



**ANALISA VARIASI HAMBATAN DAN TEGANGAN LISTRIK PADA
KOIL TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN 4 LANGKAH**

SKRIPSI

Oleh

KEMAL FAZA ANFAROZI

NIM. 081910101024

PROGRAM STUDI STRATA 1

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2013



**ANALISA VARIASI HAMBATAN DAN TEGANGAN
LISTRIK PADA KOIL TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BENSIN 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
Kemal Faza Anfarazi
NIM 081910101024

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisa Variasi Hambatan Dan Tegangan Listrik Pada Koil Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah”** Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

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

1. Allah S.W.T.
2. Rasulullah Muhammad SAW, Suri Tauladan Umat Manusia;
3. Ayahku Sri Harto dan Ibuku Sri Fatma Wahyuningsih yang selalu memberikan dukungan dari segi apapun sehingga beliau bisa menyelesaikan kewajibannya sebagai orangtua yang sangat berharga bagiku.
4. Alm. Kakekku H.A.S.Notoraharjo, Wagiman , Alm. Nenekku Hj.Siti Djuariyah yang selalu memberikan kasih sayang kepadaku.
5. Kakakku Thareq Febriansyah Anfaroz, A.Md. Adikku Moch.Faizal Rizqi, Apriyola Izmi Anisa, Pakdeku Budi Haryanto, Omku Arif dan Budeku Maria Prihatiningsih dan seluruh keluargaku yang memberikan dukungan kepadaku.
6. Semua Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bapak. Andi Sanata, S.T., M.T selaku DPU, Bapak. Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini, Dosen wali Bapak. Yuni Hermawan, S.T., M.T. Dosen Penguji I Bapak. Aris

Zainul Muttaqin, S.T.. Bapak. Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku Dosen Penguji II.

7. Seluruh Guru-guruku dari TK, SD, SLTP, SMA dan Guru mengaji yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan ilmu.
8. Septiyani Setyo Wulandari yang bersedia memberikan semangat, do'a, kasih sayang dan kesetiaan yang besar kepadaku.
9. Team CB Plastict, Mohammad GZ, Ardi Kodok dan Gahan Satwika yang memberikan masukan, motivasi serta dukungan untuk memperjuangkan skripsi ini.
10. The Big Family Mc'Engine Alfin Zakariayah, S.T, Fandi Maulana, S.T, Tri Bayu P, S.T, Andri Arif C, S.T (Las), Andry Ardiansyah, S.T (Copet), Ferdi Yuda, S.T, Fendi Anggara, S.T, Nurman Martafi, S.T, Ahmad Faizal, S.T, Amri Hadi, S.T, Hanung B, S.T, Sinung Trah U, S.T, Skriptiyan, S.T, Ragil, S.T, Husni Ismu S, S.T, Sulis P, S.T, Intan Maimunah, S.T, Kumaranata A, S.T, Dani,Amuthi Wahyu, S.T, Dimas Ghafar, S.T, Eko F, S.T, Wildan, Sareka Reza Faozi, Erik S, S.T, Jeki Dwi C, S.T, Anggun P, Wahyu Trialinggan, Bagus, Muhammadiyah Syafiudin (Asik)kalian adalah keluargaku di kampus **“We Are Solidarity Forever because we are Mc' engine family”**.
11. Adek kelasku Teknik Mesin 2009 Febriyan, Ucup, Lukman.
12. Keluarga KKT desa SUCO crew Aprilia. (sekretaris), Aditya. (Wakordes), Bagus R K (Kordes), Dwi Retno (Bendahara), Lisa, Alex, Tanjung (Anggota). bagiku waktu sempit bukan halangan buat mengenal satu dengan yang lain, kalian keluargaku di Suco kawan.



MOTTO

“Sesungguhnya menuntut ilmu adalah pendekatan diri kepada Allah Azza wajalla, dan mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahuinya adalah sodaqoh. Sesungguhnya ilmu menempatkan orangnya dalam kedudukan terhormat dan mulia. Ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya di dunia dan di akhirat.”

(Al Hadist Riwayat. Ar-Rabii')

*Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat
(q.s al-mujaddalah ayat 11)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Kemal Faza Anfarози**

NIM : **081910101024**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: **“ANALISA VARIASI HAMBATAN DAN TEGANGAN LISTRIK PADA KOIL TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN 4 LANGKAH”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 26 Juni 2013

Yang menyatakan,

Kemal Faza Anfarози
NIM. 081910101024

SKRIPSI

ANALISA VARIASI HAMBATAN DAN TEGANGAN LISTRIK PADA KOIL TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN 4 LANGKAH

Oleh :

Kemal Faza Anfarazi
NIM. 081910101024

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Andi Sanata, S.T, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*ANALISA VARIASI HAMBATAN DAN TEGANGAN LISTRIK PADA KOIL TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN 4 LANGKAH*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 26 Juni 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

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

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP 19691201199602 1 001

Anggota I,

Anggota II,

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

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc
NIP 19680617 199501 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik,

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

RINGKASAN

Analisa Variasi Hambatan Dan Tegangan Listrik Pada Koil Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah; Kemal Faza Anfarazi; 081910101024; 2013; 46 halaman; Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Untuk meningkat performa mesin dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya dengan mengganti salah satu komponen mesin, merubah dan memfariasikan antara koil standart dan koil racing. Ignition coil berfungsi merubah arus listrik 12V yang diterima dari baterai/generator AC menjadi tegangan tinggi (10 KV atau lebih) untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah busi. Pada ignition coil, kumparan primer dan sekunder digulung pada inti besi. Kumparan-kumparan ini akan menaikkan tegangan yang diterima dari baterai menjadi tegangan yang sangat tinggi melalui/dengan cara induksi elektromagnet/induksi magnet listrik (induksi sendiri dan induksi bersama). Waktu pengapian semakin maju mengakibatkan suhu pada ruang bakar menjadi meningkat, salah satu cara agar suhu pada ruang bakar seimbang dengan perubahan pengapian adalah dengan menggunakan bahan bakar tetap. Ada beberapa contoh aditif seperti MTBE, TEL dll tetapi kebanyakan aditif tersebut mempunyai kandungan timbale yang tinggi. Methanol adalah aditif yang ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai campuran dari premium. Dan saya hanya mengkonsentrasikannya pada bahan bakar bensin premium saja.

Dengan premium dapat diketahui bahwa premium dapat meningkatkan daya dan torsi dengan *fuel consumption* yang rendah. Tujuan yang ingin dicapai untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar 4 langkah dengan bahan bakar bensin. Dalam pengujian unjuk kerja motor bakar digunakan alat *motor cycle dynamometer* untuk mengetahui nilai daya, torsi dan Fuel consumption. Pengujian ini menggunakan variasi koil standart GL max 125, koil racing kawahara, koil CRF, koil standart

smash, dengan variasi Hambatan dan Tegangan listrik. Pengujian unjuk kerja motor bakar dilakukan pada gigi 5 saja.

SUMMARY

Analysis of Barriers And Voltage Variation In Performance Against Coil Motor Gasoline 4 Steps; Kemal Anfarozzi Faza; 081910101024; 2013; 46 pages; Department of Mechanical Engineering University of Jember.

To increase the performance of the machine can be done in various ways such as by replacing one engine components, and memfariasikan change between standard coil racing coil dank. Function to change the ignition coil electrical currents received from 12V battery / AC generator into a high voltage (10 KV or more) to produce a strong spark jumps the spark plug gap. On the ignition coil, the primary coil and the secondary wound on an iron core. These coils will raise the voltage of the battery received a very high voltage through / by way of electromagnetic induction / electric magnetic induction (induction and mutual induction alone). More advanced ignition timing resulting temperature rise in the combustion chamber widened, one way that the temperature in the combustion chamber is balanced by the change ignition using fuel remains. There are several examples of additives such as MTBE, an additive TEL etc but most of these have a high content of timbale. Methanol is an environmentally friendly additive that can be used as a mixture of premium. Dan I just concentrated on the premium gasoline fuel only.

With the premium can be seen that the premium can increase power and torque with lower fuel consumption. Objectives to determine performance 4 stroke combustion engine with gasoline fuel. In performance testing tool used motor fuel cycle engine dynamometer to determine the value of power, torque and fuel consumption. This test uses a standard coil variations GL max 125, Kawahara racing coil, coil CRF, smash standard coil, the resistance and voltage variations. Combustion performance testing done in 5th gear only.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Analisa Variasi Hambatan Dan Tegangan Listrik Pada Koil Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik, Universitas Jember.

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

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Andi Sanata, S.T.,M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Andi Sanata., ST., MT., selaku DPU, dan Bapak Dedi Dwi Laksana. ST., MT., selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
4. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., selaku dosen penguji I dan Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku dosen penguji II
5. Ayahanda, Ibunda dan Kakak-kakak tercinta terima kasih atas semua doa, semangat, motivasi dan kasih sayang kalian semua sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
6. Teman-teman seperjuanganku Mc'Engine 2008, terima kasih atas motivasi dan do'a yang kalian berikan;
7. Mbak Halimah, selaku staf administrasi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi;
8. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

Jember, Juni 2013

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| HALAMAN PEMBIBINGAN | vi |
| HALAMAN PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN | viii |
| SUMMARY | x |
| PRAKATA | xi |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat | 3 |
| 1.4.1 Tujuan..... | 3 |
| 1.4.2 Manfaat..... | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Motor Bakar | 4 |
| 2.1.1 Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah | 4 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.2 Siklus Ideal dan Aktual Motor Bensin 4 Langkah..... | 6 |
| 2.2 Unjuk Kerja Mesin Otto..... | 9 |
| 2.2.1 Torsi | 9 |
| 2.2.2 Daya Efektif..... | 9 |
| 2.2.3 FC (<i>Fuel Consumption</i>)..... | 10 |
| 2.3 Sistem Pengapian..... | 10 |
| 2.3.1 Sistem Pengapian CDI-AC..... | 11 |
| 2.3.2 Sistem Pengapian CDI-DC..... | 12 |
| 2.3.3 Proses Pembakaran Dalam Motor Bensin | 13 |
| 2.4 Koil..... | 15 |
| 2.4.1 Koil Standar | 16 |
| 2.4.2 Koil Racing..... | 16 |
| 2.5 Dinamometer | 17 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN | 19 |
| 3.1 Metode Penelitian | 19 |
| 3.2 Waktu dan Tempat..... | 19 |
| 3.3 Alat dan Bahan | 19 |
| 3.3.1 Alat..... | 19 |
| 3.3.2 Bahan Penelitian | 20 |
| 3.4 Variabel Pengukuran | 20 |
| 3.4.1 Variabel Bebas..... | 20 |
| 3.4.2 Variabel Terikat | 21 |
| 3.5 Prosedur Pengujian | 21 |
| 3.5.1 Persiapan Alat Penelitian..... | 21 |
| 3.5.2 Tahap Penelitian | 21 |

| | |
|--|----|
| 3.6 Diagram Alir Penelitian | 24 |
| 3.7 Skema Alat Uji | 25 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 26 |
| 4.1 Hasil | 26 |
| 4.2 Pembahasan | 26 |
| 4.2.1 Momen Putar (<i>Torque</i>)..... | 28 |
| 4.2.3 Daya Efektif Untuk Variabel Jenis Koil | 28 |
| 4.2.4 FC (<i>Fuel Consumption</i>)..... | 30 |
| 4.2.5 Nilai FC Terhadap Variabel Jenis Koil | 31 |
| BAB 5. PENUTUP | 33 |
| 5.1 Kesimpulan | 33 |
| 5.2 Saran | 33 |
| DAFTAR PUSTAKA | 34 |
| LAMPIRAN A. Perhitungan | 35 |
| LAMPIRAN B. Hasil Uji | 37 |
| LAMPIRAN C. Grafik Perobaan | 39 |
| LAMPIRAN D. Gambar | 41 |
| LAMPIRAN E. Hasil Uji Gigi 5 | 45 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Siklus Motor 4 Langkah | 5 |
| Gambar 2.2. Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar SIE | 6 |
| Gambar 2.3. Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah | 7 |
| Gambar 2.4. Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin..... | 7 |
| Gambar 2.5. Ilustrasi Komponen CDI-AC..... | 11 |
| Gambar 2.6. Prinsip Dasar CDI-DC | 12 |
| Gambar 2.7. Skema Pembakaran Sempurna Pada Mesin Bensin..... | 14 |
| Gambar 2.8. Skema Koil..... | 16 |
| Gambar 2.9. Koil | 16 |
| Gambar 2.10. Prinsip Kerja Dinamometer..... | 17 |
| Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian | 24 |
| Gambar 3.2. Skema Alat Uji | 25 |
| Gambar 4.1. Grafik Putaran Mesin dan Momen Putar Variabel Penggantian Jenis Koil | 27 |
| Gambar 4.2. Grafik Putan Mesin Pada Daya Efektif Variabel 4 Koil..... | 38 |
| Gambar 4.3. Grafik Hubungan Daya dan Hambatan..... | 29 |
| Gambar 4.4. Grafik Hubungan Daya dan Tegangan | 30 |
| Gambar 4.5. Grafik Nilai FC Pada Variabel Koil | 31 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3.1. Rasio Gigi 5 | 23 |
| Tabel 4.1. Nilai FC Terhadap Variabel Koil..... | 31 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi merupakan salah satu masalah yang sedang dihadapi saat ini, terutama berkenaan dengan menipisnya cadangan minyak bumi dan semakin tingginya jumlah kendaraan bermotor, berdasarkan data penjualan sepeda motor selama April 2010 mengalami kenaikan 18,6 persen menjadi 457.650 unit dibanding Februari 2010 sebanyak 385.831 unit menurut Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI).

Kendaraan bermotor merupakan salah satu alat transportasi, yang memerlukan *engine* sebagai penggerak mulanya, baik roda dua maupun roda empat. Motor bakar merupakan salah satu *engine* yang digunakan sebagai penggerak mula tersebut, yang merupakan suatu mesin konversi energi yang merubah energi kalor menjadi energi mekanik. Dengan adanya energi kalor sebagai suatu penghasil tenaga maka sudah semestinya memerlukan bahan bakar dan sistem pembakaran yang terjadi sebagai sumber kalor tersebut. Dalam hal ini bahan bakar yang sering digunakan pada kendaraan bermotor maupun *engine* industry adalah bensin dan solar, meskipun banyak dijumpai bahan bakar non oil, seperti *coal* dan gas sebagai bahan bakar alternatif. Oleh karena itu perlu adanya pemikiran dalam mendisain suatu *engine* dengan efisiensi yang tinggi (Badrawada, 2010).

Inovasi-inovasi terus dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja *engine* hingga didapatkan kemampuan maksimumnya. Salah satu perlakuan untuk meningkatkan unjuk kerja engine dan emisi gas buang adalah dengan memperbaiki kualitas pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Langkah peningkatan performa khususnya perbaikan torsi yang dihasilkan oleh mesin pada putaran rendah sampai tinggi dapat dilakukan melalui pembuatan desain baru yang lebih baik (untuk mesin baru yang akan diproduksi) atau dengan memberikan peralatan tambahan.

Marlindo M (2012), meneliti menggunakan CDI racing programmable dan koil racing pada mesin sepeda motor standar. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa untuk motor standar yang menggunakan CDI racing maupun koil racing menghasilkan torsi dan daya maksimal yang lebih rendah dibanding dengan CDI dan koil standar yaitu sebesar 9,22 hp dan 9,77 N.m. Namun untuk efisiensi rata-rata tertinggi dihasilkan oleh koil racing sebesar 64%.

(Bell, 2006), apabila koil standar rata-rata menghasilkan tegangan antara 12 ribu hingga 15 ribu volt, maka koil racing bisa menghasilkan tegangan antara 60 ribu hingga 90 ribu volt. Tegangan listrik yang lebih besar itu, maka busi dapat menghasilkan pijaran api yang juga lebih besar. Hasilnya adalah pembakaran yang lebih sempurna. Koil yang baik adalah koil yang mampu menghasilkan tegangan listrik relatif besar dan stabil pada hampir seluruh putaran mesin. Karena itu setelah menghasilkan tegangan maksimal pada putaran mesin tertentu, kurva tidak boleh menekik terlalu tajam. Kurva yang menekik terlalu banyak, menunjukkan kinerja yang buruk pada putaran (RPM) tinggi. Padahal pada putaran mesin tinggi justru dibutuhkan pembakaran yang baik.

Dari penjelasan diatas dan membandingkan data hasil dari penelitian tentang pengaruh penggantian koil, membuat penulis ingin mengembangkannya dan menghubungkan dengan perbandingan variasi hambatan dan tegangan listrik, sehingga diketahui daya dan torsi maksimal.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi besar hambatan listrik terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah;
2. Bagaimana pengaruh variasi besar tegangan listrik terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah.
3. Bagaimana cara mengubah parameter dengan mengubah luas penampang dan jumlah gulungan.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya dan untuk menghindari timbulnya penyimpangan pembahasan, maka perlu dibuat

pembatasan masalah. Batasan-batasan masalah yang perlu digunakan dalam penulisan ini adalah :

1. Pengujian dilakukan pada satu jenis mesin yaitu mesin bensin 4 langkah 1 silinder dengan menggunakan dynamometer.
2. Tidak menjelaskan tentang spesifikasi di dalam koil;
3. Kelembaban udara dianggap konstan dan sepeda motor dianggap standard.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan

Penelitian ini bermaksud mengetahui dan menganalisis pengaruh pembesaran kapasitas silinder dengan cara penggantian koil terhadap unjuk kerja mesin 4 langkah 1 silinder dengan variasi besar hambatan dan tegangan listrik .

Penelitian ini memiliki tujuan khusus meliputi:

1. Mengetahui unjuk kerja motor bensin bakar 4 langkah dengan variasi hambatan dan tegangan pada koil;
2. Dengan variasi hambatan dan tegangan, diperoleh penggunaan jenis koil yang lebih sesuai dengan karakter motor bensin 4 langkah.
3. Mengetahui parameter dengan mengubah luas penampang dan jumlah gulungan.

1.4.2 Manfaat

Manfaat secara khusus dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mampu meningkatkan kualitas ilmu pengetahuan, khususnya sebagai pertimbangan penelitian tentang perbedaan variasi hambatan dan tegangan listrik pada variasi koil untuk meningkatkan tenaga secara maksimum.
2. Bagi kalangan luas dapat digunakan atau diaplikasikan terhadap kendaraan bermotor yang dimilikinya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Bakar Torak

Motor bakar torak merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai. Dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Sebagai contoh mesin uap, dimana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah.

Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah konstruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan efisiensi totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin pembakaran luar keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan-bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar dengan bahan bakar murah. Pembangkit tenaga listrik banyak menggunakan mesin uap. Untuk kendaraan transpot mesin uap tidak banyak dipakai dengan pertimbangan konstruksinya yang besar dan memerlukan fluida kerja yang banyak.

2.1.1. Siklus Kerja Motor Bakar Torak 4 Langkah

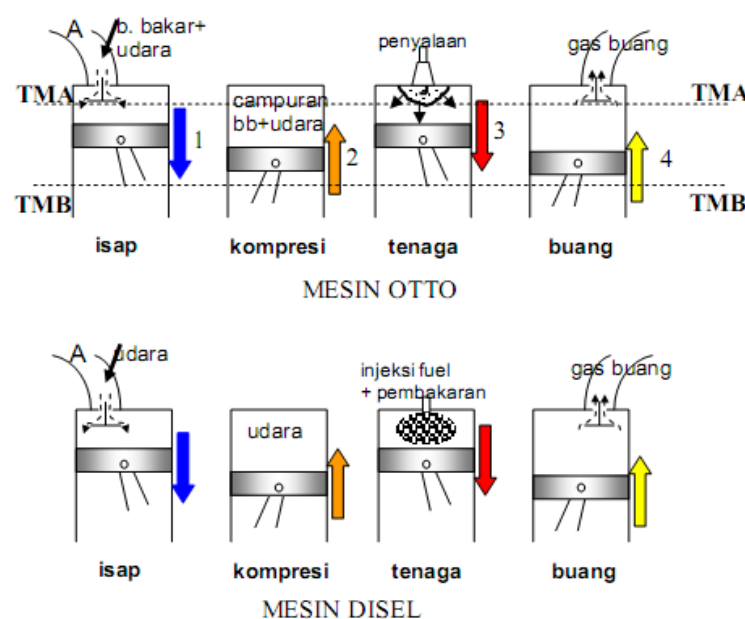
Motor bakar torak bekerja melalui mekanisme langkah yang terjadi berulang-ulang atau periodik sehingga menghasilkan putaran pada poros engkol. Sebelum terjadi proses pembakaran di dalam silinder, campuran udara dan bahan bakar harus dihisap dulu dengan langkah hisap. Pada langkah ini, piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) menuju TMB (Titik Mati Bawah), katup isap terbuka sedangkan katup buang masih tertutup.

Setelah campuran bahan bakar udara masuk silinder kemudian dikompresi dengan langkah kompresi, yaitu piston bergerak dari TMB menuju TMA, kedua

katup isap dan 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 terjadilah proses pembakaran menjadikan tekanan dan temperatur naik, sementara piston masih naik terus 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.

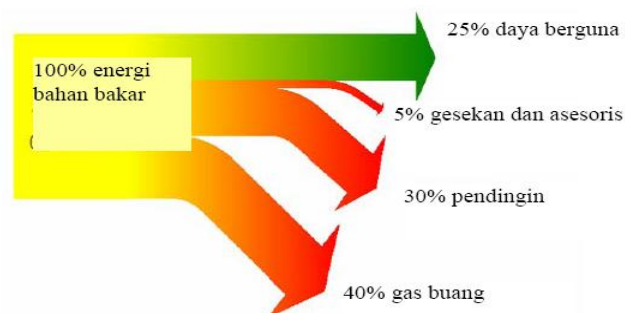
Selama piston bergerak menuju dari TMA ke TMB yang merupakan langkah kerja atau langkah ekspansi. volume gas pembakaran bertambah besar dan tekanan menjadi turun. Sebelum piston mencapai TMB katup buang dibuka, katup masuk masih tertutup. Kemudian piston bergerak lagi menuju ke TMA mendesak gas pembakaran keluar melalui katup buang.

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. Ada satu langkah tenaga dengan dua putaran poros engkol. Motor bakar yang bekerja dengan siklus lenkap tersebut diklasifikasikan masuk golongan motor 4 langkah. (Lihat gambar 2.1)



Gambar 2.1. Siklus Motor 4 Langkah

Pada motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna. Dari gambar terlihat daya berguna bagiannya hanya 25% yang artinya mesin hanya mampu menghasilkan 25% daya berguna yang bisa dipakai sebagai penggerak dari 100% bahan bakar. Energi yang lainnya dipakai untuk menggerakkan asesoris atau peralatan bantu, kerugian gesekan dan sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang dan melalui air pendingin). Dapat dilihat pada gambar berikut.



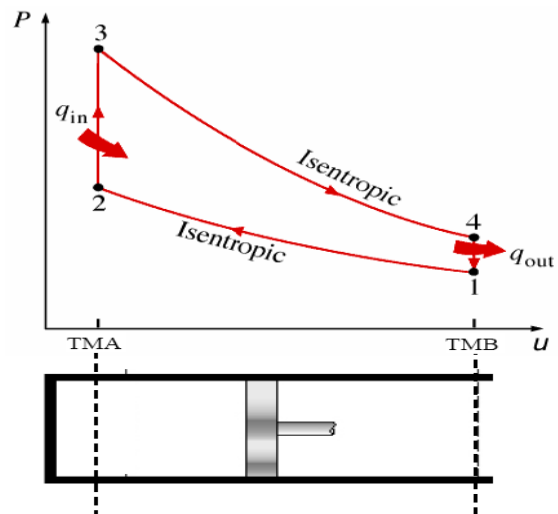
Gambar 2.2 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar SIE

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 selalama proses, panas jenis konstan.

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

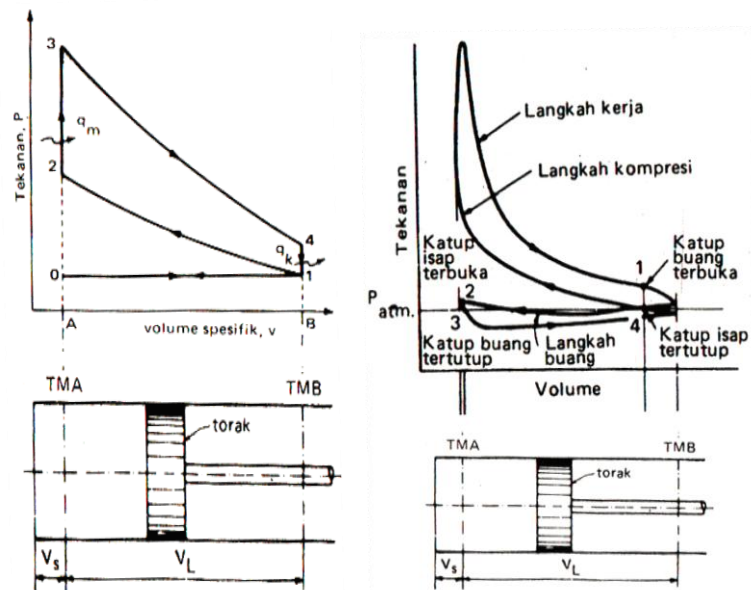


Sumber : Widodo, rahmat doni (2008:13)

Gambar 2.3 Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah.

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 2.4 Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin

Beberapa penyimpangan dari siklus ideal terjadi karena beberapa faktor yaitu:

- a. Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cicin torak dan katup yang tidak dapat sempurna;
- b. Katup tidak dapat terbuka dan tertutup tepat pada saat TMA (Titik Mati Atas) dan TMB (Titik Mati Bawah) karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja, kerugian itu dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan besarnya beban dan kecepatan torak;
- c. Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung;
- d. Pada motor bakar yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA (Titik Mati Atas) tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Pemasukan kalor disebabkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dan udara dalam silinder;
- e. Proses pembakaran memerlukan waktu untuk memulai pembakaran. Pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar yang berubah-ubah karena gerakan torak. Dengan demikian, proses pembakaran harus dimulai beberapa derajat sudut engkol sesudah torak kembali bergerak kembali ke TMA (Titik Mati Atas) menuju TMB (Titik Mati Bawah). Jadi pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume dan tekanan konstan. Kenyataan pembakaran tidak pernah terjadi pada kondisi sempurna;
- f. Terjadi kerugian kalor yang disebabkan karena perpindahan kalor fluida kerja ke fluida pendingin terutama pada langkah kompresi, ekspansi dan gas buang meninggalkan silinder, perpindahan kalor tersebut dikarenakan perbedaan temperature antara fluida kerja dengan fluida pendingin;
- g. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik;

- h. Terdapat kerugian energi karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya.

2.2. Unjuk Kerja Mesin Otto

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

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

1. *Torsi* (N.m);
2. Daya (HP);
3. *Fuel Consumption* (kg / hp.jam);

2.2.1. *Torsi* (T)

Torsi merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya *Torsi* dapat diukur dengan menggunakan alat *dynamometer*. Besarnya *Torsi* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = I \cdot \alpha \text{ [N.m]} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan

T = Momen gaya yang dihasilkan (N.m)

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

α = percepatan sudut (rad/sec²)

2.2.2. Daya Efektif (Ne)

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

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

Dengan

Ne = daya efektif (HP)

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

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

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

2.2.3 FC(Fuel Consumption)

Konsumsi bahan bakar (FC) menyatakan laju konsumsi bahan bakar pada suatu motor bakar torak. Pada umumnya dinyatakan dalam jumlah massa bahan bakar persatuan keluaran daya, atau dapat juga didefinisikan dengan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor bakar untuk menghasilkan tenaga sebesar 1 Hp dalam waktu satu jam. Semakin tinggi nilai FC maka keekonomisan penggunaan bahan semakin rendah. Rumus konsumsi bahan bakar sebagai berikut :

$$FC = \frac{3.6.V.\delta}{t} \dots\dots\dots (\text{Kg/l})$$

Keterangan:

V = Volume (ml)

δ = massa jenis bensin (0,7356 Kg/l)

t = waktu (s)

2.3. Sistem Pengapian

Sistem pengapian dalam motor bakar bensin merupakan piranti yang sangat penting, karena pengapian merupakan suatu awal dari terciptanya usaha dalam silinder. Saat pengapian harus dipilih sedemikian rupa sehingga motor memberikan daya terbesar dan pembakaran berlangsung tanpa pukulan. Penghentian pembakaran gas sebaiknya terjadi pada akhir langkah kompresi atau sedikit sesudahnya. Ini disebabkan oleh pengembangan gas terbesar akibat suhu tinggi harus terjadi pada volume terkecil, sehingga piston mendapatkan tekanan besar.

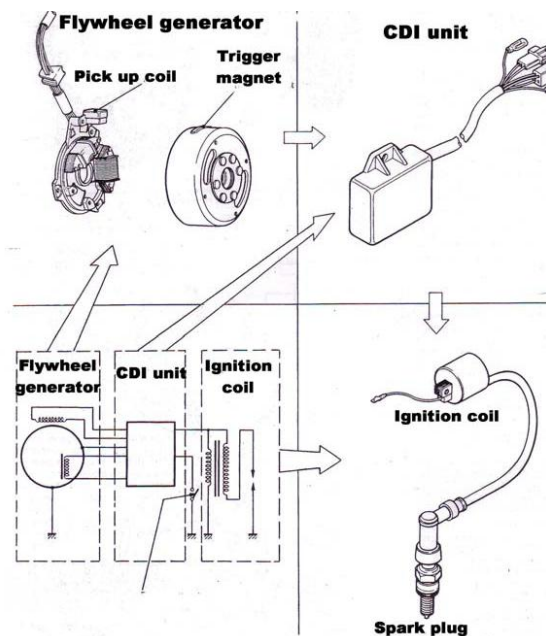
Pembakaran terjadi di ruang bakar oleh busi yang memercikkan bunga api selanjutnya api membakar campuran bahan bakar dan merambat keseluruh ruang bakar dengan kecepatan tetap. Besarnya kecepatan ini biasanya antara 15 sampai 20 m/s dan disebut nyala api rata-rata (*rate of flame propagation*). Tetapi pada kenyataannya ada waktu yang diperlukan antara saat percikan api dari busi dengan

saat awal penyebaran api, hal ini disebut dengan keterlambatan pembakaran (*ignition delay*).

Sistem pengapian pada motor bensin terdapat dua jenis, yaitu sistem pengapian baterai (DC) dan sistem pengapian magneto (AC).

2.3.1. Sistem Pengapian CDI (Capacitor Discharge Ignition) - AC

Sistem CDI (Capacitor Discharge Ignition) - AC pada umumnya terdapat pada sistem pengapian elektronik yang suplai tegangannya berasal dari source coil (koil pengisi/sumber) dalam flywheel magnet (flywheel generator). Contoh ilustrasi komponen-komponen CDI (Capacitor Discharge Ignition) - AC seperti gambar: 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.5 Ilustrasi Komponen CDI-AC

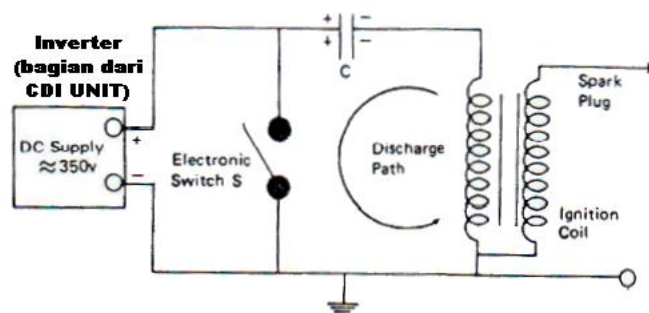
Pada saat magnet permanen (dalam flywheel magnet) berputar, maka akan dihasilkan arus listrik AC dalam bentuk induksi listrik dari source coil. Arus ini akan diterima oleh CDI (Capacitor Discharge Ignition) unit dengan tegangan sebesar 100 sampai 400 volt. Arus tersebut selanjutnya dirubah menjadi arus setengah gelombang (menjadi arus searah) oleh diode, kemudian disimpan dalam kondensator (kapasitor) dalam CDI (Capacitor Discharge Ignition) unit.

Akibat induksi diri dari kumparan primer tersebut, kemudian terjadi induksi dalam kumparan sekunder dengan tegangan sebesar 15 KV sampai 20 KV. Tegangan tinggi tersebut selanjutnya mengalir ke busi dalam bentuk loncatan bunga api yang akan membakar campuran bensin dan udara dalam ruang bakar.

Terjadinya tegangan tinggi pada koil pengapian adalah saat koil pulsa dilewati oleh magnet, ini berarti waktu pengapian (*Ignition Timing*) ditentukan oleh penetapan posisi koil pulsa, sehingga sistem pengapian CDI (Capacitor Discharge Ignition) tidak memerlukan penyetelan waktu pengapian seperti pada sistem pengapian konvensional. Pemajuan saat pengapian terjadi secara otomatis yaitu saat pengapian dimajukan bersama dengan bertambahnya tegangan koil pulsa akibat kecepatan putaran motor. Selain itu SCR pada sistem pengapian CDI (Capacitor Discharge Ignition) bekerja lebih cepat dari contact breaker (platina) dan kapasitor melakukan pengosongan arus (*discharge*) sangat cepat, sehingga kumparan sekunder koil pengapian tereduksi dengan cepat dan menghasilkan tegangan yang cukup tinggi untuk memercikan bunga api pada busi.

2.3.2. Sistem Pengapian CDI-DC

Sistem pengapian CDI (Capacitor Discharge Ignition) ini menggunakan arus yang bersumber dari baterai. Prinsip dasar CDI (Capacitor Discharge Ignition) - DC adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.6 Prinsip Dasar CDI-DC

Berdasarkan gambar di atas dapat dijelaskan bahwa baterai memberikan suplai tegangan 12V ke sebuah inverter (bagian dari unit CDI). Kemudian inverter akan menaikkan tegangan menjadi sekitar 350V. Tegangan 350V ini selanjutnya akan mengisi kondensorkapasitor. Ketika dibutuhkan percikan bunga api busi,

pick-up coil akan memberikan sinyal elektronik ke switch (saklar) S untuk menutup. Ketika saklar telah menutup, kondensator akan mengosongkan (discharge) muatannya dengan cepat melalui kumparan primaer koil pengapian, sehingga terjadilah induksi pada kedua kumparan koil pengapian tersebut.

Jalur kelistrikan pada sistem pengapian CDI (Capacitor Discharge Ignition) dengan sumber arus DC ini adalah arus pertama kali dihasilkan oleh kumparan pengisian akibat putaran magnet yang selanjutnya disearahkan dengan menggunakan Cuprok (*Rectifier*) kemudian dihubungkan ke baterai untuk melakukan proses pengisian (*Charging System*). Dari baterai arus ini dihubungkan ke kunci kontak, CDI (Capacitor Discharge Ignition) unit, koil pengapian dan ke busi.

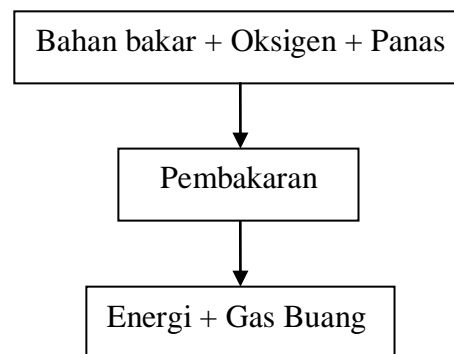
2.3.3. Proses Pembakaran Dalam Motor Bensin

Pudjanarsa dan Nursuhud (2008), dalam motor bensin, bahan bakar umumnya disuplai oleh karburator dan pembakaran dimulai dengan penyalaan elektrik yang diberikan oleh busi. Pembakaran ini akan terjadi dengan batas tertentu pada perbandingan campuran bahan bakar dan udara. Batasan pembakaran ini berhubungan erat dengan perbandingan campuran pada sisi skala miskin dan kaya, bahwa panas yang dibebaskan oleh busi tidak cukup untuk memulai pembakaran bila campuran bahan bakar dan udara melebihi batas tersebut.

Mangesa (2009), loncatan bunga api terjadi saat torak mencapai TMA sewaktu langkah kompresi. Saat loncatan bunga api biasanya dinyatakan dalam derajat sudut engkol sebelum torak mencapai TMA. Pada pembakaran sempurna setelah penyalaan dimulai, api dari busi menyebar ke seluruh arah dalam waktu yang sebanding, dengan 20 derajat sudut engkol atau lebih untuk membakar campuran sampai tekanan maksimum. Kecepatan api umumnya antara 10-30 m/dtk. Panas pembakaran pada TMA diubah dalam bentuk kerja dengan efisiensi yang tinggi.

Pembakaran yang tidak sempurna jika campuran lebih gemuk dari campuran teoritis untuk beban ringan, maka akan menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna. Dalam hal ini selain menyebabkan pemborosan bahan bakar juga menimbulkan gas buang yang banyak mengandung karbon monoksida (CO) yang beracun. Jadi campuran gemuk dengan perbandingan 1 : 12 sangat cocok untuk menghasilkan penyalaan dan pembakaran bila tenaga maksimum diperlukan. Perbandingan campuran yang lebih kurus dari 1 : 15 akan menghasilkan efisiensi yang rendah serta mengurangi pemakaian bahan bakar jika pembakarannya stabil. Namun jika campuran terlalu kurus maka proses pembakarannya akan berjalan lambat dan tidak stabil.

Syahrani (2006), pembakaran terjadi karena ada tiga komponen yang bereaksi, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas. Jika salah satu komponen tersebut tidak ada maka tidak akan timbul reaksi pembakaran. Gambar 2.7 merupakan skema atau gambaran dari reaksi pembakaran sempurna, dimana diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna perbandingan bahan bakar dan udara 1:14,7.



Gambar 2.7. Skema / gambaran pembakaran sempurna pada mesin bensin.

Perlu juga diketahui bahwa pada umumnya jika dilihat pada prakteknya pembakaran dalam mesin sebenarnya tidak pernah terjadi pembakaran dengan sempurna meskipun mesin sudah dilengkapi dengan sistem kontrol yang canggih. Dalam mesin bensin terbakar ada tiga hal yaitu; bensin dan udara bercampur homogen dengan perbandingan 1:14,7, campuran tersebut dimampatkan oleh gerakan piston hingga tekanan dalam silinder 12 bar sehingga menimbulkan

panas, kemudian campuran tersebut terbakar dengan panas yang dihasilkan oleh percikan bunga api busi, dan terjadilah pembakaran pada tekanan tinggi sehingga timbul ledakan dahsyat. Karena pembakaran diawali dengan percikan bunga api busi maka mesin jenis ini disebut mesin pengapian busi.

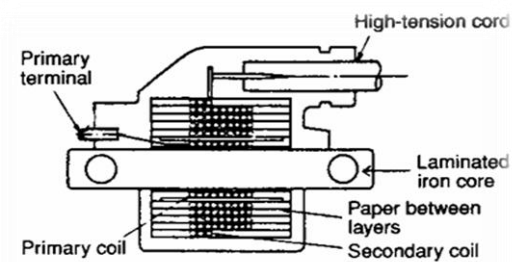
Syahrani (2006), proses pembakaran mesin bensin tidak terjadi dengan sempurna karena lima alasan sebagai berikut :

- Waktu pembakaran singkat
- Overlapping katup
- Udara yang masuk tidak murni
- Bahan bakar yang masuk tidak murni
- Kompresi tidak terjamin rapat sempurna.

2.4. Koil

Koil merupakan bagian terpenting dalam pengapian pada sebuah mesin karena koil merupakan komponen pengapian yang menentukan baik tidaknya dalam proses pembakaran dalam ruang bakar. Koil difungsikan sebagai pengubah arus tegangan rendah menjadi tegangan tinggi untuk menghasilkan percikan bunga api pada busi dan dilihat dari sudut fungsinya koil merupakan sumber nyata dari tegangan yang dibutuhkan dalam proses pembakaran. Koil menghasilkan tegangan tinggi dengan prinsip induksi dimana tegangan listrik pada baterai merupakan tegangan rendah 6 – 12 volt dan dinaikan sampai 5.000 – 25.000 volt.

Secara fisik koil dikonstruksi mirip dengan trafo. Pada bagian tengah koil berisi batangan logam yang dilapisi dengan inti besi, sekitar inti dan yang terisolasi dililit dengan penyekat kumparan sekunder (tegangan tinggi) dengan jumlah lilitan kawat tembaga yang sangat tipis dan lebih banyak dari kumparan primer. Dibagian luar dari penyekat dan bagian yang terisolasi dililit penyekat kumparan primer dengan lilitan kawat tembaga yang lebih besar, perbandingan lilitan antara penyekat sekunder dengan kumparan primer adalah 60 sampai dengan 150 lilitan.



Gambar Coil

Gambar 2.8. Skema koil.

2.4.1 Koil Standar

Koil pengapian ini digunakan untuk pengapian tegangan tinggi dan pada sepeda motor, koil ini sering disebut dengan koil pengapian AC, dimana sistemnya terjadi arus bolak balik. Guna mengurangi gangguan dari luar krontruksi koil, maka koil tersebut dibungkus dengan plastik yang dicairkan dan dilekatkan dengan konstruksi bentuk standar, seperti yang terlihat pada Gambar 2.15. berikut:



Gambar 2.9. Koil

2.4.2 Koil Racing

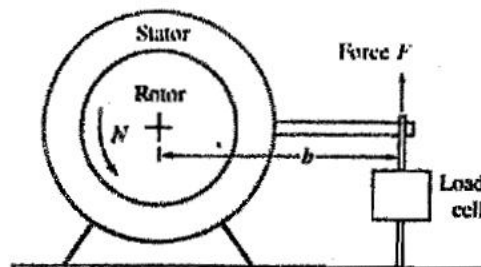
Koil racing memiliki bahan serta bentuk yang sedikit berbeda dengan koil standar dimana koil ini sengaja diciptakan untuk menghasilkan tegangan yang tinggi. Tegangan yang dihasilkan koil ini jauh lebih besar yaitu 10.000 – 25.000 volt. (Boentarto. 2002). Sehingga percikan yang terjadi pada busi jauh lebih besar

dan kuat guna menyempurnakan proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar.

Pada dasarnya koil racing dikonstruksikan hampir sama dengan koil standar. Tetapi koil ini memiliki bahan yang berbeda hal ini dapat dilihat pada inti besi dan plastik pembungkus rangkaian yang jelas berbeda.

2.5. Dinamometer

Dinamometer biasanya digunakan untuk mengukur torsi sebuah mesin. Adapaun mesin yang akan diukur torsinya tersebut diletakan pada sebuah *testbed* dan poros keluaran mesin dihubungkan dengan rotor dynamometer. Prinsip kerja dari sebuah dynamometer dapat dilihat pada gambar 2.6. Rotor dihubungkan secara elektromagnetik, hidrolis, atau dengan gesekan mekanis terhadap stator yang ditumpu oleh bantalan yang mempunyai gesekan kecil. Torsi yang dihasilkan oleh stator ketika rotor tersebut berputar diukur dengan cara menyeimbangkan stator dengan pemberat, pegas, atau pneumatic.



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Dinamometer

Torsi yang dihasilkan mesin adalah :

$$T = F \times b$$

Adapun daya yang dihasilkan mesin atau diserap oleh dynamometer adalah hasil perkalian dari torsi dan kecepatan sudut:

$$P = 2\pi N \times T \times 10^{-3}$$

Dalam satuan SI, yaitu :

T = Torsi (Nm)

$P = \text{Daya (kW)}$

$F = \text{Gaya penyeimbang (N)}$

$b = \text{Jarak lengan torsi (m)}$

$N = \text{Putaran kerja (rev/s)}$

Torsi adalah ukuran dari kemampuan sebuah mesin melakukan kerja sedangkan daya adalah angka dari kerja yang telah dilakukan. Besarnya daya mesin yang diukur seperti dengan yang didiskripsikan di atas dinamakan dengan *brake power*. Daya disini adalah daya yang dihasilkan oleh mesin untuk mengatasi beban, dalam kasus ini adalah sebuah *brake*.

Dalam pengujian mesin konsumsi bahan bakar diukur sebagai aliran massa bahan bakar per unit waktu (m_f). konsumsi bahan bakar spesifik/*specific fuel consumption (sfc)* adalah laju aliran bahan bakar per satuan daya. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana efisiensi mesin dalam menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan daya.

Efisiensi adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan per siklus terhadap jumlah energy yang disuplai per siklus yang dapat dilepas selama pembakaran. Suplai energy yang dapat dilepas selama pembakaran adalah massa bahan bakar yang disuplai per siklus dikalikan dengan harga panas dari bahan bakar (Q_{HV}). Harga panas bahan bakar ditentukan dalam sebuah prosedur tes standar dimana diketahui massa bahan bakar yang terbakar sempurna dengan udara dan energy dilepas oleh proses pembakaran yang kemudian diserap dengan calorimeter. Pengukuran efisiensi ini dinamakan dengan *fuel conversion efficiency*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang digunakan untuk menguji dan menemukan variasi yang tepat terhadap penelitian yang sudah dilakukan dengan menambahkan beberapa perlakuan variasi.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Bengkel MP2 SPEEDSHOP Jl. Cempaka No. 4 Blitar dan YAMAHA CENTRAL Jember. Waktu penelitian berlangsung selama 3 bulan yaitu dimulai dari bulan Februari 2013 sampai dengan bulan April 2013.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Motor Bensin 4 Langkah dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merk Mesin : Honda GL MAX 125
- Type : GL MAX
- Siklus : 4 Langkah
- Pencampuran Bahan Bakar : Karburator
- Jumlah Silinder : 1 Silinder
- Volum Langkah Total : 124 cc
- Diameter Silinder : 56 mm
- Panjang Langkah Torak : 49,5 mm
- Sistem Transmisi : Roda Gigi
- Perbandingan Kompresi : 9,4:1
- Pendingin : Udara
- Berat Kendaraan : 86 Kg
- Negara Pembuat : Jepang
- Tahun Pembuatan : 1996

➤ Torsi Motor : 12,08 Nm

2. *Motor Cycle Dinamometer* dengan spesifikasi sebagai berikut:

➤ Merk Mesin : *Rextor Sportdyno*

➤ Type : *Motor Cycle SP1/SP3 V3.3*

➤ Perlengkapan Pendukung:

- Terminal sensor dinamometer
- Sensor kecepatan putaran mesin
- Sensor kecepatan putaran roller dinamometer

3. Buret.

4. Gelas ukur

5. *Stop wach*.

6. Seperangkat Komputer.

7. *Blower*

8. *Blander*.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Premium RON 88.

3.4 Variabel Pengukuran

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 yaitu:

1. Variasi penggantian tipe koil;
2. Variasi besar hambatan dan tegangan listrik
 - Koil 1 (0,5 Ω , 14.000 Volt)
 - Koil 2 (0,3 Ω , 25.000 Volt)
 - Koil 3 (0,1 Ω , 40.000 Volt)
 - Koil 4 (0,5 Ω , 16.000 Volt)

b. Putaran Mesin

Metode yang digunakan pada pengujian dengan menggunakan dinamometer menginginkan putaran yang berubah secara cepat sesuai dengan kemampuan mesin per putaran 1000 rpm dimulai dengan 3000 rpm.

3.4.2 Variabel Terikat

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

- a. Waktu pemakaian bahan bakar atau t (detik)
- b. Torsi (N.m);
- c. Daya efektif motor (*brake horse power/bhp/Ne*)

3.5 Prosedur Penelitian

Seluruh pengambilan data dilakukan diatas peralatan dinamometer dan terlebih dahulu harus pemosisikan sepeda motor dengan roda belakang tepat diatas *Roller*.

3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum penelitian membeli 4 tipe koil. Kemudian diukur hambatan dan tegangan tiap koil dengan koil tester. Setelah semua siap, dilakukan pengecekan alat uji seperti buret, blower, kondisi mesin motor, dan kondisi mesin uji (dinamometer) yaitu pada kondisi *roller* dinamometer.

3.5.2 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

a. Tahap Persiapan Pengujian

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

b. Tahap Pengujian

Tahapan proses pengujian dapat diperinci sebagai berikut:

1. Mengatur dan mencatat jumlah volume bahan bakar pada tabung ukur;
2. Rasio gigi yang dilakukan pengujian yaitu rasio gigi 5;
3. Menghidupkan mesin dan memposisikan percobaan pada rasio gigi 5 dengan kondisi mesin standart;
4. Mengatur bukaan *throttle* hingga mencapai putaran 3000 rpm;
5. Menstart pengujian atau proses pengambilan data oleh mesin dinamometer. Pengujian dilakukan dengan membuka *throttle* hingga mencapai putaran 3000 rpm selanjutnya *throttle* dibuka secara cepat hingga *throttle* terbuka penuh dan mencapai putaran maksimal selanjutnya ditahan hingga dicapai putaran mesin maksimal dengan batas 9000 rpm dan pengujian selesai;
6. Setelah mencapai putaran 9000 rpm pengambilan selesai (memberhentikan proses pengambilan data pada mesin dinamometer);
7. Mengulangi langkah 1 – 6 secara berurutan untuk koil 2, koil 3 dan koil 4;
8. Mencatat konsumsi bahan bakar untuk setiap perubahan tipe koil dengan mencari jumlah bahan bakar dan waktu yang dikonsumsi selama penelitian.

c. Akhir Pengujian

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

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

d. Pengolahan Data

Hasil dari pengujian akan diperoleh data sebagai berikut:

1. Putaran mesin (n);
2. Waktu konsumsi bahan bakar (t) rata-rata;
3. *Torsi* (T);
4. Daya efektif motor (Ne).

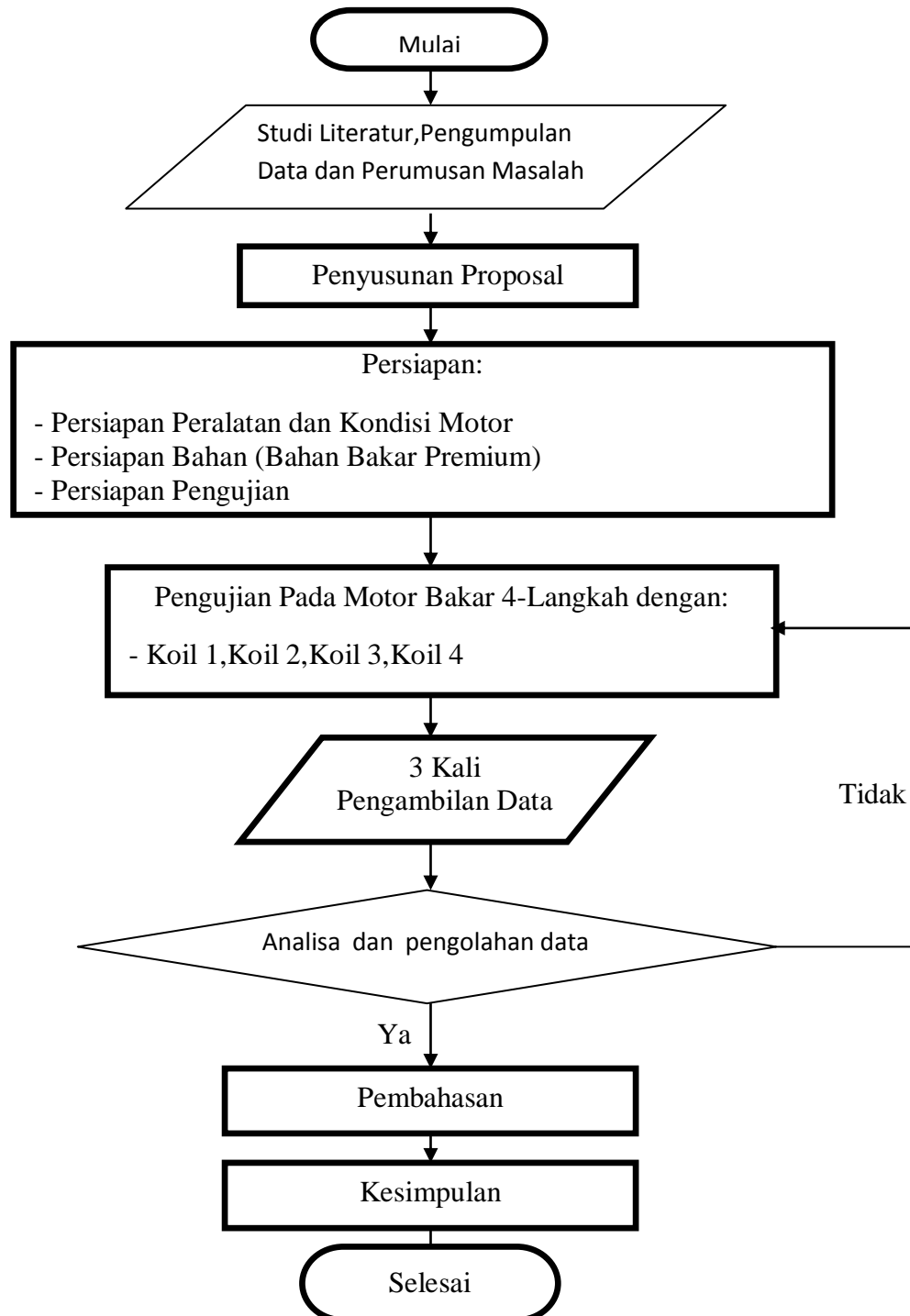
Dari data-data diatas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar dalam bentuk grafik. Data yang didapat berupa nilai sebagai berikut:

1. *Torsi* (T);
2. Daya efektif (Ne);
3. Pemakaian bahan bakar spesifik (SFC);

| Putaran Mesin (<i>rpm</i>) | Variabel | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|--|--|--------|--|--|--------|--|--|--------|--|--|
| | Koil 1 | | | Koil 2 | | | Koil 3 | | | Koil 4 | | |
| Torsi (T) | | | | | | | | | | | | |
| Daya Efektif (Ne) | | | | | | | | | | | | |
| FC | | | | | | | | | | | | |

Tabel 3.1. Rasio Gigi 5

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.7 Skema Alat Uji

Skema susunan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Skema Alat Uji

Keterangan:

- A. CPU
- B. Monitor Komputer
- C. Terminal dinamometer (Konversikan data dari sensor)
- D. Buret
- E. Bed dinamometer
- F. Motor Uji
- G. Roller dinamometer
- H. Tacho Meter (sensor rpm mesin)
- I. Tacho Meter (sensor rpm Roller)
- J. Selang Menuju Karbulator

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Dari hasil pengujian dan penelitian tentang Pengaruh Variasi Hambatan Dan Tegangan Listrik Pada Koil Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah yang telah saya lakukan di dapatkan data-data pengujian seperti di tunjukkan dalam lampiran. Dan langkah selanjutnya diolah dan di masukkan ke dalam grafik. Dapat dilihat pada lampiran B.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Momen Putar (*Torsi*)

Torsi merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya *Torsi* dapat diukur dengan menggunakan alat *dynamometer*. Besarnya *Torsi* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = I \cdot \alpha [N.m] \dots \dots \dots (1)$$

Dengan

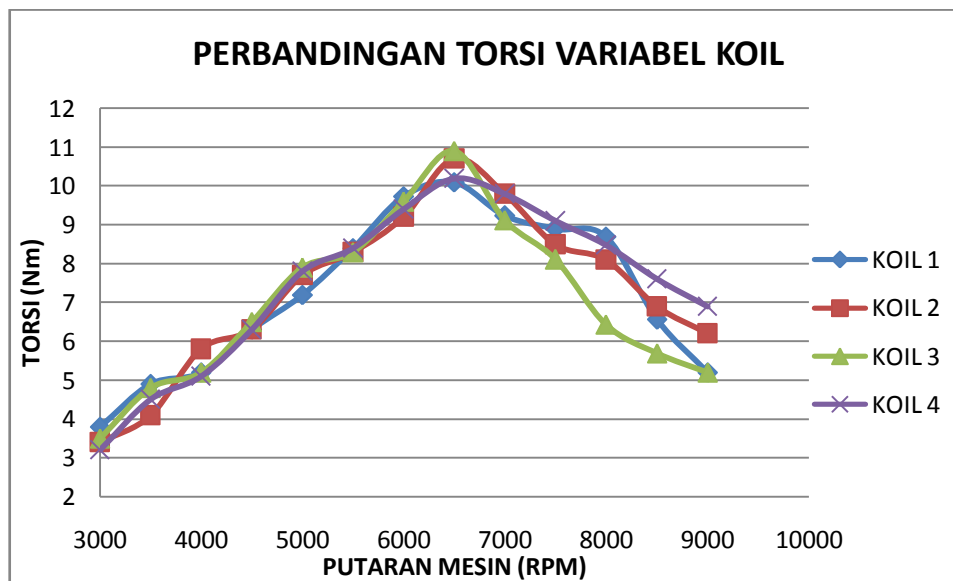
T = Momen gaya yang dihasilkan (N.m)

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

α = percepatan sudut (rad/sec²)

- Momen Putar (*Torsi*) Untuk Variabel Jenis Koil

Dari Gambar 4.1 diketahui pengaruh parameter penggantian jenis koil pada unjuk kerja motor bakar 4 langkah. Berdasarkan Gambar 4.2.1, diketahui momen putar terbesar dihasilkan oleh variabel jenis koil nomer 3 yaitu sebesar 10.9 Nm. Sedangkan momen putar yang dihasilkan oleh masing – masing variabel koil nomer 1 sebesar 10.1 Nm, koil nomer 2 sebesar 10.7 Nm, dan koil nomer 4 sebesar 10.2 Nm.



Gambar 4.1 Grafik putaran mesin dan momen putar variabel penggantian jenis koil

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa fungsi koil sebagai penghasil *spark* (loncatan bunga api), yang digunakan untuk membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Jenis koil dibedakan berdasarkan jenis lilitan di dalam koil, hambatan dan arus listrik yang dihasilkan oleh koil tersebut. Untuk penelitian ini, dicari perbandingan antara besar hambatan dan arus listrik yang dihasilkan koil. Berdasarkan data yang didapat dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai hambatan listrik maka semakin besar nilai arus listrik yang dihasilkan. Semakin besar nilai arus listrik yang dihasilkan maka semakin besar sehingga menghasilkan *spark* (loncatan bunga api) yang semakin besar juga. Dikarenakan semakin besarnya *spark* (loncatan bunga api), maka, campuran bahan bakar dan udara yang dibakar lebih banyak, sehingga ledakan dalam ruang bakar semakin besar menghasilkan momen putar yang lebih besar juga. Hal ini ditunjukkan pada data bahwa jenis koil nomer 3 mempunyai nilai hambatan dan arus listrik paling besar yang menghasilkan momen putar yang lebih besar.

4.2.2 Daya Efektif

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

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

Dengan

Ne = daya efektif (HP)

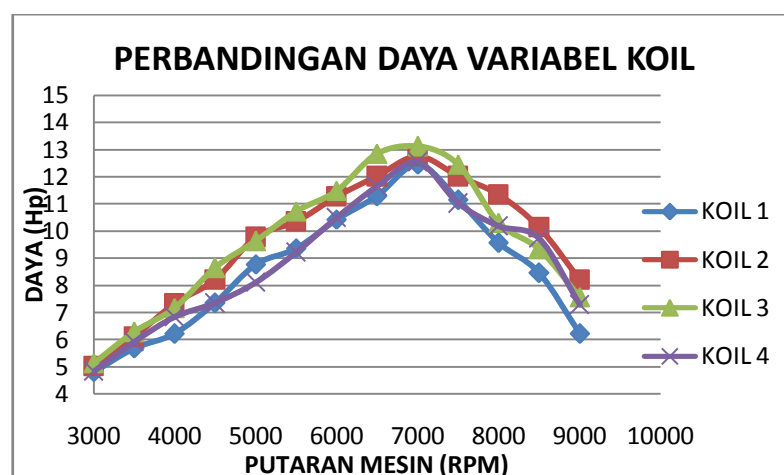
T = *Torsi* (N m)

ω = kecepatan angular poros (rad. Detik⁻¹)

n = putaran poros engkol (Rpm)

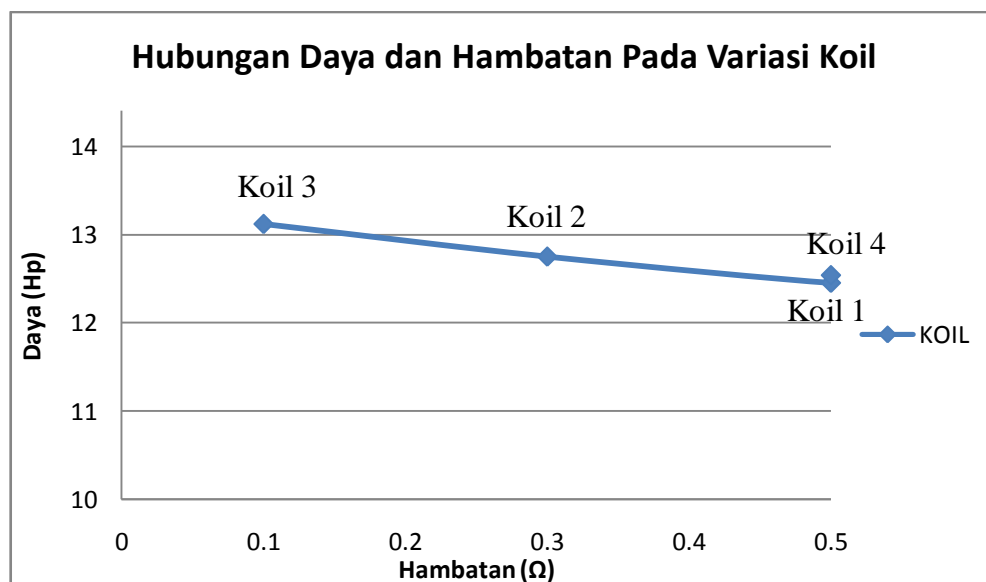
4.2.3 Daya Efektif Untuk Variabel Jenis Koil

Dari Gambar 4.2 diketahui pengaruh parameter penggantian jenis koil pada unjuk kerja motor bakar 4 langkah. Berdasarkan Gambar 4.2.2, diketahui momen putar terbesar dihasilkan oleh variabel jenis koil nomer 3 yaitu sebesar 13.12 Hp. Sedangkan momen putar yang dihasilkan oleh masing – masing variabel koil nomer 1 sebesar 12.45 Hp, koil nomer 2 sebesar 12.75 Hp, dan koil nomer 4 sebesar 12.54.

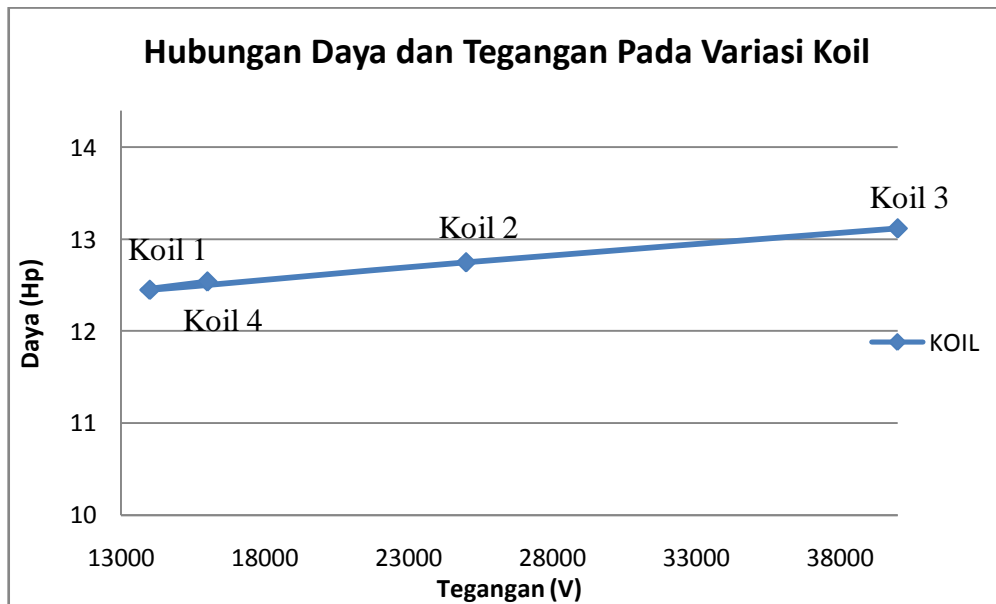


Gambar 4.2 Grafik putaran mesin dan daya efektif variable 4 koil

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa fungsi koil sebagai penghasil *spark* (loncatan bunga api), yang digunakan untuk membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Jenis koil dibedakan berdasarkan jenis lilitan di dalam koil, hambatan dan arus listrik yang dihasilkan oleh koil tersebut. Untuk penelitian ini, dicari perbandingan antara besar hambatan dan arus listrik yang dihasilkan koil. Berdasarkan data yang didapat dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai hambatan listrik maka semakin besar nilai arus listrik yang dihasilkan. Semakin besar nilai arus listrik yang dihasilkan maka semakin besar sehingga menghasilkan *spark* (loncatan bunga api) yang semakin besar juga. Dikarenakan semakin besarnya *spark* (loncatan bunga api), maka, campuran bahan bakar dan udara yang dibakar lebih banyak, sehingga ledakan dalam ruang bakar semakin besar menghasilkan daya efektif yang lebih besar juga. Hal ini ditunjukkan pada data bahwa jenis koil nomer 3 mempunyai nilai hambatan dan arus listrik paling besar yang menghasilkan daya efektif yang lebih besar.



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Daya dan Hambatan



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Daya dan Tegangan

4.2.4 FC (*Fuel Consumption*)

Konsumsi bahan bakar (FC) menyatakan laju konsumsi bahan bakar pada suatu motor bakar torak. Pada umumnya dinyatakan dalam jumlah massa bahan bakar, atau dapat juga didefinisikan dengan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor bakar untuk menghasilkan tenaga sebesar 1 Hp dalam waktu satu jam. Semakin tinggi nilai FC maka keekonomisan penggunaan bahan semakin rendah. Rumus konsumsi bahan bakar sebagai berikut :

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \gamma_f \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (Kg. Jam}^{-1}\text{)}$$

Keterangan : FC = konsumsi bahan bakar (Kg/jam).

Ne = daya efektif (HP).

V = volume bahan bakar selama t detik (ml).

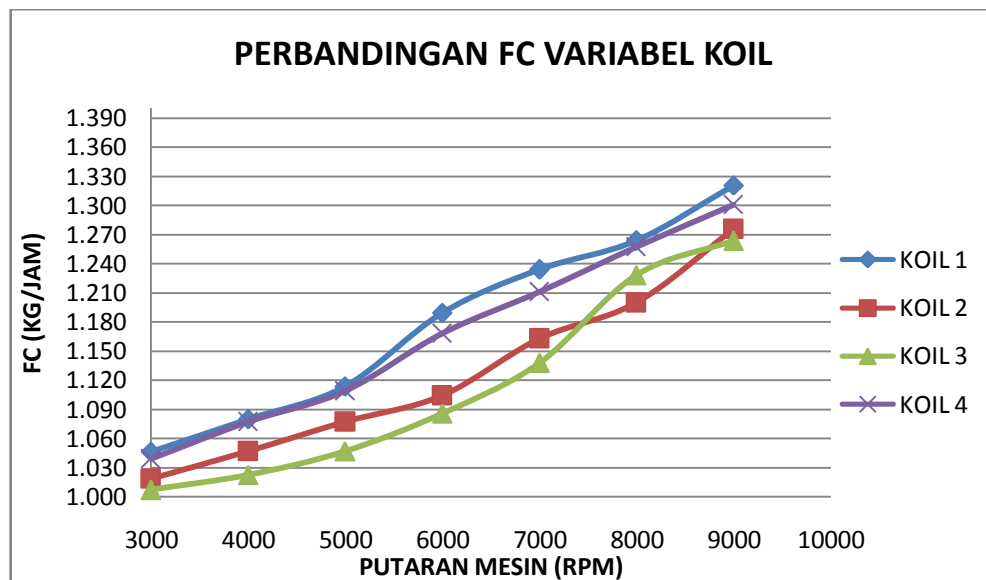
t = waktu menghabiskan bahan bakar sebanyak V ml(detik)

4.2.5 Nilai FC Terhadap Variabel Jenis Koil

| RPM | FC | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|
| | KOIL 1 | KOIL 2 | KOIL 3 | KOIL 4 |
| 3000 | 1.046 | 1.019 | 1.007 | 1.039 |
| 4000 | 1.080 | 1.047 | 1.023 | 1.077 |
| 5000 | 1.114 | 1.077 | 1.047 | 1.109 |
| 6000 | 1.189 | 1.104 | 1.086 | 1.168 |
| 7000 | 1.234 | 1.163 | 1.138 | 1.211 |
| 8000 | 1.263 | 1.200 | 1.228 | 1.257 |
| 9000 | 1.321 | 1.276 | 1.263 | 1.301 |

Tabel 4.1 Tabel nilai FC terhadap variabel koil

Dari Tabel 4.1 diperoleh besar nilai FC yang dihasilkan berdasarkan perubahan variabel jenis koil pada unjuk kerja motor bakar 4 langkah). Diketahui bahwa nilai FC terbesar terdapat pada variabel koil nomer 1 yaitu sebesar 1.321 kg/jam. Nilai FC terkecil terdapat pada variabel koil nomer 3 yaitu sebesar 1.263 kg/jam.



Gambar 4.5 Grafik nilai FC pada variasi koil

Berdasarkan data yang didapat dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai hambatan listrik maka semakin besar nilai arus listrik yang dihasilkan.

Semakin besar nilai arus listrik yang dihasilkan maka semakin besar sehingga menghasilkan *spark* (loncatan bunga api) yang semakin besar juga. Dikarenakan semakin besarnya *spark* (loncatan bunga api), maka, campuran bahan bakar dan udara yang dibakar lebih banyak, sehingga ledakan dalam ruang bakar semakin besar. Karena lebih sedikit campuran bahan bakar yang tidak terbakar, maka nilai konsumsi bahan bakar semakin kecil.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisa pengujian unjuk kerja motor bakar Honda GL MAX 125cc dengan variasi jenis koil dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu,

1. Besar hambatan berbanding terbalik dengan besar daya. Hubungan antara daya dengan tegangan berbandin lurus. Dari keempat variasi koil, didapatkan hasil koil yang memiliki daya lebih baik adalah koil 3.
2. Dikarenakan semakin besarnya *spark* (loncatan bunga api), maka, campuran bahan bakar dan udara yang dibakar lebih banyak, sehingga ledakan dalam ruang bakar semakin besar. Karena lebih sedikit campuran bahan bakar yang tidak terbakar, maka nilai konsumsi bahan bakar semakin kecil.
3. Semakin besar gulungan dan luas penampangnya maka semakin besar pula hasil *spark* (loncatan bunga api).

5.2 Saran

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

1. Diperlukan adanya kalibrasi ulang untuk mesin uji dinamometer, dikarenakan data yang dihasilkan kurang akurat.
2. Diperlukan blower berkapasitas besar untuk mendinginkan mesin sewaktu pengujian.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan kombinasi penggunaan variabel jenis koil dengan variabel yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Badrawada, I Gusti Gede. 2008. *Pengaruh Perubahan Terhadap Prestasi Mesin Motor 4 Langkah*. Jurnal Forum Teknik Vol 32
- Bell, A. Graham. 2006. *Four-Stroke Performance Tuning*. Third Edition. California “ Haynes Publishing
- Marlindo, Marlon dan Boentarto. Analisa Penggunaan CDI Racing Programmable dan Koil Racing Pada Mesin Sepeda Motor Standar. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Prihardintama, Sakti. 2010. Pengaruh Durasi Noken As Terhadap Unjuk Kerja Honda Karisma Dengan Menggunakan Dua Busi. Surabaya : TA-ITS
- Pudjanarsa, A dan Nursuhud, D. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Andi Press, Yogyakarta.
- Syahrani, Awal. 2006. Analisa Kerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi. SMARTex. Universitas Tadulako. Palu.
- Widodo, Rahmat Doni. 2008. “Buku Ajar Teri Mesin Diesel”. Universitas Negeri Semarang.

[\[http://yara74.blogspot.com/2005/12/autofever.html\]](http://yara74.blogspot.com/2005/12/autofever.html)

[http://www.smkpraskabjambi.sch.id/elearning/Teknik Sepeda Motor/dasar_komponen_pengapian.html](http://www.smkpraskabjambi.sch.id/elearning/Teknik_Sepeda_Motor/dasar_komponen_pengapian.html)

<http://infobalapiarjakarta.blogspot.com/2012/01/komparasi-koil-racing-dan-koil-standar.html#ixzz2Ky7Dsrnl>

Lampiran A. Perhitungan

| JENIS KOIL | TAHANAN (Ω) | TEGANGAN (V) |
|------------|-------------------------|-----------------|
| KOIL 1 | 0.5 | 14000 |
| KOIL 2 | 0.3 | 25000 |
| KOIL 3 | 0.1 | 40000 |
| KOIL 4 | 0.5 | 16000 |

Diketahui:

1. Gigi transmisi = 5
2. Putaran mesin (n) = 5000 rpm
3. Massa Roller *dynamometer* (M) = 225 kg
4. Inersia Roller *dynamometer* (I) = 1,46 kg.m²
5. Diameter Roller *dynamometer* (D) = 252 mm
6. Berat spesifik bahan bakar premium (γ_f) = 0,773 gr/ml
7. Nilai kalor bahan bakar premium (LHV) = 10674 kkal/kg

Perhitungan untuk Mesin Berbahan Bakar Premium

Pada kondisi transmisi gigi 5 dengan data yang tercantum diatas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar sebagai berikut:

1. Torsi (T)

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

Torsi yang dihasilkan sesuai dengan besarnya inersia roller 1,46 kg.m² dikalikan percepatan putar roller (α), dan nilai torsi rata-rata pada putaran 5000 rpm transmisi gigi tiga adalah 6,89 Nm.

2. Daya Efektif (Ne)

Nilai daya efektif dapat diketahui pada dinamometer yakni 12.76 Hp

3. Konsumsi Bahan Bakar (FC)

$$FC = \frac{V}{t} \times \gamma_f \times \frac{3600}{1000} \text{ (kg/jam)} = \frac{3.2}{4.73} \times 0,773 \times \frac{3600}{1000} = 1.88 \text{ (kg/jam)}$$

$$FC = \frac{10}{2.51} \times 2.628 = 1.05 \text{ kg/jam}$$

Lampiran B. Hasil Uji FC

KOIL 1

| RPM | ΔV | t (second) | FC (KG/JAM) |
|------|------------|---------------|-------------|
| 3000 | 10 | 25.1 | 1.05 |
| 4000 | 10 | 24.3 | 1.08 |
| 5000 | 10 | 24.1 | 1.09 |
| 6000 | 10 | 23.6 | 1.11 |
| 7000 | 10 | 22.1 | 1.19 |
| 8000 | 10 | 21.3 | 1.23 |
| 9000 | 10 | 20.8 | 1.26 |

KOIL 2

| RPM | ΔV | t (second) | FC (KG/JAM) |
|------|------------|---------------|----------------|
| 3000 | 10 | 25.8 | 1.02 |
| 4000 | 10 | 25.1 | 1.05 |
| 5000 | 10 | 24.4 | 1.08 |
| 6000 | 10 | 23.8 | 1.10 |
| 7000 | 10 | 22.6 | 1.16 |
| 8000 | 10 | 21.9 | 1.20 |
| 9000 | 10 | 19.5 | 1.35 |

KOIL 3

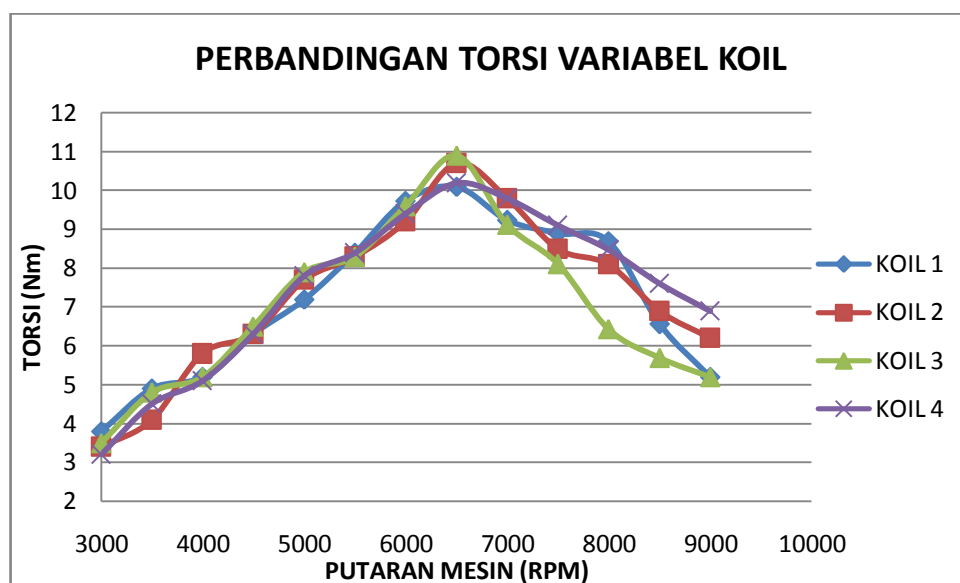
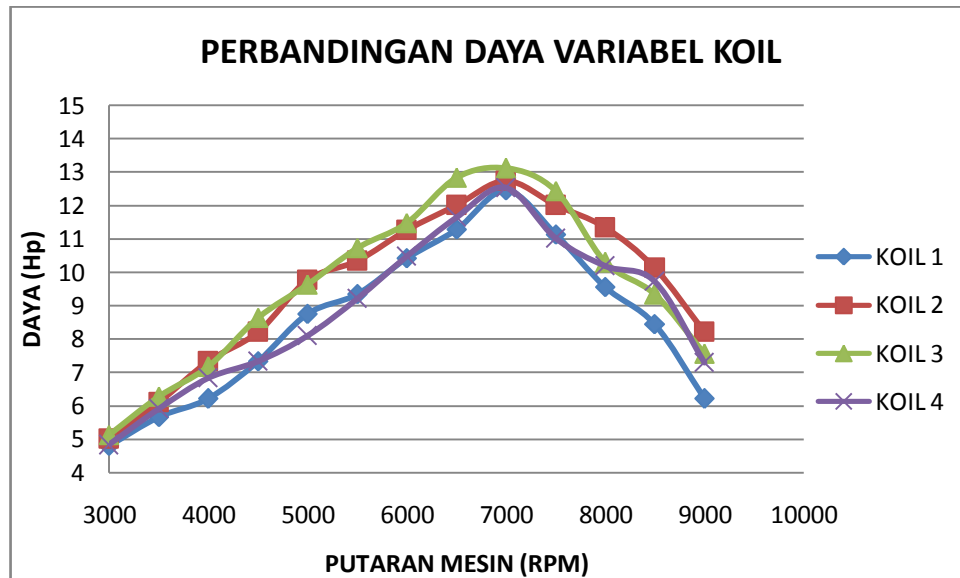
| RPM | ΔV | t (second) | FC (KG/JAM) |
|------|------------|---------------|-------------|
| 3000 | 10 | 26.1 | 1.01 |
| 4000 | 10 | 25.7 | 1.02 |
| 5000 | 10 | 25.1 | 1.05 |
| 6000 | 10 | 24.2 | 1.09 |
| 7000 | 10 | 23.1 | 1.14 |
| 8000 | 10 | 21.4 | 1.23 |
| 9000 | 10 | 20.6 | 1.28 |

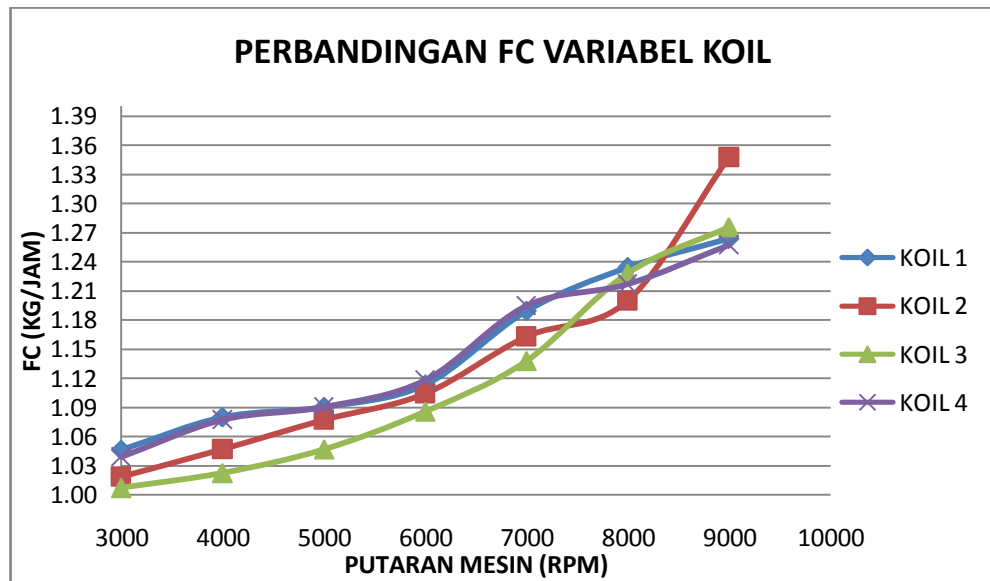
KOIL 4

| RPM | ΔV | t (second) | FC (KG/JAM) |
|------|------------|---------------|----------------|
| 3000 | 10 | 25.3 | 1.04 |
| 4000 | 10 | 24.4 | 1.08 |
| 5000 | 10 | 24.1 | 1.09 |
| 6000 | 10 | 23.5 | 1.12 |

| | | | |
|------|----|------|------|
| 7000 | 10 | 22.0 | 1.19 |
| 8000 | 10 | 21.6 | 1.22 |
| 9000 | 10 | 20.9 | 1.26 |

Lampiran C. Grafik Percobaan





Lampiran D. Gambar

Gambar *Dynamometer*



Gambar Blower



Gambar Konsol Dynamometer



Gambar Burret



Gambar Koil Smash



Gambar Koil CRF



Gambar Koil Kawahara

Lampiran E. Hasil Uji Gigi 5

| | TAHANAN (Ω) | TEGANGAN (V) |
|--------|----------------------|--------------|
| KOIL 1 | 0.5 | 14000 |
| KOIL 2 | 0.3 | 25000 |
| KOIL 3 | 0.1 | 40000 |
| KOIL 4 | 0.5 | 16000 |

KOIL 1

| RPM | Daya | Torsi |
|------|-------|-------|
| 3000 | 4.8 | 3.8 |
| 3500 | 5.67 | 4.9 |
| 4000 | 6.21 | 5.2 |
| 4500 | 7.34 | 6.3 |
| 5000 | 8.76 | 7.2 |
| 5500 | 9.35 | 8.4 |
| 6000 | 10.42 | 9.7 |
| 6500 | 11.28 | 10.1 |
| 7000 | 12.45 | 9.2 |
| 7500 | 11.14 | 8.9 |
| 8000 | 9.56 | 8.7 |
| 8500 | 8.45 | 6.6 |
| 9000 | 6.21 | 5.2 |

KOIL 2

| RPM | Daya | Torsi |
|------|-------|-------|
| 3000 | 5.01 | 3.4 |
| 3500 | 6.11 | 4.1 |
| 4000 | 7.33 | 5.8 |
| 4500 | 8.21 | 6.3 |
| 5000 | 9.77 | 7.7 |
| 5500 | 10.35 | 8.3 |
| 6000 | 11.26 | 9.2 |
| 6500 | 12.01 | 10.7 |
| 7000 | 12.75 | 9.8 |
| 7500 | 12.01 | 8.5 |
| 8000 | 11.34 | 8.1 |
| 8500 | 10.14 | 6.9 |
| 9000 | 8.21 | 6.2 |

KOIL 3

| RPM | Daya | Torsi |
|------|-------|-------|
| 3000 | 5.13 | 3.5 |
| 3500 | 6.28 | 4.8 |
| 4000 | 7.17 | 5.2 |
| 4500 | 8.64 | 6.5 |
| 5000 | 9.63 | 7.9 |
| 5500 | 10.73 | 8.3 |
| 6000 | 11.48 | 9.6 |
| 6500 | 12.84 | 10.9 |
| 7000 | 13.12 | 9.1 |
| 7500 | 12.44 | 8.1 |
| 8000 | 10.3 | 6.4 |
| 8500 | 9.34 | 5.7 |
| 9000 | 7.56 | 5.2 |

KOIL 4

| RPM | Daya | Torsi |
|------|-------|-------|
| 3000 | 4.83 | 3.2 |
| 3500 | 5.92 | 4.5 |
| 4000 | 6.83 | 5.1 |
| 4500 | 7.34 | 6.3 |
| 5000 | 8.10 | 7.8 |
| 5500 | 9.22 | 8.4 |
| 6000 | 10.48 | 9.4 |
| 6500 | 11.65 | 10.2 |
| 7000 | 12.54 | 9.8 |
| 7500 | 11.02 | 9.1 |
| 8000 | 10.19 | 8.5 |
| 8500 | 9.73 | 7.6 |
| 9000 | 7.29 | 6.9 |