

**KAJIAN AWAL PENGHASILAN ELEKTRIK
DARIPADA SUMBER ANGIN DI NEGERI SABAH**

SITI KARTINI BINTI ALI ASHGAR

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK SYARAT
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA SAINS
(PENGURUSAN PERSEKITARAN)**

**SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2010**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS®

JUDUL: KAJIAN AWAL PENGHASILAN ELEKTRIK DARIPADA SUMBER
ANGIN DI NEGERI SABAH

IJAZAH: SARJANA SAINS (PENGURUSAN PERSEKITARAN)

SAYA SITI KARTINI BINTI ALI ASHGAR SESI PENGAJIAN: 2009/2010

(HURUF BESAR)

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:

PETI SURAT 1444,

88850 KOTA KINABALU,

SABAH.

PROF. MADYA DR. ABDULLAH CHIK

Nama Penyalia

Tarikh: 23 JULAI 2010

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 atau TERHAD.

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



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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

05 MAC 2010


SITI KARTINI BINTI ALI ASHGAR
PS20088082

PENGESAHAN

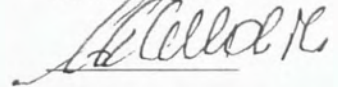
NAMA : SITI KARTINI BINTI ALI ASHGAR
NO. MATRIK : PS20088082
TAJUK : KAJIAN AWAL PENGHASILAN ELEKTRIK DARIPADA
SUMBER ANGIN DI NEGERI SABAH
IJAZAH : SARJANA SAINS (PENGURUSAN PERSEKITARAN)
TARIKH VIVA : 16 MAC 2010

DISAHKAN OLEH

1. PENYELIA

Prof. Madya Dr. Abdullah Chik

Tandatangan



2. PENYELIA BERSAMA

Dr. Justin Sentian

Tandatangan



PENGHARGAAN

Bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan izin-Nya dapatlah saya menyiapkan projek penyelidikan dan penulisan disertasi ini hingga akhirnya. Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga saya tujukan khas buat Prof. Madya Dr. Abdullah Chik, selaku penyelia projek saya ini yang telah banyak memberikan kata-kata nasihat, sokongan, teguran dan tunjuk ajar yang amat berguna selama saya menjalankan projek ini. Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada Dr. Justin Sentian selaku penyelia kedua saya untuk menyiapkan disertasi ini.

Ribuan terima kasih diucapkan kepada Cik Farrah Anis Fazliatul Adnan selaku penyelarass Program Pascasiswazah Sekolah Sains dan Teknologi yang banyak memberi panduan dan pertolongan dalam prosedur menyiapkan disertasi ini. Setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada En. Handary Jamali daripada Jabatan Meteorologi Malaysia Cawangan Sabah dan Pn. Chenderamata Sinteh (Pengurus Kanan Komunikasi Korporat) serta Cik Tracy Gualin (Jurutera Elektrik) daripada Sabah Electricity Sdn. Bhd (SESB) di atas kerjasama mereka untuk memberikan data-data yang diperlukan untuk kajian ini.

Tidak dilupakan juga ucapan berbanyak terima kasih ditujukan kepada kedua ibu bapa saya Encik Ali Ashgar @ Aliasgar Basri dan Puan Jumiah Ele dalam memberi sokongan moral kepada saya. Ucapan terima kasih juga saya rakamkan kepada suami saya, Encik Matnan Njomba yang tidak pernah mengenal erti lelah membantu saya serta memberi teguran yang membina. Penghargaan juga kepada adik beradik saya, Mohd. Idzwan Ashgar, Putri Irdawaty, Intan Zahreeanne dan Ummy Deeyanna di atas sokongan dan dorongan dalam membantu saya menyiapkan disertasi ini.

Tidak dilupakan juga buat rakan seperjuangan yang telah banyak memberi sokongan dan saling bertolak ansur semasa menyiapkan projek disertasi masing-masing. Sekalung penghargaan diucapkan buat semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan kepada saya samaada secara langsung atau tidak langsung.

Segala sokongan, bantuan, tunjuk-ajar dan kerjasama yang telah diberikan kepada saya selama menjayakan projek ini amatlah saya hargai. Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

KAJIAN AWAL PENGHASILAN ELEKTRIK DARIPADA SUMBER ANGIN DI NEGERI SABAH

Kajian ini memfokuskan kepada purata kelajuan angin yang terhasil di beberapa stesen utama di negeri Sabah iaitu stesen Kota Kinabalu, Sandakan, Tawau dan Kudat. Purata kelajuan angin diperolehi daripada Jabatan Meteorologi Malaysia Cawangan Sabah merupakan data-data daripada tahun 1998 sehingga tahun 2009. Daripada data-data tersebut, penghasilan elektrik dapat ditentukan menggunakan rumus pengiraan kuasa angin. Beberapa faktor yang dikaji ialah penggunaan elektrik sepanjang tahun 2009 bagi sesuatu kawasan kediaman dan kawasan perindustrian serta bilangan turbin yang diperlukan untuk memenuhi keperluan penggunaan elektrik tersebut. Kos penyelenggaraan dan pemasangan turbin juga dikaji serta perbandingan juga dibuat untuk kos pembinaan penjanaan elektrik yang lain. Kos pembinaan per kuasa (watt) bagi setiap penjana elektrik juga diperolehi. Keputusan menunjukkan bahawa penggunaan turbin angin berkuasa rendah adalah sesuai digunakan di kawasan kediaman disebabkan purata halaju angin yang sesuai di keempat-empat kawasan tersebut manakala penggunaan turbin angin berkuasa tinggi tidak sesuai digunakan di kawasan perindustrian disebabkan purata halaju angin yang kebanyakannya tidak dapat menampung turbin tersebut. Daripada segi keluasan tanah, pembinaan ladang angin memerlukan kawasan yang besar bagi menampung jumlah keseluruhan tenaga elektrik kawasan kediaman sekiranya hanya satu(1) ladang angin yang dibuat bagi sesuatu stesen, contohnya 0.45 km² untuk stesen Kota Kinabalu, 0.03 km² untuk stesen Kudat, 0.13 km² untuk stesen Sandakan dan 0.27 km² untuk stesen Tawau. Bagi kos pembinaan penjanaan elektrik per kuasa (watt), pembinaan turbin angin menggunakan kos yang sangat tinggi iaitu RM111,397 per watt manakala bagi penjanaan elektrik projek Hidro Elektrik Bakun sebanyak RM3,281 per watt dan penjanaan loji batu arang, Lahad Datu sebanyak RM3,333 per watt. Kesimpulannya, penggunaan turbin angin di kawasan kediaman dan perindustrian adalah tidak sesuai memandangkan kelajuan angin yang rendah hanya bersesuaian dengan penggunaan turbin angin berkuasa rendah, penggunaan kawasan tanah yang besar dan kos per unit tenaga watt yang tinggi jika dibandingkan dengan loji hidro dan arang batu.

ABSTRACT

This study focused on the average wind speed resulting in several major stations in Sabah, which are Kota Kinabalu, Sandakan, Tawau and Kudat. Average wind speed obtained from the Sabah Branch of Malaysian Meteorological Department were the data from year 1998 until 2009. From these data, the production of electricity can be determined using wind power formula calculation. Several factors studied were the use of electricity during the year 2009 for a residential and industrial areas also the number of turbines needed to meet the needs of the electricity consumption. The cost of maintenance and installation of the turbine were also studied and comparison made for construction costs of other electricity generation. Construction costs per power (watts) for each generator were also obtained. Results showed that the use of low-power wind turbines were suitable for used in residential areas because the average wind speed is appropriate in the four areas meanwhile the use of high-power wind turbines were not suitable for used in industrial areas because the average wind velocity that is cannot accommodate the turbines. In terms of land area, construction of wind farms require large areas to cover the total amount of electricity residential areas where only one(1) farm wind made for a station, for an example 0.45 km² for Kota Kinabalu station, 0.03 km² for Kudat station, 0.13 km² for Sandakan station and 0.27 km² Tawau station. For the construction of electricity generating costs per power (watt), the construction of wind turbines with a very high cost of RM111,397 per watt, while for electricity generation project of the Bakun Hydro Electric RM3, 281 per watt, and the generation of coal plants, Lahad Datu, RM3, 333 per watt. In conclusion, the use of wind turbines in residential and industrial areas are not suitable as a low wind speed is only appropriate for use of low-power wind turbines, the use of large land area and cost per unit of energy watt that is high when compared to hydro and coal plants.

SENARAI KANDUNGAN

Halaman

TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI GAMBAR	ix
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xiii

BAB 1 : PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	2

BAB 2 : KAJIAN LITERATUR

2.1 Turbin Angin	3
2.2 Penghasilan Elektrik Daripada Turbin Angin	3
2.3 Jenis-Jenis Turbin Angin	5
2.3.1 Turbin Angin Berpaksi Menegak	5
2.3.2 Turbin Angin Berpaksi Mengufuk	7
2.4 Impak Ke Atas Persekitaran Bagi Penggunaan Turbin Angin	8
2.5 Penjanaan Tenaga Mikro Menggunakan Turbin Angin	8
2.6 Kajian Pelaksanaan Penggunaan Turbin Angin di Malaysia	10

BAB 3 : METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data	12
3.2 Kaedah Analisis	13

BAB 4 : KEPUTUSAN

4.1 Pemilihan Turbin	
4.1.1 Turbin Angin Bergenerator Rendah (400W)	15
4.1.2 Turbin Angin Bergenerator Tinggi (2000 Watt)	17
4.2 Data Penghasilan Kuasa Elektrik Bagi Beberapa Bandar di Sabah	
4.2.1 Penghasilan Elektrik Menggunakan Turbin Bergenerator Kecil	18
4.2.2 Penghasilan Elektrik Menggunakan Turbin Bergenerator Besar	37
4.3 Pembinaan Ladang Turbin memenuhi keperluan beberapa kawasan di Sabah	43
4.4 Kesesuaian Jenis Turbin Untuk Digunakan di Sabah	44
4.5 Luas Cadangan Turbin Yang Diperlukan	45

BAB 5 : ANALISIS PERBINCANGAN

5.1	Penghasilan Kuasa Elektrik	48
5.2	Kesesuaian Penggunaan Turbin	54
5.3	Pembinaan Ladang Angin	55
5.4	Kesesuaian Pembinaan Turbin Angin Daripada Aspek Kos per Kuasa (Watt)	57

BAB 6: KESIMPULAN DAN CADANGAN

6.1	Kesimpulan	58
6.2	Cadangan	59

RUJUKAN

61

LAMPIRAN

63

SENARAI GAMBAR

	Halaman
Plat 2.1 : Turbin Angin Berpaksi Mengufuk	7
Plat 4.1 : Turbin Angin Berpaksi Horizontal Model FY-400W	15
Plat 4.2 : Turbin Angin Berpaksi Mengufuk Model SV-2K daripada Syarikat ZhangZhou Saiam	17

SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 4.1 : Parameter Teknikal Bagi Turbin Angin Yang Telah Dipilih	16
Jadual 4.2 : Spesifikasi dan Parameter Teknikal Turbin Angin Model SV-2KW	18
Jadual 4.3 : Purata Penghasilan Elektrik (Watt) Bagi Kawasan Kediaman di Kota Kinabalu	19
Jadual 4.4 : Penghasilan Elektrik (Watt) Maksimum dan Minimum Untuk Jangkamasa Sebelas (11) tahun (1999-2009) di Kota Kinabalu	22
Jadual 4.5 : Purata Penghasilan Elektrik (Watt) Bagi Kawasan Kediaman Kudat	23
Jadual 4.6 : Penghasilan Elektrik (Watt) Maksimum dan Minimum Untuk Jangkamasa Sebelas (11) tahun (1999-2009) di Kudat	26
Jadual 4.7 : Purata Penghasilan Elektrik (Watt) Bagi Kawasan Kediaman Sandakan	27
Jadual 4.8 : Penghasilan Elektrik (Watt) Maksimum dan Minimum Untuk Jangkamasa Sebelas (11) tahun (1999-2009) di Sandakan	30
Jadual 4.9 : Purata Penghasilan Elektrik (Watt) Bagi Kawasan Kediaman Tawau	31
Jadual 4.10 : Penghasilan Elektrik (Watt) Maksimum dan Minimum Untuk Jangkamasa Sebelas (11) tahun (1999-2009) di Tawau	34
Jadual 4.11 : Penggunaan Elektrik Bagi Kediaman Bagi Empat(4) Kawasan Di Sabah (kWh) pada tahun 2009	35
Jadual 4.12 : Purata Penghasilan Elektrik (Watt) Bagi Kawasan Perindustrian di Kota Kinabalu	37
Jadual 4.13 : Purata Penghasilan Elektrik (Watt) Bagi Kawasan Perindustrian di Kudat	38

Jadual 4.14 : Purata Penghasilan Elektrik (Watt) Bagi Kawasan Perindustrian di Sandakan	39
Jadual 4.15 : Purata Penghasilan Elektrik (Watt) Bagi Kawasan Perindustrian di Tawau	40
Jadual 4.16 : Penggunaan Elektrik Bagi Perindustrian Bagi Empat (4) Kawasan Di Sabah (kWh) Pada Tahun 2009	41
Jadual 4.17 : Jumlah Penggunaan Turbin Pada Empat(4) Kawasan Kediaman Dan Perindustrian	43
Jadual 4.18 : Jumlah Penghasilan Elektrik (Watt) bagi Empat(4) Kawasan Kediaman dan Perindustrian	44
Jadual 4.19 : Cadangan Penggunaan Kawasan (Km2) Untuk Pembinaan Ladang Angin	46
Jadual 4.20 : Jumlah Harga Bagi Penggunaan Kawasan Untuk Pembinaan Ladang Angin	47
Jadual 5.1 : Peratusan Perbezaan Penghasilan Elektrik (Watt) Maksimum dan Minimum Untuk Jangkamasa Sebelas(11) tahun (1998-2009) di Kota Kinabalu	49
Jadual 5.2 : Peratusan Perbezaan Penghasilan Elektrik (Watt) Maksimum dan Minimum Untuk Jangkamasa Sebelas(11) tahun (1998-2009) di Kudat	50
Jadual 5.3 : Peratusan Perbezaan Penghasilan Elektrik (Watt) Maksimum dan Minimum Untuk Jangkamasa Sebelas(11) tahun (1998-2009) di Sandakan	51
Jadual 5.4 : Peratusan Perbezaan Penghasilan Elektrik (Watt) Maksimum dan Minimum Untuk Jangkamasa Sebelas(11) tahun (1998-2009) di Tawau	52
Jadual 5.5 : Bilangan Turbin Yang Diperlukan Bagi Sesebuah Rumah	54
Jadual 5.6 : Kos Pemasangan Turbin Bagi Sesebuah Rumah (RM)	55
Jadual 5.7 : Kos Pembinaan Ladang Turbin (<i>Wind Farm</i>) di Kawasan Kediaman	56
Jadual 5.8 : Perbandingan Kos Pembinaan bagi Beberapa Jenis Penjanaan Elektrik	56

SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 4.1 : Penghasilan Elektrik (Watt) Melawan Tahun Di Kota Kinabalu	19
Rajah 4.2 : Penghasilan Elektrik (Watt) Melawan Tahun Di Kudat	23
Rajah 4.3 : Penghasilan Elektrik (Watt) Melawan Tahun Di Sandakan	27
Rajah 4.4 : Penghasilan Elektrik (Watt) Melawan Tahun Di Tawau	31
Rajah 4.5 : Penggunaan Elektrik (kWh) Melawan Bulan Pada Tahun 2009 di Kawasan Kediaman	36
Rajah 4.6 : Penggunaan Elektrik (kWh) Melawan Bulan Pada Tahun 2009 di Kawasan Perindustrian	42
Rajah 4.7 : Bilangan Turbin Bagi Penggunaan Kediaman dan Perindustrian Bagi Empat(4) Kawasan	44
Rajah 4.8 : Penghasilan Elektrik (Watt) di Empat (4) Kediaman dan Perindustrian	45
Rajah 5.1 : Peratusan(%) Perbezaan Penghasilan Elektrik (W) Maksimum dan Minimum di Empat(4) Kawasan	53

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Angin telah digunakan sebagai salah satu sumber tenaga untuk menjanakan kuasa elektrik. Kuasa angin telah digunakan untuk menghasilkan elektrik dengan penggunaan turbin angin. Kajian ini memfokuskan kepada purata kelajuan angin yang terhasil di beberapa stesen utama di negeri Sabah iaitu stesen Kota Kinabalu, Sandakan, Tawau dan Kudat. Purata kelajuan angin diperolehi daripada Jabatan Meteorologi Malaysia Cawangan Sabah merupakan data-data daripada tahun 1998 sehingga tahun 2009. Daripada data-data tersebut, penghasilan elektrik dapat ditentukan menggunakan beberapa rumus pengiraan kuasa angin. Penggunaan turbin angin di kawasan perumahan atau penempatan penduduk akan membolehkan penduduk mendapatkan sumber tenaga elektrik yang lebih murah dan selamat dalam jangka masa yang akan datang. Bagi negara-negara maju, mereka telah mula membangunkan turbin angin bagi menghasilkan elektrik kerana ianya dapat menjimatkan kos seharian.

Kebergantungan kepada sumber-sumber tenaga penjana elektrik sedia ada (yang menyumbang kepada pencemaran persekitaran) perlu dikurangkan kerana lama-kelamaan sumber-sumber tersebut akan pupus. Gas sampingan akibat penggunaan sumber-sumber ini seperti karbon dioksida juga telah terbukti turut menyumbang kepada penipisan lapisan ozon yang melindungi hidupan-hidupan daripada sinaran berbahaya ultraviolet matahari. Pengenalpastian kawasan-kawasan yang menerima angin yang maksima seperti di pulau-pulau serta pesisiran pantai perlu dilaksanakan bagi menampung keperluan tenaga tersebut di masa depan.

Penerokaan teknologi tenaga hijau seperti ini juga akan dapat melatih pakar-pakar tempatan yang kelak akan dapat menyumbangkan kepakaran mereka bukan sekadar di dalam negara bahkan secara global. Di samping itu, kita akan



dapat menandingi negara-negara tertentu di dalam pengeluaran peralatan-peralatan teknologi ini seperti turbin, kipas angin dan sebagainya.

1.2 Objektif Kajian

- a) Mengkaji penghasilan tenaga elektrik daripada purata kelajuan angin untuk beberapa tahun iaitu tahun 1998 sehingga 2009 di beberapa lokasi.
- b) Mengkaji realistik penggunaan turbin angin di Negeri Sabah bagi kawasan perumahan dan perindustrian dengan menggunakan 2 jenis motor untuk turbin angin.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Turbin Angin

Turbin angin merupakan alat yang digunakan untuk menjanakan tenaga elektrik iaitu mengubah tenaga kinetik kepada tenaga mekanikal dan kepada tenaga elektrik. Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah tenaga kinetik daripada angin berubah kepada tenaga mekanikal pada turbin kemudian putaran bilah digunakan untuk menggerakkan generator dan akhirnya akan menghasilkan elektrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat adalah untuk membantu para petani dalam melaksanakan kerja-kerja penggilingan padi, membajak tanah, menghancurkan biji-bijian, menimba air bagi mengairi sawah dan sebagainya.

Pada masa dahulu, turbin angin banyak dibina di Denmark, Belanda dan negara-negara Eropah yang lebih dikenal dengan 'Windmill'. Pada masa kini, turbin angin lebih banyak digunakan dalam keperluan masyarakat amnya iaitu dengan menggunakan prinsip penukaran tenaga dan menggunakan sumber semulajadi alam yang dapat diperbaharui iaitu angin. Walaupun sehingga kini penggunaan turbin angin masih belum dapat menyaingi penjanaan elektrik konvensional namun turbin angin masih boleh dikembangkan disebabkan sumber semulajadi yang tidak dapat diperbaharui contohnya arang batu dan minyak yang biasanya digunakan untuk menghasilkan elektrik akan berkurangan dan harga minyak tersebut meningkat (Peter, 2008).

2.2 Penghasilan Elektrik Daripada Turbin Angin

Pergerakan tenaga angin berlaku berdasarkan prinsip perubahan tenaga kinetik angin sebelum dan setelah melalui turbin angin. Ketika melalui turbin angin, angin mengalami pengurangan tenaga kinetik iaitu berkurangnya kelajuan putaran turbin.



Tenaga kinetik yang hilang ini diubah menjadi tenaga mekanikal yang memutarakan turbin angin, turbin angin ini bersambung dengan rotor dari generator. Generator mengubah tenaga mekanikal kepada tenaga elektrik.

Elektrik dihasilkan dengan gumpalan wayar yang berputar (rotor) 'membelah' medan elektrik (stator). Dengan mengambil kira prinsip elektromagnet (Hukum Faraday dan Hukum Lenz), interaksi antara wayar bergerak dengan medan elektrik akan menghasilkan 'potential' (V). Kesan ini akan menyebabkan arus elektrik akan mengalir melalui konduktor. Untuk menghasilkan pusingan rotor, rotor disambungkan dengan bilah-bilah turbin yang disusun dengan cara yang tertentu agar penggerak perdana seperti gas, stim atau air boleh menggerakkan turbin tersebut.

Kuasa sebenar bagi sesuatu turbin adalah bergantung pada beberapa faktor seperti jenis mesin, rotor yang digunakan, rekabentuk bilah, kehilangan geseran dan kehilangan pada turbin atau kelengkapan yang bersambung pada turbin angin. Terdapat juga penghad fizikal kepada jumlah kuasa yang boleh sebar secara realistik daripada angin.

Formula untuk kuasa angin yang dihasilkan oleh turbin angin adalah :

$$P_m = 0.5 \times \rho \times A \times V^3$$

Di mana,

- P_m : Kuasa (watts) yang terdapat daripada turbin angin
- ρ : Ketumpatan udara (kg/m^3), (lebih kurang 1.225 kg/m^3 pada paras laut)
- A : Luas kawasan yang dirangkumi rotor (m^2)
- V : Kelajuan Angin (m/s).

(Reuk, 2009 ; Bagiorgas *et. al*, 2006)

2.3 Jenis-Jenis Turbin Angin

Turbin angin terbahagi kepada dua(2) iaitu (Mertens, 2002 ; Emma, 2006 ; Edwards, 1986):

1. Turbin angin berpaksi menegak
2. Turbin angin berpaksi mengufuk

2.3.1 Turbin angin berpaksi Menegak

Turbin angin yang digunakan pertama adalah turbin angin berpaksi menegak yang direka di timur Parsi seperti yang dicatatkan oleh ahli geografi Parsi Estakhri pada kurun ke-9 (Petherbridge, 1978 ; Hassan dan Hill, 1986). Ia dibina daripada 6 hingga 12 layar yang menggunakan anyaman mensiang atau kain. Turbin angin ini digunakan untuk mengisar jagung atau mengepam air dan ia sangat berbeza dengan pembinaan turbin angin di Eropah selepas itu. Ia digunakan secara meluas di seluruh pelosok Khilafah pada kurun ke-9 dan tersebar ke Eropah melalui Sepanyol Islam (Farrokh, 2007). Jenis yang serupa bagi kincir angin berpaksi menegak dengan bilah-bilah segi empat tepat yang digunakan untuk tujuan pengairan. Ia juga dapat ditemui di China pada kurun ke-13 (semasa pemerintahan Dinasti Jurchen Jin di utara) dan diperkenalkan oleh pengembaraan Yelu Chucai ke Turkestan pada tahun 1219.

Turbin angin berpaksi menegak memiliki rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak perlu diarahkan ke angin untuk berputar. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang mempunyai arah angin berubah-ubah. Turbin jenis ini mampu menggunakan angin dari berbagai arah. Dengan paksi yang menegak, 'generator' serta 'gearbox' boleh ditempatkan berhampiran dengan tanah, oleh itu menara tidak diperlukan sebagai sokongan dan ia lebih mudah diakses untuk penyelenggaraan.

a) Kelebihan Turbin Angin Berpaksi Menegak

Turbin angin berpaksi menegak tidak memerlukan struktur menara yang besar dan mudah untuk diselenggara. Rekabentuknya berbilah lurus dengan potongan melintang berbentuk kotak atau empat perseg panjang memiliki kawasan tiupan

yang lebih besar daripada kawasan tiupan bagi turbin angin berpaksi mengufuk. Turbin angin berpaksi menegak juga memiliki kelajuan awal angin yang lebih rendah daripada turbin angin berpaksi mengufuk. Biasanya turbin angin berpaksi menegak mulai menghasilkan elektrik pada 10km/jam (6 m.p.h.) (Kanellos dan Hatziargyriou, 2008 ; Mozammel, 1978 ; Mutschler, dan Hoffmann, 2001 ; Yeh dan Wang, 2008 ; Yigang dan Zhixin, 2008).

Selain itu, turbin angin berpaksi menegak biasanya memiliki '*tip speed ratio*' yang lebih rendah. '*Tip speed ratio*' adalah perbandingan antara kelajuan putaran dari ujung sebuah bilah dengan laju sebenar angin. Ia boleh didirikan pada mana-mana lokasi dan posisinya tidak perlu diubah jika arah angin berubah. Kincir pada turbin angin berpaksi menegak mudah dilihat dan burung dapat mengelak daripada melanggarnya.

b) Kekurangan Turbin Angin Berpaksi Menegak

Manakala kekurangan turbin angin berpaksi menegak ialah kebanyakan turbin tersebut menghasilkan tenaga hanya 50% daripada keefisyenan turbin angin berpaksi mengufuk disebabkan '*drag*' tambahan yang dimiliki ketika turbin berputar. Ia juga mempunyai '*tork*' awal yang rendah, dan memerlukan tenaga untuk memulakan putaran. Sebuah turbin angin berpaksi menegak yang menggunakan kabel untuk menyokongnya memberi tekanan pada dasar kerana semua berat rotor dibebankan pada '*padding*'. Kabel yang disambungkan pada '*padding*' akan meningkatkan daya tolakan ke bawah ketika angin bertiup.

2.3.2 Turbin Angin Berpaksi Mengufuk



Plat 2.1 : Turbin angin Berpaksi Mengufuk

Turbin angin berpaksi mengufuk mempunyai rotor utama dan generator elektrik di atas menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah bilah angin yang sederhana, manakala sebuah turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin bersama dengan sebuah servo motor. Ia dilengkapi sebahagian besar dengan sebuah '*gearbox*' yang mengubah putaran turbin yang perlahan untuk menjadikan putaran lebih cepat. Disebabkan sebuah menara menghasilkan '*turbulence*' di bahagian belakang, turbin biasanya dipasang melawan arah angin menara. Bilah-bilah turbin dipasang kaku agar dapat menghalang daripada terlepas daripada menara yang disebabkan angin kuat.

Disebabkan '*turbulence*' menyebabkan kerosakan struktur menara, maka kebanyakan turbin angin berpaksi mengufuk merupakan mesin '*upwind*' (melawan arah angin). Walaupun menghadapi masalah '*turbulence*', mesin '*downwind*' (mengikut arah angin) juga dibina kerana ia tidak memerlukan mekanisma tambahan agar ia dapat berputar searah dengan angin. Ketika angin kencang, bilah-bilahnya boleh melekok untuk mengurangkan kawasan tiupan dan mengurangkan rintangan angin (Gerald *et. al*, 2009).

a) Kelebihan Turbin angin berpaksi mengufuk

Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbezaan antara halaju dan arah angin

antara dua titik). Di setiap lokasi geseran angin, pada setiap sepuluh meter ke atas, kelajuan angin meningkat sebanyak 20%.

b) Kelemahan Turbin angin berpaksi mengufuk

Menara yang tinggi serta bilah yang panjangnya mencapai 90meter sukar untuk diangkut dan sukar dipasang. Struktur menara yang besar diperlukan untuk menyokong bilah-bilah yang berat, gearbox, dan generator. Turbin angin berpaksi mengufuk yang tinggi boleh mempengaruhi radar lapangan terbang dan akan mengganggu pemandangan landskap.

2.4 Impak Ke Atas Persekitaran Bagi Penggunaan Turbin Angin

Walaupun turbin-turbin angin yang besar itu berpotensi menampung keperluan tenaga elektrik dan mengurangkan kadar pencemaran udara, namun beberapa pihak telah menyuarakan kebimbangan terhadap perlaksanaannya. Daripada segi kos pengeluaran, dikhuatiri kadar yang akan dikenakan kepada pengguna akan jauh lebih tinggi jika dibandingkan ditanggung sekarang. Ini adalah berdasarkan kepada pelaburan besar yang akan dikaut balik oleh pihak-pihak pemaaju melalui jualan tenaga elektrik kepada pengguna kelak. Selain daripada itu, terdapat ramai aktivis persekitaran yang khuatir tentang impak visual beribu-ribu menara turbin angin ke atas landskap pesisiran pantai serta kesan kitaran kipas-kipas besar terhadap haiwan seperti burung dan hidupan-hidupan laut. Kebimbangan ditimbulkan juga oleh pihak-pihak tertentu tentang kesan teknologi ini yang akan mengganggu gelombang radar, signal radio, televisyen dan sistem telefon bimbit, terutamanya di kawasan-kawasan yang terbabit dengan program tenaga hijau ini (Bishop dan Miller, 2006).

2.5 Penjanaan Tenaga Mikro Menggunakan Turbin Angin

Penjanaan tenaga mikro merupakan sesuatu proses alternatif ke atas penghasilan tenaga pada skala kecil untuk membekalkan permintaan tenaga yang memerlukan penggunaan yang rendah pada bangunan seperti 'dwelling' di mana pengurangan penggunaan tenaga seperti arang batu, minyak ataupun gas. Pada masa kini, tenaga angin merupakan salah satu industri yang berkembang cepat di dalam sektor pembaharuan tenaga. Pada pasaran angin, EU telah berkembang pada 6%

pada tahun 2005 dan kapasiti yang dibina telah melebihi target 40GW yang telah diset oleh European Commission White Paper (1997).

Sebelum ini, kebanyakan turbin angin mikro telah dipasang untuk tujuan pendidikan (sekolah dan pusat alam sekitar) dan terdapat sedikit sistem tempatan yang telah wujud terutamanya dalam kawasan bandar. Turbin angin berpaksi menegak berjulat 2.5-2.0 kW lebih banyak dibina berbanding jenis turbin yang lain. Walaubagaimanapun, baru-baru ini industri turbin angin kecil telah bermula dan memfokuskan kepada pembinaan bangunan yang diintegrasikan dengan turbin angin berskala kecil ($<1.5\text{kW}$) di mana ia dipasang pada bumbung bagi kegunaan domestik di dalam sesuatu bangunan. Teknologi tersebut telah member respon positif samada daripada orang awam ataupun sektor swasta di mana mereka telah menghasilkan sendiri turbin angin (*do it your self*) tersebut di United Kingdom (Peacock *et.al*, 2008).

Kerajaan United Kingdom lebih mengutamakan pengaplikasian teknologi penjanaan mikro melalui pembinaan bangunan dengan target penghasilan CO_2 pada bangunan baru pada tahun 2016. Kerajaan UK telah melancarkan program LCBP (*Low Carbon Building Programme*). Beberapa geran telah disediakan kepada pemilik rumah yang ingin membeli turbin angin mikro bagi penggunaan domestic. Geran tersebut merangkumi teknologi penghasilan mikro solar '*photovoltaics*' (PV), turbin angin, hidro mini, solar termal pemanasan air dan tenaga bio.

Terdapat beberapa halangan untuk mengintegrasikan turbin angin mikro dengan bangunan. Halangan tersebut seperti kaedah pemasangan, kaedah 'mounting', gegaran, kebisingan, warna dan pantulannya dan gangguan elektrik, kerosakan fizikal dan hentaman burung atau binatang. Aplikasi angin untuk menghasilkan tenaga elektrik bertambah pada tahun 1970 dan penghasilan tenaga tanpa minyak menjadi isu utama. Tenaga angin telah dijana menggunakan turbin mikro (100-150kW) di USA pada tahun 1980 dan usaha tersebut tidak berjaya (Peter, 2008). Pertumbuhan industri angin yang lebih moden dikenalpasti apabila produk turbin (1-5MW) dibina.

UK mempunyai sumbangan yang penting dalam penyelidikan dan pembangunan tenaga angin dalam merekabentuk turbin yang inovatif, mempunyai ciri-ciri bilah aerodinamik, menggunakan bahan termaju, kawalan turbin yang baik dan teknologi pemasangan 'onshore' dan 'offshore' yang baik. Kebanyakan kerja-kerja tersebut dibiayai oleh kerajaan dan beberapa sektor swasta.

Turbin angin skala kecil ataupun penjanaan tenaga mikro domestik menghasilkan tenaga dan menggantikan pembelian elektrik tempatan pada sesuatu harga. Penjanaan mikro boleh diakses oleh pengguna secara individu dan mereka mempunyai pendapatan untuk mengurangkan pembelian elektrik tempatan. Jika ia dikuatkuasakan, penjanaan tenaga mikro domestik ini boleh berkembang secara bebas dan perbelanjaan elektrik dapt dikurangkan. Ia merupakan kaedah yang paling mudah dilaksanakan secara praktikal dan boleh meningkatkan taraf ekonomi sesebuah keluarga dengan lebih efektif.

2.6 Kajian Pelaksanaan Penggunaan Turbin Angin di Malaysia

Malaysia menerima kelajuan angin yang sederhana memandangkan kedudukan geografi Malaysia adalah terletak berhampiran Garisan Khatulistiwa di mana purata kelajuan tenaga angin adalah di bawah 3 meter sesaat. Oleh yang demikian pembangunan tenaga angin di Malaysia adalah terhad kepada teknologi turbin angin berkelajuan rendah dan sederhana. Penggunaan teknologi turbin angin berkelajuan sederhana di Malaysia masih di peringkat penyelidikan dan pembangunan. Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI) akan melaksanakan kajian tersebut untuk perancangan pembangunan tenaga angin di masa akan datang.

Teknologi Hijau adalah satu konsep yang merujuk kepada pembangunan dan aplikasi produk, peralatan serta sistem untuk memulihara alam sekitar dan sumber semulajadi, dan meminimumkan atau mengurangkan kesan negatif daripada aktiviti manusia. Di bawah Dasar Teknologi Hijau Negara, tumpuan adalah bagi menjadikan Teknologi Hijau ini sebagai pemacu pertumbuhan ekonomi negara ke arah pembangunan yang mapan. Kerajaan telah mengenalpasti kepentingan teknologi hijau ini sebagai satu '*niche area*' yang perlu diberi tumpuan untuk

RUJUKAN

- Alice Ross. 2006. Micro Wind: Increasing Public Awareness and Assessing Turbine Performance. **7** (5): 43-44.
- Bagiorgas, H.S., Assimakopoulos, M.N., Theoharopoulos, D., Matthopoulos, D., and Mihalakakou, G.K. 2006. Electricity Generation Using Wind Energy Conversion System in the Area of Western Greece. *Energy Conversion and Management*. **48** (5): 1640-1655.
- Bishop, I. D., & David Miller, R. 2006. Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. *Renewable Energy*. **32** (5): 814-831.
- "Calculation of Wind Power' dlm <http://www.reuk.co.uk/Calculation-of-Wind-Power.htm>. Retrieved on 15 Oktober 2009.
- Edwards, P.J. Small scale wind power guide For New Zealand, Australia and the South Pacific. New Zealand Energy Research and Development Committee. *University of Auckland. New Zealand*. Nov. 1986. Report No.136.
- Emma Dayan. 2006. Wind energy in buildings: Power generation from wind in the urban environment where it is needed most. *Refocus*. **7** (2): 33-38.
- Farrokh Kaveh. 2007. *Shadows in the Desert*. pp.280. London: Osprey Publishing.
- Gerald Muller, Mark, F., Jentsch & Euan Stoddart. 2009. Vertical Axis Resistance Type Wind Turbines for Use in Buildings. *Renewable Energy*. **34** (5): 1407-1412.
- Hassan, A.Y., and Hill, D.R. 1986. *Islamic Technology: An illustrated history*, pp.5. England: Cambridge University Press.
- Hau, E. 2006. *Wind turbines – fundamentals, technologies, application, economics (2nd ed.)*. Jerman: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. 2000. *Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia 1980, 1991 dan 2000*, pp.9 – 11.
- Kanellos, F.D., and Hatziaargyriou, N.D. 2008. Control of Variable Speed Wind Turbines in Islanded Mode of Operation. *IEEE Transaction on Energy Conversion*. **23**(2): 535-543.
- Kementerian Tenaga Teknologi Hijau dan Air. 2009. *Tenaga (Dewan Negara 2009-Tenaga Lestari)*. Kuala Lumpur.
- "keTTha (Kementerian Tenaga Teknologi Hijau dan Air)" dlm. <http://www.ktak.gov.my>. Retrieved on 16 Februari 2010.

- KPDNHEP (Kementerian Perdagangan Dalam Negeri Koperasi dan Kepenggunaan). <http://www.kpdnhep.gov.my>. 17 Februari 2010.
- "Malaysia Real Estate and Property" dlm. <http://www.realestate.net.my>. Retrieved on 30 Mac 2010.
- Mertens, S. 2002. Wind energy in urban areas: Concentrator effects for wind turbines close to buildings. *Refocus*. **3** (2): 22-24.
- Mozammel, H.K. 1978. Model and Prototype Performance Characteristics of Savonius Rotor Windmill. *Wind Engineering*. **2**: 2
- Mutschler, P., and Hoffmann, R. 2001. Comparison of wind turbines regarding their energy generation. *Proc. IEEE PESC*. pp. 6–11. Canada: Vancouver, BC.
- Peacock, A.D., Jenkins, D., Ahadzi, M., Berry, A., Turan, S. 2008. Micro Wind Turbine In The UK Domestic Sector. *Energy and Buildings*. **40** (7): 1324-1333.
- Peter Tavner. 2008. Wind Power As A Clean Energy Contributorpp. *Energy Policy*. **36** (12): 4397-4400.
- Petherbridge, G.T. 1978. *Architecture of the Islamic world: its history and social meaning*. Thames and Hudson, London (1978), pp. 176–208.
- "SESB (Sabah Electricity Sdn. Bhd.)" dlm <http://www.sesb.com.my/>. Retrieved on 15 Februari 2010.
- Yeh, T.H., and Wang, L. 2008. A study on generator capacity for wind turbines under various tower heights and rated wind speeds using Weibull distribution. *IEEE Trans. Energy Convers.* **23** (2):592–602.
- Yigang, K., and Zhixin, W. 2008. Optimal power capturing of multi-MW wind generation system. *WSEAS Trans. Syst.* **7**(3): 125–132.