

DEVELOPMENT OF OSCILLATING WATER COLUMN (OWC)

Oleh

Suhana Binti Mohd Tahir

Disertasi ini dikemukakan kepada  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan  
untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN ELEKTRIK)

Pusat Pengajian Kejuruteraan  
Elektrik dan Elektronik  
Universiti Sains Malaysia

Mei 2006

## ABSTRAK

Matlamat utama projek ini adalah untuk menghasilkan satu reka bentuk model sebuah '*Oscillating Water Column*' atau OWC. '*Oscillating Water Column*' atau lebih dikenali sebagai OWC adalah satu alat yang direka bentuk bagi menukarkan tenaga ombak kepada tenaga elektrik supaya dapat digunakan dalam kehidupan seharian. Satu perisian baru iaitu *FLUENT* telah digunakan bagi mereka bentuk sistem ini. Perisian ini digunakan bagi menentukan tekanan yang terhasil di hujung salur dengan halaju ombak yang terperangkap di dalam kebuk yang dihasilkan. Keputusan yang diperolehi adalah dalam bentuk grafik iaitu berbentuk kontur yang menerangkan tentang tekanan yang terhasil. Di hujung salur diletakkan satu turbin yang disambungkan ke penjana bagi menghasilkan tenaga elektrik. Reka bentuk kebuk yang bersaiz  $5\text{m} \times 5\text{m} \times 5\text{m}$  dihasilkan bagi menyukat tekanan yang terhasil dan seterusnya menentukan kuasa yang mampu dijanakan dengan menggunakan persamaan Bernoulli. Sebelum ditukar menjadi tenaga elektrik, tenaga yang terhasil adalah tenaga mekanikal. Tenaga mekanikal ini terhasil pada hujung salur dan turbin perlu diletakkan bersama penjana bagi menukarkan tenaga mekanikal ini kepada tenaga elektrik. Dari simulasi yang dijalankan, keputusan yang diperolehi adalah seperti yang dikehendaki. Di akhir proses ini, satu penyongsang disambungkan bagi menukarkan arus terus kepada arus ulang-alik sebelum diagihkan kepada pengguna.

## **ABSTRACT**

The main objective of this project is to develop and to design a model Oscillating Water Column or OWC. Oscillating Water Column or OWC is a device that being design to convert the wave energy into electrical energy to be used in daily life. Before it being converted to electrical energy, the energy that produced by this device is mechanical energy. New software has been used to design this device called FLUENT. This software is used to determine the air pressure that can be produced at the end of the duct of this device due to the wave motion that being captured in the chamber. A chamber with  $5\text{m} \times 5\text{m} \times 5\text{m}$  size should be design to capture the pressure and at the end to determine the power it can produced. The result will be in graphical and it shown the graphic contour of the pressure level. A turbine can be design at the end of the duct to increase the velocity of the air through the duct. High speed of air is needed to produce the high power before it can be stored in the generator. A generator is being mounted at the end of the turbine to store the energy produced. At the end of this process an inverter is being put to convert the direct current to an alternating current before it can be distributed to the consumer.

## SENARAI KANDUNGAN

<b>ABSTRAK</b>	<b>ii</b>
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	<b>iv</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>vi</b>
<b>BAB 1.0</b>	<b>PENGENALAN</b>
1.1	Pengenalan Kepada <i>Oscillating Water Column</i> (OWC).. 1
1.2	Objektif Kajian..... 1
1.3	Skop Kajian..... 2
1.4	Panduan Laporan..... 2
<b>BAB 2.0</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>
2.1	Pendahuluan..... 4
2.2	Tenaga Ombak..... 5
2.3	<i>Oscillating Water Column</i> (OWC)..... 7
2.4	Sistem Penukaran dan Penghantaran Tenaga Ombak... 9
2.5	Sistem Penukaran Tenaga..... 10
2.5.1	Peringkat Pertama..... 11
2.5.2	Peringkat Kedua..... 12
2.6	Turbin..... 13
2.7	Kesan Terhadap Persekitaran..... 14
<b>BAB 3.0</b>	<b>PERISIAN</b>
3.1	FLUENT..... 16
3.1.1	Gambit..... 16
3.1.2	Fluent..... 18
<b>BAB 4.0</b>	<b>REKA BENTUK</b>
4.1	Pengiraan..... 21
4.2	Reka bentuk Kebuk <i>Oscillating Water Column</i> (OWC)... 23

4.2.1	Reka bentuk Kebuk Pada Peringkat Awal.....	24
4.2.2	Reka bentuk Kebuk OWC I.....	24
4.2.3	Reka bentuk Kebuk OWC II.....	25
4.3	Reka bentuk Turbin.....	26
<b>BAB 5.0</b>	<b>ANALISIS DAN KEPUTUSAN</b>	
5.1	Reka bentuk Kebuk Pada Peringkat Awal .....	28
5.2	Reka bentuk Kebuk OWC I.....	29
5.3	Reka bentuk Kebuk OWC II.....	36
5.4	Analisis Keseluruhan.....	42
<b>BAB 6.0</b>	<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>44</b>
	<b>RUJUKAN.....</b>	<b>45</b>
	<b>LAMPIRAN A</b>	
	<b>LAMPIRAN B</b>	
	<b>LAMPIRAN C</b>	

## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillah, bersyukur saya ke hadrat Ilahi kerana dengan izin-Nya dapat saya menyiapkan projek ini.

Di kesempatan ini, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada pihak Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik dan penyelia saya, Prof. Madya Dr. Soib bin Taib kerana memberikan kepercayaan kepada saya dan sentiasa memberikan bantuan dan maklumat yang berguna sepanjang saya menjalankan projek ini.

Saya juga ingin merakamkan jutaan terima kasih saya kepada Pusat Pengajian Kejuruteraan Mekanik yang memberikan bantuan kepada saya sepanjang tempoh perjalanan projek ini, terutamanya Prof. Madya Dr. Zulkifli iaitu Timbalan Dekan Pusat Pengajian Kejuruteraan Mekanik yang membantu saya mendapatkan perisian FLUENT yang digunakan dalam membangunkan projek ini. Tidak lupa kepada En. Mohd Azmi dan En. Khalil yang tidak jemu membantu sehingga saya berjaya menyiapkan model ini.

Sekalung budi diberikan kepada kedua ibu bapa saya yang sentiasa memberikan sokongan dan dorongan serta begitu memahami sepanjang menjalankan projek ini. Tidak lupa juga kepada rakan – rakan yang sentiasa membantu.

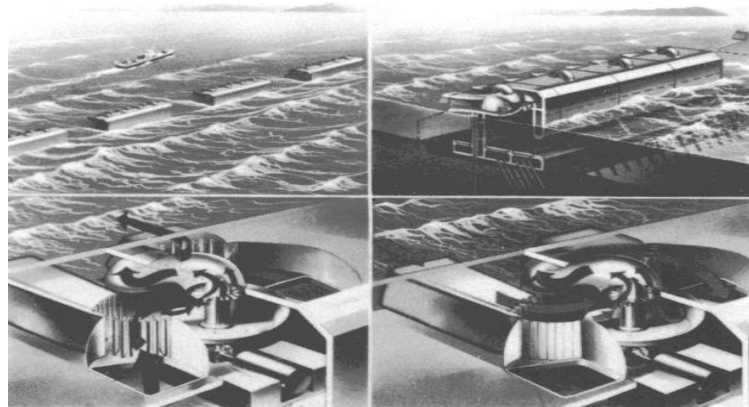
Terima kasih.

**SUHANA BINTI MOHD TAHIR**

## BAB 1.0 PENGENALAN

### 1.1 Pengenalan Kepada *Oscillating Water Column* (OWC)

'*Oscillating Water Column*' atau OWC merupakan salah satu alat yang digunakan dalam sistem penukaran tenaga ombak. Komponen utama dalam sistem ini ialah kebuk iaitu satu struktur tetap yang dibina dengan permukaan bawahnya terbuka pada laut. Pergerakan ombak pada kebuk ini akan menghasilkan tekanan udara yang berbeza di antara tekanan pada permukaan laut dan tekanan di atas permukaan laut di atas paras laut. Pergerakan udara ini akan melalui satu salur sebelum melalui satu turbin yang diletakkan bersama – sama penjana bagi menjana tenaga elektrik dan menyimpannya. Rajah 1.1 menunjukkan model *Oscillating Water Column* (OWC) di laut terbuka yang terapung dipermukaan.



Oscillating water column – artist's impression.  
Courtesy of the Energy Technology Support Unit.

Rajah 1.1 : Oscillating Water Column di laut terbuka [2][9].

### 1.2 Objektif Kajian

Objektif sebenar alat ini dihasilkan adalah bagi menghasilkan tenaga elektrik daripada tenaga ombak. Alat yang direka bentuk mestilah mampu menghasilkan tekanan yang tinggi supaya dapat menghasilkan tenaga elektrik yang tinggi. Projek ini adalah bertujuan untuk menghasilkan satu alat yang mampu menjana tenaga dari sumber yang boleh diperbaharui kepada tenaga yang berguna untuk penggunaan harian.

Selain itu, terdapat objektif – objektif yang mesti dicapai dalam penghasilan model ini seperti :

1. Mengkaji kesesuaian perisian yang digunakan bagi menghasilkan reka bentuk model alat ini.
2. Mempelajari perisian yang ingin digunakan supaya mahir dan mudah untuk membuat reka bentuk.
3. Memastikan alat yang direka bentuk mampu menghasilkan keluaran seperti yang dikehendaki.
4. Memastikan setiap peringkat penukaran tenaga bagi model yang direka bentuk berfungsi seperti yang sepatutnya.

### **1.3 Skop Kajian**

Pelbagai kajian perlu dijalankan bagi memastikan sistem yang ingin dibangunkan in berjaya dan memenuhi spesifikasi yang dikehendaki. Skop kajian yang dijalankan meliputi banyak perkara seperti reka bentuk yang hendak dihasilkan, kesan – kesan terhadap alam sekitar dan kesesuaian alat yang hendak dibangunkan dengan keadaan geografi di Malaysia.

Selain itu, skop kajian juga meliputi perisian yang digunakan dalam menghasilkan model ini sama ada ia sesuai digunakan atau tidak. Skop kajian juga meliputi bagaimana tenaga ombak ditukarkan kepada tenaga elektrik dan medium yang digunakan dalam proses penukaran tersebut.

Kajian juga dijalankan terhadap sistem – sistem penukaran tenaga ombak yang telah dibangunkan di negara – negara maju seperti Jepun, Scotland dan Norway.

### **1.4 Panduan Laporan**

Laporan projek ini mengandungi tujuh bab yang menerangkan tentang projek yang dibangunkan dan reka bentuk yang dihasilkan. Bab 1 menerangkan tentang



pengenalan kepada *Oscillating Water Column* (OWC) dan objektif yang perlu dicapai bagi memastikan projek ini berjaya.

Bab 2 ialah kajian ilmiah yang mana ia merangkumi pelbagai maklumat yang berkaitan dengan penghasilan model ini. Antara bahagian yang dibincangkan dalam bab ini ialah bagaimana alat ini berfungsi dan beroperasi. Ia juga menerangkan tentang prinsip – prinsip proses penukaran tenaga bagi alat ini.

Bab 3 menerangkan secara terperinci tentang perisian yang digunakan bagi menghasilkan reka bentuk model ini. Ia merangkumi perisian yang digunakan iaitu FLUENT dan GAMBIT.

Reka bentuk yang dihasilkan pula diterangkan dalam Bab 4 manakala keputusannya dipaparkan dalam Bab 5. Ia merangkumi pengiraan yang perlu dilakukan dalam menghasilkan reka bentuk.

Kesimpulan tentang projek ini dinyatakan dalam Bab 6. Ia menyatakan sama ada model yang dihasilkan berjaya memenuhi spesifikasi yang ingin dicapai atau tidak. Bahagian rujukan pula merangkumi buku – buku rujukan, jurnal – jurnal yang didapati dari laman web dan panduan – panduan menggunakan perisian FLUENT.

## **BAB 2.0**

### **KAJIAN ILMIAH**

#### **2.1 Pendahuluan**

Para penyelidik melihat bahawa permintaan akan meningkat sehingga 1500GW kuasa tambahan dalam masa 20 tahun akan datang. Ini adalah bersamaan dengan 15000 stesen jana kuasa dengan 100MW setiap satu. Memandangkan permintaan tenaga di dunia semakin meningkat, pelbagai alternatif diambil bagi memenuhi permintaan semasa dan juga permintaan akan datang. Hal ini kerana sumber yang sedia ada seperti minyak dan arang batu adalah sumber yang tidak boleh diperbaharui dan akan habis dalam satu jangka masa tertentu. Selain itu, sumber ini juga mencemarkan alam sekitar dengan pembebasan 2.2 bilion tan CO<sub>2</sub> ke atmosfera setiap tahun [6].

Para penyelidik telah melakukan pelbagai kajian bagi menggantikan sumber ini dan mencari sumber lain sebagai alternatif baru. Antara alternatif yang diambil adalah penggunaan sumber tenaga yang boleh diperbaharui seperti ombak, angin dan suria. Sumber – sumber ini tidak akan hilang malah sentiasa ada dan tidak mencemarkan udara. Sumber – sumber ini juga mampu menghasilkan tenaga yang tinggi berbanding sumber yang tidak boleh diperbaharui.

Sumber yang diberi perhatian pada masa ini adalah sumber tenaga ombak kerana air merupakan 71% daripada komposisi bumi. Tenaga ombak berpunca daripada tiupan angin yang bertiup di permukaan laut terbuka yang menyebabkan penghasilan gelombang di permukaan laut tersebut. Pada asalnya tenaga angin adalah sebahagian daripada tenaga suria yang telah ditukarkan akibat daripada perbezaan kepanasan. Tenaga angin ini bertiup di permukaan laut terbuka dan menghasilkan ombak. Ombak yang terhasil mampu menjanakan tenaga yang tinggi dan ia bergantung kepada kelajuan angin yang bertiup dan ketinggian ombak yang terhasil. Tenaga yang boleh dihasilkan adalah sehingga 10<sup>12</sup> Watt dan boleh dihantar pada jarak yang jauh dengan hanya melibatkan kehilangan yang minimum [1]. Selain itu, tenaga ini adalah sumber tenaga yang boleh diperbaharui. Oleh itu, kadar pencemaran adalah kurang berbanding tenaga yang tidak boleh diperbaharui seperti arang batu dan minyak.

Terdapat pelbagai cara yang boleh digunakan bagi menukarkan tenaga ombak ini supaya menjadi tenaga elektrik, salah satu daripadanya adalah '*Oscillating Water Column*' atau OWC. Di negara – negara maju seperti Jepun, Norway, United Kingdom dan Amerika Syarikat, teknik ini telah lama digunakan dan ia menjadi salah satu sumber tenaga elektrik yang utama bagi mengurangkan penggunaan bahan bakar seperti arang batu dan minyak. Kajian yang dijalankan bermula sejak pertengahan tahun 1970an sehingga sekarang. Rajah 2.1 menunjukkan sistem kuasa ombak yang telah dibangunkan dan akan dibangunkan di seluruh dunia.

Di Malaysia, kaedah ini belum diaplikasikan memandangkan kekurangan tenaga intelek yang mahir dalam bidang ini. Selain itu, sumber kewangan yang terhad dan kawasan perairan yang sibuk juga menjadi faktor penghalang bagi membangunkan projek ini di Malaysia.



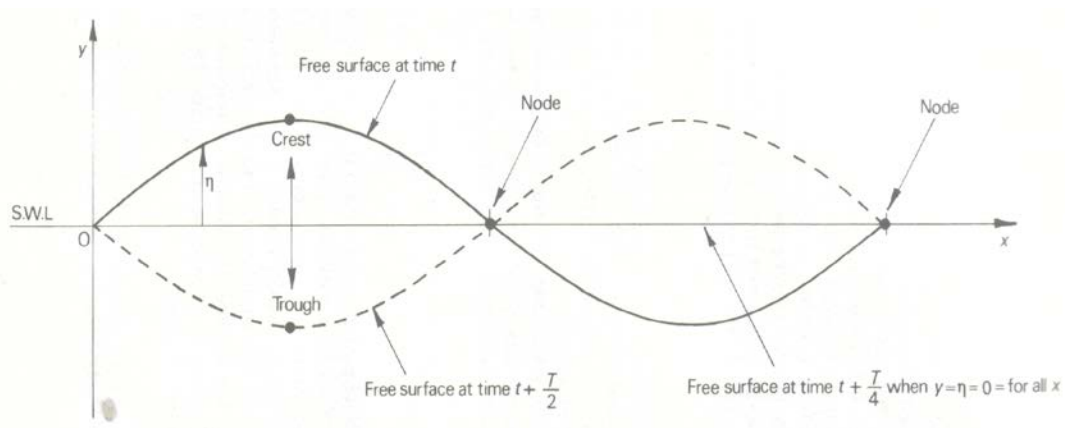
Rajah 2.1 : Sistem kuasa yang telah dibangunkan dan akan dibangunkan [1].

## 2.2 Tenaga Ombak

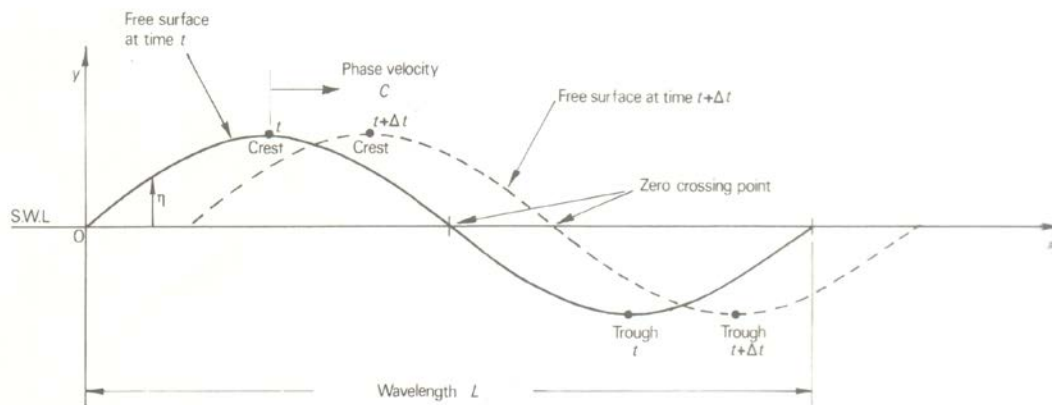
Tenaga ombak adalah salah satu sumber tenaga yang boleh diperbaharui dan bebas pencemaran. Ia adalah alternatif baru bagi menggantikan sumber tenaga yang sedia ada.

Ombak laut boleh diperihalkan sebagai gelombang sinusoidal. Terdapat dua jenis gelombang yang diperihalkan iaitu gelombang pegun dan gelombang beransur. Rajah 2.2 menunjukkan tentang gelombang pegun manakala Rajah 2.3 menunjukkan tentang gelombang beransur. Gelombang di laut terbuka adalah bersifat beransur. Namun begitu, sekiranya ia bertemu dengan dinding rata yang tegak, ia akan terpantul dan menghasilkan keputusan yang sama seperti dengan gelombang pegun.

Dari gambar rajah, dapat dilihat perbezaan antara gelombang pegun dan gelombang beransur. Sifat fizikal bagi gelombang air boleh ditafsirkan dengan menggunakan analisis matematik. Air dianggap sebagai homogenus dan tidak termampat dan ketumpatannya,  $\rho$  adalah malar [2].



Rajah 2.2 : Gelombang pegun [2].

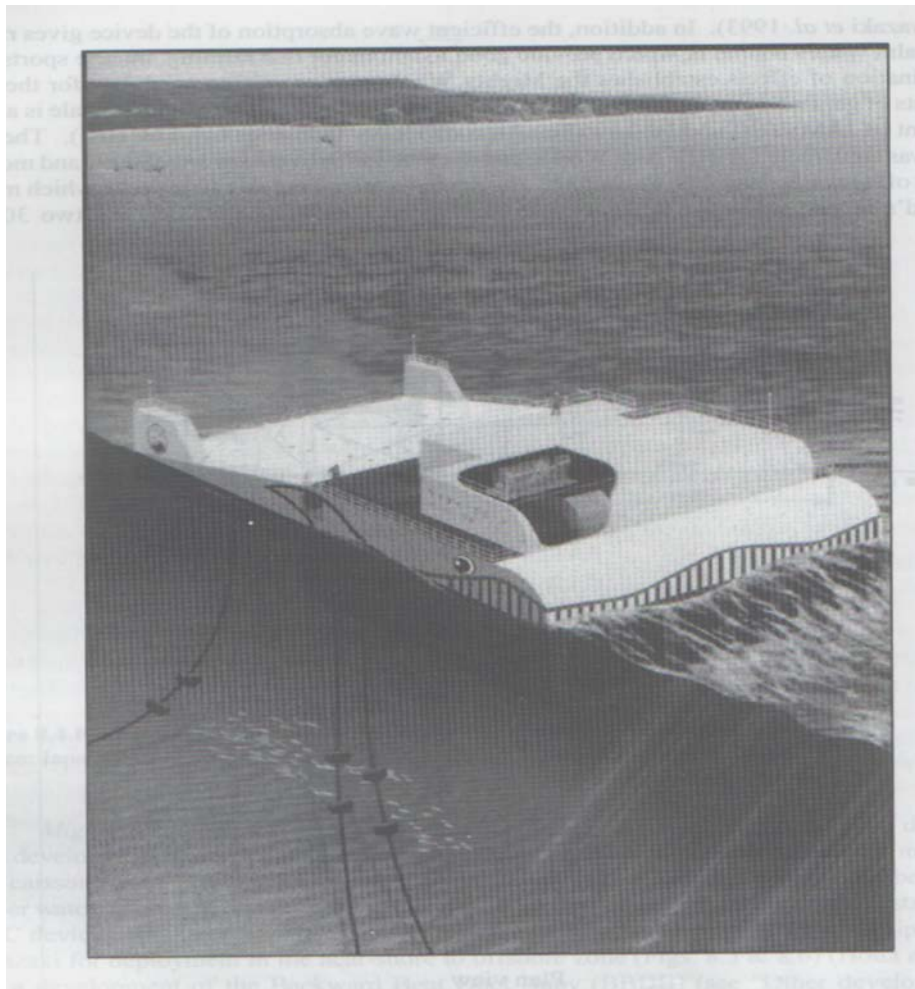


Rajah 2.3 : Gelombang beransur [2].

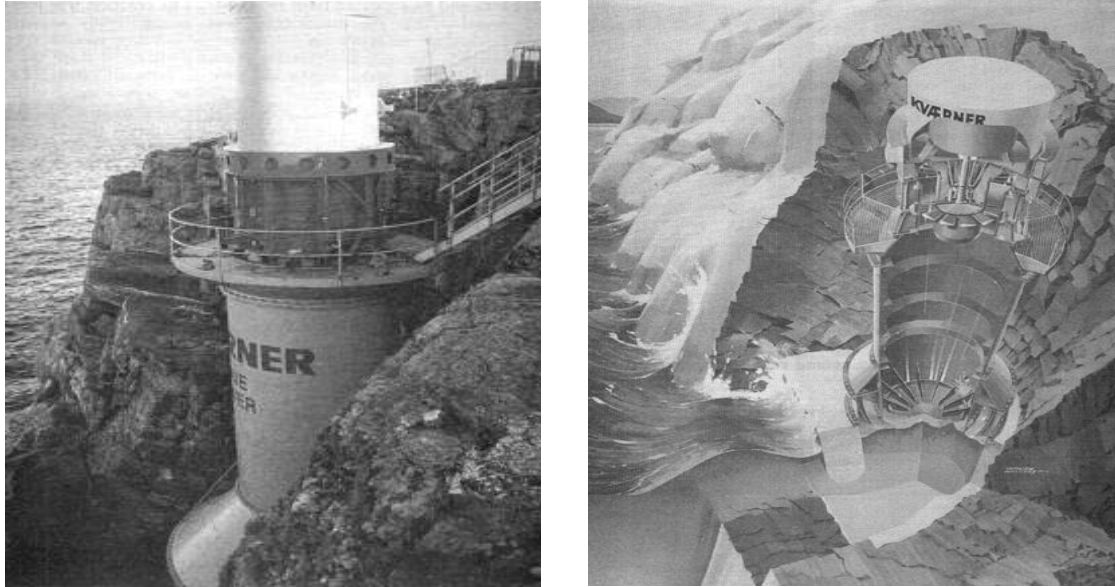
### 2.3 Oscillating Water Column (OWC)

'*Oscillating Water Column*' atau OWC merupakan satu alat yang berfungsi untuk menukarkan tenaga ombak kepada tenaga elektrik bagi kegunaan umum. Ia merupakan satu ruang atau kebuk (*chamber*) yang dibina untuk memerangkap udara bertekanan tinggi yang terhasil akibat daripada pergerakan gelombang sebelum ditukarkan kepada tenaga elektrik.

Terdapat pelbagai jenis *Oscillating Water Column* (OWC) yang dihasilkan di seluruh dunia. Ini termasuklah sama ada yang dibina di laut terbuka seperti Mighty Whale seperti dalam Rajah 2.4 yang dibangunkan oleh Pusat Sains dan Teknologi Marin Jepun atau pun yang dibina di persisiran laut seperti Kvaerner OWC seperti dalam Rajah 2.5 yang dibina di Norway [1].



Rajah 2.4 : Mighty Whale di Jepun[1].



Rajah 2.4 : Kvaerner OWC di Norway [10].

Bagi membangunkan *Oscillating Water Column* (OWC), terdapat banyak perkara yang perlu diambil perhatian kerana ia bagi membolehkan rekaan yang sesuai diperolehi. Antara faktor – faktor yang perlu diambil kira dalam pembinaan *Oscillating Water Column* (OWC) ialah :

1. Pergerakan ombak di Laut China Selatan bagi mengenal pasti tempat yang sesuai bagi membangunkannya.
2. Kedalaman laut di Malaysia kerana ia penting bagi membuat reka bentuk yang sesuai di samping dapat menentukan jumlah tenaga yang boleh terhasil.
3. Kelajuan angin yang bertiup di laut terbuka. Hal ini kerana kelajuan angin akan mempengaruhi ketinggian ombak dan kelajuan ombak yang terhasil akibat dari faktor ini.
4. Ketinggian ombak yang terbentuk di permukaan laut bagi membolehkan pengiraan bagi menentukan saiz kebuk yang sepatutnya dihasilkan.

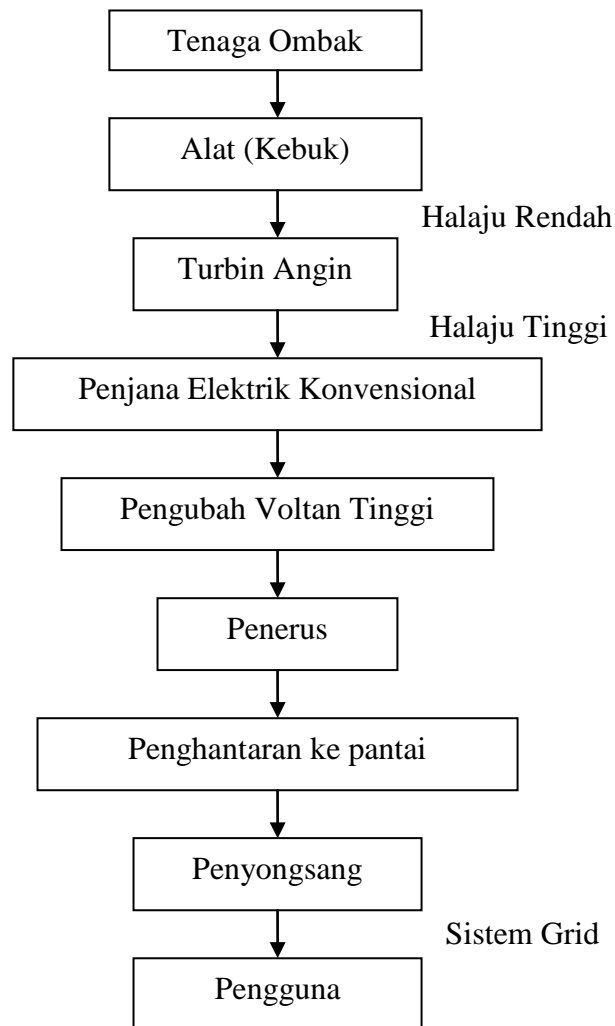
Selain itu, terdapat juga kriteria – kriteria yang perlu diambil perhatian semasa membuat reka bentuk alat ini. Hal ini bagi mengelakkan sebarang masalah yang muncul selepas reka bentuk dihasilkan. Kriteria – kriteria yang perlu diambil perhatian adalah seperti :

1. Kecekapan alat tersebut kerana ia dapat menentukan kos yang diperlukan bagi menjalankan operasinya.
2. Ketahanan dalam laut semasa laut tenang dan laut bergelora bagi mengelakkan alat yang dihasilkan rosak akibat dari pukulan ombak dan hakisan yang berlaku akibat terdedah kepada permukaan.
3. Saiz reka bentuk yang dihasilkan mestilah sesuai dan mampu menghasilkan tenaga yang maksimum.
4. Mampu menjanakan kuasa elektrik yang maksimum yang boleh memberikan manfaat kepada pengguna.

Selain itu, kos juga memainkan peranan penting dalam pembangunan projek ini. Hal ini kerana kos yang tinggi diperlukan untuk membangunkan projek ini memandangkan alat yang digunakan mempunyai ciri – ciri yang istimewa iaitu bahan yang digunakan mestilah tahan hakisan dan karat selain daripada mempunyai kekuatan yang tinggi. Kekuatan yang tinggi diperlukan kerana prinsip operasinya yang menyekat pergerakan ombak yang melaluinya. Oleh sebab ia terletak di kawasan laut terbuka, maka kelajuan ombak adalah tinggi dan hempasan pada dinding adalah sangat kuat. Oleh itu, kekuatan menjadi salah satu faktor penting dalam pembangunan projek ini.

#### **2.4 Sistem Penukaran dan Penghantaran Tenaga Ombak**

Sistem penukaran dan penghantaran tenaga bagi satu *Oscillating Water Column* (OWC) dapat ditunjukkan seperti dalam Rajah 2.6. Bagi satu sistem ini, proses ini perlu diambil berat kerana setiap proses adalah sangat penting dalam menentukan ketepatan reka bentuk supaya dapat menghasilkan kuasa yang optimum dengan kos yang minimum [2].



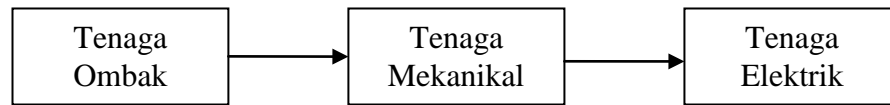
Rajah 2.6 : Carta Alir Sistem Penukaran dan Penghantaran

## 2.5 Sistem Penukaran Tenaga

Sistem penukaran tenaga ialah satu sistem yang mana sumber tenaga yang sedia ada ditukar kepada sumber tenaga yang lebih penting dan boleh digunakan untuk tujuan komersial. Dalam pembangunan projek ini, terdapat dua peringkat penukaran tenaga iaitu peringkat pertama daripada tenaga ombak kepada tenaga mekanikal dan peringkat kedua daripada tenaga mekanikal kepada tenaga elektrik. Setiap peringkat penukaran tenaga ini mempunyai alat yang tersendiri yang dibangunkan sekali bagi menukarkan



tenaga ombak kepada elektrik serta mempunyai prinsip operasi yang berbeza. Rajah 2.7 menunjukkan keseluruhan proses penukaran tenaga yang berlaku dalam sistem ini.



Rajah 2.7 : Proses penukaran tenaga

### 2.5.1 Peringkat Pertama

Pada peringkat pertama, penukaran tenaga diperoleh dari satu sistem yang berayun sama ada air yang berayun di dalam satu struktur atau badan yang terapung [1]. Rajah 2.8 menunjukkan proses penukaran tenaga pada peringkat pertama iaitu daripada tenaga ombak kepada tenaga mekanikal.



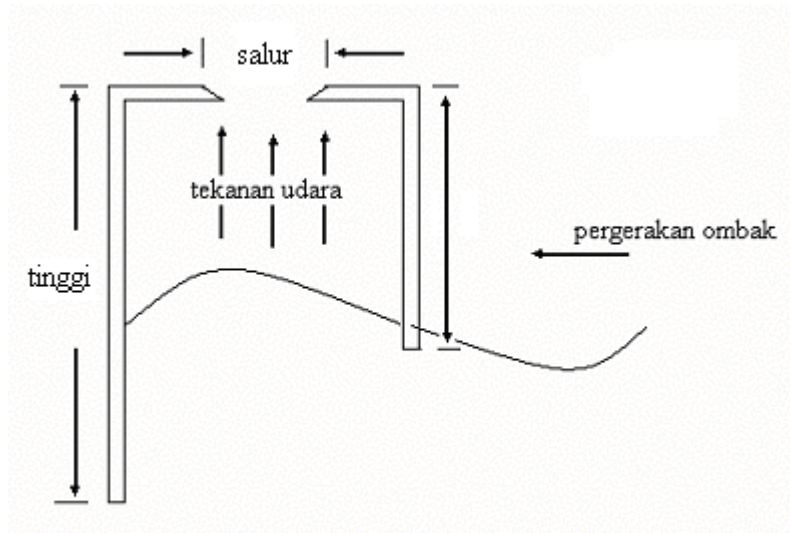
Rajah 2.8 : Proses penukaran tenaga peringkat pertama

Secara konsepnya, tenaga ombak dihasilkan oleh pergerakan gelombang yang masuk ke dalam kebuk. Gelombang yang bergerak ini akan menghasilkan udara yang bertekanan tinggi apabila terperangkap di dalam kebuk dan ini akan menyebabkan tekanan udara yang tinggi terhasil. Udara bertekanan tinggi yang terhasil akan melalui salur seterusnya akan memusingkan turbin. Pada masa ini tenaga yang terhasil adalah tenaga mekanikal iaitu proses penukaran tenaga peringkat pertama.

Rajah 2.9 menunjukkan tentang proses penukaran tenaga pada peringkat pertama yang mana tekanan udara diperangkap di dalam kebuk dan akan bergerak ke atas yang mana kawasan yang berketumpatan dan bertekanan rendah. Tekanan udara yang terperangkap ini akan menghasilkan halaju dan bergerak terus sehingga ke hujung salur.

Setelah itu, tekanan yang terhasil akan bergerak melalui salur sebelum melalui turbin udara yang dipasang bersama penjana. Pada peringkat ini perkara yang amat penting ialah reka bentuk turbin udara yang dihasilkan. Reka bentuk yang sesuai membolehkan tenaga yang maksimum dapat dihasilkan. Hal ini kerana turbin berfungsi

mengubah halaju udara akibat dari tekanan yang terhasil di hujung salur supaya menjadi lebih laju sebelum ditukar kepada tenaga elektrik dan disimpan di dalam penjana.



Rajah 2.9 : Kebuk bagi OWC di laut

## 2.5.2 Peringkat Kedua

Pada peringkat kedua, tenaga mekanikal akan ditukarkan kepada tenaga elektrik. Rajah 2.10 menunjukkan proses penukaran tenaga peringkat kedua.



Rajah 2.10 : Proses penukaran tenaga peringkat kedua

Medium yang digunakan dalam proses ini ialah penjana. Penjana elektrik ini berfungsi untuk menukarkan tenaga mekanikal yang terhasil kepada kuasa elektrik. Penjana yang digunakan mestilah mampu menyimpan kuasa maksimum yang terhasil dari projek ini.

Secara konsepnya, turbin berfungsi sebagai penggerak utama bagi menggerakkan rotor. Apabila turbin berputar, rotor juga akan berputar dan seterusnya tenaga mekanikal akan ditukar kepada tenaga elektrik dan disimpan di dalam penjana. Jenis penjana yang digunakan dalam projek ini .

Terdapat pelbagai penjana yang boleh digunakan dalam sistem ini seperti penjana DC, penjana induksi, penjana AC segerak dan tak segerak. Pemilihan penjana yang sesuai adalah amat penting bagi mengelakkan tenaga yang dihasilkan tidak dapat ditukarkan kepada tenaga elektrik yang maksimum. Penjana yang dipilih bagi sistem ini ialah penjana AC segerak. Hal ini kerana kebolehsuaian operasinya, kecekapan dan faktor kos.

Namun begitu, kecekapan penjana DC magnet kekal adalah lebih tinggi berbanding penjana AC segerak. Walaupun tinggi ia tidak sesuai digunakan kerana ia menghasilkan voltan yang rendah. Ia juga menghasilkan lampau kilat pada komutator pada keadaan halaju yang tinggi dan melebihi had [2].

## 2.6 Turbin

Turbin yang digunakan dalam penghasilan model ini ialah sejenis turbin yang istimewa. Turbin ini mestilah berputar pada arah yang sama meskipun arah aliran udara yang melalui bilah turbin berbeza. Turbin yang digunakan ialah turbin udara kerana ia memenuhi ciri – ciri untuk menukarkan udara berhalaju rendah dan bertekanan tinggi kepada halaju tinggi dan daya yang rendah seperti yang dikehendaki oleh penjana elektrik konvensional [1].

Turbin Well adalah jenis turbin yang banyak digunakan dalam penghasilan model *Oscillating Water Column* (OWC) yang terdahulu. Rajah 2.11 menunjukkan konsep Turbin Well beroperasi dalam sistem ini. Turbin Well mempunyai ciri – ciri seperti bentuk kerajang udara (*airfoil*) yang simetri dengan perentas berada pada satah putaran iaitu tiada sudut angkul.

Bagi mereka bentuk turbin ini, terdapat tiga kawasan kritikal yang perlu diberi perhatian iaitu yang pertama ialah bilah atau galas tujuh jejari spar turbin mesti mempunyai kadar geseran yang sangat rendah dan jangka hayat yang panjang. Kedua, bilah turbin mestilah ringan tetapi kuat, kukuh dan tahan hakisan dan karat. Ketiga, kehilangan pemelahuan bagi perubahan pic penggerak (*pitch – change actuator idling loss*) haruslah serendah yang mungkin tetapi ia mestilah boleh memutarakan bilah – bilah turbin dengan cepat dan jitu [8].

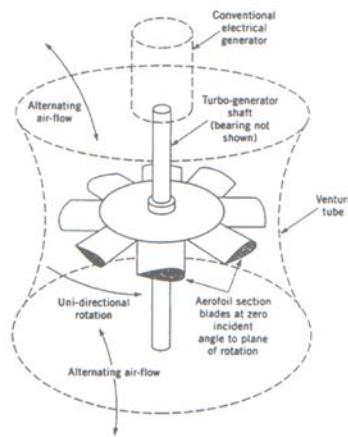


Figure 4.1 Wells turbine concept for double-acting OWC system  
source: Raghunathan, S.R. 1980. (Reprinted by permission.)

Rajah 2.10 : Konsep Turbin Well dalam sistem OWC [1].

## 2.7 Kesan Terhadap Persekitaran

Seperti yang diketahui umum, setiap aktiviti yang dijalankan oleh manusia akan memberi kesan terhadap persekitaran. Oleh sebab itu, setiap aktiviti pembangunan yang hendak dilakukan mestilah mengambil kira kesannya terhadap persekitaran seperti kesan ekologi, kesan terhadap industri lain dan juga kesan terhadap masyarakat sekeliling.

Antara kesan – kesan yang dapat dikenal pasti yang akan memberikan impak kepada persekitaran akibat daripada pembangunan projek ini ialah kesan terhadap keseimbangan sistem ekologi di laut. Perkara yang perlu diberi perhatian ialah tentang populasi ikan di kawasan yang mana tempat tersebut telah dikenal pasti sebagai lokasi yang strategik bagi membangunkan projek ini. Hal ini kerana ikan merupakan sumber protein utama masyarakat di Malaysia selain ia merupakan makanan bagi hidupan lain seperti burung – burung.

Kesan terhadap industri lain ialah industri perkapalan dan industri minyak. Bagi industri perkapalan, mereka terdedah kepada risiko berlakunya pelanggaran di antara kapal – kapal dengan alat tersebut. Hal ini boleh berlaku memandangkan lokasi yang dipilih ialah Laut China Selatan. Laut China Selatan merupakan antara laluan utama kapal kargo dari timur ke barat atau sebaliknya.

Di samping itu, pembangunan alat ini akan mengurangi kadar pencemaran udara yang disebabkan oleh penggunaan arang batu dalam proses penghasilan tenaga elektrik. Ia juga mampu mengurangi penggunaan stesen jana kuasa diesel yang terdapat di kebanyakan pulau – pulau kecil di seluruh dunia.

## **BAB 3.0**

### **PERISIAN**

#### **3.1 FLUENT**

FLUENT merupakan satu perisian mengenai pengiraan tentang pengaliran dinamik bagi bendalir atau lebih dikenali sebagai '*Computational Fluid Dynamics (CFD)*' bagi pengguna perisian ini. Perisian ini membolehkan para jurutera dan pereka melakukan simulasi bagi Menggunakan perisian jenis ini, pengaliran dinamik bagi sesuatu benda dapat ditentukan dengan membuat model geometri bagi satu sistem atau binaan yang hendak dikaji dan dipelajari [5].

Secara ringkas, dapat diterangkan bahawa perisian FLUENT ini membolehkan satu aliran fizikal bendalir diaplikasikan pada prototaip maya yang telah direka bentuk. Setelah diaplikasikan pada prototaip, keluaran akan dapat dilihat pada paparan. Ia bukan sahaja berfungsi untuk aliran bendalir sahaja tetapi boleh meliputi sama ada pemindahan tenaga, tindak balas kimia, penukaran fasa, pergerakan mekanikal dan juga tekanan atau kecacatan pada struktur pepejal [5].

Perisian FLUENT disertakan bersama satu perisian lain iaitu Gambit. Perisian Gambit ini digunakan bagi membuat reka bentuk prototaip maya secara lebih tepat dan terperinci sebelum oleh menggunakan perisian FLUENT.

Terdapat beberapa kelebihan menggunakan perisian jenis CFD ini, antaranya ialah memberikan gambaran dan kefahaman terhadap reka bentuk yang dihasilkan. Ia juga mampu memberikan prestasi dan menguji pelbagai variasi terhadap reka bentuk sehingga satu reka bentuk yang optimum berjaya dihasilkan.

##### **3.1.1 Gambit**

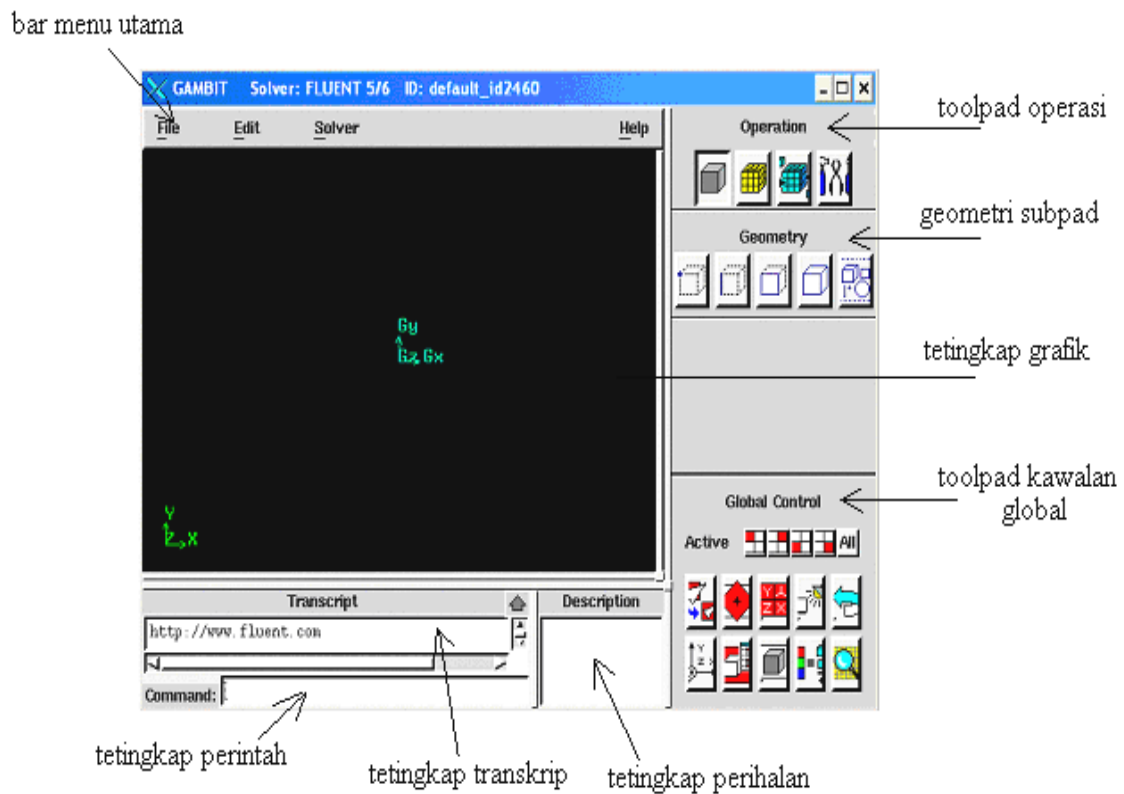
Gambit merupakan penjanaan geometri dan jejaring (*mesh*) bagi perisian FLUENT. Satu antara muka ciptaan geometri dan jejaring bagi GAMBIT membolehkan banyak teknologi pra pemrosesan dilakukan dalam satu – satu keadaan. Peringkat pertama dalam melakukan reka bentuk kebuk adalah melibatkan penggunaan perisian

ini. Lakaran reka bentuk yang telah siap akan dilukiskan semula menggunakan Gambit [5].

Perisian ini membolehkan satu reka bentuk dibuat menggunakan tetikus dengan menggunakan antara muka pengguna Gambit (*Gambit User Interface*) atau lebih dikenali sebagai GUI. Ia mengandungi lapan komponen iaitu :

1. Bar Menu Utama (*main menu bar*)
2. *Toolpad* Operasi (*operation toolpad*)
3. *Toolpad* Kawalan Global (*global control toolpad*)
4. *Subpad* Geometri (*geometry subpad*)
5. Tetingkap Grafik (*graphic window*)
6. Tetingkap Perintah (*command window*)
7. Tetingkap Perihalalan (*description window*)
8. Tetingkap Transkrip (*transcript window*)

Setiap komponen mempunyai fungsi yang berbeza dalam menghasilkan reka bentuk. Setiap komponen adalah sangat penting untuk dipelajari bagi memudahkan membuat reka bentuk yang bersesuaian dan efektif. Rajah 3.1 di bawah menunjukkan antara muka grafik pengguna yang digunakan untuk membuat reka bentuk.



Rajah 3.1 : Antara muka Grafik Pengguna (*Graphical User Interface, GUI*) Gambit

Terdapat banyak kelebihan menggunakan perisian ini dalam membuat reka bentuk ini seperti dapat menentukan sendiri bentuk yang hendak dihasilkan supaya sesuai dengan reka bentuk yang dikehendaki. Gambit juga mempunyai pelbagai peralatan geometri dan jejaring yang boleh ubah dan antara muka yang mudah digunakan. Ia mampu mengurangkan masa dalam menghasilkan pelbagai model aplikasi. Kebanyakan model boleh dibina secara terus menggunakan perisian ini atau pun ia boleh juga di import daripada mana – mana sistem CAD/CAE yang utama.

### 3.1.2 FLUENT

Setelah reka bentuk dihasilkan, ia mesti disimpan dalam fail jejaring sebelum dapat digunakan di dalam FLUENT seperti :

"C:\fyp1\_complete.msh"

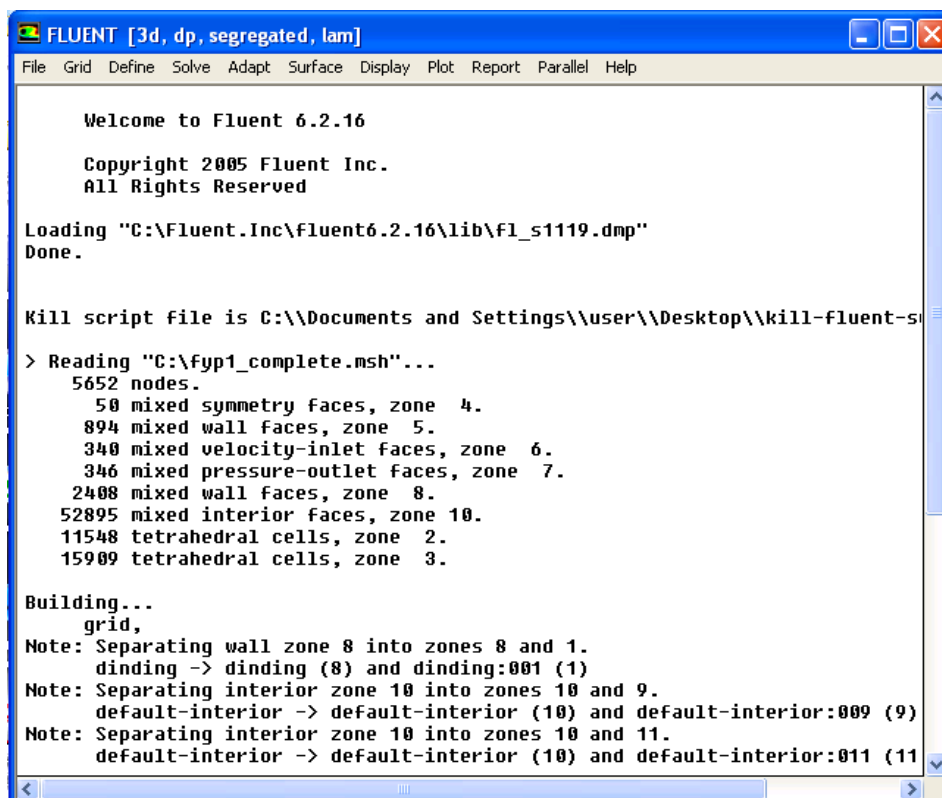
FLUENT digunakan bagi melakukan simulasi reka bentuk yang telah siap dibuat dalam perisian Gambit bagi mendapatkan keluaran yang dikehendaki. Rajah 3.2 di



bawah menunjukkan tettingkap FLUENT untuk melakukan simulasi ke atas reka bentuk yang telah dihasilkan.

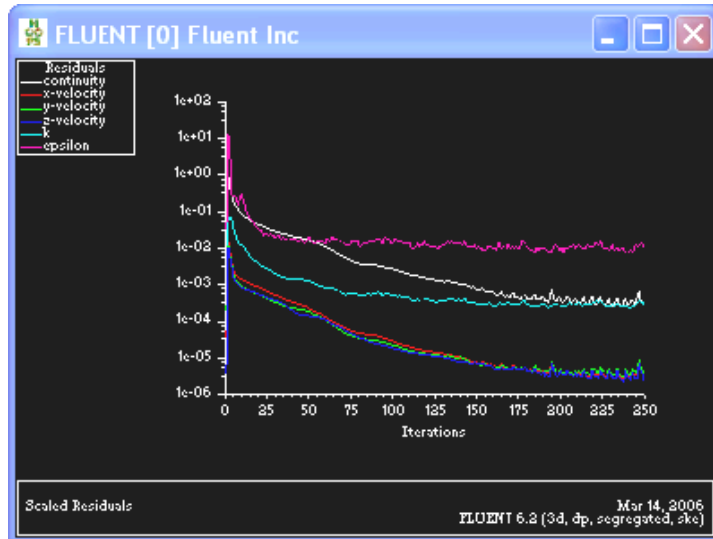
Bagi melakukan simulasi reka bentuk yang telah dihasilkan, beberapa perkara harus diambil perhatian seperti parameter – parameter yang digunakan, keadaan sempadan, keadaan operasi dan juga bahagian – bahagian laluan air dan udara. Hal ini kerana sebarang kesilapan semasa melakukan pengesetan akan menyebabkan keluaran yang dikehendaki tidak dapat diperoleh.

Setiap fungsi pada bar menu utama adalah sangat penting. Sebarang kesilapan semasa melakukan tetapan akan menyebabkan simulasi tidak berjaya dilakukan. Hal ini kerana ia melibatkan parameter – parameter penting dan antara muka antara reka bentuk dan masukan dengan tettingkap keluaran.

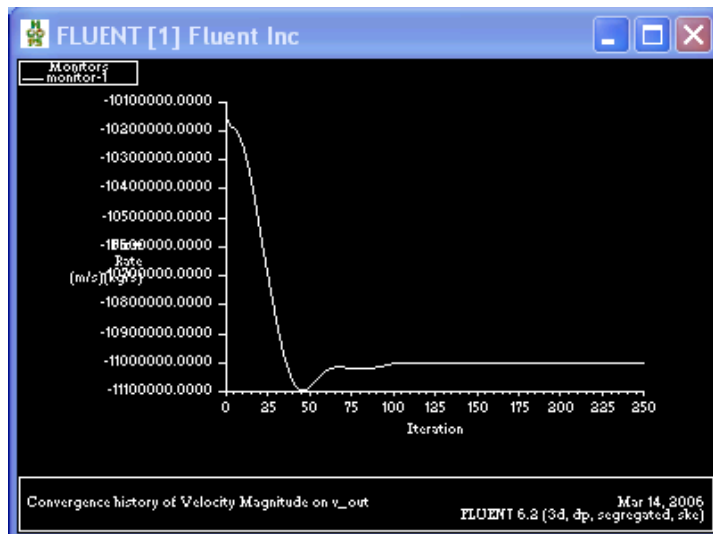


Rajah 3.2 : Antara muka Grafik Pengguna (*Graphical User Interface, GUI*) FLUENT

Semasa melakukan simulasi, beberapa tettingkap akan muncul. Tetingkap ini menunjukkan tentang perjalanan simulasi dan dapat menentukan kesahihan simulasi yang dilakukan. Rajah 3.3 dan Rajah 3.4 menunjukkan tettingkap yang muncul semasa proses ini berlangsung.



Rajah 3.3 : Tetingkap Scale Residual



Rajah 3.4 : Tetingkap Flow Rate

Selepas melakukan simulasi ke atas reka bentuk, semua paparan grafik akan disimpan dalam fail TIFF yang membolehkan gambar – gambar ini dipaparkan. Jika tidak disimpan, simulasi mesti dilakukan semula dan ini mengambil masa yang lama iaitu sehingga satu jam atau lebih bergantung pada reka bentuk yang dihasilkan.

## BAB 4.0

### REKA BENTUK

#### 4.1 Pengiraan

Sebelum mengaplikasikan reka bentuk dalam *FLUENT*, beberapa pengiraan harus dilakukan bagi mendapatkan keputusan seperti yang dikehendaki. Beberapa perkara yang menjadi keutamaan dalam membuat pengiraan ialah tenaga keupayaan dan tenaga kinetik yang boleh terhasil.

Namun begitu, saiz kebuk harus ditentukan dan direka bentuk dalam tiga dimensi. Hal ini bertujuan supaya dapat memudahkan pereka untuk membuat lakaran dan reka bentuk yang bertepatan dan sesuai.

Dalam reka bentuk menggunakan perisian ini, nilai - nilai pemalar dan pemboleh ubah dianggap sama antara air laut dan air biasa (H<sub>2</sub>O). Pemboleh ubah dan pemalar yang perlu diambil kira adalah seperti berikut :

$$\rho = \text{ketumpatan air} = 998.2 \text{ kg/m}^3$$

$$w = \text{lebar gelombang} = \text{lebar kebuk}$$

$$a = \text{amplitud gelombang} = h/2$$

$$h = \text{ketinggian gelombang} = \text{ketinggian kebuk}$$

$$\omega = \text{frekuensi gelombang} = 2\pi/T$$

$$T = \text{tempoh gelombang}$$

$$g = \text{pecutan graviti} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$k = \text{bilangan gelombang} = 2\pi/\lambda$$

$$\lambda = \text{panjang gelombang}$$

$$m = \text{berat gelombang} = wpy \text{ (kg)}$$

$$y = y(x, t) = a \sin(kx - \omega t) \text{ (m)} = \text{persamaan gelombang dengan mengandaikan gelombang adalah berbentuk sinus}$$

Dalam mereka bentuk *Oscillating Water Column* (OWC) ini, perkara pertama yang perlu diambil kira ialah tenaga yang boleh dihasilkan berdasarkan lakaran reka bentuk yang dibuat. Jumlah tenaga bagi gelombang adalah hasil tambah tenaga keupayaan dan tenaga kinetik.

## Pengiraan Tenaga Keupayaan dan Tenaga Kinetik

Tenaga Keupayaan adalah salah satu daripada tenaga mekanikal yang terhasil akibat daripada perbezaan ketinggian. Tenaga keupayaan boleh dikira menggunakan persamaan berikut :

$$P.E = mg \frac{y(x,t)}{2} (J) \quad (4.1)$$

Menggunakan pemboleh ubah dan pemalar yang telah diambil kira, didapati bahawa

$$P.E = w\rho g \frac{y^2}{2} = w\rho g \frac{a^2}{2} \sin^2(kx - \omega t) \quad (4.2)$$

dan dengan mengandaikan bahawa gelombang hanya bersandar kepada fungsi  $x$  dan bukan masa,  $t$  maka

$$dP.E = 0.5w\rho g a^2 \sin^2(kx - \omega t) dx \quad (4.3)$$

Oleh itu, didapati bahawa tenaga keupayaan yang terhasil ialah :

$$P.E = \frac{1}{4} w\rho g a^2 \lambda \quad (4.4)$$

dan tenaga kinetik yang dihasilkan ialah :

$$K.E = \frac{1}{4} w\rho g a^2 \lambda \quad (4.5)$$

Oleh itu, jumlah tenaga yang boleh terhasil adalah

$$E_w = P.E + K.E = \frac{1}{2} w\rho g a^2 \lambda \quad (\text{Joule}) \quad (4.6)$$

Nilai – nilai ini boleh ditukar dalam bentuk kuasa seperti berikut :

$$P_w = \frac{E_w}{T} \quad (\text{Watts}) \quad (4.7)$$

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1.56T^2 \quad (4.8)$$

$$P_w = \frac{0.5w\rho g a^2 (1.56T^2)}{T} = 0.78w\rho g a^2 T \quad (4.9)$$

$$a = h/2,$$

$$P_w = 0.78w\rho g \left( \frac{h^2}{4} \right) T = 0.195w\rho gh^2 T \quad (4.10)$$

Nilai yang terhasil melalui persamaan ini adalah nilai kuasa yang dihasilkan dalam *kebuk*. Bagi menentukan kecekapan reka bentuk *Oscillating Water Column* (OWC) yang dihasilkan, nilai kuasa pada hujung salur harus dikira. Hal ini kerana hujung salur ialah bahagian terakhir dalam penghasilan *kebuk* sebelum disambungkan pada turbin. Nilai – nilai yang perlu diambil kira adalah seperti tekanan udara, ketumpatan udara dan halaju udara yang melalui sesalur. Nilai – nilai ini boleh diperolehi melalui eksperimen yang dijalankan ke atas reka bentuk *Oscillating Water Column* (OWC). Persamaan Bernoulli digunakan bagi menentukan jumlah tekanan yang terhasil [7].

$$P_u = (p_E + \frac{1}{2} \rho_a v_a^2) v_a A \quad (\text{Watts}) \quad (4.11)$$

di sini :

$P_u$  = kuasa pada hujung sesalur (W)

$p_E$  = tekanan udara pada hujung sesalur (Pa)

$\rho_a$  = ketumpatan udara (kg/m<sup>3</sup>)

$v_a$  = halaju aliran udara (m/s<sup>2</sup>)

$A$  = luas keratan rentas hujung sesalur

Oleh itu, nilai kecekapan pada hujung salur diberi oleh persamaan berikut :

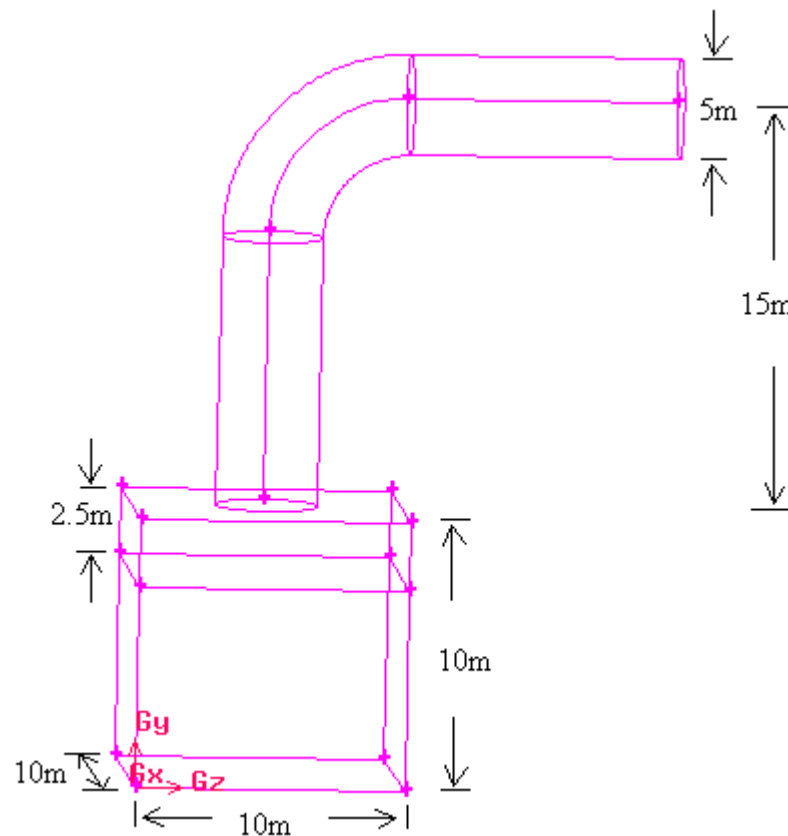
$$\eta = \frac{P_u}{P_w} \quad (4.12)$$

## 4.2 Reka bentuk *Kebuk Oscillating Water Column* (OWC)

Terdapat tiga jenis reka bentuk yang berjaya dihasilkan, iaitu reka bentuk *kebuk* pada peringkat awal, reka bentuk *kebuk* OWC I dan reka bentuk *kebuk* OWC II. Ketiga – tiga reka bentuk ini adalah berbeza dari segi bentuk dan saiz.

#### 4.2.1 Reka bentuk Kebuk Pada Peringkat Awal

Pada peringkat percubaan, satu reka bentuk *Oscillating Water Column* (OWC) berjaya dihasilkan dengan menggunakan perisian Gambit. Rajah 4.1 menunjukkan hasil reka bentuk kebuk yang telah dihasilkan. Reka bentuk yang dihasilkan adalah dalam bentuk tiga dimensi (3D) bagi memudahkan simulasi dilakukan menggunakan perisian FLUENT.



Rajah 4.1 : Reka bentuk kebuk pada peringkat awal proses pemodelan

#### 4.2.2 Reka bentuk Kebuk *Oscillating Water Column* (OWC) I

Reka bentuk kebuk *Oscillating Water Column* (OWC) I ini terdapat beberapa perubahan berbanding reka bentuk *Oscillating Water Column* (OWC) pada awal proses penggunaan perisian Fluent. Hal ini kerana prinsip operasi sebenar OWC telah dapat difahami dan konsep – konsep yang sebenar pada perisian Fluent telah dapat dikuasai.