

ANALISIS TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DENGAN 4, 6 DAN 8 SUDU

Muhammad Suprpto

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Kalimantan MAB
Jl. Adhyaksa No.2 Kayutangi Banjarmasin
Email : *Muhammadsuprpto13@gmail.com*

ABSTRAK

Di era globalisasi sekarang ini perkembangan teknologi semakin pesat baik itu industri besar maupun di industri kecil yang mana manfaatnya sangat terasa bagi kehidupan masyarakat, perkembangan teknologi ini berakibat pada peningkatan kebutuhan listrik yang semakin meningkat. Metode yang digunakan pada penelitian yaitu metode eksperimen, dengan memvariasikan jumlah sudu 4, 6 dan 8 sudu dan kecepatan angin 3.3, 5, 7, dan pada turbin angin tipe vertikal. Dari hasil eksperimen dan analisis didapat data unjuk kerja turbin angin vertikal dengan daya terendah yaitu 7,63 watt dan putaran rotor 75.1 rpm pada kecepatan angin 3,3 m/s, pada kecepatan angin 3 m/s.

Kata kunci : Turbin Angin, Vertikal, Sudu

PENDAHULUAN

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin menghasilkan energi kinetik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan sebutan Windmill. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (PLTD, PLTU, PLTG, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (minyak

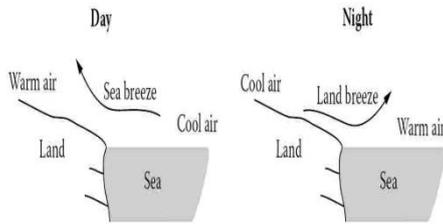
bumi, batu bara) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Energi

Energi adalah kemampuan melakukan kerja. Disebut demikian karena setiap kerja yang dilakukan sekecil apapun dan seringnya apapun tetap membutuhkan energi. Energi angin merupakan energi yang berasal dari alam, angin ini disebabkan karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. di daerah panas, udaranya menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang dingin, udara menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian terjadi suatu perputaran udara. Perpindahan inilah yang disebut sebagai angin. Sekarang ini energi angin hanya memenuhi sebagian kecil saja dari kebutuhan akan energi. Dengan demikian kemajuan teknologi. penggunaan energi angin makin meningkat dan biaya pekamaianya semakin murah. Aliran

naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi.



kecepatan angin yang bisa di manfaatkan sebagai sumber energi adalah pada kecepatan 1,5 ~ 3,3 m/s, dengan keterbatasan tersebut maka diperlukan usaha yang sungguh-sungguh agar energi angin di Indonesia yang tergolong pada angin berkecepatan rendah dapat di manfaatkan menjadi energi listrik.

Tabel Kondisi angin Beaufort

Tabel kondisi angin			
Kelas angin	kecepatan angin m/s	kecepatan angin km/jam	Keterangan
1	0.3 ~ 1.5	<1 ~ 5.4	Tenang
2	1.5 ~ 3.3	5.5 ~ 11.9	Sedikit hembusan angin
3	3.4 ~ 5.4	12.0 ~ 19.5	Hembusan angin pelan
4	5.5 ~ 7.9	19.6 ~ 28.5	Hembusan angin sedang
5	8.0 ~ 10.7	28.6 ~ 38.5	Hembusan angin sejuk
6	10.8 ~ 13.8	38.6 ~ 49.7	Hembusan angin kuat
7	13.9 ~ 17.1	49.8 ~ 61.5	Mendekati kencang
8	17.2 ~ 20.7	61.6 ~ 74.5	Kencang
9	20.8 ~ 24.4	74.6 ~ 87.9	Kencang sekali
10	24.5 ~ 28.4	88.0 ~ 102.3	Badai
11	28.5 ~ 32.6	102.4 ~ 117.0	Badai dahsyat
12	> 32.6	> 118	Badai Topan

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. walaupun sampai saat ini penggunaan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Co: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Co: batubara dan minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, Pembangkit

Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibelakang bagian turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Secara umum gambar kincir angin vertical adalah sebagai berikut:



Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)

Sistem konversi energi angin merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengubah energi potensial angin menjadi energi mekanik poros oleh rotor untuk kemudian diubah lagi oleh alternator menjadi energi listrik. Prinsip utamanya adalah mengubah energi listrik yang dimiliki angin menjadi energi kinetik poros. Besarnya energi yang dapat ditransferkan ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area dan kecepatan angin. Hal ini selanjutnya akan dibahas melalui persamaan-persamaan.

Energi kinetik untuk suatu massa angin m yang bergerak dengan kecepatan v

yang nantinya akan diubah menjadi energi poros dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \text{ (Nm)} \dots\dots (2.1)$$

Dimana :

m : Massa Udara yang Bergerak (kg)

v : Kecepatan Angin (m/s)

Energi kinetik yang terkandung dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor.

Dengan menganggap suatu penampang melintang A, dimana udara dengan kecepatan v mengalami pemindahan volume untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran volume V sebagai persamaan:

$$V = vA \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

V = Laju Volume (m^3/s)

v = Kecepatan Angin (m/s)

A = Luas Area Sapuan Rotor (m^2)

Sedangkan aliran massa dengan kecepatan udara p sebagai:

$$m = \rho Av \dots\dots\dots (2.3)$$

Persamaan-persamaan diatas menunjukkan energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang A sebagai energi P yang ditunjukkan dengan mensubstitusi persamaan (2.3) ke persamaan (2.1) menjadi:

$$P = \frac{1}{2} cp \cdot p \cdot A \cdot v^3 \dots\dots (2.4)$$

Dimana :

P = Daya Mekanik (W)

v = Kecepatan Angin (m/s)

p = Densitas Udara

(p rata – rata : $1,2 \text{ kg}/m^3$)

cp = power coefficient

Perhitungan untuk menentukan Tip Speed

Rastio (TSR) dengan rumus :

$$\lambda = \frac{\omega \cdot r}{v \cdot B} \dots\dots\dots (2.5)$$

Berikut adalah Perhitungan untuk

Menentukan *shaft speed* dan gaya

Torsinya.

$$SS = \frac{60 \cdot \lambda v}{\pi \cdot D} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$T = \frac{v^2 \cdot r^3}{\lambda} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

λ = Tip speed ratio

v = kecepatan angin dalam m/s

r = jari-jari *blade* (m)

T = Torsi

sedangkan untuk Mencari Koefisien daya

menggunakan rumus :

$$Cp = \frac{8/27 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3}{1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3} \dots (2.8)$$

dan untuk menentukan Koefisien torsi

menggunakan rumus :

$$Cq = Cp / \lambda \dots\dots\dots (2.9)$$

Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang di gunakan yaitu metode Eksperimen yang kemudian di analisa

Data desain dan spesifikasi alat



Gambar 2. Turbin angin vertikal

Pada eksperimen ini alat yang digunakan yaitu turbin angin vertical tipe savonius, seperti gambar di bawah ini :

No	Nama	Keterangan
1	Tipe Turbin Angin	Vertikal
2	tipe Sudu	U
3	Lengkungan Sudu	180

HASIL PENELITIAN

Perhitungan Turbin Angin dengan Daya 100 W

Perhitungan rugi-rugi daya yang terjadi

Dimana :

P = Daya yang di hasilkan dari Wint Turbine (W)
 = 100 W

ρ = Masa jenis udara kering
 = 1.225 kg/m³

v = Kecepatan angin dalam m/s
 = 3.3 m/s

π = 3.14159....

C_p = Power Coefisien
 = 0.59 (Betz Number)

r = jari-jari rotor dalam meter

Diasumsikan dalam hal ini rasio diameter terhadap tinggi rotor = 0.8

η roda gigi 1 = roda gigi 2 = 0.8

maka :

$$P_m = P_{act} / \eta \text{ roda gigi 1}$$

$$P_m = 100 / 0.8 = 125 \text{ W}$$

Sedangkan

$$P_r = P_1 / \eta \text{ roda gigi 2}$$

$$P_r = 125 / 0.8 = 156.25 \text{ W}$$

$$P_r = P_{turbin} = 156.25 \text{ W}$$

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

$$A = \frac{2 \cdot P}{C_p \cdot \rho \cdot v^3}$$

$$A = \frac{2 \cdot 156.25}{0.59 \cdot 1.225 \cdot 3.3^3} =$$

$$12.03 \text{ m}^2$$

Apabila yang di pakai 4 sudu maka :

$$A_{max} = A / 4$$

$$= 12.03 / 4$$

$$= 3 \text{ m}^2$$

Sehingga akan di dapat :

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

$$r^2 = 3 / 3.14$$

$$= \sqrt{0.95}$$

$$r = 0.97 \text{ m}$$

$$D = 2 \cdot r$$

$$= 2 \cdot 0.97 = 1.94 \text{ m}$$

Perbandingan Kecepatan (λ)

Generator yang di gunakan untuk menghasilkan daya $P = 100 \text{ W}$. maka akan di dapat Tip Speed Ratio (TSR) pada rotor (λ_r) adalah :

$$\lambda_r = \frac{\omega \cdot r}{V \cdot B}$$

$$\text{Sedangkan } \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Dimana : n = Rpm dari generator
 = 300 rpm

Maka :

$$\omega = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 300}{60}$$

$$\omega = 31.4 \text{ rad/s}$$

Sehingga di dapat Tip Speed Ratio

$$\lambda_r = \frac{31.4 \cdot 0.97}{3.3 \cdot 4} = \frac{30,46}{13,2}$$

$$\lambda_r = 2.31$$

Kecepatan Poros (SS)

Menggunakan Persamaan : Shaft Speed =

$$SS = \frac{60 \cdot \lambda \cdot v}{\pi \cdot D}$$

Dimana :

$$\lambda_r = \text{Tip Speed Ratio} = 2.31$$

v = Kecepatan angin yang di perkirakan = 3.3 m/s

D = Diameter sudu yang di pakai = 1.94 m

$$\pi = 3.14$$

Maka dari rumus di atas didapat hasil yaitu :

$$SS = \frac{60 \cdot 2,31 \cdot 3,3}{3,14 \cdot 1,94} = \frac{457,38}{6,09}$$

$$SS = 75,1 \text{ rpm}$$

Torsi (T)

Untuk menentukan Torsi di Gunakan

Rumus : $T = \frac{v_1^2 \cdot r^3}{\lambda}$

Dimana : λ = Tip Speed Ratio = 2.31

v = Kecepatan angin yang diperkirakan = 3.3 m/s

r = Jari-jari rotor = 0.97 m

$$T = \frac{(3.3)^2 (0.97)^3}{2.31}$$

$$T = \frac{(10.89) \cdot (0.91)}{2.31}$$

$$T = 4.57 Nm$$

Rancangan Metode Optimasi Sudu Turbin Kecepatan Putaran rotor (Ω)

$$\Omega = \lambda r / r \cdot v$$

Dimana :

λr = Tip speed ratio = 9.22

v = Kecepatan angin yang di asumsikan = 3.3 m/s

r = Jari-jari sudu di pakai = 0.97 m

Maka dari rumus di atas di dapat hasil, yaitu :

$$\Omega = (\lambda r / r) \cdot v$$

$$\Omega = (9.22 / 0.97) \cdot 3.3$$

$$\Omega = 31.36 \text{ rad/s}$$

Koefisien daya tubin angin

$$Cp = \frac{8/27 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3}{1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3}$$

$$Cp = 0.59 \rightarrow 59 \%$$

Koefisien torsi pada kecepatan angin 3.3 m/s dan jumlah sudu 4.

$$Cq = Cp / \lambda$$

$$Cq = 0.59 / 2.31$$

$$Cq = 0.25$$

$$Cq = 0,05 \text{ (untuk } v = 0.7 \text{ m/s)}$$

$$Cq = 0.25 \text{ (untuk } v = 3.3 \text{ m/s)}$$

$$Cq = 0.35 \text{ (untuk } v = 4.5 \text{ m/s)}$$

no	Jumlah sudu	Kecepatan angin	λ	SS (Rpm)	T	Cp	Cq
1	4	0.7	10.88	70.03	0.04	0.59	0.05
2		3.3	2.31	75.1	4.57	0.59	0.25
3		4.5	1.69	75	10.9	0.59	0.35
4	6	0.7	7.25	50	0.06	0.59	0.08
5		3.3	1.54	50.1	6.43	0.59	0.38
6		4.5	1.13	50.09	16.31	0.59	0.52
7	8	0.7	5.43	37.45	0.08	0.59	0.11
8		3.3	1.15	37.38	8.62	0.59	0.51
9		4.5	0.85	37.68	21.68	0.59	0.69

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data dan pembahasan hasil simulasi dan uji perubahan kecepatan angin dapat disimpulkan bahwa :

Turbin angin dengan menggunakan 4 sudu pada kecepatan angin 3.3 m/s, menghasilkan panjang rotor 1.94 m, 75,1 rpm dan torsi 4,57 Nm

Jumlah sudu 4 akan menghasilkan Rpm yang lebih besar dengan torsi yang lebih kecil, dan sebaliknya jumlah sudu yang semakin banyak 6 dan 8 akan menghasilkan Rpm yang lebih rendah dan torsi yang lebih besar.

Coefisien torsi juga di pengaruhi oleh kecepatan angin, sehingga semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula Coefisien torsinya.

REFERENSI

- [1] Adityo Putranto, Andika Prasetyo dan Arif Zاتمiko U, Universitas Diponegoro Semarang, dengan judul penelitian “Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah tangga”.
- [2] Muhammad Alfian, Dengan Judul Penelitian “Uji Expremental Pengaruh Jumlah Sudu dan Variasi Kecepatan Angin Terhadap daya dan Putaran Turbin Angin Sovonius Dengan Luas Sapuan Rotot 0,90 m²”.
- [3] Arif Eko Prasetyo, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Dengan judul Perancangan “ Rancang Bangun Turbin Angin Tipe Savonius Diameter 1,2 Meter”
- [4] Robertus Tri Hermawan, Dengan Judul Penelitian “Analisa Bentuk sudu Pada Rancang Bangun Vertikal Exis Wind Terbine Dengan Experimen dan Pendekatan CFD”.
- [5] Perwanto Eko Nugroho, Dengan Judul Perancangan “Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Mikro Wind Energi Sekala Rumah Tangga”.
- [6] <http://id.wikipedia.org/wiki/Angin>
- [7] <http://energialternatif.wordpress.com>