

---

## **Pengaruh Sudut Pitch terhadap Efisiensi Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Lift dengan Kecepatan Angin 7.5 m/s**

Muhammad Al Risal Fitrah<sup>1</sup>, Witono Hardi<sup>2</sup>, Rudi Hartono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Jl. Pertamina, Gambesi, Ternate Selatan, Kota Ternate, Indonesia

[muhammadalrizalfitrah@gmail.com](mailto:muhammadalrizalfitrah@gmail.com)

---

### **Abstraks**

Turbin angin sumbu vertikal merupakan salah satu jenis turbin pada pembangkit listrik tenaga bayu. Pada penelitian sebelumnya pengaruh jumlah sudut pitch sangat berpengaruh, maka dilakukan penelitian ini untuk pembuatan prototipe dilakukan guna mendapatkan pengaruh sudut pitch terhadap efisiensi turbin. Penelitian dilakukan dengan membuat prototipe turbin darrieus dengan diameter 20 cm dan tinggi 20 cm, blade didesain berdasarkan airfoil NACA 0020 dengan panjang chord line 9 cm. Variasi sudut pitch yang digunakan adalah 5°, 15°, 25°, 35° dan 45°. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan blower sebagai sumber angin dengan kecepatan 7.5 m/s yang di pasang pada terowongan angin. Generator 12 v digunakan pada penelitian ini untuk menyalakan lampu led dan diukur arus listrik serta tegangan menggunakan multimeter. Daya dihitung dari kuat arus dan tegangan serta memperhitungkan juga faktor efisiensi generator dan sistem transmisi belt, kemudian dibandingkan dengan daya angin untuk mendapatkan nilai koefisien power ( $C_p$ ). Hasil perhitungan dari data pengujian menunjukkan bahwa variasi sudut pitch yang optimum berada pada sudut pitch 15° dengan putaran turbin yang dihasilkan paling tinggi sebesar 242.76 (rpm). Daya turbin ( $P$ ) = 0.330 watt, Tip Speed Ratio ( $\lambda$ ) = 0.339, dengan koefisien power ( $C_p$ ) sebesar 0.038. Hasil ini merupakan referensi bagi desain dan perancangan turbin angin sumbu vertikal darrieus tipe lift.

**Kata kunci :** Turbin Angin Darrieus Tipe Lift, NACA 0020, Sudut Pitch, Efisiensi

---

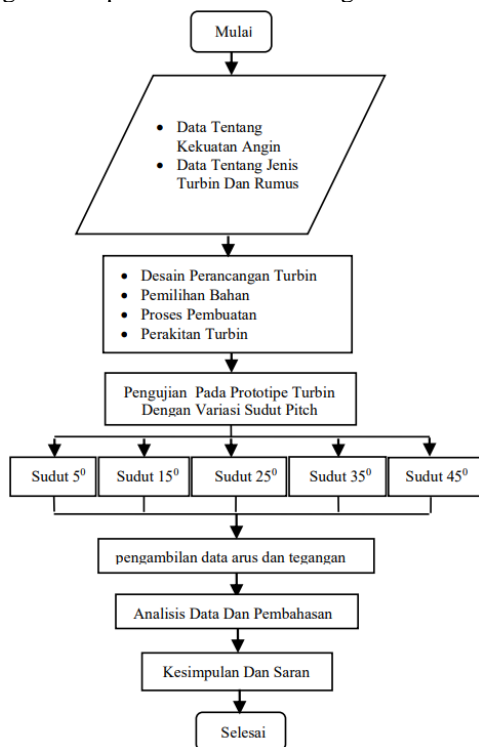
## Pendahuluan

Seiring bertambahnya usia bumi, pembangkit listrik konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil yang berasal dari sumber daya alam tidak terbarukan mulai dipertimbangkan keberadaannya. Dikarenakan kebutuhan listrik semakin tinggi dan ketersediaan sumber daya alam tidak terbarukan semakin menipis. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian dan pengembangan pembangkit listrik menggunakan sumber daya alam yang terbarukan *Vertical Axis Wind Turbine* merupakan salah satu jenis pembangkit listrik tenaga angin yang sedang populer untuk dikembangkan. Jenis VAWT yang sering digunakan adalah jenis Savonius dan Darrieus. Masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri. Oleh karena itu, dalam beberapa kasus, menggabungkan kedua jenis tersebut dapat memaksimalkan fitur *wind turbine* tersebut.

Sudut pitch pada blade rotor sangat berpengaruh terhadap kecepatan rotor pada hembusan angin yang sama. Sudut ini memiliki nilai optimum agar didapatkan efisiensi maksimum. Pada paper ini, penulis melakukan penelitian tentang pengaruh sudut pitch turbin angin tipe darrieus untuk meningkatkan efisiensi dari turbin angin darrieus.

## 1. Metodologi

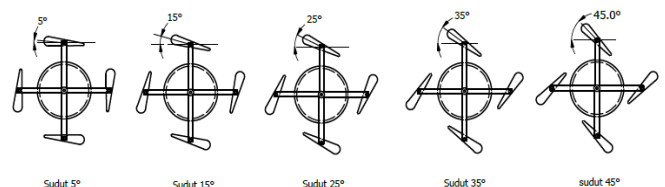
Diagram alir penelitian adalah sebagai berikut :



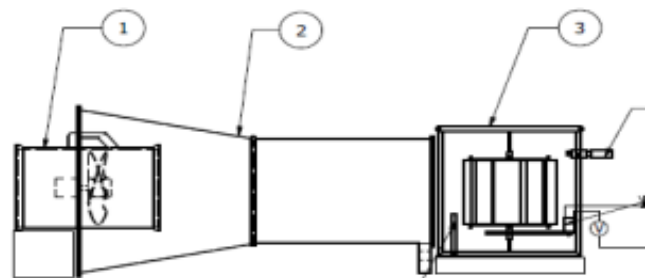
Gambar 1  
Flowchart

Pengambilan data kecepatan angin, putaran poros, beban dan temperatur udara dilakukan secara berurutan dengan cara berikut ini :

1. Meletakkan blower dan pastikan angin yang di hembuskan tepat pada turbin angin.
2. Meletakkan turbin yang akan diuji di depan terowongan.
3. Memposisikan anemometer sejajar dengan poros turbin untuk mengukur kecepatan angin yang diinginkan, tachometer yang diletakkan di depan poros untuk mengukur putaran turbin dan multimeter di atur dengan menyambungkan kutub positif dan negatif pada dinamo.
4. Menghidupkan blower untuk proses pengambilan data.
5. Setelah kecepatan angin konstan pengambilan data dimulai dari :
  - a) Pengukuran kecepatan angin pada layar anemometer, pembacaan temperatur udara.
  - b) Pengukuran putaran poros kincir dengan tachometer.
  - c) Pada turbin sudut di variasikan menjadi  $5^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$
  - d) Pada turbin dipasangkan belt yang berfungsi sebagai penerus putaran pada poros turbin ke dinamo.
  - e) pada setiap pengukuran a dan b perlu diulang-ulang sebanyak lima belas kali percobaan.
6. Setelah pengambilan data selesai matikan kipas angin dan lepaskan alat-alat berupa anemometer, tachometer dan multimeter, setelah itu kembalikan pada tempatnya.



Gambar 2.  
Variasi sudut pitch Pada Blade



Gambar 3.  
Pengujian di Terowongan Angin

## 2. Hasil dan Pembahasan

### Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian dari pengujian turbin angin darrieus dengan variasi sudut blade  $5^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$ . setiap pengujian turbin dilakukan sebanyak lima belas kali untuk sudut blade yang berbeda dengan kecepatan angin 7.5 m/s dan pembebanan menggunakan dinamo 12 volt.

Tabel 1. Hasil Data Perhitungan Dengan Variasi Sudut Pitch Menggunakan Dinamo 12 Volt.

NO	Variasi Sudut Pitch	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)	Tegangan (volt)	Arus Listrik (ampere)	Suhu (C°)
1	Sudut pitch $5^{\circ}$	7.5	223.67	3.84	0.056	30
2	Sudut pitch $15^{\circ}$	7.5	242.76	3.92	0.066	30
3	Sudut pitch $25^{\circ}$	7.5	199.93	3.78	0.050	30
4	Sudut pitch $35^{\circ}$	7.5	153.52	3.40	0.027	30
5	Sudut pitch $45^{\circ}$	7.5	132.95	3.09	0.015	30

### Pengolahan Data Dan Perhitungan

Contoh perhitungan akan diuraikan seperti berikut diambil dari data dalam Tabel 4.1 dengan sudut Pitch  $5^{\circ}$  dengan kondisi turbin angin diberi pembebanan dinamo 12 volt. Dari data tersebut diketahui kecepatan angin 7.5 m/s dengan suhu ruang  $30^{\circ}$  C, putaran poros turbin 223,67 rpm, tegangan sebesar 3.84 volt dan arus listrik yang dihasilkan sebesar 0.056 ampere. Kemudian data hasil perhitungan setiap putaran akan dipaparkan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 4.2 di bawah.

#### 1. Daya Angin

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh angin dapat dicari dengan persamaan 1 pada sub bab 2.4 yaitu:

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

Dimana :

$P_a$  = daya yang dihasilkan angin (Watt).

$\rho$  = massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = luasan angin yang ditangkap kincir (m<sup>2</sup>)

$v$  = kecepatan angin (m/s)

Dimana nilai massa jenis udara ( $\rho$ ) diketahui dengan cara interpolasi dari table massa jenis udara (lampiran), dari data suhu udara  $30^{\circ}$  C maka  $\rho = 1,1644$  kg/m<sup>3</sup> besarnya luas penampang ( $A$ ) diketahui dengan persamaan :

$$A = d \cdot t$$

Dimana :

$d$  = Diameter turbin (m)

$t$  = Tinggi turbin (m)

Dengan diameter turbin 0,2 m dan tinggi turbin angin 0,2 m maka daya angin ( $P_a$ ) sebesar :

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

$$= \frac{1}{2} (1.11644 \text{ kg/m}^3) \times (0.2) \times (0.2) \times (7.5)^3$$

$$= 9,82 \text{ watt}$$

#### 2. Daya Turbin

Pengujian dilakukan dalam suhu kamar dan selang waktu antara pengujian satu dengan yang lain adalah 5 menit. nilai dibawah ini adalah nilai rata-rata dari setiap pengambilan data:

Daya turbin adalah output dari daya angin, yang dapat diperoleh dari dengan persamaan 2. Diketahui nilai efisiensi dinamo adalah 90 dan efisiensi puli adalah 87.

$$P_t = V \cdot I$$

Dimana:

$P_t$  = Daya Yang Dihasilkan Turbin (Watt)

$V$  = Torsi (Nm)

$I$  = Rotasi Putaran Turbin (rad/s)

$$P_{\text{Generator}} = V \cdot I$$

$$= 3.84 \times 0.056$$

$$= 0.215 \text{ Watt}$$

Maka nilai persamaan efisiensi dinamo sebesar 0.9

$$= \frac{0.215}{0.9}$$

$$= 0.239 \text{ watt}$$

Dan dibagi dengan efisiensi puli dengan nilai 0.87

$$= \frac{0.239}{0.87}$$

$$P_t = 0.275 \text{ watt}$$

#### 3. Rasio Kecepatan Ujung (Tip Speed Ratio)

Untuk mengetahui besarnya perbandingan kecepatan ujung turbin dengan kecepatan angin atau tip speed ratio dapat dicari dengan persamaan 3 yaitu :

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{3 \cdot v}$$

Dimana :

$D$  = Diameter turbin (m)

$n$  = Putaran poros (rpm)

$v$  = Kecepatan angin (m/s)

Jika = 3,14 dengan diameter turbin 0,2 m, putaran poros 223.67 rpm (data table 4.1) dan kecepatan angin 7.5 m/s besarnya tip speed ratio adalah :

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{3 \cdot v}$$

$$\lambda = \frac{3,14 \times 0,2 \times 223,67}{60}$$

$$\lambda = 2.34$$

$$\lambda = \frac{2.34}{7.5}$$

$$\lambda = 0.312$$

$$C_p = \frac{0.275}{9.825}$$

$$C_p = 0.028$$

#### 4. Efisiensi Turbin

$$C_p = \frac{P_t}{P_a}$$

Dimana :

$C_p$  = Coefisien Power (%)

$P_t$  = Daya turbin (watt)

$P_a$  = Daya angin yang dihasilkan (Watt)

$$C_p = \frac{P_t}{P_a}$$

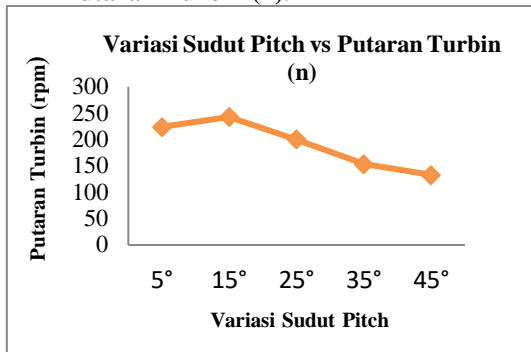
#### Hasil Perhitungan Data

Pada setiap penelitian, hasil data yang diperoleh pada pengujian ini berupa data putaran poros (rpm), variasi sudut blade, kecepatan angin (v) dan gaya pembebanan yang diberikan oleh dinamo 12 volt . Dapat dilihat pada tabel 4.1 kemudian dihitung dan diselesaikan dengan persamaan-persamaan diatas dan diuraikan dalam bentuk tabel dibawah ini:

Tabel 2. Perhitungan hasil pengujian pada variasi sudut pitch dengan pembebanan dinamo 12 volt.  $\rho = 1.1644$  dengan kecepatan angin 7.5 m/s.

No	Variasi Sudut Pitch	Kecepatan Angin	Kecepatan Putaran Turbin	Daya Angin ( $P_a$ )	Daya Turbin ( $P_t$ )	TSR ( $\lambda$ )	Efisiensi ( $C_p$ )	Suhu (C)
		(V) (m/s)	(n) (rpm)	(watt)	(watt)	(rad/s)	(%)	
1	5°	7.5	223.67	9.82	0.275	0.312	0.028	30
2	15°	7.5	242.76	9.82	0.330	0.339	0.034	30
3	25°	7.5	199.93	9.82	0.241	0.279	0.025	30
4	35°	7.5	153.52	9.82	0.117	0.214	0.012	30
5	45°	7.5	132.95	9.82	0.065	0.186	0.007	30

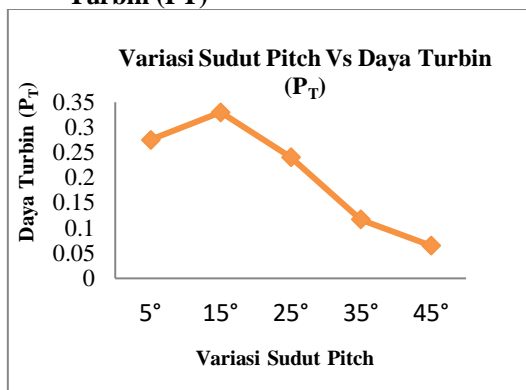
**1. Hubungan Antara Variasi sudut Pitch vs Putaran Turbin (n).**



Gambar 10. Hubungan antara variasi sudut pitch vs putaran (n) pada kecepatan angin 7.5 m/s.

Berdasarkan grafik dengan kecepatan angin 7.5 m/s, dapat dilihat bahwa semakin besar sudut pitch pada blade yang terbuka sangat mempengaruhi terhadap putaran turbin (rpm). Dapat dilihat pada grafik yang memiliki putaran optimum yakni sudut 15° dengan jumlah putaran sebesar 242.76 rpm, dengan pembebanan dinamo 12 volt dan lampu led 3 volt. Sedangkan pada sudut pitch 25° sampai 45° mengalami sedikit penurunan.

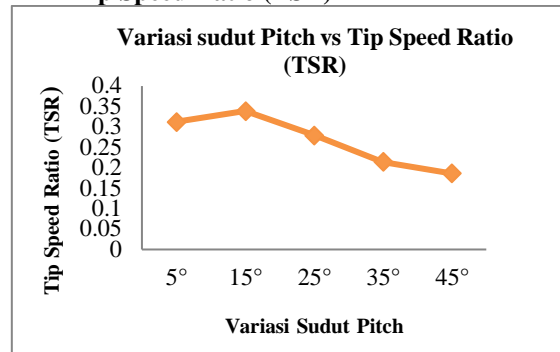
**2. Hubungan Antara Variasi sudut vs Daya Turbin (P<sub>T</sub>)**



Gambar 11. Hubungan antara variasi sudut vs daya turbin (P<sub>T</sub>) pada kecepatan angin 7.5 m/s.

Berdasarkan grafik diatas dengan kecepatan angin 7.5 m/s, dapat dilihat pada sudut 5° sampai 15° daya turbin mengalami kenaikan seiring dengan penambahan sudut pada blade. Namun saat perubahan dari sudut 25° sampai 45° daya turbin mengalami penurunan yang signifikan, sehingga antara sudut 5° sampai 45° daya optimum turbin yang dihasilkan berada pada sudut pitch 15°.

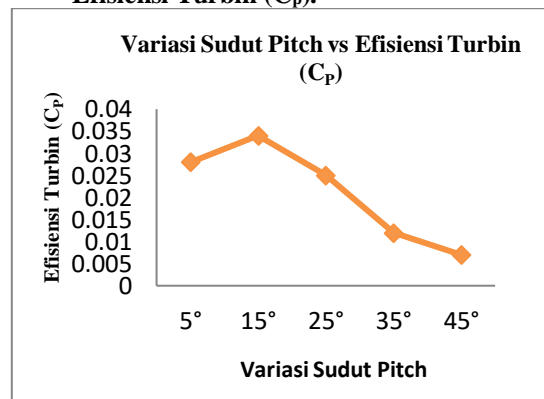
**3. Hubungan Antara Variasi sudut Pitch vs Tip Speed Ratio (TSR)**



Gambar 12. Hubungan antara variasi sudut vs tip speed ratio (TSR) pada kecepatan angin 7.5 m/s.

Berdasarkan grafik TSR dengan kecepatan angin 7.5 m/s, dapat dilihat bahwa yang terjadi pada grafik TSR sama halnya seperti dengan grafik putaran turbin yang mengalami kenaikan pada sudut 5° sampai 15°, tetapi sedikit mengalami penurunan pada sudut pitch 25° sampai 45°. Memiliki nilai TSR optimum pada sudut 15°.

**4. Hubungan Antara Variasi sudut Pitch vs Efisiensi Turbin (C<sub>p</sub>).**



Gambar 4.4 Hubungan antara variasi sudut vs efisiensi turbin (C<sub>p</sub>) pada kecepatan angin 7.5 m/s

Berdasarkan grafik efisiensi turbin di atas, pada sudut pitch 5° sampai 15° mengalami peningkatan nilai efisiensi, ini disebabkan karena terbukanya sudut pitch pada blade akan meningkatkan putaran (n) pada turbin dan mencapai titik optimum pada sudut pitch 15°. Sedangkan yang terjadi pada sudut 25°, 35° dan 45° mengalami penurunan yang cukup signifikan karena semakin terbukanya sudut pitch menyebabkan menurunnya gaya angkat (lift) dan meningkatkan gaya dorong (drag), sama halnya juga yang terjadi pada turbin angin tipe savonius.

### 3. Kesimpulan

Setelah semua tahapan penelitian dan pengujian dilakukan pada prototipe turbin angin sumbu vertikal tipe Darrieus Tipe lift, dengan variasi sudut pitch pada blade dan variasi pada kecepatan angin. Maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh dari kelima variasi sudut pitch yang telah diuji, sudut pitch  $15^\circ$  lah yang menghasilkan putaran (n) paling tinggi dibandingkan dengan yang lain yaitu pada kecepatan angin 7.5 m/s berada di angka 242.76 rpm, dengan pembebanan dinamo DC 12 volt dan lampu led 3 volt.
2. Data pengujian menunjukkan bahwa variasi sudut pitch yang optimum berada pada sudut pitch  $15^\circ$  dengan putaran turbin yang dihasilkan paling tinggi sebesar 242.76 (rpm). Daya turbin (P) = 0.330 watt, Tip Speed Ratio ( $\lambda$ ) = 0.339, dengan koefisien power (Cp) sebesar 0.038.

### Saran

1. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih optimal, penelitian ini perlu dikembangkan sebagai energi terbarukan untuk menggantikan bahan bakar fosil
2. Pemilihan jenis bahan dan desain ukuran prototype harus sesuai karena dapat mempengaruhi kinerja pada turbin.
3. Ketelitian dan kepresisian saat pembuatan prototype harus diperhatikan agar mendapatkan hasil yang optimal.

### Daftar Pustaka

1. Adilogo, I. K. (2018). *Perhitungan dan Pengujian Daya Yang Dihasilkan, Umur Belt, Efisiensi Keseluhana dan Efisiensi Flywheel Pada Kinetik Flywheel Conversion* 2. 104.
2. Aklis, N., Syafi'i, H., Prastiko, Y. C., & Sukmana, B. M. (2016). Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Pitch Terhadap Performa Turbin Angin Darrieus-H Sumbu Vertikal Naca 0012. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 17(2), 6–12. <https://doi.org/10.23917/mesin.v17i2.2878>
3. Anam, A., Asroni, M., Rahardjo, T., Mesin, T., Teknologi Industri, F., Teknologi Nasional Malang, I., & Raya Karanglo Km, J. (2020). Peningkatan Kinerja Turbin Angin Vertikal Tipe Darrieus dengan menggunakan Wind Gate. *Jurnal Flywheel*, 11, 2007–2010.
4. Bangun, R., Vortex, T., Casing, D., Lingkaran, B., Dan, S., & Keluar, S. (2017). *Edisi Cetak Jurnal Dinamis*, Juni 2017 (ISSN: 0216-7492) *Edisi Cetak Jurnal Dinamis*, Juni 2017 (ISSN: 0216-7492). 2, 36–46.
5. Fadila, A., & Zakaria, I. (2020). Rancang Bangun Turbin Angin Tipe Darrieus Tiga Sudu Rangkap Tiga dengan Profil NACA 0006. *Eksergi*, 15(3), 102. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v15i3.1785>
6. Mufarida, N. A., & Eng, M. (n.d.). *Book Work Wind Turbine Darrius Type in Coastal Village of Puger*.
7. Tawary, Z. S. (2020). *PENGARUH VARIASI SUDUT PADA SUDU MODEL V TERHADAP SAVONIUS*
8. Teja, D. P. (2017). Studi numerik turbin angin Darrieus - Savonius dengan penambahan stage rotor Darrieus. *Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November*, 105. <http://repository.its.ac.id/2347/>
9. Yanuarsyah, I. (2017). *Studi Eksperimrn Pengaruh Sudut Pitch Terhadap Performa Turbin Angin Darrius-H Sumbu Vertikal Naca 0012*. 1–116.
10. W. Hardi, Z. S. Tawary, and M. M. Harbelubun, "The Effect of Angle Variation in the Model V Blade on the Savonius-Type Vertical Axis Wind Turbine's Performance," in *International Joint Conference on Science and Technology 2021*, Ternate: E3S Web of Conferences, 2021, pp. 4–7.