



Pengaruh Variasi Sudut *Blade* pada *Vertical Wind Turbine Darrieus* Tipe H terhadap Kinerja *Wind Turbine*

Rosiawan Baihaqi^{1,*}, Dadang Hermawan¹, Gatot Soebiyakto¹, Nova Risdiyanto Ismail¹

¹ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

Kata kunci

Wind Turbine
Darrieus
Daya Output

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya populasi manusia menyebabkan penggunaan energi fosil seperti minyak bumi juga ikut meningkat. Sedangkan energi fosil merupakan salah satu penyumbang terbesar emisi karbon yang dapat menyebabkan perubahan iklim dan suatu saat bisa akan habis. Hal yang dapat dilakukan untuk mengendalikan perubahan iklim tersebut adalah dengan beralih kepada penggunaan energi terbarukan. Dalam penelitian ini yaitu dengan pembuatan wind turbine jenis darrieus tipe H dengan memvariasikan sudut pada blade dan variasi kecepatan angin dengan jumlah sudu sebanyak 3 buah. Proses pengujian dilakukan dengan variasi jumlah sudut 5°, 15°, 25° dengan kecepatan angin 4,8 m/s 5,3 m/s dan 6,8 m/s pada masing-masing turbin yang telah dibuat. Sebagai pengarah angin, peneliti menggunakan wind yang di gerakkan melalui mesin diesel dan pengaturan kecepatan angin di atur menggunakan karbulator. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu daya output tertinggi dicapai oleh sudut blade 25° dengan kecepatan angin 6,8 m/s yang di dapat daya *output* sebesar 5,016 Watt. Sedangkan daya output terendah berada pada sudut turbin 5° dengan kecepatan angin 4,8 m/s dengan daya output sebesar 3,436 Watt.

* Corresponding author:

Rosiawan Baihaqi (email: rosiawanbaihaqi2000@gmail.com)

Diterima: 10 Maret 2024

Disetujui: 26 Februari 2025

Dipublikasikan: 28 Februari 2025

1 Pendahuluan

Energi merupakan bagian penting dalam kehidupan manusia [1] pada saat ini, manusia banyak menggunakan berbagai sumber daya alam tak terbarukan untuk aktivitas sehari – hari [2] contoh sumber energi tidak dapat diperbarui (*non renewable energy*) seperti fosil khususnya seperti bahan bakar minyak yang selama ini menjadi sumber energi utama, ketersediannya sangat terbatas dan terus mengalami penipisan [3].

Di Indonesia salah satu potensi energi terbarukan yang tersedia melimpah dan selalu ada yaitu energi angin, karena energi angin memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kebutuhan energi listrik domestik, khususnya wilayah terpencil [4]. Potensi energi angin di Indonesia berdasarkan BMKG yaitu rata – rata berkecepatan sekitar 10,28 m/s (Sumber: www.bmkg.go.id) pada dasarnya energi angin belum bisa langsung dipergunakan untuk diubah menjadi energi listrik, karena itu diperlukan mesin yang dapat mengubah energi kinetik angin menjadi energi angin sehingga dapat diteruskan menjadi energi listrik [5].

Sehingga untuk memanfaatkan energi angin tersebut maka digunakan kincir angin (*wind turbine*) [6] yang saat ini banyak digunakan untuk memperoleh energi listrik [7]. Salah satu jenis kincir angin yang dibahas pada penelitian ini adalah kincir angin sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine*) yaitu memiliki poros atau sumbu rotor utama disusun tegak lurus [8] *wind turbine* ini memiliki kelebihan antara lain dapat melakukan *self starting* sehingga memanfaatkan angin dari berbagai arah, sehingga hanya membutuhkan angin dengan kecepatan rendah untuk memutar rotor pada turbin angin.

Turbin angin *Darrieus* tipe H merupakan pengembangan lanjutan dari turbin angin tipe *darrieus*, turbin angin jenis ini memiliki torsi awal yang rendah namun dari segi pabrikasinya lebih mudah bila dibandingkan dengan turbin angin darrieus. Gaya yang memutar *blade* turbin angin merupakan gaya aerodinamika yang terjadi karena angin mengalir melalui *blade* turbin angin yang berpenampang (*airfoil*), sehingga posisi *blade* terhadap bidang putaran rotor beroperasi pada putaran konstan, meskipun kecepatan angin berubah atau berhenti pada

kecepatan angin yang tinggi (wieanto arismunandar 2004). Pada. Pada sebuah *blade* ada gaya angkat (*lift*) dan gaya dorong (*drag*), untuk tipe turbin angin yang vertikal (VAWT) harus dibuat agar gaya *lift* lebih besar dari gaya *drag*. Gaya inilah yang menyebabkan proses perputaran turbin [6].

Selanjutnya, pada penelitian ini peneliti memfokuskan dalam membahas tentang variasi sudut *blade* pada *wind turbine* jenis vertikal dengan variasi sudut 5° , 15° , 25° yang bertujuan untuk mengetahui mana kinerja sudut *blade* yang paling efisien dengan kecepatan angin tertentu dan mengetahui sudut mana yang paling efektif dan paling cocok untuk mendapatkan *output* listrik yang akan dihasilkan.

2 Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental, yaitu Analisa pengaruh perbandingan variasi jumlah sudut pada *blade* 5° , 15° dan 25° terhadap kinerja turbin angin sumbu vertikal *darrieus* tipe- H dan menggunakan variasi kecepatan angin yang di uji kinerjanya di Laboratorium Universitas Widya Gama Malang. Selanjutnya bahan penelitian dibuat dengan ukuran yang sesuai pada turbin yang akan diamati. Metode ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian turbin angin untuk mengetahui jumlah sudu terbaik dari turbin. angin sumbu vertikal tipe *darrieus*-H terhadap daya yang dihasilkan.

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, dimulai pada bulan Desember 2023 sampai dengan 2024 dan dengan pengambilan data sebanyak 5 kali tiap per variasi.

2.2. Bahan dan Alat

Adapun bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini untuk pembuatan *wind turbine* jenis *darrieus* tipe H adalah :

Tabel 1 Bahan Pembuatan *Wind Turbine*

No	Bahan	Spesifikasi
1	PVC Foam Board	Ketebalan 1 mm
2	Alumunium	Ketebalan 2 mm
3	Poros	Pipa Holo 1 m
4	Besi Kotak	1,5 x 1,5
5	Bearing	2 Buah
6	Pulley	2 Inch dan 4 Inch
7	V Belt	1 Buah

Adapun Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini untuk pembuatan *wind turbine* jenis *darrieus* tipe H adalah :

Tabel 2 Alat Pembuatan Dan Pengujian *Wind Turbine*

No	Alat
1	Gerinda Tangan
2	Mesin Las
3	Anemometer
4	Tachometer
5	Multitester



Gambar 1 Wind Turbine Jenis Darrieus Tipe H

2.3. Persamaan

Secara matematis untuk menghitung energi angin dapat menggunakan persamaan [9] :

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

Di mana :

P = Daya energi angin (Watt)

ρ = Kerapatan udara (kg/m³)

A = Luasan penampang angin (m²)

v = Kecepatan angin (m/s)

Kemudian untuk menghitung energi kinetik digunakan persamaan :

$$Ek = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2)$$

Di mana :

Ek = Daya energi kinetik (joule)

m = Massa benda (kg)

v = Kecepatan angin (m/s)

Dan untuk menghitung torsi, Torsi adalah perkalian vektor antara jarak sumbu putar dengan gaya yang bekerja pada titik yang berjarak dari sumbu pusat [10] dengan persamaan:

$$T = r \cdot F \quad (3)$$

Dimana

T = Torsi (N.m)

r = Jarak jari – jari lengan ke poros (m)

F = Gaya pada poros akibat puntiran (N)

Daya yang dihasilkan kincir (Pout) adalah daya dihasilkan kincir akibat adanya angin yang melintasi sudu/bilah kincir. Sehingga daya kincir yang dapat dirumuskan [11] sebagai berikut :

$$P_{out} = T \cdot \omega \quad (4)$$

Dimana :

P_{out} = Daya kincir (Watt)

T = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

Efisiensi kinerja turbin angin adalah perbandingan antara daya yang di serap turbin angin terhadap daya angin yang tersedia [12]. Berikut persamaan efisiensi :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100 \% \quad (5)$$

Di mana :

η = Efisiensi Generator (%)

P_{out} = Daya Output (Watt)

P_{in} = Daya Input (Watt)

Adapun persiapan-persiapan yang dilakukan sebelum pengujian turbin angin yaitu:

1. Persiapan Alat dan Bahan yang akan digunakan dalam perakitan dan pengujian VAWT *Darrieus H – rotor*.
2. Assembly variasi blade pada turbine sesuai dengan urutannya masing -masing yaitu 5°, 15°, 25°.

3. Melakukan inspeksi pada objek penelitian dan alat pengujian, apakah alat dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya.
4. Menjalankan blower untuk menentukan titik dimana kecepatan angin sesuai dengan data kecepatan angin untuk pengujian.
5. Setting kecepatan blower yang ingin di tentukan.
6. Menempatkan turbin angin pada titik dimana kecepatan angin sesuai dengan rencana dan diposisikan sejajar dengan fan.
7. Melihat kondisi lingkungan apakah kondisi pengujian dapat dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Setelah poin tahap persiapan di atas terpenuhi, pengujian dan pengambilan data dapat langsung dilaksanakan. Tahap – tahap pengujian dan pengambilan data meliputi :

1. Turbin angin dengan tiga sudu yang siap uji ditempatkan pada titik angin yang telah ditentukan sebelumnya.
2. Disiapkan *blower* ditempat dudukannya (*base fan*) dan dipastikan aman.
3. Fan dijalankan untuk menghasilkan angin dengan kecepatan tertentu sesuai kecepatan angin pengujian.
4. Setelah putaran rotor turbin kelihatan stabil, pengambilan data dapat dilakukan yaitu membaca angka nominal yang tertera pada alat ukur. Adapun data yang diambil meliputi tegangan yang dihasilkan generator, putaran poros rotor turbin/putaran poros generator. Setelah pengambilan data dilakukan semua alat di off-kan untuk menghindari hal – hal tidak diinginkan, seperti motor listrik terbakar karena
5. Kemudian pada kondisi turbin yang sama, pengujian dilakukan dengan variasi sudut *blade* yang lain. Pada saat pengujian dengan variasi sudut dicatat arus listrik dan tegangan listrik yang terbaca pada alat ukur.
6. Pada saat pencatatan pada setiap alat ukur, dilakukan pembacaan nilai pada alat ukur sebanyak beberapa kali untuk mendapatkan data pengujian yang lebih maksimal dan diambil rata – rata karena fluktuasi yang terjadi pada saat pembacaan pengukuran.

3 Hasil dan Pembahasan

Data awal hasil pengambilan data dari pengujian kerja *wind turbine* jenis *darrieus* tipe H dengan memvariasikan *angle of attack* atau sudut pada *blade* yang meliputi kecepatan angin, rpm, tegangan (V), ampere (I) di tunjukkan pada table di bawah ini :

Tabel 3 Data hasil pengambilan data dengan sudut 5°

Kecepatan Angin	Kecepatan Putaran (Rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
4,8	196.5	2.07	1.66
5,3	209.6	2.90	1.54
6,8	222.6	3.70	1.35

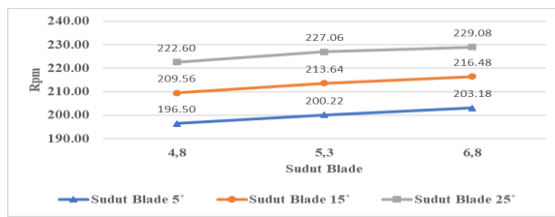
Tabel 4 Data hasil pengambilan data dengan sudut 15°

Kecepatan Angin	Kecepatan Putaran (Rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
4,8	200.2	2.33	1.62
5,3	213.6	3.03	1.51
6,8	227.1	4.13	1.21

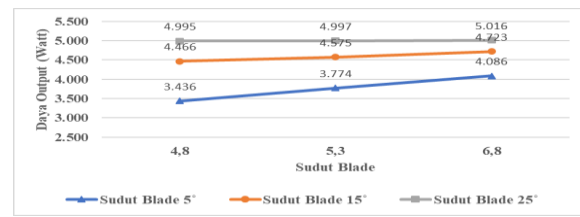
Tabel 5 Data hasil pengambilan data dengan sudut 35°

Kecepatan Angin	Kecepatan Putaran (Rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
4,8	203.2	2.57	1.59
5,3	216.5	3.17	1.49
6,8	229.1	4.40	1.14

Kemudian data hasil pengambilan data di olah dengan persamaan – persamaan yang dibutuhkan dan di dapat gambar grafik sebagai berikut :

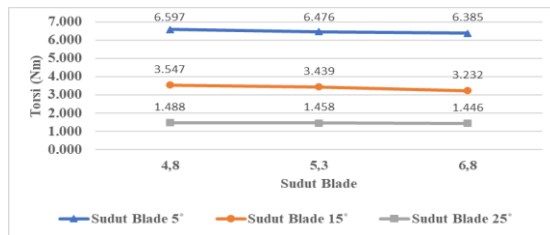


(a)

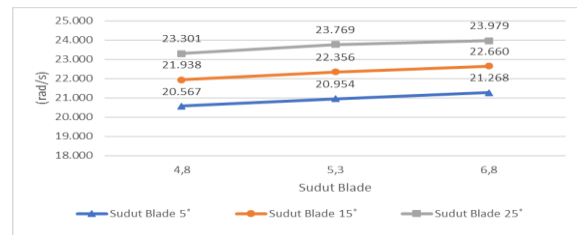


(b)

Gambar 2 (a) Hubungan antara kecepatan angin dengan putaran(Rpm) (b) Hubungan antara kecepatan angin dengan daya output (Watt)

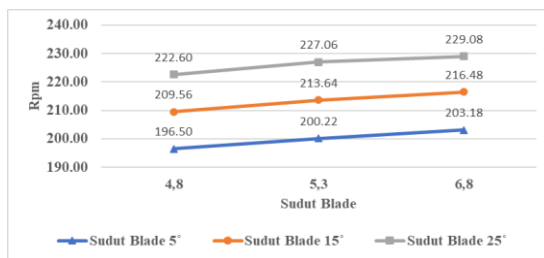


(c)

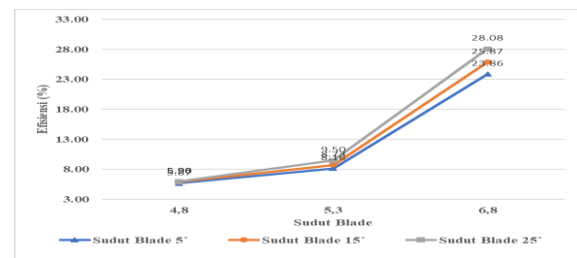


(d)

Gambar 3 (c) Hubungan antara kecepatan angin dengan nilai torsi (Nm) (d) Hubungan antara kecepatan angin dengan kecepatan sudut (rad/s)



(e)



(f)

Gambar 3 (c) Hubungan antara kecepatan angin dengan putaran (Rpm) (d) Hubungan antara kecepatan angin dengan Efisiensi (%)

4 Kesimpulan

Dari grafik di atas dapat ditarik kesimpulan untuk performa kinerja *wind turbine* jenis *darrieus* tipe H dengan variasi kecepatan angin dan variasi sudut pada *blade* dapat dilihat bahwa pada sudut 25° dan kecepatan angin 6,8 m/s yaitu dengan nilai output sebesar 5,016 Watt dan daya input, nilai, kecepatan sudut, dan efisiensi akan meningkat namun nilai torsi akan menurun, pada variasi kecepatan angin tersebut akan memiliki nilai yang besar sedangkan pada variasi sudut *blade* 5° dengan kecepatan angin 4,8 m/s memiliki nilai *output* 3,436 Watt dan memiliki daya *input*, kecepatan sudut, dan efisiensi yang rendah pada variasi kecepatan angin tersebut tetapi nilai torsi yang dihasilkan akan meningkat, dan di tengah – tengah dari kinerja pada *wind turbine* jenis *darrieus* tipe H yang meliputi antara nilai daya input, output, kecepatan sudut, torsi, dan efisiensi berada di sudut *blade* 15°. Jika semakin tinggi putaran pada Rpm maka nilai torsi yang dihasilkan akan menjadi rendah dan apabila semakin tinggi nilai torsi yang dihasilkan maka kecepatan putaran Rpm akan menurun. Sehingga semakin tinggi jumlah sudut yang diberikan pada *blade wind turbine* dan kecepatan angin yang tinggi maka kinerja yang dihasilkan akan semakin meningkat, dan apabila jika sudut *blade* semakin rendah dan kecepatan angin rendah maka kinerhanya yang dihasilkan akan semakin menurun.

Faktor yang mempengaruhi dari luaran daya output dan torsi yang berbeda saat dihasilkan yaitu terdapat pada kecepatan angin (v), tegangan (V), arus (A), dan kecepatan putaran Rpm.

5 Referensi

- [1] N. Tanti and A. Alditihan, "Pembuatan program perancangan turbin savonius tipe-u untuk pembangkit listrik tenaga angin," *J. Mech.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–15, 2011.
- [2] A. A. Firdaus, "Pemantauan Kecepatan Turbin Angin Sumbu Vertikal Secara Real-time Berdasarkan Internet of Things," *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2022, doi: 10.36040/aliner.v3i1.4758.
- [3] R. Sumiati, K. Amri, and Hanif, "Rancang bangun micro turbin angin pembangkit listrik untuk rumah tinggal di daerah kecepatan angin rendah," *Pros. Semastek (Seminar Nas. Sains dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Jakarta.*, no. November, pp. 1–5, 2014, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/315/290>
- [4] S. S. Huda and I. S. Arief, "Analisa Bentuk Profile dan Jumlah Blade Vertical Axis Wind Turbine terhadap Putaran Rotor untuk Menghasilkan Energi Listrik," *J. Tek. ITS*, vol. 3, no. 1, pp. F25–F29, 2014.
- [5] A. Effendi, "Analisa Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Putaran Turbin Pada Pemanfaatan Energi Angin di Pantai Ujung Batu Muaro Penjalinan," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 8, no. 2, pp. 134–138, 2019, doi: 10.21063/jte.2019.3133823.
- [6] M. Suprpto and I. Muttaqin, "Analisis Turbin Angin Vertikal Hybrid Savonius Bertingkat Dan Darrieus Tipe H-Rotor," *Al Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 59–64, 2022, doi: 10.31602/al-jazari.v7i2.8680.
- [7] L. Sule, F. R. Bethoni, and G. Dum, "[KE-01] Kinerja Kincir Angin Sumbu Vertikal dengan Model dan 4 sudu)," 2021.
- [8] F. Mahmuddin, S. Klara, M. U. Pawara, D. Anshar, and Y. Akhir, "Studi Performa Vertical-Axis Wind Turbine (Vawt) Sebagai Pembangkit Energi Listrik Pada Floating Platform," no. September, pp. 28–29, 2018.
- [9] B. R. Ananto and T. Y. Yuwono, "Studi Eksperimen Peningkatan Kinerja Turbin Angin Savonius dengan Penempatan Silinder Pengganggu di Depan Returning Blade Turbin pada S/D =1,2," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, pp. 22–27, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.54358.
- [10] M. W. T. Kusuma, A. Aziz, and R. I. Mainil, "Kaji Eksperimental Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus H 4 Blade Profile Naca 2415 Dengan Variasi Sudut Pitch," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 1–4, 2016.
- [11] I. Arif, "Analisis Dan Pengujian Kinerja Turbin Angin Savonius 4 Sudu," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 3, no. 2, p. 46, 2019, doi: 10.31543/jtm.v3i2.307.
- [12] G. R. F. Syahrillah and Y. Maulana, "Analisis Variasi Jumlah Sudu 6, 8 Dan 10 Buah Pada Vertical Axis Wind Turbine Jenis Straight Blade," *Al Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 27–33, 2020, doi: 10.31602/al-jazari.v5i1.3159.