

Karakteristik Turbin Angin *Vertical Axis* Profil NACA 0018 dengan 3 *Blade*

Oleh: Dodyk Afrizal
S1 Pend. Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya

ABSTRAK

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi manusia. Pembangkitan tenaga listrik sekarang ini sangat bergantung pada bahan bakar fosil, sedangkan ketersediaannya semakin menipis, sehingga diperlukan energi alternatif untuk mendapatkan listrik. Salah satu cara mendapatkan energi tersebut dengan memanfaatkan tenaga angin, yaitu turbin angin. Penelitian ini bertujuan mendapatkan besar daya dan efisiensi dari turbin angin *vertical axis* profil NACA 0018 dengan jumlah tiga *blade*. Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen menggunakan variabel terikat daya dan efisiensi, variabel bebas adalah jumlah *blade*, kecepatan angin, sudut *pitch* dan variasi beban. Penelitian menggunakan kipas angin yang diarahkan ke turbin angin *vertical axis* ini, kemudian diberi beban 200, 250 dan 300 gram. Beban tersebut akan terangkat dan menempuh jarak 10 cm, pada saat itu kita ukur berapa lama beban ini terangkat. Dan dari situ kita menghitung berapa besar daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin angin ini. Dari penelitian ini, dihasilkan bahwa turbin angin *vertical axis* ini menghasilkan daya maksimal sebesar $4,9 \times 10^{-2}$ Watt pada beban yang terangkat 300 gram dengan sudut *pitch* 15° . Sedangkan efisiensi maksimal yang dihasilkan adalah 7,84 %.

Kata kunci : *Turbin Angin Vertical, Tiga blade, sudut pitch*

ABSTRACT

Electrical energy is energy that is essential for humans. Power generation is currently very dependent on fossil fuels, while the dwindling availability, so that alternative energy is needed to get electricity. One way to get that energy by utilizing wind power, the wind turbine. This study aims to gain greater power and efficiency of vertical axis wind turbine NACA 0018 profile with the three blades. Research carried out the experimental studies using the power and efficiency of the dependent variable, independent variable is the number of blades, wind speed, pitch angle and load variations. The study uses a fan to be directed to the vertical axis wind turbine, and then given a weight of 200, 250 and 300 grams. Burden will be lifted and a distance of 10 cm, at which time we measured how long the load is lifted. And from it we calculate how much power and efficiency of wind turbines is generated. From this study, produced the vertical axis wind turbine generates a maximum power of 4.9×10^{-2} Watt on 300 gram load lifted at an angle of 15° pitch. While the resulting maximum efficiency is 7.84%.

Keywords: *VAWT, three blades, pitch angl*

A. PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Indonesia Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena penambahan penduduk, pertumbuhan

ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediaannya sangat terbatas dan terus menipis. Proses alam memerlukan waktu

yang sangat lama untuk dapat kembali menyediakan energi fosil ini.

Menurut Blueprint Pengelolaan Energi Nasional yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2004 diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan rasio cadangan/produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun.

Penggunaan tenaga angin hanya 1% dari total produksi listrik dunia (2005). Jerman merupakan produsen terbesar tenaga angin dengan 32% dari total kapasitas dunia pada 2005; targetnya pada 2010, energi terbaru akan memenuhi 12,5% kebutuhan listrik Jerman. Jerman memiliki 16.000 turbin angin, kebanyakan terletak di utara negara tersebut - termasuk tiga terbesar dunia, dibuat oleh perusahaan Enercon (4,5 MW), Multibrid (5 MW) dan Repower (5 MW). Provinsi Schleswig-Holstein Jerman menghasilkan 25% listriknya dari turbin angin.

Angin di kawasan wilayah Indonesia mempunyai kecepatan dan arah yang selalu berubah-ubah. Menurut Karwono (2008), pada turbin angin poros horisontal pemanfaatannya harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya.

Konstruksi turbin angin *Vertical Axis* yang dapat memanfaatkan potensi angin dari segala arah, konstruksi sederhana, dan tidak memerlukan tempat pemasangan yang begitu luas serta menghasilkan momen yang besar merupakan suatu pertimbangan penulis dalam memilih jenis turbin angin ini. Hal inilah yang membuat penulis ingin melakukan analisa pada turbin angin yang dapat digunakan pada kondisi

tersebut yaitu dengan mengembangkan turbin angin *Vertical Axis*.

B. METODE PENELITIAN

1. Tahap Persiapan

- Menyusun/membuat rangkaian obyek penelitian
- Menyiapkan peralatan dan instrumen penelitian, yaitu anemometer, penggaris, *stopwatch*.
- Menyiapkan beberapa variasi beban yang digunakan pada pengujian.

2. Tahap Percobaan

- Menghidupkan kipas angin.
- Melakukan pengaturan kecepatan angin pada kipas dengan potensiometer. Kemudian dilakukan pengecekan kecepatan angin dengan anemometer, pengecekan ini dilakukan setelah angin melewati penenang.
- Pengamatan mulai dilakukan dengan memberi beban yang telah dipersiapkan pada tali di *pulley*. Kemudian kipas dihidupkan dan diatur pada kecepatan angin 3 m/s dan 3,67 m/s, pengamatan dilakukan hingga beban tersebut terangkat 10 cm dari posisi awal.
- Melakukan pencatatan data yang meliputi waktu, kecepatan angin, putaran turbin, dan beban.
- Mengulangi percobaan a. – d. Hingga tiga kali

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perhitungan turbin angin

Untuk menghitung daya yang dihasilkan yaitu:

$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} \quad (2.1)$$

dimana:

P = daya (watt)

m = massa beban (Kg)

g = Percepatan gravitasi (m/det²)

h = tinggi (m)

t = waktu (det)

Sedangkan untuk menghitung daya yang dihasilkan turbin adalah (Fiedler Tullis, 2009)

$$C_p = \frac{P}{0,5 \rho U_\infty^2 S} \quad (2.2)$$

dimana:

C_p = Koefisien daya turbin

P = Daya yang dihasilkan turbin (Watt)

ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

U_∞ = kecepatan angin (m/det)

S = Span Area (m^2)

Span area adalah luasan area sapuan turbin angin, yang dihitung dengan rumus (Fiedler Tullis, 2009):

$$S = L \times D \quad (2.3)$$

Dimana L adalah panjang Blade dan D adalah diameter turbin angin, dengan satuan meter (m).

Gaya *lift* (F_L) dihitung dengan menggunakan rumus(Aji Mardiono, 2005):

$$F_L = \frac{1}{2} \times C_L \times \rho \times U^2 \times A \quad (2.4)$$

Tip Speed Ratio (TSR) adalah perbandingan antara kecepatan *blade* turbin dengan kecepatan angin, yaitu (Fiedler Tullis, 2009):

$$\lambda = \frac{\omega r}{U_\infty} \quad (2.5)$$

Dimana ω adalah kecepatan angular daripada turbin (rpm), dan r adalah jari-jari dari turbin (m).

Efisiensi turbin angin adalah perbandingan antara daya yang diserap turbin angin terhadap daya angin yang tersedia. Untuk menghitung efisiensi dari turbin angin adalah (M. Arsad, F. Hartono 2009)

$$\eta = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho A U^2} \times 100 \% \quad (2.5)$$

1. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Daya Turbin Angin.

Kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan turbin angin. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan pada kecepatan angin 3,67 m/s lebih besar dibandingkan kecepatan 3 m/s.

Daya yang dihasilkan akan semakin besar pada kecepatan angin yang lebih tinggi, hal ini dikarenakan angin yang kencang akan membuat putaran turbin lebih cepat, sehingga waktu tempuh beban terangkat lebih cepat, dan daya yang dihasilkan semakin besar pula.

2. Pengaruh Sudut *Pitch* Terhadap Daya Turbin Angin

Selain faktor kecepatan angin, sudut *pitch* juga berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan turbin angin pada sudut *pitch* 15° semakin besar dibandingkan sudut *pitch* yang divariasikan (20,25,30). Namun pada sudut *pitch* 30° terdapat kenaikan besar daya dibandingkan sudut *pitch* 25°.

Daya yang dihasilkan pada sudut *pitch* 15° lebih besar dibanding sudut 15, 20, 25, 30, karena nilai gaya *lift* pada sudut *pitch* 15° paling besar daripada sudut yang divariasikan.

3. Tip Speed Ratio (TSR) Turbin Angin

Tip Speed Ratio (TSR) merupakan perbandingan antara kecepatan putar turbin dengan kecepatan angin. Dari grafik diketahui bahwa pada nilai TSR paling tinggi dihasilkan pada beban 200 gr sudut *pitch* 15° dengan kecepatan angin 3,67 m/s yaitu 1,68.

Hal ini terjadi karena TSR merupakan parameter yang berhubungan dengan putaran turbin. Oleh karena itu nilai TSR paling tinggi ada pada beban 200 gr, dimana merupakan beban paling ringan yang divariasikan. Pada sudut *pitch* 15° memiliki gaya *lift* paling tinggi dalam penelitian ini.

4. Efisiensi Turbin Angin

Efisiensi daya atau *Coefficient of Power* (C_p) merupakan perbandingan antara daya keluaran (P_{out}) dengan daya angin yang diekstrak oleh turbin (P_{in}). Untuk mengetahui seberapa besar efisiensi (C_p) daripada turbin angin vertical axis ini. Dari grafik dapat dilihat

bahwa nilai C_p paling besar ada pada sudut 15° dengan beban 300 gram dan pada kecepatan angin 3 m/s dengan nilai efisiensi 0,078 atau 7,8 %.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari analisa yang telah dibahas pada bab sebelumnya tentang karakteristik turbin angin *vertical axis* profil NACA 0018 dengan tiga blade, dapat disimpulkan:

1. Daya maksimal yang dihasilkan turbin angin *vertical axis* dengan jumlah tiga blade adalah 0,049 Watt pada beban 300 gram dengan sudut pitch 15° .
2. Efisiensi maksimal yang dihasilkan dari turbin angin *vertical axis* dengan jumlah tiga blade ini adalah 0,078 atau 7,8 %.

Saran

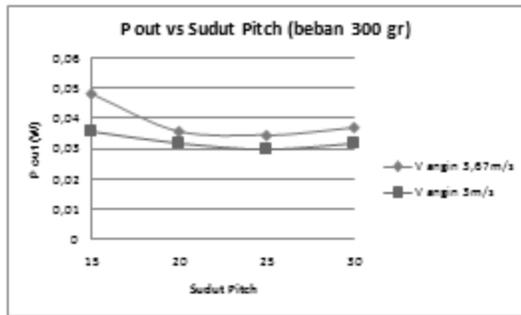
Perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai turbin angin *vertical axis*, seperti dengan membuat "jalur angin" seperti *tes section* pada *wind tunnel*, agar angin tetap fokus ke arah turbin angin. Selain itu menggunakan variasi kecepatan angin dan beban yang lebih beragam, karena dimungkinkan dapat menghasilkan daya yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

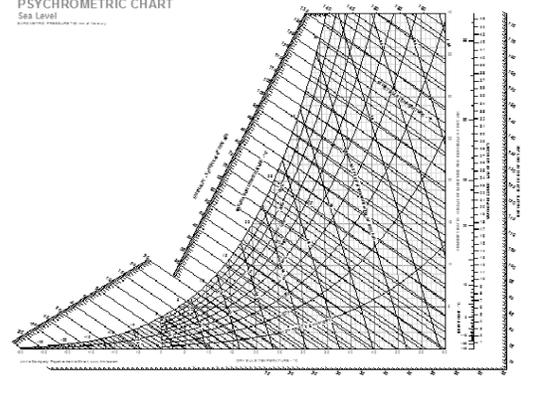
- Anonim. "Airfoil Investigation Database". <http://www.worldofkrauss.com/>, diakses 13 Maret 2012.
- Beri, Habtanu and Yingxue Yao. 2011. "Effect of Chamber Airfoil on Self Starting of Vertical Axis Wind Turbine". Journal of environmental Science and Technology 4 (3): 302-312. Harbin Institute of atechology, China.
- Cooper, Paul and Oliver Kennedy. 2002. "Development and Analysis of a Novel Vertical Axis Wind Turbine". University of Wollongong, Wollongong, Australia.
- Daryanto, 2007, "Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu". Balai PPTAGG-UPT-LAGG, Yogyakarta, 5 April
- Fiedler, Andrzej J. & Stephen Tullis. "Blade Offset and Pitch Effects on a High Solidity Vertical Axis Wind Turbine". 2009. Department of Mechanical Engineering, McMaster University
- Herlamba S., Indra. 2007. "Mesin Konversi Energi". Surabaya: Unipress
- Hermawan. 2010. "Unjuk Kerja Model Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Dengan Variasi Jumlah Sudu Dan Variasi Posisi Sudut Turbin". Univesitas Gadjah Mada. Yogyakarta

LAMPIRAN

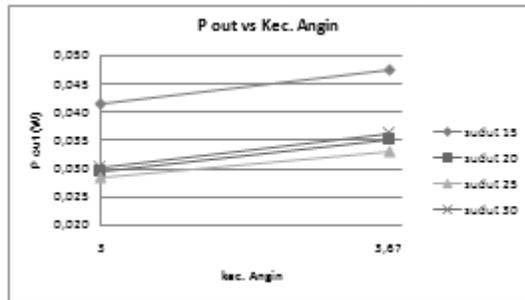
Grafik P out dengan beban 300 gram



PSYCHROMETRIC CHART
Sea Level



Grafik P out dengan kec. angin



Tabel hasil penelitian (1)

Keterangan	Satuan	Nilai											
Beban	Kg	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3
Gravitasi	m det2	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Kec. Angin I	m/s	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
Tinggi	m	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
S Blade	derajat	15	15	15	20	20	20	25	25	25	30	30	30
Waktu	detik	4,75	5,18	6,05	6,65	7,01	8,21	6,93	7,44	8,5	6,5	6,8	7,91
RH	%	45,8	46,3	46,2	58	58	58	50,8	49,1	54,4	50,8	50,5	51,2
Suhu	°C	33,8	33,3	33,5	28	28	28	31,7	32,6	32,4	32,1	32	32,2
v		0,89	0,891	0,891	0,872	0,872	0,872	0,885	0,889	0,891	0,889	0,885	0,886
p Udara	Kg/cm3	1,124	1,1223	1,1223	1,1468	1,1468	1,1468	1,1299	1,1249	1,1223	1,12486	1,12994	1,12867
P Airfoil Z	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
D Turbin D	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Span Area A	m2	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
ω	rpm	41,05	37,645	32,231	29,323	27,817	23,752	28,139	26,21	22,941	30	28,6765	24,6523
P out	Watt	0,041	0,0473	0,0486	0,0295	0,035	0,0358	0,0283	0,0329	0,0346	0,03015	0,03603	0,03717
P in	Watt	0,631	0,6302	0,6302	0,6951	0,6951	0,6951	0,6849	0,6818	0,6802	0,68178	0,68486	0,68486
CP		0,061	0,0695	0,0714	0,0424	0,0503	0,0515	0,0413	0,0483	0,0508	0,04423	0,05261	0,05433
TSR λ		1,673	1,5386	1,3174	1,1985	1,137	0,9708	1,1501	1,0712	0,9377	1,22616	1,17206	1,00759
Efisiensi	%	6,059	6,913	7,1437	4,2404	5,0283	5,152	4,1297	4,83	5,0847	4,42383	5,26085	5,43325

Tabel hasil penelitian (2)

Keterangan	Satuan	Nilai											
Beban	Kg	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3
Gravitasi	m det2	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Kec. Angin	m/s	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tinggi	m	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
S Pitch	derajat	15	15	15	20	20	20	25	25	25	30	30	30
Waktu	detik	6,5	7,34	8,25	8,38	8,77	9,19	9,22	9,5	9,86	8,98	9,17	9,24
RH	%	45,8	46,3	46,2	58	58	58	50,8	49,1	54,4	50,8	50,5	51,2
Suhu	°C	33,8	33,3	33,3	28	28	28	31,7	32,6	32,4	32,1	32	32,2
v		0,89	0,891	0,891	0,872	0,872	0,872	0,885	0,889	0,891	0,889	0,885	0,886
p Udara	Kg/cm3	1,124	1,1223	1,1223	1,1468	1,1468	1,1468	1,1299	1,1249	1,1223	1,12486	1,12994	1,12867
P Airfoil Z	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
D Turbin D	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Span Area A	m2	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
ω	rpm	30	26,567	23,636	23,27	22,235	21,219	21,15	20,526	19,777	21,7149	21,265	21,1039
P out	Watt	0,03	0,0334	0,0356	0,0234	0,0279	0,032	0,0213	0,0258	0,0298	0,02183	0,02672	0,03182
P in	Watt	0,455	0,4545	0,4545	0,4644	0,4644	0,4644	0,4576	0,4556	0,4545	0,45557	0,45765	0,45711
TSR λ		1,5	1,2282	1,1818	1,1635	1,1117	1,0609	1,0572	1,0263	0,9838	1,08372	1,06275	1,05519
CP		0,066	0,0734	0,0784	0,0504	0,0601	0,0689	0,0465	0,0566	0,0636	0,04791	0,05836	0,06661
Efisiensi	%	6,626	7,3433	7,84	5,0339	6,0149	6,833	4,6453	5,6609	6,5393	4,791	5,83323	6,86071