

Pengesahan Penyelia

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)”

Tandatangan :

Nama Penyelia I:

Tarikh:

Tandatangan :

Nama Penyelia II :

Tarikh :

KAJIAN TENTANG KESAN PERUBAHAN BEBAN KE ATAS ENJIN
TERHADAP NISBAH UDARA-BAHAN API DAN PRESTASI ENJIN
PEMBAKARAN DALAM

MOHAMAD ZAFARID BN JARIDI


Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia

April 2007

Halaman Pengakuan

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan: 

Nama Penulis: MOHAMAD ZAFARID BIN JARIDI

Tarikh: 7 May 2007

PENGHARGAAN

Pertama kalinya saya bersyukur ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan izin-Nya saya dapat menyiapkan Projek Sarjana Muda ini. Selain itu saya juga ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada En. Mohd Farid Bin Muhamad Said selaku penyelia yang telah memberikan banyak tunjuk ajar dan nasihat terutamanya dalam memberikan penerangan berkenaan tajuk projek ini.

Saya juga ingin mengucapkan jutaan terima kasih terhadap keluarga saya yang sentiasa memberikan sokongan selama saya menuntut di Universiti Teknikal Malaysia dan selama saya menyiapkan projek ini. Mereka merupakan sumber inspirasi saya selama menuntut dan menyiapkan projek ini. Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan yang memberikan tunjuk ajar dan sokongan dalam menyiapkan projek ini. Segala sokongan anda amat saya hargai.

ABSTRAK

Kajian ini dilakukan untuk menentukan prestasi dan nisbah udara-bahan api sesebuah enjin pembakaran dalam kesan dari perubahan beban yang dikenakan ke atas enjin tersebut dengan kelajuan enjin yang berlainan. Nisbah di antara udara-bahan api mempengaruhi prestasi sesebuah enjin pembakaran dalam dari segi kuasa keluaran, daya kilas, kecekapan haba, kecekapan isipadu dan pelbagai aspek lagi yang menentukan prestasi sesebuah enjin.

Prestasi sesebuah enjin pembakaran dalam dapat diuji dengan menggunakan mesin dinamometer. Dinamometer adalah mesin yang secara umumnya digunakan untuk memberi beban kepada enjin yang diuji. Daripada beban yang dikenakan parameter prestasi enjin seperti daya kilas, kuasa (*horsepower*, hp), kadar penggunaan bahan api (*fuel consumption*) serta lain-lain data dapat diperolehi. Penggunaan dinamometer juga bergantung kepada ciri-ciri atau sifat-sifat pada mesin berkenaan. Pemilihan mesin yang sesuai perlu dilakukan sebelum menguji sesebuah enjin. Antara faktor yang perlu diberi perhatian dalam pemilihan mesin dinamometer ialah seperti ketepatan bacaan, kepekaan mesin terhadap perubahan beban dan sebagainya. Dalam kajian ini mesin ujian prestasi enjin yang digunakan adalah dari jenis *eddy current* kerana pengendalian yang mudah dan mampu menghasilkan daya kilas walaupun pada kelajuan enjin yang rendah.

Hasil daripada ujian yang dilakukan, data-data yang diperolehi akan digunakan untuk menganalisis parameter yang tidak boleh diperolehi secara terus daripada ujian dinamometer. Nisbah udara-bahan api boleh diperolehi secara terus atau dengan melakukan analisis daripada data-data yang diperolehi bergantung kepada jenis dinamometer dan peralatan yang digunakan. Nisbah udara-bahan api yang diperolehi akan dibandingkan dengan kajian terdahulu.

ABSTRACT

This study is an analysis on the effect of the load to air-fuel ratio and the engine performance with the different engine speeds. Air-fuel ratio is one of the parameters that affect the engine performance. The performance of the engine is measured from the parameters such as torque, power output, fuel consumption, volumetric efficiency, thermal efficiency and several other parameters.

The performance of the internal combustion engine can be tested using the testing machine such as dynamometer. Dynamometer is a machine that can give load to an engine. From the given load, the performance parameters of an engine can be measured such as torque, power, fuel consumption, and others data. All kind of dynamometer has advantages and disadvantages. Before we choose the dynamometer to test an engine, we have to consider the characteristics of the dynamometers such as the accuracy of the measurement, the capability of facing rapid load change, the tolerance of overload and much more. In this study, we are going to use eddy current dynamometer because the eddy current dynamometer is simple, robust, the control is simple and the dynamometer is capable of developing substantial braking torque at low speed.

Based on the engine testing result, we can obtain a useful data. Some of measurement can be obtained straightforward and required little, if any, explanation. Some measurement requires analysis to obtain the desired result. The value of air-fuel ratio can be obtained directly or by measuring from the other data. In this study, the result of air-fuel ratio will be compared with previous studies.

SENARAI ISI KANDUNGAN

Halaman Pengakuan		ii
Penghargaan		iii
Abstrak		iv
Abstract		v
Senarai Isi Kandungan		vi
Senarai Jadual		ix
Senarai Rajah		x
Senarai Simbol		xii
Senarai Lampiran		xiv
BAB	PERKARA	MUKA SURAT
1.0	Pengenalan	1
1.1	Latar Belakang Kajian	3
1.2	Objektif	4
1.3	Skop	4
1.4	Permasalahan	5
2.0	PERUBAHAN BEBAN DAN PRESTASI ENJIN PEMBAKARAN DALAM	6
2.1	Pengenalan Dynamometer Sebagai Alat Penguji Prestasi Enjin	6
2.2	Teori Dynamometer Jenis <i>Eddy Current</i>	8
2.3	Teori penggunaan udara	9
2.3.1	Kaedah Kotak Udara	9
2.3.2	Saiz Minimum Kotak Udara	13
2.4	Teori Penggunaan Bahan Api	13
2.5	Nisbah Udara-Bahan Api	15
2.6	Nilai Ukuran Kalori	17
2.7	Tekanan Berkesan Min (<i>mep</i>)	18

2.8	Daya Kilas	19
2.9	Kuasa	20
2.10	Penggunaan Bahan Api Tentu	22
2.11	Kecekapan Isipadu	24
2.12	Kecekapan Haba Brek	26
3.0	PERALATAN DAN PROSEDUR PENGUJIAN PRESTASI ENJIN PEMBAKARAN DALAM	27
3.1	Pelan Susun Atur	28
3.2	Dinamometer Jenis MD-MUSTANG SE 150	29
3.2.1	Pengenalan Penentu Ukuran	30
3.2.2	Penentu Ukuran Dinamometer	31
3.2.3	Sistem Penyejukan Dinamometer	32
3.3	KOBOLD <i>Gearwheel Flow Meter</i>	34
3.4	Spesifikasi Enjin	36
3.5	Sistem Penyejukan Enjin	37
3.6	Sistem Penggerak Pendikit (<i>Throttle Actuator System</i>)	38
3.7	Meter Suhu/ Kelembapan TES-1364	40
3.8	Kotak Udara	42
3.9	Prosedur Pengujian Enjin	43
3.9.1	Prosedur Sistem Penyejukan Dinamometer	44
3.9.2	Prosedur Penggunaan Enjin	45
3.9.3	Mematikan enjin	46
4.0	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	47
4.1	Keputusan Ujian Enjin	47
4.1.1	Data Ujian Enjin-Direkod	48
4.1.2	Data Ujian Enjin-Pengiraan	49
4.2	Graf Prestasi Ujian Enjin	50

4.2.1	Graf Nisbah Udara-Bahan Api vs Beban	50
4.2.2	Graf Kecekapan Haba vs Beban	51
4.2.3	Graf Kecekapan Isipadu vs Beban	52
4.2.4	Graf Penggunaan Bahan Api Tentu vs Beban	53
4.2.5	Graf Suhu Ekzos vs Beban	54
5.0	KESIMPULAN DAN CADANGAN	55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Cadangan	56
	Senarai Rujukan	57
	Senarai Lampiran	58

SENARAI JADUAL

NO.JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.0	Anggaran Kadar Aliran Orifis	12
2.1	Sifat-sifat Bahan Api Cecair	17
4.0	Keputusan Ujian Enjin- Direkod	48
4.1	Keputusan Ujian Enjin- Pengiraan	49

SENARAI RAJAH

NO.RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.0	Klasifikasi Enjin Haba	2
2.0	Pengujian Enjin	7
2.1	Dinamometer Jenis <i>Eddy Current</i>	8
2.2	Kotak Udara	10
2.3	Aliran Menerusi Orifis	12
2.4	<i>Gravimetric Fuel Gauge</i>	14
2.5	Nisbah Udara Bahan Api	16
2.6	Graf Lengkung Kuasa dan Daya	
	Kilas	21
2.7	Kelajuan enjin melawan <i>bsfc</i>	23
2.8	Graf <i>equivalence ratio</i> melawan <i>bsfc</i>	24
2.9	Taburan Tenaga	26
3.0	Sistem Termodinamik Terbuka	27
3.1	Susun Atur Pengujian Enjin	28
3.2	MD-MUSTANG SE-150	29
3.3	Lengan Uji	30
3.4	Tentu Ukur MD-MUSTANG 150	32
3.5	Susun Atur Sistem Aliran	
	Penyejukan Dinamometer	33
3.6	Skema Sistem Penyejukan	
	Dinamometer	33
3.7	KOBOLD <i>gearwheel</i>	34
3.8	Aliran Bahan Api	35
3.9	Meter Panel	35
3.10	Enjin Jenis MITSUBISHI 4G63	36
3.11	Sistem Penyejukan Enjin	37

3.12	Skema Sistem Penyejukan Enjin	37
3.13	Skema Sistem Pendikit	38
3.14	(a) <i>Amplifier</i> (b) <i>Hand Control or Manual Controller</i> (c) <i>Actuator</i>	39
3.15	Meter Suhu/Kelembapan TES-1364	40
3.16	Arah Aliran Udara Dalam Kotak Udara	42
3.17	(a) Kotak Udara (b) Sambungan Manometer	42
3.18	Sistem Radiator	45
3.19	Suis Penghidup Enjin	46

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
A/F	Nisbah Udara-Bahan Api
bp	Kuasa Brek
C	Halaju
C_d	Pemalar Nyah Cas Bagi Orifis
CV	Nilai Kalori Bahan Api
d	Diameter Orifis
F	Daya
F/A	Nisbah Bahan Api Udara
h	Perbezaan Tekanan Pada Orifis
\dot{m}_a	Kadar Aliran Jisim Udara
\dot{m}_f	Kadar Aliran Jisim Bahan Api
n	Bilangan Putaran Bagi Kitaran Lengkap
N	Halaju Dalam Putaran Per Minit
P	Tekanan Udara
Q	Kadar Isipadu Aliran Udara
r	nisbah mampatan
R	pemalar gas (0.287kJ/kg-K)
SI	nyalaan bunga api (<i>spark ignition</i>)
T_a	suhu atmosfera
U	halaju
V_d/ V_{disp}	isipadu sesaran
W	kerja
\dot{W}	kuasa
\dot{W}_b	kuasa brek

\dot{W}_t	kuasa tertunjuk
\dot{W}_f	kerja geseran

HURUF GREEK

γ	nisbah haba sesifik
Δp	perbezaan tekanan
η	kecekapan
η_{bth}	kecekapan brek terma
η_{th}	kecekapan haba
ρ	ketumpatan
ρ_a	ketumpatan salur masuk / ketumpatan udara atmosfera
τ	daya kilas
\emptyset	nisbah kesamaan

SUBSKRIP

b_{mep}	brek tekanan berkesan min
b_{sfc}	penggunaan bahan api tentu brek
s_{fc}	penggunaan bahan api spesifik tentu
$disp$	sesaran

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Contoh Pengiraan	58
B	KOBOLD GEAR WHEEL	60

BAB 1

PENGENALAN

Enjin pembakaran dalam adalah sejenis alat yang menukarkan suatu bentuk tenaga ke bentuk yang lain. Walaubagaimanapun, ketika pertukaran tenaga dari suatu bentuk ke bentuk yang lain, kecekapan pertukaran tenaga memainkan peranan. Biasanya, kebanyakan enjin menukarkan tenaga haba kepada kerja mekanikal dan oleh sebab itu enjin tersebut dipanggil enjin haba. Enjin haba ialah alat yang menukarkan tenaga kimia yang terdapat dalam bahan api kepada tenaga haba dan menggunakan tenaga haba ini untuk melakukan kerja. Maka tenaga haba adalah ditukarkan kepada tenaga mekanikal dalam enjin haba. Enjin haba dapat diklasifikasikan kepada 2 kategori:

- I. Enjin Pembakaran Dalam (*IC Engines*)
- II. Enjin Pembakaran Luar (*EC Engines*)

Enjin ini pula sama ada enjin pembakaran dalam atau enjin pembakaran luar dapat dikategorikan kepada 2 jenis:

- I. Enjin Putar (*Rotary Engines*)
- II. Enjin Salingan (*Reciprocating Engines*)

Kedua-dua jenis enjin di atas menggunakan prinsip empat lejang atau prinsip dua lejang.

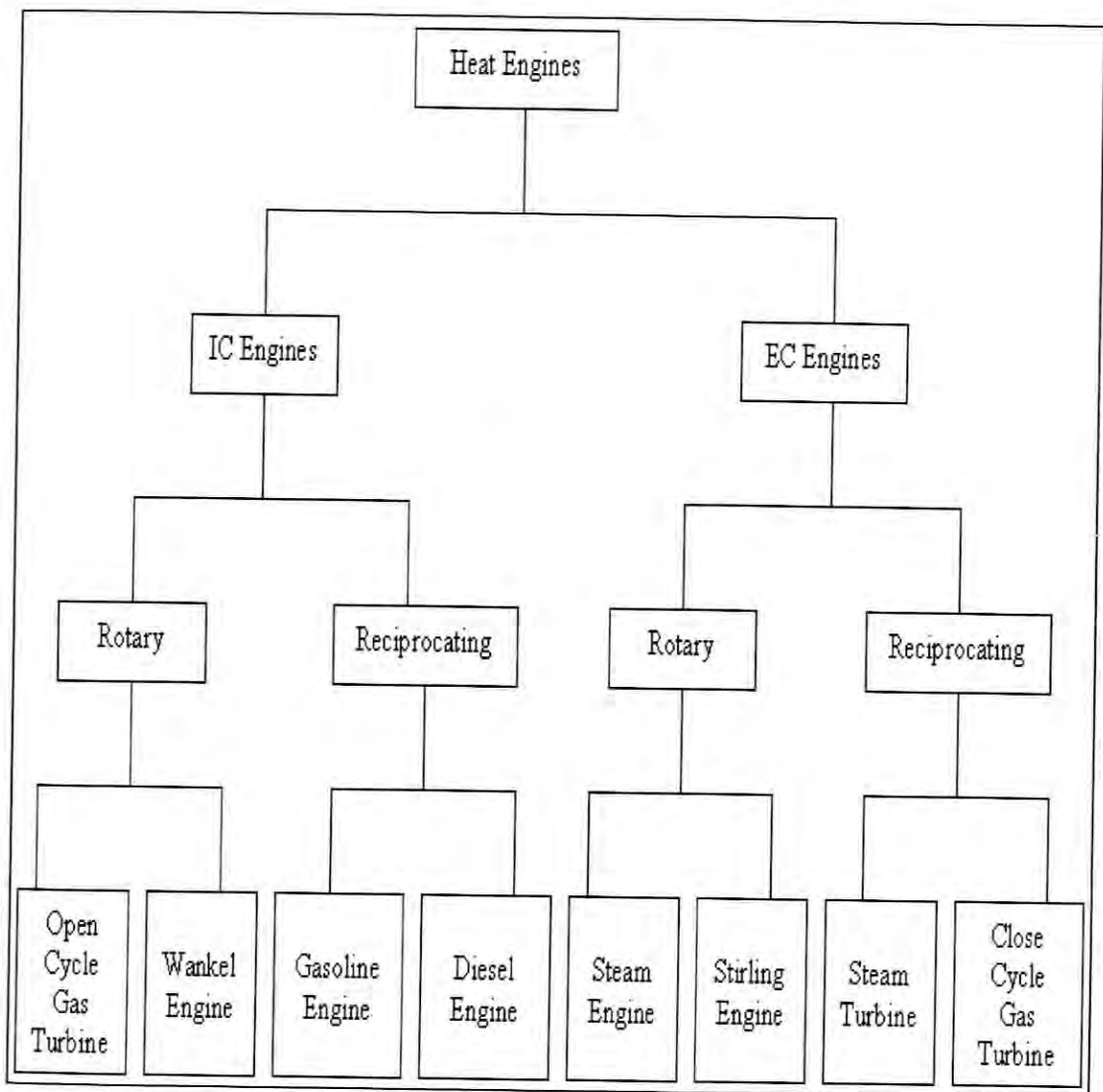
Prinsip Empat Lejang:

- ❖ Lejang Masukan
- ❖ Lejang Mampatan
- ❖ Lejang Kuasa
- ❖ Lejang Ekzos

Prinsip dua lejang:

- ❖ Lejang Masukan dan Ekzos
- ❖ Lejang Mampatan dan Kuasa

Jadual di bawah menunjukkan klasifikasi bagi jenis-jenis enjin haba. Berdasarkan kepada jenis kategori enjin yang disebutkan, enjin yang digunakan secara meluas adalah enjin pembakaran dalam salingan, enjin gas turbin dan enjin wap turbin. Tetapi enjin wap turbin adalah jarang digunakan sekarang. Enjin pembakaran dalam salingan mempunyai kelebihan berbanding dengan enjin yang lain. Antara kelebihan enjin salingan adalah kesemua komponen enjin adalah bekerja pada suhu purata yang berada dibawah suhu maksimum kitaran bendalir kerja.



Rajah 1.0 Klasifikasi Enjin Haba (Ganesan. V, 2004)

1.1 Latar Belakang Kajian

Kajian ini dilakukan untuk menentukan prestasi enjin pembakaran dalam dan perubahan nisbah udara-bahan api kesan daripada perubahan beban yang dikenakan ke atas enjin yang diuji. Enjin pembakaran dalam adalah enjin haba yang menukarkan tenaga kimia yang terdapat dalam bahan api ke dalam bentuk tenaga haba akibat pembakaran atau proses pengoksidaan. Tenaga haba yang terhasil meningkatkan suhu dan tekanan dalam ruang pembakaran seterusnya mengembang dan tenaga terhasil ditukar kepada tenaga mekanikal dalam bentuk gerakan atau putaran aci engkol.

Prestasi enjin pembakaran dalam ditentukan berdasarkan daya kilas enjin, kuasa enjin, penggunaan bahan api, kecekapan haba, dan beberapa parameter lain seperti dinyatakan dalam skop kajian. Kajian ini dilakukan ke atas enjin empat lejang bersaiz 2 liter yang menggunakan petrol sebagai bahan api iaitu enjin MITSUBISHI (4G63), enjin sedutan tabii (*naturally aspirated*).

Perubahan beban terhadap enjin memainkan peranan dalam menentukan nisbah udara-bahan api bagi sesebuah enjin pembakaran dalam. Kajian akan dilakukan dengan menambah beban ke atas enjin secara berperingkat-peringkat pada putaran enjin yang ditetapkan iaitu pada 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm. Bacaan suhu enjin, suhu salur air masuk, suhu salur air keluar, kadar aliran udara dan bahan api dan beberapa parameter lain akan diambil. Analisis akan dilakukan ke atas bacaan-bacaan yang diambil. Keputusan yang diperolehi adalah berbeza-beza mengikut perubahan beban yang dikenakan. Keputusan yang diperolehi akan dibandingkan dan keputusan akhir akan dibuat berdasarkan perbandingan antara keputusan yang diperolehi.

1.2 Objektif

1. Mengkaji tentang kesan perubahan beban pada enjin pembakaran dalam terhadap nisbah udara-bahan api dan prestasi enjin.

1.3 Skop Kajian

1. Kajian ilmiah dilakukan tentang kesan perubahan beban kepada enjin terhadap nisbah udara-bahan api dan prestasi enjin pembakaran dalam.
2. Menjalankan ujian prestasi enjin pembakaran dalam dengan menggunakan dinamometer.
3. Analisis tentang kesan perubahan beban kepada enjin terhadap nisbah udara-bahan api dan prestasi enjin akan ditentukan dengan melihat pada daya kilas enjin, kuasa enjin, kecekapan haba, penggunaan bahan api, suhu pada salur air masuk dan salur air keluar dan suhu ekzos akibat perubahan beban, kecekapan isipadu, kecekapan haba brek, tekanan berkesan min, penggunaan bahan api tentu, dan nisbah udara-bahan api.
4. Hasil ujian yang dilakukan akan dibandingkan dengan beberapa data perubahan beban pada halaju enjin yang berlainan.

1.4 Permasalahan

Prestasi enjin pembakaran dalam biasanya ditentukan terhadap proses yang berlaku dalam ruang pembakaran dan silinder enjin. Nisbah udara-bahan api adalah salah satu antara parameter yang memberikan kesan terhadap prestasi enjin pembakaran dalam. Keadaan campuran nisbah udara-bahan api yang sesuai akan menghasilkan kuasa dan daya kilas yang optimum dengan kadar penggunaan bahan api yang tertentu. Kadar campuran nisbah udara-bahan api bergantung kepada cara pemanduan atau beban yang dikenakan ke atas enjin. Kadar campuran bahan api-udara bergantung kepada tiga jenis campuran iaitu:

- Campuran Stoikiometri (*Stoichiometric Mixture*)
- Campuran Kaya (*Rich Mixture*)
- Campuran Kurang (*Lean Mixture*)

Campuran stoikiometri adalah campuran udara-bahan api yang unggul iaitu dalam nisbah udara-bahan api adalah sebanyak 15:1. Campuran ini bermaksud kandungan udara adalah mencukupi untuk menghasilkan pembakaran lengkap. Campuran kaya pula bermaksud campuran yang mengandungi kurang udara berbanding dengan keperluan stoikiometri iaitu nisbah udara-bahan api adalah di bawah campuran unggul iaitu pada nisbah 12:1. Bagi campuran kurang pula nisbah udara-bahan api adalah 16:1. Campuran ini mempunyai kandungan udara yang lebih dari yang diperlukan untuk campuran stoikiometri. (Ganesan. V, 2004).

Dalam kajian yang akan dilakukan, beban yang berbeza akan dikenakan ke atas enjin yang diuji. Daripada data-data yang diperolehi itu, perbandingan akan dilakukan terhadap kuasa, daya kilas dan beberapa parameter lain. Nisbah udara-bahan api akan ditentukan pada setiap putaran enjin yang telah ditetapkan. Kajian dilakukan untuk menentukan prestasi sesebuah enjin pembakaran dalam. Sesebuah enjin pembakaran dalam perlu ditentukan prestasinya terlebih dahulu sebelum ianya dipasangkan pada mana-mana kenderaan. Tujuannya ialah untuk memastikan nisbah antara kuasa kepada berat kenderaan adalah sesuai. Jika enjin yang dipasangkan pada mana-mana kenderaan tanpa mengetahui nisbah antara kuasa kepada berat sesebuah kenderaan, keadaan keseimbangan tidak mungkin diperolehi. Kesannya kenderaan mungkin akan menjadi berat apabila dipandu terutamanya dengan muatan penuh atau pada beban yang tinggi dan jangka hayat enjin tidak akan tahan lama.

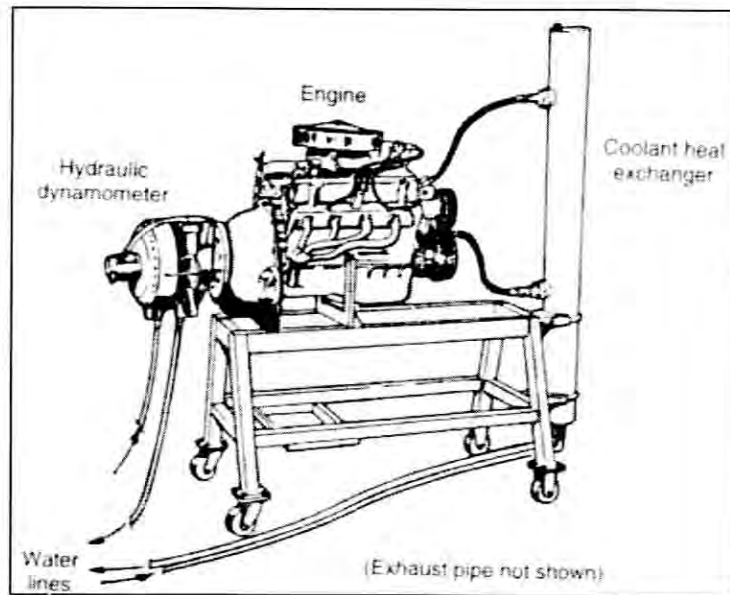
BAB 2

PERUBAHAN BEBAN DAN PRESTASI ENJIN PEMBAKARAN DALAM

Prestasi enjin pembakaran dalam biasanya dikaitkan dengan istilah kecekapan, η . Prestasi sesebuah enjin pembakaran dalam dapat ditentukan dengan melakukan pengujian enjin. Kecekapan enjin dan beberapa parameter yang berkaitan dengan prestasi enjin adalah amat penting untuk ditentukan dalam pengujian enjin. Peralatan yang diperlukan dan teori penggunaan alat untuk menguji prestasi sesebuah enjin serta parameter prestasi enjin pembakaran dalam akan diterangkan dalam BAB 2 ini.

2.1 Pengenalan Dinamometer Sebagai Alat Penguji Prestasi Enjin

Penggunaan dinamometer sebagai alat untuk menguji prestasi enjin dalam bab ini melibatkan analisis dan yang kedua membincangkan tentang pengawalan data enjin. Peralatan untuk menguji sesebuah enjin adalah perlu untuk menentukan nilai parameter enjin seperti daya kilas enjin, kuasa enjin, kadar aliran bahan api, kadar aliran udara, suhu ekzos dan sebagainya. Sesetengah pengukuran boleh didapati secara terus. Contohnya suhu cecair penyejuk (*coolant*) boleh didapati dengan memasang termogandingan (*thermocouple*) atau termistor (*thermistor*). Sesetengah pengukuran pula dibuat analisis untuk mendapatkan keputusan. Contohnya pengukuran nisbah udara-bahan api adalah ditentukan dengan mengukur jumlah kadar aliran bahan api dan kadar aliran udara yang masuk ke enjin umumnya.

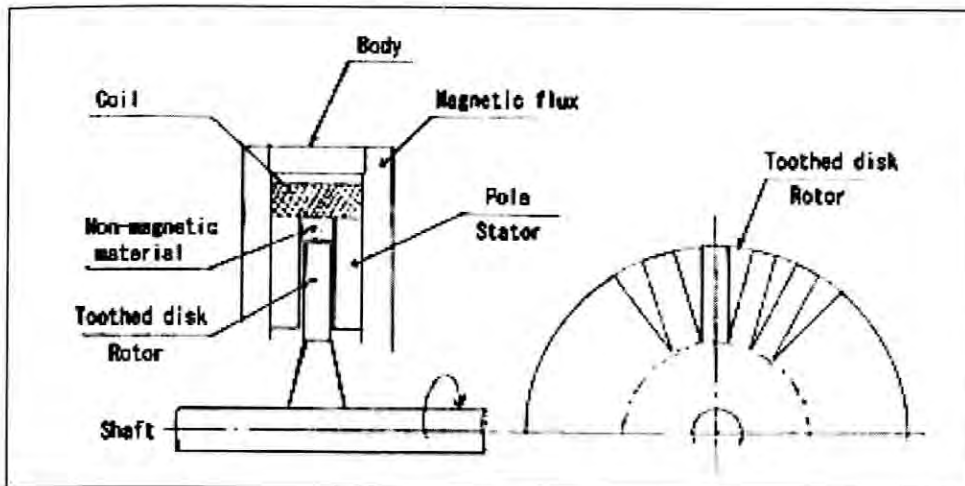


Rajah 2.0 Pengujian Enjin (Ferguson C.R dan Kirkpatrick A.T, 2001)

Dinamometer adalah alat yang digunakan untuk memberikan beban ke atas enjin pembakaran dalam secara umumnya dan boleh menyerap kuasa yang daripada enjin yang diuji. Dinamometer digunakan untuk menguji sesebuah enjin pada kelajuan dan beban tertentu. Ujian yang dilakukan menggunakan beberapa prinsip untuk menyerap tenaga keluaran dari enjin yang diuji dan tenaga terakhir yang terhasil adalah dalam bentuk tenaga haba. Dinamometer yang mula-mula sekali digunakan adalah berdasarkan prinsip brek yang menggunakan geseran mekanikal untuk menyerap kuasa enjin dan kuasa yang terserap itu dinamakan brek kuasa kuda (*brek horse power*).

Prinsip kerja dinamometer bergantung kepada jenis dinamometer yang digunakan. Dinamometer jenis hidraulik atau brek air (*water brake*) dibina dengan mempunyai rotor berkipas atau berbilah yang terdapat di dalam dinamometer tersebut yang bersambung dengan aci bahagian enjin yang berputar. Aliran air disalurkan secara berterusan ke dinamometer ini. Dengan menambah kadar aliran air yang masuk melalui dinamometer, maka beban yang dikenakan ke atas enjin yang diuji juga bertambah. Bagi dinamometer elektrik, terdapat beberapa jenis dinamometer iaitu termasuklah arus terus, arus ulang-alik, dan jenis arus *eddy* (*eddy current*). Kuasa yang diserap dalam dinamometer jenis elektrik ditukarkan ke tenaga elektrik sama ada sebagai kuasa atau arus *eddy*. Secara umumnya dinamometer jenis elektrik adalah yang terbaik untuk digunakan tetapi memerlukan kos yang tinggi. Pada masa ini dinamometer jenis hidraulik dan elektrik biasa digunakan.

2.2 Teori Dinamometer Jenis *Eddy Current*



Rajah 2.1 Dinamometer Jenis *Eddy Current* (3.)

Dinamometer jenis *eddy current* adalah jenis dinamometer yang digunakan dalam kajian ini. Ia menggunakan prinsip penyerapan elektro-magnetik untuk menghasilkan nilai daya kilas dan kuasa. Antara peralatan yang terdapat pada dinamometer jenis *eddy current* ialah seperti *rotor*, *cooling chamber*, *coupling flange*, *water outlet with thermostat* dan beberapa alatan lain. Dalam **Rajah 2.1**, *rotor* yang terdapat pada dinamometer akan berputar mengikut arah putaran enjin yang dipasang pada dinamometer dan terdapat bahan magnetik yang diletakkan di antara rotor tersebut dengan jarak tertentu. Kemudian terdapat gegelung wayar yang dililit membentuk bulatan yang bersentuhan dengan bahan magnetik tersebut. Apabila arus melalui gegelung wayar tersebut, aruhan magnet akan terbentuk pada sekitar gegelung wayar tadi dan seterusnya terhasil juga pada *stator* dan *rotor* tersebut. Putaran rotor menghasilkan kadar ketumpatan yang berbeza, maka *eddy-current* yang terhasil akan melalui *rotor* tersebut. Daya elektromagnetik yang terhasil akan bertindak bertentangan dengan arah putaran dan arah fluks magnet dan ia lalu menjadi brek. Arus yang melalui *stator* seterusnya akan menyebabkan suhu *stator* meningkat. Maka pergerakan putaran yang dikenakan brek tadi mengubah tenaga yang terhasil kepada tenaga haba. Dinamometer akan memberikan bacaan kuasa kuda yang terhasil dengan mengubah tenaga haba ini menggunakan cecair penyejuk.

Kuasa adalah dikawal dengan mengawal arus yang dibekalkan pada lingkaran gegelung dan perubahan beban yang mendadak adalah dibenarkan. Dinamometer

jenis *eddy current* adalah mudah dikendalikan dan berkebolehan untuk menghasilkan daya kilas walaupun pada kelajuan enjin yang rendah.

2.3 Teori penggunaan udara

Enjin pembakaran dalam menggunakan campuran udara dan bahan api untuk menghasilkan pembakaran. Untuk mengetahui prestasi bagi sesebuah enjin, pengukuran yang tepat bagi jumlah penggunaan udara dan bahan api adalah penting. Bagi enjin pembakaran dalam, pengukuran jumlah udara yang digunakan adalah agak sukar ditentukan dengan tepat kerana aliran udara adalah dipengaruhi oleh keadaan aliran yang berlaku dalam enjin dan juga kerana udara boleh dimampatkan. Maka kaedah pengukuran yang menggunakan sistem orifis pada sistem ekzos adalah tidak tepat. Kaedah yang lain ialah dengan menggunakan kaedah kotak udara.

2.3.1 Kaedah Kotak Udara

Kaedah pengukuran menggunakan kotak udara boleh digunakan jika aliran tekanan boleh dikurangkan. Kaedah yang biasanya digunakan untuk mengurangkan aliran tekanan ialah dengan memasang kotak udara dengan isipadu (500 ke 600 kali ganda isipadu sesaran bagi enjin satu silinder dan kurang bagi enjin berbilang silinder) ke enjin dengan orifis diletakkan di dalam kotak berkenaan (Ganesan. V, 2004). Kastner (1947) mencadangkan bahawa isipadu kotak udara sekurang-kurangnya adalah 250 kali ganda isipadu sesaran enjin yang diuji (Ferguson C.R dan Kirkpatrick A.T, 2001).