

KECEKAPAN DAN KEHILANGAN HABA EKZOS ENJIN DIESEL 2 LITER

YUSMALINA BINTI MD YUSOFF

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

‘Saya akui bahawa 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 : Encik Hilmi Bin Amiruddin

Tarikh :

KECEKAPAN DAN KEHILANGAN HABA EKZOS ENJIN DIESEL 2 LITER

YUSMALINA BINTI MD YUSOFF

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

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MEI 2008

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

Tandatangan :

Nama Penulis : Yusmalina binti Md Yusoff

Tarikh :

Teristimewa buat

MA ABAH DAN KELUARGA TERCINTA

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurnia-Nya dapat saya menyiapkan tesis ini dengan jayanya.

Saya ingin merakamkan setinggi penghargaan kepada penyelia, Encik Hilmi bin Amiruddin atas bimbingan dan dorongan yang diberikan sepanjang menjalani Projek Sarjana Muda ini. Tidak lupa juga, terima kasih saya kepada pihak pengurusan makmal, terutamanya juruteknik Bengkel Mekanikal Asas, Encik Junaidi dan juruteknik Makmal Prestasi Enjin, Encik Syakir atas bantuan dan kerjasama yang diberikan.

Kesempatan ini juga saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada kedua ibubapa dan keluarga saya yang banyak memberi semangat dan sokongan kepada saya dalam menyiapkan projek ini.

Penghargaan juga ditujukan kepada semua yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam membantu menjayakan projek ini. Semoga laporan ini akan menjadi sumber rujukan kepada pelajar lain kelak.

ABSTRAK

Kecekapan dan kehilangan haba enjin adalah kemampuan enjin berfungsi untuk menghasilkan kuasa keluaran bagi menjalankan kerja-kerja mekanikal. Nilai kecekapan dan kehilangan haba enjin yang sebenar tidak dapat diketahui, oleh itu ujian enjin dijalankan untuk menentukan keseimbangan tenaga bagi enjin. Di dalam kajian ini, kalorimeter ekzos direka dan dibina sebagai radas untuk mengukur suhu ekzos dalam ujian enjin. Kajian dan analisis dijalankan untuk mendapatkan rekabentuk kalorimeter ekzos bagi memaksimumkan pemindahan haba gas ekzos ke cecair. Kalorimeter ekzos yang dibina adalah secara menegak dan merupakan aplikasi pengubah haba. Haba ekzos yang melalui tiub di dalam kalorimeter akan memindahkan haba ke cecair di luar tiub tersebut. Kaedah ini memberikan pengiraan lebih tepat pada haba ekzos.

Melalui ujian enjin yang dijalankan, data-data diperolehi dianalisis untuk mendapatkan nilai dan peratusan sebenar kecekapan dan kehilangan haba enjin. Didapati nilai kecekapan haba berkurang apabila haba yang terbebas ke ekzos tinggi. Secara kesimpulannya, nilai kehilangan haba enjin boleh memberi kesan kepada nilai kecekapan dan prestasi sesebuah enjin.

ABSTRACT

Engine efficiency and heat loss are engine's capability to functioning in order to produce power output to drive mechanical operation. Since the value of efficiency and heat loss is quite hard to predict, thus engine testing has to be performed in order to ensure energy balance for engine. In this project, exhaust calorimeter has been designed and fabricated to become an apparatus to measure exhaust temperature in engine testing. Research and analysis upon calorimeter design will be carried out to maximize the amount of heat transfer in the exhaust to liquid. It is designs vertically and working as heat exchanger. Exhaust heat which transferred through the tubes in the calorimeter will transform the heat to liquid beyond the tube. This method gives a more accurate result regarding the exhaust heat.

Through engine testing, data can be collected for analysis in order to get actual value and percentage of heat loss and efficiency in engine. It is known that the efficiency value will decrease when the heat release to high exhaust. As a conclusion, the value of heat loss will affect the efficiency and performance of an engine.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	<i>ABSTRACT</i>	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xiii
	SENARAI LAMPIRAN	xiv
BAB I	PENGENALAN	1
	1.1 Pengenalan Projek	1
	1.2 Objektif	2
	1.3 Skop	2
	1.4 Pernyataan Masalah	3
	1.5 Rumusan Laporan	3

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
BAB II	KAJIAN ILMIAH	4
2.1	Kajian Tentang Kecekapan dan Kehilangan Haba Enjin	4
2.2	Teori Kecekapan dan Pemindahan Haba Di Dalam Enjin	4
2.3	Keseimbangan Tenaga	5
2.4	Ujian Enjin	7
	2.4.1 Dinamometer Enjin	7
2.5	Kehilangan Haba ke Ekzos	9
2.6	Pengubah Haba	10
2.7	Kalorimeter	11
BAB III	KAEDAH KAJIAN	13
3.1	Carta Alir Perancangan Projek	13
3.2	Kalorimeter Ekzos	14
	3.2.1 Analisis Rekabentuk	15
	3.2.2 Rekabentuk Kalorimeter	19
3.3	Proses Fabrikasi Kalorimeter Ekzos Menegak	23
3.4	Pengujian Enjin	26
	3.4.1 Susun Atur Sel Ujian	27
	3.4.2 Spesifikasi Enjin	27
	3.4.3 Spesifikasi Dinamometer Enjin	28
3.5	Prosedur Pengujian Enjin	29
	3.5.1 Sistem Penyejukan Dinamometer	29
3.6	Kaedah Pengukuran Pada Kalorimeter	30
	3.6.1 Kadar Alir Air dalam Kalorimeter, (\dot{m}_c)	30
	3.6.2 Suhu Air dan Gas Ekzos pada Kalorimeter	31

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	3.7 Pengukuran Kadar Alir Berat Udara, m_a	32
	3.8 Kos	33
BAB IV	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	34
	4.1 Pengiraan Kadar Alir Berat Udara, m_a	34
	4.2 Persamaan Keseimbangan Tenaga bagi Enjin Pembakaran Dalam	35
	4.3 Persamaan Kehilangan Haba Ekzos pada Kalorimeter Ekzos	36
	4.4 Data dari Ujian Enjin	37
	4.5 Keputusan	38
	4.6 Perbincangan	42
BAB V	KESIMPULAN DAN CADANGAN	43
	5.1 Kesimpulan	43
	5.2 Cadangan	44
	RUJUKAN	45
	BIBLIOGRAFI	46
	LAMPIRAN	47

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Kekonduksian haba untuk beberapa bahan yang biasa pada suhu bilik (sumber: Çengel, Y.A. & Turner, R.H. 2005)	18
3.2	Spesifikasi Enjin untuk Ujian Dinamometer	27
3.3	Teknikal Data bagi Dinamometer Enjin	28
3.4	Kos Bahan Digunakan	33
4.1	Data dari eksperimen kotak udara	34
4.2	Data dari eksperimen ujian enjin	37
4.3	Data dari eksperimen pada kalorimeter	37
4.4	Peraturan Kehilangan Haba Ekzos	38
4.5	Peraturan Kecekapan dan Kehilangan Haba	42

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Aliran Tenaga dalam Enjin Pembakaran Dalam (Sumber: Plint., M. & Martyr,A., 2001)	6
2.2	Perbezaan arah aliran dan suhu bagi pengubah haba dua paip (Sumber: Çengel, Y.A. & Turner, R.H., 2005)	11
2.3	Kalorimeter Ekzos (Sumber: Plint, M. & Martyr,A., 2001)	11
3.1	Carta Alir Perancangan Projek	13
3.2	Kalorimeter Ekzos Secara Menegak	15
3.3	Rekabentuk Tapak Kalorimeter	20
3.4	Rekabentuk teras dalam kalorimeter	20
3.5	Rekabentu teras luar kalorimeter	21
3.6	Penutup atas teras luar	22

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
3.7	Lukisan penuh rekabentuk kalorimeter ekzos menegak	22
3.8(a)	<i>Plate</i> pemegang tiub tembaga	23
3.8(b)	Tiub tembaga yang telah disambung dengan pemegang	23
3.9(a)	Lubang yang ditebuk pada paip besi	24
3.9(b)	Salur air keluar pada kalorimeter	24
3.10	Tapak	24
3.11	Kalorimeter ekzos menegak	25
3.12	Susun atur sel ujian enjin (Sumber: Ibrahim, A., 2007)	26
3.13	Kotak Udara dengan Pengukur Orifis dan Manometer (Sumber: Plint, M. & Martyr, A., 2001)	32
4.1	Peratus Perkadaran Haba Enjin melawan Kelajuan Enjin	39
4.2	Graf Lengkung Prestasi Enjin melawan Kelajuan Enjin	40
4.3	Graf Suhu Ekzos melawan Kelajuan Enjin	41

SENARAI SIMBOL

Q	=	Kadar pemindahan haba, kW
T	=	Suhu, °C
m_w	=	Kadar berat aliran air, kg/s
m_{ek}	=	Kadar aliran ekzos, kg/s
C_p	=	Haba Tentu Udara, 1.00 kJ/kg.K
C_w	=	Haba Tentu Air, 4.18 kJ/kg.K
T_w	=	suhu air sejuk, °C
m_w	=	kadar alir berat air ,kg/s
m_a	=	kadar alir berat udara, kg/s
m_f	=	kadar alir berat bahan api, kg/s
V	=	kadar alir, m ³ /s
H_1	=	tenaga pembakaran bahan api, kW
H_2	=	entalpi gas ekzos, kW
H_3	=	entalpi udara masuk, kW
P_s	=	kuasa keluaran enjin, kW
Q_1	=	haba ke penyejukan air, kW
Q_2	=	haba perolakan dan penyebaran, kW
T_e	=	suhu ekzos, K
A	=	luas permukaan, m ²
A_o	=	luas permukaan orifis, m ²
C_d	=	pekali nyahcas orifis
C_L	=	nilai kalori, MJ/kg

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
A	Pengiraan Kadar Aliran untuk Ekzos, m_{ek}	47
B	Dinamometer Enjin	48
C	Radas Eksperimen	50
D	Contoh Pegiraan Kecekapan Haba dan Kehilangan Haba Pada Kelajuan Enjin 3000 RPM	52
E	Carta Gantt	54
F	Lukisan Kalorimeter	56

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pengenalan Projek

Bab ini merupakan pengenalan kepada tajuk kecekapan dan kehilangan haba enjin diesel 2 liter. Kecekapan enjin adalah kemampuan enjin untuk menghasilkan sejumlah tenaga yang boleh ditukarkan dari pembakaran bahan api ke kerja mekanikal. Umumnya, kecekapan enjin diesel adalah lebih kurang 35 % daripada jumlah tenaga input yang masuk ke dalam enjin (Pulkrabek 2004). Salah satu faktor yang membantu meningkatkan kecekapan enjin adalah dengan mengurangkan kehilangan haba. Kehilangan haba boleh didefinisikan sebagai tenaga bahan api dari proses pembakaran yang dibawa keluar dari enjin ataupun tenaga terbebas yang tidak digunakan untuk kerja aci engkol. Kehilangan haba boleh berlaku melalui haba yang disalurkan ke ekzos, penyejukan enjin dan perolakan pada enjin itu sendiri. Nilai teori kehilangan haba ke ekzos bagi enjin diesel adalah lebih kurang 30% dari tenaga bahan api (Pulkrabek 2004).

Projek ini dijalankan ke atas enjin diesel 2 liter melalui ujian enjin menggunakan dinamometer. Dinamometer digunakan untuk mengukur daya kilas dan jumlah kuasa yang dihasilkan oleh enjin. Untuk mendapatkan nilai kehilangan haba pada ekzos, radas kalorimeter digunakan. Data-data yang diperolehi melalui ujian ini, dianalisis untuk mendapatkan nilai kecekapan dan kehilangan haba enjin. Nilai kecekapan dan kehilangan haba yang diperolehi dapat membentuk keseimbangan tenaga enjin. Ujian

dilakukan dalam kelajuan yang berbeza-beza untuk perbezaan data bagi mendapatkan nilai peratusan yang lebih tepat.

1.2 Objektif

Objektif kajian ini dijalankan adalah:

- Mendapatkan kecekapan dan kehilangan haba enjin diesel 2 liter berdasarkan ujian enjin.

1.3 Skop

Skop bagi projek ini termasuklah:

1. Kajian ilmiah tentang kehilangan haba dan kecekapan enjin untuk enjin diesel dua liter dan teori analisis tentang keseimbangan tenaga yang terhasil dari proses pembakaran bahan api di dalam enjin tersebut.
2. Merekabentuk dan membina kalorimeter ekzos jenis menegak bagi tujuan pengukuran kehilangan haba ekzos.
3. Menjalankan ujian enjin menggunakan mesin dinamometer enjin untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan prestasi enjin dan kehilangan haba.

1.4 Pernyataan Masalah

Proses pembakaran bahan api di dalam kebuk pembakaran menghasilkan nilai tenaga yang diperlukan untuk enjin melakukan kerja mekanikal. Secara teori, peratusan kecekapan enjin adalah 35%, kehilangan haba ke sistem penyejukan dan ekzos masing-masing adalah 30% dan selebihnya menjadi perolakan atau terbebas ke persekitaran (Pulkrabek 2004). Jumlah sebenar nilai dan peratusan kecekapan dan kehilangan haba ini adalah tidak diketahui. Untuk mengatasi masalah ini, ujian dinamometer dilakukan bagi mengukur nilai kecekapan dan kehilangan haba sesebuah enjin, sekaligus mendapatkan nilai peratusannya. Jumlah kehilangan haba pada ekzos dapat diketahui melalui ujian enjin menggunakan radas kalorimeter. Radas ini berfungsi menggunakan prinsip pengubah haba (*heat exchanger*). Kecekapan dan kehilangan haba enjin adalah berbeza-beza pada setiap perubahan kelajuan enjin. Projek ini juga dilakukan untuk mengenalpasti nilai dan peratusan kecekapan dan haba dibebaskan pada kelajuan yang berlainan.

1.5 Rumusan Laporan

Tesis ini mengandungi 5 bab yang mengemukakan permasalahan, proses, analisis dan keputusan dari projek yang dijalankan. Bab 1 membincangkan pengenalan, objektif, skop dan permasalahan projek. Di dalam bab 2, teori dan kajian lepas yang berkaitan dengan projek ini diulas. Penulisan pada bab 3 adalah berkenaan dengan kaedah kajian atau metodologi yang dilakukan untuk menjalankan projek ini. Bab 4 pula adalah keputusan eksperimen yang dilakukan dan perbincangan serta analisis tentang data dari keputusan tersebut. Kesimpulan dari hasil keputusan kajian yang dilakukan dan cadangan untuk masa hadapan pula diulas pada bab 5 iaitu bab terakhir.

BAB II

KAJIAN ILMIAH

2.1 Kajian Tentang Kecekapan dan Kehilangan Haba Enjin

Kajian terkini (Ibrahim.A, 2007) didapati nilai peratusan kecekapan haba bagi enjin petrol 2 liter adalah 25.4% pada kelajuan 1000 rpm. Nilai ini diperolehi melalui ujian enjin menggunakan mesin dinamometer enjin yang dijalankan di makmal. Secara teori, nilai kecekapan haba enjin petrol adalah 30%. Ujian ini dijalankan dengan menggunakan sebuah kalorimeter untuk mendapatkan data-data bagi pengiraan keseimbangan tenaga. Nilai ralat pada keputusan yang diperolehi mungkin berpunca dari beberapa kelemahan pada projek ini. Penebat haba tidak digunakan pada radas kalorimeter yang boleh memberi kesan kepada penyebaran haba ekzos. Penebat haba berfungsi menghalang kehilangan haba ke persekitaran semasa ujian dilakukan.

2.2 Teori Kecekapan dan Pemindahan Haba di dalam Enjin

Jumlah tenaga (kuasa) yang digunakan di dalam sesebuah enjin bergantung kepada kadar berat aliran bahan api yang memasuki enjin dan nilai pemanasan bahan api (*heating value of fuel*).

$$W = m_f Q_{HV} \quad \text{-----}(2.1)$$

Dimana, W = kuasa

m_f = kadar berat aliran air

Q_{HV} = nilai pemanasan bahan api

Nilai berat kadar aliran bahan api adalah dihadkan oleh nilai kadar berat aliran udara yang diperlukan untuk bertindak dengan bahan api. Kecekapan haba memberikan nilai peratusan jumlah tenaga yang ditukar untuk kegunaan aci engkol.

$$\eta_t = \frac{W}{m_f Q_{HV} \eta_c} \text{-----}(2.2)$$

Dimana, η_t = kecekapan haba

η_c = kecekapan pembakaran

2.3 Keseimbangan Tenaga

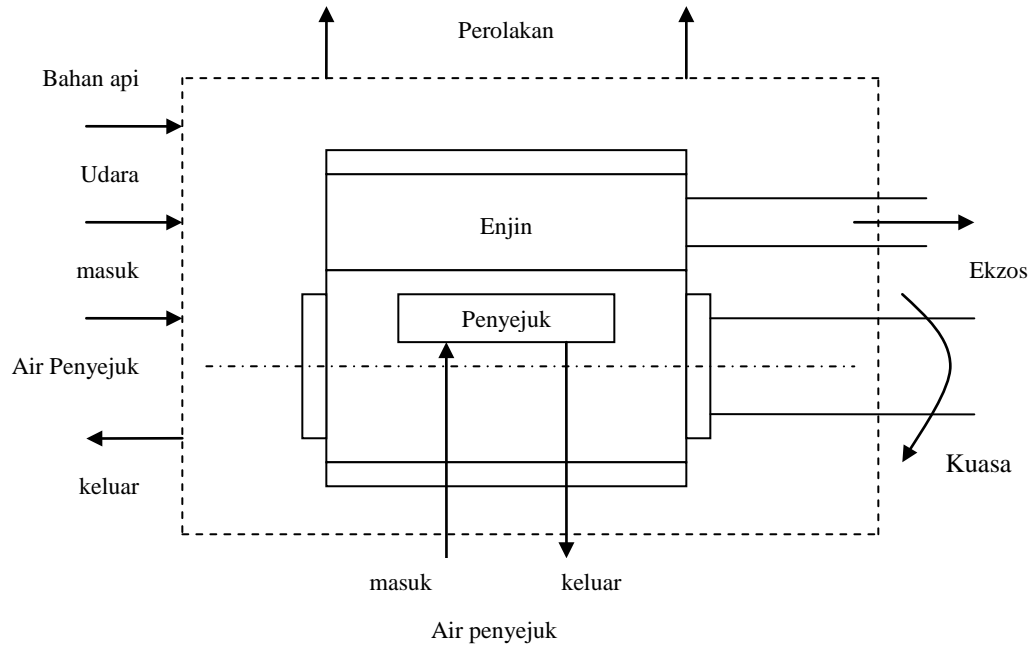
Pengagihan tenaga di dalam enjin pembakaran dalam adalah perkara yang terbaik dalam menentukan persamaan aliran tenaga yang tetap, digabung dengan konsep saiz kawalan (*control volume*). Aliran keluar dan masuk yang berbeza-beza di dalam kawalan saiz ditunjukkan di dalam Rajah 2.1

Masuk:

- Bahan api
- Udara

Keluaran:

- Kuasa yang dikeluarkan enjin
- Gas ekzos
- Haba ke penyejukan air atau udara
- Perolakan dan penyebaran ke persekitaran



Rajah 2.1: Aliran tenaga dalam enjin pembakaran dalam

(Sumber: Plint, M. & Martyr, A., 2001)

Pengagihan tenaga yang berlaku di dalam sesebuah enjin dapat diringkaskan melalui persamaan:

$$H_1 = P_s + (H_2 - H_3) + Q_1 + Q_2 \quad \text{-----(2.3)}$$

Dimana: H_1 = tenaga pembakaran bahan api

P_s = kuasa keluaran enjin

H_2 = entalpi gas ekzos

H_3 = entalpi udara masuk

Q_1 = haba ke penyejukan air

Q_2 = perolakan dan penyebaran

$(H_2 - H_3)$ = haba ke ekzos

Bergantung kepada saiz dan geometri enjin, dan sebanyak mana ia beroperasi, kuasa keluaran adalah

$$P_s \approx 25 - 40 \%$$

Enjin nyalaan mampatan biasanya adalah pada julat yang lebih tinggi dan enjin nyalaan percikan adalah rendah. Kehilangan tenaga di dalam aliran ekzos keluar adalah

$$(H_2 - H_3) \approx 20 - 45\%$$

Peratusan tenaga yang hilang di dalam ekzos enjin nyalaan percikan adalah lebih baik kerana nilai suhu ekzos yang tinggi, sementara itu nilai suhu ekzos di dalam enjin nyalaan mampatan adalah rendah menyebabkan nilai peratusan haba yang hilang ke ekzos adalah tinggi. Kehilangan tenaga ekzos terbahagi kepada dua bahagian; entalpi (haba) dan tenaga kimia. Apabila enjin beroperasi pada beban penuh, tenaga kimia membentuk hampir separuh dari kehilangan ekzos. Dalam beberapa keadaan, nilai tenaga ekzos yang hilang boleh melebihi nilai kuasa keluaran enjin. Sementara itu, nilai kehilangan haba ke sistem penyejukan pula adalah:

$$Q_1 \approx 10-30\%$$

Pada beban tinggi, tenaga yang hilang ke penyejukan boleh dikira setengah daripada kuasa keluaran, dan meningkat lebih dua kali daripada kuasa keluaran pada beban rendah. Nilai kehilangan haba ke persekitaran pula adalah:

$$Q_2 \approx 2 - 10 \%$$

2.4 Ujian Enjin

Ujian enjin dilakukan untuk menilai dan mengukur parameter yang berkaitan bagi menunjukkan prestasi dan kuasa digunakan sesebuah enjin. Antara parameter yang boleh didapati melalui ujian enjin ialah nilai daya kilas dan nilai kuasa keluaran yang beroperasi dalam kelajuan enjin yang berbeza-beza. Data yang diperolehi dari ujian enjin juga boleh dibandingkan dengan spesifikasi enjin dari pembuat. Graf prestasi enjin yang diuji juga dapat diperolehi melalui ujian ini. Ujian enjin dijalankan menggunakan mesin dinamometer enjin.

2.4.1 Dinamometer Enjin

Dinamometer merupakan satu alat yang digunakan untuk mengukur daya kilas dan kuasa keluaran enjin. Dinamometer berfungsi memberikan beban luar pada enjin dan menyerap kuasa dari enjin, yang akhirnya menjadi haba. Dinamometer digunakan ke atas beberapa beban enjin dan mengira kemampuan enjin itu untuk memindahkan beban. Dinamometer akan disambungkan kepada sebuah komputer untuk disambungkan kepada perisiannya di mana hasil keluran enjin dapat dikira. Enjin dijalankan dari melahu sehingga ke kelajuan maksimum dan hasil keluaran diukur dan graf diplot. Semua aspek operasi enjin akan diukur ketika sesebuah dinamometer dijalankan.

Dinamometer yang digunakan di dalam ujian enjin projek ini adalah dinamometer jenis *Eddy Current*. Dinamometer ini terdiri daripada satu stator yang dipasang satu nilai elektromagnet dan satu ceper rotor yang diperbuat dari tembaga atau steel dan disambung pada batang output enjin. Apabila rotor berpusing, *Eddy current* atau elektromagnetik akan dihasil di dalam stator, bergantung kepada medan magnet yang dibentuk oleh laluan arus elektrik di dalam elektromagnet. *Eddy Current* ini melawan pergerakan rotor, yang membebankan enjin. Kuasa yang diserap di dalam dinamometer ini ditukar kepada tenaga elektrik. Tenaga elektrik ini kemudian