

## **RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT TURBIN ANGIN SKALA MIKRO TIPE HORIZONTAL *DOUBLE MULTIFLAT BLADE* DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU**

**Sahid, Budhi Prasetyo<sup>\*</sup>, Ulya M.S., Yoga E.H., Afrida H. R., Muhammad A.S.**

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Semarang, 50275  
<sup>\*</sup>E-mail: budhi.polines@gmail.com

### **Abstrak**

Kelebihan dari turbin angin poros horizontal yaitu efisiensinya lebih tinggi dibanding turbin angin poros vertikal karena sudu selalu bergerak lurus terhadap arah angin dan menerima daya sepanjang putaran. Tujuan dari tugas akhir ini dibuat untuk mengembangkan tugas akhir tahun 2018 dengan memvariasikan jumlah sudu yaitu 9, 12, dan 15 dan membandingkan kinerja turbin angin dengan menggunakan variasi kecepatan angin. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan tahap penelitian berupa merancang, membuat, dan merakit turbin angin. Turbin angin memiliki dimensi panjang sudu sebesar 650 mm, lebar sisi masuk 60 mm, dan lebar sisi keluar 80 mm. Sedangkan *hub* memiliki diameter 68,8 mm dan tinggi kerangka 1,5 m. Variabel penelitian meliputi variasi jumlah sudu yaitu 9 buah, 12 buah, dan 15 buah. Data dari hasil pengujian ini kemudian dibuat tabel dan dibandingkan dengan menganalisa grafik karakteristik putaran dan efisiensi. Tahap akhir dari pengujian ini yaitu untuk mendapatkan efisiensi sistem terbaik dengan variabel yang digunakan. Nilai efisiensi pada sudu 9 yaitu sebesar 1,41% pada kecepatan angin 5,15 m/s, pada sudu 12 yaitu sebesar 2,59% pada kecepatan angin 5,58 m/s, dan pada sudu 15 yaitu sebesar 2,68% pada kecepatan angin 5,7 m/s.

Kata kunci: Variasi Jumlah Sudu, Aki, *Efisiensi* Sistem, Kinerja Turbin Angin

## **PENDAHULUAN**

Energi di Indonesia pada khususnya dan di dunia pada umumnya *terus* mengalami peningkatan kebutuhan, sedangkan energi fosil yang selama ini digunakan ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami deplesi (*depletion*: kehabisan, menipis). Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam meliputi energi air, panas bumi, matahari, angin, biogas, *biomass*, serta gelombang laut. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar (Jarass, 1980). Beberapa sumber energi alternatif dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, seperti energi air (PLTA dan PLTMH), energi panas bumi (PLTPB), energi sinar matahari (*Solar Photovoltaic/PLTS*), dan energi angin (PLTB). Energi air, energi panas bumi, dan

energi sinar matahari dalam pemanfaatannya membutuhkan lahan yang luas dan harga peralatannya mahal. Sedangkan energi angin tidak membutuhkan lahan yang terlalu luas serta peralatannya murah dan mudah didapatkan. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel dan merupakan salah satu energi yang berkembang pesat di dunia saat ini. Di Indonesia pemanfaatan energi angin masih lebih kecil dibandingkan dengan sumber daya alam yang lain seperti minyak, gas, air dan sebagainya. Turbin angin merupakan salah satu alat yang digunakan dalam pemanfaatan energi, khususnya pemanfaatan energi angin pada salah satu pembangkit tenaga listrik. Salah satu tipe turbin angin adalah turbin angin poros horizontal. Kelebihan dari turbin angin poros horizontal yaitu efisiensinya lebih tinggi dibanding turbin angin poros vertikal karena sudu selalu bergerak lurus terhadap arah angin dan menerima daya sepanjang putaran. Penelitian ini, mengembangkan hasil penelitian yang berjudul Rancang Bangun Turbin Angin Poros Horizontal *Double Multiflat Blade* yang disusun oleh Adityo Barik Akbar, Nurul Faridah, Yuriska Nugraheni, Zuhair Naufal Hanif. Hasil uji karakteristik Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dengan diameter turbin 0,83 meter, jumlah sudu 9 dan tinggi menara 1,205 meter dan sudut *blade* 40° didapatkan efisiensi tertinggi yaitu 11,73667 % pada kecepatan 9 m/s dengan beban 20 Watt. Kajian untuk meningkatkan efisiensi pada pembangkitan listrik energi angin diperlukan agar turbin angin ini dapat diterapkan untuk potensi yang lebih rendah. Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk mengembangkan desain dengan memvariasikan jumlah sudu, yaitu 9, 12, dan 15 buah. Oleh karena itu penelitian ini dibuat dengan judul “**Rancang Bangun Prototype Pembangkit Turbin Angin Skala Mikro Tipe Horizontal *Double Multiflat Blade* Dengan Variasi Jumlah Sudu**”.

Tujuan penelitian ini adalah merancang turbin angin poros horizontal *double multiflat blade* yang terdiri dari *runner* dan kerangka turbin. Membuat turbin angin poros horizontal *double multiflat blade* dengan variasi jumlah sudu 9, 12, dan 15 buah. Membandingkan kinerja turbin angin poros horizontal *double multiflat blade* dengan variasi jumlah sudu.

## **METODE PENELITIAN**

Pengambilan data Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Turbin Angin Skala Mikro Tipe Horizontal *Double Multiflat Blade* Dengan Variasi Jumlah Sudu untuk mendapatkan nilai kinerja terbaik pada variasi sudunya. Menara turbin setinggi 1 m dan beban yang digunakan adalah aki 12V 45Ah dengan tegangan aki awal sebesar 10 Volt. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juni 2019. Besarnya massa jenis udara untuk  $T_{db} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P_{atm} = 4,2831\text{ kPa}$  dan  $RH = 86\text{ \%}$  adalah  $1,23\text{ kg/m}^3$ . Perhitungan massa jenis udara ( $\rho_u$ ) menggunakan tabel kelembaban udara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kinerja turbin angin *double multiflat blade* diuji pada kecepatan antara 5 m/s hingga 8 m/s dengan variasi jumlah sudu pada setiap kecepatan yaitu sudu 9, 12, dan 15. Besarnya massa jenis udara saat pengujian adalah  $1,23 \text{ kg/m}^3$  pada temperatur  $27^\circ\text{C}$ . Pengujian turbin angin *double multiflat blade* yang pertama adalah pengujian menggunakan variasi *runner* turbin dengan 9 sudu. Data percobaan pengujian dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

No	V aki ( V )	v angin (m/s)	I (A)	V gen (Volt)	n (rpm)
1	10	4.73	0	8	963.72
2	10	5.15	0.18	11.2	1294
3	10	5.92	0.14	11.6	1271
4	10	6.09	0.095	10	852.5
5	10	7	0.1	11	1395
6	10	8.35	0.18	10	1411.4

Contoh perhitungan data pengujian untuk tabel diatas pada kecepatan angin 5,15 m/s (data 2) dilihat pada perhitungan di bawah ini :

$$\text{Tegangan aki } (V_{aki}) = 10 \text{ V}$$

$$\text{Tegangan generator } (V_{gen}) = 11,2 \text{ V}$$

$$\text{Kecepatan angin } (v_{angin}) = 5,15 \text{ m/s}$$

$$\text{Arus (I)} = 0,18 \text{ A}$$

$$\text{Putaran (n)} = 1294 \text{ rpm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas sapuan turbin (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (1,5 \text{ m})^2 = 1,76625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan massa jenis udara ( $\rho_{udara}$ )

Perhitungan massa jenis udara ( $\rho_{udara}$ ) berdasarkan suhu dan tekanan absolut pada  $T=27^\circ\text{C}$  dan  $P=1 \text{ atm}$  sehingga  $\rho_{udara}$  sebesar  $1,237 \text{ kg/m}^3$ .

- Perhitungan Daya kinetik

Daya kinetik atau daya angin dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 yaitu :

$$\begin{aligned} P_{kin} &= \frac{1}{2} \times \rho_{udara} \times A \times v^3 \\ &= \frac{1}{2} \times 1,2 \times 1,76625 \times (5,15)^3 \\ &= 142,49 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Perhitungan daya listrik

Perhitungan daya listrik atau gaya generator sesuai dengan persamaan 2.5 yaitu :

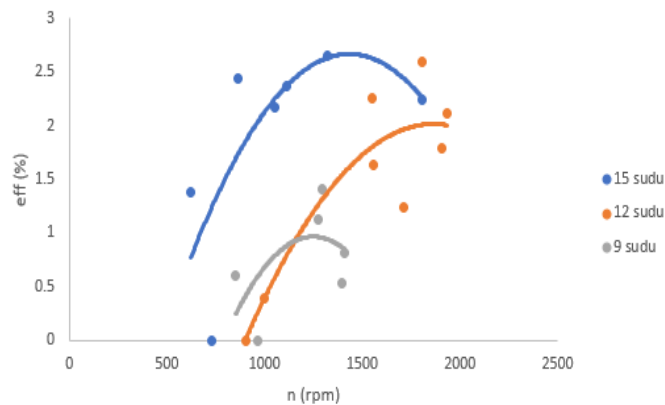
$$\begin{aligned}
 P_{gen} &= V \times I \\
 &= 11,2 \times 0,18 \\
 &= 2,02 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan efisiensi sistem

Daya angin dan daya listrik listrik yang telah diperoleh dari persamaan di atas dapat digunakan untuk menentukan besar efisiensi sitem sesuai persamaan 2.6 :

$$\begin{aligned}
 \eta_{sistem} &= \frac{P_{gen}}{P_{kin}} \times 100\% \\
 &= \frac{2,02}{142,49} \times 100\% \\
 &= 1,41\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan engan variasi jumlah sudu 9, 12 dan 15 akan dibuat grafik dan dapat dianalisis. Analisis ini akan menjelaskan *trend* pengaruh putaran angin terhadap efisiensi sistem turbin angin. Grafik dibawah merupakan grafik hubungan antara putaran angin terhadap efisiensi sistem turbin angin apada masing-masing variasi sudu.



**Gambar 1. Grafik Kurva Karakteristik Efisiensi terhadap putaran**

Grafik di atas merupakan grafik efisiensi terhadap putaran dimana karakteristik efisiensi dan putaran didapat berdasarkan perubahan kecepatan angin.

Terdapat tiga kurva pada grafik diatas yaitu kurva efisiensi terhadap perubahan putaran untuk turbin angin jumlah sudu 9, jumlah sudu 12, dan jumlah sudu 15. Berdasarkan kurva efisiensi jumlah sudu 9 memiliki efisiensi tertinggi sebesar 1,41% menghasilkan daya listrik sebesar 0,2 W dengan besar nilai putaran 1294 rpm dan kecepatan angin 5,15 m/s. Pada kurva di atas menunjukkan bahwa kurva jumlah sudu 12

memiliki efisiensi paling tinggi sebesar 2,59 % menghasilkan daya listrik sebesar 4,968 W dengan besar nilai putaran 1806 rpm dan kecepatan angin 5,58 m/s. Berdasarkan kurva yang dihasilkan menunjukkan bahwa kurva jumlah sudu 15 memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sebesar 2,65 % menghasilkan daya listrik sebesar 5,2 W dengan besar nilai putaran 1323 rpm dan kecepatan angin 5,7 m/s. Berdasarkan puncak grafik tersebut jumlah sudu 15 mendapat efisiensi tertinggi sehingga dapat dioperasikan pada kecepatan angin 5,7 m/s. Beban turbin angin yang digunakan adalah beban DC yang disambungkan oleh aki.

Jika pada kecepatan angin tetap 5,7 m/s maka turbin angin dapat mengisi aki dengan arus (I) sebesar 0,5 A dan tegangan (V) sebesar 10,4 V dengan spesifikasi aki 45 Ah 12 V, maka lama waktu pengisian aki dapat terisi selama 3 hari. Pada jumlah sudu 9 kecepatan angin tetap 5,15 m/s dapat mengisi aki dengan arus (I) sebesar 0,18 A dan tegangan (V) sebesar 11,2 V dengan spesifikasi aki 45 Ah 12 V, maka lama waktu pengisian aki dapat terisi selama 10 hari. Jumlah sudu 12 kecepatan angin tetap 5,58 m/s dapat mengisi aki dengan arus (I) sebesar 0,46 A dan tegangan (V) sebesar 10,4 V dengan spesifikasi aki 45 Ah 12 V, maka lama waktu pengisian aki dapat terisi selama 4 hari.

Berdasarkan hasil uji yang telah disampaikan, terlihat bahwa turbin angin dengan jumlah sudu 15 memiliki kinerja paling baik dibandingkan jumlah sudu lainnya. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

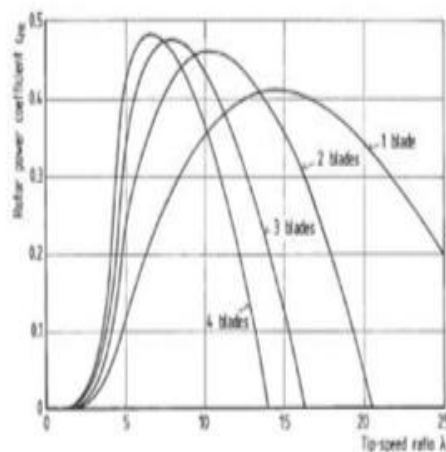


Fig. 5.45. Influence of the number of blades on the rotor power coefficient and the optimum tip-speed ratio

**Gambar 2. Grafik Kurva hubungan *Tip Speed Ratio* (TSR) terhadap *Rotor Power Coefficient* pada berbagai jumlah sudu**

(Sumber : *Wind turbines* : Hau, Eric [1] )

Mengacu pada gambar 2. merupakan grafik yang menjelaskan hubungan antara *Rotor Power Coefficient* dan *Tip Speed Ratio* (TSR). *Rotor Power Coefficient* merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan secara mekanik pada sudu akibat gaya angin

terhadap daya yang dihasilkan oleh gaya *lift* pada aliran udara. *Power coefficient* bergantung pada rasio antara komponen energi gerak putar sudu dan gerak rotasi pada aliran udara. Rasio ini didefinisikan sebagai kecepatan tangensial sudu rotor terhadap kecepatan aksial atau kecepatan angin dan didefinisikan sebagai *Tip Speed Ratio* ( $\lambda$ ), yang secara umum direkomendasikan pada kecepatan tangensial dari ujung sudu. *Tip Speed Ratio* ( $\lambda$ ) merupakan perbandingan antara kecepatan tangensial dari ujung sudu dengan kecepatan angin bebas. Kurva daya rotor adalah *power coefficient* ( $C_p$ ) yang merupakan fungsi dari *tip speed ratio* untuk semua spesifikasi turbin atau mesin angin. Pada *power coefficient* didefinisikan sebagai *rotor power coefficient* (CPR), sehingga besarnya nilai  $C_p$  dan CPR adalah sama.

Berdasarkan grafik kurva hubungan tersebut semakin banyak jumlah sudunya akan mengakibatkan *Rotor Power* (R) juga semakin besar, hal ini disebabkan karena *Rotor Power* (R) sebanding dengan jumlah sudu.

#### **SIMPULAN**

Berdasarkan tabel perhitungan dan tabel hasil analisa data, didapatkan kesimpulan yaitu nilai efisiensi tertinggi pada variasi sudu 9 yaitu sebesar 1.41% kecepatan angin 5.123 m/s, pada variasi sudu 12 yaitu sebesar 2.59% kecepatan angin 5,58 m/s, pada variasi sudu 15 yaitu sebesar 2,68% kecepatan angin 5,7 m/s. Sehingga, efisiensi sistem terbaik yaitu pada variasi sudu 15 buah. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak sudu maka dapat menghasilkan efisiensi yang baik.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Hau, Erich. 2013. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. London: Horst Von Renouard.
- [2] Manwell, J.F., J.G. McGowan dan A.L. Rogers. 2002. *Wind Energy Explained: Theory, Design And Application*. John Wiley & Sons, Ltd.
- [3] Sahid, Sunarwo dan Dwiana Hendrawati. “Kinerja Model Turbin Angin Poros Horizontal Bersudu Tiga Flat Berlapis Tiga”. Diakses tanggal 12 Maret 2019
- [4] Sahid, Teguh Harijono Mulud. “Pembuatan Turbin Angin Sudu Tipe Flat Berlapis Tiga”. Diakses tanggal 3 Agustus 2019
- [5] Widaryanto, Dominikus Dwi. 2015. “Kincir Angin Model American Multi – Blade Delapan Sudu dari Bahan Alumunium dengan Tiga Variasi Pitch Angle”. *Tugas Akhir*. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta