

RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN JENIS SAVONIUS 3 BLADE UNTUK AERATOR TAMBAK

Zidni Sa'dan¹, Althesa Androva², Agus Mukhtar³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung B Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : zidnisadan@gmail.com¹, althesaandrova@upgris.ac.id², agusmukhtar@gmail.com³

Abstrak

Masyarakat yang tinggal didaerah pesisir dengan mayoritas penduduknya bekerja disektor perikanan atau petani tambak masih menggunakan energi fosil sebagai sumber tenaga aerator untuk aerasi tambak. Energi angin adalah energi dari alam yang terbentuk karena perbedaan suhu dan perbedaan tekanan udara sehingga mengalir menjadi energi kinetik angin. Salah satu pemanfaatannya yaitu berupa turbin angin. Turbin angin merupakan alat yang memiliki fungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi sebuah energi mekanik yang berupa putaran poros. Putaran poros tersebut diteruskan untuk memutar kincir air yang dimanfaatkan sebagai sistem aerasi tambak. Dalam penelitian ini merancang bangun turbin angin jenis savonius 3 blade berbahan galvalum ketebalan 0,30 mm dengan diameter turbin angin 700 mm, panjang turbin 850 mm dan lengkung blade 180° berjumlah 3 buah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai efisiensi turbin dan nilai koefisien daya optimum turbin angin savonius 3 blade. Pengujian turbin menggunakan variasi kecepatan angin 1,75 m/s, 2 m/s, 2,25 m/s, 2,50 m/s, 2,75 m/s dan 3 m/s. Setelah dilakukan pengujian, turbin angin savonius tanpa beban kincir air pada kecepatan angin 1,75 m/s menghasilkan putaran turbin 46,8 rpm, dan memperoleh Cp 0,530 dengan efisiensi turbin 89,4%. Serta pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan putaran turbin 85,2 rpm, dan memperoleh Cp 0,525 dengan efisiensi turbin 88,5%. Selanjutnya pengujian turbin angin savonius dengan beban kincir air diperoleh hasil pada kecepatan angin 1,75 menghasilkan putaran turbin 16,0 rpm, dan memperoleh Cp 0,533 dengan efisiensi turbin 89,9%. Serta pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan putaran turbin 26,5 rpm, dan memperoleh Cp 0,526 dengan efisiensi turbin 88,7%.

Kata Kunci: Energi Angin, Turbin Angin Savonius, Blade, Aerator

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam yang sangat kaya terutama energi dari tambang, air, dan angin. Berdasarkan jenisnya energi digolongkan menjadi dua, yaitu energi terbarukan (*renewable energy*) dan energi tidak terbarukan (*non-renewable energy*). Energi angin, biomassa, biogas, dan kayu adalah contoh sumber energi yang dapat diperbarui, sementara sumber energi seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam adalah sumber energi yang tidak dapat diperbarui atau dapat habis. Energi fosil terutama bahan bakar minyak, akan segera habis. Para ahli memperkirakan bahwa cadangan gas alam habis dalam 100 tahun lagi, sedangkan cadangan batubara habis dalam 200 hingga 300 tahun lagi. Kondisi ini sangat berbahaya, terutama untuk kelangsungan hidup manusia [1].

Masyarakat yang tinggal didaerah pesisir dengan mayoritas penduduknya bekerja disektor perikanan atau petani tambak masih menggunakan energi fosil sebagai sumber tenaga aerator untuk aerasi tambak. Aerasi merupakan usaha meningkatkan kandungan oksigen dalam air, yang bertujuan membuat ikan ataupun udang didalam air tumbuh lebih cepat dan sehat.

Kualitas air yang buruk selama masa pemeliharaan ikan ataupun udang adalah faktor yang sering dialami petani tambak sebagai penyebab kegagalan produksi. Kualitas air ini sangat dipengaruhi oleh oksigen terlarut yang merupakan kebutuhan dasar kehidupan organisme didalam air. Kekurangan oksigen dapat menyebabkan organisme menjadi lebih rentan terhadap penyakit, *stress*, menghambat pertumbuhan, dan bahkan kematian sehingga mengurangi produktivitas [2].

Kelangkaan dan kurangnya bahan bakar fosil mendorong pemerintah untuk meningkatkan pemanfaatan energi alternatif yaitu energi baru terbarukan. Energi angin merupakan salah satu energi baru terbarukan yang sangat sederhana dan mudah dimanfaatkan. Energi angin adalah energi potensial dari alam yang terbentuk karena perbedaan suhu dan perbedaan tekanan udara sehingga mengalir menjadi energi kinetik angin [3]

Daerah-daerah pesisir di Indonesia memiliki kapasitas angin yang cukup besar dan memungkinkan untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga angin yang sifatnya terbarukan, berkelanjutan dan ramah lingkungan. Turbin angin merupakan alat yang memiliki fungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi sebuah energi mekanik yang berupa putaran poros. Putaran poros tersebut diteruskan untuk memutar kincir air yang dimanfaatkan sebagai sistem aerasi tambak.

Turbin angin jenis Savonius dianggap ideal untuk digunakan di Indonesia dengan kecepatan angin rata-rata kurang dari 2 m/s dan arah angin yang berubah-ubah [4]. Turbin angin Savonius dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah dan tidak bergantung pada arah angin. Selain itu, dapat berputar sendiri (*self-starting*). Sudu turbin angin savonius dibagi menjadi tiga, yaitu turbin angin savonius tipe-s, turbin angin savonius tipe-u, dan turbin angin savonius tipe-l. Keunggulan utama sudu tipe-u adalah kecepatan putar tinggi karena angin dapat disirkulasikan di bagian tengah poros turbin.

Tujuan dari penelitian ini, yaitu : 1. Merancang bangun turbin angin savonius 3 *blade* untuk system aerasi tambak 2. Mengetahui nilai koefisien daya optimum turbin angin 3. Mengetahui efisiensi turbin angin yang dihasilkan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan atau dikenal *Research and Development (R&D)*. Penelitian ini merupakan suatu metode atau langkah untuk menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada kemudian diuji. Pada penelitian ini, turbin angin jenis savonius 3 *blade* dirancang untuk menghasilkan tenaga yang dimanfaatkan untuk mengaerasi tambak. Turbin angin jenis savonius 3 *blade* dipilih karena memiliki beberapa keunggulan yaitu mampu berputar pada kecepatan angin rendah, desain sederhana dan mengurangi penggunaan listrik maupun bahan bakar. Agar terwujudnya hal tersebut maka diperlukan uji efisiensi dan efektivitas terhadap turbin angin jenis savonius 3 *blade* agar berfungsi secara baik dan memutar kincir air untuk sistem aerasi tambak. Dari pengujian tersebut dapat mengetahui seberapa efektivitas dan efisiensi turbin angin jenis savonius 3 *blade*.



Gambar 1. Turbin Angin Savonius 3 *Blade*

Tabel 1. Spesifikasi Alat

Komponen Utama	Spesifikasi
----------------	-------------

Turbin Angin Savonius	Bahan Galvalum Ketebalan 0,30 mm, Diameter 700 mm, Tinggi 850 mm, Lebar Blade 350 mm, Jumlah Blade 3 Buah, Lengkung Blade 180°
Rangka Turbin Angin	Bahan Besi Siku ukuran 4 cm x 4 cm, Panjang 1300 mm, Tinggi 1795 mm dan Lebar 900 mm.
Bearing	Bearing Tipe UCP 204.
Poros AS	Bahan <i>Stainless Stell</i> , Diameter 16 mm, Panjang 1700 mm.
Kincir Air	Bahan Galvalum, Diameter Luar 40 cm, Diameter Dalam 16 mm

2. Pengujian Dan Pengambilan Data Turbin Angin Savonius 3 Blade

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang. Kipas blower digunakan sebagai media daya angin, pada pengujian turbin angin savonius 3 blade dilakukan bertahap dari kecepatan angin terendah hingga kecepatan angin tertinggi. Pengujian tersebut dimulai dari pengujian tanpa beban kincir air dan pengujian dengan beban kincir air. Pengambilan data terdiri dari pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer dan pengukuran putaran poros turbin menggunakan tachometer.



Gambar 2. Pengujian dan Pengambilan Data Turbin Angin Savonius 3 Blade

3. Perhitungan Kinerja Turbin Angin

Untuk memudahkan dalam melakukan analisis data, diperlukan beberapa teori dan rumus sebagai berikut:

Tip Speed Ratio

Tip Speed Ratio adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, tip speed ratio akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor.

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot v} \quad [5]$$

Dimana :

λ : Tip speed ratio

D : Diameter rotor (m)

n : Putaran rotor (rpm)

v : Kecepatan angin (m/s)

Torsi

Torsi adalah gaya yang bekerja mengelilingi sebuah titik yang dalam penerapannya digunakan untuk memutar benda.

$$T = \frac{v^2 r^3}{\lambda} \quad [6]$$

Dimana :

T : Torsi (Nm)

v : Kecepatan angin (m/s)

r : Jari-jari turbin (m)

λ : *Tip speed ratio*

Daya Mekanik Turbin

Nilai daya mekanik turbin adalah daya keluaran dari turbin angin yang berubah ubah seiring dengan kecepatan putar dari turbin, nilai daya mekanik turbin dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$P_{mekanik} = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60} \quad [7]$$

Dimana:

$P_{mekanik}$: Daya mekanik turbin (W)

n : Putaran poros (rpm)

T : Torsi (Nm)

Daya Angin

Nilai daya angin adalah daya masukan turbin angin yang berubah ubah seiring dengan kecepatan angin setiap satuan waktu, nilai daya angin diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho \cdot V^3 \cdot A \quad [8]$$

Dimana:

P_{angin} : Daya angin (W)

ρ : Massa jenis udara (kg/m^3)

V^3 : Kecepatan udara (m/s)

A : Luas sapuan sudu turbin (m^2)

Koefisien Daya

Nilai koefisien daya merupakan perbandingan dari daya keluaran dan daya masukan pada turbin angin, persamaan untuk memperoleh nilai koefisien daya adalah sebagai berikut:

$$C_p = \frac{P_{mekanik}}{P_{angin}} \quad [7]$$

Dimana:

C_p : Koefisien daya

$P_{mekanik}$: Daya mekanik turbin (W)

P_{angin} : Daya angin (W)

Efisiensi Turbin

Baik atau tidaknya kinerja dari turbin angin dapat diketahui melalui efisiensi turbin angin itu sendiri. Efisiensi turbin angin dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan rasio antara koefisien daya (*power coefficient*, CP) dengan *Betz limit*, $Betz\ limit = 16/27 = 0,593$. *Betz limit* telah dirumuskan oleh *Albert Betz* yang merupakan seorang fisikawan Jerman pada tahun 1919, nilai 0,593 merupakan nilai maksimum dari efisiensi turbin angin yang mengkonversikan energi kinetik ke energi mekanik. Untuk memperoleh nilai efisiensi dari turbin angin dengan menggunakan metode *Betz limit* dapat dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{C_p \cdot 27}{16} \times 100\% \quad [7]$$

Dimana:

η : Efisiensi turbin angin

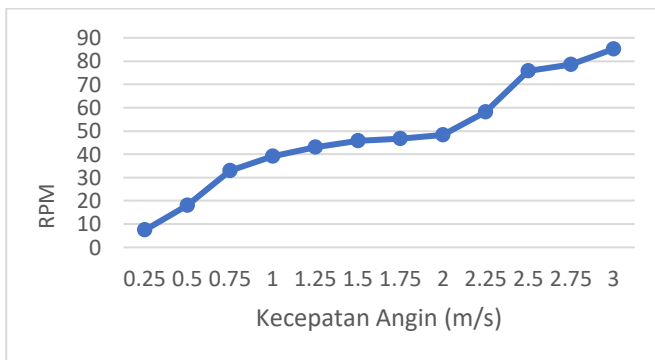
C_p : Koefisien daya

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Tabel 1. Hasil Pengujian Tanpa Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (rpm)
0,25	7,4
0,50	18,1
0,75	32,9
1	39,2
1,25	43,1
1,50	45,7
1,75	46,8
2	48,3
2,25	58,2
2,50	75,9
2,75	78,6
3	85,2



Grafik 1. Hubungan Kecepatan Angin Terhadap RPM Tanpa Beban

Dari grafik 1 menunjukkan hasil dari hubungan kecepatan angin terhadap RPM turbin angin savonius 3 *blade* tanpa beban kincir air, turbin mulai berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s dengan

nilai rpm 7,4. Serta mampu berputar pada kecepatan angin hingga 3 m/s diperoleh nilai rpm 85,2. Kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran baling-baling pada turbin. besar jumlah putaran yang dihasilkan suatu turbin bergantung dari besar kecepatan angin yang diberikan. Dengan demikian, semakin besar kecepatan angin yang diberikan pada turbin, akan menghasilkan putaran yang semakin tinggi. Serta semakin besar kecepatan angin akan berdampak semakin besar daya output yang dihasilkan pada turbin angin.

Tabel 2. Data Perhitungan Kinerja Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Tip Speed Ratio (λ)	Torsi (Nm)	Daya Mekanik Turbin (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya (Cp)	Efisiensi Turbin (%)
1,75	0,979	0,134	0,656	1,236	0,530	89,4
2	0,884	0,194	0,980	1,846	0,530	89,4
2,25	0,947	0,229	1,394	2,628	0,530	89,4
2,50	1,112	0,240	1,906	3,606	0,528	89,1
2,75	1,046	0,309	2,755	4,799	0,574	96,8
3	1,040	0,371	3,308	6,290	0,525	88,5

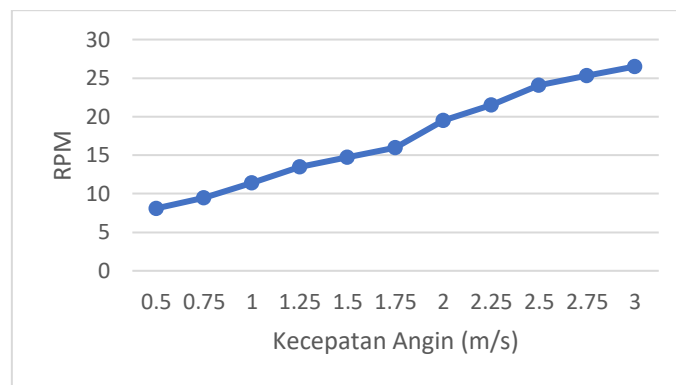
Berdasarkan tabel 3 turbin angin savonius 3 blade tanpa beban kincir air pada kecepatan angin 1,75 m/s memperoleh hasil nilai *tip speed ratio* 0,979, torsi 0,134 Nm, daya mekanik turbin 0,656 watt, daya angin 1,236 watt, koefisien daya 0,530 dengan efisiensi turbin 89,4%. Dan pada kecepatan angin 3 m/s memperoleh hasil nilai *tip speed ratio* 1,046, torsi 0,371 Nm, daya mekanik turbin 3,308 watt, daya angin 6,290 watt, koefisien daya 0,525 dengan efisiensi turbin 88,5%.

B. Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Beban Kincir Air

Tabel 2. Hasil Pengujian Dengan Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (rpm)
0,50	8,1
0,75	9,5
1	11,4
1,25	13,4
1,50	14,7
1,75	16,0
2	19,5
2,25	21,5

2,50	24,1
2,75	25,3
3	26,5



Grafik 2. Hubungan Kecepatan Angin Terhadap RPM Dengan Beban

Dari grafik 2 menunjukkan hasil dari hubungan kecepatan angin terhadap RPM turbin angin savonius 3 *blade* dengan beban kincir air, turbin mulai berputar pada kecepatan angin 0,50 m/s dengan nilai rpm 8,1. Serta mampu berputar pada kecepatan angin hingga 3 m/s diperoleh nilai rpm 26,5. Kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran baling-baling pada turbin. besar jumlah putaran yang dihasilkan suatu turbin bergantung dari besar kecepatan angin yang diberikan. Dengan demikian, semakin besar kecepatan angin yang diberikan pada turbin, akan menghasilkan putaran yang semakin tinggi. Serta semakin besar kecepatan angin akan berdampak semakin besar daya output yang dihasilkan pada turbin angin.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Turbin Angin Dengan Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Tip Speed Ratio (λ)	Daya			Koefisien Daya (Cp)	Efisiensi Turbin (%)
		Torsi (Nm)	Mekanik Turbin (Watt)	Daya Angin (Watt)		
1,75	0,334	0,393	0,659	1,236	0,533	89,9
2	0,356	0,481	0,981	1,846	0,531	89,6
2,25	0,351	0,618	1,390	2,628	0,528	89,1
2,50	0,352	0,761	1,919	3,606	0,532	89,7
2,75	0,336	0,965	2,555	4,799	0,532	89,7
3	0,323	1,194	3,311	6,290	0,526	88,7

Berdasarkan tabel 5 turbin angin savonius 3 *blade* dengan beban kincir air pada kecepatan angin 1,75 m/s memperoleh hasil nilai *tip speed ratio* 0,334, torsi 0,393 Nm, daya mekanik turbin 0,659 watt, daya angin 1,236 watt, koefisien daya 0,533 dengan efisiensi turbin 89,9%. Dan pada

kecepatan angin 3 m/s memperoleh hasil nilai *tip speed ratio* 0,323, torsi 1,194 Nm, daya mekanik turbin 3,311 watt, daya angin 6,290 watt, koefisien daya 0,526 dengan efisiensi turbin 88,7%.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien daya optimum pada turbin angin tanpa adanya beban kincir air sebesar 0,574. Dan pada pengujian turbin angin savonius dengan beban kincir air memperoleh nilai koefisien daya optimum sebesar 0,533.
2. Efisiensi turbin tertinggi yang dihasilkan tanpa adanya beban kincir air sebesar 96,8%. Dan diperoleh efisiensi turbin tertinggi yang dihasilkan dengan beban kincir air sebesar 89,9%

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Ibunda dan Ayah tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa yang tiada henti kepada penulis, serta mengucapkan terima kasih kepada Bapak Althesa Androva, S.T., M.Eng. dan Bapak Agus Mukhtar, S.Pd., M.T. yang telah memberikan pendampingan selama penelitian.

VI. REFERENSI

- S. Thaha, A. R. Idris, and Nurjannah, "Prosiding NCIET Vol. 2 (2021) B55-B65 2," vol. 2, pp. 55–65, 2021.
- S. P. Febri, S. Fonna, S. Huzni, and D. Darwin, "Aplikasi Turbin Savonius sebagai Penggerak Aerator: Sebuah Alternatif Penyelesaian Permasalahan Petani Tambak Tradisional di Rantau Selamat, Aceh Timur," *E-Dimas J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 13, no. 1, pp. 24–28, 2022, doi: 10.26877/e-dimas.v13i1.4244.
- Y. Kurniawan and I. Bagus Dharmawan, "Prototipe Turbin Angin Savonius Variasi Extra Layers dengan Pengujian Real Wind Condition Prototype Savonius Wind Turbine Extra Layers Variation With Experiment Real Wind Condition," *J. Polimesin*, vol. 19, no. 1, pp. 48–52, 2021.
- Y. Kurniawan, I. B. Dharmawan, W. Anhar, and P. N. Balikpapan, "P-31 Studi Eksperimental Pengaruh Kombinasi Sudu Experimental Study the Effect of Combination of Blade," pp. 2–7, 2021.
- V. Valentino, I. Yusuf, and A. Hiendro, "Rancang Bangun Turbin Angin Savonius untuk Penerangan Penginapan di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas," *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 09, no. 02, pp. 1–9, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/48903%0Ahttps://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/download/48903/75676590359>
- A. Turbin, A. Sumbu, and V. Dengan, "Muhammad Suprpto," vol. 02, no. 01, pp. 52–57, 2016.
- G. Natayuda, "Analisa Aerodinamika dan Kinerja Turbin Angin Tipe Sumbu Horizontal Menggunakan Computational Fluid Dynamics," *Univ. Jendral Achmad Yani*, no. September 2017, 2017, doi: 10.13140/RG.2.2.36558.15689.
- 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.