

## STUDI POTENSI ENERGI ANGIN DI KOTA PALU UNTUK MEMBANGKITKAN ENERGI LISTRIK

Alimuddin Sam \*dan Daud Patabang\*\*

### Abstract

In diversification energal effort then one of the important energal sources to develop is wind energy. Wind energy energal source that is not pollutant and available for ages. In city of Palu this energy is necessary to observase and to develop for to convert into other different form like electric energy.

This result gained. Found out thet the wind quickness is effective for running the wind mill gears from 3 to 9,5 m / second and found out at 11.30 until 16.30 p.m. with the minimum queckness found at 12.30 to 16.00 p.m. Further, The wind energy at certain time is between 81 – 2.572 Kwh/m<sup>2</sup> and electric energy at this condition is 3, 9 – 117 watt / m<sup>2</sup>. If it used wind mill sith diameter 5 m, then the electrical energy found is 76.5 – 2.297 watt and diameter 's wind mill 7 m, there after electrical energy found out 150 – 4.500 watt.

**Keywords:** electric energy, wind energy

### Abstrak

Dalam usaha diversifikasi energi maka salah satu energi terbarukan yang perlu dikembangkan adalah energi angin . Energi angin adalah energi terbarukan yang tidak polutiv dan tersedia sepanjang masa . Di kota Palu energi ini potensial untuk dikaji dan dikembangkan untuk dikonversi kebentuk energi lain seperti energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar potensi energi angin yang dapat membangkitkan tenaga listrik yang ada di Kota Palu .

Hasil yang didapatkan bahwa kecepatan angin efektif untuk dapat memutar sudu sudu kincir angin adalah 3 sampai 9,5 m/detik dan didapat kan pada pukul 11.30 sampai pukul 15.00. Selanjutnya energi angin pada kondisi tersebut adalah antara 87 sampai 2.572kwh /m<sup>2</sup> dan energi listrik pada kondisi tersebut adalah 3,9 sampai 117 watt / m<sup>2</sup> . Jika digunakan kincir angin dengan diameter 5 m maka didapatkan energi listrik 76,5 sampai 2.297 watt dan bila kincir angin diameter 7m maka didapatkan energi listrik 150 watt sampai 4.500 watt.

**Kata kunci:** energi listrik, energi angin

### 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dewasa ini kian meningkat baik di negara maju maupun negara berkembang seperti Indonesia. Diketahui bahwa lebih dari 82% konsumsi energi komersial berasal dari minyak bumi maka suatu saat Indonesia akan mengalami krisis energi.

Bertitik tolak dari hal tersebut maka perlu dicari alternatif lain agar kita tidak hanya tergantung kepada enrgi minyak akan tetapi memanfaatkan sumber-sumber lain seperti kayu, batu bara, macam-macam sisa kotoran seperti jerami, ampas tebu, serbuk gergaji dan sebagainya. Melihat letak geografis negara kita yaitu terletak pada khatulistiwa maka kita dapat

memanfaatkan energi matahari, energi angin, energi air bahkan sumber energi dari tenaga gelombang dan perbedaan temperatur di laut.

Alternatif energi angin sebagai energi terbarukan sangat diperlukan pengkajiannya, sehingga tiap wilayah di Indonesia dapat diketahui potensi energi angin yang ada.

Daerah Tingkat II Palu yang letak geografisnya pada 11° LU, 2° LS, 119° BT dan 121° BT memiliki topografi dataran rendah di sepanjang teluk Palu dan lembah Palu yang terletak pada ketinggian 0 – 100 m, daerah pedalaman terletak pada ketinggian 200 – 1000 m.

\* Staf Pengajar Jurusan D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

\*\* Staf Pengajar Jurusan D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

Kondisi fisik kota Palu yang topografinya landai dengan kemiringan 0° - 10° sedang pegunungan yang membentang mulai dari Barat mengelilingi bagian Selatan hingga ke Timur dengan ketinggian kemiringan tanah yang cukup curam yaitu 30° - 40° dan di atas 45°.

Kondisi kota Palu yang merupakan pinggir teluk palu memiliki potensi energi angin yang hampir tersedia sepanjang hari. Memperhatikan keadaan tersebut maka diperlukan suatu penelitian untuk mengkaji potensi tenaga angin di wilayah ini dengan tujuan untuk dikonversi ke energi listrik yang dapat dibangkitkan.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk menentukan besarnya potensi energi angin yang dapat dikonversi ke energi listrik.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Energi angin

Pemanfaatan energi angin untuk menggerakkan kincir angin yang selanjutnya di konversi ke bentuk energi yang lain, sangat diperlukan data kecepatan angin, arah angin dalam kurun waktu yang cukup lama.

Energi angin adalah merupakan suatu energi kinetis atau energi akibat kecepatan angin dan selanjutnya energi kinetis inilah yang dapat digunakan untuk memutar sudu – sudu kincir angin.

Energi tersebut dapat dihitung dengan formula :

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 \text{ Joule .....(1)}$$

Dimana :

E adalah energi kinetis ( joule )

m adalah massa udara ( kg )

V adalah kecepatan angin ( m/s )

Jika suatu blok udara yang mempunyai penampang A ( m<sup>2</sup> ) dan bergerak dengan kecepatan V ( m/s ), maka jumlah massa udara yang mengalir tiap detik adalah:

$$m = A \cdot V \cdot \rho \text{ (kg/detik) .....(2)}$$

Dimana :

m = massa udara yang mengalir ( kg/detik )

$\rho$  = kerapatan udara ( kg/m<sup>3</sup> )

A = penampang udara ( m<sup>2</sup> )

V = kecepatan angin ( m/detik )

Selanjutnya didapatkan energi yang dihasilkan persatuan waktu adalah:

$$P = E / \text{satuan waktu} \\ = \frac{1}{2} \cdot A \cdot V^3 \rho \text{ (Watt) .....(3)}$$

Menurut Brown,C.K. and Warne (1975) daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan oleh suatu kincir angin dapat dihitung dengan formula :

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot c_p \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3 \text{ (Watt) .....(4)}$$

Dimana:

E<sub>a</sub> ah daya efektif yang dihasilkan kincir angin (watt)

c<sub>p</sub> = koefisien daya

D = diameter kincir angin (m)

v = kecepatan angin (m/s)

$\rho$  = kerapatan udara (kg/m<sup>3</sup>)

Selanjutnya sistem konversi energi angin untuk membangkitkan tenaga listrik dihitung dengan formula:

$$(P_{\text{syst}}/A)_{\text{wp}} = c_p \times \eta_{\text{tr}} \times \eta_g \times \eta_b \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^3 \\ \text{Watt/m}^2 \text{ .....(5)}$$

Dimana:

C<sub>p</sub> = keefisiensi daya = 0,4

$\eta_{\text{tr}}$  = efesiensi transmisi= 0,95

$\eta_g$  = efesiensi generator = 0,85

$\eta_b$  = efesiensi baterai = 0,75

$\rho$  = kerapatan udara = 1,2 kg / m<sup>3</sup>

V = kecepatan angin ( m/ detik )

Dengan mensubstitusikan harga – harga tersebut diatas ke persamaan ( 5 ) maka didapatkan energi listrik yang dapat dibangkitkan / satuan luas penampang sudu kincir angin adalah :

$$( P_{\text{syst}}/A ) = 0,1454 \cdot V^3 \text{ watt / m}^2 \text{ ....(6)}$$

Dan untuk selang waktu dt didapat.

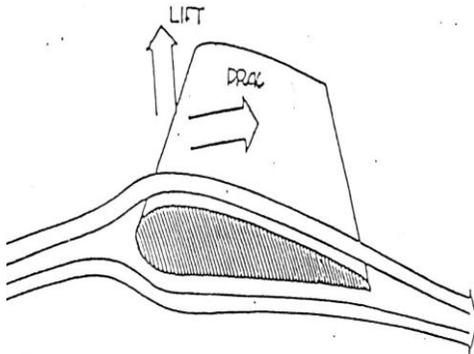
$$( P_{\text{syst}} /A ) = 0,1454 \cdot V^3 dt \text{ watt/m}^2 \text{ .....(7)}$$

### 2.2 Cara kerja kincir angin

Prinsip kerja kincir angin adalah terjadinya perputaran sudu kincir akibat adanya gaya yang ditimbulkanoleh angin yang berpengaruh . Angin yang bergerak

dengan kecepatan tertentu akan menghasilkan gaya pada sudut kincir angin sebagai berikut :

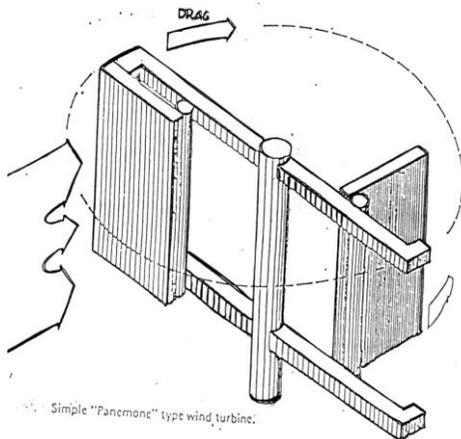
1. Drag Force ( Gaya seret )
  2. Lift Force ( Gaya angkat )
- penampang dari sudu kincir angin yang mendapat pengaruh gaya seret dan gaya angkat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gaya-gaya yang berlaku pada sudu kincir angin

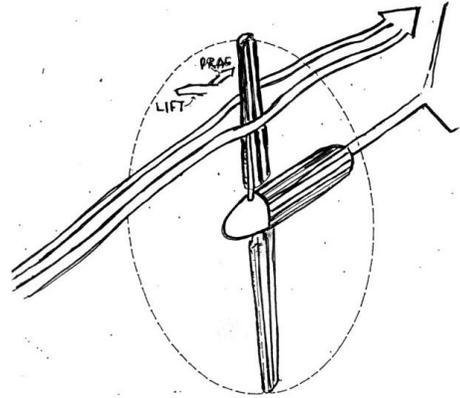
Gaya lift merupakan komponen gaya tegak lurus arah kecepatan angin sedangkan drag force merupakan komponen gaya yang sejajar arah kecepatan angin. Kombinasi dari gaya tersebut dihasilkan tenaga angin untuk memutar sendiri sudu kincir angin.

Dibawah ini digambarkan kincir angin jenis Panemone yang memanfaatkan keseluruhan komponen gaya seret (Drag Force ).

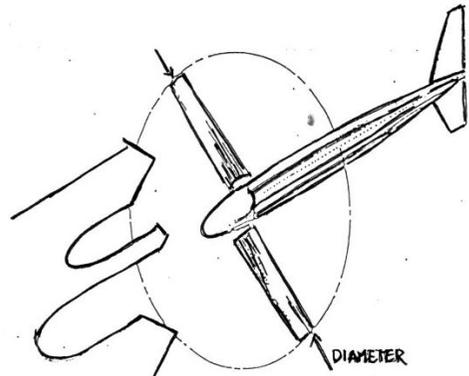


Gambar 2. Kincir angin jenis Panemone

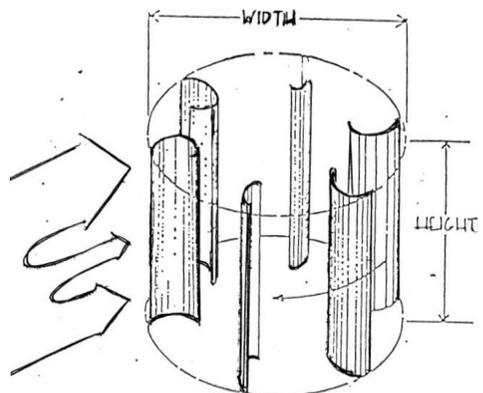
Kincir Angin yang memanfaatkan gaya lift untuk menghasilkan tenaga diperlihatkan pada Gambar 3. Gaya angkat diusahakan semaksimal mungkin dan gaya seret seminimal mungkin karena gaya seret dapat menumbangkangkan menara.



Gambar 3 Kincir Angin poros horizontal tenaga angkat.



Gambar 4. Kincir angin poros horisontal



Gambar 5. Turbin angin poros vertikal

**3. Metode Penelitian**

Penelitian ini bersifat eksploratif dan dilakukan diteluk Palu yaitu pada Kelurahan Talise Kotamadia Palu. Dengan pengukuran pada bulan Desember 1997, Januari 1998 dan awal Pebruari 1998 dan data sekunder dari Badan Metrologi dan Geofisika, Stasiun Mutiara Palu.

Urutan-urutan pada penelitian ini meliputi:

1. Mengukur kecepatan dan arah angin dengan Anemometer.
2. Mengukur temperatur udara dengan Termometer .
3. Mengukur tekanan udara dengan Barometer.
4. Menghitung potensi tenaga angin berdasarkan data pengukuran .
5. Menghitung energi yang dihasilkan oleh kincir angin dengan berbagai diameter sudu.
6. menghitung energi listrik yang dapat dibangkitkan berdasar diameter sudu.

**4. Hasil dan Pembahasan**

Hasil Pengamatan kecepatan angin pada waktu-waktu tertentu dan energi angin yang terjadi ditabelkan pada Tabel 1 . Perhitungan Energi listrik yang dapat dibangkitkan persatuan luas penampang sudu kincir angin adalah sebagai berikut:

- Energi kinetis

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

dimana :  $m = A \cdot V \cdot \rho$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (3,5)^2$$

$$A = 38,465 \text{ m}^2$$

$$m = 38,465 \cdot 1,89 \cdot 1,2 = 87,24 \text{ kg/detik}$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 87,24 \cdot (1,89)^2 = 155,81 \text{ joule.}$$

- Energi yang dihasilkan persatuan waktu:

$$P = E / \text{satuan waktu}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot A \cdot V^3 \cdot \rho \quad (\text{Watt})$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 38,65 \cdot (1,89)^3 \cdot 1,2$$

$$= 129,84 \text{ watt}$$

- Daya Efektif yang dihasilkan kincir angin

$$Ea = \frac{1}{2} \cdot cp \cdot \rho \cdot D^2 \cdot v^3$$

$$Ea = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 1,2 \cdot 2,7^2 \cdot (1,89)^3$$

$$= 79,39 \text{ watt}$$

- Energi listrik yang dapat dibangkitkan persatuan luas penampang sudu kincir angin:

$$(P_{\text{syst}}/A)_{\text{wp}} = cp \times \eta_{\text{tr}} \times \eta_g \times \eta_b \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^3 \quad \text{Watt/m}^2$$

$$= 0,4 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,75 \times$$

$$\frac{1}{2} \times 1,2 \times (1,89)^3$$

$$= 0,98 \text{ watt /m}^2$$

Hasil Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengamatan kecepatan angin dan hasil perhitungan Energi Listrik yang dapat dibangkitkan oleh kincir angin

NO	JAM	KEC ANGIN (V) (m/detik)	Laju aliran massa (kg/dtk)	ENERGI KINETIS (Joule)	E/WAKTU (Watt /detik)	DAYA EFEKTIF (Watt)	(Psyst/A) Wp Watt /m <sup>2</sup>
1	10.00	1,89	44,521	79,52	129,84	79,39	0,98
2	10.30	1,99	46,876	92,82	151,56	92,68	1,15
3	11.00	2,38	56,063	158,78	259,28	158,54	1,96
4	11.30	2,95	69,49	302,37	493,744	301,91	3,73
5	12.00	5,48	129,09	1938,27	3165,03	1935,30	23,93
6	12.30	6,88	162,07	3835,63	6263,27	3829,77	47,35
7	13.00	7,77	183,03	5525,03	9021,92	5516,58	68,21
8	13.30	8,22	193,63	6541,65	10681,97	6531,65	80,76
9	14.00	9,27	218,36	9382,33	15320,57	9367,99	115,82
10	14.30	8,57	201,87	7413,34	12105,37	7402,01	91,52
11	15.00	9,22	217,19	9231,33	15074	9217,22	113,96

Tabel 2. Hasil pengamatan dan perhitungan Energi Listrik

NO	JAM	KEC ANGIN (V)	Laju aliran massa	E. KINETIS	E/WAKTU	DAYA .E	(Psyst/A) Wp
		(m/detik)	(kg/dtk)	(Joule)	(Watt/detik)	(watt)	Watt /m <sup>2</sup>
12	10.00	2,05	48,29	101,47	165,69	101,31	1,25
13	10.30	2,25	53,00	134,16	219,07	133,95	1,66
14	11.00	2,28	53,71	139,60	227,95	139,38	1,72
15	11.30	3,28	77,26	415,62	678,67	414,98	5,13
16	12.00	4,99	117,54	1463,43	2389,67	1461,20	18,07
17	12.30	6,17	145,34	2766,48	4517,43	2762,25	34,15
18	13.00	7,57	178,32	5109,27	8343,02	5101,47	63,07
19	13.30	8,97	211,30	8500,59	13880,75	8487,60	104,94
20	14.00	9,35	220,25	9627,34	15720,65	9612,63	118,85
21	14.30	9,53	224,49	10194,13	16646,17	10178,55	125,85
22	15.00	8,97	211,30	8500,59	13880,75	8487,60	104,94

#### 4.1 Pembahasan

##### 4.1.1 Kecepatan angin

Dari hasil pengamatan dan data sekunder dari badan Metereologi dan Geofisika Stasiun Mutiara Palu didapatkan kecepatan angin yang dapat menggerakkan kincir angin dan dapat dikonversi ke energi listrik rata – rata didapatkan antara pukul 11.30 sampai 16.30 ( 5 jam ).

Kecepatan angin pada selang waktu tersebut adalah 3 sampai 9,5 m/dtk.

Kecepatan angin Maksimum didapatkan antara pukul 12.00 sampai pukul 16.00 ( sekitar 3,5 jam ) dan arah dari kecepatan angin terbanyak adalah Utara , serta daerah yang sangat potensial adalah teluk Palu.

##### 4.2.2 Energi angin

Potensial energi angin yang dapat dibangkitkan dengan kondisi tersebut diatas :

$$E_w = \frac{1}{2} V^3 dt \text{ ( kwh / m}^2 \text{ )}$$

$$\text{Selang waktu } t = 5 \text{ jam}$$

$$E_w = \frac{1}{2} V^3 t \text{ kwh / m}^2$$

Dengan menyulihkan data hasil pengamatan ( kecepatan angin, yang merupakan fungsi dari tekanan udara dan suhu udara ) maka energi angin adalah 67 sampai 2.572 kwh / m<sup>2</sup>.

##### 4.2.3 Energi Listrik yang dapat dibangkitkan

Sistem konversi energi angin yang dapat menghasilkan energi listrik ditentukan oleh factor kecepatan angin , kerapatan udara ( merupakan fungsi suhu dan tekana udara) efesiensi transmisi ,efesiensi daya efesiensi bateai dan efesiensi generator.

Dengan mengambil keefisiensi daya 0,4; efesiensi transmisi 0,95 ; efisiensi generator 0,85 dan efisiensi baterai 0,75 , maka energi listrik yang dapat dibangkitkan Psyst / A antara 3,9 sampai 117 watt /m<sup>2</sup> . selanjutnya jika digunakan kincir angin dengan diameter 5 m akan didapat Psyst antara 76,5 watt sampai 2.297 watt dan bila diameter kincir angin 7 m, didapatkan Psyst antara 150 sampai 4.500 watt. Energi listrik tersebut tersedia selama 5 jam tiap hari.

#### 5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kecepatan angin yang dapat dimanfaatkan rata –rata 5 jam tiap hari yaitu antara pukul 11.30 sampai pukul 13.30 dan besarnya antara 3 sampai 9,5 m /detik.
2. Energi angin pada kondisi tersebut adalah disekitar 87 sampai 2.272 kwh /m<sup>2</sup>.
3. Energi Listrik yang dapat dibangkitkan antara 3,9 sampai 117 watt /m<sup>2</sup>

4. Jika digunakan kincir angin diameter 5 m maka energi listrik yang dibangkitkan antara 76,5 sampai 2.297 watt dan jika digunakan kincir diameter 7m maka didapatkan 150 watt sampai 4.500 watt.

#### 6. Daftar Pustaka

Archie W. Culp jr. Sitompul Darwin, 1989, *Prinsip – prinsip Konversi Energi.*, Penerbit Erlangga, Jakarta

Brown, U.K. and Warne D.F. 1981 " *an Analysis Potential For Wind Energy Production In North Western Ontario In Wind Power Report.*, Ontario Research Foundation, Canada

Djdjodiharjo, Harijono 1981., *Aspek Tekno Ekonomi dari Pemakaian Energi Angin Indonesia*

Djdjodiharjo Harijono, Molly Jens Peter " *Wind Energy System*", Penerbit Alumni ,Bandung

Djatiati, Nursuhud 1991," *Tenaga Angin* ", Makalah bimbingan teknis ITS

Kadir Abdul, 1981 ,," *Energi*" Penerbit Universitas Indonesia

Reksohadiprojo Sukanto,1988, "*Ekonomi Energi*", PAU STUDI Universitas Gadjamada Yogyakarta

*Suplement Energy For Rural Development*, 1981, Natural Academy press Washington DC.

Warner, DF., 1983, *Wind Power Equipment.*, 3th,ed, Edan Fn Spon Ltd.