

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
5800 S. UNIVERSITY AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637

RECEIVED

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
5800 S. UNIVERSITY AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637

2007

ANALISIS PRESTASI TENAGA HIBRID FOTOVOLTA DAN ANGIN DI
STESEN PENYELIDIKAN TENAGA KETERBAHARUAN UMT

Oleh

Roziyah Binti Zailan

Laporan Penyelidikan ini diserahkan untuk memenuhi
sebahagian keperluan bagi
Ijazah Sarjana Muda Teknologi (Alam Sekitar)

Jabatan Sains Kejuruteraan
Fakulti Sains dan Teknologi
UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU
2007

1100051104



**JABATAN SAINS KEJURUTERAAN
FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU**

**PENGAKUAN DAN PENGESAHAN LAPORAN
PROJEK PENYELIDIKAN I DAN II**

Adalah ini diakui dan disahkan bahawa laporan penyelidikan bertajuk:

ANALISIS PRESTASI TENAGA HIBRID FOTOVOLTA DAN ANGIN DI STESEN
PENYELIDIKAN TENAGA KETERBAHARUAN UMT oleh Roziyah Binti Zailan
No.Matrik UK 7960 telah diperiksa dan semua pembetulan yang disarankan telah
dilakukan. Laporan ini dikemukakan kepada Jabatan Sains Kejuruteraan sebagai
memenuhi sebahagian daripada keperluan memperoleh Ijazah SARJANA MUDA
TEKNOLOGI (ALAM SEKITAR), Fakulti Sains dan Teknologi , Universiti Malaysia
Terengganu.

Disahkan oleh:

Penyelia Utama

Nama: Dr. Mohd Zamri Bin Ibrahim

Cop Rasmi:

Tarikh: 27/05/07

Ketua Jabatan Sains Kejuruteraan

Nama: Dr. Nora' Aini binti Ali

Cop Rasmi: DR. NORA'AINI BINTI ALI
Ketua
Jabatan Sains Kejuruteraan
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Malaysia Terengganu
21030 Kuala Terengganu

Tarikh: 24/5/07

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi kesyukuran ke hadrat Illahi kerana dengan izinNya, maka tesis ini telah dapat diselesaikan. Sesungguhnya, kepada Allah jua kesyukuran dipanjatkan dan kepada Allah jua balasan yang baik untuk semuanya memohon diperkenankan. Jutaan ucapan terima kasih ditujukan khas kepada ibu dan bapa di atas berkat doa dan dorongan mereka.

Setinggi penghargaan juga dirakamkan kepada penyelia projek tahun akhir, En. Mohd Zamri Bin Ibrahim di atas bimbingan dan tunjuk ajar sepanjang tempoh penyelidikan ini. Juga kepada Dr. Edlic Sathiamurthy yang telah memberikan kerjasama dalam memberikan pandangan beliau bagi menyempurnakan kajian ini.

Penghargaan juga dirakamkan kepada rakan-rakan seperjuangan, Nur Saleha, Junaida, Wan Mohd Haniff, Nabihan, Nurul Ain, Masila, Nurul Hanizan, Nurbaiti dan Nurul Bahiyah yang telah banyak membantu dan mendorong di dalam pelaksanaan kajian ini.

Penghargaan juga ditujukan kepada semua yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam membantu menjayakan projek penyelidikan ini.

JADUAL KANDUNGAN

	Halaman
MUKASURAT JUDUL	i
PENGESAHAN DAN KELULUSAN LAPORAN	ii
PENGHARGAAN	iii
JADUAL KANDUNGAN	iv
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SINGKATAN	xv
SENARAI LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN DAN OBJEKTIF	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Pernyataan Masalah	5
1.3 Objektif	6
1.4 Skop Kajian	7

BAB 2 ULASAN BAHAN RUJUKAN

2.1	Tenaga Keterbaharuan di Malaysia	8
2.2	Pengenalan Kepada Sistem Tenaga Fotovolta	10
2.3	Modul Fotovolta Unisolar US 64 di Stesen Penyelidikan Tenaga Keterbaharuan UMT	12
2.4	Pengenalan Kepada Sistem Tenaga Angin	13
2.5	Operasi Turbin Angin	14
2.6	Komponen Sistem Tenaga Angin	15
	2.6.1 <i>Menara</i>	16
	2.6.2 <i>Rotor</i>	17
	2.6.3 <i>Bilah Turbin</i>	18
	2.6.4 <i>Alat Kawalan</i>	18
	2.6.5 <i>Penjana</i>	19
2.7	Turbin Angin Jenis BWC.XL di Stesen Penyelidikan Tenaga Keterbaharuan UMT	19
2.8	Pengenalan kepada Sistem Hibrid Fotovolta dan Angin	20
	2.8.1 <i>Kelebihan dan Faedah Sistem Tenaga Hibrid Fotovolta dan Angin</i>	20
2.9	Perkembangan Tenaga Fotovolta di Malaysia	21
2.10	Perkembangan Tenaga angin di Malaysia	23

BAB 3

METODOLOGI

3.1	Pemerolehan Data	24
	3.1.1 <i>NRG Symphonie Data Retriever</i>	25
	3.1.2 <i>Piranometer LI-200 SZ</i>	25
3.2	Analisis Data Angin	26
	3.2.1 <i>Kaedah Statistik Taburan Weibull</i>	26
	3.2.2 <i>Penentuan Penjanaan Kuasa dari Sistem Tenaga Angin</i>	29
3.2	Analisis Data Radiasi Suria	29
	3.3.1 <i>Penentuan Kuasa Sistem Fotovolta</i>	29
3.4	Perbandingan Antara Halaju Angin dan Ketinggian	30
3.5	Penentuan Kuasa Keluaran Turbin Angin pada Jenis Turbin Angin Bergey dan Ketinggian Berbeza	31

BAB 4

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1	Keputusan	33
	4.1.1 <i>Analisis statistik Taburan Weibull</i>	34
	4.1.2 <i>Penentuan Penjanaan Kuasa dari Sistem Tenaga Angin</i>	51
	4.1.3 <i>Penentuan Penjanaan Kuasa dari Sistem Fotovolta</i>	62
	4.1.4 <i>Perbandingan Radiasi Suria dan Halaju angin Terhadap Pengeluaran Kuasa bagi Hari Tertentu</i>	73

4.1.5	<i>Halaju Angin, Radiasi Suria dan Pengeluaran Kuasa Tahunan</i>	79
4.1.6	<i>Perbandingan Antara Ketinggian dan Kelajuan Angin</i>	82
4.1.7	<i>Penentuan Kuasa Keluaran Turbin Angin Bergey Berlainan pada Ketinggian yang Sama</i>	84
4.1.8	<i>Penentuan Kuasa Keluaran Turbin Angin Bergey pada Ketinggian Berbeza</i>	96
4.1.9	<i>Anggaran Keperluan Kuasa Elektrik bagi Sebuah Rumah di Malaysia</i>	99
4.2	<i>Perbincangan</i>	102
4.2.1	<i>Pengeluaran Kuasa yang Dihasilkan oleh Turbin Angin</i>	102
4.2.2	<i>Pengeluaran Kuasa yang Dihasilkan oleh Modul Fotovolta</i>	104
4.2.3	<i>Faktor Meteorologi yang mempengaruhi Pengeluaran Kuasa Fotovolta dan Angin</i>	105
4.2.4	<i>Penentuan Kuasa Keluaran Turbin Angin Bergey pada Ketinggian Berbeza</i>	108

BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1	Kesimpulan	111
5.2	Cadangan	114
	RUJUKAN	115
	LAMPIRAN	117
	VITAE	121

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Kadar pertumbuhan sistem fotovolta	22
3.1	Contoh taburan frekuensi halaju angin	28
4.1	Nilai c dan k bulanan	34
4.2	Nilai v , jumlah jam/bulan, jam terkumpul, F_i , $F(V)$ dan $f(V)$	49
4.3	Jumlah halaju angin, kuasa dan tenaga purata	61
4.4	Jumlah radiasi suria, kuasa dan tenaga purata	73
4.5	Perbezaan halaju angin pada ketinggian berbeza	83
4.6	Kuasa dan tenaga keluaran turbin angin berbeza pada ketinggian 23 m	86
4.7	Kuasa dan tenaga keluaran turbin angin berbeza pada ketinggian 30 m	87
4.8	Kuasa dan tenaga keluaran turbin angin berbeza pada ketinggian 40 m	88
4.9	Kuasa dan tenaga keluaran turbin angin berbeza pada ketinggian 60 m	89
4.10	Kuasa dan tenaga keluaran turbin angin berbeza pada ketinggian 80 m	90
4.11	Kuasa dan tenaga keluaran turbin angin berbeza pada Ketinggian 100 m	91

4.12	Kuasa dan tenaga keluaran turbin angin berbeza pada ketinggian 120 m	92
4.13	Keperluan kuasa bagi sebuah rumah 3 bilik di Malaysia	99
4.14	Tenaga keluaran turbin angin pada ketinggian berbeza	100
4.15	Tenaga keluaran pada ketinggian dan musim berbeza	101

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman
2.1 Modul fotovolta di Stesen Penyelidikan Tenaga Keterbaharuan UMT	11
2.2 Komponen-komponen penjana elektrik turbin angin	16
2.3 Jenis menara yang berbeza	17
3.1 Carta alir proses analisis data angin	26
3.2 Carta alir proses analisis data radiasi suria	29
3.3 Carta alir proses perbandingan antara ketinggian turbin angin dan kelajuan angin	30
4.1 Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull bulan Januari	36
4.2 Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull bulan Februari	37
4.3 Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull bulan Mac	38
4.4 Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull bulan April	39
4.5 Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull Bulan Mei	40

4.6	Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull Bulan Jun	41
4.7	Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull Bulan Julai	42
4.8	Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull Bulan Ogos	43
4.9	Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull Bulan September	44
4.10	Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull Bulan Oktober	45
4.11	Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull Bulan November	46
4.12	Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull Bulan Disember	47
4.13	Penentuan nilai c dan k dan Taburan Statistik Weibull tahunan	48
4.14	Corak halaju angin dan kuasa keluaran turbin angin musim Monsun Barat Daya (Mei, Jun dan Julai)	54
4.15	Corak halaju angin dan kuasa keluaran turbin angin bagi musim Monsun Barat Daya (Ogos dan September)	55
4.16	Corak halaju angin dan kuasa keluaran turbin angin bagi bulan peralihan bagi dua monsun (April)	56
4.17	Corak halaju angin dan kuasa keluaran turbin angin bagi bulan peralihan bagi dua monsun (Oktober)	57

4.18	Corak halaju angin dan kuasa keluaran turbin angin bagi musim Monsun Timur Laut (November dan Disember)	59
4.19	Corak halaju angin dan kuasa keluaran turbin angin bagi musim Monsun Timur Laut (Januari, Februari dan Mac)	60
4.20	Peratus pengeluaran kuasa dari sistem tenaga angin bulanan	62
4.21	Corak radiasi suria dan kuasa keluaran modul fotovolta bagi musim Monsun Barat Daya (Mei dan Jun)	65
4.22	Corak radiasi suria dan kuasa keluaran modul fotovolta bagi musim Monsun Barat Daya (Julai, Ogos dan September)	66
4.23	Corak radiasi suria dan kuasa keluaran modul fotovolta bagi bulan peralihan antara dua musim monsun (April dan Oktober)	68
4.24	Corak radiasi suria dan kuasa keluaran modul fotovolta bagi musim Monsun Timur Laut (November dan Disember)	71
4.25	Corak radiasi suria dan kuasa keluaran modul fotovolta bagi musim Monsun Timur Laut (Januari, Februari dan Mac)	72
4.26	Halaju angin dan kuasa keluaran bagi musim Monsun Barat Daya (29 September 2005)	75
4.27	Radiasi suria dan kuasa keluaran bagi musim Monsun Barat Daya (29 September 2005)	75
4.28	Halaju angin dan kuasa keluaran bagi bulan peralihan (2 April 2005)	76
4.29	Radiasi suria dan kuasa keluaran bagi bulan peralihan (2 April 2005)	77
4.30	Halaju angin dan kuasa keluaran bagi musim Monsun Timur Laut (22 Disember 2005)	78

4.31	Radiasi suria dan kuasa keluaran bagi musim Monsun Timur Laut (22 Disember 2005)	78
4.32	Halaju angin dan kuasa keluaran tahunan (Tahun 2005)	80
4.33	Radiasi suria dan kuasa keluaran tahunan (Tahun 2005)	80
4.34	Halaju angin tahunan pada ketinggian berbeza	83

SENARAI SINGKATAN

Singkatan

AC	Arus ulang alik
c	Parameter skala
DC	Arus terus
GWh	<i>Giga Watt Hour</i>
jkps	juta kaki per sehari
k	Parameter bentuk dimensi
kW	kilo Watt
kWj	kilo Watt jam
kWj/t	kilo Watt jam per tahun
kWj/m ²	kilo Watt jam per meter persegi
kWj/m ² .t	kilo Watt jam per meter persegi.tahun
m/s	meter per saat
m ³	meter padu
mtpa	<i>million tonne per annum</i>
MW	Mega Watt
W/m ²	Watt/meter persegi
v	Halaju angin

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran

A Jadual Kerja

B Koleksi Foto

B (i) Turbin angin 1 kW

B (ii) Turbin angin 1.5 kW

B (iii) Turbin angin 10 kW

B (iv) Turbin angin 50 kW

B (v) Turbin angin 1 kW di Stesen Penyelidikan Tenaga
Keterbaharuan UMT

B (vi) Stesen Penyelidikan Tenaga Keterbaharuan UMT

C Data Mentah

ABSTRAK

Sistem tenaga keterbaharuan yang dipraktikkan di UMT adalah sistem hibrid yang terdiri daripada gabungan sistem fotovolta dan angin untuk mengoptimumkan pengeluaran tenaga berbanding sistem sumber tenaga tunggal. Kajian ini bertujuan untuk menentukan keupayaan radiasi suria dan sumber angin di dalam penjana kuasa berdasarkan data yang dikumpul dari Stesen Penyelidikan Tenaga Keterbaharuan UMT bagi tahun 2005. Penganalisaan radiasi suria dan halaju angin telah dilakukan untuk menentukan kuasa dan tenaga yang terjana daripada modul fotovolta *Unisolar U.S 64* berkeluasan 1 m^2 dan turbin angin BWC.XL dengan bilah turbin berjari 1.25 m dengan berbantuan perisian Matlab Versi 6.5.1. Penganalisaan data angin juga dilaksanakan dengan kaedah statistik taburan Weibull untuk menentukan potensi halaju angin di stesen kajian. Kajian terhadap kuasa yang dijana pada ketinggian berbeza juga dilakukan untuk menentukan keupayaan penjana kuasa pada ketinggian berbeza. Seterusnya, satu kajian secara umum dijalankan berdasarkan kepada penjana kuasa oleh kedua-dua sumber untuk diaplikasikan dalam bekalan tenaga bagi penggunaan asas sebuah rumah di Malaysia. Nilai purata tenaga tahunan yang terhasil daripada modul fotovolta ialah 95.18 kWj/m^2 .tahun manakala daripada turbin angin ialah 339.09 kWj/tahun . Ketinggian yang paling sesuai dalam aplikasi penggunaan kuasa elektrik bagi sebuah rumah ialah 100 m dan 120 m bagi turbin angin 50 kW dan 10 kW. Tenaga yang terhasil daripada radiasi suria dan angin mampu menjana kuasa sepanjang tahun secara berterusan.

ABSTRACT

The renewable energy system that has been practiced in UMT is hybrid system in combination of photovoltaic and wind to optimize the rate of power generation compared to the single energy source system. The purpose of this research is to determine the potential of solar radiation and wind resource in the power generation based on the data collected from the UMT Renewable Energy Research Station for the year 2005. The analysis of solar radiation and wind velocity made to assess the power generated from the Unisolar U.S 64 photovoltaic module with an area of 1 m^2 and the *Bergey* BWC.XL wind turbine blade with radius 1.25 m with the assist of Matlab 6.5.1 Software. Whereas, the statistical method of Weibull Distribution used to analyze the wind system data to determine the potential of wind velocity in the research station. A study related to the power generated from different height also has been done to determine the ability of power generation at different height. Then, a general study has been executed based on the power generation of both sources for the application of the basic utilization of house in Malaysia. The average annual energy from the photovoltaic modul is $95.18 \text{ kWj/m}^2.\text{yr}$, while for the wind turbine is 339.09 kWj/yr . The most suitable height for the application of power utilization for a house are 100 m and 120 m for wind turbine 10 kW and 50 kW. Powers generated from both of the sources are able to produce power throughout the year continuously.