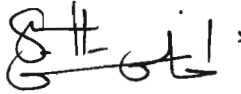


“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal Bendalir)”

Tandatangan :  .....

Nama Penyelia : En. Ahmad Anas b. Yusof

Tarikh : 13 Mei 2008

**MEMBANGUNKAN DAN MENGANALISA SISTEM HIDRAULIK AIR  
BERTEKANAN RENDAH**

**FAIRUZRADZI BIN MD YUSOP**

**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**

**April 2008**

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

Tandatangan :.....

Nama Penulis : Fairuzradzi Bin Md Yusop

Tarikh :.....

## PENGHARGAAN



*In the name of Allah, the Most Merciful, the Most Kind*

Alhamdulillah, dengan segala puji-pujian kepada Allah s.w.t, rasa syukur yang tidak terhingga kerana projek ini dapat juga disiapkan pada masa yang ditetapkan.

Di sini, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia, Encik Ahmad Anas Yusof yang telah banyak membantu, memberikan idea dan juga memberi teguran yang membina sepanjang projek ini dijalankan.

Tidak dilupakan juga ucapan terima kasih kepada juruteknik Bengkel Mekanikal Asas iaitu Encik Junaidi yang telah membantu sebanyak yang boleh untuk projek ini disiapkan. Penghargaan juga ditujukan kepada rakan-rakan yang telah membantu untuk menyiapkan projek ini sama ada secara langsung mahupun secara tidak langsung. Semoga kalian semua murah rezeki dan dirahmati Allah s.w.t.

## ABSTRAK

Pada masa sekarang bendalir hidraulik amat penting dalam menggerakkan mesin-mesin yang menggunakan sistem hidraulik. Pemilihan bendalir hidraulik ini adalah amat penting berikutan faktor-faktor yang melibatkan cara kerja dan juga suhu sekeliling. Atas sebab keselamatan alam sekitar dan untuk mengelakkan pencemaran, air menjadi satu alternatif yang amat kritikal kepada sistem hidraulik. Air sememangnya bersih, mudah dilupuskan dan tidak memberikan kesan sampingan terhadap alam sekitar. Secara tidak langsung atas desakan ini telah mewujudkan satu suasana untuk membangunkan sistem hidraulik air yang lebih efisien untuk kegunaan industri. Pada hari ini, sistem kuasa hidraulik yang menggunakan air bukanlah satu senario yang baru kerana terdapatnya komponen-komponen dan bahan – bahan yang dapat menampung kelemahan-kelemahan air sebagai bendalir hidraulik. Objektif utama adalah untuk membangunkan dan menganalisa keberkesanan sistem hidraulik yang menggunakan air. Sesungguhnya kertas ini juga mengambil berat beberapa kriteria kritikal untuk kajian analisa tersebut antaranya seperti kadar alir yang tetap dan stabil, tekanan yang optimum untuk menjana kuasa dari bendalir hidraulik air tersebut.

## KANDUNGAN

| <b>BAB</b>    | <b>PERKARA</b>  | <b>MUKASURAT</b> |
|---------------|---|------------------|
|               | PENGAKUAN   | ii               |
|               | PENGHARGAAN   | iii              |
|               | ABSTRAK   | iv               |
|               | KANDUNGAN   | v                |
|               | SENARAI JADUAL  | x                |
|               | SENARAI RAJAH   | xii              |
|               | SENARAI LAMPIRAN  | xv               |
| <br>          |   |                  |
| <b>BAB I</b>  | <b>PENGENALAN</b>   |                  |
|               | 1.1 Pengenalan Kepada Kuasa Hidraulik Air   | 1                |
|               | 1.2 Aplikasi Sistem Hidraulik Air   | 3                |
|               | 1.3 Kelebihan Sistem Hidraulik Air  | 4                |
|               | 1.4 Komponen Umum Sistem Kuasa<br>Hidraulik Air   | 5                |
|               | 1.5 Objektif Kajian   | 5                |
|               | 1.6 Skop Kajian   | 6                |
|               | 1.7 Kepentingan Kajian  | 6                |
| <br>          |   |                  |
| <b>BAB II</b> | <b>KAJIAN ILMIAH</b>  |                  |
|               | 2.1 Air   | 7                |
|               | 2.1.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi<br>kemerosotan air sebagai medium tekanan<br>hidraulik. | 12               |

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| 2.1.2          | Kelebihan-kelebihan dan faktor-faktor penggunaan air sebagai tekanan sederhana. | 19 |
| 2.1.3          | Ciri-ciri air dan kesannya dalam sistem hidraulik                               | 21 |
| 2.2            | Bendalir untuk sistem hidraulik   | 24 |
| 2.2.1          | Sifat bendalir hidraulik  | 25 |
| 2.2.2          | Bendalir-bendalir hidraulik   | 26 |
| 2.2.3          | Pemilihan bendalir  | 28 |
| <br>           |   |    |
| <b>BAB III</b> | <b>METODOLOGI</b>   |    |
| 3.1            | Rekabentuk Sistem Kuasa   | 32 |
| 3.1.1          | Pam Triplex   | 35 |
|                | 3.1.1.1 Pam Triplex Untuk Projek Sistem Hidraulik Air Bertekanan Rendah.        | 37 |
| 3.1.2          | Teori Pemilihan Pam   | 40 |
| 3.2            | Tangki Air Sistem Hidraulik Bertekanan Rendah                                   | 43 |
| 3.2.1          | Teori Pemilihan Tangki Hidraulik Yang Digunakan                                 | 44 |
| 3.3.           | Silinder Sistem Hidraulik   | 45 |
| 3.3.1          | Silinder Projek Sistem Hidraulik Air.   | 47 |
| 3.4            | Injap Pelega Tekanan  | 49 |
| 3.4.1          | Injap Pelega Tekanan Projek Sistem Hidraulik Air.                               | 50 |
| 3.5            | Injap Kawalan Arah  | 52 |
| 3.5.1          | Injap Kawalan Arah Sistem Hidraulik   | 53 |
| 3.6            | Lengan Robotik Projek Sistem Hidraulik Air                                      | 56 |
| 3.7            | Rekabentuk Sistem Penghantaran  | 57 |
| 3.7.1          | Lakaran Sistem Penghantaran Projek  |    |

|   |  |    |
|---|--|----|
|   | Sistem Hidraulik.  | 58 |
| 3.8                                     | Bahan-bahan Yang Digunakan Untuk Sistem Penghantaran.                | 62 |
| <b>BAB IV ANALISIS DAN DATA UJIKAJI</b> |  |    |
| 4.1                                     | Litar Sistem Hidraulik Yang Diuji                                    | 64 |
| 4.1.1                                   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan 1 Bar.                          | 66 |
| 4.1.1.1                                 | Pengiraan Kuasa Yang Dihasilkan Daripada Gerakan Pada Tekanan 1 Bar. | 67 |
| 4.1.2                                   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan 2 Bar.                          | 68 |
| 4.1.2.1                                 | Pengiraan Kuasa Yang Dihasilkan Daripada Gerakan Pada Tekanan 2 Bar. | 69 |
| 4.1.3                                   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan 3 Bar.                          | 70 |
| 4.1.3.1                                 | Pengiraan Kuasa Yang Dihasilkan Daripada Gerakan Pada Tekanan 3 Bar. | 71 |
| 4.1.4                                   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan 4 Bar.                          | 72 |
| 4.1.4.1                                 | Pengiraan Kuasa Yang Dihasilkan Daripada Gerakan Pada Tekanan 4 Bar. | 73 |
| 4.1.5                                   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan 5 Bar.                          | 74 |
| 4.1.5.1                                 | Pengiraan Kuasa Yang Dihasilkan Daripada Gerakan                     |    |



|         |  |    |
|---------|--|----|
|         | Pada Tekanan 5 Bar.  | 75 |
| 4.1.6   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan<br>6 Bar.                             | 76 |
| 4.1.6.1 | Pengiraan Kuasa Yang<br>Dihasilkan Daripada Gerakan<br>Pada Tekanan 6 Bar. | 77 |
| 4.1.7   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan<br>7 Bar.                             | 78 |
| 4.1.7.1 | Pengiraan Kuasa Yang<br>Dihasilkan Daripada Gerakan<br>Pada Tekanan 7 Bar. | 79 |
| 4.1.8   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan<br>8 Bar.                             | 80 |
| 4.1.8.1 | Pengiraan Kuasa Yang<br>Dihasilkan Daripada Gerakan<br>Pada Tekanan 8 Bar. | 81 |
| 4.1.9   | Simulasi Litar Skematik Pada Tekanan<br>9 Bar.                             | 82 |
| 4.1.9.1 | Pengiraan Kuasa Yang<br>Dihasilkan Daripada Gerakan<br>Pada Tekanan 9 Bar. | 83 |

## **BAB V PERBINCANGAN**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 5.1 | Analisa dan Perbincangan Untuk Tekanan<br>Minima (1 Bar ~ 3 Bar).    | 85 |
| 5.2 | Analisa dan Perbincangan Untuk Tekanan<br>Sederhana (4 Bar ~ 6 Bar). | 87 |
| 5.3 | Analisa dan Perbincangan Untuk Tekanan<br>Maksima (7 Bar ~ 9 Bar).   | 88 |

|               |                                |    |
|---------------|--------------------------------|----|
| <b>BAB VI</b> | <b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b> | 90 |
|               | <b>RUJUKAN</b>                 | 92 |
|               | <b>LAMPIRAN</b>                | 94 |

**SENARAI JADUAL**

| <b>BIL</b> | <b>TAJUK</b>  | <b>MUKASURAT</b> |
|------------|---|------------------|
| 2.1        | Perbandingan air dengan beberapa bendalir hidraulik lain berdasarkan beberapa parameter yang berbeza. | 29               |
| 3.1        | Denyutan per kelajuan dan amplitud denyutan untuk jenis pam berbeza.                                  | 36               |
| 3.2        | Spesifikasi Pam Triplex keluaran Karcher.   | 39               |
| 3.3        | Senarai bahan-bahan dan barangan yang digunakan.  | 62               |
| 4.1        | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 1 bar.                              | 66               |
| 4.2        | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 2 bar.                              | 68               |
| 4.3        | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 3 bar.                              | 70               |
| 4.4        | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 4 bar.                              | 72               |
| 4.5        | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 5 bar.                              | 74               |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.6 | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 6 bar. | 76 |
| 4.7 | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 7 bar. | 78 |
| 4.8 | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 8 bar. | 80 |
| 4.9 | Data simulasi bersama kuasa bendalir yang dihasilkan pada tekanan 9 bar. | 82 |

## SENARAI RAJAH

| NO. RAJAH | TAJUK  | MUKASURAT |
|-----------|--|-----------|
| 2.1       | Perkembangan sejarah air dan minyak untuk sistem hidraulik.                  | 8         |
| 2.2       | Pam,motor,silinder dan injap keluaran Nessie.                                | 9         |
| 2.3       | Mesin pemprosesan burger yang menggunakan air paip.                          | 10        |
| 2.4       | Mesin gerudi dan mesin pembersih debu yang menggunakan sistem hidraulik air. | 11        |
| 2.5       | Mesin pembersih lantai yang menggunakan sistem hidraulik air.                | 11        |
| 2.6       | Ciri-ciri tekanan wap untuk air.   | 13        |
| 2.7       | Perbandingan kelikatan air dan minyak mineral                                | 14        |
| 2.8       | Perbandingan nilai kritikal Bulk-Modulus untuk air dan minyak mineral.       | 17        |
| 2.9       | Pengaruh suhu dan tekanan terhadap ketumpatan jisim air.                     | 21        |
| 2.10      | Fungsi suhu dan tekanan pada kelikatan kinematik                             |           |

|         |  |    |
|---------|--|----|
|         | air.   | 22 |
| 2.11    | Kekonduksian terma air dalam fungsi tekanan dan suhu.  | 23 |
| 3.1     | Carta alir pelaksanaan projek PSM                      | 31 |
| 3.2     | Pembahagian pam mengikut jenis                         | 33 |
| 3.3     | Komponen-komponen pam piston berpaksi selari.          | 34 |
| 3.4     | Pam triplex yang digunakan dalam projek ini.           | 37 |
| 3.5     | Kedudukan silinder piston dalam pam triplex.           | 38 |
| 3.6     | Tangki sistem hidraulik 440 x 310 x 280 mm (25 liter). | 43 |
| 3.7     | Pembuatan silinder yang berbeza.                       | 45 |
| 3.8     | Pandangan dalam silinder.                              | 45 |
| 3.9     | Pemasangan silinder hidraulik.                         | 46 |
| 3.10    | Silinder yang digunakan dalam projek ini.              | 47 |
| 3.11    | Injap pelega tekanan dan simbolnya.                    | 49 |
| 3.12(a) | Injap pelega tekanan keluaran Rex Co.Ltd               | 51 |
| 3.12(b) | Injap pelega tekanan keluaran Rex Co.Ltd               | 51 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.14    | Sistem hidraulik ringkas dengan injap kawalan arah.                   | 52 |
| 3.15    | Injap kawalan arah dengan kawalan berbeza.                            | 53 |
| 3.16    | Injap kawalan arah pneumatik 5/2 yang digunakan.                      | 54 |
| 3.17    | Simbol injap kawalan arah 5/2.  | 54 |
| 3.18    | Kedudukan lima injap kawalan arah yang digunakan pada lengan robotik. | 55 |
| 3.19    | Lengan robotik.   | 56 |
| 3.20    | Lakaran awal cantuman mengikut ukuran yang ditetapkan.                | 58 |
| 3.21    | Lakaran awal tapak asas sistem hidraulik air.                         | 59 |
| 3.22    | Lakaran awal pendokong pendiri tangki.                                | 60 |
| 3.23(a) | Hasil sistem penghantaran untuk projek sistem hidraulik air.          | 61 |
| 3.23(b) | Hasil sistem penghantaran projek sistem hidraulik air.                | 61 |

**SENARAI LAMPIRAN**

| <b>LAMPIRAN</b> | <b>TAJUK</b>                            | <b>MUKASURAT</b> |
|-----------------|---|------------------|
| A-1             | Pam triplex                             | 94               |
| A-2             | Lengan robotic                          | 94               |
| A-3             | Kedudukan silinder pergerakan melintang | 95               |
| A-4             | Chuck                                   | 95               |



## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pengenalan Kepada Kuasa Hidraulik Air.**

Pada tahun 1795, sejarah menunjukkan penggunaan air banyak digunakan dalam sistem-sistem hidrostatik. Pada tahun berkenaan, Joseph Bramah menggunakan air sebagai medium bendalir bertekanan sederhana dalam rekaan terbarunya, iaitu suatu penekan hidraulik. Kemudiannya, penggunaan air digunakan sebagai kuasa utama pada penghantaran kuasa bendalir untuk menggerakkan mesin-mesin sehingga berakhirnya hujung abad ke 19. Pada permulaan abad ke 20 pula telah menenggelamkan penggunaan air sebagai bendalir utama dalam sistem hidraulik dengan terciptanya minyak hidraulik. Ini kerana minyak hidraulik dapat menyelesaikan masalah kelemahan air seperti kekurangan kuasa pelincir, kakisan atau pengaratan, hakisan peronggaan dan mempunyai kecekapan yang rendah.

Minyak hidraulik mempunyai banyak kelebihan berbanding hidraulik air di dalam bidang kejuruteraan dengan ciri-ciri sistem kecekapan yang tinggi dan mempunyai tempoh jangka hayat dan guna yang panjang. Maka dengan itu, penggunaan minyak hidraulik telah banyak dibentuk dan digunakan pada masa kini disebabkan oleh ciri-ciri spesifikasinya yang sentiasa dimajukan secara berterusan. Mungkin disebabkan

atas kepentingan faktor itu usaha-usaha teknologi untuk sistem hidraulik air masih jauh ketinggalan dan kurang berbanding hidraulik minyak. Oleh itu, bagi meningkatkan ciri-ciri hidraulik air, keserasian dengan bahan-bahan industri mesti ditekankan dan di ambil kira.

Dalam pembangunan rekabentuk kejuruteraan, kesedaran terhadap perlindungan alam sekitar amat dititikberatkan. Ini termasuklah kesan kehilangan minyak mineral setiap tahun dalam aplikasi system hidraulik dan mesin-mesin hidraulik. Selain itu penggunaan sistem pneumatik yang mempunyai kuasa penghantaran yang rendah juga telah mendorong kebangkitan penggunaan air paip, sebagaimana yang kita tahu yang mempunyai kurang kehilangan kuasa jika digunakan sebagai bendalir hidraulik. Penyelidikan dan kajian penggunaan air sebagai medium perantara hidraulik telah dilakukan dan mengenalpasti masalah-masalah utama yang perlu diselesaikan. Antaranya:-

- i. Penggunaan bahan yang sesuai untuk mengelakkan kekaratan.
- ii. Mengelakkan hakisan aliran berikutan kekurangan kelikatan dan aliran bergelora.
- iii. Mengawal kelinciran air seperti merekabentuk bahagian dalaman bahan.
- iv. Mengawal kebocoran luaran dan kebocoran dalaman untuk mendapatkan kecekapan kuasa yang lebih tinggi.
- v. Menggunakan penapis untuk membendung masalah bakteria dan mikro organisma.

Pada hari ini, sistem hidraulik air telah maju ke hadapan sebagai teknologi kuasa bendalir. Kini penggunaan pengeluaran komponen-komponen hidraulik air telah digunakan secara meluas dan peningkatan teknologinya telah dilakukan secara berterusan di dalam pelbagai bidang dan industri. Hanya air sahaja yang merupakan satu-satunya bendalir yang tidak mempunyai kesan negatif terhadap alam sekitar, tidak

terbakar serta mempunyai tahap keselamatan yang baik. Oleh kerana antara syarat-syarat penting dalam proses-proses industri moden iaitu tidak berbahaya kepada alam sekitar dan mesra pengguna maka penggunaan hidraulik air adalah pilihan yang tepat kepada penyelesaian dan memenuhi kedua-dua tuntutan ini.

## **1.2 Aplikasi Sistem Hidraulik Air**

Antara aplikasi yang sesuai dan berpotensi untuk menggunakan air sebagai sistem hidraulik.

- i. Pemprosesan makanan dan pembungkusan.
- ii. Industri farmaseutikal.
- iii. Industri kimia.
- iv. Loji-loji rawatan air.
- v. Industri pembinaan dengan kerja jentera dalam kawasan persekitaran sensitif.
- vi. Kilang-kilang baja.
- vii. Kilang-kilang pembuatan bahan letupan dan bunga api.
- viii. Sistem-sistem alatan mesin dan robotic.
- ix. Perusahaan tenusu.
- x. Industri-industri pesisir laut (perlindungan alam sekitar).
- xi. Industri nuklear.
- xii. Kilang-kilang kertas dan industri-industri pertukangan kayu.
- xiii. Industri perlombongan.
- xiv. Mesin-mesin mobil yang bekerja dalam persekitaran yang sensitif.

### 1.3 Kelebihan Sistem Kuasa Hidraulik.

Secara umumnya terdapat tiga kaedah untuk menyampaikan kuasa elektrik, mekanikal dan kuasa bendalir. Walau bagaimanapun, sistem kuasa bendalir mempunyai kelebihan yang tersendiri. Berikut merupakan kelebihan sistem kuasa bendalir.

- i. Mudah dan pengawalan yang tepat.  
Hanya dengan menggunakan tuil yang mudah dan butang tekan, operator dengan mudah dapat memulakan, menambah atau mengurangkan operasi dan kelajuan sistem kuasa bendalir.
- ii. Boleh meningkatkan daya.  
Sistem kuasa bendalir tanpa menggunakan gear, takal atau tuil boleh dengan mudah dan dengan tepat meningkatkan daya tindakan dari 1 N kepada beberapa kali ganda. Ini dapat dilihat pada jek hidraulik. Di mana beban dapat diangkat dengan hanya menggunakan daya yang amat kecil.
- iii. Daya kilas atau daya yang seragam.  
Hanya sistem kuasa bendalir sahaja yang dapat menghasilkan daya atau daya kilas yang seragam walaupun kelajuannya berubah-ubah.
- iv. Mudah, selamat dan ekonomik.  
Secara umumnya, sistem kuasa bendalir menggunakan sedikit bahagian yang bergerak berbanding dengan sistem mekanikal atau elektrik. Oleh itu, ianya adalah mudah untuk diselenggarakan dan dioperasi. Seterusnya ia akan dapat memaksimumkan aspek keselamatan, kepadatan sistem dan ketahanannya.

#### **1.4 Komponen Umum Sistem Kuasa Hidraulik Air.**

Antara komponen-komponen yang terlibat dalam sistem kuasa bendalir adalah seperti berikut:-

- i. Tangki bagi mengisi bendalir dalam sistem hidraulik air.
- ii. Pam untuk mengepam bendalir.
- iii. Motor elektrik untuk menggerakkan pam.
- iv. Injap untuk mengawal arah.
- v. Injap pelega tekanan.
- vi. Sistem perpaipan yang sesuai untuk menghantar bendalir.

#### **1.5 Objektif Kajian**

Objektif utama kajian ini adalah untuk membangunkan dan menganalisa sistem hidraulik air bertekanan rendah. Kajian ini juga bertujuan untuk menganalisa prestasi keseluruhan air dalam parameter yang berbeza.

## 1.6 Skop Kajian

Terdapat beberapa skop yang perlu dituruti dalam kajian ini. Antaranya:-

- i. Membangunkan sistem penghantaran untuk sistem hidraulik air ini.
- ii. Menggunakan perisian yang sesuai untuk mengkaji pergerakan lengan robotik secara simulasi.
- iii. Melakukan ujikaji terhadap lengan robotik dengan menggunakan sistem hidraulik air.
- iv. Menentukan komponen-komponen yang sesuai untuk digunakan dalam sistem hidraulik air.

## 1.7 Kepentingan Kajian

Kepentingan kajian ini adalah untuk memberikan pendedahan kepada pembangunan sistem hidraulik air dan melakukan analisa yang tepat serta berterusan. Disamping itu pelajar juga akan dapat merasai sendiri proses mereka bentuk sistem hidraulik dengan mempertimbangkan had-had tertentu dalam pembangunan tersebut. . Seterusnya, pelajar juga akan turut berkemampuan untuk menganalisis data terkumpul hasil daripada ujikaji yang dijalankan dan membuat cadangan bagi mengatasi masalah yang berlaku dan melakukan usaha penambahbaikan dalam meningkatkan prestasi unit sistem hidraulik air ini.

## **BAB 2**

### **KAJIAN ILMIAH**

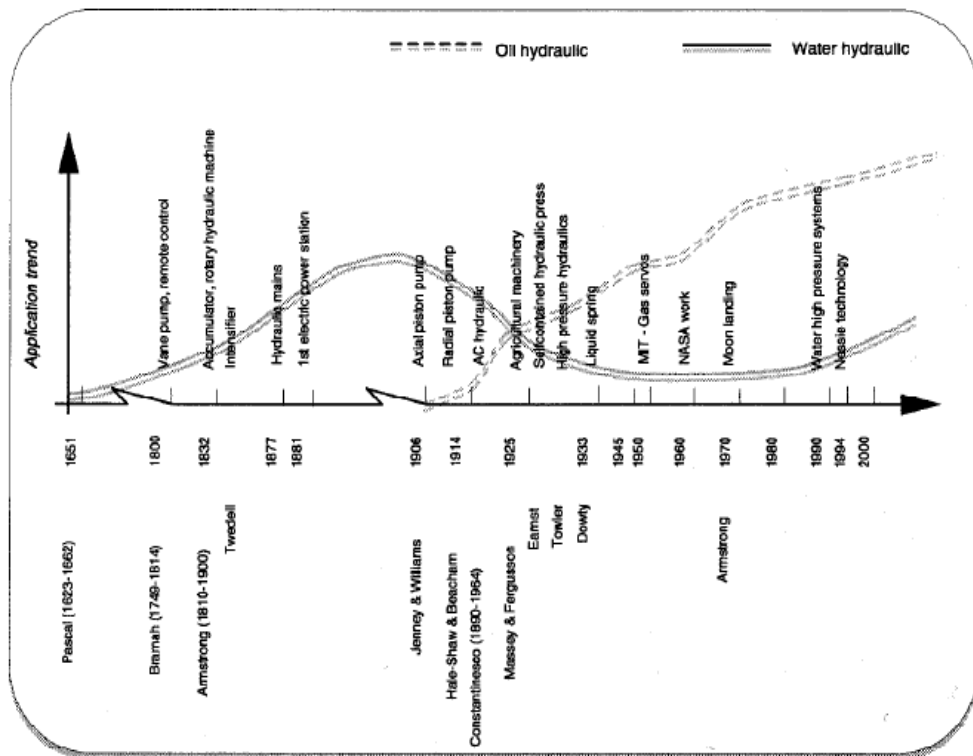
#### **2.1 Air.**

Air merupakan bendalir yang asli di dunia ini dan ini tidak dapat disangkal menerusi keupayaan air untuk mewujudkan persekitaran yang bersih berdasarkan kesegaran dan keaslian air itu sendiri. Maka dengan itu penggunaan air asli dari paip tanpa sebarang penggunaan bahan tambahan dalam sistem hidraulik merupakan langkah yang tepat. Air secara semulajadinya sangat mesra alam. Ia meliputi  $\frac{3}{4}$  muka bumi mewujudkan kehidupan dan kesinambungan hidup. Manusia dan haiwan memerlukan air untuk meneruskan kehidupan dan untuk keperluan hidup.

Air juga memainkan peranan sebagai medium penghantaran kuasa. Dalam kurun ke-20 ini, ia menjadi sebagai bendalir penggerak sistem hidraulik. Air telah menjadi satu pilihan kritikal berikutan desakan ekonomi dan persekitaran. Ini juga dapat diperhatikan sejak 20 tahun yang lepas banyak bahan-bahan bendalir hidraulik yang berasaskan air dihasilkan. Ini adalah untuk mengurangkan kesan terhadap persekitaran khususnya terhadap pencemaran alam sekitar. Maka dengan itu air telah menjadi pilihan para penyelidik sebagai bendalir hidraulik. Antara faktor-faktor pemilihan air adalah kerana sifatnya yang tidak mudah terbakar, murah dan mudah diperolehi, bersih dan mudah

dilupakan. Pembangunan dan penyelidikan air kini tertumpu kepada sejauh mana keupayaan air untuk memenuhi kriteria-kriteria yang selama ini telah dipenuhi oleh minyak mineral dalam sistem hidraulik.

Air paip yang digunakan sebagai medium kerja yang sederhana adalah satu konsep baru kerana kebiasaannya kebanyakan mesin-mesin hidraulik menggunakan minyak mineral atau cecair-cecair lain. Menurut Krutz (2004) penggunaan air sebagai medium kerja bukanlah sesuatu yang baru kerana mengikut sejarah ia telah lama diperkenalkan dan digunakan lebih dua ratus tahun dahulu. Ciptaan-ciptaan menggunakan hidraulik air telah lama diguna pakai oleh orang Rom dan Mesir purba. Aplikasi pertama dalam penghantaran kuasa melalui medium bendalir bertekanan menggunakan air adalah pada penghujung tahun 1700-an. Ia kemudiannya menjadi satu cara yang amat praktikal dan menguntungkan dalam penghantaran kuasa ketika revolusi industri pada tahun 1850.



Rajah 2.1: Perkembangan sejarah air dan minyak untuk sistem hidraulik.