

## RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN DARRIEUS TIPE H UNTUK AERATOR TAMBAK

Miftah Faizal Mubarok<sup>1)</sup>, Althesa Androva<sup>2)</sup>, Agus Mukhtar<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>2)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>3)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>1)</sup>Email : miftahfaiz1602@gmail.com

<sup>2)</sup>Email : althesaandrova@upgris.ac.id

<sup>3)</sup>Email : agusmukhtar@gmail.com

*Abstrak – Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia saat ini semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi yang meningkat. Salah satu bentuk energi alam yang dapat diperoleh melalui konversi energi kinetik adalah angin. Energi angin ini akan menjadi salah satu cara untuk menggantikan bahan bakar fosil. Turbin angin inilah yang akan digunakan untuk mengaerasi tambak yang kemudian diteruskan ke kincir air sebagai aerator tambak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai efisiensi turbin dan nilai koefisien daya optimum turbin angin darrieus. Dalam penelitian ini merancang bangun turbin angin jenis darrieus berbahan galvalum ketebalan 0,30 mm dengan diameter turbin angin 800 mm, panjang turbin 850 mm dan lebar blade 300 mm. Pengujian turbin menggunakan variasi kecepatan angin rendah yaitu 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 darrieus tanpa beban kincir air pada kecepatan angin 1,75 m/s menghasilkan putaran turbin 38,8 rpm, dan memperoleh Cp 0,528 dengan efisiensi turbin 89,1%. Serta pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan putaran turbin 81,4 rpm, dan memperoleh Cp 0,530 dengan efisiensi turbin 89,4%. Selanjutnya pengujian turbin angin darrieus dengan beban kincir air diperoleh hasil pada kecepatan angin 1,75 m/s menghasilkan putaran turbin 34,3 rpm, dan memperoleh Cp 0,531 dengan efisiensi turbin 89,9%. Serta pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan putaran turbin 62,9 rpm, dan memperoleh Cp 0,530 dengan efisiensi turbin 89,4%.*

**Kata Kunci :** Energi Angin, Turbin Angin Darrieus, Aerator.

### PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia saat ini semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi yang meningkat. Energi fosil yang selama ini menjadi sumber energi utama sangat terbatas dan mengalami krisis energi. Energi fosil membutuhkan waktu yang lama untuk diproduksi kembali oleh proses alam. Jika tidak segera dibuat sumber energi alternatif untuk menggantikan energi fosil, kita akan kehabisan energi. Energi angin ini akan menjadi salah satu cara untuk menggantikan bahan bakar fosil. Energi angin diperlukan untuk menghasilkan energi listrik sehingga dibutuhkan alat berupa turbin angin. Turbin angin sumbu vertikal adalah salah satu jenis turbin. Turbin ini memiliki sumbu tegak dan gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada arah manapun. Turbin angin sumbu vertikal memiliki poros yang berputar tegak lurus terhadap aliran angin. Kecuali untuk turbin angin tipe darrieus yang menggunakan sudu berpenampang *airfoil* dan perputaran rotor disebabkan oleh gaya angkat yang lebih dominan daripada gaya hambat. Beberapa faktor termasuk tipe *airfoil*, dimensi rotor, jumlah Reynolds, dan sudut *pitch* memengaruhi prestasi turbin angin darrieus. Kecepatan angin dan rpm yang ditunjukkan dalam perbandingan kecepatan tip memengaruhi prestasi turbin angin. Turbin angin sumbu vertikal memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menangkap angin dari arah mana pun dibandingkan dengan turbin angin sumbu horisontal. Namun, karena rasio kecepatan tip yang rendah kecepatan putar rotornya juga rendah. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan potensi penggunaan turbin angin sebagai aerator tambak terutama dalam hal oksigenasi air. Penelitian ini akan memfokuskan pada evaluasi efektivitas turbin angin dalam meningkatkan kualitas air tambak dengan memperbaiki sirkulasi air dan distribusi oksigen di dalamnya.

## METODE

### F. PENDEKATAN PENELITIAN

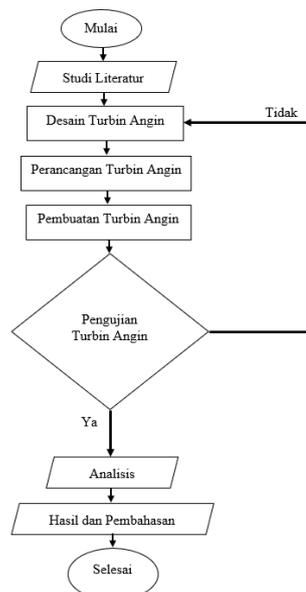
Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimen dengan tujuan mengembangkan dan menguji turbin angin baru. Dalam penelitian ini merupakan jenis penelitian dan pengembangan atau *Research and Development (R&D)*. Penelitian ini adalah penelitian yang menghasilkan suatu benda atau alat yang kemudian diuji. Penelitian pengembangan (*Research and development / R&D*) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat berfungsi di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk menguji produk tersebut.

### G. DESAIN PENELITIAN

Desain penelitian adalah rangkaian prosedur dan metode yang dipakai untuk menganalisis dan menghimpun data untuk menentukan variabel yang akan menjadi topik penelitian. Desain penelitian merupakan strategi yang dilakukan peneliti untuk menghubungkan setiap elemen penelitian dengan sistematis agar lebih efektif dan efisien. Desain penelitian Moh. Pabundu Tika (20015: 12) adalah suatu rencana tentang cara mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data secara sistematis dan terarah agar penelitian dapat dilaksanakan secara efisien dan efektif sesuai dengan tujuan penelitian. Pada pembuatan desain awal turbin angin dirancang sebagaimana yang telah dipertimbangkan oleh peneliti. Gambaran desain awal turbin angin ditunjukkan pada gambar 1 adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Desain Penelitian



Gambar 2. Flowchart Desain Penelitian

## H. ALAT DAN BAHAN

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini diperlukan beberapa alat dan bahan untuk membuat desain dan rancangan alat ini. Adapun bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	
Galvalum	Meteran
Besi Hollow	Gunting Plat
Paku Rivet	As Besi
Tang Rivet	Mesin Gerinda
Las Listrik	Laptop

## I. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Penelitian dilakukan secara langsung yaitu teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara pengamatan langsung terhadap hasil dari proses pengujian agar memudahkan mengumpulkan data yang dibutuhkan.

Dengan menggunakan teknik kepustakaan, yaitu dengan cara mengumpulkan data dari buku, jurnal ataupun skripsi yang ada kaitannya dengan penelitian yang dilakukan.

## J. TEKNIK ANALISIS DATA

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif, sehingga analisis data dilakukan dengan cara mengolah data yang diperoleh dari eksperimen dimana hasilnya berupa data kuantitatif dalam bentuk tabel dan grafik.

Data hasil penelitian kemudia dituangkan menjadi kalimat yang mudah dipahami.

## Persamaan

### 7. *Tip Speed Ratio*

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

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v}$$

Dimana :

- $\lambda$  : *Tip Speed Ratio*
- $D$  : Diameter rotor (m)
- $n$  : Putaran rotor (rpm)
- $v$  : Kecepatan angin (m/s)

### 8. Torsi

Torsi adalah gaya yang bekerja mengelilingi sebuah titik yang dalam penerapannya digunakan untuk memutar benda (Yeni Yusuf, 2006).

$$T = \frac{v^2 r^3}{\lambda}$$

Dimana :

- $T$  : Torsi (N/m)
- $v$  : Kecepatan angin (m/s)

$r$  : jari-jari turbin (m)  
 $\lambda$  : *Tip Speed Ratio*

### 9. 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.

$$P_{mekanik} = \frac{2\pi.n.T}{60}$$

Dimana :

$P_{mekanik}$  : Daya mekanik turbin (W)  
 $n$  : Kecepatan putar turbin (rpm)  
 $T$  : Torsi turbin (Nm)

### 10. 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.

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho V^3 A$$

Dimana :

$P_{angin}$  : Daya angin (W)  
 $\rho$  : Massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $V$  : Kecepatan udara (m/s)  
 $A$  : Luas sapuan sudu turbin ( $\text{m}^2$ )

### 11. Koefisien Daya

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

$$C_p = \frac{P_{mekanik}}{P_{angin}}$$

Dimana :

$C_p$  : Koefisien daya  
 $P_{mekanik}$  : Daya mekanik turbin (W)  
 $P_{angin}$  : Daya angin (W)

### 12. 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.

$$\eta = \frac{C_p \cdot 27}{16} \times 100$$

Dimana:

$\eta$  : Efisiensi Turbin  
 $C_p$  : Koefisien Daya

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada rancangan blade turbin angin jenis darrieus dirancang untuk mengurangi estimasi biaya penggunaan listrik maupun bahan bakar yang digunakan sebagai aerator tambak. Untuk meningkatkan estimasi biaya yang dikeluarkan oleh pemilik tambak tanpa mempengaruhi perkembangan maupun pertumbuhan ikan dan udang. Untuk menopang terwujudnya hal tersebut maka diperlukan efektivitas dan efisiensi terhadap

blade turbin angin agar dapat berputar secara maksimal dan dapat menggerakkan kincir air sebagai aerator tambak. Dari pengujian tersebut akan menentukan seberapa efektivitas dan efisiensi blade turbin angin darrieus.

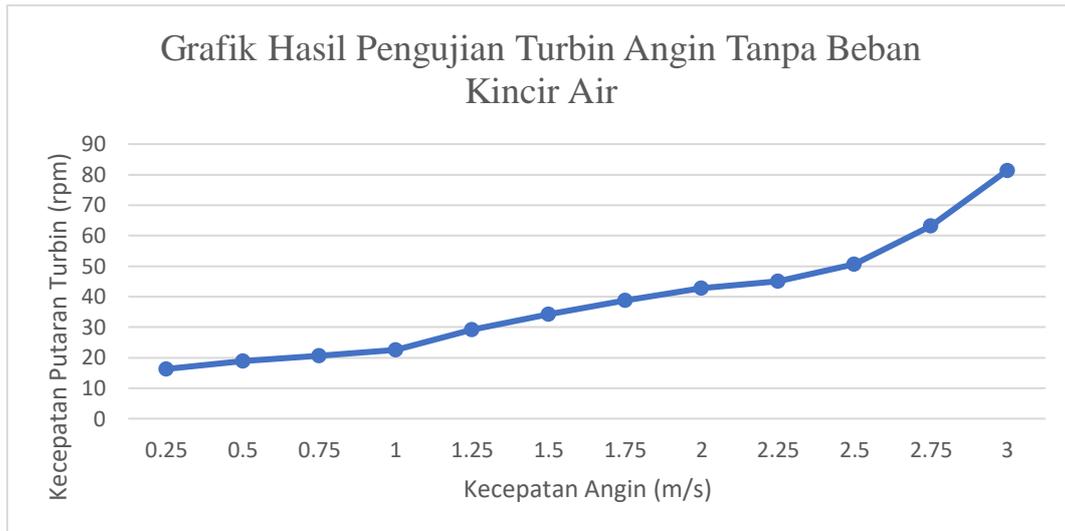
### C. PENGUJIAN TURBIN ANGIN TANPA BEBAN KINCIR AIR

Adapun hasil yang didapat setelah dilakukannya pengujian tanpa adanya beban kincir air dan didapatkan hasil putaran poros turbin. Hasil tersebut ditunjukkan pada tabel

Tabel 2. Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)
0,25 m/s	16,3 rpm
0,5 m/s	18,9 rpm
0,75 m/s	20,6 rpm
1 m/s	22,5 rpm
1,25 m/s	29,1 rpm
1,5 m/s	34,3 rpm
1,75 m/s	38,8 rpm
2 m/s	42,8 rpm
2,25 m/s	45,2 rpm
2,5 m/s	50,6 rpm
2,75 m/s	63,2 rpm
3 m/s	81,4 rpm

Turbin angin mulai bekerja atau berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s tanpa adanya beban kincir air dengan nilai 16,3 rpm. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s turbin angin berputar dengan maksimal dengan nilai 81,4 rpm.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Grafik diatas menunjukan hasil pengujian turbin angin darrieus tanpa adanya beban kincir air. Hasil pengujian mengalami kenaikan nilai rpm seiring bertambahnya kecepatan angin. Pada kecepatan angin 0,25 m/s turbin mulai mengalami perputaran dengan nilai rpm 16,3 hingga pada kecepatan angin 3 m/s dengan nilai rpm 81,4.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

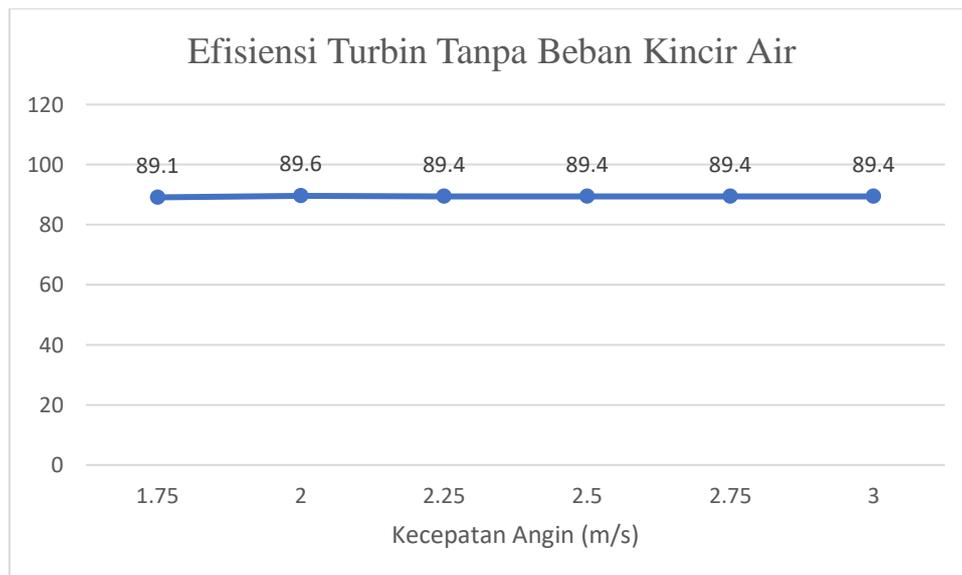
No.	Kecepatan Angin (m/s)	TSR	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya	Efisiensi Turbin (%)
1.	1,75	0,921	0,212	0,854	1,615	0,528	89,1
2.	2	0,895	0,286	1,281	2,411	0,531	89,6
3.	2,25	0,841	0,385	1,821	3,433	0,530	89,4
4.	2,5	0,847	0,472	2,499	4,71	0,530	89,4
5.	2,75	0,962	0,503	3,327	6,268	0,530	89,4
6.	3	1,135	0,507	4,319	8,138	0,530	89,4

Dari hasil pengujian di Laboratirium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang memperoleh hasil *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya. Pengujian turbin angin ini digerakan oleh angin yang bersumber dari kipas angin yang kemudian diukur dengan anemometer dengan kecepatan angin 1,75m/s, 2m/s, 2,25m/s, 2,5m/s, 2,75m/s, dan 3m/s.



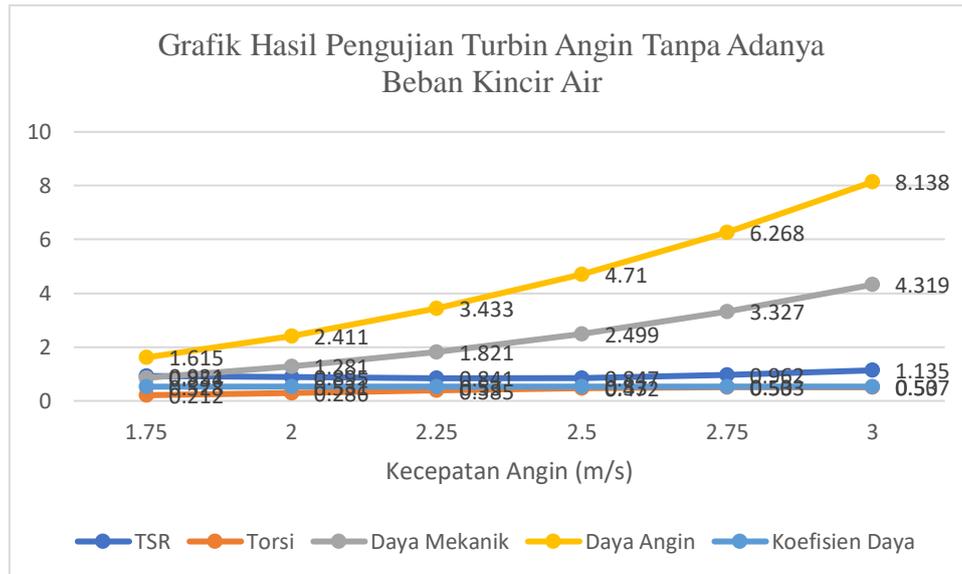
Gambar 4. Grafik Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin Tanpa Adanya Beban Kincir Air

Grafik 4 menunjukkan nilai koefisien daya terhadap kecepatan angin tanpa adanya beban kincir air. Nilai koefisien daya turbin angin darrieus tipe H tertinggi sebesar 0,531. Menurut fisikawan Jerman pada tahun 1919, *Betz limit* telah dirumuskan oleh *Albert Betz* bahwa nilai 0,593 merupakan nilai maksimum dari efisiensi turbin angin yang mengkonversikan energi kinetik ke energi mekanik.



Gambar 5. Grafik Efisiensi Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil efisiensi turbin tanpa beban kincir air terhadap kecepatan angin. Dari grafik menunjukkan nilai tertinggi efisiensi turbin sebesar 89,6%.



Gambar 6. Grafik Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian turbin angin darrieus tanpa adanya beban kincir air. Data yang ditampilkan meliputi hubungan antara *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya.

#### D. PENGUJIAN TURBIN ANGIN DENGAN ADANYA BEBAN KINCIR AIR

Pengujian turbin angin dengan beban kincir air adalah proses evaluasi performa dan efisiensi turbin angin saat dihubungkan dengan beban berupa kincir air. Metode ini bertujuan untuk memahami seberapa efektif turbin angin dapat menghasilkan energi dalam kondisi spesifik ketika energi yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan kincir air sebagai beban. Dalam pengujian ini, faktor-faktor seperti kecepatan angin, kecepatan putaran turbin, serta beban yang diberikan oleh kincir air akan diukur dan dianalisis.

Tabel 4. Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)
0,25 m/s	13,0 rpm
0,5 m/s	15,2 rpm
0,75 m/s	16,6 rpm
1 m/s	20,5 rpm
1,25 m/s	26,5 rpm
1,5 m/s	30,3 rpm
1,75 m/s	34,3 rpm
2 m/s	38,8 rpm
2,25 m/s	40,6 rpm
2,5 m/s	49,1 rpm

2,75 m/s	57,3 rpm
3 m/s	62,9 rpm

Turbin angin mulai bekerja atau berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s dengan adanya beban kincir air dengan nilai 13,0 rpm. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s turbin angin berputar dengan maksimal dengan nilai 62,9 rpm.



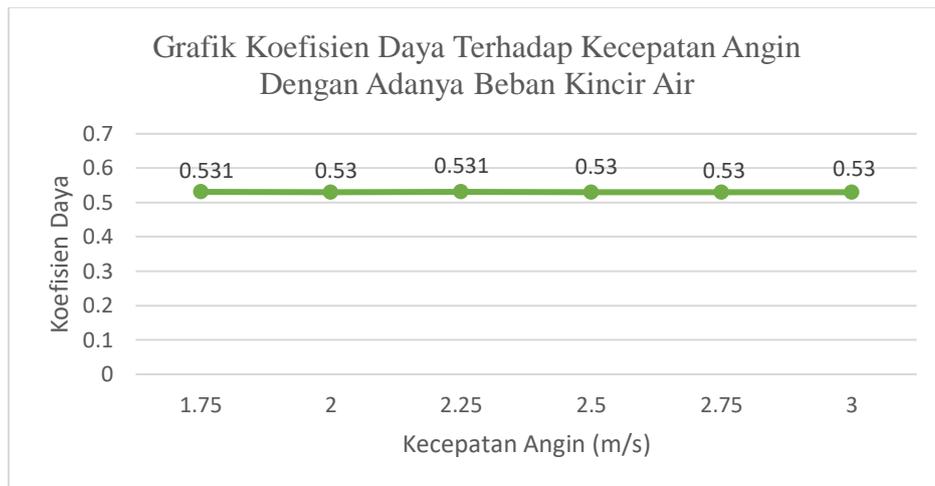
Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik diatas menunjukan hasil pengujian turbin angin darrieus dengan adanya beban kincir air. Hasil pengujian mengalami kenaikan nilai rpm seiring bertambahnya kecepatan angin. Pada kecepatan angin ,025 m/s turbin mulai mengalami perputaran dengan nilai rpm 13,0 hingga pada kecepatan angin 3 m/s dengan nilai rpm 62,9.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

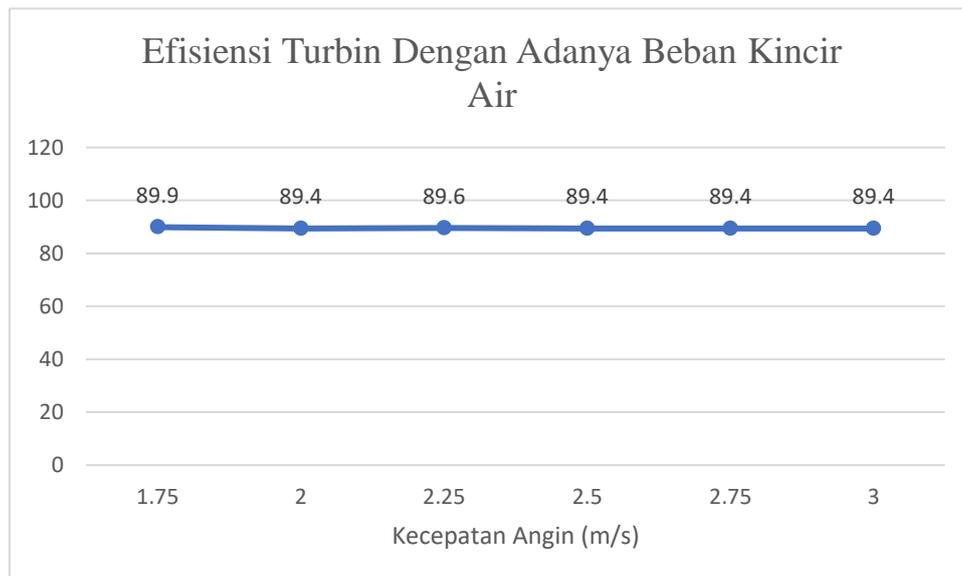
No.	Kecepatan Angin (m/s)	TSR	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya	Efisiensi Daya (%)
1.	1,75	0,820	0,239	0,858	1,615	0,531	89,9
2.	2	0,812	0,315	1,279	2,411	0,530	89,4
3.	2,25	0,755	0,429	1,823	3,433	0,531	89,6
4.	2,5	0,822	0,486	2,497	4,71	0,530	89,4
5.	2,75	0,872	0,555	3,328	6,268	0,530	89,4
6.	3	0,877	0,656	4,18	8,138	0,530	89,4

Dari hasil pengujian di Laboritrium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang memperoleh hasil *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya. Pengujian turbin angin ini digerakan oleh angin yang bersumber dari kipas angin yang kemudian diukur dengan anemometer dengan kecepatan angin 1,75m/s, 2m/s, 2,25m/s, 2,5m/s, 2,75m/s, dan 3m/s.



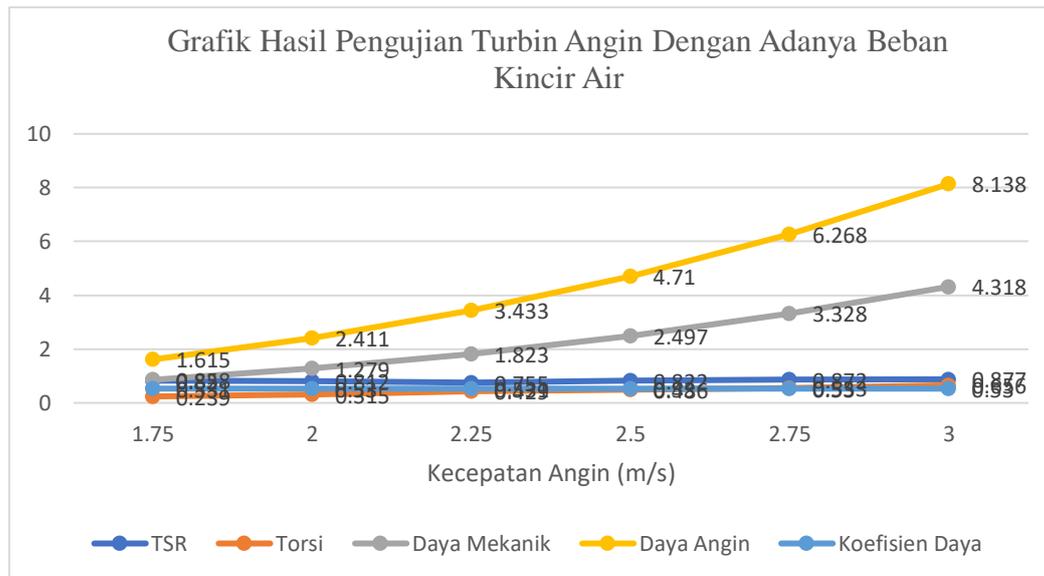
Gambar 8. Grafik Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik 4. 12 menunjukkan nilai koefisien daya terhadap kecepatan angin dengan adanya beban kincir air. Nilai koefisien daya turbin angin darrieus tipe H tertinggi sebesar 0,531. Menurut fisikawan Jerman pada tahun 1919, *Betz limit* telah dirumuskan oleh *Albert Betz* bahwa nilai 0,593 merupakan nilai maksimum dari efisiensi turbin angin yang mengkonversikan energi kinetik ke energi mekanik.



Gambar 9. Grafik Efisiensi Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil efisiensi turbin tanpa beban kincir air terhadap kecepatan angin. Dari grafik menunjukkan nilai tertinggi efisiensi turbin sebesar 89,9%.



Gambar 10. Grafik Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian turbin angin darrieus dengan adanya beban kincir air. Data yang ditampilkan meliputi hubungan antara *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya.

## KESIMPULAN

Merancang bangun turbin angin darrieus dengan menggunakan *solidwork* 2022 dengan tinggi 850 mm, lebar blade 300 mm dan panjang lengan turbin 400 mm dengan menggunakan bahan galvalum.

Pada hasil pengujian memperoleh nilai koefisien daya tertinggi pada turbin angin tanpa adanya beban kincir air sebesar 0,531 dan pada hasil pengujian turbin angin dengan adanya beban kincir air memperoleh nilai koefisien tertinggi sebesar 0,531.

Nilai efisiensi turbin tertinggi dihasilkan tanpa adanya beban kincir air sebesar 89,6% dan nilai efisiensi turbin tertinggi pada pengujian dengan adanya beban kincir air sebesar 89,9%.

## SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan desain turbin angin darrieus yang lain untuk dijadikan sebagai perbandingan efisiensi turbin.

Untuk penelitian lebih lanjut pada bahan yang akan digunakan dalam membuat turbin angin disarankan menggunakan bahan yang lebih ringan agar turbin dapat berputar pada kecepatan angin rendah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ibu. Dr. Sri Suciati, M.Hum Rektor Universitas PGRI Semarang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Ibnu Toto Husodo, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Althesa Androva, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I. Terima kasih kepada Bpk. Agus Mukhtar, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing II. Terima kasih kepada Seluruh Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan ilmunya untuk kami selama menempuh perkuliahan. Terima kasih kepada Bapak dan Ibu tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan bimbingan kepada penulis. Terima kasih kepada Teman-teman seperjuangan dalam

menyelesaikan tugas akhir Zidni Sa'dan, Dimas Firdaus dan Diyon Aji Pramana. Terima kasih kepada teman-teman Teknik Mesin angkatan 2020 yang telah membantu dalam kelancaran skripsi ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, I., Nurdin, J., & Teknik Mesin, J. (2016). Kajian Potensi Energi Angin di Daerah Kawasan Pesisir Pantar. *Teknik Mesin ITM*, 2(1), 31–38.
- Andi Mulkan. (2022). Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 3(1), 74–83. <https://doi.org/10.55616/jitu.v3i1.308>
- Arsad, A. M., Hartono, F., Jeans, G., & Darrieus, M. (2015). Pembuatan Kode Desain Dan Analisis Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H. *Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 7 No. 2 Desember 2009:93-100*, 1, 93–100.
- Natayuda, G. (2017). Analisa Aerodinamika dan Kinerja Turbin Angin Tipe Sumbu Horizontal Menggunakan Computational Fluid Dynamics. *Universitas Jendral Achmad Yani, September 2017*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36558.15689>
- Sidik, M. (2019). Perancangan dan Pengembangan E-commerce dengan Metode Research and Development. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, 4(1), 99–107.
- Suprpto, M. (2016). Analisa Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan 4, 6, Dan 8 Sudu. *Teknik Mesin UNISKA*, 02(01), 52–57.
- Valentino, V., Yusuf, I., & Hiendro, A. (2021). Rancang Bangun Turbin Angin Savonius untuk Penerangan Penginapan di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 09(02), 1–9. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/48903%0Ahttps://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/download/48903/75676590359>