

## Studi Komparasi Teknologi Turbin Angin dan Pemetaan Teknologi Turbin Angin untuk Wilayah Indonesia

Warjito, Seto Respati dan Lukmanul Hakim

Laboratorium Mekanika Fluida, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI – 16424, Depok  
Telp: 021-7270032  
E-mail: [warjito@eng.ui.ac.id](mailto:warjito@eng.ui.ac.id)

### Abstrak

Efisiensi pemanfaatan sumber energi angin sangat ditentukan oleh kesesuaian antara potensi sumber energi angin dengan teknologi turbin angin yang digunakan. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan pemahaman tentang karakteristik teknologi dari setiap jenis turbin angin. Saat ini teknologi turbin angin di dunia berkembang secara pesat, sehingga diperlukan suatu upaya untuk melakukan studi komparasi terhadap teknologi turbin angin. Dari studi komparasi tersebut, diharapkan dapat dilakukan pemetaan teknologi turbin angin berdasarkan kesesuaiannya dengan potensi energi angin di lokasi tertentu di Indonesia. Parameter yang digunakan dalam studi ini adalah: nilai  $C_p$  dan nilai daya per satuan panjang untuk masing-masing turbin angin. Hasil studi kemudian di plot menjadi peta teknologi turbin angin untuk wilayah Indonesia dengan mempertimbangkan potensi energi angin di lokasi. Hasil studi menunjukkan ada beberapa teknologi turbin angin yang memiliki keunggulan sehingga dapat dijadikan kandidat untuk digunakan di Indonesia. Turbin angin berporos horisontal dengan selubung diffuser merupakan teknologi yang memiliki keunggulan dalam berbagai aspek.

**Kata kunci:** turbin angin, pemetaan teknologi,  $C_p$ , daya persatuan panjang.

### Pendahuluan

Kebutuhan energi dunia sebagian besar dipenuhi oleh energi fosil. Pemanfaatan energi fosil mempunyai masalah yaitu polusi dan sustainability. Ketergantungan pada energi fosil terus meningkat, tetapi cadangan energi fosil terus menipis. Hal ini mendorong manusia untuk berpaling pada sumber energi baru dan terbarukan. Banyak upaya dilakukan untuk dapat memanfaatkan sumber energi baru dan terbarukan sebagai alternatif, sehingga energi dapat “dipanen” dan dimanfaatkan dengan efisien dan bersih.

Di Indonesia, cukup banyak sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan diantaranya air, panas bumi, biomassa, surya, dan angin. Hal tersebut dapat menjadi suatu tantangan bagi peneliti untuk melakukan penelitian dan pengkajian untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan dan dikembangkan yaitu energi angin. Energi angin merupakan energi yang bersih dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi  $\text{CO}_2$  atau gas-gas lain yang

berkontribusi pada pemanasan global. Energi angin memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik. Energi angin tersebut dapat dimanfaatkan dengan menggunakan turbin angin sebagai pembangkit dayanya.

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Pada awalnya, kincir angin digunakan untuk kebutuhan pertanian, yaitu untuk menggiling padi, keperluan irigasi, dan lain-lain. Alat ini banyak dibangun di negara Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa terutama di bagian utara karena kapasitas angin di area tersebut sangat besar.

Turbin angin umumnya dipasang pada dataran luas yang memiliki kecepatan angin memadai. Dataran tersebut disebut dengan *wind farm*. Tetapi dengan berkurangnya dataran yang cocok sebagai *wind farm*, dan semakin meningkatnya kebutuhan listrik di daerah pemukiman, dipelajari kemungkinan pemakaian turbin angin di daerah pemukiman. Turbin angin untuk daerah pemukiman merupakan turbin angin mikro. Turbin mikro

memiliki spesifikasi desain yang sama dengan turbin angin pada umumnya. Tetapi karena sifat angin di pemukiman yaitu kecepatan rendah dengan fluktuasi tinggi, maka diperlukan beberapa modifikasi pada turbin angin mikro sehingga dapat memanen energi angin lebih efisien.

Turbin angin skala kecil merupakan pilihan yang cukup tepat untuk solusi energi alternatif pada area permukiman [1]. Diperlukan data-data kondisi angin yang akurat untuk dijadikan dasar dalam desain dan pengembangan turbin angin. Namun demikian data-data tersebut umumnya sulit diperoleh karena lokasinya tersebar di beberapa instansi dan belum sistematis. Diperlukan suatu upaya untuk mengumpulkan dan menyajikan data-data angin di Indonesia secara menyeluruh dan sistematis. Penelitian untuk mengumpulkan dan menganalisis potensi energi angin di Indonesia dan memetakannya ke dalam peta geografis Indonesia dan disebut dengan peta potensi energi angin Indonesia telah dilakukan dan hasilnya telah dilaporkan pada paper yang lain.

Hal lain yang sangat penting dalam upaya pemanfaatan energi angin adalah pemahaman tentang karakteristik teknologi dari setiap jenis turbin angin. Saat ini teknologi turbin angin di dunia berkembang secara pesat, sehingga diperlukan suatu upaya untuk melakukan studi komparasi terhadap teknologi turbin angin. Dari studi komparasi tersebut, diharapkan dapat dilakukan pemetaan teknologi turbin angin berdasarkan kesesuaiannya dengan potensi energi angin di lokasi tertentu di Indonesia.

Paper ini merupakan laporan dari studi dan analisis komparatif perhitungan mengenai pemetaan teknologi turbin angin untuk wilayah Indonesia dan bagaimana korelasinya dengan potensi sumber daya angin yang ada.

### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Secara garis besar, metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Pengumpulan data sekunder, yang meliputi data angin di seluruh wilayah Indonesia dan data teknologi turbin angin yang ada di dunia.

- Pengolahan data teknologi turbin angin, yang terdiri dari spesifikasi-spesifikasi umum turbin angin.
- Komparasi jenis-jenis teknologi turbin angin melalui perhitungan nilai  $C_p$  maupun perhitungan nilai *power per unit length*,
- Mapping teknologi turbin angin untuk wilayah Indonesia.

#### Komparasi dengan Perhitungan Nilai $C_p$

Nilai  $C_p$  dihitung pada kondisi maksimal, yaitu pada saat daya dan kecepatan angin nominal tercapai. Nilai  $C_p$  dihitung menggunakan persamaan [1]:

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho A V^3} \quad (1)$$

dimana

P = keluaran daya turbin angin, (Watt)

$\rho$  = densitas udara (1,23 kg/m<sup>3</sup>),

A = luas area tangkap turbin angin (m<sup>2</sup>), dan

V = kecepatan angin (m/s)

Dari nilai  $C_p$  yang sudah dihitung dan didapatkan, maka dapat diperoleh grafik perbandingan nilai  $C_p$  tiap-tiap jenis teknologi.

#### Komparasi dengan Perhitungan Power Per Unit Length

Selain membandingkan nilai  $C_p$ , komparasi jenis-jenis turbin angin juga dilakukan dengan membandingkan nilai *power per unit length* (P/L) [2]. P adalah daya yang dihasilkan turbin dan L adalah panjang penampang blade yang menghadap angin. Nilai P/L ini menunjukkan besarnya daya yang dihasilkan oleh turbin per satuan panjang penampang rotor.

Untuk Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT), daya turbin dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot (\pi R^2) \cdot V^3 \quad (2)$$

Panjang penampang turbin angin yang menghadap angin adalah  $L = 2R$ , sehingga nilai daya per satuan panjang dapat dihitung dengan rumus [2] :

$$P/L = \frac{1}{4} C_p \cdot \rho \cdot \pi \cdot R \cdot V^3 \quad (3)$$

Untuk Vertical Axis Wind Turbine (VAWT), daya turbin dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot (2RH) \cdot V^3 \quad (4)$$

dimana H adalah tinggi rotor turbin. Panjang penampang turbin angin yang menghadap angin adalah  $L = 2R$ , sehingga nilai daya per satuan panjang dapat dihitung dengan rumus [2]:

$$P/L = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot H \cdot V^3 \quad (5)$$

Setelah dilakukan perhitungan nilai P/L, maka nilai P/L tadi diubah menjadi bilangan non dimensional, dengan membaginya dengan  $\rho R V^3$  sehingga dapat dilakukan perbandingan terhadap jenis-jenis turbin yang lain. Data yang sudah diolah ditampilkan dalam bentuk grafik.

**Hasil dan Pembahasan**

**Data Teknologi Turbin Angin**

Data teknologi turbin angin yang didapatkan dari berbagai referensi dikumpulkan dan diolah sehingga parameter-parameternya dapat dibandingkan. Data-data tersebut meliputi :

- *Rotor diameter*: diameter rotor dari turbin angin
- *Range of winds*: merupakan rentang kecepatan angin yang digunakan oleh turbin angin untuk beroperasi
- *Cut in wind speed*: kecepatan angin saat turbin mulai menghasilkan daya
- *Rated wind speed*: kecepatan angin saat turbin mulai menghasilkan daya nominal/ maksimum
- *Rated power*: daya keluaran nominal dari turbin angin
- *Swept area*: luas area tangkap dari turbin angin

Teknologi Turbin Angin yang dibandingkan adalah sebagai berikut:

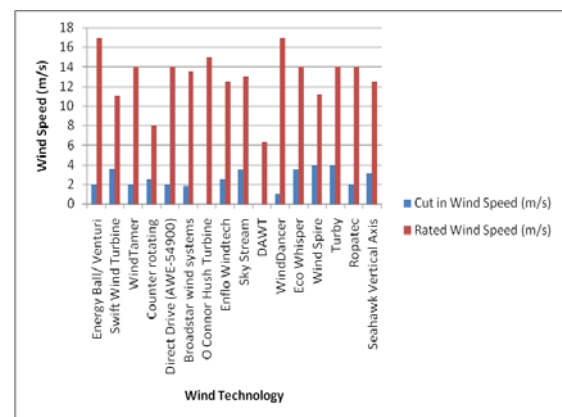
- Energy Ball/ Venturi Wind Turbine [5]
- Swift Wind Turbine [6]
- WindTamer [7]
- Counter Rotating [8]
- Enflo Windtech [9]
- Sky Stream [10]
- Diffuser Augmented Wind Turbine [11]
- Wind Spire [12]
- Turby [13]
- Ropatec [12]
- Seahawk Vertical Axis [14]
- Turbin Angin LAGG-BPPT 1-20 kW [15]

Data yang diperoleh ditampilkan pada tabel 1.

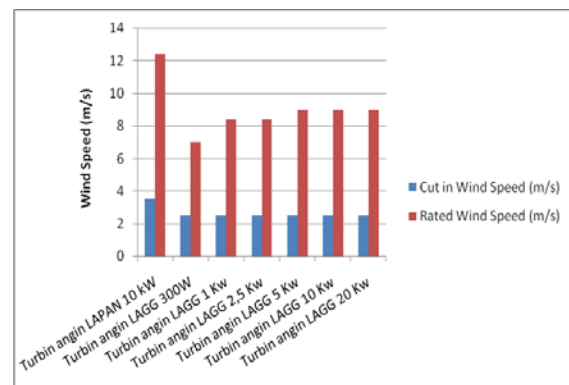
Tabel ini menunjukkan berbagai teknologi turbin angin dengan spesifikasi teknologi meliputi: *wind technology, rated power, swept area, cut in wind speed, rated wind speed, no. of blades, rotor diameter, C<sub>p</sub>, yaw mechanism, gear box, dan overall structure.*

Perbandingan *cut in* dan *rated speed* berbagai turbin angin ditunjukkan pada gambar 1. Hampir semua jenis turbin mempunyai *cut in wind speed* diantara 2 m/s sampai dengan 4 m/s kecuali *wind dancer turbine*. *Rated wind speed* turbin diantara 10 m/s sampai dengan 17 m/s kecuali *counter rotating turbine* dan *diffuser augmented wind turbine (DAWT)* yaitu 8 m/s dan 6 m/s.

Turbin angin nasional yang dibuat oleh LAPAN dan LAGG masuk ke dalam kategori turbin angin konvensional, ditunjukkan pada grafik di gambar 2.



Gambar 1. Grafik perbandingan nilai *cut in* dan *rated wind speed* berbagai turbin angin



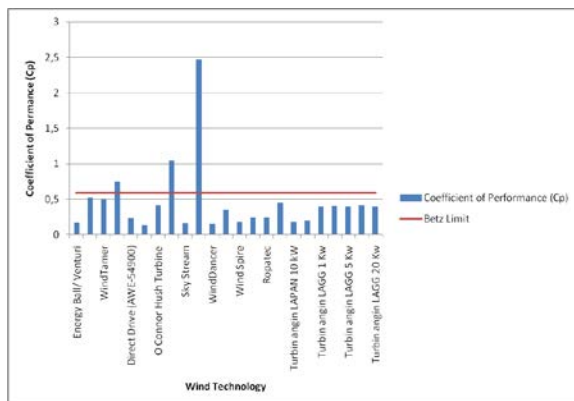
Gambar 2. Grafik perbandingan nilai *cut in* dan *rated wind speed* berbagai turbin angin nasional

Dari kedua grafik yang dihasilkan, maka dapat dilihat bahwa turbin angin *wind dancer*

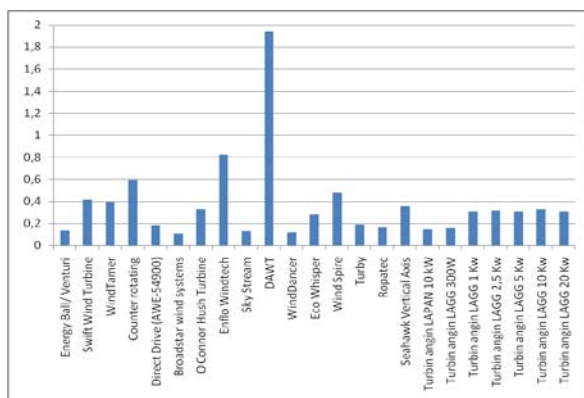
memiliki kecepatan *cut in* yang paling rendah, yaitu 1 m/s, akan tetapi kecepatan yang dibutuhkan untuk mencapai daya nominalnya juga lebih tinggi yaitu 17 m/s. Secara umum, turbin angin yang diproduksi memiliki kecepatan *cut in* di 2 m/s.

**Komparasi Turbin Angin dengan Nilai  $C_p$  dan Power Per Unit Length**

Komparasi turbin angin dengan parameter  $C_p$  dan *power per unit length* ditunjukkan pada gambar berikut. Gambar 3 menunjukkan nilai  $C_p$  untuk setiap jenis turbin. Hampir semua jenis turbin mempunyai nilai  $C_p$  di bawah *Betz limit*, kecuali *counter rotating*, *enflo windtech* dan DAWT. Ketiga jenis turbin ini juga mempunyai nilai *power per unit length* tinggi, dan DAWT mempunyai nilai tertinggi mencapai hampir 25.



Gambar 3. Grafik nilai  $C_p$  tiap jenis teknologi



Gambar 4. Grafik perbandingan *power per unit length* tiap jenis turbin

Hasil komparasi menunjukkan bahwa turbin angin dengan teknologi selubung diffuser (*Diffuser Augmented Wind Turbine, DAWT*) mempunyai performa terbaik bandingkan jenis turbin lainnya. Hal ini menunjukkan

teknologi ini memiliki keunggulan jika digunakan di pemukiman. Nilai  $C_p$  besar menunjukkan turbin ini mampu “memanen” energi angin dengan efisien. *Power per unit length* yang besar, berarti turbin angin ini kompak sehingga dapat dibuat lebih ringkas dan tidak mengganggu tata ruang kota.

**Pemetaan**

**Hal-hal yang Perlu Dipertimbangkan dalam Pemilihan Turbin Angin**

Dalam melakukan pemilihan turbin angin, terdapat beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan. Menurut Sandra Eriksson dalam paper berjudul “*Evaluation of different turbine concepts for wind power*” [2], aspek-aspek yang dapat dibandingkan dan dipertimbangkan berasal dari aspek desain, aerodinamika, lingkungan, dan aspek harga adalah sebagai berikut:

- Aspek desain
 

Aspek desain merupakan aspek yang paling mencolok dan terlihat secara kasat mata. Dalam aspek desain terdapat beberapa faktor yang menjadi pembeda jenis turbin. Faktor tersebut diantaranya adalah: mekanisme pengarahannya, sumbu putar, dan mekanisme gearbox/ direct.
- Aspek aerodinamis
 

Performa kerja dari turbin angin tergantung dari koefisien dayanya,  $C_p$ , yang menyatakan berapa banyak daya potensi angin yang dapat diserap oleh turbin angin. Koefisien daya maksimum teoritis dikenal dengan *Betz Limit*. Turbin HAWT diketahui memiliki koefisien daya yang lebih besar dibandingkan VAWT. Hal ini disebabkan turbin HAWT beroperasi dengan kecepatan putar yang lebih tinggi.
- Aspek lingkungan
 

Turbin angin yang diperuntukkan di pemukiman harus memperhatikan kenyamanan dan keamanan dalam aspek lingkungan. Polusi yang dihasilkan oleh turbin angin biasanya berupa polusi suara yang dapat mengganggu kenyamanan lingkungan. Suara turbin bersumber dari gerakan aerodinamis turbin yang dilakukan oleh *blade tip*. Selain itu, suara juga dapat timbul dari komponen *drive-train* atau komponen berputar lainnya. Oleh karena itu, turbin angin yang diperuntukkan di pemukiman harus memperhatikan aspek

kenyamanan lingkungan, terutama dari sisi suara.

- Aspek biaya  
Biaya keseluruhan turbin angin terdiri dari biaya manufaktur, biaya persiapan tempat dan pemasangan, dan biaya pemeliharaan. VAWT sangat kompetitif dari segi biaya dibandingkan dengan HAWT. VAWT juga memiliki keunggulan dalam biaya pemeliharaan, karena generator VAWT terletak di bawah, sedangkan generator HAWT terletak di atas. Pemeliharaan HAWT lebih sulit dilakukan.

### Data Potensi Angin

Data potensi angin diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) [16]. Data yang digunakan merupakan data kecepatan angin rata-rata tahunan dalam kurun waktu 2005-2007. Contoh data potensi angin ditunjukkan pada tabel 2 untuk propinsi Sumatera.

### Hasil Pemetaan

Dari data teknologi turbin dan data angin yang telah diolah, maka dapat diperoleh hasil pemetaan turbin untuk wilayah Indonesia (dapat dilihat pada table 3). Tabel yang disajikan merupakan contoh hasil pemetaan teknologi turbin angin untuk wilayah Sumatera, Jawa dan Bali

### Kesimpulan

Penelitian ini telah memberikan pemahaman yang lebih baik pada karakteristik teknologi turbin angin dan cara membandingkan karakteristik tersebut. Kesimpulan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Turbin angin dengan teknologi selubung diffuser (DAWT) memiliki efisiensi yang paling besar, dengan nilai  $C_p$  hingga sebesar 2,47 pada turbin yang dibuat oleh perusahaan AWE dan 1,05 pada turbin yang dibuat oleh perusahaan *Enflo*.
2. Pada perhitungan nilai *power per unit length*, turbin angin dengan teknologi diffuser (DAWT) juga memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis turbin lainnya. Dengan nilai *power unit length* yang besar, maka turbin angin dapat lebih efektif digunakan di daerah pemukiman.

### Referensi

1. Ohya, Yuji. “*Development of a shrouded wind turbine with a flanged diffuser*”. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2008.
2. Eriksson, Sandra. (2006) “*Evaluation of different turbine concepts for wind power*”
3. Manwell, JF. *Wind Energy Explained – Theory, Design, and Application*. A John Wiley Sons, Ltd, Publications.
4. Menet, Jean-Luc. (2000) “*A comparative calculation of the wind turbines capacities on the basis of the  $L - \sigma$  criterion*”.
5. <http://www.venturiwind.com/pdf/datasheet%20Venturi%20Wind%20Turbine%20110%20-%20550.pdf> diunduh tanggal 30-04-2012.
6. [http://www.swiftwindturbine.com/pdf/SWIFT\\_DataSheet\\_CRE\\_web.pdf](http://www.swiftwindturbine.com/pdf/SWIFT_DataSheet_CRE_web.pdf) diunduh tanggal 17-04-2012.
7. [http://aristapower.com/wp-content/themes/accelerate/pdf/wt45\\_combined.pdf](http://aristapower.com/wp-content/themes/accelerate/pdf/wt45_combined.pdf) diunduh tanggal 10-04-2012.
8. [http://www.iwekorea.com/1-6-10\\_IWE\\_TECHNOLOGY\\_%26\\_PRODUCT\\_BROCHURE\\_FINAL.pdf](http://www.iwekorea.com/1-6-10_IWE_TECHNOLOGY_%26_PRODUCT_BROCHURE_FINAL.pdf) diunduh tanggal 06-05-2012.
9. <http://www.allsmallwindturbines.com/files/enflo0071.pdf> diunduh tanggal 01-05-2012.
10. <http://www.windenergy.com/sites/all/files/3-CMLT-1101%20REV%20A%20MANUAL%20-%20OWNERS%20-%20SKYSTREAM%203.7%20HYBRID%206.pdf> diunduh tanggal 12-06-2012.
11. [http://www.awrenergy.com/assets/awr\\_energy\\_dawt\\_specs.pdf](http://www.awrenergy.com/assets/awr_energy_dawt_specs.pdf) diunduh tanggal 15-06-2012.
12. <https://netfiles.uiuc.edu/mragheb/www/NPRE%20475%20Wind%20Power%20Systems/Vertical%20Axis%20Wind%20Turbines.pdf> diunduh tanggal 10-04-2012.
13. <http://www.tudelft.nl/live/binaries/32943b78-dabd-4087-9cd9-b071f0c96cd3/doc/Outlook052-18-22.pdf> diunduh tanggal 15-06-2012.
14. <http://www.wepower.us/downloads/files/pdf/seahawk-flyer-2011.pdf> diunduh tanggal 09-06-2012.
15. Data Turbin Angin LAGG-BPPT.
16. Data Iklim BMKG 2000-2007.

Tabel 1. Perbandingan teknologi turbin angin

Wind Technology	Rated power (kW)	Swept Area (m <sup>2</sup> )	Cut in wind speed (m/s)	Rated wind speed (m/s)	No. of blades	Rotor diameter (m)	Cp	Yaw Mech.	Gear box	Overall Structure
Energy Ball/Venturi	0,5	0,95	2	17	6	1,1	0,174	Yes	No	Complicated
Swift Wind Turbine	1,5	3,46	3,6	11	5	2,1	0,529	Yes	Yes	Moderate
Wind Tamer	1,3	1,54	2	14	N/A	1,4	0,501	N/A	No	Complicated
Counter rotating	3,6	15,2	2,5	8	4	4,4	0,752	N/A	No	Complicated
Direct Drive (AWE-54900)	900	2289,06	2	14	3	54	0,233	Yes	No	Moderate
Broadstar wind systems	10	46,63	1,8	13,5	10	3,048	0,142	Yes	No	Complicated
O Connor Hush Turbine	0,68	0,78	N/A	15	N/A	1	0,417	N/A	Yes	Complicated
Enflo Windtech	0,5	0,4	2,5	12,5	5	0,71	1,052	Yes	N/A	Complicated
Sky Stream	2,4	10,86	3,5	13	3	3,72	0,164	Yes	Yes	Moderate
WindDancer	3,2	6,97	1	17	4	2,98	0,152	N/A	Yes	Complicated
Eco Whisper	20	33,17	3,5	14	30	6,5	0,357	N/A	Yes	Complicated
DAWT	1	2,63	Controller Specific	6,3	3	1,83	2,47	Yes	N/A	Moderate
Wind Spire	1,2	7,32	4	11,2	2	1,2	0,19	No	N/A	Complicated
Turby	2,5	5,97	4	14	3	0,25	0,28	No	N/A	Moderate
Ropatec	6	14,52	2	14	2	3,3	0,245	No	No	Simple
Seahawk Vertical Axis	0,5	0,93	3,1	12,5	N/A	0,762	0,448	No	N/A	Simple
Turbin angin LAPAN 10 kW	8,5	38,47	3,5	12,4	3	7	0,188	Yes	Yes	Moderate
Turbin angin LAGG 300W	0,3	7,06	2,5	7	3	3	0,201	Yes	N/A	Moderate
Turbin angin LAGG 1 Kw	1	7,06	2,5	8,35	3	3	0,395	Yes	N/A	Moderate
Turbin angin LAGG 2,5 Kw	2,5	17,34	2,5	8,35	3	4,7	0,403	Yes	N/A	Moderate
Turbin angin LAGG 5 Kw	5	28,26	2,5	9	3	6	0,395	Yes	N/A	Moderate
Turbin angin LAGG 10 Kw	10	52,78	2,5	9	3	8,2	0,423	Yes	N/A	Moderate
Turbin angin LAGG 20 Kw	20	113,04	2,5	9	3	12	0,395	Yes	N/A	Moderate

Tabel 2. Karakteristik angin untuk propinsi Aceh tahun 2000-2007[16]

Propinsi	Elevasi, m	Tahun	Tekanan, kPa	Temperatur, K	V rata-rata, m/s
Aceh	21	2000	100,89	299,15	0,43
		2001	101,03	299,32	0,77
		2002	101,01	299,65	2,01
		2003	101,01	300,13	2,27
		2004	101,43	299,92	2,10
		2005	101,39	299,99	2,01
		2006	101,41	300,23	2,01
		2007	101,22	299,38	2,01

Tabel 3. Data hasil pemetaan turbin angin untuk sebagian wilayah Indonesia

Propinsi	Rata-rata 2000-2007	Turbin Angin yang Cocok
Aceh	2,0	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating, Ropatec
Sumatera Utara	1,4	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating
Sumatera Barat	3,1	DAWT, Turbin Angin LAGG 5-20 kW, Seahawk
Riau	0,8	DAWT
Kepulauan Riau	1,3	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating
Jambi	2,6	DAWT, Enflo, Turbin Angin LAGG 5-20 kW
Sumatera Selatan	1,4	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating
Bangka-Belitung	2,6	DAWT, Enflo, Turbin Angin LAGG 5-20 kW
Bengkulu	1,7	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating
Lampung	2,4	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating, Ropatec
DKI Jakarta	2,1	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating, Ropatec
Banten	2,5	DAWT, Enflo, Turbin Angin LAGG 5-20 kW
Jawa Barat	3,3	DAWT, Turbin Angin LAGG 5-20 kW, Seahawk
Jawa Tengah	0,8	DAWT
DI Yogyakarta	2,2	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating, Ropatec
Jawa Timur	2,5	DAWT, Enflo, Turbin Angin LAGG 5-20 kW
Bali	0,8	DAWT
NTB	3,1	DAWT, Turbin Angin LAGG 5-20 kW, Seahawk
NTT	2,3	DAWT, Turbin Angin LAGG 1-2,5 kW, Counter Rotating, Ropatec

