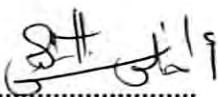


“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)

Tandatangan : .....  .....  
Nama Penyelia : ..... AHMAD ANAS YUSOF .....  
Tarikh : ..... 8/5/2007 .....  
.....

# **UNIT PACUAN HIDRAULIK BOLEHUBAH KELAJUAN**


**MOHD FIRDAUS BIN RAMELI**

**Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal sebagai memenuhi  
sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan  
Mekanikal (Termal-Bendalir)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

**Mei 2007**

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

Tandatangan : 

Nama Penulis : Mohd Firdaus Bin Rameli

Tarikh : 4 Mei 2007

***Ku dedikasikan kepada insan yang ku sayangi, keluarga tercinta,  
serta rakan-rakan yang di hormati.***

## PENGHARGAAN

Di sini, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih dan penghargaan kepada En. Ahmad Anas Bin Yusoff yang telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar kepada saya dalam menyiapkan projek ini, juga sebagai penyelia di sepanjang proses penyelidikan projek ini.

Juga jutaan terima kasih kepada semua staf akademik dan bukan akademik Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) yang telah banyak memberi kerjasama dan sokongan sama ada secara langsung atau tidak langsung untuk memperkemas dan melancarkan perjalanan projek ini. Terutamanya kepada Juruteknik Bengkel Kimpalan Asas iaitu En. Junaidi bin Salam yang telah banyak membantu saya sepanjang usaha menyiapkan projek ini sewaktu menggunakan bengkelnya. Juga penghargaan dan terima kasih saya ucapkan kepada semua rakan-rakan di atas kerjasama dan tunjuk ajar yang telah diberikan sewaktu saya menjayakan projek ini.

Diharap kerjasama seperti ini dari semua pihak dapat dikekalkan dan berterusan agar matlamat-matlamat penyelidikan dan penghasilan benda-benda baru untuk masa-masa mendatang dapat dicapai dan seterusnya memastikan Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) terus “Cemerlang, Gemilang dan Terbilang”.

## ABSTRACT

A good understanding regarding material behavior and mechanical properties of material is important especially during design process of a structure to ensure that the structure is safe, whether it is building and bridge, or in machine and motor, or ship and submarine or aircraft and antenna. Due to this reason, deep study needs to be done to ensure the safety of a component during design process of a product. In this research, design and fabrication of Variable Speed Hydraulic Drive Unit for done the experiments, some consideration has been taken. They are mechanical properties of material, safety properties and suitable design characteristics. This is important to ensure that the product produced are safe and easy to use. With assistance from software such as Solidwork for designing process , design and analysis process can be done easier and accurate. This research also includes Welding Process, which is used to produce the training rig of Variable Speed Hydraulic Drive Unit.

## ABSTRAK

Kefahaman yang mendalam berhubung dengan kelakuan ataupun sifat-sifat mekanikal sesuatu bahan adalah penting dalam menghasilkan rekabentuk struktur yang selamat digunakan samada ianya struktur untuk bangunan dan jambatan, mesin dan motor, kapal dan kapal selam, atau kapal terbang dan antenna. Oleh yang demikian kajian yang menyeluruh adalah perlu dilakukan untuk memastikan sesuatu produk yang direka berada dalam keadaan yang selamat untuk digunakan. Dalam mereka bentuk dan penghasilan Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan ini, antara perkara yang diberi penekanan adalah memastikan bahawa sistem yang dibina termasuklah unit latihan hidraulik dan juga sistem yang akan digunakan berfungsi dengan baik tanpa sebarang masalah. Ciri-ciri yang bersesuaian juga dititik beratkan supaya unit yang dihasilkan dapat digunakan dengan baik dan selamat. Dengan kemudahan yang ada seperti perisian SolidWork Office, segala proses rekabentuk dapat dijalankan dan permasalahan terhadap rekabentuk dapat dikesan dengan kadar yang segera. Kajian ini juga turut menggunakan kimpalan arka untuk menghasilkan tempat latihan bagi menghasilkan Unit Kawalan Hidraulik Boleh ubah Kelajuan.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>1</b>	<b>PENGENALAN</b>	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Objektif	2
	1.3 Skop	3
<b>2</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	
	2.0 Kajian Ilmiah	4
	2.1 Pam Pengimbang Tekanan	5
	2.1.1 Pengenalan	5
	2.1.2 Perbandingan	7
	2.2 Axial-Flux PM Motor (AFPM)	10
	2.3 Inverters	12
<b>3</b>	<b>METODOLOGI</b>	
	3.1 Pendahuluan	14
	3.2 Objektif Penyediaan	15
	3.3 Bahan dan Peralatan	15
	3.4 Besi (Mild Steel)	16
	3.5 Peralatan dan Perkakasan	16
	3.6 Lakaran Awal	16
	3.7 Lukisan Terbantu Komputer	18
	3.8 Pengukuran	20



3.9	Pemotongan	22
3.10	Mencanai	23
3.11	Proses Kimpalan Arka	24
3.12	Menggerudi	28
3.13	Semburan Cat	29
3.14	Peralatan Keselamatan	29
3.15	Keterangan Formula	31
3.15.1	Pam Pengimbang Tekanan	31
3.15.2	Tork Motor	31
3.15.3	Kelajuan Motor	32
3.15.4	Kuasa Motor	33
3.15.5	Kecekapan Motor	34
3.16	Rekabentuk Asas AFPM	36
3.17	Komponen Serta Peralatan Yang Digunakan Untuk Eksperimen	39
3.18	Rekabentuk Litar	43
3.18.1	Penerangan Simbol Litar	43
3.19	Gambaran Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan dan Sistem Litar	45
<b>4</b>	<b>KEPUTUSAN, ANALISIS DAN PERBINCANGAN</b>	
4.1	Analisis Tekanan dan Putaran Bagi Pelarasan Injap Kawalan	49
4.1.1	Data Eksperimen 1	49
4.1.2	Data Eksperimen 2	50
4.1.3	Data Eksperimen 3	51
4.1.4	Data Eksperimen 4	52
4.1.5	Data Eksperimen 5	53
4.1.6	Data Eksperimen 6	54
4.2	Analisis Bagi Eksperimen 1 Hingga 6	56
4.3	Pengiraan Bagi Mendapatkan Kadar Aliran	57
4.4	Data Untuk Pelarasan injap Kawalan Bagi Kadar Aliran	69

4.5	Graf Untuk Pelarasan Injap Kawalan Bagi Kadar Aliran Melawan Putaran	75
4.6	Analisis Data Untuk Pelarasan Injap Kawalan Bagi Kadar Aliran	78
4.7	Data Bagi Eksperimen Pelarasan Frekuensi Pada Bukaannya Maksimum Injap Kawalan	79
4.7.1	Pengiraan Nilai Kadar Aliran Bagi Eksperimen Pelarasan Frekuensi Pada Bukaannya Maksimum Injap Kawalan	80
4.7.2	Data Bagi Kadar Aliran Bagi Eksperimen Pelarasan Frekuensi Pada Bukaannya Maksimum Injap Kawalan	83
4.7.3	Analisis	84
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN</b>	
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Cadangan	88
	<b>RUJUKAN</b>	89
	<b>LAMPIRAN</b>	91

## SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1	Data Eksperimen 1 Pada Bacaan 60 Hz (Maksimum Pada Inverter)	49
2	Data Eksperimen 2 Pada Bacaan 50 Hz	50
3	Data Eksperimen 3 Pada Bacaan 40 Hz	51
4	Data Eksperimen 4 Pada Bacaan 30 Hz	52
5	Data Eksperimen 5 Pada Bacaan 20 Hz	53
6	Data Eksperimen 6 Pada Bacaan 10 Hz	54
7	Data Untuk Pelarasan Injap Kawalan bagi Kadar Aliran Pada Bacaan 60 Hz (Maksimum Pada Inverter)	69
8	Data Untuk Pelarasan Injap Kawalan Bagi Kadar Aliran Pada Bacaan 50 Hz (Motor Biasa)	70
9	Data Untuk Pelarasan Injap Kawalan Bagi Kadar Aliran Pada Bacaan 40 Hz	71
10	Data Untuk Pelarasan Injap Kawalan Bagi Kadar Aliran Pada Bacaan 30 Hz	72
11	Data Untuk Pelarasan Injap Kawalan Bagi Kadar Aliran Pada Bacaan 20 Hz	73
12	Data Untuk Pelarasan Injap Kawalan Bagi Kadar Aliran Pada Bacaan 10 Hz	74
13	Data Bagi Eksperimen Pelarasan Frekuensi Pada Bukaannya Maksimum Injap Kawalan	79
14	Data Untuk Kadar Aliran Bagi Eksperimen Pelarasan Frekuensi Pada Bukaannya Maksimum Injap Kawalan	83

15	Perbandingan Antara Injap Kawalan Dengan Penggunaan Inverter	87
----	--	----

## SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1	Pam Vane Pengimbang Tekanan	5
2	Pam Sesaran Tetap	6
3	Pam Boleh Ubah Sesaran	6
4	Pam Pengimbang Tekanan	6
5	Litar Hidraulik Pemampat	8
6	Litar Hidraulik Pemampat, Silinder Memanjang Sepenuhnya	8
7	Litar Hidraulik Pemampat Dengan Menggunakan Pam Pengimbang Tekanan	9
8	Litar Selari Dengan Menggunakan Pam Pengimbang Tekanan	10
9	Slot Teras Stator Dengan Penumpuan Lilitan Dawai	11
10	Permukaan Kedudukan Magnet Kekal Disk Rotor	11
11	Contoh-contoh Inverter	13
12	Lakaran 1	17
13	Lakaran 2	17
14	Pandangan Isometrik	18
15	Pandangan Bahagian Hadapan	18
16	Pandangan Bahagian Belakang	19
17	Pandangan Bahagian Tepi (Kiri)	19
18	Pandangan Bahagian Tepi (Kanan)	19
19	Pandangan Bahagian Atas	20
20	Sesiku 'L'	20
21	Pembaris Meter	21

22	Tape Meter	21
23	Penggarit	21
24	Penebuk Pusat	22
25	Impact Cutter	22
26	Mesin Memotong	23
27	Mesin Canai	23
28	Kikir Tangan	24
29	Permukaan Mestilah Dibersihkan Sebelum Menyapu Fluks	25
30	Menyapukan Fluks Di Sekeliling Sambungan	25
31	Set Kimpalan	26
32	Litar Asas Kimpalan	26
33	Perisian Arka	26
34	Pengapit Eletrod	27
35	Elektrod Kimpalan	27
36	Tukul Kimpalan	27
37	Mesin Gerudi Tangan	28
38	Mesin Gerudi Tegak	28
39	Cat Semburan	29
40	Pelindung Muka 1	29
41	Pelindung Muka 2	30
42	Pelindung Muka 3	30
43	Sarung Tangan	30
44	Takometer	39
45	Motor Orbital	39
46	Hos atau Paip	40
47	Pam Hidraulik	40
48	Jam Randik	41
49	Tolok Tekanan	41
50	Injap Kawalan	42
51	Inverter	42
52	Litar Skematik Hidraulik Sistem	43

53	Gambaran Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan (Pandangan Hadapan)	45
54	Gambaran Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan (Pandangan Belakang)	46
55	Gambaran Sistem Litar	46
56	Gambaran Penggunaan Inverter	47
57	Gambaran Motor dan Tangki	47

## SENARAI GRAF

NO. GRAF	TAJUK	MUKA SURAT
1	Kadar Aliran Melawan Tekanan Pam Pengimbang	7
2	Graf Putaran Melawan Tekanan Pada 60 Hz (Maksimum Pada Inverter)	50
3	Graf Putaran Melawan Tekanan Pada 50 Hz	51
4	Graf Putaran Melawan Tekanan Pada 40 Hz	52
5	Graf Putaran Melawan Tekanan Pada 30 Hz	53
6	Graf Putaran Melawan Tekanan Pada 20 Hz	54
7	Graf Putaran Melawan Tekanan Pada 10 Hz	55
8	Graf Kadar Aliran Melawan Putaran Pada 60 Hz (Maksimum Pada Inverter)	75
9	Graf Kadar Aliran Melawan Putaran Pada 50 Hz (Motor Biasa)	75
10	Graf Kadar Aliran Melawan Putaran Pada 40 Hz	76
11	Graf Kadar Aliran Melawan Putaran Pada 30 Hz	76
12	Graf Kadar Aliran Melawan Putaran Pada 20 Hz	77
13	Graf Kadar Aliran Melawan Putaran Pada 10 Hz	77
14	Graf Kadar Aliran Bagi Eksperimen Pelarasan Frekuensi Pada Bukan Maksimum Injap Kawalan	84



**SENARAI CARTA**

<b>NO. CARTA</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
1	Carta Bar Tekanan Melawan Frekuensi Bagi Setiap Frekuensi Pada Tekanan Maksimum	78

## SENARAI SIMBOL

Simbol	Definisi
* Sistem Hidraulik	
$F$	Daya
$A$	Luas
$P$	Tekanan
$\pi$	Pi (Malar)
$HP$	Kuasa Kuda
$HP_o$	Kuasa Kuda Yang Dihasilkan Oleh Motor
$HP_i$	Kuasa Kuda Kemasukan
$Q$	Kadar Alir
$Q_T$	Kadar Alir Pam Secara Teori
$Q_A$	Kadar Alir pam Sebenar
$T$	Tork
$T_T$	Tork Teori
$T_A$	Tork Sebenar
$V_m$	Sesaran Motor
$N$	Kelajuan Motor
$\eta_M$	Kecekapan Mekanikal
$\eta_V$	Kecekapan Isipadu

## \* Sistem Elektrik

$R_o$	Jejari Luar Pada Teras Toroidal
$K_r$	Nisbah Di antara Jejari Dalam Dan Luar Pada Teras Torodial
$J$	Elektrik Yang Bertindak Pada Jejari Dalam Terhadap Teras Totodial
$B_a$	Ketumpatan Fluks
$B_r$	PM Remanence
$t_w$	Tebal Balutan Dawai Dalam Arah Paksi
$t_m$	Tebal Magnet
$\Delta$	Kelegaan Mekanikal Bagi Selang Udara
$m$	Jumlah Fasa Terhadap Mesin
$T$	Tempoh Masa yang Berkaitan Dengan Bekalan Frekuensi Mesin

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>NO. RAJAH</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Kaedah Menjalankan Eksperimen	91
B	Gant Chart	93
C	Nota Teknikal	96

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan merupakan suatu alat atau rekaan yang menggabungkan sistem hidraulik dengan sistem motor. Namun, sistem motor yang akan digunakan adalah berbeza dengan sistem motor yang biasa digunakan. Ini kerana motor yang bakal digunakan adalah motor yang mampu diubah dan ditukar kelajuannya. Tujuan utama penggunaannya adalah untuk menjalankan penyelidikan dan juga kajian dalam menentukan keperluan kuasa sesebuah berdasarkan beban selinder yang dikenakan. Ianya juga bertujuan untuk mengkaji kecekapan ke atas Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan.

Bagi membolehkan penyelidikan ini dijalankan, sebuah unit latihan bagi menempatkan peralatan ini direka dan dibentuk agar memudahkan kerja-kerja penyelidikan dijalankan. Di samping dalam menyiapkan unit latihan ini, kajian dan analisis turut dilakukan terhadap motor yang bakal digunakan. Ini termasuklah kaedah-kaedah yang akan digunakan bagi membolehkan motor yang akan diguna pakai memenuhi spesifikasi yang dikehendaki (bolehlaras). Ini kerana motor yang biasa digunakan dalam industri sekarang adalah tetap kawalannya dan tidak mampu diubah-ubah kelajuannya. Walaupun tidak dinafikan terdapat motor yang mampu diubahsuai

kelajuannya, namun risiko terhadap kelemahan sistem tetap ada. Contohnya seperti masalah kecekapan, kurang daya atau kuasa yang dihasilkan dan juga kos yang tinggi.

Sebelum semua ini dihasilkan, bahan-bahan ilmiah dan juga rujukan telah dikumpul terlebih dahulu bagi memudahkan kerja-kerja kajian dilaksanakan. Penyelidikan terhadap projek ini sebenarnya mempunyai banyak manfaat terhadap industri pada masa sekarang. Projek Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan ini mampu memperbaiki kelemahan terhadap sistem yang sedia ada di samping mampu menjimatkan kos dan juga kuasa yang digunakan.

## **1.2 Objektif**

Penghasilan Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan ini dilaksanakan berdasarkan kepada beberapa objektif yang telah ditetapkan. Antara objektif utama penghasilan Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan ini adalah untuk mengkaji perubahan kadar alir berdasarkan faktor kadar putaran per minit (rpm) dan juga frekuensi.

Perbezaannya dengan unit kawalan hidraulik sekarang adalah kelajuan unit kawalan hidraulik sekarang adalah tetap dan tidak boleh diubah mengikut kelajuan yang kita mahu. Ini merupakan satu kelebihan terhadap Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan ini.

### 1.3 Skop

Antara skop yang diketengahkan untuk menghasilkan Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan adalah untuk mengkaji tentang Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan. Antara lainnya adalah untuk membina unit latihan hidraulik berdasarkan konsep Unit Pacuan Hidraulik Bolehubah Kelajuan. Berdasarkan kepada rekabentuk unit latihan hidraulik yang dihasilkan, unit yang akan dihasilkan mestilah dihasilkan atau dibentuk dengan menggunakan kaedah ataupun proses yang sesuai.

Proses yang dimaksudkan adalah menggunakan kaedah memesin (amalan bengkel), lakaran kasar, lukisan terbantu komputer (SolidWork Office) dan beberapa lagi kaedah-kaedah lain. Selain daripada itu, konsep yang ingin diketengahkan adalah untuk membandingkan kecekapan unit dengan menggunakan 'Inverter' dan juga injap kawalan.

## **BAB 2**

### **KAJIAN ILMIAH**

#### **2.0 Kajian Ilmiah**

Berdasarkan kepada bahan rujukan yang dirujuk, Unit Pacuan Hidraulik Boleh ubah Kelajuan yang akan dibina ini haruslah memenuhi beberapa spesifikasi yang telah ditetapkan. Antaranya adalah mampu menampung berat dan bilangan peralatan-peralatan hidraulik yang digunakan seperti tangki, pam, motor dan juga hos. Selain daripada itu adalah atas dasar faktor-faktor keselamatan terutamanya ketika unit ini digunakan untuk proses pembelajaran.

Proses keseluruhan mereka bentuk Unit Pacuan Hidraulik Boleh ubah Kelajuan ini bergantung kepada kepelbagaian faktor dan juga sumber. Contohnya adalah penggunaan bahan untuk membina unit tempat latihan, kos untuk mendapatkan peralatan-peralatan hidraulik, mereka bentuk berdasarkan idea sebenar dan juga analisis yang dilakukan. Berdasarkan kepada hasil kajian dan rujukan dari sumber-sumber yang terlibat, hasil yang diperolehi adalah seperti yang tertulis dalam hasil kajian ilmiah yang telah dijalankan ini.