

PEMBUATAN TURBIN ANGIN SUDU TIPE FLAT BERLAPIS TIGA

Sahid , Teguh Harijono Mulud.

Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, 50061, Indonesia
Email: iqbal.yudianto1995@gmail.com

ABSTRAK

Turbin angin adalah alat yang dapat mengkonversi energi kinetik dari angin menjadi energi listrik. Konsep sudu berlapis belum pernah diteliti ataupun dikembangkan dengan turbin angin sumbu horizontal. Pengembangan berbagai macam turbin angin mempunyai tujuan untuk membuat turbin angin yang sesuai dengan keadaan potensi angin Indonesia dan mempunyai nilai C_p yang tinggi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam Tugas Akhir meliputi observasi, perancangan dan pembuatan turbin, pengujian karakteristik turbin pelton yang sudah dibuat. Hasil uji karakteristik pada kecepatan angin 3 m/s C_p terbesar yang dihasilkan oleh turbin angin tipe flat berlapis dengan sudut sudu 8° adalah 1,34% dan nilai TSR terbesar adalah 3,74. Sedangkan pada kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s C_p terbesar yang dihasilkan oleh turbin angin sudu tipe flat berlapis tiga dengan sudut sudu 10° dan 15° adalah 0,78% dan 0,37% serta TSR terbesar adalah 3,58 dan 3,19.

Kata kunci: turbin angin, sudu tiga, berlapis tiga

1. PENDAHULUAN

Turbin angin sumbu horizontal dengan letak poros searah aliran angin yang ditangkap oleh sudu. Masing-masing turbin angin ini memiliki karakteristik serta *Coefisien of Power* yang berbeda-beda. Bahan yang digunakan untuk pembuatan sudu juga mempengaruhi karakteristik serta *Coefisien of Power* sebuah TASH. Umumnya bahan yang digunakan untuk membuat sudu-sudu turbin angin adalah fiber (NACA) dan plat galvanis (tipe flat). Banyak penelitian serta pengembangan yang dilakukan pada desain TASH. Pengembangan banyak dilakukan pada jumlah sudu, bentuk sudu, serta bahan untuk membuat sudu. Namun belum ada penelitian mengenai TASH yang bertumpuk (berlapis). Dengan sudu turbin yang dibuat banyak tingkat dapat meningkatkan *Coefisien of Power*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Potensi Energi Angin di Indonesia

Seperti pada umumnya negara tropis, kecepatan angin rata-rata di Indonesia terbilang kecil hanya sekitar 3-5 m/s. Supaya layak secara komersil, kecepatan angin yang diperlukan untuk turbin angin berada dalam

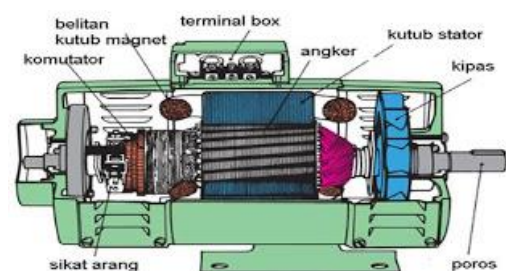
kisaran 5-6 m/s pada ketinggian pusat 10 m. Hanya sedikit daerah di Indonesia dengan kecepatan angin cukup besar.

Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal merupakan turbin angin yang memiliki sumbu putar terletak sejajar dengan permukaan tanah, selain itu sumbu putar rotornya selalu searah dengan arah angin. Kelebihan dari turbin angin sumbu horizontal adalah towernya yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar, *Coefisien of Power* lebih tinggi karena sudu selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin.

Konsep Tiga Sudu

Turbin angin dengan konsep ini lebih mudah setimbang dibandingkan konsep satu sudu dan dua sudu,



konsep sudu ini juga merupakan konsep yang paling umum digunakan dan dikomersilkan. Konsep tiga sudu memiliki kemampuan menangkap angin secara efektif.

Tip speed ratio

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe *lift* akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe *drag*.

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah.



Gambar 1. Generator DC

Putaran generator	5420 rpm
Tegangan	24 Volt
Arus	0.033 Ampere

Untuk pertimbangan dalam membuat turbin angin diperlukan beberapa parameter yaitu *Tip Speed Ratio* (TSR) dan jumlah *blade*. Perbandingan koefisien *drag* dan koefisien *lift* (Cd/C_l) sebagai dasar untuk pemilihan jumlah *blade* turbin angin diperlukan grafik pengaruh jumlah sudu dan perbandingan daya dorong.

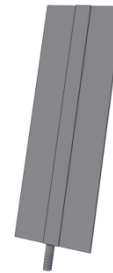
3. KEGIATAN PELAKSANAAN

Tahap Rancangan

Tahap perancangan ini meliputi penentuan ukuran dimensi turbin dan kelengkapannya.

1. Sudu Dan Pemegang Sudu

Dimensi sudu turbin adalah panjang 300 mm, lebar 100 mm dan tebal plat 0,8 mm. pemegang sudu memiliki dimensi panjang 300 mm, lebar 20 mm dan tebal 2 mm



Gambar 2. Sudu dan pemegang sudu

2. Piringan Sudu

Piringan sudu terbuat dari pipa galvanis dengan diameter 140 mm, memiliki panjang 180 mm ketebalan 3 mm.



Gambar 3. Piringan turbin

3. Poros turbin

Poros dibuat dari besi pejal dengan diameter 16 mm panjang 290 mm.

4. Generator

Spesifikasi generator



Gambar 4. Generator

5. Gear

Gear yang digunakan pada turbin adalah turbin tipe kerucut lurus yang dipasang saling tegak lurus, gear menggunakan rasio 2 : 1.



Gambar 5. Gear

6. Kerangka



6.a

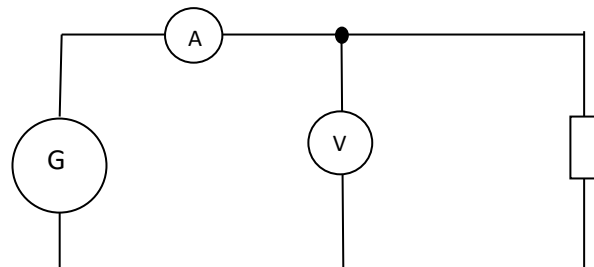
6.b

Gambar 6.a Kerangka Atas; Gambar 6.b Kerangka Bawah

Tahap Pengujian Alat

Tahap pengujian meliputi dilakukan untuk mendapatkan data meliputi putaran turbin, tegangan yang dihasilkan, dan arus yang mengalir yang digunakan untuk mencari karakteristik turbin angin. Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan semua peralatan uji yang akan digunakan baik sebagai komponen pendukung dan pengukuran seperti blower, voltmeter, amperemeter, tachometer dan beban lampu.
2. Merangkai alat ukur voltmeter, amperemeter, beban dan generator.



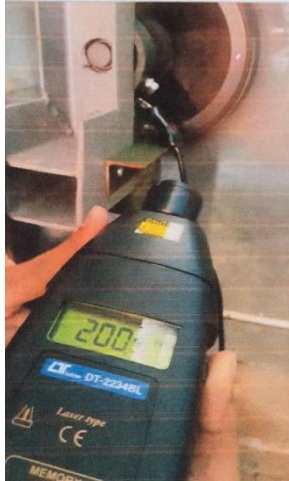
Gambar 7. Gambar Rangkaian Pengujian

3. Mengatur variasi sudut sudu yang sudah ditentukan (6°, 8°, 10°, 15°, 30°, dan 45°)
4. Mengatur jarak blower dengan turbin untuk mendapatkan kecepatan angin tertentu yang diukur menggunakan anemometer.
5. Meng-On kan blower.



Gambar 8. Blower

6. Memulai dengan beban nol pada pengujian awal.
7. Mengukur putaran yang dihasilkan dengan tachometer.



Gambar 9. Tachometer

8. Membaca tegangan yang dihasilkan dengan voltmeter
9. Membaca arus listrik yang mengalir dengan ampere meter dalam setiap pembebanan.
10. Dengan cara yang sama dari langkah 7 sampai 9 sampai pembebanan 10 beban lampu
11. Melakukan langkah yang sama pada setiap variasi sudut sudu dengan 5 kali variasi kecepatan angin.
12. Merapikan peralatan setelah selesai pengujian.
13. Mengolah data, membuat table untuk dibuat dalam bentuk kurva karakteristik turbin.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil Rancangan Turbin Angin



Gambar 10. Hasil Rancangan Turbin Angin

Data Pengujian

Setelah dilakukan pengujian maka didapatkan data-data sebagai berikut:

Tabel 1. Sudut Sudu 45⁰ Kecepatan Angin 3 m/s

No.	Putaran	Tegangan	Arus
	rpm	Volt	Ampere
1.	128	1,2	0
2.	125	0,5	0,014
3.	124	0,2	0,02
4.	122	0,1	0,025
5.	115	0,1	0,025
6.	115	0,1	0,023
7.	115	0,1	0,024
8.	115	0,1	0,024
9.	115	0,1	0,024
10.	115	0,1	0,024
11.	115	0,1	0,024

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan

No.	Tip Speed Ratio	Daya Kinetik Angin	Daya Listrik	Coefisien of Power
		Watt	Watt	%
1.	1,4	5,21	0	0
2.	1,4	5,21	0,007	0,13
3.	1,4	5,21	0,004	0,07
4.	1,36	5,21	0,0025	0,04
5.	1,28	5,21	0,0025	0,04
6.	1,28	5,21	0,0023	0,04
7.	1,28	5,21	0,0024	0,04
8.	1,28	5,21	0,0024	0,04
9.	1,28	5,21	0,0024	0,04
10.	1,28	5,21	0,0024	0,04
11.	1,28	5,21	0,0024	0,04

Perhitungan

Berdasarkan data hasil pengujian yang diperoleh seperti pada tabel hasil pengujian maka dapat dihitung besarnya *tip speed ratio*, daya kinetik, daya listrik, dan *Coefisien of Power*.

Contoh perhitungan diambil dari tabel data pengujian pada Tabel 1 data pengujian turbin angin sudu tipe flat berlapis tiga sudut

sudu 45⁰ kecepatan angin 3 m/s dengan data sebagai berikut :

1. Kecepatan angin (v) = 3 m/s
2. Putaran Poros (n) = 125rpm
3. ρ udara = 1,184 kg/m³
4. Luasan Sapuan Turbin (A) = 0,64 m²
5. Tegangan (V) = 0,5 Volt
6. Arus (I) = 0,014 Ampere
7. Beban nominal lampu pijar = 10 Watt

Untuk data selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang sama. Perhitungan *tip speed ratio* sesuai dengan persamaan yaitu:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{\omega r}{v} \\ &= \frac{\pi d \frac{\pi}{60}}{u} \\ &= \frac{3,14 \cdot 0,64 \cdot \frac{125}{60}}{3} \\ &= 1,39 \end{aligned}$$

Perhitungan daya kinetik sesuai dengan persamaan yaitu :

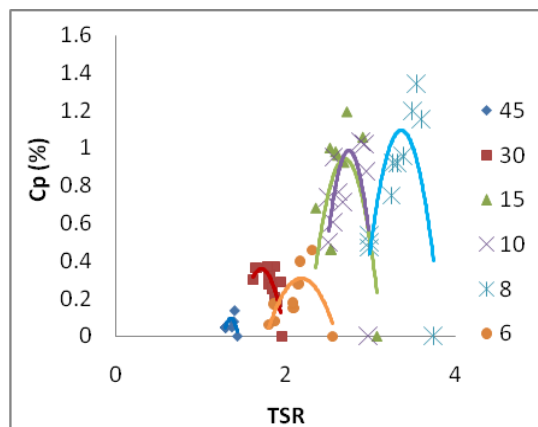
$$\begin{aligned} P_{kin} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \text{ udara} \cdot A \cdot v^3 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,184 \cdot 0,64 \cdot (3)^3 \\ &= 5,21 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Perhitungan daya generator sesuai dengan persamaan yaitu :

$$\begin{aligned} P_g &= V \cdot I \\ &= 0,5 \cdot 0,014 \\ &= 0,07 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Perhitungan *Coefisien of Power* sesuai dengan persamaan yaitu :

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{P_g}{P_{kin}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,07}{5,21} \times 100 \% \\ &= 0.134 \% \end{aligned}$$



Gambar 11. Karakteristik Cp terhadap TSR pada Kecepatan Angin 3 m/s.

Analisa data

Berdasarkan gambar 4.2 merupakan kurva yang menggambarkan tentang TSR terhadap Cp. Nilai TSR berbanding lurus dengan besarnya putaran turbin. Pada kecepatan angin 3 m/s nilai TSR tertinggi untuk masing-masing sudut sudu adalah ada sudut kemiringan sudu 45⁰ nilai TSR paling besar yaitu 1,5; pada sudut kemiringan sudu 30⁰ nilai TSR paling besar yaitu 2; pada sudut kemiringan sudu 15⁰ nilai TSR paling besar yaitu 3,05; pada sudut kemiringan sudu 10⁰ nilai TSR paling besar yaitu 3; pada sudut kemiringan sudu 8⁰ nilai TSR paling besar yaitu 3,05; pada sudut kemiringan sudu 6⁰ nilai TSR paling besar yaitu 2,5.

Dari trend kurva Cp pada gambar 11 diketahui bahwa Cp sudah dapat mencapai titik optimum, dimana Cp turbin mengalami penurunan setelah mencapai titik puncak. Cp paling baik pada kecepatan 3 m/s adalah pada sudut 8⁰. Hal ini dikarenakan semakin kecil sudut sudu turbin maka *plane area* sudu yang berinteraksi dengan aliran angin menjadi lebih kecil dan gaya angkat semakin besar, sehingga putarannya besar.

5. Kesimpulan

1. Turbin angin sudu tipe flat berlapis memiliki 3 buah sudu di setiap lapis dengan menggunakan bahan galvanis yang dapat diubah sudut kemiringan sudunya. Dimensi sudu, panjang : 300

- mm; lebar : 100 mm; tebal : 8 mm. Dimensi piringan sudu, diameter : 140 mm; panjang: 180 mm; tebal: 3 mm. Dimensi kerangka atas, panjang : 607; mm lebar : 550 mm; profil plat U : 50x40 mm. Dimensi kerangka bawah, tinggi : 770 mm; dimensi kaki : 530 mm x 48 mm.
2. Hasil uji karakteristik pada kecepatan angin 3 m/s C_p terbesar yang dihasilkan oleh turbin angin tipe flat berlapis dengan sudut sudu 8° adalah 1,34% dan nilai TSR terbesar adalah 3,74. Sedangkan pada kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s C_p terbesar yang dihasilkan oleh turbin angin sudu tipe flat berlapis tiga dengan sudut sudu 10° dan 15° adalah 0,78% dan 0,37% serta TSR terbesar adalah 3,58 dan 3,19
 3. Semakin besar kecepatan angin maka sudut sudu dengan nilai C_p terbaik semakin besar dari sudut sudu pada kecepatan angin sebelumnya

Akhir.Semarang.Jurusan Teknik Mesin
Polines.

Kunto.2014."Dasar Tenaga Elektrik"
Maede, Russel L.*Foundation of Electronic*

DAFTAR PUSTAKA

- Leysen, E.H.1983.*Introduction to Wind Energy. Consultancy Services Wind Energy Developing Countries.* Belanda.
- Hau,Erich.2006.*Wind Turbines "Fundamental, Technologies, Application, Economics 2nd edition.*Springer.
- Rizkiyono,Dwi,dkk.2015.*Rancang Bangun Turbin Angin Multiblade Dengan Generator Menggunakan Motor Sepeda Listrik Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.*Tugas Akhir.Semarang.Jurusan Teknik Mesin Polines.
- Satriani, Galih Putra dkk.2015.*Modifikasi Dan Kinerja Turbin Angin Sudu Flat Bingkai Berbasis Trapesium.*Tugas