

PEMANFAATAN ENERGI ANGIN DI DAERAH PERTANIAN PANTAI KABUPATEN KULON PROGO DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Oleh :
*Tri Purwadi**

1. Pendahuluan

Dengan terbatasnya minyak bumi sebagai sumber utama energi dan makin meningkatnya penggunaan sumber energi tersebut maka perlu dikembangkan pemanfaatan sumber-sumber energi lainnya seperti energi surya, air, angin, biomas, panas bumi, batu bara dan lain-lain.

Pemanfaatan energi surya, air dan biomas di bidang pertanian di Indonesia telah banyak dikembangkan sedangkan informasi pemanfaatan energi angin di bidang pertanian dirasakan masih sangat terbatas.

Dengan kincir angin, energi angin dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan mesin dan

alat pertanian yang membutuhkan tenaga mekanik atau tenaga listrik, antara lain, pompa air, mesin perontok, pengering, pengaduk air untuk memperbaiki aerasi kolam ikan.

Daerah pantai pertanian DIY, terutama di Kabupaten Kulon Progo, mempunyai potensi energi angin yang cukup tinggi. Tanaman palawija dan hortikultura saat ini sedang berkembang di daerah tersebut, antara lain, di Wates, Temon, Panjatan, Glagah, Galur, Srandakan. Tanaman tersebut pada umumnya ditanam pada saat musim kemarau, sehingga diperlukan penyiraman.

Air tanah di daerah pantai pada saat musim kemarau relatif tidak terlalu dalam, dan pada saat itu pula angin bertiup dengan kecepatan yang relatif tinggi, keadaan seperti itu sangat mendukung pengembangan kincir angin.

^{*)} Staf Pengajar FTP UGM

2. Teori Energi Angin

A. Energi Angin

Apabila suatu massa udara bergerak dengan kecepatan V , maka energi kinetis yang terkandung adalah :

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

dimana

- E : energi kinetis (kg.m)
- m : massa udara (kg det 2/m)
- V : kecepatan udara (m/det)

Apabila udara tersebut mempunyai density ρ maka energi kinetis tiap meter kubik udara adalah :

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \dots\dots\dots (2)$$

dimana

- E : energi kinetis tiap m^3 udara (kg.m/m³)
- ρ : density udara (mass/m³)
- V : kecepatan udara (m/det)

Bila udara yang bergerak tersebut menumbuk suatu permukaan seluas A , maka gaya yang terjadi pada permukaan tersebut adalah :

$$F_{th} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

- F_{th} : gaya teoritis pada permukaan (kg)
- A : luas permukaan (m²)

Daya teoritis yang dihasilkan selama udara tersebut berembus dengan kecepatan V , adalah :

$$P_{th} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \dots\dots\dots (4)$$

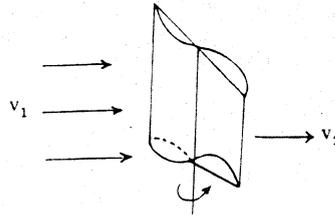
dimana :

- P_{th} : daya angin teoritis (kg.m/det)
- ρ : density udara (mass/m³)
- A : luas permukaan tumbukan (m²)
- V : kecepatan angin (m/det)

B. Energi Angin Terserap

Energi angin yang dapat dimanfaatkan tergantung dari tipe kincir angin.

1) Kincir angin tipe poros vertikal



Angin bertiup dengan kecepatan V_1 menumbuk daun kincir kemudian daun kincir bergerak dengan kecepatan V_2 . Dengan demikian maka kecepatan angin relatif terhadap daun kincir adalah $(V_1 - V_2)$.

Gaya tumbukan pada daun kincir

$$F_e = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A (V_1 - V_2)^2 \dots\dots\dots (4)$$

Daya yang terserap pada daun kincir yang bergerak dengan kecepatan V_2 :

$$P_e = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A (V_1 - V_2)^2 \cdot V_2 \dots\dots\dots (5)$$

Dengan mendiferensialkan $\frac{dPe}{dV_2} = 0$,

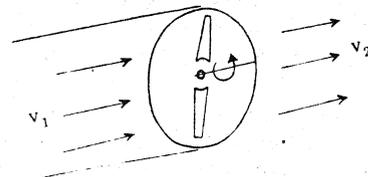
maka diperoleh $V_2 = \frac{1}{3} V_1$, maka :

$$P_{e \text{ mak}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A (V_1 - \frac{1}{3} V_1)^2 \cdot \frac{1}{3} V_1 = \frac{4}{27} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1^3$$

$$\text{atau } P_{e \text{ mak}} = 0.15 P_{th} \dots\dots\dots (6)$$

Dari persamaan (6), terlihat bahwa kincir angin tipe poros vertikal secara ideal hanya mampu menyerap 15% dari daya angin.

2) Kincir angin tipe poros horizontal



Angin dengan kecepatan V^1 menumbuk kincir angin, kincir angin akan berputar dengan kecepatan linear V , setelah menumbuk kincir kecepatan angin turun menjadi V_2 .

Perubahan energi kinetis angin :

$\frac{1}{2} \cdot M (V_1^2 - V_2^2)$, sama besarnya dengan energi yang diserap kincir : $m (V_1 - V_2) \cdot V$. Oleh karenanya maka :

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} \dots\dots\dots (7)$$

Daya yang terserap kincir :

$$P_e = \rho \cdot A \cdot V(V_1 - V_2) \cdot V$$

$$= \rho \cdot A \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right)^2 (V_1 - V_2)$$

Daya yang terserap maksimum terjadi pada keadaan $V_2 = \frac{1}{3} V_1$, maka :

$$P_{e \text{ mak}} = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V_1^3$$

$$\text{atau } P_{e \text{ mak}} = 0.593 P_{th} \dots\dots\dots (8)$$

Kincir angin tipe poros horizontal secara ideal mampu menyerap 60% daya angin.

3. Perancangan Kincir Angin untuk Menggerakkan Pompa Air

Suatu hal yang penting dalam merancang kincir angin ialah menentukan ukuran daun kincir atau diameter baling-baling kincir. Ukuran daun atau baling-baling kincir ditentukan oleh besarnya daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa air dan juga ditentukan oleh besarnya kecepatan angin di tempat dimana kincir tersebut akan dibangun.

Kebutuhan daya untuk menggerakkan pompa air ditentukan oleh debit dan tinggi pemompaan.

$$P_{\text{pompa}} = \frac{Q \cdot \vartheta \cdot H}{\eta} \dots\dots\dots (9)$$

dimana :

- P : daya untuk memomp air (kg.m/det)
- Q : debit pompa (m³/det)
- ϑ : berat jenis air (kg/m³)
- H : tinggi pemompaan (m)
- η : efisiensi pompa

Di samping itu kebutuhan daya untuk memompa air, khususnya pompa torak, dapat ditentukan berdasarkan torsi yang diperlukan untuk menggerakkan pompa dan kecepatan poros penggerak pompa.

$$P_{\text{pompa}} = \frac{2 \pi \cdot N \cdot T}{60 \cdot \eta} \dots\dots\dots (10)$$

dimana :

- N : putaran poros penggerak pompa (Rpm)
- T : torsi poros penggerak pompa (kg.m)
- η : efisiensi pompa

Dengan yang dihasilkan oleh kincir angin, ditentukan oleh luas daun kincir dan kecepatan angin.

Untuk kincir angin tipe poros vertikal :

$$P = 0.15 \left(\frac{1}{2} \cdot P \cdot A \cdot V^3 \right)$$

Untuk kincir angin tipe poros horizontal

$$P = 0.60 \left(\frac{1}{2} \cdot P \cdot A \cdot V^3 \right)$$

Dengan demikian maka ukuran daun kincir dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Untuk kincir angin tipe poros vertikal

a) Susunan daun kincir angin 1 × 2 :

$$A = \frac{Q \cdot \vartheta \cdot H}{0.075 \eta \cdot \rho \cdot V^3} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{atau } A = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot T}{4.5 \eta \cdot \rho \cdot V^3} \dots\dots\dots (11)$$

b) Susunan daun kincir angin 2 × 2 :

$$A = \frac{Q \cdot \vartheta \cdot H}{0.15 \eta \cdot \rho \cdot V^3} \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{atau } A = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot T}{9 \eta \cdot \rho \cdot V^3} \dots\dots\dots (13)$$

dimana :

- A : luas tiap daun kincir (m²)
- Q : debit pompa (m³/det)
- ϑ : berat jenis air (kg/m³)
- H : tinggi pemompaan (m)
- η : efisiensi pompa
- ρ : density udara (mass/m³)
- V : kecepatan angin (m/detik)
- N : kecepatan putar poros penggerak pompa (Rpm)
- T : torsi poros penggerak pompa (kg.m)

2. Untuk kincir angin tipe poros horisontal

$$D = 3.65 \sqrt{\frac{Q \cdot \theta \cdot H}{\pi \cdot \eta \cdot \rho \cdot V^3}} \dots\dots (14)$$

$$\text{atau } D = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{N \cdot T}{\eta \cdot \rho \cdot V^3}} \dots\dots\dots (15)$$

dimana :

D : diameter baling-baling kincir (m)

Berdasarkan persamaan (10) sampai dengan (15), ukuran daun atau baling-baling kincir dapat ditentukan apabila kita tahu berapa besar debit, tinggi pemompaan air, dan kecepatan angin. Dalam tabel 1 ditunjukkan hasil simulasi perhitungan luas daun kincir angin tipe savonius atas dasar torsi dan kecepatan angin pada putaran poros 20 rpm dan efisiensi pompa 60%.

Tabel 1. Simulasi desain luas daun angin tipe savonius untuk penggerak pompa dengan efisiensi 60% atas dasar torsi dan kecepatan angin pada putaran poros 20 rpm

Torsi kg m	Kecepatan angin m/dt									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	187,57	23,45	6,95	2,93	1,50	0,87	0,85	0,37	0,26	0,19
2.	375,15	46,89	13,89	5,86	3,00	1,74	1,09	0,37	0,51	0,38
3.	562,72	70,34	20,84*	8,79	4,50	2,61	1,64	1,10	0,77	0,56
4.	750,30	93,79	27,79	11,72	6,00	3,47	2,19	1,47	1,03	0,75
5.	937,87	117,23	34,74	14,65	7,50	4,34	2,73	1,83	1,29	0,94
6.	1125,45	140,68	41,68	17,59	9,00	5,21	3,28	2,20	1,54	1,13
7.	1313,02	164,13	48,63	20,52	10,50	6,08	3,83	2,56	1,80	1,31
8.	1500,60	187,57	55,58	23,45	12,00	6,95	4,37	2,93	2,06	1,50
9.	1688,17	211,02	62,52	26,38	13,51	7,82	4,92	3,30	2,32	1,69
10.	1875,75	234,47	69,47	29,31	15,01	8,68	5,47	3,66	2,57	1,88
11.	2063,32	257,92	76,42	32,24	16,51	9,55	6,02	4,03	2,83	2,06
12.	2250,90	281,36	83,37	35,17	18,01	10,42	6,56	4,40	3,09	2,25
13.	2438,47	304,81	90,31	38,10	19,51	11,29	7,11	4,76	3,34	2,44
14.	2626,05	328,26	97,26	41,03	21,01	12,16	7,66	5,13	3,60	2,63
15.	2813,62	352,70	104,21	43,96	22,51	13,03	8,20	5,50	3,86	2,81

Kincir angin ini berdiri pada dua tiang yang ditanam dalam pondasi beton. Untuk menyangga poros kincir beserta daun-daun kincirnya digunakan tiga buah lager, masing-masing didudukkan pada batang penyangga. Konstruksi kincir angin dapat dilihat dalam gambar 1, 2 dan 3.

4. Pemasangan Kincir Angin Tipe Savonius :
2 x 2 di Desa Glagah, Kecamatan Wates,
Kabupaten Kulon Progo

A. Konstruksi Kincir

Kincir angin tipe savonius termasuk dalam kategori kincir angin yang berporos vertikal, konstruksi kincir angin ini relatif sederhana, lebih murah dan lebih mudah membuatnya. Keadaan ini memungkinkan kincir angin tersebut dapat dikembangkan di daerah pedesaan.

Daun kincir berbentuk separuh silinder yang disusun saling berpasangan. Penampang melintang daun kincir berbentuk lengkung hiperbalis. Empat buah daun kincir disusun dalam dua pasang, antara satu pasang dengan lainnya membentuk sudut 90°. Tiap pasang terdiri dari dua daun kincir yang dipasang pada plat dudukan daun kincir dengan mur baut U. Pada bagian tengah plat dudukan daun kincir terdapat colar. Melalui colar tersebut poros kincir dapat dimasukkan kemudian dikunci dengan pasak.

B. Ukuran Daun Kincir

- Lebar daun kincir : 1,50 m
- Tinggi daun kincir : 2,15 m
- Luas daun kincir : 3,22 m²

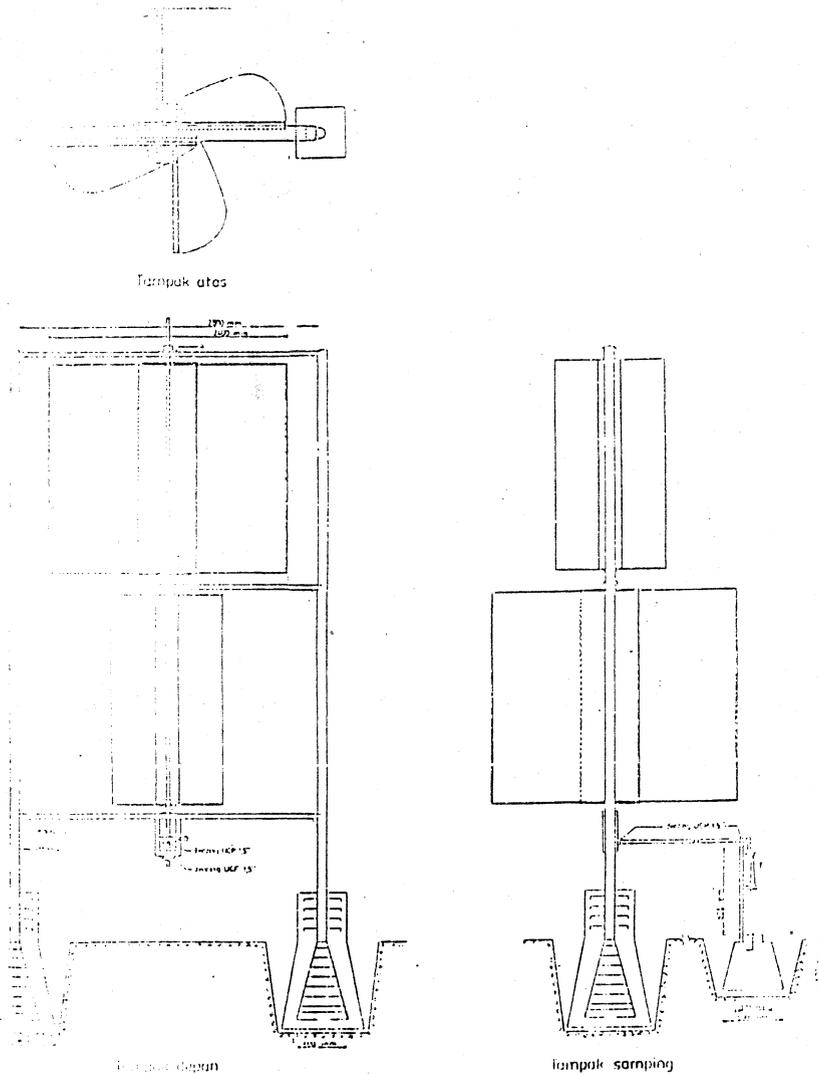
Kincir angin tersebut dirancang untuk meng-

gerakkan pompa dragon. Adapun faktor perancangan adalah sebagai berikut :

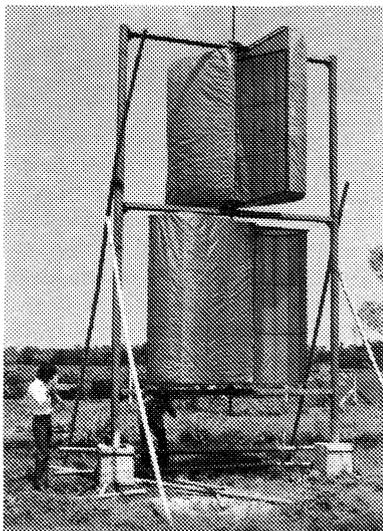
Torsi yang diperlukan :	2.14 kg.m (dengan tinggi pemompaan 6 m)
Putaran poros :	20 rpm
Efisiensi pompa :	60%
Kecepatan angin :	5 m/det

C. Kapasitas Kerja Kincir Angin

Karena kincir angin ini digunakan untuk menggerakkan pompa air, maka kapasitas kerjanya dinilai dari debit air yang dapat dihasilkan oleh kincir angin tersebut. Kapasitas kerja kincir dipengaruhi oleh besar kecilnya kecepatan angin, sedangkan kecepatan angin tidak konstan setiap saat dan tidak



Gambar 1. Konstruksi kincir angin



Gambar 2. Pemasangan kincir angin

dapat dikontrol. Oleh karenanya maka pengamatan debit air dilakukan pada variasi kecepatan angin yang bebas. Pengamatan dilakukan dengan mencatat waktu yang diperlukan untuk mengisi suatu bak penampung, sedangkan kecepatan angin selama pengisian dihitung dari hasil pengamatan anemometer yang terekam dalam kertas grafik. Hasil pengamatan debit air dan kecepatan angin dapat dilihat dalam lampiran.

Dari hasil pengamatan tersebut dapat dibuat kurva hubungan antara kecepatan angin dan debit air yang dihasilkan oleh kincir, seperti terlihat dalam gambar 2. Dari kurva dalam gambar 2 menunjukkan untuk dapat menggerakkan kincir angin diperlukan kecepatan angin minimal 1.25 m/det. untuk memompa air setinggi 2 meter, dan minimal 2 m/det untuk memompa air setinggi 3 m. Kincir angin tersebut mampu memompa air sebesar 11,8 liter/menit untuk memompa air setinggi 2 meter pada kecepatan angin 4 m/detik, dan sebesar 9,50 l/menit untuk memompa air setinggi 3 meter pada kecepatan angin 4 m/detik.

Dari pengamatan harian menunjukkan bahwa kincir angin tersebut mampu memompa air sebanyak 3145 liter per hari pada kecepatan angin rata-rata harian 3,5 m/det, dengan jam operasi kincir kurang lebih 5 jam/hari.



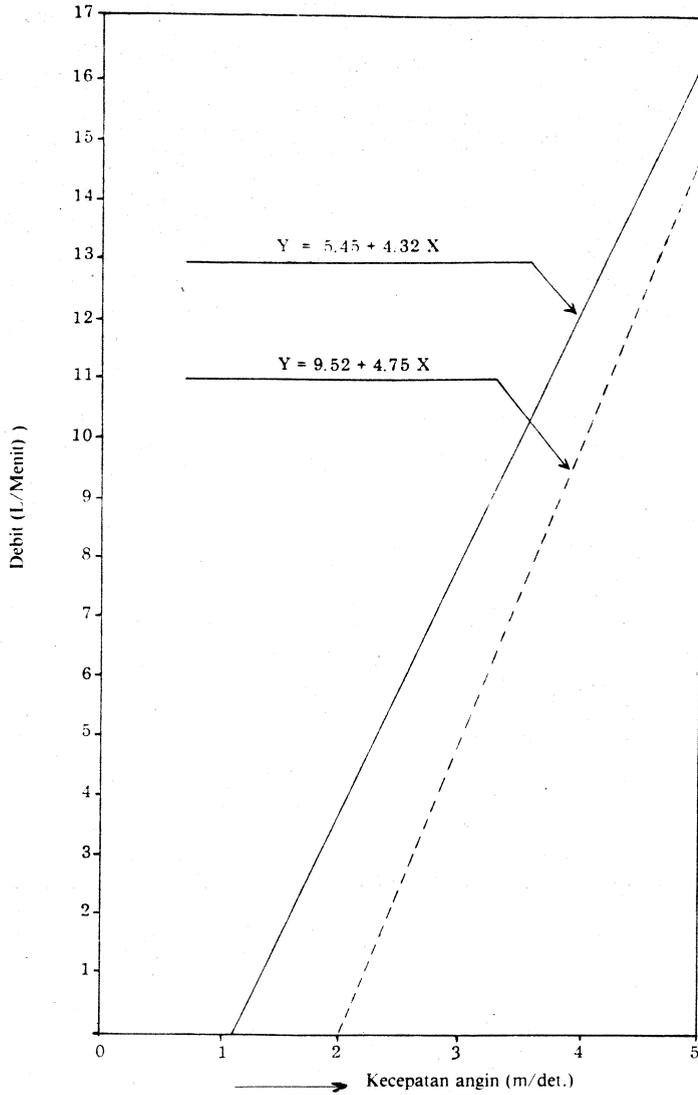
Gambar 3. Pengujian kincir angin

1) Biaya pembelian bahan-bahan

a. Layar siap pakai	Rp 30.000,00
b. Kerangka daun kincir	
1) Pipa besi \varnothing 0.5 inci	
5 batang	Rp 10.000,00
2) Besi beton \varnothing 8 mm	
2.5 batang	Rp 4.000,00
3) Besi beton \varnothing 6 mm	
2.5 batang	Rp 2.000,00
c. Plat 0.5 cm untuk dudukan daun kincir	Rp 5.000,00
d. Empat buah collar	Rp 20.000,00
e. Empat buah kanal U	Rp 20.000,00
f. Pipa besi \varnothing 4 inci, 2 batang	Rp 58.000,00
g. Rumah lager 3 buah	Rp 24.000,00
h. Lager UCF 2 buah	Rp 18.000,00
i. Poros engkol 1 unit	Rp 10.000,00
j. Poros utama \varnothing 1.5 inci	Rp 16.000,00
k. Lager UCF 2 buah	Rp 24.000,00
l. Mur baut	Rp 7.000,00
m. Gir transmisi (bekas)	Rp 2.000,00
n. Pompa dragon	Rp 55.000,00
o. Pipa-pipa	Rp 10.000,00
p. Beton	Rp 30.000,00
	<hr/>
	Rp 345.000,00

2) Biaya peralatan dan pemasangan

	Rp 75.000,00
	<hr/>
	Rp 420.000,00



Keterangan : ——— tinggi kolam air 2 meter

----- tinggi kolam air 3 meter

Gambar 2. Kurva regresi antara kecepatan angin dengan debit hasil pemompaan pada overlap daun kincir 40%, tinggi kolam air 2 meter dan 3 meter

5. Saran-saran

1. Energi angin di daerah pertanian pantai Kabupaten Kulon Progo dapat dimanfaatkan untuk memompa air.
2. Energi angin yang dapat dimanfaatkan terjadi pada bulan Juni sampai dengan Oktober dengan kecepatan antara 3,8 m/detik sampai 7 m/detik.
3. Kincir angin tipe savonius dapat dikembangkan dengan memanfaatkan bahan-bahan yang banyak terdapat di daerah tersebut, antara lain, glugu dan bambu atau rotan.
2. E.H. Lysen, H.G. Bos, E.H. Cordes. Savonius rotors for water pumping, State University Groningen, Technical Physics Laboratories, 1978.
3. Sugeng Supriadi, 1987. Thesis Kemungkinan Pemanfaatan Kincir Angin Tipe Savonius untuk memompa air irigasi di Daerah Istimewa Yogyakarta.
4. Tri Purwadi, 1985. Design, Fabricating and test of a 2-2 bladed Savonius type wind rotor.
5. Ushiyana, Izumi. Wind Energy research and development in Japan, Ashikoga Institute of Technology.

Daftar Pustaka

1. E.W. Golden's, 1976. The generation electricity by wind power, New York, John Wiley & Son.

Lampiran

Tabel 1. Pengamatan sesaat debit air dan kecepatan angin pada tinggi pemompaan 2 m dan 3 m

Tinggi Pemompaan (meter)	Kecepatan Angin (m/det)	Lama Pengisian (lt)	Volume Air (lt/det)	Debit Air (lt/det)
2	0.98	315	109.5	0.48
	2.39	33	109.5	3.32
	1.86	35	109.5	3.13
	1.33	47	65.0	1.38
	1.10	218	109.5	0.50
	2.39	45	219.0	4.87
	2.96	54	438.0	8.11
	3.56	56	547.5	9.77
	3.22	52	348.0	8.42
	2.84	48	328.5	6.84
	2.36	87	328.5	3.77
	1.63	143	89	0.62
	2.23	60	109.5	1.82
	3.25	40	219	5.47
	3.28	74	438	5.92
	4.78	63	876	13.90
	4.53	62	766.5	12.36
	3.11	63	328.5	5.21
	3.08	67	328.5	4.9
	2.44	34	78.5	2.31

ev
ku
yi
S
B

m
o
d
ju
k
E
C
d
d
p
y

n
s
k
d
p
ir
n
c
s
b