

‘Saya / Kami’ akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya / kami karya ini memadai dari segi konsep dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Thermal-Fluid)’

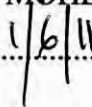
Tandatangan

:  .....

Nama Penyelia

: DR. MOHD YUSOFF BIN HJ. SULAIMAN

Tarikh

:  .....

# **PEMASANGAN KINCIR ANGIN**

**AHMAD SOBRI B. DAHALAN**

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

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

**APRIL 2011**

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

Tandatangan :  .....

Nama Penulis : **AHMAD SOBRI BIN DAHALAN**

Tarikh : **16/5/2011** .....

Untuk kedua ibu bapa tersayang

Dahalan bin MD Rejab dan Fatimah bt Abdullah

Adik-beradik Saya

Ahmad Zabidi bin Dahalan

Ahmad Zubir bin Dahalan

Ahmad Redzuan bin Dahalan

Ahmad Fauzi bin Dahalan

Amran bin Dahalan

Fauziah bt Dahalan

Sanak saudara yang lain, kawan lelaki dan kawan perempuan

## PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, Selawat serta salam ke atas junjungan Nabi Muhammad Ibni Abdullah SAW, ahli keluarganya serta para sahabat baginda yang terpilih.

Alhamdulillah, saya mengucapkan rasa kesyukuran ke hadrat Illahi kerana keizinan, rahmat dan hidayatNya membolehkan saya menyiapkan Projek Sarjana Muda I serta menyiapkan penulisan laporan ini.

Saya mengambil kesempatan ini merakamkan penghargaan serta jutaan terima kasih kepada penyelia saya, Dr. Mohd Yusoff bin Hj. Sulaiman kerana dengan tunjuk ajar serta ilmu yang dicurahkan beliau telah banyak membantu saya dalam menyiapkan laporan ini.

Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada kedua ibu dan bapa saya, Fatimah bt Abdullah dan Dahalan B. MD Rejab yang telah banyak memberi galakan dan dorongan serta doa untuk kejayaan saya. Demikian juga kepada rakan-rakan seperjuangan saya terutama Maril b Ismail, Mohd Adam Sanusi b Abdul Malek serta Mohd Faizul Izwan b Musa yang banyak membantu saya dalam menyiapkan laporan ini.

Kepada semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam laporan Projek Sarjana Muda saya ini, jutaan terima kasih saya ucapkan atas sokongan yang diberikan.

## ABSTRACT

Nowadays, energy can be generated from several sources such as petroleum (fossil fuel), nuclear, hydroelectric and renewable energy. But today, the ambitious to produce clean energy had cause the observation on renewable energy. Therefore, the objective of this project is to make an observation on the wind energy in Malaysia in generating energy other than had mention above. Wind is one type of renewable energy that can be developed to generate free and clean energy replacing the one that cannot be renewed and cause the pollution such as fossil fuel. Therefore, the purpose of this research is done to determine whether it is suitable for Malaysia to used wind as alternative source to generate energy replacing the used of petroleum in the future.

Wind energy can be extracted by using the suitable wind turbine that is suitable with the current wind speed at observe location which is eastern coast of peninsula Malaysia. Generally, Malaysia has a potential to use the wind as alternative energy because of the wind speed in Malaysia can reached until 12 m/s and this is advantages for Malaysia to using wind power to generate power for using such as generating electricity.

This model fabricated and design by using Computational Aided Design (SolidWork). For the overall project in this project is analyse effect of blade angle to output power suitable for coastal in Terengganu and also to catch power produced by small wind turbine

## ABSTRAK

Secara umumnya, tenaga boleh dihasilkan daripada pelbagai sumber seperti, petroleum, nuklear, hidroelektrik dan tenaga daripada sumber yang boleh diperbaharui. Tetapi, pada hari ini, keinginan untuk menghasilkan tenaga yang bersih telah mendorong kajian terhadap sumber tenaga boleh diperbaharui dilaksanakan. Oleh itu, tujuan utama projek ini adalah untuk menjalankan kajian terhadap sumber angin di Malaysia dan potensi penggunaan angin dalam menghasilkan tenaga. Angin adalah salah sejenis tenaga yang boleh diperbaharui dan mempunyai potensi untuk menghasilkan tenaga yang bersih menggantikan tenaga yang tidak boleh diperbaharui yang boleh menyebabkan pencemaran seperti penggunaan bahan bakar seperti petroleum. Oleh itu, tujuan kajian ini adalah untuk menentukan sama ada tenaga angin sesuai atau tidak digunakan di Malaysia sebagai sumber alternatif untuk menghasilkan tenaga di masa akan datang.

Tenaga angin boleh dihasilkan dengan menggunakan kincir angin yang sesuai dengan kelajuan angin di kawasan kajian iaitu pantai timur semenanjung Malaysia. Kelajuan angin di Malaysia boleh mencapai sehingga 12 m/s dan keadaan ini boleh dijadikan sebagai kelebihan bagi Malaysia untuk menggunakan tenaga angin untuk menghasilkan tenaga untuk digunakan seperti untuk menjana elektrik.

Model ini dihasilkan serta direkabentuk dengan menggunakan perisian Rekabentuk Berbantu Komputer *SolidWork*.

Secara keseluruhannya dalam projek ini membincangkan tentang pengaruh sudut bilah terhadap tenaga yang dikeluarkan bersesuaian dengan kelajuan angin di pesisiran pantai Terengganu semenanjung Malaysia serta mendapatkan berapa jumlah tenaga dapat dijana oleh model kincir angin ini.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	<b>ii</b>
	<b>DEDIKASI</b>	<b>iii</b>
	<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
	<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>v</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>vi</b>
	<b>KANDUNGAN</b>	<b>vii</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>x</b>
	<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>xi</b>
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
	1.0 Pengenalan	1
	1.1. Objektif	2
	1.2. Skop Projek	2
	1.3. Penyataan Masalah	2
	1.4. Kebaikan Kajian	3
<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	<b>4</b>
	2.1 Pengenalan	4
	2.2 Tenaga Angin	5
	2.3 Sistem Kincir Angin Bersais Kecil Di Amerika Syarikat	6



2.4 Kincir Angin	8
2.4.1 Kincir Angin Paksi Menegak (VAWT)	9
2.4.1.1 Savonious	10
2.4.1.2 Darrius	11
2.4.2 Kincir Angin Jenis Mendatar (HAWT)	12
2.4.2.1 Satu bilah	14
2.4.2.2 Dua bilah	15
2.4.2.3 Tiga bilah	16
2.4.2.4 Pelbagai bilah	17
2.5 Penjana elektrik	18
2.5.1 Hukum <i>Faraday</i>	18
2.5.2 Hukum <i>Lenz</i>	19

<b>BAB III</b>	<b>KAEDAH KAJIAN</b>	<b>21</b>
3.1. Pengenalan kepada kaedah kajian		21
3.2. Melaksanakan kajian		22
3.2.1. Kelajuan Angin Dan Pengiraan Tenaga		23
3.3. Menghasilkan model		25
3.3.1. Spesifikasi rekabentuk		26
3.4. Menguji model		29
3.4.1. Pengukur kelajuan pusingan ( <i>Tachometer</i> )		29
3.4.2. Pengukur Kelajuan Angin ( <i>Anemometer</i> )		30
3.4.3. Pengukur Daya Kilas ( <i>Torkmeter</i> )		30
3.4.4. Terowong Angin		31

<b>BAB IV</b>	<b>DATA DAN PERBINCANGAN</b>	<b>33</b>
	4.1. Keputusan Ujikaji	33
	4.1.1. Hubungan antara halaju angin dan udara	36
	4.1.2. Hubungan diantara halaju angin dan daya kilas	37
	4.1.3. Hubungan diantara halaju angin dan tenaga yang dikeluarkan	38
<b>BAB V</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	<b>40</b>
	5.1. Perbincangan	40
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>42</b>
	6.1. Kesimpulan	42
	6.2. Cadangan	43
	<b>RUJUKAN</b>	<b>26</b>
	<b>BIBLOGRAFI</b>	<b>27</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>28</b>

**SENARAI JADUAL**

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB III KAEDAH KAJIAN</b>		
	Jadual 3.2: Tiupan Angin	24
	Jadual 3.1: Swept Area Rule Of Thumb	24
<b>BAB IV DATA DAN PERBINCANGAN</b>		
	Jadual 4.1: Keputusan Bagi Bilah Bersudut Sudut, 10°	35
	Jadual 4.2: Keputusan Bagi Bilah Bersudut Sudut, 20°	35
	Jadual 4.3: Keputusan Bagi Bilah Bersudut Sudut, 30°	36

## SENARAI RAJAH

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
<b>BAB II      KAJIAN ILMIAH</b>		
	Rajah 2.1: Kitaran Angin	4
	Rajah 2.2: Sistem Kincir Angin Bersais Kecil Di Amerika Syarikat	7
	Rajah 2.3: kincir angin jenis menegak	8
	Rajah 2.4: kincir angin jenis mendatar	8
	Rajah 2.5: bentuk-bentuk kincir angin jenis menegak	10
	Rajah 2.6: kincir angin jenis <i>Savonious</i>	11
	Rajah 2.7: kincir angin jenis Darrius	11
	Rajah 2.8: keadaan <i>Lift</i> dan <i>Drag force</i>	12
	Rajah 2.9: Jenis-jenis bilah	13
	Rajah 2.10: Kincir angin satu bilah	14
	Rajah 2.11: kincir angin dua bilah	15
	Rajah 2.12: kincir angin tiga bilah	16
	Rajah 2.13: kincir angin pelbagai bilah	17
	Rajah 2.14: <i>Fluks</i> memotong pengalir	18
	Rajah 2.15: pengalir memotong <i>fluks</i>	19
	Rajah 2.16: prinsip aruhan hukum <i>lenz</i>	20
 <b>BAB III      KAEDAH KAJIAN</b>		
	Rajah 3.1: Susunan Aturkerja	22
	Rajah 3.2: Diameter Rotor	23
	Rajah 3.3: Syarikat Pengeluar Solidworks	25

Rajah 3.4 Perumah	26
Rajah 3.5: Rotor	26
Rajah 3.6: Shaft	27
Rajah 3.7: Bilah	27
Rajah 3.8: Pemegang Bilah	28
Rajah 3.9: Rekabentuk Model Kincir Angin	28
Rajah 3.10: <i>Techometer</i>	29
Rajah 3.11: <i>Anemometer</i>	30
Rajah 3.12: <i>Torkmeter</i>	31
Rajah 3.13: Terowong Angin Jenis Terbuka	32

#### **BAB IV DATA DAN PERBINCANGAN**

Rajah 4.1: Menguji Model Kincir Angin	34
Rajah 4.2: Graf Halaju Angin Melawan Putaran	37
Rajah 4.3: Graf Halaju Angin Melawan Daya Kilas	38
Rajah 4.4: Graf Halaju Angin Melawan Tenaga Yang Dihasilkan	39

## SENARAI SIMBOL

$F_{\text{lift}}$	Lift force
$F_{\text{drag}}$	Drag force
HAWT	Horizontal Axis Wind Turbine
VAWT	Vertical Axis Wind Turbine
m/s	Meter per second
mph	Mile per hour
MW	Megawatt
A	Area of Rotor, Ampere
AC	Alternating Current
C	Capacitance
$\rho$	Air Density
DC	Direct Current
HAWTs	Horizontal Axis Wind Turbines
m/s	Unit for speed of wind used (meter per second)
P	Power of Electricity
RPM	Rotation per Minute
V	Wind Velocity, Voltage
VAWTs	Vertical Axis Wind Turbines
W	Watt
Kg	Kilogram
m	Meter

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Pengenalan

Kincir angin menggunakan angin sebagai medium untuk menggerakannya. Menurut Siegfried Heier (1996) Barat Eropah menggunakan tenaga angin dalam skala yang besar kebanyakan di England dan Belanda dikenali sebagai *Post Mill* dan *Dutch Windmill* yang kebanyakannya digunakan untuk mengisar dan mengepam air pada zaman pertengahan sekitar abad ke-5 dan pada tahun 1940-an, rekabentuk dan pembagunan terhadap kincir angin bagi menghasilkan tenaga elektrik telah dijalankan oleh jurutera German, Kleinheinz dan Honnef.

Penghasilan tenaga elektrik semakin melibatkan kos yang semakin tinggi dengan peningkatan harga minyak mentah dunia, menurut Unit Perancang Bandar, JPM (2006) kenaikan mendadak harga minyak mentah *West Texas Intermediate* (WTI) pada purata AS\$31 setong pada tahun 2003 kepada AS\$57 setong pada tahun 2005 dan bagi tempoh Januari-Februari 2006, harga kekal tinggi pada purata AS\$64 setong. Kenaikan ini juga mendorong kenaikan kos penghasilan tenaga elektrik, oleh itu, pembagunan serta kajian terhadap tenaga angin perlu dilakukan bagi mengurangkan kos penghasilan tenaga elektrik.

Kincir angin adalah sumber tenaga alternative bagi menghasilkan tenaga elektrik dalam usaha mengurangkan kos penghasilan tenaga elektrik yang sedia ada. Dalam erti kata yang lain, tenaga elektrik dapat dihasilkan dengan sumber yang percuma dimana angin digunakan sebagai medium bagi menggerakkan kincir angin bagi menghasilkan tenaga elektrik.

## 1.2. Objektif

- Pembangunan terhadap Teknologi Hijau
- Mengkaji kesesuaian untuk membangunkan kincir angin bagi menghasilkan tenaga elektrik di pantai timur semenanjung Malaysia
- Menghasilkan model kincir angin

## 1.3. Skop Projek

- Membangunkan model kincir angin yang bersesuaian dengan keadaan angin di pantai timur semenanjung Malaysia
- Mengkaji terhadap rekabentuk model untuk mendapatkan rekabentuk yang sesuai dengan keadaan angin di pantai timur semenanjung Malaysia
- Menganalisa kelajuan serta kekerapan tiupan angin di pantai timur semenanjung Malaysia

## 1.4. Penyataan Masalah

Pada masa kini, peningkatan harga bahan api telah secara langsung mendorong kenaikan kos untuk menghasilkan tenaga elektrik. Menurut petikan utusan (9.12.2008) Harga bahan api mewakili 60 peratus daripada kos keseluruhan yang ditanggung oleh Tenaga Nasional Berhad (TNB). Untuk mengurangkan bebanan terhadap penghasilan tenaga elektrik yang menggunakan bahan api, pembangunan serta kajian terhadap teknologi hijau perlu dilakukan bagi mengurangkan pencemaran serta kebergantungan terhadap bahan api. Kincir angin adalah adalah satu alternatif yang menggunakan sumber angin sebagai medium penggerakannya. Menurut Siegfried Heier (1996) kebanyakan di USA, Sweden dan German telah memberi perhatian terhadap turbine bagi pengeluaran bersais Megawatt.



Di Malaysia sudah terdapat kincir angin yang telah dibangunkan dalam skala yang kecil contohnya seperti yang terdapat di pulau perhentian. Untuk pembangunan kincir angin, kajian terhadap pemetaan angin di Malaysia perlu dititikberatkan untuk kesesuaian rekabentuk bilah-bilah kincir angin untuk mendapatkan rekabentuk yang sesuai dengan keadaan angin di Malaysia.

### **1.5. Kebaikan Kajian**

Kebaikan projek ini yang dijangka adalah dapat memberi kesedaran terhadap penggunaan dan pembangunan teknologi hijau sebagai medium untuk menghasilkan tenaga elektrik sekaligus mengurangkan pencemaran alam sekitar. Dalam hal ini, angin digunakan sebagai medium bagi mendapatkan tenaga untuk menjalankan kincir angin bagi menghasilkan tenaga elektrik. Angin adalah sumber yang percuma dan boleh digunakan dimana sahaja dan penggunaan angin sebagai medium dalam penghasilan elektrik dijangka dapat mengurangkan pencemaran yang berlaku dalam menghasilkan tenaga elektrik dengan menggunakan bahan bakar sekaligus dapat meningkatkan kualiti hidup.

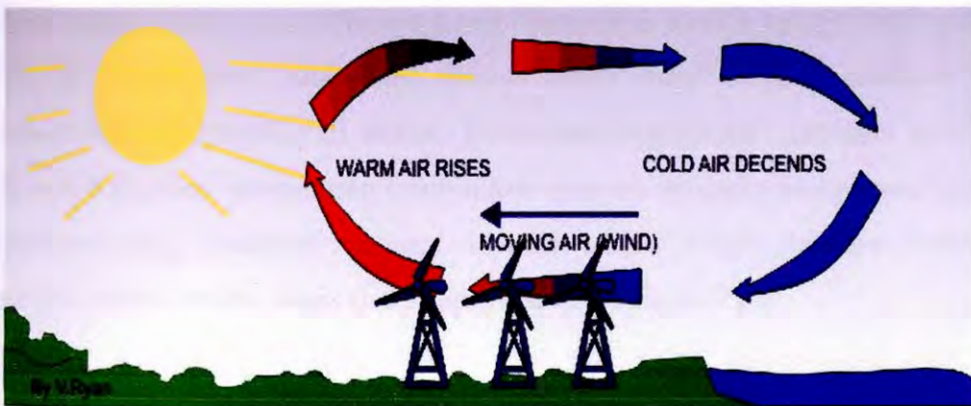
Projek ini cuba untuk membangunkan teknologi hijau dengan menggunakan tiupan angin yang terdapat di pantai timur semenanjung Malaysia untuk menggerakkan kincir angin bagi menghasilkan tenaga elektrik.

## BAB II

### KAJIAN ILMIAH

#### 2.1. Pengenalan

Tiupan angin berlaku adalah disebabkan oleh perubahan suhu, suhu yang suam di daratan akan digantikan dengan suhu yang sejuk dari laut. Rajah 2.2 dibawah menunjukkan bagaimna kitaran sistem peredaran angin yang berlaku



**Rajah 2.1: Kitaran Angin**

Keadaan tiupan angin di Malaysia adalah berbeza-beza mengikut kitaran musim yang terdapat di Malaysia, terdapat empat musim boleh dibezakan iaitu monsun barat daya, monsun timur laut dan dua musim peralihan monsun yang lebih pendek. Monsun barat daya biasanya bermula pada setengah terakhir bulan Mei atau awal bulan Jun dan tamat pada akhir September. Angin lazim pada amnya dari arah

barat daya dengan kelajuan yang lemah iaitu di bawah 15 knot. Monsun timur laut biasanya bermula pada awal November dan berakhir pada Mac. Semasa musim ini, angin lazim adalah dari arah timur atau timur laut dengan kelajuan antara 10 dan 20 knot. Negeri-negeri pantai timur Semenanjung Malaysia lebih terjejas dengan tiupan angin ini di mana kelajuannya boleh mencapai 30 knot atau lebih semasa luruan kuat udara sejuk dari utara. (Sumber: Jabatan Meteorologi Malaysia)

\*1 Knot = 1.15 mph

1 m/s = 2.24 mph

1 km/h = 0.621 mph

(sumber: Wind Power, 2004)

## 2.2. Tenaga Angin

Tenaga angin terhasil melalui geseran menjadi panas menyebar di seluruh permukaan Bumi dan atmosfera. Asal angin kompleks. bumi dipanaskan oleh matahari secara tidak sekata dimana kutub menerima sedikit tenaga dari matahari berbanding khatulistiwa. Dan juga daratan lebih cepat berlaku kenaikan serta penurunan suhu berbanding di lautan. Perbezaan pemanasan kawasan atmosfera terjadi melalui sistem penyebaran (*convection system*) daripada permukaan bumi ke *stratosphere* yang bertindak sebagai lapisan langit. Disini terdapat kelebihan kekurangan utama tenaga angin dan keupayaan kincir angin[2].

Kelebihan tenaga angin:

1. Tenaga angin tidak menyebabkan pencemaran terhadap alam sekitar ; tidak menggunakan bahan bakar untuk menjana elektrik daripada tenaga angin
2. Kincir angin tidak memerlukan kawasan yang luas berbanding dengan jana kuasa yang lain. Kincir angin hanya memerlukan kawasan untuk tapak. Ini membolehkan kawasan sekitar kincir angin boleh digunakan untuk aktiviti lain, contohnya digunakan bagi tujuan pertanian

3. Kincir angin adalah penjana kuasa yang boleh dibina terhadap pelbagai kawasan seperti kawasan bukit dan luar bandar.
4. Kelebihan lain tenaga angin ialah apabila dipasang bersama tenaga solar, boleh menjadi sumber tenaga bagi negara maju dan membangun bagi menyediakan bekalan elektrik yang stabil dan boleh dipercayai.

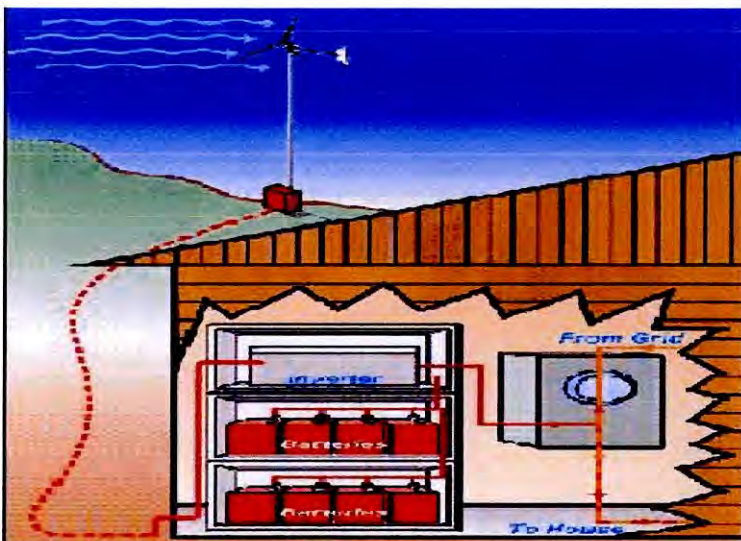
Kekurangan tenaga angin:

1. Kekurangan utama tenaga angin ialah faktor tiupan angin. Kebanyakan kawasan, tiupan angin adalah lemah untuk operasi kincir angin, untuk itu lebih sesuai menggunakan tenaga solar sebagai tenaga alternatif.
2. Kincir angin tidak seperti jana kuasa yang lain dimana dengan membakar bahan api boleh menghasilkan tenaga elektrik, kincir angin hanya boleh membekalkan tenaga elektrik kepada populasi yang kecil.
3. Pencemaran bunyi oleh kincir angin komersial adalah setara dengan enjin jett yang bersais kecil.

### 2.3. Sistem Kincir Angin Bersais Kecil Di Amerika Syarikat

Sistem kincir angin yang bersais kecil adalah popular di AS. Industri kincir angin yang bersais kecil disana menganggarkan bahawa 60% daripada kawasan di Amerika Syarikat mempunyai cukup angin yang cukup untuk kegunaan kincir angin yang bersais kecil. Sistem ini dijual dengan bayaran dari \$ 3,000 hingga \$ 5,000 untuk setiap kilowatt (kW) dari kapasiti penjanaan. Satu kW bersamaan dengan 1,000 watt, yang merupakan jumlah elektrik yang boleh menerangi sepuluh 100-watt lampu. Menurut Jabatan Tenaga AS (DOE), sistem kincir angin bersais kecil dapat mengurangkan bil elektrik pemilik rumah tersebut sebanyak 50% hingga 90%. Industri kincir angin bersais kecil adalah salah satu daripada beberapa industri tenaga diperbaharui (*renewable industries*) masih didominasi oleh Amerika Syarikat, menurut penyelidikan oleh *American Wind Energy Association*. Kajian pasaran global kincir angin bersais kecil pada 2007 mendapati bahawa 6,807 unit kincir angin

yang dijual di Amerika Syarikat pada 2006, berbanding dengan 9,502 unit kincir angin yang dijangka dijual di seluruh dunia [1]. Dengan menggunakan kincir angin ini, petani, peternak, pemilik perniagaan, dan pemilik rumah di Amerika Syarikat dapat mengurangkan bil elektrik mereka, dengan menggunakan tenaga baru ini juga dapat mengurangkan pembebasan karbon dari sumber bahan bakar fosil, dan membantu mengurangkan kebergantungan pada pasaran bahan bakar luar negeri. Di Amerika Syarikat, sistem kincir angin ini dihubungkan ke sistem pengedaran kuasa, grid. Sebuah kincir angin penyambungan grid boleh mengurangkan penggunaan kuasa utiliti yang dibekalkan untuk pencahayaan, peralatan, dan pemanas. Kincir angin bersais kecil dengan kuasa kurang dari 1 kW (turbin angin mikro) biasanya digunakan untuk mengumpul tenaga ke dalam bateri untuk kegunaan rumah yang bersais kecil. Kawasan terpencil di luar bandar di mana pusat penghantaran tenaga elektrik terhad atau belum dipasang adalah kawasan yang paling sesuai untuk menggunakan kincir angin. Namun, kerana tenaga angin merupakan sumber yang berubah-ubah, pembolehubah kuasa digunakan dimana kincir angin yang dipasang umumnya memerlukan sistem tenaga sokongan yang merangkumi, seperti solar celi atau bateri dengan inverter (untuk menukar kuasa DC dari bateri ke AC untuk peralatan elektrik rumah).



**Rajah 2.2: Sistem Kincir Angin Bersais Kecil Di Amerika Syarikat**

## 2.4. Kincir Angin

Kincir angin adalah merupakan satu cabang teknologi hijau yang menggunakan sumber angin sebagai medium untuk menggerakkannya. Kincir angin adalah sebuah mesin yang mengubah tenaga kinetik angin menjadi tenaga mekanikal. Tenaga mekanikal yang digunakan secara langsung oleh mesin, seperti pam atau penggiling batu, mesin biasanya disebut kincir angin. turbin angin dapat dipisahkan kepada dua jenis berdasarkan paksi yang berputar[2]. Terdapat pelbagai bentuk kincir angin yang wujud pada masa sekarang. Kincir angin terbahagi kepada dua jenis iaitu kincir angin jenis mendatar dan jenis menegak.



**Rajah 2.3: kincir angin jenis menegak**



**Rajah 2.4: kincir angin jenis mendatar**

Penggunaan angin sebagai medium untuk menggerakkan kincir angin bagi menghasilkan tenaga adalah mesra alam dan percuma jika dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar bagi mendapatkan tenaga yang sama. Ini sekaligus dapat meningkatkan kualiti hidup masyarakat oleh kurangnya pencemaran yang berlaku

#### 2.4.1. Kincir Angin Paksi Menegak (VAWT)

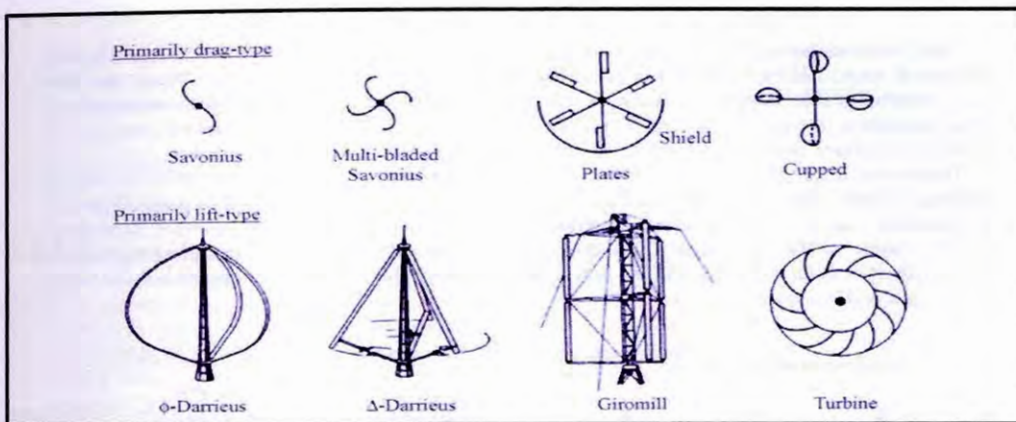
Kincir angin jenis ini menggunakan prinsip bilah disusun secara menegak dan aci rotor utama berputar dalam keadaan menegak untuk menggerakkan penjana elektrik. Kotak gear diletakkan pada bahagian bawah berdekatan dengan tanah. Kincir angin jenis ini tidak dipengaruhi oleh arah angin dan juga bilahnya juga adalah stabil. Terdapat pelbagai bentuk bilah yang telah dihasilkan pada masa kini untuk jenis menegak ini. Rajah 2.5 menunjukkan jenis-jenis kincir angin berpaksi menegak.

Kelebihan VAWT:

1. Kerja-kerja penyelenggaraan mudah dilakukan oleh kerana kebanyakan bahagian yang bergerak terletak berhampiran dengan tanah.
2. Kincir angin jenis menegak mempunyai sudut bilah yang lebih tinggi, memberikan peningkatan aerodynamic sekaligus mengurangkan daya seretan (*drag force*) pada tekanan rendah dan tinggi.
3. Sais VAWT yang kecil memudahkan proses pengangkutan serta pemasangan
4. Tidak memerlukan menara yang tinggi seterusnya mengurangkan kos penghasilannya
5. VAWT berputar tidak dipengaruhi oleh arah tiupan angin.

### Kekurangan VAWT:

1. Kebanyakan VAWT hanya menghasilkan tenaga sebanyak 50% dari kecekapan HAWT oleh kerana daya seretan yang bertindak keatas bilah.
2. Kebanyakan VAWT harus dipasang diatas tanah yang rata.
3. Kebanyakan VWAT mempunyai daya kilas awal yang rendah



**Rajah 2.5: bentuk-bentuk kincir angin jenis menegak** (sumber: Wind Energy Explained, Theory, Design and Application (Second Edition))

#### 2.4.1.1. Savonius

Kincir angin jenis menggunakan bilah paksi menegak dimana bilahnya berbentuk sudu dan ianya menggunakan daya seretan (*drag force*) angin bagi menggerakannya. Biasanya terdiri daripada dua atau tiga bilah untuk menggerakkan kincir angin ini.