertentu. Dilakukan 3 kali pengulangan untuk mendapatkan hasil data yang akurat.

i. Pengambilan data *gas analyzer*.

Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan nilai komposisi kadar emisi gas buang motor pada berbagai variasi yang diujikan, dan proses pengambilan data diulang sebanyak 3 kali untuk mendapat hasil data yang akurat.

j. Pengolahan data analisa hasil.

Menghitung, membandingkan, dan menganalisis hasil data yang diambil dari pengujian *dinamometer* dan pengujian emisi gas buang.

k. Kesimpulan

Menyimpulkan hasil dari penelitian ini dan memberi saran agar pada penelitian berikutnya bisa dilakukan pengembangan yang lebih baik.

3.11 Prosedur Pembuatan Lilitan Selenoid Penghasil Medan Magnet

Prosedur Pembuatan lilitan selenoid penghasil medan magnet adalah sebagai berikut:

- a. Membuat media lilitan atau inti besi lilitan selenoid. Bahan besi adalah ST 40 sepanjang 120 mm.
- b. Melakukan proses permesinan pembubutan hingga membentuk dimensi seperti yang dikehendaki.

- c. Melakukan pengeboran pada media lilitan dengan diameter dalam A= 6 mm, B= 8 mm, C= 10 mm, dan D= 12 mm
- d. Menempelkan ring pada inti besi sebagai pembatas agar lilitan kawat tembaga rapi dengan menempelkan ring pada inti besi, dan mengelemnya dengan lem besi.
- e. Melilitkan kawat tembaga berdiameter 0,6 mm pada inti besi dengan panjang 120 mm. Terdapat 5 lapis lilitan dengan jumlah lilitan per lapis 200 lilitan, maka total lilitan sebanyak 1.000 lilitan.

3.12 Prosedur Pengujian

Tahapan yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

a. Tahap Persiapan Pengambilan Data

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* dan *gas analyzer*, serta mencatat kondisi ruangan pengujian yaitu suhu dan kelembapan udara ruangan.

b. Tahap Pengambilan Data

Tahapan proses pengujian dapat diperinci sebagai berikut:

1. Mengatur volume bahan bakar pada tabung ukur (buret).
2. Periksa apakah ada kebocoran pada sistem gas buang motor penggerak dan sistem alat uji.
3. Menghidupkan mesin mengatur bukaan *throttle* hingga mencapai putaran 2.000 rpm.
4. Memulai pengujian atau proses pengambilan data oleh mesin *dinamometer* dan *gas analyzer* dengan range putaran mesin 2.250 – 10.000 rpm. Pengujian *dinamometer* dilakukan dengan membuka *throttle* hingga mencapai putaran 2.250 rpm selanjutnya *throttle* dibuka secara

cepat hingga *throttle* terbuka penuh dan mencapai putaran maksimal dan pengujian *dinamometer* selesai. Catat juga penggunaan bahan bakar yang terjadi pada kecepatan motor 60 km/jam selama 60 detik.

5. Setelah mencapai putaran 10.000 rpm pengambilan data selesai (memberhentikan proses pengambilan data pada mesin *dinamometer* dan *gas analyzer*).
6. Pengambilan data *gas analyzer* dilakukan dengan menahan sensor emisi selama 20 detik pada kondisi idling.
7. Mematikan motor sampai keadaan mesin dingin, dan membersihkan sisa bahan bakar.
8. Melakukan pengujian pada berbagai variasi luas penampang lilitan solenoid dengan 3 kali pengulangan

3.13 Hipotesa

Semakin besar luasan penampang dari *fuel feed line* maka akan semakin lambat laju fluida yang mengalir pada *fuel feed line* tersebut sehingga waktu proses magnetisasi pada *fuel feed line* semakin lama. Hal tersebut dapat meningkatkan unjuk kerja motor. Meningkatnya unjuk kerja motor bakar tersebut dikarenakan molekul hidrokarbon akan semakin terpecah (*declustering*) sehingga pembakaran dalam ruang bakar lebih sempurna. Dengan besar medan magnet yang sama, dan luasan penampang di masing-masing pengujian dengan variasi luas penampang lilitan solenoid yang berbeda maka hasil dari unjuk kerja motor akan berbeda pula sehingga nantinya akan ditemukan luasan penampang yang ideal untuk alat penghasil medan magnet tersebut.

3.14 Akhir Pengambilan Data

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

1. Mematikan semua alat elektronik yang digunakan selama pengujian;
2. Melepaskan semua sensor-sensor serta perlengkapan lainnya dari mesin uji;
3. Menurunkan kendaraan uji dan memeriksa seluruh keadaan bagian mesin uji serta motor uji.
4. Merapikan peralatan uji yang telah digunakan ke tempat semula.

3.14 Pengolahan Data

Hasil dari pengujian akan diperoleh data sebagai berikut:

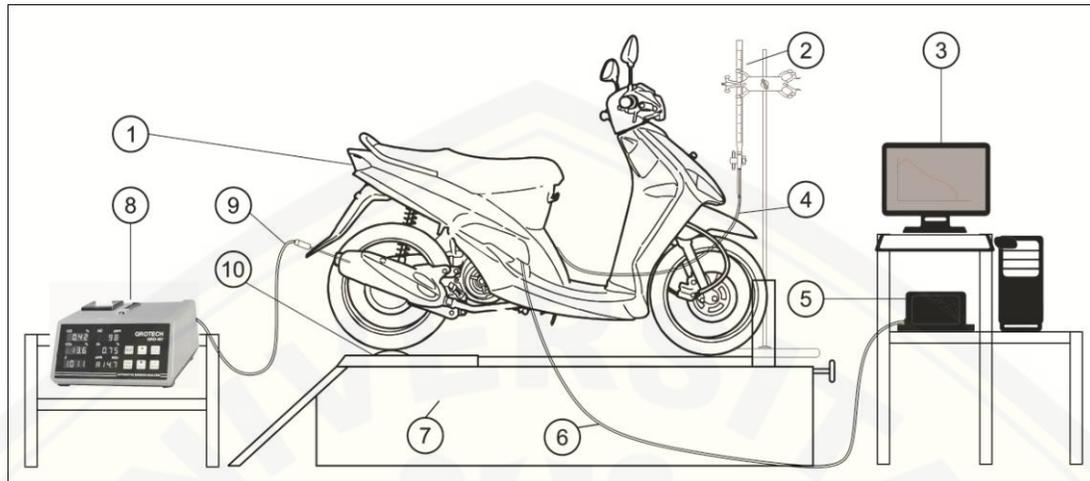
1. Torsi (Nm);
2. Putaran poros engkol (rpm);
3. Waktu konsumsi bahan bakar (jam);
4. Jumlah bahan bakar yang digunakan (l);
5. Kadar emisi gas buang : CO, HC, dan gas buang CO₂, O₂;

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. Torsi (Nm);
2. Daya efektif motor (Ne);
3. Konsumsi bahan bakar (FC);
4. kadar emisi gas buang : CO, HC, dan gas buang CO₂, O₂;

3.15 Skema Alat Uji

Skema susunan alat uji yang akan digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2.

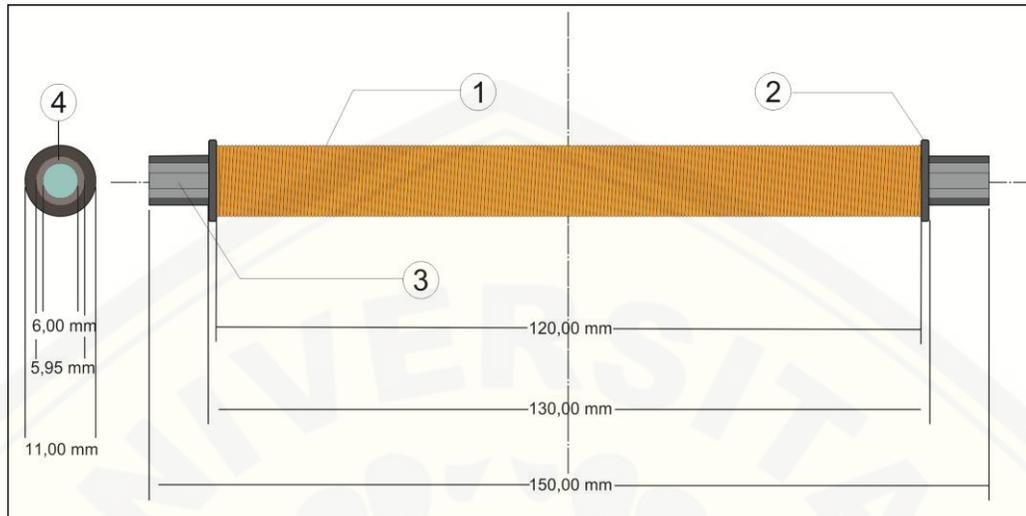


Gambar 3.2 Skema alat uji

Gambar 3.2 diatas merupakan skema alat uji pada pengujian dinamometer, konsumsi bahan bakar, dan analisa gas buang. Adapun keterangan dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

1. Motor uji;
2. Buret;
3. komputer;
4. Selang bahan bakar;
5. Konsol pengkonversi *dinamometer*
6. Kabel rpm
7. *Chassis Dyno test*;
8. *Gas Analyzer*
9. Kabel sensor uji emisi
10. Roller *dynamometer*

Alat penghasil medan magnet yang digunakan berupa lilitan selenoid yang ber-intikan besi dengan berbagai variasi luas penampang. Adapun bahan dari lilitan yakni berupa kawat tembaga dengan jumlah lilitan sebanyak 1000 lilitan sepanjang 120 mm. Desain dari selenoid penghasil medan magnet dapat dilihat pada Gambar 3.3.

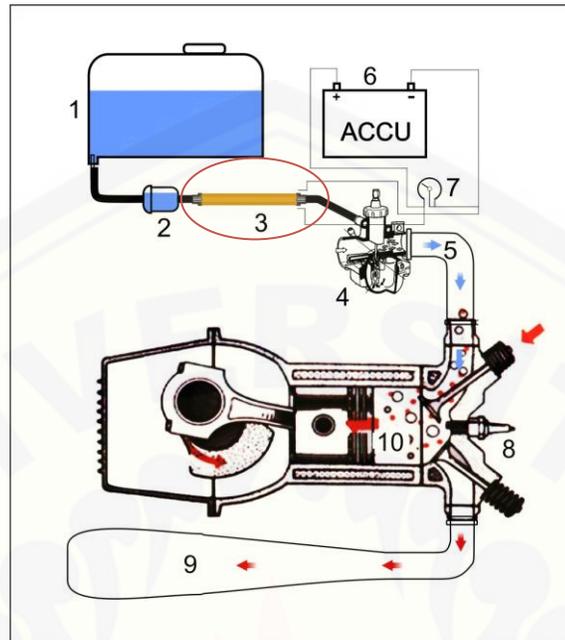


Gambar 3.3 Alat penghasil magnet dengan lilitan selenoid

Dari Gambar 3.3 diatas dapat dilihat bahwa alat penghasil medan magnet memiliki komponen-komponen penyusun didalamnya. Adapaun keterangannya adalah sebagai berikut:

1. Kawat tembaga
2. Ring pembatas
3. Pipa alumunium
4. Inti besi lilitan

Setelah pembuatan alat penghasil medan magnet dengan lilitan solenoid selesai, maka pemasangan atau instalasi dari alat tersebut dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.5 Skema pemasangan lilitan solenoid

Pada Gambar 3.4 dapat diilustrasikan tentang penempatan lilitan selenoid penghasil medan magnet, yakni diantara filter bahan bakar dan karburator. Adapun keterangannya adalah sebagai berikut:

1. Tangki bahan bakar
2. Filter bahan bakar
3. Solenoid
4. Karburator
5. *Intake manifold*
6. *Accu*
7. *Potensiometer*
8. Busi
9. Saluran buang
10. Ruang bakar

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

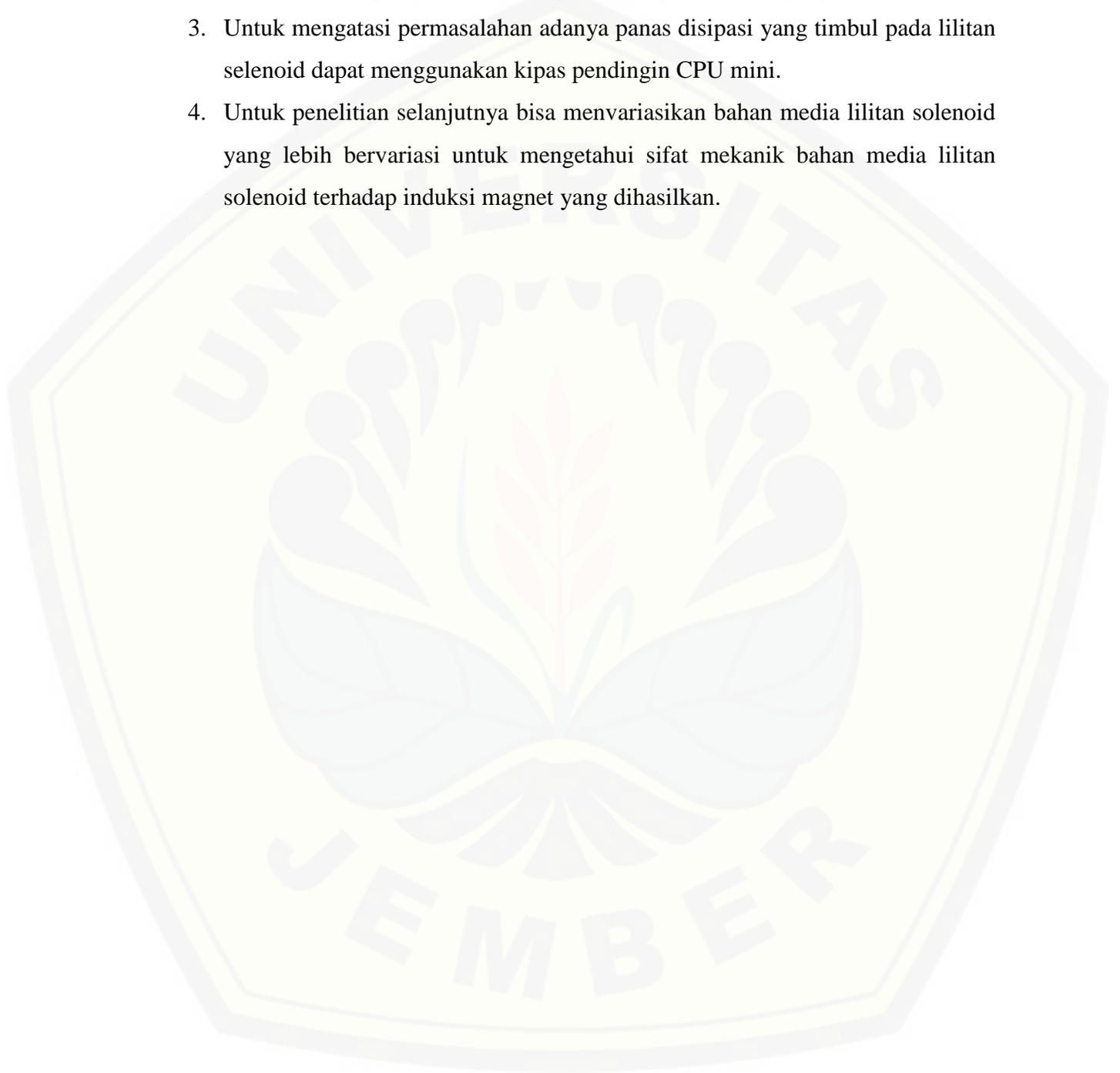
1. Pengujian *dinamometer* pada motor bensin 4-langkah dengan penggunaan solenoid D pada putaran 4000-7000 rpm memiliki pencapaian torsi lebih tinggi daripada pengujian tanpa solenoid (standar), solenoid A, B, atau C dengan nilai rata-rata torsi sebesar 9,306 N.m, sedangkan daya rata rata tertinggi pada putaran tersebut dicapai oleh solenoid A dengan nilai 7,569 hp.
2. Pengujian konsumsi bahan bakar pada kecepatan motor konstan sebesar 60 km/jam pada hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan penambahan luas penampang dari lilitan solenoid dapat mengurangi konsumsi bahan bakar motor. Konsumsi bahan bakar paling rendah dicapai oleh solenoid D dengan pencapaian konsumsi bahan bakar sebesar 2,20 l/100 km atau terjadi peningkatan sebesar 18,09 %.
3. Penggunaan solenoid C yang paling mendekati ideal karena dapat menurunkan nilai CO dan HC bila dibandingkan dalam keadaan standar, namun kadar CO₂ sedikit menurun dan O₂ mengalami peningkatan pada solenoid C, itu menandakan reaksi kimia yang terjadi pada solenoid C lebih rendah daripada variasi pengujian yang lain.

5.2 Saran

Adapun saran yang penulis berikan adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya pengujian *dinamometer*, konsumsi bahan bakar, dan uji emisi gas buang dilakukan secara bersamaan atau disatu tempat agar data torsi dan daya yang diperoleh pada *dinamometer* dapat digunakan untuk mencari konsumsi bahan bakar spesifik, dan pengujian emisi gas buang juga dapat dilakukan pada keadaan motor dalam kondisi diberi pembebanan.

2. Dalam pengambilan data seharusnya diberi jeda jarak waktu antara percobaan antara satu dengan percobaan yang lain didapatkan hasil yang akurat.
3. Untuk mengatasi permasalahan adanya panas disipasi yang timbul pada lilitan solenoid dapat menggunakan kipas pendingin CPU mini.
4. Untuk penelitian selanjutnya bisa bervariasi bahan media lilitan solenoid yang lebih bervariasi untuk mengetahui sifat mekanik bahan media lilitan solenoid terhadap induksi magnet yang dihasilkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Adam, R. 2008. Analisis Emisi Gas Buang Dengan Menggunakan Ring Option. *Jurnal Torsi, volume VI, No. 2*. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin. FPTK UPI. Bandung.
- Anfarozzi. 2013. Analisa Variasi Hambatan Dan Tegangan Listrik Pada Koil Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Anonim. 2010. PT. Pertamina (Persero). *Oil and Gas, Natural gas, Fuel, Petrol, Industry, Indonesia Petroleum – Corporate Website*. <http://www.pertamina.com/index.php>. [26 Mei 2015].
- Arismunandar, Wiranto. 2005. *Penggerak mula Motor Bakar, Bandung* : ITB. Bandung.
- Chalid, A., Saksono, N., Adiwir., dan Darsono, N. 2005. Studi Pengaruh Magnetisasi Sistem Dipol Terhadap Karakteristik Kerosin. *Jurnal Makara Teknologi*, vol. 8, no. 1, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK UPI. Bandung.
- Chilbule. C., Upadhyay A., Mukkamala A. 2014. Analyzing the profile modification of truck-trailer to prune the aerodynamic drag and its repercussion on fuel consumption. *PROCEDIA ENGINEERING*. Automotive Engineering, SMBS, VIT University Vellore, Tamilnadu-632014, India
- Dwi, F. 2013. *Pengaruh Panjang Medan Magnet Pada Alat Penghemat Bahan Bakar Jenis Elektromagnetik Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah*. . Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Endah. 2006. *Bbm Dimagnet Efisien Digaet - Femax Energy Saver*. <http://www.femax.biz/detailartikel.php?id=1137223411&kategori=1>. [06 Juni 2015].
- Haq, U. F. A., Priangkoso, T. 2013. Analisis Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertamina Dan Pertamina Plus Terhadap Performa Sepeda Motor Dengan Menggunakan Dinamometer Chassis. *Momentum*, vol. 9 Oktober 2013, ISSN 0216-7395. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim. Semarang.

- Had, A. L., dan Haryono, E. 2012. Kinerja Mesin Diesel Akibat Pemasangan Thermostat Pada Nanchang Type 2105a – 3. *PROSIDING*, vol. 6 : Desember 2012, ISBN : 978-979-127255-0-6. Makassar.
- Hidayat, W. 2012. *Motor Bensin Modern*. Rineka Cipta. Jakarta
- Irianto, 2013. Model Matematik dari Spark Ignition Engine FIAT DEDRA V6. *J. Sci. Mod. & Com.*, vol. 1 No.31. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- KLH, 2006. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*.
- Mardiansyah, R. 2012. *Potensi Medan Elektromagnetik Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok.
- Muhajir, F., Putra, T.D., dan Fuhaid, N. 2014. Pengaruh Penambahan Ethanol Pada Bahan Bakar Premium Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Matic. *Jurnal PROTON*, vol. 6 No 1 / Hal 24-29.
- Murni, Fajar, B., dan Surya, T. 2010. Perbandingan Pengaruh Temperatur Solar Dan Biodiesel Terhadap Performa Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2010*. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Purnomo, T. B. 2013. *Perbedaan Performa Motor Berbahan Bakar Premium 88 Dan Motor Berbahan Bakar Pertamina 92*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Putra, T. D., dan Endayani, I. D. 2010. Alat Penghemat Bahan Bakar Berbasis Elektromagnet. *Jurnal PROTON*, vol. 2 No. 2/Hal. 13 – 17. Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama. Malang.
- Siregar, H. P. 2006. Pengaruh Diameter Kawat Kumputan Alat Penghemat Energi yang Berbasis Elektromagnetik Terhadap Kinerja Motor Diesel. *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, No. 1, April 2007. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Indonesia, Jakarta.
- Sururi, E., dan Waluyo, B. 2014. Kaji Eksperimen: Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium Dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pada Sepeda Motor Suzuki Thunder Tipe En-125. *Jurnal*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. Magelang.

- Suyatno, A. 2013. Variasi Campuran Bahan Bakar Dengan Peralatan Elektromagnet Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Bakar Bensin 3 Silinder. *Jurnal PROTON*, Vol. 3 No. 1/Hal 14, Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama. Malang.
- Syarifudin dan Sudarmanta, B. 2013. Kajian Variasi Kuat Medan Magnet Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Mesin Sinjai 2 Silinder 650 Cc. *Jurnal* . Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITS. Surabaya.
- Yuda, F. 2012. *Pengaruh Kuat Medan Magnet Pada Saluran Bahan Bakar Dengan Variasi Tegangan Listrik 3volt, 6volt, 12volt Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

LAMPIRAN

Lampiran A. Contoh Perhitungan

Contoh perhitungan laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Magnetisasi Bahan Bakar Pada *Fuel Feed Line* Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4-Langkah” adalah sebagai berikut.

Diketahui:

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Gigi Transmisi | = V-belt otomatis |
| 2. Putaran mesin (n) | = 2750 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) | = 325 mm |
| 6. Berat spesifik bahan bakar Premium | = 0,734 g/ml |

Perhitungan unjuk kerja motor menggunakan Selenoid A. Dengan mengacu pada data diatas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja motor sebagai berikut:

1. Torsi (T)

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

Torsi yang dihasilkan sesuai dengan besarnya inersia roller 1,46 kg.m² dikalikan percepatan putar roller (α), dan nilai torsi rata-rata pada putaran 2750 rpm adalah 10,95 Nm.

2. Daya (Ne)

Nilai daya efektif dapat diketahui pada *dinamometer* yakni sebesar 5,946 hp.

3. *Fuel Consumption* (FC)

$$\begin{aligned} \text{FC} &= 100 \times \text{bahan bakar yang dikonsumsi selama 1 menit (l/100 km)} \\ &= 100 \times 0,0267 \text{ (l/100 km)} \\ &= 2,67 \text{ (l/100 km)} \end{aligned}$$

Lampiran B 1. Hasil data Pengujian *Dinamometer*Tabel Hasil Pengujian Torsi *Dinamometer*

Pengujian 1

No.	Putaran, n (rpm)	Tanpa Selenoid/ Standar ,T (Nm)	Selenoid A, T (Nm)	Selenoid B, T (Nm)	Selenoid C, T (Nm)	Selenoid D, T (Nm)
1	2250	10,47	13,29	15,24	17,20	13,30
2	2500	10,34	12,26	13,70	14,45	12,30
3	2750	10,95	12,11	13,60	13,78	11,50
4	3000	11,40	12,61	13,36	14,30	11,58
5	3250	11,38	12,47	12,67	14,08	11,79
6	3500	11,12	11,82	12,04	12,87	11,29
7	3750	10,82	11,17	11,66	11,95	11,31
8	4000	10,55	10,97	11,23	11,35	10,79
9	4250	10,39	10,42	10,63	10,70	10,36
10	4500	10,11	10,00	10,12	10,14	9,96
11	4750	9,75	9,58	9,72	9,97	9,79
12	5000	9,41	9,53	9,52	9,57	9,47
13	5250	9,01	9,42	9,42	9,40	9,45
14	5500	8,81	9,17	9,32	9,18	9,16
15	5750	8,56	9,17	9,17	9,11	9,15
16	6000	8,21	8,88	8,91	8,88	8,85
17	6250	7,94	8,61	8,63	8,56	8,47
18	6500	7,79	8,46	8,60	8,56	8,54
19	6750	7,37	8,23	8,35	8,16	8,29
20	7000	6,60	7,45	7,39	7,30	7,40
21	7250	6,26	7,00	7,07	7,06	6,91
22	7500	6,02	6,86	6,92	6,80	6,75
23	7750	5,59	6,59	6,70	6,72	6,57
24	8000	5,44	6,34	6,45	6,39	6,19
25	8250	5,03	6,16	6,02	6,03	6,20
26	8500	4,72	5,78	5,88	5,83	5,73
27	8750	4,43	5,53	5,49	5,41	5,37
28	9000	3,87	5,32	5,26	5,23	5,17
29	9250	3,47	4,62	4,81	4,59	4,76

No.	Putaran, n (rpm)	Tanpa Solenoid/ Standar ,T (Nm)	Solenoid A, T (Nm)	Solenoid B, T (Nm)	Solenoid C, T (Nm)	Solenoid D, T (Nm)
30	9500	3,16	4,44	4,52	4,43	4,62
31	9750	2,78	4,27	4,16	4,17	4,17
32	10000	2,44	3,98	3,94	3,87	3,87

Pengujian 2

No.	Putaran, n (rpm)	Tanpa Solenoid/ Standar ,T (Nm)	Solenoid A, T (Nm)	Solenoid B, T (Nm)	Solenoid C, T (Nm)	Solenoid D, T (Nm)
1	2250		13,91	17,63	17,74	13,74
2	2500		13,36	14,99	15,06	13,72
3	2750		14,07	14,18	13,95	13,82
4	3000		14,56	14,21	14,10	13,38
5	3250	9,47	14,17	13,67	13,59	13,10
6	3500	9,58	12,98	12,82	12,68	12,63
7	3750	9,51	12,54	12,01	11,88	11,95
8	4000	9,70	11,71	11,45	11,52	11,43
9	4250	9,66	10,99	10,82	10,95	10,91
10	4500	9,73	10,41	10,23	10,23	10,07
11	4750	9,71	10,04	9,91	9,81	9,46
12	5000	9,39	9,88	9,69	9,62	9,25
13	5250	9,28	9,58	9,46	9,42	9,09
14	5500	9,20	9,39	9,40	9,29	8,91
15	5750	8,88	9,44	9,07	9,06	8,86
16	6000	8,96	8,93	8,90	8,77	8,53
17	6250	8,66	8,89	8,61	8,45	8,11
18	6500	8,64	8,72	8,55	8,51	7,97
19	6750	7,92	8,54	8,13	8,14	8,01
20	7000	7,19	7,57	7,26	7,31	7,46
21	7250	6,97	7,26	6,98	6,97	6,76
22	7500	6,76	7,03	6,72	6,83	6,47
23	7750	6,42	6,85	6,57	6,60	6,23
24	8000	6,05	6,57	6,29	6,23	5,94
25	8250	5,74	6,19	5,98	6,08	5,61

No.	Putaran, n (rpm)	Tanpa Solenoid/ Standar ,T (Nm)	Solenoid A, T (Nm)	Solenoid B, T (Nm)	Solenoid C, T (Nm)	Solenoid D, T (Nm)
26	8500	5,38	5,83	5,73	5,78	5,20
27	8750	4,95	5,64	5,57	5,44	5,12
28	9000	4,65	5,03	4,75	5,07	4,47
29	9250	4,10	4,68	4,68	4,71	3,94
30	9500	3,82	4,46	4,23	4,48	3,74
31	9750	3,48	4,06	3,93	4,23	3,30
32	10000	3,10	3,73	3,55	3,82	3,00

Penguujian 3

No.	Putaran, n (rpm)	Tanpa Solenoid/ Standar ,T (Nm)	Solenoid A, T (Nm)	Solenoid B, T (Nm)	Solenoid C, T (Nm)	Solenoid D, T (Nm)
1	2250		13,19	16,34	17,45	13,19
2	2500		12,72	15,75	15,11	12,72
3	2750		13,28	15,45	13,53	13,28
4	3000	9,66	13,47	15,51	13,65	13,47
5	3250	10,15	13,12	14,93	13,30	13,12
6	3500	9,64	12,55	14,34	12,45	12,55
7	3750	8,96	12,00	13,39	11,69	12,00
8	4000	9,85	11,51	11,91	11,31	11,51
9	4250	9,89	11,01	10,82	10,61	11,01
10	4500	9,73	10,62	10,24	10,15	10,62
11	4750	9,58	10,30	10,05	9,72	10,30
12	5000	9,51	9,99	9,84	9,51	9,99
13	5250	9,35	9,70	9,55	9,43	9,70
14	5500	9,17	9,59	9,41	9,20	9,59
15	5750	9,03	9,36	9,23	9,16	9,36
16	6000	8,70	9,17	9,02	8,75	9,17
17	6250	8,51	8,93	8,86	8,56	8,93
18	6500	8,54	8,86	8,60	8,44	8,86
19	6750	7,77	8,49	8,37	8,22	8,49
20	7000	7,07	7,68	7,51	7,43	7,68
21	7250	6,80	7,30	7,10	7,07	7,30

No.	Putaran, n (rpm)	Tanpa Solenoid/ Standar ,T (Nm)	Solenoid A, T (Nm)	Solenoid B, T (Nm)	Solenoid C, T (Nm)	Solenoid D, T (Nm)
22	7500	6,66	7,16	6,94	6,81	7,16
23	7750	6,38	6,86	6,71	6,66	6,86
24	8000	6,10	6,48	6,35	6,36	6,48
25	8250	5,76	6,23	6,01	6,07	6,23
26	8500	5,33	5,81	5,65	5,79	5,81
27	8750	5,02	5,54	5,31	5,77	5,54
28	9000	4,45	5,06	4,99	5,16	5,06
29	9250	4,07	4,69	4,38	4,87	4,69
30	9500	3,63	4,41	4,14	4,48	4,41
31	9750	3,17	4,08	3,80	4,29	4,08
32	10000	2,99	3,78	3,57	3,76	3,78

Nilai Torsi Rata-Rata Hasil Pengujian *Dinamometer*

No.	Putaran (rpm)	Tanpa Solenoid/ Standar (Nm)	Solenoid A (Nm)	Solenoid B (Nm)	Solenoid C (Nm)	Solenoid D (Nm)
1	2250	10,47	13,46	16,40	17,46	13,41
2	2500	10,34	12,78	14,81	14,87	12,91
3	2750	10,95	13,15	14,41	13,75	12,87
4	3000	10,53	13,55	14,36	14,02	12,81
5	3250	10,33	13,25	13,76	13,66	12,67
6	3500	10,11	12,45	13,07	12,67	12,16
7	3750	9,76	11,90	12,35	11,84	11,75
8	4000	10,03	11,40	11,53	11,39	11,24
9	4250	9,98	10,81	10,76	10,75	10,76
10	4500	9,86	10,34	10,20	10,17	10,22
11	4750	9,68	9,97	9,89	9,83	9,85
12	5000	9,44	9,80	9,68	9,57	9,57
13	5250	9,21	9,57	9,48	9,42	9,41
14	5500	9,06	9,38	9,38	9,22	9,22

No.	Putaran, n (rpm)	Tanpa Selenoid/ Standar ,T (Nm)	Selenoid A, T (Nm)	Selenoid B, T (Nm)	Selenoid C, T (Nm)	Selenoid D, T (Nm)
15	5750	8,82	9,32	9,16	9,11	9,12
16	6000	8,62	8,99	8,94	8,80	8,85
17	6250	8,37	8,81	8,70	8,52	8,50
18	6500	8,32	8,68	8,58	8,50	8,46
19	6750	7,69	8,42	8,28	8,17	8,26
20	7000	6,95	7,57	7,39	7,35	7,51
21	7250	6,68	7,19	7,05	7,03	6,99
22	7500	6,48	7,02	6,86	6,81	6,79
23	7750	6,13	6,77	6,66	6,66	6,55
24	8000	5,86	6,46	6,36	6,33	6,20
25	8250	5,51	6,19	6,00	6,06	6,01
26	8500	5,14	5,81	5,75	5,80	5,58
27	8750	4,80	5,57	5,46	5,54	5,34
28	9000	4,32	5,14	5,00	5,15	4,90
29	9250	3,88	4,66	4,62	4,72	4,46
30	9500	3,54	4,44	4,30	4,46	4,26
31	9750	3,14	4,14	3,96	4,23	3,85
32	10000	2,84	3,83	3,69	3,82	3,55

Tabel Hasil Pengujian Daya *Dinamometer*

Pengujian 1

No.	Putaran (rpm)	Tanpa Selenoid/ Standar (hp)	Selenoid A (hp)	Selenoid B (hp)	Selenoid C (hp)	Selenoid D (hp)
1	2250	3,815	5,168	5,906	6,596	4,936
2	2500	4,148	5,013	5,719	6,043	4,954
3	2750	4,820	5,448	6,171	6,280	5,076
4	3000	5,405	6,111	6,520	7,047	5,561
5	3250	5,816	6,442	6,584	7,299	6,026
6	3500	6,014	6,514	6,635	7,083	6,183
7	3750	6,272	6,472	6,778	6,924	6,593

No.	Putaran (rpm)	Tanpa Solenoid/ Standar (hp)	Solenoid A (hp)	Solenoid B (hp)	Solenoid C (hp)	Solenoid D (hp)
8	4000	6,454	6,781	6,917	6,974	6,646
9	4250	6,747	6,796	6,922	6,921	6,723
10	4500	6,904	6,828	6,962	6,916	6,848
11	4750	6,992	6,910	6,966	7,171	7,058
12	5000	7,055	7,172	7,154	7,209	7,165
13	5250	7,084	7,441	7,406	7,421	7,465
14	5500	7,174	7,532	7,675	7,533	7,516
15	5750	7,297	7,848	7,817	7,768	7,814
16	6000	7,271	7,941	7,931	7,901	7,873
17	6250	7,312	7,978	7,985	7,893	7,82
18	6500	7,476	8,170	8,262	8,220	8,205
19	6750	7,271	8,206	8,287	8,079	8,243
20	7000	6,729	7,652	7,604	7,474	7,573
21	7250	6,612	7,431	7,486	7,493	7,331
22	7500	6,562	7,522	7,568	7,454	7,365
23	7750	6,279	7,436	7,544	7,600	7,434
24	8000	6,287	7,386	7,499	7,433	7,218
25	8250	6,015	7,364	7,230	7,237	7,418
26	8500	5,788	7,126	7,274	7,184	7,069
27	8750	5,586	7,010	6,951	6,852	6,799
28	9000	5,006	6,927	6,843	6,805	6,712
29	9250	4,615	6,165	6,440	6,113	6,351
30	9500	4,299	6,070	6,188	6,005	6,323
31	9750	3,875	5,995	5,825	5,842	5,829
32	10000	3,480	5,719	5,649	5,550	5,556

Pengujian 2

No.	Putaran (rpm)	Tanpa Selenoid/ Standar (hp)	Selenoid A (hp)	Selenoid B (hp)	Selenoid C (hp)	Selenoid D (hp)
1	2250		5,193	6,802	6,883	5,366
2	2500		5,556	6,254	6,250	5,709
3	2750		6,377	6,450	6,305	6,275
4	3000		7,119	6,967	6,891	6,53
5	3250	4,854	7,410	7,059	7,078	6,851
6	3500	5,158	7,195	7,034	6,990	6,986
7	3750	5,426	7,327	7,034	6,922	6,966
8	4000	5,918	7,214	7,095	7,141	7,094
9	4250	6,235	7,160	7,034	7,098	7,119
10	4500	6,618	7,144	6,977	6,966	6,893
11	4750	6,930	7,173	7,131	7,039	6,796
12	5000	7,031	7,395	7,308	7,225	6,956
13	5250	7,243	7,567	7,470	7,391	7,192
14	5500	7,557	7,721	7,708	7,655	7,316
15	5750	7,581	8,064	7,754	7,740	7,59
16	6000	7,950	7,951	7,920	7,788	7,581
17	6250	8,002	8,232	7,942	7,794	7,484
18	6500	8,274	8,364	8,212	8,199	7,642
19	6750	7,847	8,459	8,050	8,065	7,94
20	7000	7,360	7,776	7,449	7,487	7,665
21	7250	7,366	7,728	7,413	7,393	7,192
22	7500	7,373	7,680	7,364	7,495	7,093
23	7750	7,233	7,710	7,395	7,462	7,036
24	8000	7,040	7,634	7,308	7,266	6,911
25	8250	6,863	7,411	7,169	7,269	6,717
26	8500	6,618	7,189	7,057	7,118	6,419
27	8750	6,257	7,140	7,056	6,879	6,48
28	9000	6,039	6,540	6,182	6,585	5,813
29	9250	5,458	6,220	6,222	6,278	5,238
30	9500	5,207	6,098	5,792	6,123	5,106
31	9750	4,876	5,695	5,507	5,922	4,615
32	10000	4,437	5,363	5,101	5,478	4,308

Pengujian 3

No.	Putaran (rpm)	Tanpa Selenoid/ Standar (hp)	Selenoid A (hp)	Selenoid B (hp)	Selenoid C (hp)	Selenoid D (hp)
1	2250		4,906	7,205	6,836	4,906
2	2500		5,235	7,344	6,240	5,235
3	2750	3,720	6,012	7,451	6,098	6,012
4	3000	4,501	6,554	7,555	6,652	6,554
5	3250	5,148	6,797	7,815	6,928	6,797
6	3500	5,182	6,879	8,002	6,880	6,879
7	3750	5,426	7,327	7,034	6,922	6,966
8	4000	5,918	7,214	7,095	7,141	7,094
9	4250	6,235	7,160	7,034	7,098	7,119
10	4500	6,618	7,144	6,977	6,966	6,893
11	4750	6,930	7,173	7,131	7,039	6,796
12	5000	7,031	7,395	7,308	7,225	6,956
13	5250	7,243	7,567	7,470	7,391	7,192
14	5500	7,557	7,721	7,708	7,655	7,316
15	5750	7,581	8,064	7,754	7,740	7,590
16	6000	7,950	7,951	7,920	7,788	7,581
17	6250	8,002	8,232	7,942	7,794	7,484
18	6500	8,274	8,364	8,212	8,199	7,642
19	6750	7,847	8,459	8,050	8,065	7,940
20	7000	7,360	7,776	7,449	7,487	7,665
21	7250	7,366	7,728	7,413	7,393	7,192
22	7500	7,373	7,680	7,364	7,495	7,093
23	7750	7,233	7,710	7,395	7,462	7,036
24	8000	7,040	7,634	7,308	7,266	6,911
25	8250	6,863	7,411	7,169	7,269	6,717
26	8500	6,618	7,189	7,057	7,118	6,419
27	8750	6,257	7,140	7,056	6,879	6,48
28	9000	6,039	6,540	6,182	6,585	5,813
29	9250	5,458	6,220	6,222	6,278	5,238
30	9500	5,207	6,098	5,792	6,123	5,106
31	9750	4,876	5,695	5,507	5,922	4,615
32	10000	4,437	5,363	5,101	5,478	4,308

Nilai Daya Rata- Rata Hasil Pengujian *Dinamometer*

No.	Putaran (rpm)	Tanpa Solenoid/ Standar (hp)	Solenoid A (hp)	Solenoid B (hp)	Solenoid C (hp)	Solenoid D (hp)
1	2250	3,82	5,09	6,64	6,77	5,07
2	2500	4,15	5,27	6,44	6,18	5,30
3	2750	4,27	5,95	6,69	6,23	5,79
4	3000	4,95	6,59	7,01	6,86	6,22
5	3250	5,27	6,88	7,15	7,10	6,56
6	3500	5,45	6,86	7,22	6,98	6,68
7	3750	5,61	6,93	7,22	6,90	6,85
8	4000	6,14	7,04	7,11	7,02	6,95
9	4250	6,46	7,03	6,98	6,97	7,00
10	4500	6,73	7,08	6,97	6,95	7,00
11	4750	6,93	7,16	7,10	7,08	7,08
12	5000	7,08	7,36	7,28	7,20	7,21
13	5250	7,21	7,55	7,45	7,42	7,43
14	5500	7,42	7,70	7,71	7,59	7,56
15	5750	7,52	7,98	7,82	7,78	7,81
16	6000	7,65	8,02	7,96	7,83	7,87
17	6250	7,72	8,16	8,04	7,87	7,85
18	6500	7,98	8,35	8,24	8,18	8,12
19	6750	7,60	8,37	8,21	8,11	8,21
20	7000	7,11	7,77	7,59	7,53	7,71
21	7250	7,06	7,64	7,48	7,46	7,42
22	7500	7,07	7,68	7,50	7,47	7,43
23	7750	6,90	7,63	7,51	7,53	7,41
24	8000	6,79	7,53	7,40	7,36	7,23
25	8250	6,59	7,41	7,20	7,26	7,20
26	8500	6,31	7,16	7,09	7,15	6,88
27	8750	6,06	7,05	6,91	7,02	6,76
28	9000	5,61	6,68	6,51	6,70	6,37
29	9250	5,16	6,21	6,16	6,29	5,95
30	9500	4,82	6,07	5,88	6,09	5,82
31	9750	4,39	5,81	5,55	5,93	5,39
32	10000	4,07	5,50	5,29	5,48	5,10

Lampiran B 2. Hasil data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar**Pengujian 1**

No.	Variasi	Kec. Motor (km/jam)	Bahan Bakar Yang di Habiskan (l)	waktu (jam)	FC (l/100km)
1	Tanpa Selenoid	60	0,0258	0,0167	2,58
2	Selenoid A	60	0,0268	0,0167	2,68
3	Selenoid B	60	0,0254	0,0167	2,54
4	Selenoid C	60	0,0242	0,0167	2,42
5	Selenoid D	60	0,0220	0,0167	2,20

Pengujian 2

No.	Variasi	Kec. Motor (km/jam)	Bahan Bakar Yang di Habiskan (l)	waktu (jam)	FC (l/100km)
1	Tanpa Selenoid	60	0,0276	0,0167	2,76
2	Selenoid A	60	0,0260	0,0167	2,60
3	Selenoid B	60	0,0242	0,0167	2,42
4	Selenoid C	60	0,0230	0,0167	2,30
5	Selenoid D	60	0,0226	0,0167	2,26

Pengujian 3

No.	Variasi	Kec. Motor (km/jam)	Bahan Bakar Yang di Habiskan (l)	waktu (jam)	FC (l/100km)
1	Tanpa Selenoid	60	0,0272	0,0167	2,72
2	Selenoid A	60	0,0274	0,0167	2,74
3	Selenoid B	60	0,0242	0,0167	2,42
4	Selenoid C	60	0,0236	0,0167	2,36
5	Selenoid D	60	0,0214	0,0167	2,14

Nilai *Fuel Consumption* Rata-Rata

No.	Variasi	Kec. Motor (km/jam)	Bahan Bakar Yang di Habiskan (l)	waktu (jam)	FC (l/100km)
1	Tanpa Solenoid	60	0.0269	0.0167	2,68
2	Solenoid A	60	0.0267	0.0167	2,67
3	Solenoid B	60	0.0246	0.0167	2,46
4	Solenoid C	60	0.0236	0.0167	2,36
5	Solenoid D	60	0.0220	0.0167	2,20

Lampiran B 3. Hasil data Pengujian Gas Analyzer**Pengujian 1**

No.	Variasi	CO (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
1	Tanpa Selenoid (standar)	1,29	286,00	18,73	0,40
2	Selenoid A	1,41	355,00	18,94	0,50
3	Selenoid B	0,88	257,00	19,96	0,30
4	Selenoid C	1,18	207,00	19,11	0,20
5	Selenoid D	1,30	325,00	19,20	0,50

Pengujian 2

No.	Variasi	CO (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
1	Tanpa Selenoid (standar)	1,47	315,00	18,55	0,50
2	Selenoid A	1,93	411,00	18,05	0,80
3	Selenoid B	0,92	108,00	19,58	0,60
4	Selenoid C	1,12	114,00	19,10	0,60
5	Selenoid D	1,68	318,00	18,84	0,60

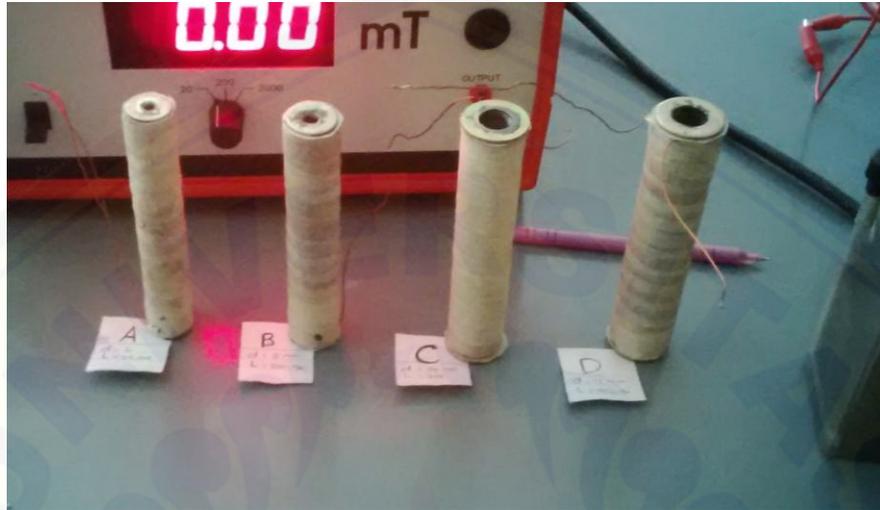
Pengujian 3

No.	Variasi	CO (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
1	Tanpa Selenoid (standar)	1,86	239,00	17,79	0,80
2	Selenoid A	1,41	340,00	19,08	0,50
3	Selenoid B	1,50	337,00	18,91	0,50
4	Selenoid C	1,17	159,00	19,44	0,50
5	Selenoid D	1,49	236,00	18,81	0,60

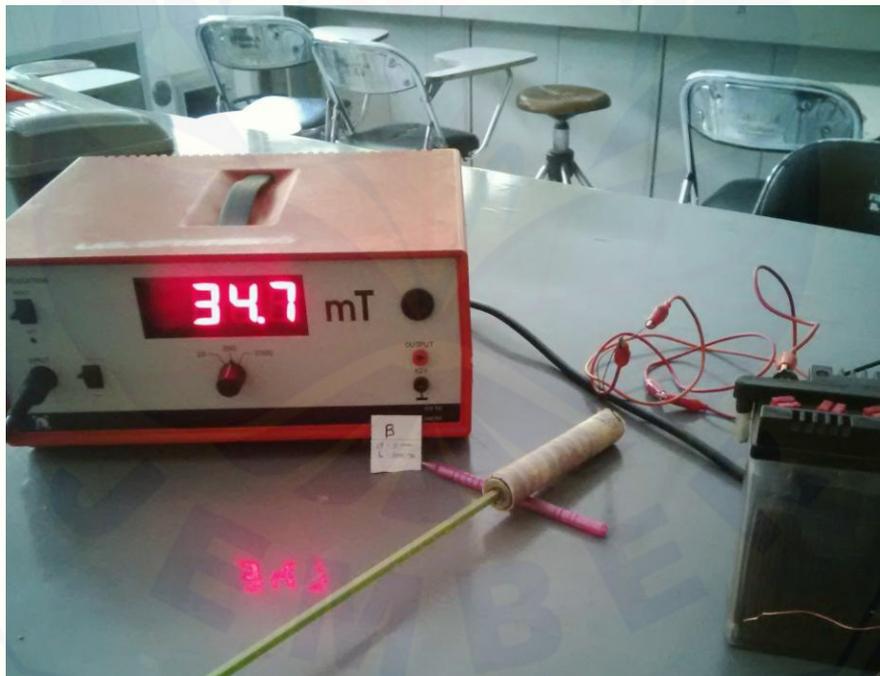
Nilai Rata-Rata Pengujian Emisi Gas Buang

No.	Variasi	CO (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
1	Tanpa Selenoid	1.54	280.00	18.36	0.57
2	Selenoid A	1.58	368.67	18.69	0.60
3	Selenoid B	1.10	234.00	19.48	0.47
4	Selenoid C	1.16	160.00	19.22	0.43
5	Selenoid D	1.49	293.00	18.95	0.57

Lampiran C. Dokumentasi Penelitian



Gambar solenoid dengan variasi luas penampang A, B, C, dan D



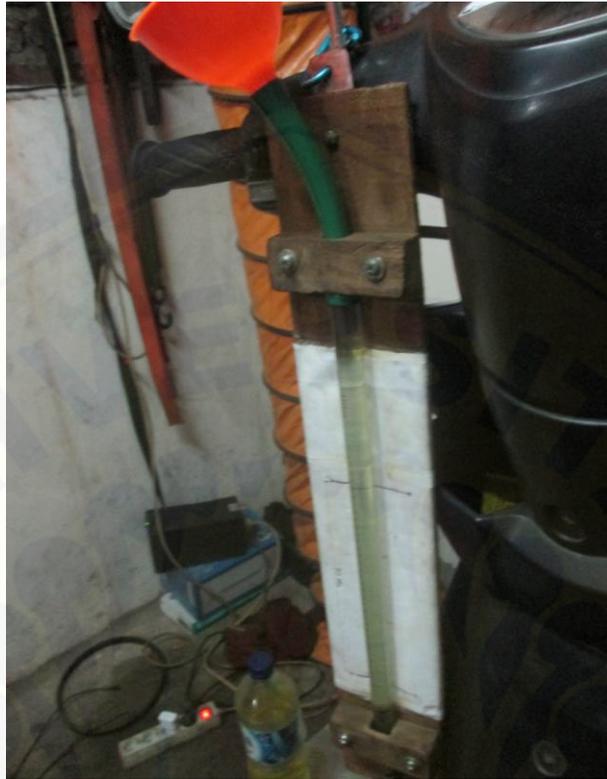
Gambar pengujian *Teslameter*



Gambar instalasi lilitan solenoid pada alat uji



Gambar Pengujian *dinamometer*



Gambar pengujian konsumsi bahan bakar



Gambar contoh hasil pengukuran uji emisi gas buang (*gas analyzer*)

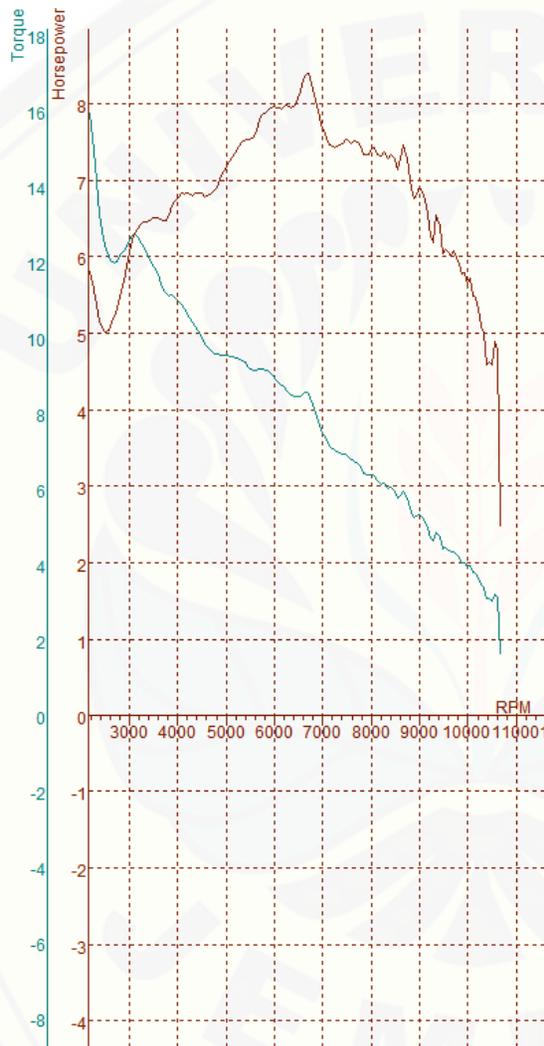
Lampiran D. Contoh Output Data Hasil Pengujian *Dinamometer*



SPORIDYNO V3.4
 DYNAMOMETER: SD325
 ROLLER INERTIA: 4,6

Displacement Correction
 Correction Factor: ISO 1585

TEST NAME	MAX POWER.	MAX TORQUE	Temp. °C	Humidity %	Pressure	KMH	Date/Time
A1	8.394 (8.394) / 6694	16.99 (16.99) / 1915	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	86.0	30/09/2015 5:18:38 PM



DATA FOR TEST: A 1

RPM	HP (HP)	TQ (N*M)	EXHAUST 1	EXHAUST 1
1500	5.662	15.30	1000.0	1000.0
1750	5.476	14.60	1000.0	1000.0
2000	5.313	13.91	1000.0	1000.0
2250	5.168	13.29	1000.0	1000.0
2500	5.013	12.26	1000.0	1000.0
2750	5.448	12.11	1000.0	1000.0
3000	6.111	12.61	1000.0	1000.0
3250	6.442	12.47	1000.0	1000.0
3500	6.514	11.82	1000.0	1000.0
3750	6.472	11.17	1000.0	1000.0
4000	6.781	10.97	1000.0	1000.0
4250	6.796	10.42	1000.0	1000.0
4500	6.828	10.00	1000.0	1000.0
4750	6.910	9.58	1000.0	1000.0
5000	7.172	9.53	1000.0	1000.0
5250	7.441	9.42	1000.0	1000.0
5500	7.532	9.17	1000.0	1000.0
5750	7.848	9.17	1000.0	1000.0
6000	7.941	8.88	1000.0	1000.0
6250	7.978	8.61	1000.0	1000.0
6500	8.170	8.46	1000.0	1000.0
6694	8.394	8.51	1000.0	1000.0
6750	8.206	8.23	1000.0	1000.0
7000	7.652	7.45	1000.0	1000.0
7250	7.431	7.00	1000.0	1000.0
7500	7.522	6.86	1000.0	1000.0
7750	7.436	6.59	1000.0	1000.0
8000	7.386	6.34	1000.0	1000.0
8250	7.364	6.16	1000.0	1000.0
8500	7.126	5.78	1000.0	1000.0
8750	7.010	5.53	1000.0	1000.0
9000	6.927	5.32	1000.0	1000.0
9250	6.165	4.62	1000.0	1000.0
9500	6.070	4.44	1000.0	1000.0
9750	5.995	4.27	1000.0	1000.0
10000	5.719	3.98	1000.0	1000.0
10250	5.090	3.46	1000.0	1000.0
10500	4.695	3.11	1000.0	1000.0

LOSSES: 0.000 HP 0.000N*M
 TOTAL ENGINE: 8.394HP 16.99N*M