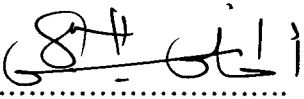


'Saya / Kami\* akui bahawa telah membaca karya ini dan pada pandangan saya / kami\* karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)'

Tandatangan :   
Nama Penyelia 1 : Encik Ahmad Anas Bin Yusof  
Tarikh : 27 Mac 2008

Tandatangan : .....  
Nama Penyelia 2 : Encik Suhaimi Bin Misha  
Tarikh : 27 Mac 2008

*\*Potong yang tidak berkenaan*

PEMBANGUNAN TEKNOLOGI HIDRAULIK AIR BERTEKANAN TINGGI  
UNTUK SISTEM HIDRAULIK BERGERAK

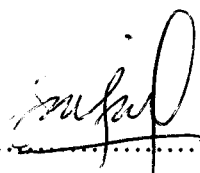
MOHD SAIFUL AZHAN BIN SIDIK

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

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MAC 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 : Mohd Saiful Azhan bin Sidik

Tarikh : 27 Mac 2008

Buat ayahanda, bonda dan keluarga tercinta,  
Serta rakan – rakan seperjuangan,  
Jasa dan ingatan terhadap kalian tidak akan dilupakan.

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah syukur ke hadrat Allah s.w.t kerana dengan limpah kurniaNya dan Inayah yang diberikan dapatlah saya menyiapkan Projek Sarjana Muda Dalam tempoh waktu yang ditetapkan.

Jutaan terima kasih tidak terhingga kepada penyelia Projek Sarjana Muda, Encik Ahmad Anas Bin Yusof dan Encik Suhaimi Bin Misha di atas segala tunjuk ajar dan pandangan yang diberikan sepanjang pelaksanaan projek ini. Semoga diberkati oleh Allah s.w.t hendakNya.

Tidak dilupakan juga jutaan terima kasih kepada pihak pengurusan makmal, terutamanya juruteknik-juruteknik yang memberikan sepenuh kerjasama dan bantuan di makmal amatlah dihargai.

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

## ABSTRAK

Aplikasi penggunaan air sebagai medium penggerak dalam sistem hidraulik merupakan teknologi moden yang diolah kembali dari penggunaan dan aplikasi asal sistem hidraulik air. Dalam projek ini, kita akan mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan air sebagai medium penggerak dalam sistem hidraulik. Kita juga akan menganalisa kesesuaian komponen-komponen hidraulik dengan penggunaan air sebagai penggerak menggantikan minyak. Kelebihan penggunaan air dalam sistem hidraulik dan sifat-sifat utama air akan dibincangkan, dan contoh-contoh penyelidikan mengenai penggunaan dan aplikasi air yang dilakukan oleh penyelidik akan ditunjukkan. Kita juga akan menilai masalah-masalah yang mungkin akan wujud kesan dari penggunaan air sebagai medium penggerak dalam sistem hidraulik air.

## **ABSTRACT**

Application of using water as working fluids in the water hydraulic system is a modern technology that has been modified from the beginning usage and application of the system. In this project, we will identify the factors that affect the usage of water as the working fluids in hydraulic system. We will analyze the hydraulic components whether it is suitable to be used with water replace oil as the working fluids. The benefits of using water in hydraulic system and the characteristic will be discuss, also some research examples about water applications done by the researchers will be shown. We will also evaluate the problems that will occur from the using of water as the working fluids in the water hydraulic system.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b><i>ABTRACT</i></b>	vi
	<b>KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	x
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xii
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	1
	1.1 Latar Belakang Projek	1
	1.2 Objektif	2
	1.3 Skop	2
<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	3
	2.1 Sejarah Penggunaan Hidraulik Air	3
	2.1.1 Sejarah kemerosotan air sebagai medium tekanan	3



<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	2.1.2 Faktor-faktor kemerosotan air sebagai medium tekanan	4
	2.1.3 Kesan penggunaan air dalam sistem hidraulik	7
<b>BAB III</b>	<b>KAEDAH KAJIAN</b>	<b>13</b>
	3.1 Pengenalan	13
	3.2 Komponen-komponen Sistem Hidraulik Air	15
	3.2.1 Pam hidraulik air	15
	3.2.2 Silinder hidraulik	16
	3.2.3 Injap kawalan arah	17
	3.2.4 Operasi sistem hidraulik air	18
<b>BAB IV</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	
	4.1 Pengenalan	19
	4.1.1 Pam	19
	4.1.2 Injap Kawalan Arah	24
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	
	6.1 Kesimpulan	28
	6.2 Cadangan	28
	<b>RUJUKAN</b>	<b>29</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>32</b>

## BAB 1

### PENGENALAN

#### 1.1 Latar belakang projek.

Sejarah sains menunjukkan bahawa pada tahun 1795, air banyak digunakan dalam sistem-sistem hidrostatik. Saintis seperti Joseph Bramah mengaplikasikan penggunaan air sebagai medium penggerak dalam ciptaannya iaitu penekan hidraulik. Penggunaan air kemudiannya digunakan dalam penghantaran kuasa bendalir sehingga akhir abad ke-19. Awal abad ke-20, teknologi baru dalam penghasilan minyak hidraulik dibangunkan untuk mengatasi masalah dan kelemahan yang wujud dalam sistem hidraulik air seperti kekurangan kuasa pelinciran, kakisan atau pengaratan, hakisan peronggaan dan kadar kecekapan yang rendah.

Sistem hidraulik minyak mempunyai kelebihan berbanding sistem hidraulik air iaitu kecekapan yang tinggi dan tempoh jangka hayat yang panjang. Dalam bidang kejuruteraan, faktor-faktor seperti ini amat penting untuk mengurangkan kos dan kualiti kerja yang baik. Penggunaan minyak hidraulik banyak digunakan pada masa kini kerana spesifikasinya yang sentiasa dimajukan secara berterusan. Ini menyebabkan usaha untuk membangunkan teknologi hidraulik air masih jauh ketinggalan dan kurang berbanding hidraulik minyak. Oleh sebab itu, bagi maningkatkan teknologi hidraulik air, keserasian sistem dengan keperluan industri mesti diambil kira.

Dalam tempoh suku abad ini, kita dapat melihat banyak kajian dan usaha dilakukan untuk membangunkan teknologi sistem hidraulik menggunakan air.

Teknologi ini dibangunkan kesan daripada pertimbangan dan pemerhatian yang menyeluruh terhadap alam sekitar dan pencegahan kebakaran. Faktor-faktor inilah yang membawa kepada pembangunan teknologi baru kepada bidang kejuruteraan reka bentuk dan struktur dan bahan dalam merekabentuk komponen-komponen baru seperti injap kawalan arah dan pam hidraulik.

## **1.2 Objektif.**

Kertas kerja ini adalah untuk mengkaji pembangunan teknologi sistem hidraulik air bertekanan tinggi untuk sistem hidraulik bergerak. Objektif utama kajian adalah untuk membangunkan pelantar hidraulik bergerak bagi sistem hidraulik berdasarkan air dengan menggunakan back-hoe bucket sebagai kajian.

## **1.3 Skop.**

Skop kajian bagi projek ini adalah berdasarkan kepada objektif utama iaitu:

- i. Untuk mempelajari elemen asas dalam menghasilkan sistem hidraulik air bertekanan tinggi yang sesuai digunakan sebagai kaedah alternatif bagi menggantikan sistem hidraulik minyak bertekanan tinggi yang tradisional.
- ii. Untuk membangunkan pelantar penyelidikan hidraulik air berdasarkan pada jentera pengangkat yang akan digunakan untuk mengkaji kepelbagaian penggunaan cecair kuasa dalam membangunkan sistem hidraulik air bertekanan tinggi seperti kadar alir, tekanan, halaju dan kuasa.

## BAB 2

### KAJIAN ILMIAH

#### 2.1 Sejarah Penggunaan Hidraulik Air.

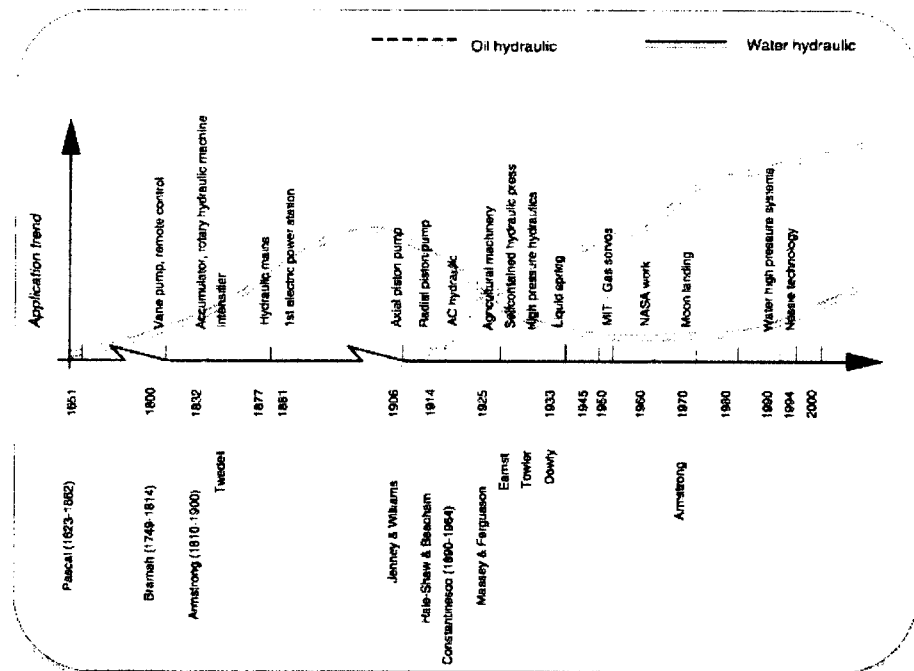
Peranan air sebagai medium penggerak dalam sistem hidraulik secara amnya adalah satu konsep dan teknologi baru masa kini kerana pengguna hanya tertumpu kepada penggunaan minyak untuk sistem hidraulik. Mengikut sejarah, aplikasi dan penggunaan tekanan air sebagai medium penggerak telah bermula sejak lebih dua ribu tahun yang lalu. Kaedah penukaran kuasa menerusi tekanan bendalir telah diaplikasikan pertama kali pada lewat tahun 1700 dan ianya menjadi bahan utama dan lebih ekonomi dalam proses pemindahan kuasa pada zaman revolusi perindustrian di eropah sekitar tahun 1850.

Menurut Riipinen et al., (2003) dan Trostmann (1996), penggunaan air sebagai kuasa tekanan sederhana mulai merosot pada abad ke-20 kerana faktor-faktor berikut: -

- i. Pembangunan kuasa elektrik yang menghasilkan bekalan kuasa bervoltan tinggi untuk jangka masa panjang dan penyediaan pengendalian mesin berketepatan tinggi.
- ii. Pada tahun 1906, sistem hidraulik minyak yang pertama diperkenalkan.

Sistem hidraulik menggunakan minyak dapat menyaingi sistem elektrik di terma-terma pengawalan jentera. Sistem hidraulik air tidak lagi menjadi sumber kompetitif untuk penghantaran kuasa setelah penggunaan hidraulik minyak

diperkenalkan kecuali di kawasan persekitaran yang sensitif iaitu berisiko berlaku kebakaran dan pencemaran.



Rajah 2.1: Sejarah perkembangan sistem hidraulik air dan minyak.

(Sumber: Conrad, (1998))

### 2.1.1 Faktor-faktor Kerosotan Air Sebagai Medium Tekanan.

#### i. Kakisan.

Air merupakan unsur utama dalam proses pengangkutan yang berlaku dalam paip dan komponen-komponen dalam sistem hidraulik. Gas-gas yang terlarut dalam air seperti oksigen ( $O_2$ ) dan klorin (Cl) akan meningkatkan lagi kadar kakisan. Kehadiran mikroorganisma dalam air turut menambahkan lagi kesan kakisan kepada komponen-komponen dalam sistem hidraulik. Ini akan membawa kepada penggunaan bahan rintangan kimia yang mahal dan secara tidak langsung meningkatkan kos penggunaan.

ii. Pembekuan.

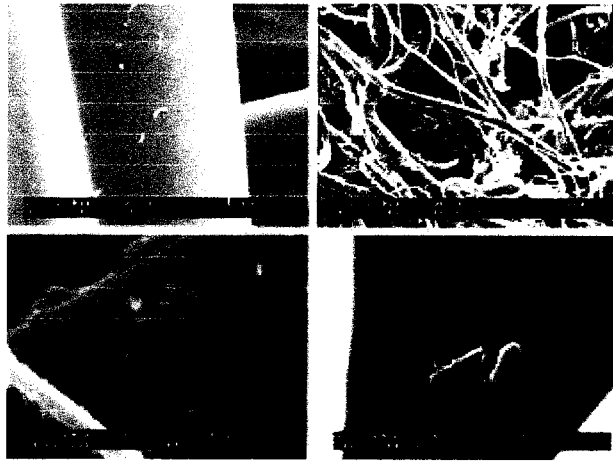
Air membeku pada takat suhu 0 °C, lebih tinggi berbanding minyak mineral. Apabila air membeku, isipadunya mengembang sebanyak sembilan peratus (9%) dan ini menyebabkan kerosakan pada sistem hidraulik.

iii. Kelikatan yang rendah.

Kelikatan bagi air dan minyak adalah di antara 1 sCt dan 29 sCt, pada tekanan atmosfera dan suhu 20 °C. Kelikatan rendah mengurangkan kehilangan kuasa kerana kurang aliran geseran dan ini menyebabkan kebocoran dalaman dan luaran pada komponen. Menurut Varandili (1999), untuk mengekalkan kebocoran yang sama untuk air dan minyak, kelegaian dan anggapan aliran lamina bagi air sepatutnya satu pertiga atau kurang daripada minyak hidraulik. Menurut Varandili (1999) dan Backe (1999), jika kelegaian yang sama digunakan untuk komponen air dan minyak, kadar kebocoran untuk air adalah 30 kali lebih tinggi berbanding minyak.

iv. Mikroorganisma.

Pertumbuhan mikroorganisma dalam sistem hidraulik air meningkatkan rintangan geseran cecair dan penggunaan tenaga, tetapi mengurangkan kemampuan dan pemecutan mikroorganisma teraruh kakisan. Kesannya berlaku kekotoran, bau busuk, komponen tersumbat dan akhirnya sistem tidak berfungsi. Pertumbuhan mikroorganisma berlaku di kawasan permukaan dan kawasan unsur turas atau penapis mempunyai lebih kawasan permukaan. Satu kajian oleh Frolund dan Nielsen (1999), membuktikan kepentingan pengurusan kebersihan untuk penutup sistem hidraulik paip air mengurangkan pertumbuhan mikroorganisma.



Rajah 2.2: Mikrograf SEM.

(Sumber: Effect of microbial growth on filtration in water hydraulic system, (2002))

v. Modulus pukal yang tinggi.

Nilai modulus pukal yang tertinggi bagi air adalah  $20.5 \times 10^3$  bar berbanding dengan minyak mineral hanya  $13 \times 10^3$  bar pada suhu yang sama dan meningkatkan kesan kekerasan tukul air (*water hammer*) walaupun ia membuat sistem hidraulik air lebih responsif dan tepat untuk pengawalan.

vi. Pelinciran yang rendah.

Jika dibandingkan penggunaan minyak mineral dalam sistem yang menggunakan bahan besi, air adalah bendalir yang terburuk sekali. Pengautomasian yang cepat dalam industri menyebabkan bertambahnya beban dan kelajuan komponen yang mana tidak dapat ditawarkan oleh bendalir seperti air. Bagaimanapun, penggunaan bahan-bahan komponen khas, penyalutan dan penambahan bahan penambah dalam pelincir akan mengurangkan perbezaan kesan pelinciran terhadap air.

vii. Peronggaan.

Kesan peronggaan adalah disebabkan oleh evolusi gas-gas terlarut yang memasuki udara dengan tekanan tinggi dan menyebabkan perubahan

mendadak dalam halaju bendalir pada sistem hidraulik. Air mempunyai tekanan wap yang tinggi iaitu 107 kali lebih besar daripada minyak. Sistem berasaskan air mempunyai kesan peronggaan yang lebih tinggi menyebabkan berlaku kakisan pada permukaan dalaman serat kegagalan pada komponen. Menurut Trostmann (1996), suhu operasi untuk pengendalian sistem hidraulik air adalah pada 3 °C hingga 50 °C. Rekabentuk yang bersesuaian perlu diambil kira untuk mengurangkan kesan risiko peronggaan seperti mengurangkan penggunaan lengkok tajam, sekatan-sekatan dan sebagainya

### 2.1.2 Kesan Penggunaan Air Dalam Sistem Hidraulik.

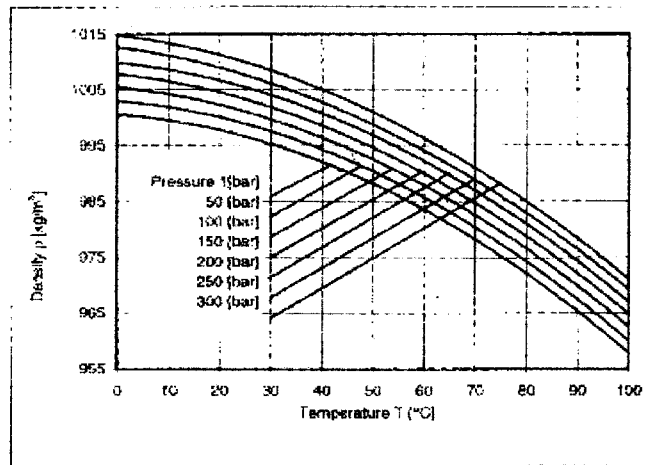
Terdapat ciri-ciri dalam unsur air yang memberi kesan positif dan juga kesan negatif kepada sistem hidraulik air seperti yang diterangkan seperti berikut:

#### 1. Ketumpatan.

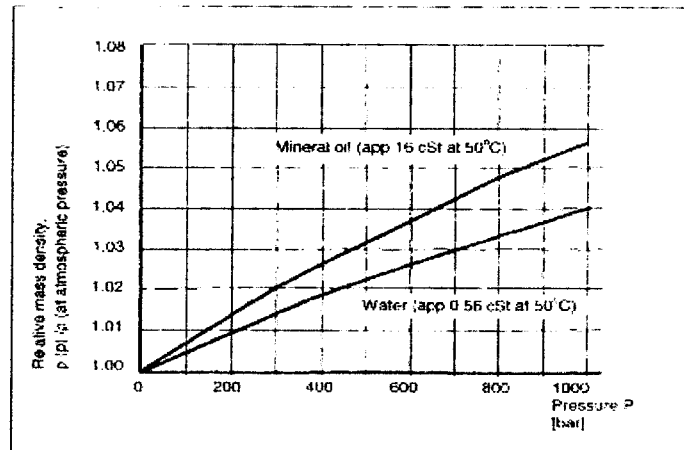
Ketumpatan bahan,  $\rho$  ditakrifkan sebagai jisim bahan,  $M$  per unit isipadu bahan,  $V$ , dan dirumuskan sebagai:  $\rho = \frac{M}{V}$

Kehilangan tenaga dalam sistem akan menjejaskan ketumpatan bendalir hidraulik akibat dari perubahan suhu dan tekanan dalam sistem hidraulik. Ketumpatan bendalir hidraulik mestilah serendah yang mungkin untuk meminimumkan kehilangan tekanan dan mengurangkan kesan dinamik pada injap kawalan. Menurut Trostmann dan Clausen (1995), ketumpatan air adalah sepuluh peratus (10%) lebih tinggi daripada ketumpatan minyak mineral. Rajah 2.2 menunjukkan pengaruh suhu dan tekanan terhadap ketumpatan air. Rajah 2.3 menunjukkan perbandingan variasi ketumpatan jisim relatif antara air dan minyak mineral pada suhu malar dan tekanan yang berbeza.





Rajah 2.3: Pengaruh suhu dan tekanan terhadap ketumpatan air.  
(Sumber: Trostmann et al. (2001))

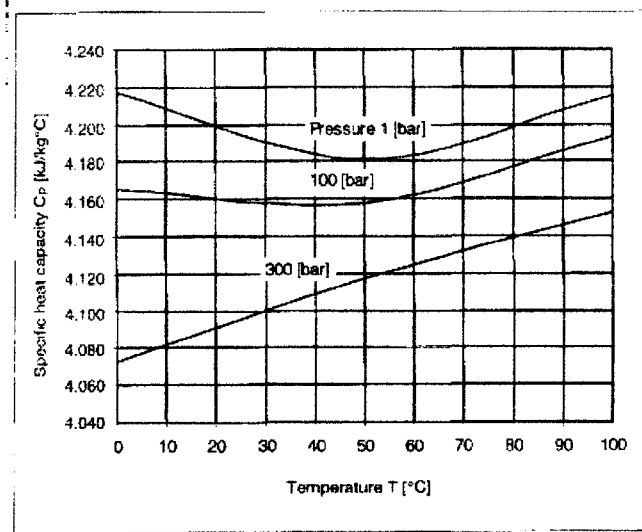


Rajah 2.4: Perbandingan ketumpatan jisim relatif air dengan minyak mineral pada suhu yang ditetapkan dan tekanan berbeza.  
(Sumber: Trostmann et al. (2001))

## 2. Haba spesifik.

Jisim haba spesifik adalah jumlah tenaga yang diperlukan untuk mengubah suhu 1 kilogram (kg) bahan pada suhu 1 °C pada tekanan malar dan ianya tidak banyak berbeza dengan nilai suhu dan tekanan seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.4. Menurut Trostmann dan Clausen (1995), nilai bagi air adalah dua kali ganda lebih tinggi berbanding bendalir lain. Bacaan purata

pada tekanan malar dan suhu 40 °C adalah 4.180 kJ/kg °C untuk air dan 1.90 kJ/kg °C untuk minyak mineral.

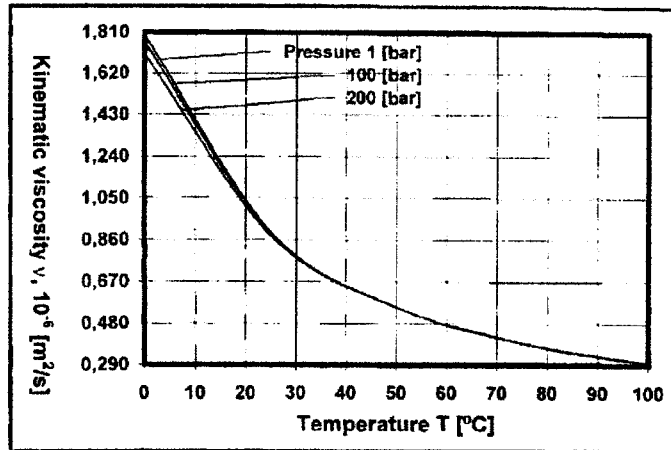


Rajah 2.5: Haba spesifik bagi air sebagai fungsi kepada suhu dan tekanan.

(Sumber: Trustmann et al., (2001))

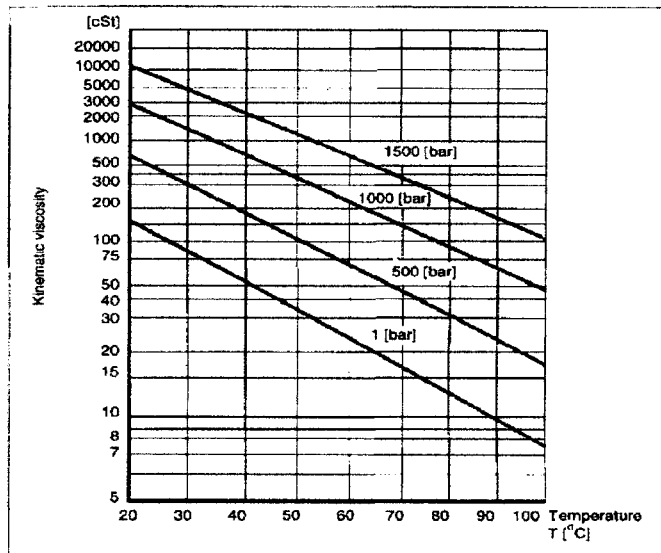
### 3. Kelikatan.

Kelikatan adalah geseran yang berlaku dalam gerakan bendalir dengan lapisan permukaan. Air pada tekanan atmosfera dan suhu 20 °C mempunyai kelikatan sebanyak 1cSt. Menurut Trostmann dan Clausen (1995), kelikatan bagi air adalah kurang 1/30 berbanding minyak mineral pada suhu 50 °C. Kelikatan bagi air berkait rapat dengan perubahan suhu. Kelebihan air berbanding minyak mineral adalah kestabilan dari segi aliran halaju dan kecekapan operasi pada julat suhu yang besar. Keburukannya adalah kebocoran dalaman yang besar pada sistem.



Rajah 2.6: Kelikatan kinematik air sebagai fungsi kepada suhu dan tekanan.

(Sumber: Trostmann et al., (2001))



Rajah 2.7: Variasi suhu dan tekanan pada kelikatan minyak mineral.

(Sumber: Trostmann et al., (2001))

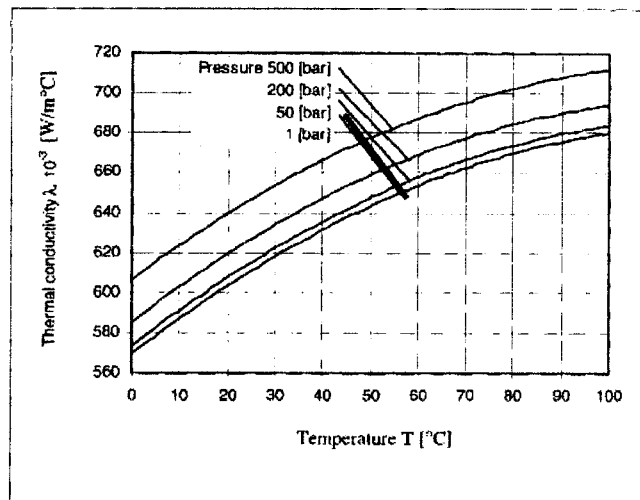
#### 4. Kekonduksian termal.

Kekonduksian termal adalah bahan yang digunakan untuk memindahkan tenaga yang bergantung kepada perbezaan suhu antara bahagian yang bersebelahan. Menurut Trostmann dan Clausen (1995), nilai konduksi termal bagi air pada tekanan malar dan suhu  $20^{\circ}\text{C}$  ialah 4–5 kali ganda dari minyak mineral.

Jadual 2.1: Nilai purata konduksi termal bagi air dan minyak mineral pada tekanan malar.

(Sumber: Trostmann and Clausen, (1995))

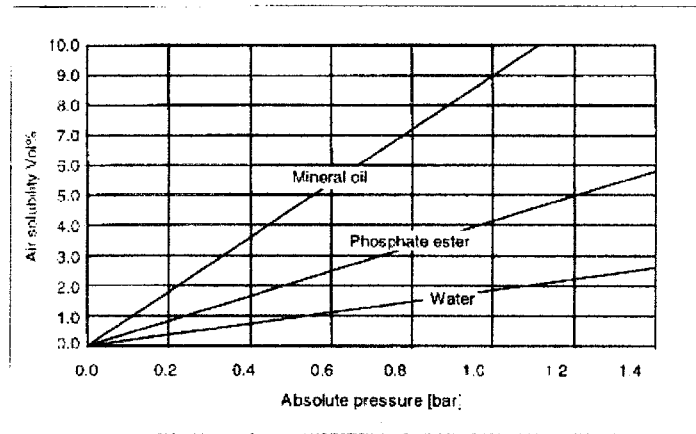
	Water	Mineral Oil
Thermal Conductivity [W/m °C]	0.600	0.12



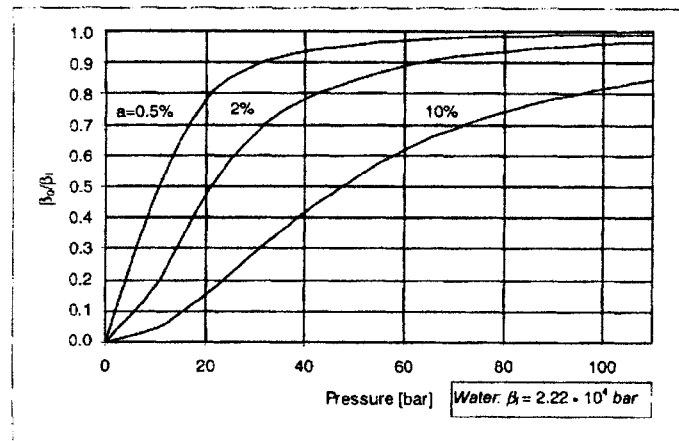
Rajah 2.8: Kekonduksian termal bagi air sebagai fungsi kepada suhu dan tekanan. (Sumber: Trostmann et al., (2001))

##### 5. Modulus pukal.

Modulus pukal bagi air adalah 50 peratus (50%) lebih tinggi dari minyak mineral iaitu  $2.4 \times 10^4$  bar berbanding  $1.6 \times 10^4$  bar. Pelarutan udara adalah 20 peratus (20%) lebih tinggi dari minyak mineral. Modulus pukal yang tinggi akan menyebabkan penyebaran gelombang tekanan yang tinggi. Kehadiran buih udara akan meningkatkan kemampatan bendalir bergerak. Oleh itu, buih dalam air pada kelikatan rendah dilepaskan sebanyak 30 kali lebih cepat berbanding minyak.



Rajah 2.9: Perbandingan keterlarutan udara dalam air dengan bendalir lain sebagai fungsi tekanan mutlak.  
(Sumber: Trostmann et al., (2001))



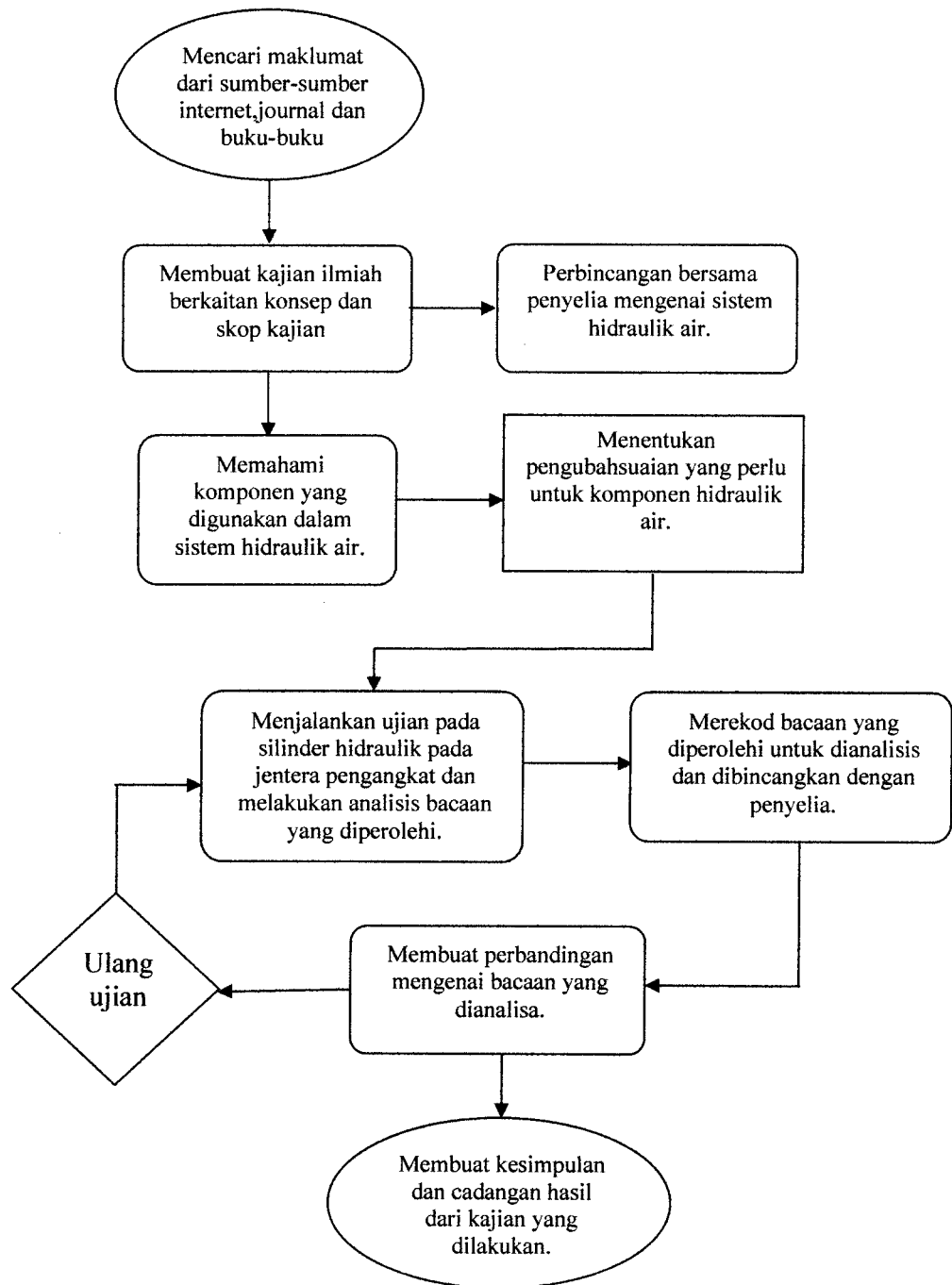
Rajah 2.10: Nisbah modulus pukal bagi kesan ketidaklarutan udara dalam air.  
(Sumber: Trostmann et al., (2001))

## BAB 3

### KAEDAH KAJIAN

#### 3.1 Pengenalan.

Di dalam bab ini, kaedah pelaksanaan projek dan komponen-komponen yang terlibat dalam sistem hidraulik air akan diterangkan. Komponen utama untuk penyelidikan ini adalah silinder hidraulik selain komponen-komponen lain seperti pam, ECU (*Electronic Control Unit*) dan injap kawalan arah.



Rajah 3.1: Carta aliran pelaksanaan Projek Sarjana Muda (PSM).

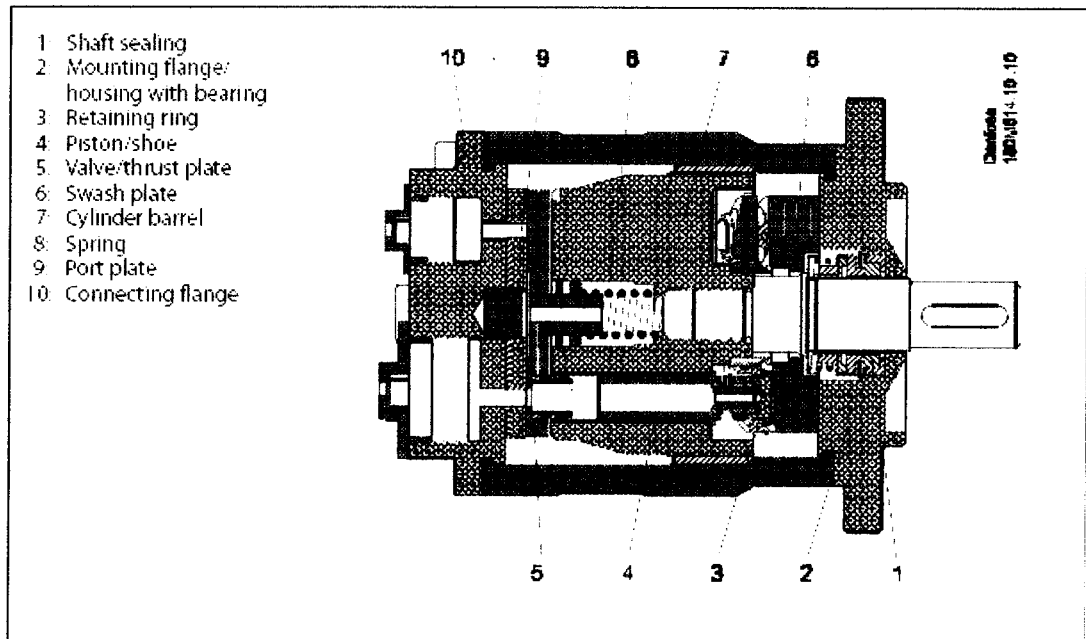
### 3.2 Komponen-komponen Sistem Hidraulik Air.

### 3.2.1 Pam hidraulik air.

Spesifikasi pemilihan pam bagi teknologi hidraulik air bertekanan tinggi untuk sistem hidraulik bergerak:

- 1) Pam diperbuat daripada bahan besi tahan karat (*stainless steel*).
- 2) Penggunaan pam adalah untuk pengaliran cecair iaitu air sahaja, tidak melibatkan sebarang minyak.
- 3) Kuasa pam adalah 15 kuasa kuda (15 hp) atau 11 kW (kilowatt).
- 4) Tekanan maksimum adalah 250 bar atau 3600 psi.
- 5) Kadar aliran cecair adalah 30 l/min atau 8 g/min.

PAH 20/25/32 cross-section



Rajah 3.2: Keratan rentas komponen-komponen dalam pam bagi PAH 20, PAH 25 dan PAH 32.

(Sumber: Pumps type PAH 2/4/6.3, PAH 10/12.5, PAH 20/25/32 and PAH 50/63/70/80/100, <http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/C3AE406F-B8C5-4660-B058-8B545CC37594/0/PAH521B0835.pdf>)