

KAJIAN MENGENAI SIFAT-SIFAT ANGIN DAN MENGENALPASTI POTENSI  
SABAH DALAM MEMBANGUNKAN SISTEM PENJANA KUASA TENAGA  
ANGIN

SHECHYUMI BINTI ONTOT

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT  
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

April 2008



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: KAJIAN MENGENAI SIFAT-SIFAT ANGIN DAN MENGENALPASTI  
POTENSI SABAH DALAM MEMBANGUNKAN SISTEM PENJAYAKUASA  
ANGIN  
IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUIAN  
(FIZIK DENGAN ELEKTRONIK)

SAYA SHECHYUMI BINTI ONTOT  
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2005/2006

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh

  
(TANDATANGAN PENULIS)

\_\_\_\_\_  
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: S.M.K KUDAT  
PETI SURAT 353, 89058  
KUDAT SABAH.

\_\_\_\_\_  
Nama Penyelia

Tarikh: 12 Mei 2008

Tarikh: \_\_\_\_\_

CATATAN:- \*Potong yang tidak berkenaan.

\*\*Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

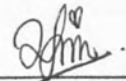
@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya

**04 April 2008**



---

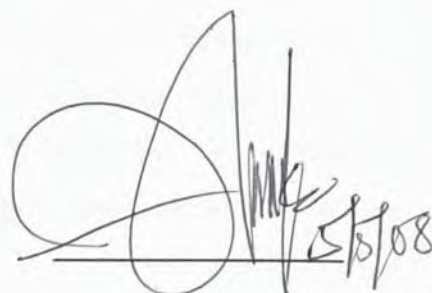
SHECHIYUMI BINTI ONTOT  
HS2005-4086



## DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

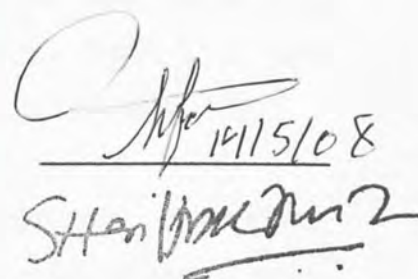
## 1. PENYELIA

.....  
(EN. ALVIE LO SIN VOI)

## 2. PEMERIKSA 1

.....  
(PROF. MADYA DR. ABDULLAH CHIK)

## 3. PEMERIKSA 2

.....  
(DR. HAIDER F.ABDUL. AMIR)

## 4. DEKAN

.....  
(PROF. MADYA DR. SARIFF A. KADIR  
S. OMENG)

## PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada mereka yang telah banyak membantu saya dalam usaha menjayakan projek tahun akhir saya ini. Kejayaan ini tidak mungkin dicapai tanpa bantuan yang dihulurkan oleh mereka. Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Encik Alvie Lo Sin Voi selaku penyelia projek saya di atas bantuan dan nasihat yang dihulurkan sepanjang kajian ini dijalankan.

Kepada ayahanda dan bonda yang disayangi iaitu Ontot Bin Suronped dan Sinakapul Binti Mojintan serta ahli keluarga yang lain iaitu kakak saya Ceroline, adik saya Newvie dan abang-abang saya iaitu Danny, Prisly dan Kesidi yang sentiasa mendorong saya di dalam pelajaran serta mendoakan kejayaan saya selama saya menuntut di universiti. Tidak lupa kepada teman baik saya iaitu Daniel Yoon yang banyak memberi galakan serta tidak putus-putus memberi nasihat dan sokongan.

Kepada pensyarah-pensyarah Program Fizik Dengan Elektronik, pelajar-pelajar pasca siswazah, para pembantu makmal serta mereka yang turut sama membantu secara langsung ataupun tidak langsung, segala tunjuk ajar dan bantuan yang telah kalian berikan didahului dengan ucapan terima kasih yang tidak terhingga.

Akhir kata, terima kasih untuk semua yang terlibat dalam penghasilan projek ini bersama saya dan semoga usaha yang dilakukan selama ini mendapat balasan baik dan keberkatan daripada Yang Maha Esa.



## ABSTRAK

Kemajuan dan pembangunan negara memerlukan kepada dokongan bekalan sumber tenaga yang bukan sahaja berkekalan, tetapi juga bersih, selamat dan menjimatkan. Tenaga yang boleh diperbaharui merupakan alternatif yang terbaik kerana ia bebas daripada kesan tersebut. Menyedari hakikat ini, kerajaan telah menjadikan tenaga yang boleh diperbaharui sebagai sumber tenaga kelima selepas petroleum, gas asli, arang batu dan tenaga hidro. Kajian tesis ini adalah sebagai langkah awal dalam menentukan sama ada Sabah sesuai dalam membangunkan sistem penjana kuasa tenaga angin bagi tujuan untuk mendapatkan bekalan tenaga elektrik serta mengkaji sifat-sifat angin ditempat yang telah dipilih. Data angin yang digunakan dalam kajian ini diambil daripada jabatan meteorologi Sabah bagi tahun 1996-2007. Fungsi taburan densiti Weibull di setiap stesen kaji cuaca di Sabah iaitu stesen kaji cuaca Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan dan Tawau telah dikira berdasarkan dapatan data pada tahun 2007 yang telah diperolehi dan juga parameter *shape* Weibull,  $k$  dan parameter skala,  $c$  iaitu 3.90 dan 2.18 bagi Kota Kinabalu, 3.26 dan 2.69 bagi Kudat, 3.24 dan 2.67 bagi Sandakan dan 3.64 dan 1.92 bagi Tawau. Merujuk kepada pengiraan kuasa bagi setiap stesen, min ketumpatan kuasa tahunan berdasarkan nilai fungsi Weibull, Kota Kinabalu mencatatkan  $5.85 \text{ W/m}^2$ , Kudat mencatatkan  $11.55 \text{ W/m}^2$ , Sandakan mencatatkan  $11.3 \text{ W/m}^2$  dan Tawau mencatatkan  $4.05 \text{ W/m}^2$ . Keputusan ini menunjukkan bahawa Sabah mempunyai dua daerah yang berpotensi untuk membangunkan sistem penjana kuasa tenaga angin iaitu Kudat dan Sandakan. Sistem ini adalah “Kincir Angin Kelajuan Rendah” (KAKAR).



## INVESTIGATION OF WIND CHARACTERISTICS AND IDENTIFY THE POTENTIAL FOR WIND POWER GENERATION SYSTEM ON SABAH.

### ABSTRACT

The development of a nation needs support not only from sustainable energy generation system but also clean, safe and renewable energy. Renewable energy is the best alternative as the source is free of such impact. In this research, wind characteristics and wind energy potential of Sabah were determined as the first step to identify the wind energy potential for electrical generation. The wind data used in the study were taken from the meteorology station in Sabah for the year of 1996-2007. The measured wind data were processed as annual, seasonal and monthly. The Weibull probability density functions of the location are calculated in the light of observed data and Weibull shape parameter  $k$  and scale parameter  $c$  are found as 3.90 and 2.18 for Kota Kinabalu, 3.26 and 2.69 for Kudat, 3.24 and 2.67 for Sandakan dan 3.64 and 1.92 for Tawau for the year 2007. According to the power calculations done for the site, annual mean power density based on Weibull function is  $5.85 \text{ W/m}^2$  for Kota Kinabalu,  $11.55 \text{ W/m}^2$  for Kudat,  $11.3 \text{ W/m}^2$  for Sandakan and  $4.05 \text{ W/m}^2$  for Tawau. The annual wind speed shows that Kudat and Sandakan have potential to in generating wind energy because their mean wind speed are  $2.73 \text{ m/s}$  and  $2.71 \text{ m/s}$ , 30 m above the ground and for 50 m above the ground their mean wind speed are  $2.94$  and  $2.91$ . This result shows that Sabah has two region that have a potential to generate the electrical power from wind energy and Sabah also only has a potential of wind power generation system using the low wind speed turbine.



## KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xi
SENARAI SIMBOL	xii
SENARAI LAMPIRAN	xiii
<b>BAB 1        PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Pengenalan	1
1.2 Sejarah awal penggunaan tenaga angin	3
1.3 Aplikasi tenaga angin di seluruh dunia	4
1.4 Objektif kajian	4
1.5 Skop kajian	5
<b>BAB 2        ULASAN PERPUSTAKAAN</b>	<b>6</b>
2.1 Penggunaan tenaga angin di Sabah	6
2.2 Jenis-jenis turbin angin	7
2.2.1 Turbin angin paksi melintang	7
2.2.2 Turbin angin paksi menegak	9
2.3 Mekanisma kerja turbin angin	12





2.4 Sistem angin monsun di Benua Asia	13
2.4.1 Musim Monsun Timur Laut	18
2.4.2 Musim Monsun Barat Daya	20
2.4.3 Musim antara Monsun	23
<b>BAB 3       BAHAN DAN KAEDAH</b>	24
3.1 Pengenalan	24
3.2 Fungsi taburan Weibull	25
3.3 Pengiraan kuasa angin	27
3.4 Variasi kelajuan angin pada ketinggian berbeza	28
<b>BAB 4       KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	29
4.1 Kedudukan geografi setiap stesen kaji cuaca di Sabah	29
4.2 Analisis data angin	30
4.3 Analisis kesesuaian sistem penjana kuasa tenaga angin	33
4.4 Min taburan kekerapan sepanjang tahun 1996-2007	36
4.5 Taburan kelajuan angin tahunan (2007)	37
4.6 Ketumpatan kuasa angin ( $\text{Watt/m}^2$ )	40
<b>BAB 5       KESIMPULAN</b>	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Cadangan masa depan	42
<b>RUJUKAN</b>	44
<b>LAMPIRAN A</b>	47



**SENARAI JADUAL**

Nombor Jadual		Muka Surat
4.1	Kedudukan setiap stesen kaji cuaca di Sabah dan ketinggian dari aras laut	29
4.2	Min kelajuan angin bulanan dan tahunan pada ketinggian berbeza dari permukaan tanah	34
4.3	Parameter Weibull dan sisihan Piawai bagi stesen kaji Cuaca Kota Kinabalu	39
4.4	Parameter Weibull dan sisihan Piawai bagi stesen kaji Cuaca Kudat	39
4.5	Parameter Weibull dan sisihan Piawai bagi stesen kaji Cuaca Sandakan	39
4.6	Parameter Weibull dan sisihan Piawai bagi stesen kaji Cuaca Tawau	39



## SENARAI RAJAH

Nombor Rajah		Muka Surat
2.1	Kawasan-kawasan di dunia yang dipengaruhi oleh angin monsun dan taburan tekanan dan suhu di benua Asia pada bulan Januari	14
2.2	Taburan tekanan dan suhu di benua Asia dan Australia pada bulan Julai	16
2.3	Taburan tekanan dan pola angin pada bulan Januari dan Julai	17
2.4	Taburan tekanan udara di benua Asia pada bulan Julai (musim panas)	19
2.5	Tiupan pola angin pada Musim Monsun Barat Daya (Mei -September)	22
4.1	Min kelajuan angin bulanan bagi setiap stesen kaji cuaca di Sabah	30
4.2	Min kelajuan angin mengikut tiupan MTL bagi setiap stesen	31
4.3	Min kelajuan angin mengikut tiupan MBD bagi setiap stesen	31
4.4	Min kelajuan angin tahunan bagi setiap stesen kaji cuaca di Sabah	32
4.5	Kelajuan angin tahunan bagi setiap stesen pada ketinggian yang berbeza	33
4.6	Min kelajuan angin bagi setiap stesen pada musim MTL	35
4.7	Min kelajuan angin bagi setiap stesen pada musim MBD	36
4.8	Taburan kekerapan kelajuan angin sepanjang tahun 1996-2007 setiap stesen	36
4.9	Taburan Weibull tahunan bagi setiap stesen di Sabah	38
4.10	Min ketumpatan kuasa tahunan bagi <i>observed data</i> dan fungsi Weibull	40
4.11	Min ketumpatan kuasa MTL bagi <i>observed data</i> dan fungsi Weibull.	41
4.12	Min ketumpatan kuasa MBD bagi <i>observed data</i> dan fungsi Weibull.	41



**SENARAI FOTO**

Nombor Foto	Mukasurat
2.1 Turbin angin paksi-melintang(kiri) dan turbin angin paksi-menegak(kanan)	11



## SENARAI SIMBOL

$f_w(v)$	Fungsi taburan Weibull
$v$	Kelajuan angin ( $m/s$ )
$c$	Parameter skala Weibull ( $m/s$ )
$k$	<i>Dimensionless Weibull shape parameter</i>
$F_w(v)$	Fungsi kebarangkalian kumulatif
$\bar{v}$	Min kelajuan angin ( $m/s$ )
$\Gamma$	Fungsi Gamma
$\sigma$	Sisihan piawai
$P_m$	Ketumpatan kuasa angina bagi sebarang fungsi densiti
$\rho$	Ketumpatan Udara ( $1.225 \text{ kg/m}^3$ )
$P_{mv}$	Min ketumpatan kuasa angin dengan menggunakan fungsi Weibull
$\alpha$	<i>Power law exponent</i>
$h_0$	Ketinggian asal anemometer
$h$	Ketinggian anemometer pada 30 m dan 50 m dari permukaan bumi
$v_0$	Kelajuan asal angin pada ketinggian, $h_0$

**SENARAI LAMPIRAN**

Muka Surat

LAMPIRAN A

47



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Angin adalah pergerakan ringkas udara dan juga sejenis bentuk tenaga suria. Angin terbentuk akibat daripada ketidaksamarataan pemanasan permukaan bumi oleh matahari. Ini adalah kerana permukaan bumi terdiri daripada pelbagai lapisan tanah dan air, dan ini menyebabkan kadar haba daripada matahari yang diserap oleh setiap permukaan adalah berbeza. Pada waktu siang, udara yang berada di atas permukaan tanah mengalami kenaikan suhu yang lebih cepat berbanding dengan udara yang berada di atas permukaan air, keadaan ini menyebabkan udara yang berada di atas permukaan tanah akan mengembang dan terangkat ke atas, manakala udara yang lebih berat yang berada di atas permukaan air akan menggantikan tempat yang telah dikosongkan tadi dan terciptalah angin. Pada waktu malam, proses ini berlaku sebaliknya kerana udara di atas permukaan tanah mengalami penurunan suhu yang lebih cepat berbanding dengan udara yang berada di atas permukaan air.



Proses yang sama turut berlaku keatas bumi kerana daratan yang berada di garisan khatulistiwa mempunyai suhu yang lebih tinggi berbanding dengan daratan yang terletak di kutub utara dan kutub selatan.

Tenaga angin merupakan sumber yang boleh diperbaharui, ini kerana tenaga ini berpunca daripada sumber semula jadi yang tidak akan kehabisan dan sentiasa ada selagi adanya tiupan angin (Berita Harian, 2002). Di dalam kajian ini, kita akan mengenalpasti potensi Sabah membangunkan sistem penjana kuasa tenaga angin bagi tujuan bekalan elektrik dan mengkaji sifat-sifat angin di tempat yang telah dipilih.

Kebaikan tenaga angin ialah tenaga ini bersih tidak seperti bahan bakar lain contohnya petroleum, gas asli dan arang batu, ladang angin tidak menghasilkan sebarang pencemaran sama ada pencemaran air ataupun udara dan sekaligus mengurangkan kesan rumah hijau kerana tidak ada bahan bakar yang terlibat dalam menghasilkan tenaga elektrik dalam sistem ini dan yang paling penting sekali tenaga angin adalah percuma. Kos penjanaan tenaga elektrik daripada sistem tenaga angin jauh lebih murah berbanding sistem diesel yang banyak digunakan sekarang. Kekurangan bagi sistem ini pula adalah kesan negatif terhadap populasi burung liar yang semakin berkurangan akibat mati apabila merentasi ladang angin dan melanggar kincir angin yang berada di sana. Kekurangan bagi sistem ini juga ialah kesan ke atas landskap yang mungkin tidak menyenangkan mata sesetengah pihak.





## 1.2 Sejarah awal penggunaan tenaga angin

Sejak zaman dahulu, manusia telah menggunakan tenaga angin. Sejak 3000 tahun dahulu orang mesir kuno, menggunakan angin untuk menggerakkan kapal dan berlayar di sungai Nil (Ahmed Shata & Hanitsch, 2006b). Sehingga awal abad ke-20, Angin digunakan sebagai sumber kuasa sejak beribu tahun yang lalu contohnya digunakan sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan kipas kapal layar, mengisar bijirin, mengepam air dan memotong kayu. Kincir angin mula diperkenalkan di Persia (Iran). Kincir angin yang paling awal menyerupai roda-kayuh yang besar. Seabad kemudian, masyarakat Holland telah mengubahsuai rekaan kincir angin itu dengan menjadikannya berbentuk kipas dan Holland sangat terkenal dengan kincir anginnya.

Kincir angin yang pertama bagi tujuan menjana tenaga elektrik di cipta oleh Dane, Poul Cour pada tahun 1891(Ackermann, 2005). Di Amerika Syarikat, sistem penjana tenaga angin bagi tujuan bekalan tenaga elektrik telah di cipta pada akhir tahun 1890an, menjelang tahun 1930an dan 1940an, penggunaan sistem penjana tenaga angin bagi tujuan bekalan elektrik di gunakan secara meluas di kawasan pedalaman yang belum menerima bekalan tenaga elektrik daripada sistem grid. Fenomena ini berubah selepas bekalan elektrik sudah mula dipasang di kawasan pedalaman, kincir angin sudah kurang digunakan. Pada tahun 1970an, apabila bekalan minyak semakin berkurang, banyak negara mula berminat dengan tenaga alternatif dan menggunakan kincir angin untuk menjana tenaga elektrik. Pada awal tahun 1980an, tenaga angin telah digunakan secara menyeluruh di California kerana polisi negara itu yang menggalakan tenaga yang boleh



diperbaharui digunakan. Sistem tenaga angin telah digunakan secara meluas di semua tempat tapi California masih lagi menghasilkan lebih banyak tenaga berbanding tempat lain.

### **1.3 Aplikasi tenaga angin di seluruh dunia**

Ladang angin yang terbesar di dunia adalah Horse Hollow Wind energy center in Texas, mempunyai kelajuan angin yang mampu menjana tenaga elektrik yang cukup kepada 230000 rumah setahun. Mesin angin yang terletak di Amerika Syarikat menjana 17.8 bilion kWh setahun yang mampu membekalkan tenaga kepada 1.6 juta rumah. Pada penghujung bulan September 2007, India mempunyai 7660.2 MW kapasiti kuasa angin yang dijanakan dan merupakan pasaran ke empat terbesar di dunia. Ladang anginnya terletak di Tamil Nadu, Maharashtra, Karnataka dan Gujarat. Sistem ini juga di aplikasikan di tempat lain di dunia seperti California, Iowa, Minnecota, Oklahoma, Germany, Spain dan Danmark.

### **1.4 Objektif kajian**

Objektif bagi kajian ini adalah untuk menganalisis kesesuaian sistem penjana kuasa tenaga angin dengan menggunakan data cuaca bagi tahun 1996 hingga 2007 dan juga mengkaji sifat-sifat angin di kesemua stesen kaji cuaca di Sabah.



## 1.5 Skop kajian

Skop bagi kajian ini ialah keempat-empat stesen kaji cuaca yang ada di Sabah iaitu stesen kaji cuaca Kota Kinabalu, Kudat, Tawau dan Sandakan. Kesemua stesen kaji cuaca ini terletak di kawasan persisiran pantai dan membentuk satu lingkaran yang merangkumi keseluruhan negeri Sabah.



## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 Penggunaan tenaga angin di Sabah

Di Sabah, tenaga angin telah diaplikasikan tetapi belum lagi dimanfaatkan dengan sepenuhnya kerana kekurangan kepakaran di dalam membangunkan sistem penjana tenaga angin. Kajian yang dilaksanakan di Malaysia mendapati bahawa hanya beberapa tempat di Sabah yang berpotensi untuk menjanakan tenaga angin, salah satunya adalah pulau Terumbu Layang-Layang, Sabah (Utusan Malaysia, 1999) yang juga merupakan tempat pertama yang mempunyai sistem tenaga angin di Malaysia dan pulau Banggi iaitu pulau yang terbesar di Malaysia yang terletak di utara Sabah (Bernama, 2007). Sabah merupakan kawasan kepulauan yang sesuai untuk menjanakan tenaga angin terutamanya pada musim tengkujuh yang bermula pada bulan November hingga berakhir pada bulan Februari di mana pada masa itu kekuatan angin adalah sangat tinggi (Bernama, 2007). Kajian yang lebih terperinci berkaitan dengan tenaga angin ini haruslah dijalankan supaya tenaga ini boleh dimanfaatkan sepenuhnya di Sabah sebagai tenaga alternatif bagi kebaikan generasi yang akan datang.



## 2.2 Jenis-jenis turbin angin

Terdapat dua jenis turbin angin yang digunakan pada hari ini iaitu turbin angin paksi-melintang (*horizontal-axis*) dan turbin angin paksi-menegak (*vertical-axis*). Kebanyakan turbin angin yang digunakan pada hari ini adalah turbin angin jenis paksi-melintang. Turbin angin ini mempunyai bilah yang menyerupai kipas (*propellers*) yang mengerakan kapal terbang (Masters, 2004).

### 2.2.1 Turbin angin paksi melintang

Turbin angin paksi melintang atau *horizontal-axis wind turbines* (HAWT) mempunyai rotor utama dan penjanakuasa elektrik yang terletak di atas menara dan ianya mestilah ditujukan ke arah sumber angin. Turbin angin bersaiz kecil menggunakan bilah kipas yang ringkas manakala turbin angin bersaiz besar menggunakan sensor angin yang berpasangan dengan *servomotor*. Kebanyakan turbin angin jenis ini mempunyai kotak gear di mana ianya berfungsi untuk menggerakkan putaran rotor daripada kelajuan rendah kepada kelajuan yang lebih tinggi pada tahap yang bersesuaian untuk menghidupkan sistem penjanakuasa. Oleh kerana pada bahagian belakang menara akan mengalami keadaan angin yang tidak menentu turbin angin selalunya ditujukan pada arah atas angin (*upwind*) menara tersebut. Bilah turbin dibina kaku untuk mengelakkan bilah tersebut tertolak ke arah menara pada kelajuan angin yang tinggi dan bilah itu juga diletakkan pada kedudukan yang sesuai di hadapan menara dan kadang-kala sedikit condong.



Mesin yang ditujukan pada arah bawah angin (*downwind*) telah dibina walaupun mengalami masalah ketidaktentuan angin dan ianya tidak memerlukan sebarang gerakan mekanikal tambahan untuk mengekalkannya bergerak bersama-sama dengan angin dan pada kelajuan angin tinggi, bilah juga boleh dibengkokkan sedikit untuk mengurangkan kawasan yang disapu oleh bilah tersebut dan rintangan udaranya. Oleh kerana, ketidaktentuan angin menuju kepada kegagalan akibat keletihan mesin tersebut dan *reability* adalah sangat penting, kebanyakan HAWT adalah mesin yang ditujukan pada arah atas angin. Turbin angin paksi-melintang yang biasa mempunyai ketinggian 20 tingkat bangunan dan mempunyai jarak melintang 200 kaki. Turbin angin paksi-melintang yang terbesar ialah sebesar padang bola sepak, turbin angin yang tinggi dan luas memerangkap lebih banyak angin ( National Renewable Energy Laboratory, NREL).

Kelebihan turbin angin ini ialah ianya lebih stabil kerana bilah-bilahnya terletak di sisi pusat graviti. Ia juga mempunyai kelebihan bilah untuk melending bagi memberikan sudut yang paling baik untuk mengumpul kuasa angin pada tahap maximum pada masa siang hari dan juga semasa musim-musim tertentu. Ia juga mempunyai kelebihan untuk membaling(*pitch*) rotor bilah semasa ribut bagi mengurangkan kerosakan. Menara yang lebih tinggi terdedah dengan angin yang lebih kuat di tempat yang mempunyai kelajuan angin yang tinggi. Di lokasi tersebut, setiap tambahan ketinggian 10 meter bagi sebuah menara akan memberikan 20 peratus tambahan kuasa angin dan 34 peratus kuasa yang boleh dihasilkan.



Kekurangan bagi turbin HAWT ini ialah ianya sukar untuk beroperasi bila berada dekat pada permukaan bumi, keadaan angin adalah tidak menentu. Menara yang tinggi dan bilah yang panjang yang boleh mencapai 90 m adalah sangat sukar untuk dihantar melalui darat ataupun laut untuk ke satu-satu tempat. Pengangkutan sahaja mengambil 20 peratus daripada kos peralatan. HAWT yang tinggi adalah sukar untuk dipasang dan memerlukan kren yang sangat tinggi dan juga mahal serta memerlukan pekerja yang sangat mahir.

### 2.2.2 Turbin angin paksi menegak

Turbin angin paksi menegak ataupun *vertical-axis wind turbine* (VAWT) mempunyai bilah yang bergerak dari atas ke bawah dan kebanyakannya kelihatan seperti alat pemukul telur yang besar yang mempunyai hanya dua bilah sahaja, contohnya turbin angin Darrieus. Kelebihan bagi turbin angin jenis ini ialah ianya tidak perlu di tujukan ke arah sumber angin untuk membolehkan ianya berfungsi. Ini adalah satu kelebihan bagi tempat yang mempunyai sumber angin yang tidak mempunyai arah angin yang tetap. Turbin angin ini boleh mengumpulkan kuasa angin daripada arah yang berlainan.

Penjana kuasa dan kotak gear boleh diletakkan berhampiran dengan permukaan bumi jadi menara tersebut tidak perlulah menanggung kedua-dua peralatan tersebut dan ini juga sangat memudahkan kerja-kerja pembaikan. Turbin jenis ini adalah sangat susah untuk dipanjat di atas menara dan kerana itulah ianya kerap dipasang dekat dengan permukaan bumi ataupun di atas bumbung. Kelajuan angin adalah sangat rendah pada



ketinggian yang rendah jadi ini akan menyebabkan hanya sedikit kuasa angin yang dapat dihasilkan. Aliran udara berdekatan dengan permukaan bumi juga akan menghasilkan pergerakan udara yang tidak menentu dan ini akan menyebabkan gegaran dan bunyi bising. Walau bagaimanapun apabila turbin diletakkan di atas bumbung bangunan selalunya bangunan tersebut akan menyebabkan angin bertiup tepat kepada turbin dan juga menambah dua kali ganda kelajuan angin yang menghala kepada turbin tersebut. Turbin angin jenis ini kebiasaannya, mempunyai ketinggian 100 kaki dan luas 50 kaki dan jarang digunakan.

Kelebihan turbin angin ini ialah ianya tidak perlu ditujukan ke arah sumber angin dan boleh mengumpul kuasa angin dari mana-mana arah sekalipun. Kerja-kerja pembaikan senang untuk di jalankan kerana ianya dibina dekat dengan permukaan bumi. Oleh kerana bilah rotor adalah menegak, peralatan rawang (*yaw*) tidak diperlukan dan sekaligus mengurangkan kos pembinaan. Turbin angin jenis ini berpotensi untuk dibina pada saiz yang lebih besar berbanding turbin angin paksi melintang dan ini akan memberikan tenaga yang lebih banyak. Tidak memerlukan menara yang berdiri dan ini akan lebih murah berbanding dengan turbin angin paksi menegak.

Kekurangan turbin angin jenis ini ialah hanya boleh membekalkan tenaga elektrik 50 peratus daripada tenaga elektrik yang dibekalkan oleh turbin angin paksi menegak. Hanya boleh dibina pada permukaan bumi yang rata. Kebanyakan turbin angin jenis ini memerlukan tenaga untuk menggerakkan *torque*.





## RUJUKAN

- Ackermann, T. 2005. *Wind power in power system*. John Wiley & Son, Chichester.
- Ahmed Shata, A. S. & Hanitsch, R. 2006. Evaluation of wind energy potential and electricity generation on the coast of Mediterranean Sea in Egypt. *Renewable Energy*. Vol 31. ms 1183-1202
- Ahmed Shata, A. S. & Hanitsch, R. 2006. The potential of electricity generation on the east coast of Red Sea in Egypt. *Renewable Energy*. Vol 31. ms 1597-1615
- Akapinar, K. E. & Akapinar, S. 2005. An Assessment on the seasonal analysis of wind energy characteristics and wind turbine characteristics. *Energy Conversion and Management*. Vol 46. ms 1848-1867
- Akapinar, K. E. & Akapinar, S. 2007. Wind Energy analysis based on the maximum entropy principle (MEP)-type distribution function. *Energy Conversion and Management*. Vol 48. ms 1140-1149
- Bagiorgas, H. S., Assimakopoulos, M. N., Theoharopoulos, D., Matthopoulos, D. & Mihalakakou, G. K. 2007. Electricity Generation using wind energy conversion systems in the area of Western Greece. *Energy Conversion and Management*. Vol 48. ms 1640-1655
- BBC News, 2005. UK 'has high-quality wind supply'. *BCC News*, 14 November
- Berita Harian. 2002. Sumber tenaga yang diperbaharui lebih mesra alam. *Berita Harian*, 2 Februari.
- Bernama. 2007. PM: Jadikan angin, suria sumber tenaga di kawasan terpencil, *Berita Harian*, 11 Ogos



- Eskin, N., Artar, H. & Tolun, S. 2008. Wind energy potential of Gökçeada Island in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 12. ms 839-851
- Gokcek, M., Bayulken, A. & Sukru, B. 2007. Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Kirklareli, Turkey. *Renewable Energy*. Vol 32, ms.1739-1752
- Hj. Abas Ab. Wahab., Mohammad Fadhil Abas. & Mohamad Hafiz Ismail. 2004. *Membangunkan peta angin Sabah dan Serawak*. Unversiti Teknologi Malaysia.
- Masters, G. M. 2004. *Renewable and efficient electric power system*. John Wiley & Son, New Jersey.
- National Renewable Energy Laboratory (NREL) , *Wind Turbine Design Cost and Scaling Model* <http://www.nrel.gov/docs/fy07osti/40566.pdf>
- Ooi, J.J. 1979. *Semenanjung Malaysia*. Longman, Shah Alam
- Persaud, S., Flynn, D. & Fox, B. 1999. Potential for wind generation on the Guyana coastlands. *Renewable Energy*. Vol 18. ms 175-189
- Şahin, A.Z. & Aksakal, A.1998. Wind power energy potential at the Northeastern region of Saudi Arabia. *Renewable Energy*. Vol 14. ms 435-440
- Strahler, A.N. 1978. *Geografi Fizikal*. John Wiley and Sons, Kuala Lumpur.
- Trewartha, G.T. 1980. *Mengenal Iklim*. DBP, Kuala Lumpur
- Utusan Malaysia. 1999. Tenaga angin, Alternatif sumber tenaga negara. *Utusan Malaysia*, 19 April.



Zhou, W., Yang, H. X. & Fang, Z. H. 2006. Wind Power Potential and Characteristic Analysis of the Pearl River Delta region, China. *Renewable Energy*. Vol 31. ms 739-753

