

# PERANCANGAN TURBIN STRAIGHT BLADE DARRIEUS DENGAN TIGA SUDU

Supriyo

Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Kotak Pos 6199 SMS, Semarang 50329  
Telp. 7473417, 7466420 (Hunting), Fax.7472396

## ABSTRAK

Karakteristik turbin angin tipe Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Straight Blade Darrieus berpenampang aerofoil NACA 0020 dengan 3 sudu, sudut sudu ( $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ , dan  $20^\circ$ ) serta pengaruh rumah pengarah angin model setengah silinder. Metode yang digunakan menguji turbin dengan rumah pengarah dan tanpa rumah pengarah angin. Menggunakan kecepatan angin dari blower 6 m/s, diameter rotor turbin tanpa rumah pengarah 50 cm, diameter rumah pengarah angin 65 cm, panjang sudu turbin 70 cm dan tinggi rumah pengarah angin 86 cm. Pada sudut sudu  $15^\circ$  menghasilkan  $C_p$  0,137 dengan  $P_{\text{Turbin}}$  6,097 Watt, pada putaran turbin 127 rpm, dengan Torsi 0,459 Nm,  $C_t$  0,310 dan TSR 0,554. Menggunakan rumah pengarah angin tipe setengah silinder menghasilkan data terbaik pada sudut sudu  $15^\circ$  menghasilkan  $C_p$  0,073 dengan  $P_{\text{Turbin}}$  3,260 Watt, pada putaran turbin 107 rpm, dengan Torsi 0,291 Nm,  $C_t$  0,196 dan TSR 0,467. Penggunaan turbin yang terbaik adalah tanpa menggunakan rumah pengarah angin pada sudut sudu  $15^\circ$  menghasilkan efisiensi 13,7 %.

**Kata kunci:** Aerofoil, Darrieus, NACA 0020, Sudut Sudu.

## 1. PENDAHULUAN

Energi angin merupakan salah satu potensi energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini. Energi angin dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kebutuhan energi lainnya seperti energi listrik dan mekanik. Pemanfaatan angin sebagai pembangkit energi listrik biasa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sedangkan pemanfaatan angin yang lain dipakai sebagai energi penggerak atau mekanik.

### Turbin Darrieus

Turbin Darrieus diperkenalkan di Perancis oleh *Georges Jean Marie Darrieus*, sekitar tahun 1931. Turbin angin sumbu vertikal ini mempunyai bilah-bilah tegak yang berputar ke dalam dan ke luar dari arah angin. Bertipe gaya angkat yang menghasilkan lebih banyak daya output dan efisiensi tinggi. Desain Darrieus ini cukup baik dan dapat menghasilkan torsi yang besar. Memiliki kontur atau bentuk dari sudu turbin yang sebagian cembung membuat sekelompok aliran udara yang melewatinya akan memiliki dua aliran sehingga

terjadinya perbedaan tekanan yang membuatnya terangkat atau berputar. Keunikan turbin ini, sudunya bisa mengembang dan mengempis. Akan mengembang ketika kecepatan angin tinggi dan mengempis bila sudu turbin dikenai kecepatan angin yang rendah.

### Dasar Konversi Energi Angin

Daya yang dihasilkan poros suatu turbin merupakan transformasi energi kinetik yang terdapat pada aliran angin. Aliran angin yang bergerak dengan kecepatan tertentu diserap oleh susunan sudu dari turbin angin. Persamaan yang menyatakan energi kinetik dari udara yang bergerak dan hasil aliran masa yaitu jumlah energi yang melewati sebuah penampang per satuan waktu, persamaannya sebagai berikut :

$$P_{kin} = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v^2$$

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v$$

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

Suatu turbin angin akan memiliki kerja rotor yang nantinya akan menyerap energi

dalam bentuk daya putar dari hembusan angin yang menabrak sudu. Sudu akan menangkap angin dalam bentuk energi kinetik yang nantinya akan menimbulkan daya mekanik atau daya turbin. Jika kemudian rotor ini berputar dengan kecepatan sudut rotor tertentu ( $\omega$ ), maka daya ( $P_T$ ) yang timbul dapat dihitung sebesar:

$$P_T = T \cdot \omega$$

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

$$P_T = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60}$$

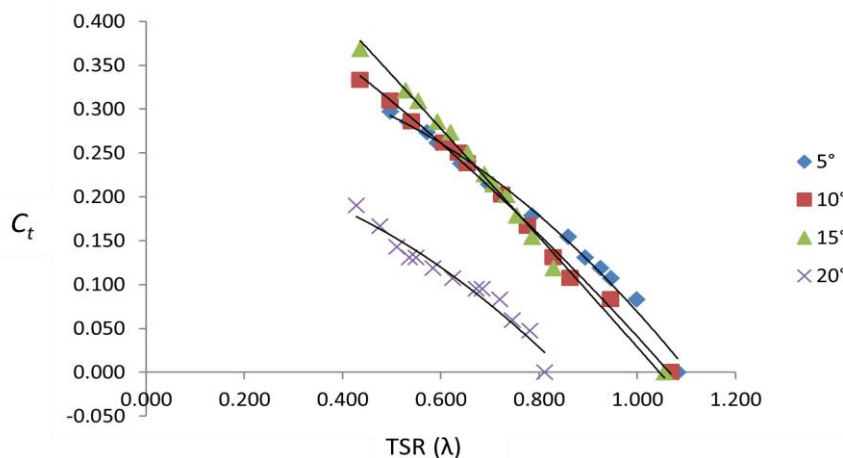
Seperti diketahui ternyata energi kinetik yang dimiliki angin tidak seluruhnya dapat dikonversikan menjadi gaya mekanik. Dengan demikian terjadi kerugian daya dan perbandingan antara daya yang dihasilkan dan daya yang dimiliki angin disebut dengan koefisien daya ( $C_P$ ) yang dapat ditulis:

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

Effisiensi teoritis turbin adalah perbandingan antara daya turbin ( $P_{Turbin}$ ) dengan daya masukan turbin ( $P_{kin}$ ).

$$\eta_t = C_P = \frac{P_{turbin}}{P_{kin}} \times 100\%$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Grafik hubungan  $C_t$  dan  $\lambda$

Hal tersebut terjadi pula pada torsi, sehingga koefisien torsi ( $C_T$ ):

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot R}$$

Tip Speed Ratio ( $\lambda$  atau TSR) adalah perbandingan antara kecepatan ujung sudu dengan kecepatan angin yang melewatinya. Bila  $TSR > 1$  seperti VAWT *Darrieus* berarti lebih banyak bagian sudu yang mengalami gaya angkat. Maka secara matematik TSR dapat dihitung dengan:

$$\lambda = \frac{U}{v} = \frac{\omega \cdot R}{v}$$

### 2. METODE PENELITIAN

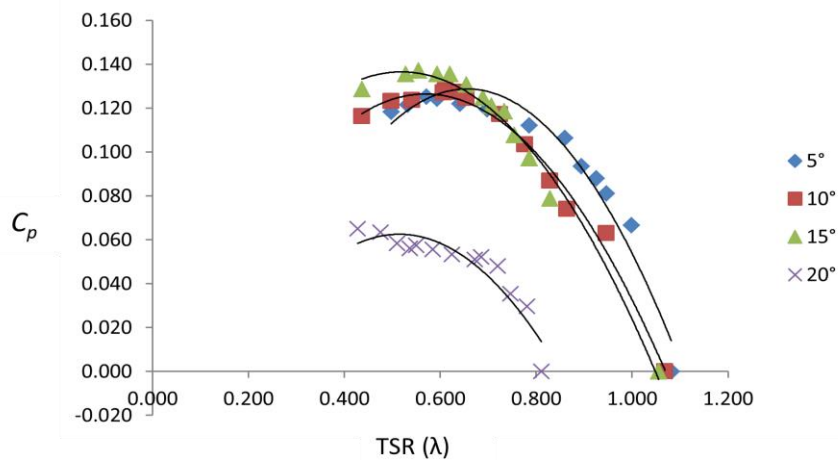


(a) (b)  
Gambar 1. Turbin dengan 3 sudu

Gambar (a) adalah turbin tanpa rumah pengarah angin dan yang (b) adalah turbin dengan rumah pengarah angin.

Grafik di atas menunjukkan nilai optimum dari *Coefficient of Torsi* ( $C_t$ ) sebesar 0,369 dengan *Tip Speed Ratio* (TSR) sebesar 0,436 terjadi pada sudut sudu  $15^\circ$  dengan *Coefficient of Power* ( $C_p$ ) sebesar 0,129 dengan daya mekanik yang dihasilkan sebesar 5,724 watt, pada putaran poros turbin angin sebesar 100 rpm. Nilai tertinggi dari *Tip Speed Ratio* (TSR) sebesar 1,082 terdapat pada sudut sudu  $5^\circ$ , dengan kecepatan putaran turbin angin

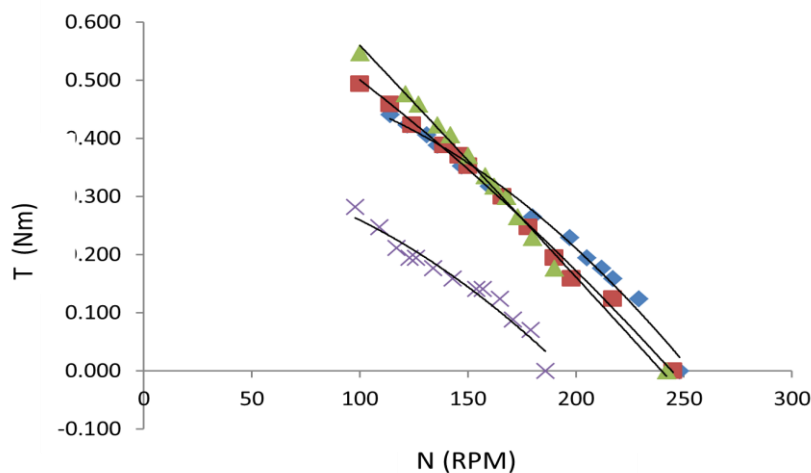
tertinggi sebesar 248 rpm. *Coefficient of Torsi* ( $C_t$ ) berbanding terbalik dengan TSR. *Coefficient of Torsi* ( $C_t$ ) yang besar disebabkan oleh nilai torsi dan beban yang tinggi sehingga menyebabkan putaran turbin menurun, adakalanya penurunan putaran ini menyebabkan efisiensi naik, lalu setelah mencapai nilai puncaknya akan kembali turun, hal ini dapat dilihat pada tabel *Coefficient of Power* ( $C_p$ ) yang tertinggi.



Gambar 3. Grafik hubungan  $C_p$  dan  $\lambda$

Pada grafik di atas menunjukkan nilai optimum dari *Coefficient of Power* ( $C_p$ ) yang dihasilkan sebesar 0,137 terdapat pada sudut sudu  $15^\circ$  dengan TSR sebesar 0,554 dengan daya mekanik sebesar 6,097 watt

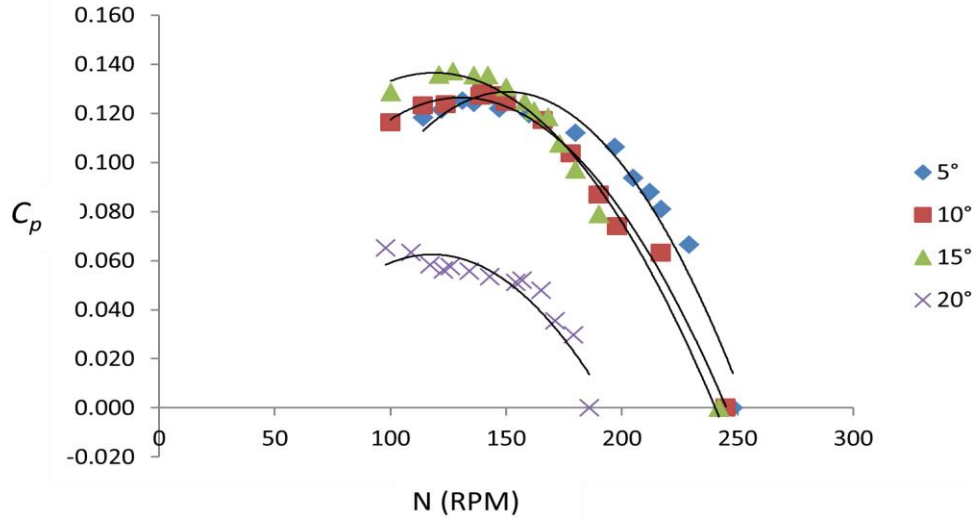
dan putaran turbin sebesar 127 rpm. Nilai tertinggi dari *Tip Speed Ratio* (TSR) sebesar 1,082 terdapat pada sudut sudu  $5^\circ$ , dengan kecepatan putaran turbin angin tertinggi sebesar 248 rpm.



Gambar 4. Grafik hubungan Torsi dan Putaran turbin

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai torsi tertinggi terdapat pada sudut sudu  $15^{\circ}$  yaitu sebesar  $0,547 \text{ Nm}$  dengan putaran poros turbin  $100 \text{ rpm}$  yang juga mempengaruhi nilai  $P_{\text{Turbin}}$  yaitu sebesar

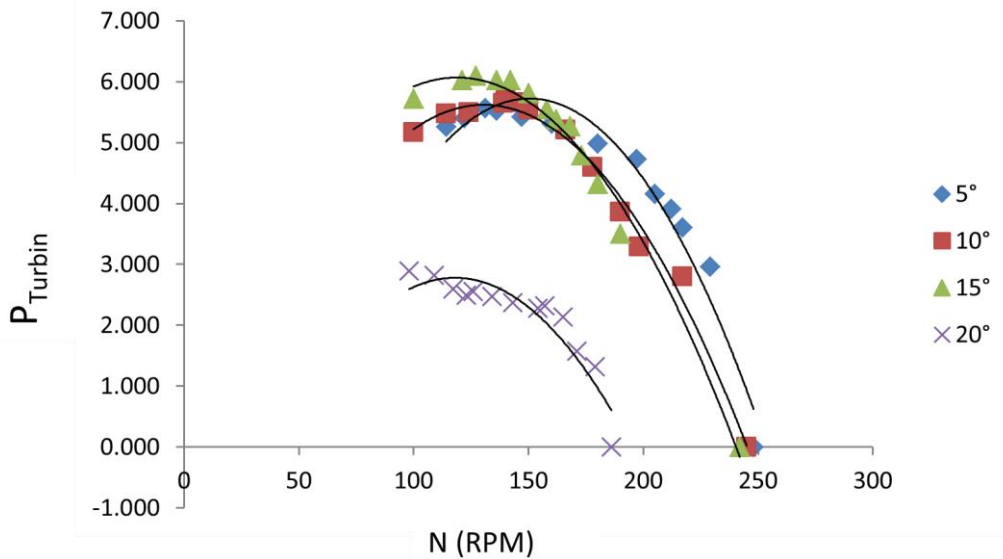
$5,724 \text{ watt}$  dengan nilai  $C_t$  sebesar  $0,369$ . Sedangkan untuk kecepatan tertinggi sebesar  $248 \text{ Rpm}$  dan terdapat pada sudut sudu  $5^{\circ}$ .



Gambar 5. Grafik hubungan  $C_p$  dan Putaran Turbin

Pada grafik di atas menunjukkan nilai optimum dari *Coefficient of Power* turbin sebesar  $0,137$  terdapat pada sudut sudu  $15^{\circ}$  pada putaran turbin  $127 \text{ rpm}$  dengan daya mekanik yang dihasilkan sebesar  $6,097 \text{ watt}$ . Sedangkan nilai minimum *Coefficient of Power* turbin terdapat pada sudut sudu  $20^{\circ}$  sebesar  $0,030$  pada putaran turbin  $179$

$\text{rpm}$  dengan daya mekanik yang dihasilkan sebesar  $1,322 \text{ watt}$ . Pada sudut  $10^{\circ}$  nilai optimum dari *Coefficient of Power* adalah  $0,128$  dengan putaran poros turbin  $140 \text{ rpm}$ . Besarnya nilai optimum *Coefficient of Power* pada sudut  $5^{\circ}$  adalah  $0,125$  dengan putaran poros turbin  $106 \text{ rpm}$ .



Gambar 6. Grafik hubungan  $P_{\text{turbin}}$  dan  $N_{\text{turbin}}$

Grafik di atas menunjukkan nilai dari daya mekanik turbin angin *Darrieus* ini yang paling optimum dan mampu dihasilkan oleh turbin ini sebesar 6,097 watt dengan *Coefficient of Power* ( $C_p$ ) sebesar 0,137 pada putaran turbin 127 rpm, terdapat pada sudut sudu  $15^0$  dengan *Coefficient of Torsi* ( $C_t$ ) sebesar 0,310 dan *Tip Speed Ratio* (TSR) sebesar 0,554. Sedangkan nilai putaran turbin (rpm) tertinggi sebesar 248 rpm, pada sudut sudu  $5^0$ .

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada sudut sudu  $15^0$  menghasilkan  $C_p$  sebesar 0,137 dengan  $P_{Turbin}$  sebesar 6,097 Watt pada putaran turbin sebesar 127 rpm dengan Torsi sebesar 0,459 Nm.  $C_t$  sebesar 0,310 dan TSR sebesar 0,554
2. Mampu menghasilkan  $C_p$  sebesar 0,073 dengan  $P_{Turbin}$  sebesar 3,260 Watt, pada putaran turbin sebesar 107 rpm, dengan Torsi sebesar 0,291 Nm,  $C_t$  sebesar 0,196 dan TSR sebesar 0,467.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hau, Erich. 2006. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Germany: Springer –Verlag Berlin Helderberg.
- Leysen E. H. 1983. *Introduction To Wind Energy, Basic and Advance IntroducingTo Wind Energy with Emphasisi on Water Pumping Wingmills*. Netherland: By Development Cooperation.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga. 1978. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Bandung: Pratnya Paramita.
- Sabzevari, A. 1978. *Power Augmentation in A Ducted Savonius Rotor*. Second International Symposium on Wind Energy Systems. Volume 1, Iran.
- Pudjanarsa, Astu, Ir, MT. dan Djati Nursuhud, Prof. Ir. MSME. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: CV. Andi.