

## KARAKTERISTIK KEKASARAN PERMUKAAN SUDU KINCIR ANGIN SAVONIUS

Budi Sugiharto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Staf Pengajar - Jurusan Teknik Mesin - Universitas Sanata Dharma

---

### **Keywords :**

*Savonius wind turbine  
Roughness of surface  
Fin*

---

### **Abstract :**

*Savonius wind turbine was Horizontal Axis Wind Turbine that had a very high starting torque and didn't depend on direct wind.. In making the blade there would be the roughness of surface. Then surface of blade roughness was replaced by the fin of front blade, rear blade or both sides. The testing of Wind Turbine was in Wind Tunnel. The change of the speed of wind was done by the change of position of tunnel toward the blower. The best result at surface of smooth blade at both sides yielding comparison of output energy to input energy about 15% . Then it's can up by blade with rear side fin in 11,8%.*

---

### **PENDAHULUAN**

Kebutuhan akan energi dari tahun ke tahun semakin meningkat, baik untuk perumahan maupun industri. Peningkatan kebutuhan akan energi ini tidak dapat diimbangi oleh produksi energi. Sumber energi sebagian besar diambil dari bahan tambang seperti: batubara, minyak dan gas. Sebenarnya masih ada jenis sumber energi lain yang bisa dimanfaatkan sebagai alternatif bagi masyarakat yang kurang mampu, yang selama ini belum dimanfaatkan yaitu energi angin, energi air dan energi matahari. Dengan peralatan konversi energi; energi kinetik angin, energi potensial air dan energi panas matahari dapat diubah menjadi bentuk energi listrik maupun energi gerak yang lain.

Energi kinetik angin dapat menjadi pilihan yang lebih baik untuk penyediaan energi di Indonesia. Peralatan yang dipergunakan adalah kincir angin ditambah peralatan pengubah energi. Teknologi yang dipergunakan pada kincir angin ini termasuk teknologi yang sederhana, walaupun untuk beberapa jenis kincir angin yang ada sudah menggunakan teknologi tinggi, terutama untuk kincir yang menghasilkan daya besar dengan efisiensi yang tinggi.

Di bidang perikanan dan bidang pertanian, kebutuhan energi tidak selalu dalam bentuk energi listrik. Dengan demikian kincir angin dapat menjadi alternatif sumber energi untuk memenuhi kebutuhan air untuk irigasi, penggilingan dan bentuk energi lain yang berbentuk *shaft-work*. Dengan menggunakan peralatan tambahan yang sesuai, kincir angin dengan mudah dapat dipergunakan untuk menaikkan air, penggilingan dan juga pembangkit listrik. Keuntungan-keuntungan dari penggunaan energi angin antara lain :

- saat ini angin masih bebas tidak termanfaatkan.
- bebas polusi.
- belum ada undang-undang pemakaian angin.

Dari bermacam-macam kincir angin yang ada, kincir angin Savonius dianggap paling sesuai untuk masyarakat petani dan nelayan di Indonesia karena kesederhanaan dalam perancangan dan pembuatannya. Selain konstruksinya yang sederhana, kincir angin Savonius adalah kincir angin yang mampu menghasilkan torsi yang besar, sehingga sangat cocok untuk digunakan sebagai sumber penggerak pompa untuk keperluan pengairan.

Tujuan yang ingin dicapai :

1. Mendapatkan daya output dari 4 (empat) macam variasi kekasaran permukaan sudu kincir angin Savonius sebagai fungsi kecepatan angin.
2. Mendapatkan efisiensi 4 (empat) variasi permukaan sudu kincir angin Savonius sebagai fungsi kecepatan angin.

### **TINJAUAN PUSTAKA**

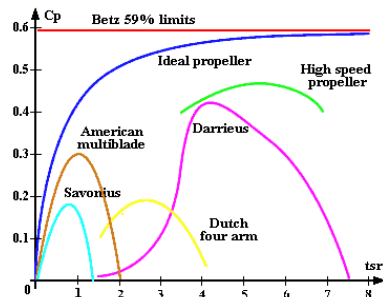
Walaupun ada berbagai macam bentuk dan ukuran, kincir angin dikelompokkan menjadi dua berdasarkan kedudukan poros terhadap permukaan tanah. Untuk kincir angin dengan rotor paralel dengan permukaan tanah disebut dengan kincir angin poros mendatar (*horizontal-axis wind turbine/HAWT*). Diperlukan peralatan tambahan agar kedudukan rotor dapat selalu searah dengan arah datangnya angin. Jika tidak, maka kincir ini tidak dapat memberikan efisiensi yang maksimum pada saat arah datangnya angin berubah-ubah. Kincir angin dengan rotor tegak lurus dengan permukaan tanah disebut dengan kincir angin poros tegak (*vertical-axis wind turbine/VAWT*). Kincir angin poros tegak dapat menerima angin dari segala arah. *American Wind Energy Association (AWEA)* mengelompokkan VAWT menjadi dua, yaitu : *Drag Type* dan *Lift Type*. Contoh kincir angin *lift-type* VAWT adalah kincir angin Darrieus yang memiliki dua atau tiga buah sudu/*blades*. Efisiensi maksimalnya antara 35% sampai dengan 40%.

Darrieus mengembangkan penemuannya yang diberi nama Giromills dan juga Cycloturbine. Kincir angin yang termasuk kelompok *drag-type* adalah kincir angin *cup-anemometer* yang biasa dipergunakan untuk mengukur kecepatan angin dan kincir angin Savonius yang pada awalnya dikembangkan di Finlandia. Keuntungan dari kincir angin Savonius yang utama adalah *starting torque* yang sangat besar dan konstruksinya sederhana. Sedangkan kekurangannya yang utama adalah bobot material dan disain rotor yang mampu menahan angin dengan kecepatan tinggi. Kekurangan ini diharapkan dapat dikurangi seiring dengan kemajuan teknologi bahan [Stout, 1988].

Dari diskusi tentang “Wind Energy System” diketahui efisiensi kincir angin Savonius dari para peneliti [www.fieldlines.com, 2004] :

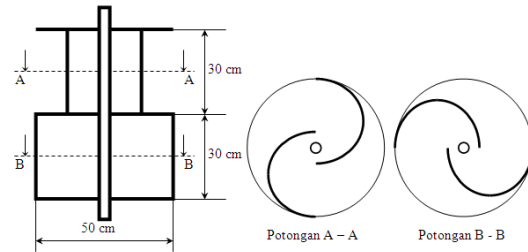
1. Savonius: di dalam wind tunnel 31%, di udara terbuka 37%
2. Professor Betz: efisiensi maksimum dari hasil kalkulasi 20%, sehingga dalam kenyataannya tidak akan lebih dari 10%
3. Penelitian di Kansas State University (1932–1936) efisiensinya antara 35% sampai dengan 40%. Dimensi kincir angin: tinggi 2 m dan diameter 1 m.
4. Sandia, bentuk *semicircular blades*, efisiensi di wind tunnel 25%. Dimensi: tinggi 1,5 m, diameter 1 m.
5. Penelitian di University of Illinois, dimensi sama [windturbine-analysis.com, 2004] dengan bentuk *blade* yang berbeda memperoleh efisiensi maksimal 35%

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tidak diketahui bentuk sudu dan ukuran/dimensinya, sehingga sulit diketahui efisiensi kincir angin Savonius secara pasti. Dari diskusi tersebut disimpulkan pula bahwa kincir angin Savonius tidak cocok untuk menggerakkan generator listrik karena mempunyai kecepatan yang rendah, tetapi sangat cocok untuk menggerakkan pompa atau peralatan/unit lain yang memerlukan torsi cukup besar. Efisiensi dari beberapa macam kincir angin (dari perhitungan Professor Betz) dapat dilihat pada Gambar 1. Kincir angin Savonius memiliki Efisiensi ( $C_p$ ) maksimum sebesar 0,3 pada harga  $tsr$  sama dengan 1.



Gambar 1. Grafik  $tsr$  dengan efisiensi ( $C_p$ ) berbagai macam kincir (sumber : <http://windturbine-analysis.com/index-intro.htm>)

Lance Turner dalam tulisannya : *making a simple Savonius wind turbine* memperoleh efisiensi kincir angin Savonius sekitar 15%, Turner memperkirakan bahwa kincir angin Savonius dengan bentuk sudu seperti Gambar 2 akan memberi efisiensi yang sedikit lebih tinggi [Lance, 2005].



Gambar 2. Bentuk sudu

### Energi yang Tersedia Pada Angin

Daya yang tersedia pada angin ( $P_i$ ) berbanding lurus dengan pangkat tiga kecepatannya [5]:

$$P_i = \frac{1}{2} \times (\text{massa jenis udara}) \times (\text{luas penampang}) \times (\text{kecepatan angin})^3 \quad (1)$$

$$P_i = \frac{1}{2} (\rho_{\text{udara}} \cdot A \cdot v^3) \quad (2)$$

Jika kecepatan angin  $v$  dalam meter/detik, massa jenis udara ( $\rho_{\text{udara}}$ ) sama dengan  $1,2 \text{ kg/m}^3$  (di atas permukaan air laut), maka daya yang tersedia menjadi :

$$P_i = 0,6 \times (\text{kecepatan angin})^3 \text{ Watt per meter}^2 \quad (3)$$

Intermediate Technology Development Group / ITDG [www.itdg.org, 2005] mengelompokkan kecepatan angin menjadi tiga kelompok :

1. kecepatan angin rendah, kurang dari 3 meter/detik
2. kecepatan angin sedang, antara 3 meter/detik sampai dengan 4,5 meter/detik
3. kecepatan angin tinggi, lebih dari 4,5 meter/detik

### Energi yang Dihasilkan Oleh Generator Listrik

Sebuah generator listrik berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik yang besarnya [7]:

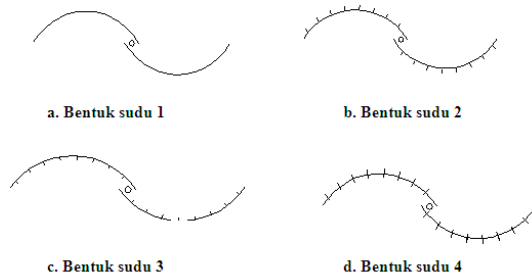
$$P_o = \text{tegangan} \times \text{ arus} \quad (4)$$

$$P_o = V \times I \quad \text{Watt} \quad (5)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Benda Uji

Benda uji yang direncanakan untuk diteliti adalah empat buah kincir angin Savonius dua tingkat dengan variasi permukaan sudu yang berbeda, masing-masing dengan bahan plat. Gambar detil dari tiap kincir angin Savonius dapat dilihat pada Gambar 3.

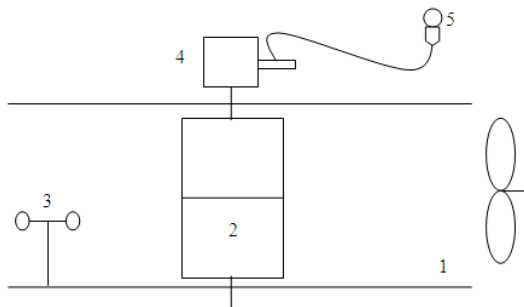


Gambar 3. Macam bentuk sudu yang diuji

**2. Peralatan Uji**

Peralatan utama yang dipergunakan pada penelitian ini adalah *wind tunnel* (terowongan angin) dengan susunan seperti pada Gambar 4. Peralatan lain yang diperlukan adalah :

1. *wind tunnel*, untuk meletakkan benda uji
2. tachometer, untuk mengukur kecepatan putar poros;
3. transmisi sabuk, untuk menaikkan putaran poros;
4. dinamo (generator listrik);
5. ampmeter, untuk mengukur arus;
6. voltmeter, untuk mengukur tegangan dan lampu, digunakan sebagai beban.



Gambar 4. Susunan alat penelitian

Keterangan Gambar:

1. *Wind tunnel*
2. Kincir (spesimen uji)

3. Anemometer
4. Generator
5. Lampu (10 buah LED sebagai beban)

**Cara Pengambilan Data**

Tiap jenis kincir angin Savonius akan diuji di dalam terowongan angin pada berbagai kecepatan angin. Karena kecepatan maksimum yang dapat dihasilkan 8,5 m/det dan tidak dapat dengan tepat ditentukan kecepatan angin yang sama pada setiap kincir maka yang dilakukan adalah mengambil data mulai dari kecepatan maksimum kemudian diturunkan dengan varian berkisar 1 m/det untuk masing-masing kincir. Pengukuran dilakukan sebanyak 4 kali dalam selang 5 menit sehingga setiap kincir diperoleh 20 set data.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

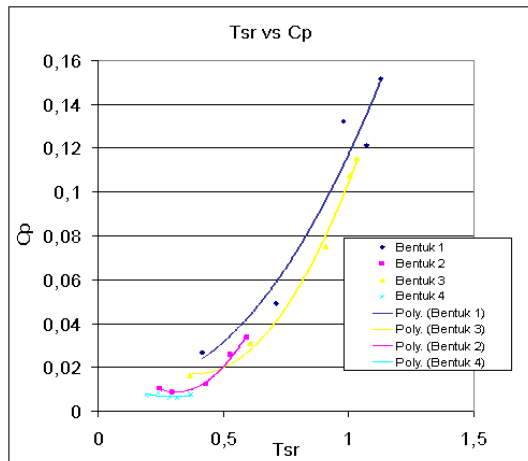
Secara ringkas hasil penelitian dan perhitungan ditampilkan pada Tabel 1. Pada kecepatan angin yang hampir sama yaitu sekitar 8 m/s, daya terbesar terjadi pada bentuk sudu 1 sebesar 16,03 watt. Diikuti semakin kecil sudu 3 sebesar 10,85 watt, sudu 2 sebesar 2,85 watt, dan sudu 4 sebesar 0,79 watt. Melihat hal tersebut dapat dianalisis bahwa sirip merupakan hambatan bagi kinerja kincir, semakin besar hambatan semakin kecil daya yang dihasilkan. Sirip pada permukaan sisi dalam mempunyai nilai hambatan yang lebih rendah dibandingkan sirip pada permukaan sisi luar hal ini dapat dilihat pada Gambar 5, yang menunjukkan efisiensi sudu 3 lebih tinggi dibandingkan sudu 2.

Efisiensi kincir angin Savonius dari hasil penelitian sebanding dengan daya yang dihasilkan, Efisiensi terbesar dapat dicapai oleh sudu 1, dilanjutkan sudu 3, sudu 2 dan paling rendah sudu 4. Dibandingkan dengan hasil yang telah diperoleh Turner pada Gambar 1 karakteristik sudu 1 cukup sesuai, hasil penelitian menunjukkan efisiensi maksimum dicapai oleh sudu 1 sebesar 15 % pada *tsr* 1,12.

Tabel 1. Rangkuman rerata data dan hasil perhitungan masing-masing sudu

Sudu	No	V-angin (m/s)	n-poros (rpm)	I (A)	V (Volt)	$P = \frac{VI}{\omega}$	$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$ (W)	Cp	tsr
1	1	8,38	361,25	0,73	22,00	16,03	105,74	0,15	1,13
	2	7,05	288,50	0,43	18,00	7,65	63,07	0,12	1,07
	3	5,10	190,50	0,25	12,50	3,16	23,88	0,13	0,98
	4	3,90	105,75	0,07	7,75	0,52	10,68	0,05	0,71
	5	3,33	52,75	0,04	4,40	0,18	6,62	0,03	0,42
2	1	7,78	176,25	0,24	11,75	2,85	84,60	0,03	0,59
	2	7,30	147,00	0,18	10,00	1,80	70,02	0,03	0,53
	3	6,13	101,00	0,06	8,00	0,51	41,36	0,01	0,43
	4	5,05	57,25	0,05	4,48	0,20	23,18	0,01	0,30
	5	4,03	37,75	0,04	3,00	0,12	11,74	0,01	0,25
3	1	8,05	317,75	0,54	20,00	10,85	93,90	0,12	1,03

	2	7,13	274,00	0,41	17,00	7,01	65,11	0,11	1,01
	3	6,18	214,50	0,26	12,50	3,19	42,38	0,08	0,91
	4	5,25	122,00	0,09	9,25	0,81	26,05	0,03	0,61
	5	4,10	57,25	0,05	4,45	0,20	12,41	0,02	0,37
4	1	8,38	117,75	0,09	9,05	0,79	105,74	0,01	0,37
	2	7,03	85,00	0,05	7,10	0,37	62,40	0,01	0,32
	3	5,80	63,00	0,05	4,80	0,22	35,12	0,01	0,28
	4	4,65	42,50	0,05	3,35	0,15	18,10	0,01	0,24
	5	4,13	30,25	0,04	2,35	0,09	12,63	0,01	0,19



Gambar 5 Grafik hubungan *tip speed ratio* (*tsr*) dengan Efisiensi (*Cp*)

### KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa

1. Daya yang dihasilkan oleh sudu yang halus di kedua sisi memiliki harga yang paling besar yaitu 16 W pada kecepatan angin 8 m/s
2. Kekasaran permukaan sudu memperkecil efisiensi serta *tsr* pada kincir angin Savonius

### SARAN

Pada pembuatan sudu kincir angin diusahakan seluruh permukaannya halus, namun jika tidak dapat dilakukan pengerjaan yang halus bagi kedua sisi permukaan sudu maka sebaiknya sisi sudu yang lebih kasar di bagian sisi dalam.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stout, B.A., 1988, *Energy, Use and Management in Agriculture*, Brenton Publishers, Massachusetts.
- [2] \_\_, 2004, Hasil diskusi tentang *Wind Energy System*, available at : <http://www.fieldlines.com/story/2003/7/29/131857/998>.

[3] \_\_, 2004, available at : <http://windturbine-analysis.com/index-intro.htm>.

[4] Lance Turner, 2005, "Making a Simple Savonius Wind Turbine", available at : <http://www.macarthurmusic.com/johnkwilson/MakingasimpleSavoniuswindturbine.htm>, diakses 26 Januari 2005.

[5] Kreith, F., Goswami, D.Y., 2007, *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*, CRC Press.

[6] \_\_, 2005, available at : <http://www.itdg.org>.

[7] Walker, J.S., 2007, *Physics*, third edition, New Jersey, Prentice Hall.