



**ANALISA PENGARUH KECEPATAN ANGIN DAN LEBAR SUDU TERHADAP
EFISIENSI TURBIN ANGIN SAVONIUS U**

Bayu Dwiyan Nugraha

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: tamstoks@gmail.com

ABSTRAK

Wind is a moving air, because the movement is caused by the difference in the air density itself. Low air-type masses cause the air pressure in place itself to be low so that it can be filled by higher air pressure and has a higher air density.

Wind turbine or often called a windmill is one of the energy conversion engine that produces electricity, so it can generate electrical energy. Windmills in general can be regarded as air-driven tools to produce mechanical forces and. Use different designs of different combinations, including blade forms, the number of blades, and of course the blades assigned as variables to determine higher comparisons, for larger or for reducing costs.

The method we use is a wind turbine savonius U which is one type of turbine that can be made with affordable materials and tools and does not require electric power in the process, because it utilizes the air pressure and wind speed itself as the driving force, but the pressure and wind speed all it takes is big enough. Variable used with wind speed 3 m / s, 4m / s, and width of blade 0,15 m, 0,20 m, 0,25 m

The results of the analysis can be concluded with a high speed of 5 m / s and a width of 0.25 m 10/25 with an efficiency of 68.7%. Low speed 3.6 m / s and width of 0.15 m blade.

Keywords: Wind Speed, Width of Sudu, Wind Turbine Efficiency

PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan dan kemajuan teknologi modern kebutuhan manusia terhadap energi semakin meningkat setiap tahun. Ini dikarenakan banyaknya peralatan yang penggunaannya membutuhkan sumber daya energi lebih banyak. Menurut jenis nya sumber daya energi terbagi menjadi dua yaitu sumber daya energi yang bisa digunakan terus menerus atau dapat diperbarui dan sumber daya energi yang

bisa habis jika digunakan terus menerus atau tidak dapat diperbarui. Bahan bakar fosil merupakan contoh energi yang tidak bisa diperbaharui dan penggunaannya paling besar hingga saat ini. Namun, cadangan sumber energi dari bahan bakar fosil tentunya akan semakin menipis. Oleh sebab itu, diperlukan suatu sumber daya energi alternatif untuk menggantikan pemakaian sumber daya energi dari fosil atau bahan bakar fosil.

Di bumi ini banyak terdapat sumber energi alternatif terutama yang dapat diperbaharui seperti energi matahari, panas bumi, gelombang laut, dan lain lain. Kata “alternatif” bisa diartikan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang umum dipakai. Pemanfaatan sumber energi angin sangat berlimpah, sangat ramah terhadap lingkungan, dan selalu dapat diperbaharui, potensi ini bisa dimanfaatkan atau dikembangkan. Di Indonesia sendiri rata-rata angin bervariasi, tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil tergantung dari musimnya. Rata-rata angin tahunan di Indonesia melalui survei sejak tahun 1979 kecepatan angin 3-5 m/s. Untuk kecepatan angin demikian bisa dimanfaatkan sebagai sumber yaitu pembangkit energi listrik dengan skala kecil 10 kW. Teknologi kincir angin menawarkan solusi yang tepat mengatasi ketergantungan penggunaan sumber energi fosil. Dari teknologi kincir angin ini bisa di manfaatkan untuk sumber energy listrik yang pemakaiannya tidak memberikan dampak terhadap peningkatan kadar emisi karbon dioksida (CO₂).

Ada beberapa sumber energi berdasarkan poros, jenis turbin angin yang bisa dikategorikan turbin angin sumbu horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT). Pemanfaatan turbin angin VAWT memiliki keuntungan yang paling besar, karena jenis turbin angin vertikal hanya membutuhkan sedikit atau kecilnya hembusan angin. Dengan ini memudahkan kita untuk memanfaatkan sumber angin di Indonesia. Turbin angin savonius salah satu turbin angin yang mampu memutar rotor walaupun dengan hembusan angin yang rendah atau kecil, namun torsi yang dihasilkan relatif tinggi.

Energi angin

Angin merupakan udara yang bergerak, karena gerakan itu di sebabkan oleh perbedaan massa jenis udara itu sendiri.

Massa jenis udara yang rendah menyebabkan tekanan udara ditempat itu sendiri menjadi rendah sehingga bisa terisi oleh tekanan udara yang lebih tinggi dan memiliki massa jenis udara yang lebih tinggi. Tinggi rendahnya massa jenis udara disebabkan oleh temperature sedangkan perbedaan temperature disebabkan oleh perbedaan dari sinar matahari karena perbedaan permukaan bumi.

Pengertian turbin angin

Turbin angin atau yang sering disebut kincir angin merupakan salah satu mesin konversi energi yang dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi angin untuk memutar sudu kincir dan dari putaran kincir tersebut bisa digunakan untuk memutar generator dan mengeluarkan listrik, sehingga dapat membangkitkan energi listrik. Kincir angin secara umum dapat dikatakan sebagai sebuah alat yang memanfaatkan udara untuk menghasilkan gaya mekanis dan dilanjutkan sesuai kebutuhan. Penggunaan desain berbagai kombinasi yang berbeda-beda, yang meliputi bentuk sudu, jumlah sudu, dan tentunya sudu tersebut ditetapkan sebagai variable untuk menetapkan perbandingan perlengkapan pada transmisi untuk menghasilkan efisiensi lebih tinggi, keandalan yang lebih besar atau untuk mengurangi biaya. Model yang paling sederhana didasarkan pada suatu teori daya gerak yang dikembangkan selama seabad yang lalu untuk meramalkan bentuk baling-baling kapal. Adaptasi dari teori awal ini untuk memutar turbin telah dikerjakan oleh Bilau pada tahun 1925 dan betz pada tahun 1927. Yang telah dipahami selama bertahun-tahun kincir angin yang utama menjadi keinginan umum antara lain adalah horizontal-axis (poros datar) dan vertical-axis (poros tegak).

Menghitung luas plat yang akan digunakan sebagai bahan sudu

Untuk menentukan berapa luas plat yang mau digunakan dalam pembuatan sudu bisa dicari dengan sudut () atau sudut yang terbentuk dari dua ujung plat yang sudah melalui proses pembentukan sudu. Untuk mencari nilai sudut () dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$h = \frac{L}{2} x \tan \alpha$$

maka,

$$\frac{2h}{L} = \tan \alpha$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{2h}{L}$$

Dimana :

h : Tinggi lengkungan sudu (m)

L : Lebar sudu (m)

Setelah mendapatkan nilai (), selanjutnya mencari nilai lebar plat yang akan digunakan sebagai bahan sudu dengan persamaan seperti dibawah ini:

$$b = \frac{\pi x d x \alpha}{360}$$

Dimana :

b : Lebar sudu setelah dilengkungkan (m)

d : Diameter sudu (m)

Sehingga untuk mengetahui berapa luas plat yang akan di gunakan untuk membuat sudu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A = t x b$$

Dimana :

A : Luas penampang sudu setelah dilengkungkan / luas penampang sapuan (m²)

t : Panjang sudu (m)

b : Lebar setelah dilengkungkan (m)

Daya angin

Energi yang terdapat pada angin merupakan energi kinetik, sebagaimana diketahui energi kinetik dari suatu benda yang memiliki massa *m* dengan kecepatan *v*

adalah $E_k = \frac{1}{2} m.v^2$, dengan syarat, kecepatan *v* tidak mendekati kecepatan cahaya. Rumus ini juga berlaku untuk energi angin, yang merupakan udara yang bergerak.

$$E_k = \frac{1}{2} m.v^2$$

Dimana:

E_k : Energi kinetik (joule)

m : massa udara (kg/m²)

v : kecepatan angin (m/s)

Volume udara per satuan waktu (debit) yang bergerak dengan kecepatan *v* dan melewati daerah dengan luas *A* adalah:

$$V = v.A$$

Dimana:

V : Volume udara

v : Kecepatan angin (m/s)

A : Luas penampang (m²)

Bilamana suatu Blok udara yang mempunyai penampang *A* (m²), dan bergerak dengan kecepatan *v* (m/s), maka jumlah massa, yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = p.v = p.A.v \text{ (kg/s)}$$

Dimana:

A : Luas penampang (m²)

v : Kecepatan (m/s)

p : Massa jenis udara (kg/m³)

Daya angin (P_A) adalah tenaga yang dihasilkan oleh angin sehingga dapat memutar sudu – sudu kincir Savonius U. Untuk mengetahui daya angin dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_A = \frac{1}{2} (p.A.v) v^2$$

$$P_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Dimana :

P_A : Daya angin (watt)

p : Massa jenis udara (kg/m³)

A : Luas penampang sapuan (m²)

v : kecepatan angin

Daya generator

Daya genetator turbin dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$P_g = V \cdot I$$

Dimana :

- P_g : Daya generator (watt)
- V : Tegangan listrik (volt)
- I : Kuat arus listrik (ampere)

Efisiensi sistem

Efisiensi sistem adalah hasil dari daya generator di bagi daya angin yang dituliskan dalam persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_g}{P_A} \times 100\%$$

Dimana :

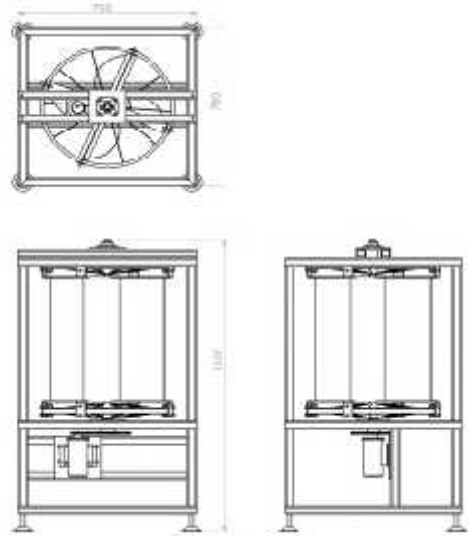
- η : Efisiensi system (%)
- P_g : Daya generator (watt)
- P_A : Daya angin (watt)

PEMBUATAN KINCIR ANGIN SAVONIUS U

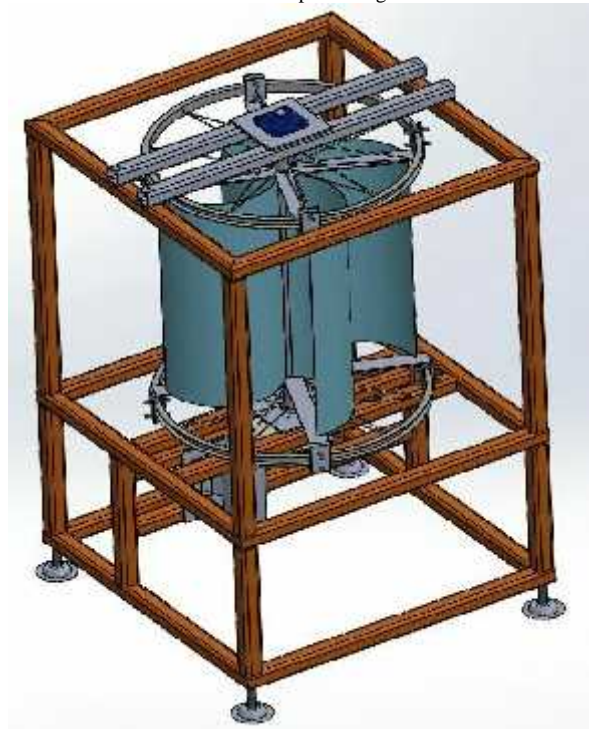
- Perancangan desain kincir
- Pembuatan sudu Kincir Angin Savonius U
- Pembuatan rangka penyangga Kincir Angin Savonius U
- Pembuatan As sudu
- Pemasangan bearing
- Pemasangan Generator
- Pemasangan roda gigi
-

Perancangan desain kincir

Perancangan desain ini diperlukan agar bisa mengetahui awal dari proses pengerjaan yang akan dilakukan. Dan dari perancangan desain ini kita juga akan mengerti gimana bentuk dan hasil akhir dari alat yang akan dibuat.



Gambar 1. Dimensi perancangan desain



Gambar 2. Desain bentuk alat yang akan di buat

Pembuatan sudu kincir angin savonius U

Pembuatan kincir angin savonius U ini menggunakan bahan dari plat yang ketebalannya tidak mencapai 1mm (0,8mm)



Gambar 3. Plat sudu yang sudah di Roll

Pembuatan rangka penyangga kincir angin savonius U

Rangka penyangga atau body menggunakan 4 batang besi kotak dengan panjang 1 batangnya 6 m yang di potong sesuai ukuran rangka penyangga sebagai berikut :

24 potong besi kotak : 75 cm = 0,75 m

6 potong besi kotak : 55 cm = 0,55 m



Gambar 4. Bentuk rangka penyangga kincir

Pemasangan generator

Generator merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan cara mengkonversi energi mekanik dari kincir.



Gambar 5. Generator yang sudah terpasang

Pemasangan roda gigi

Mentransmisikan putaran dari kincir ke generator



Gambar 6. Roda gigi pada kincir



Gambar 7. Roda gigi pada generator

Data hasil pengujian dengan metode random dan di rata – rata

Dari pengujian dan pengambilan data dengan sampel random pada Kincir Angin Savonius U, maka didapatkan hasil data rata-rata pada tabel dibawah ini

1. Kecepatan Angin = 3 m/s

No.	Lebar Sudu (m)	Jumlah Sudu	Tinggi Sudu (m)	Putaran (Rpm)	Tegangan Listrik (V)
1	0,15	4	0,6	107,8	3,0
2	0,2			116,1	3,7
3	0,25			154,6	4,9

Table 4.2.3 Data Pengujian Kecepatan Angin 3 m/s berdasarkan pengukuran avometer pada generator

2. Kecepatan Angin = 4 m/s

No.	Lebar Sudu (m)	Jumlah Sudu	Tinggi Sudu (m)	Putaran (Rpm)	Tegangan listrik (V)
1	0,15	4	0,6	203,8	6,5
2	0,2			209,7	8,5
3	0,25			332	10,5

Table 4.2.4 Data Pengujian Kecepatan Angin 4 m/s berdasarkan pengukuran avometer pada generator

3. Kecepatan Angin = 5 m/s

No	Lebar Sudu (m)	Jumlah Sudu	Tinggi Sudu (m)	Putaran (Rpm)	Tegangan listrik (V)
1	0,15	4	0,6	425,5	13,5
2	0,2			470,5	11,91
3	0,25			503,4	15,98

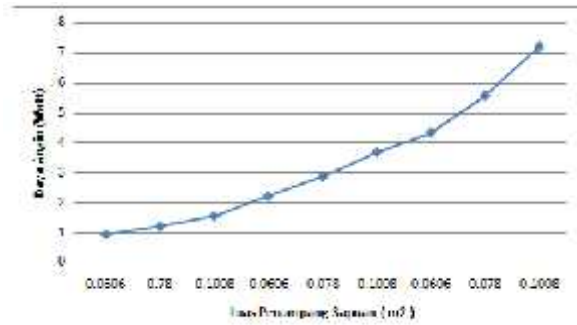
Table 4.2.5 Data Pengujian Kecepatan Angin 5 m/s berdasarkan pengukuran avometer pada generator

Perhitungan Data

Menghitung Daya Angin

No	Luas Penampang Sapuan (A) (m ²)	Massa Jenis Angin (ρ) (kg/m ³)	Kecepatan Angin (v) (m/s)	Daya Angin (P _A = $\frac{1}{2} \rho v^3 A$) (Watt)
1.	0,0506	1,2428	3	0,996
2.	0,078	1,2428	4	1,204
3.	0,1008	1,2428	5	1,557
4.	0,0506	1,2428	3	2,218
5.	0,078	1,2428	4	2,856
6.	0,1008	1,2428	5	3,660
7.	0,0506	1,2428	3	4,933
8.	0,078	1,2428	4	5,578
9.	0,1008	1,2428	5	7,208

Data hasil penghitungan Daya Angin



Hubungan Luas Penampang Sapuan terhadap Daya Angin

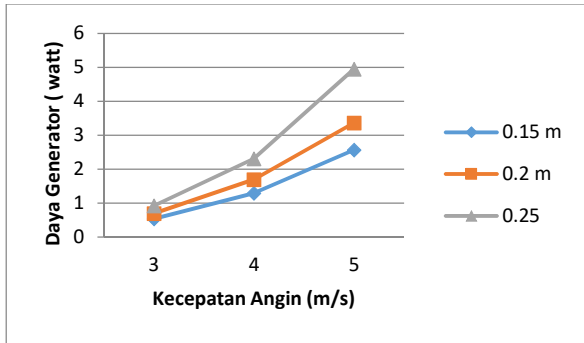
Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai Luas Penampang Sapuan, maka semakin tinggi juga nilai Daya Angin.

Menghitung Daya Generator

Dari pengujian kincir Savonius U pada variasi kecepatan angin dan lebar sudu dengan nilai tinggi sudu 0,6 m dan jumlah sudu 4, didapatkan hasil data pengujian sebagai berikut :

No	Kecepatan Angin (v) (m/s)	Lebar Sudu (d) (m)	Tegangan (V)	Arus (I) (Ampere)	Daya Generator (P _g = V x I) (Watt)
1.	3	0,15	3,0	0,18	0,54
2.		0,20	3,7	0,19	0,703
3.		0,25	4,9	0,19	0,931
4.	4	0,15	6,5	0,20	1,300
5.		0,20	8,5	0,20	1,700
6.		0,25	10,5	0,22	2,31
7.	5	0,15	13,5	0,19	2,565
8.		0,20	14,91	0,23	3,429
9.		0,25	15,98	0,31	4,953

Tabel 4.3.2 Data Hasil Perhitungan Daya Generator pada lebar sudu 0,15 m, 0,20 m, 0,25 m



Grafik 4.2 Hubungan kecepatan angin dengan daya generator pada lebar sudu 0,15 m, 0,20 m, dan 0,25

Dari grafik hubungan kecepatan angin dengan daya generator pada variasi lebar sudu diatas menunjukkan bahwa semua kincir angin Savonius U dengan variasi lebar sudu menghasilkan daya generator yang kecil pada saat kecepatan angin 3 m/s dan menghasilkan daya generator yang tinggi disaat kecepatan angin 5 m/s. Tetapi kincir angin Savonius U dengan lebar sudu 0,25 m dengan kecepatan angin 5 m/s menghasilkan daya generator tertinggi

Menghitung Efisiensi Sistem

Efisiensi sistem adalah hasil dari daya generator di bagi daya angin yang dituliskan dalam persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P}{P_a} \times 100 \%$$

Dimana :

η = Efisiensi sistem (%)

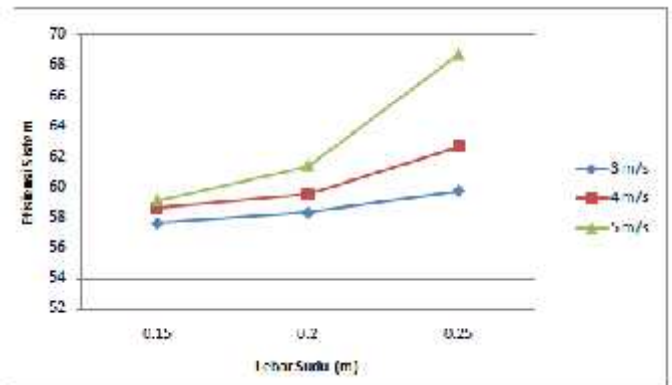
P_g = Daya Generator (Watt)

P_a = Daya Angin (Watt)

Dari pengujian di dapatkan data efisiensi sistem sebagai berikut :

No	Kecepatan Angin (m/s)	Lebar Sudu (m)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya Generator (Watt)	Daya Angin ($P_a = \frac{1}{2} \rho v^3 A \times C_p$) (Watt)	Efisiensi sistem ($\eta = \frac{P_g}{P_a} \times 100\%$) (%)
			Volt	Ampere	Watt	Watt	(%)
1.	3	0,15	3,0	0,18	0,54	0,906	59,6 %
2.		0,20	5,7	0,19	0,703	1,204	58,4 %
3.		0,25	4,9	0,19	0,931	1,557	59,7 %
4.	4	0,15	6,0	0,20	1,200	2,228	53,8 %
5.		0,20	8,0	0,20	1,600	2,850	56,1 %
6.		0,25	10,0	0,22	2,21	3,690	60,0 %
7.	5	0,15	15,0	0,19	2,565	4,503	56,9 %
8.		0,20	14,91	0,25	3,428	5,578	61,4 %
9.		0,25	15,08	0,31	4,951	7,208	68,7 %

Tabel 4.3.3 Data Hasil Perhitungan Efisiensi Sistem pada lebar sudu 0,15 m, 0,2 m, 0,25 m pada kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s



Grafik 4.3 Hubungan lebar sudu dengan Efisiensi Sistem pada kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s

Dari grafik di atas berdasarkan pengujian kincir angin Savonius U dengan variasi kecepatan angin dan lebar sudu terlihat bahwa semakin besar kecepatan angin dan nilai lebar sudu, maka nilai efisiensi sistem yang di dapat semakin besar.

Kesimpulan

Dari data hasil perhitungan pada pengujian Kincir Angin Savonius U dengan variasi kecepatan angin dan lebar sudu didapatkan nilai efisiensi sistem tertinggi yaitu 68,7 % pada variasi kecepatan angin 5 m/s dan lebar sudu 0,25 m, sedangkan untuk

nilai efisiensi sistem terendah sebesar 57,6 % pada variasi kecepatan angin 3m/s dan lebar sudu 0,15 m. Sehingga dapat di simpulkan besar kecepatan angin dan lebar sudu berpengaruh terhadap besar efisiensi sistem yang di hasilkan.

Saran

Agar penelitian kincir angin bisa lebih dikembangkan lagi untuk mencapai efisiensi yang lebih maksimal sebagai pembangkit listrik tenaga angin bias ditambahkan variasi lain mulai dari bahan dan bentuk sudu maupun generator yang digunakan pada kincir.

Daftar pustaka

Bayu Mahendra, dkk. *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Type L*. Malang: Diambil dari: http://www.undana.ac.id/jsmallfib_top/JURNAL/TEKNIK%20MESIN/TEKNIK%20MESIN%202012/PENGARUH%20JUMLAH%20SUDU%20TERHADAP%20UNJUK%20KERJA%20TURBIN%20ANGIN%20SAVONIUS%20TYPE%20L.pdf

Untung Surya Dharma, Masherni. 2016. *Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototipe Turbin Angin Vertikal axis Savonius*. Lampung: Diambil dari: <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/article/download/246/202>

Ahmad Farid. *Optimasi Daya Turbin Angin Savonius Dengan Variasi Celah dan Perubahan Jumlah Sudu.Tegal*: Diambil dari: <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=167942&val=5634&title=OPTIMASI%20DAYA%20TURBIN%20ANGIN%20SAVONIUS%20DENGAN%20VARIASI%20CELAH%20DAN%20PERUBAHAN%20JUMLAH%20SUDU>

Dedy Nataniel Uly, Sudjito Soeparman, Nurkholis Hamidi. 2014. Pengaruh Pemasangan Sudu Pengarah dan Variasi

Jumlah Sudu Rotor terhadap Performance Turbin Angin Savoniu. Diambil dari: <http://www.bing.com/search?FORM=U270DF&PC=U270&q=Pengaruh+Pemasangan+Sudu+Pengarah+dan+Variasi+Jumlah+Sudu+Rotor+terhadap+Performance+Turbin+Angin+Savonius>

johnson,gary .L.(2006).”wind energy system”.wind energi

<http://www.kelistrikanku.com/2016/03/generator-listrik.html>

El-Wakil, M.M. 1985. *Powerplant technology / by Powerplant technology*. New York : McGraw-Hill.