

RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN DARRIEUS TIPE H UNTUK AERATOR TAMBAK

Dimas Firdaus¹⁾, Althesa Androva²⁾, Agus Mukhtar³⁾

¹⁾Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

²⁾Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

³⁾Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

¹⁾Email : dimasfirdauz27@gmail.com

²⁾Email : althesaandrova@upgris.ac.id

³⁾Email : agusmukhtar@gmail.com

Abstrak – Energi angin merupakan salah satu energi yang berpotensi untuk dikembangkan, karena energi angin merupakan energi yang jumlahnya tidak terbatas serta ramah lingkungan. Pemanfaatan energi angin dapat digunakan dengan alat berupa turbin angin. Akan tetapi pada penelitian ini turbin angin digunakan sebagai penggerak kincir. Penelitian ini dilakukan dengan cara merancang turbin angin jenis savonius bertingkat sebagai penggerak kincir melalui poros yang berputar. Desain turbin angin savonius dibuat tiga tingkat dengan diameter 800mm dan tinggi 908mm. Diameter blade turbin angin dengan diameter 150mm sebanyak 6 buah. Setiap tingkat terdapat 2 buah blade. Nilai koefisien daya turbin angin tanpa kincir pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 0,519 dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 0,477. Nilai koefisien daya turbin angin dengan kincir pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 0,507 dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 0,520. Nilai efisiensi turbin angin savonius bertingkat dengan kincir pada kecepatan angin 1,75 yaitu 85,55% dan pada kecepatan angin 3m/s yaitu 87,75%.

Kata Kunci : Turbin angin, Turbin angin savonius, Aerator, Efisiensi turbin.

PENDAHULUAN

Energi memiliki peranan penting bagi masyarakat diseluruh dunia, termasuk Indonesia. Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk Indonesia semakin bertambah dan memungkinkan penggunaan energi yang meningkat pula. Kebutuhan energi di masyarakat sebagai ujung tombak berbagai sektor kehidupan manusia seperti pertanian, pendidikan, kesehatan, transportasi, dan ekonomi. Pengembangan energi terbarukan seperti energi angin, energi air dan energi surya dapat mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil, yang semakin tahun ketersediaannya semakin menipis. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi angin. Energi angin merupakan salah satu energi yang sangat berpotensi untuk dikembangkan, karena energi angin merupakan energi yang jumlahnya tidak terbatas serta ramah lingkungan. Potensi angin di Indonesia pada umumnya memiliki kecepatan angin yang rendah berkisar antara 3 m/s-7 m/s, sehingga jenis turbin angin vertikal dirasa sangat cocok untuk digunakan pada kondisi kecepatan angin rendah. Pemanfaatan energi angin dapat digunakan dengan alat berupa turbin angin. Turbin angin adalah alat yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi gerak berupa putaran rotor dan poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Akan tetapi pada penelitian ini turbin angin digunakan sebagai penggerak pedal kincir. Energi gerak yang berasal dari angin akan diteruskan menjadi gaya gerak dan torsi pada poros yang kemudian diteruskan untuk menggerakkan pedal kincir.

METODE

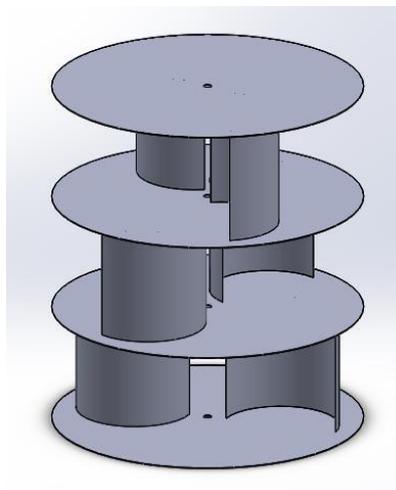
A. PENDEKATAN PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi desain dan perancangan turbin angin jenis savonius tiga tingkat dengan jumlah 6 buah sudu berbahan galvalum. Pengambilan data dilakukan dengan

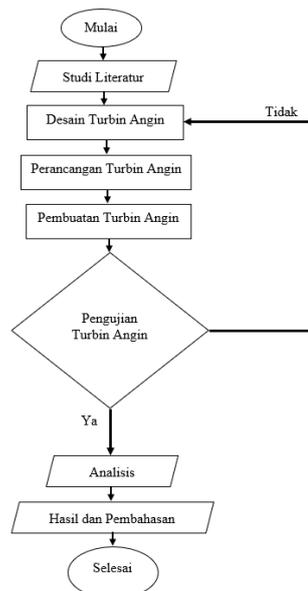
melakukan pengujian untuk mengetahui putaran turbin dengan perhitungan teoritis untuk setiap variasi kecepatan turbin.

B. 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

C. 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

D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Mengetahui kecepatan angin minimal yang dapat menggerakkan atau membuat turbin angin berputar sebagai penggerak kincir yang akan di salurkan ke dalam air

E. 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, untuk mempresentasikan data tersebut agar mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dan sebagai jawaban dari permasalahan yang di teliti oleh peneliti.

Persamaan

1. *Tip Speed Ratio*

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

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

Dimana :

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

2. Torsi

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

Dimana :

- T : Torsi (N/m)
- v : Kecepatan angin (m/s)
- r : jari-jari turbin (m)
- λ : *Tip Speed Ratio*

3. 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)

4. 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)
 ρ : Massa jenis udara (kg/m^3)
 V : Kecepatan udara (m/s)
 A : Luas sapuan sudu turbin (m^2)

5. 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)

6. 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:

- η : Efisiensi Turbin
 C_p : Koefisien Daya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, turbin angin jenis savonius bertingkat dirancang untuk menghasilkan tenaga yang dimanfaatkan untuk mengaerasi tambak. Turbin angin jenis savonius bertingkat 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 efesiensi dan efektivitas terhadap turbin angin jenis savonius bertingkat agar berfungsi secara baik dan memutarakan kincir untuk sistem aerasi tambak.

A. 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.

No	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (Rpm)
1	0,25	19.4
2	0,50	22.2
3	0,75	25.5
4	1	29.5
5	1,25	32.8
6	1,50	35.3
7	1,75	37.9
8	2	41.2
9	2,25	44.5
10	2,50	51.7
11	2,75	53.6
12	3	58.4

Turbin angin mulai bekerja atau berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s tanpa adanya beban kincir air dengan nilai 19,4 rpm. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s turbin angin berputar dengan maksimal dengan nilai 58,4 rpm.



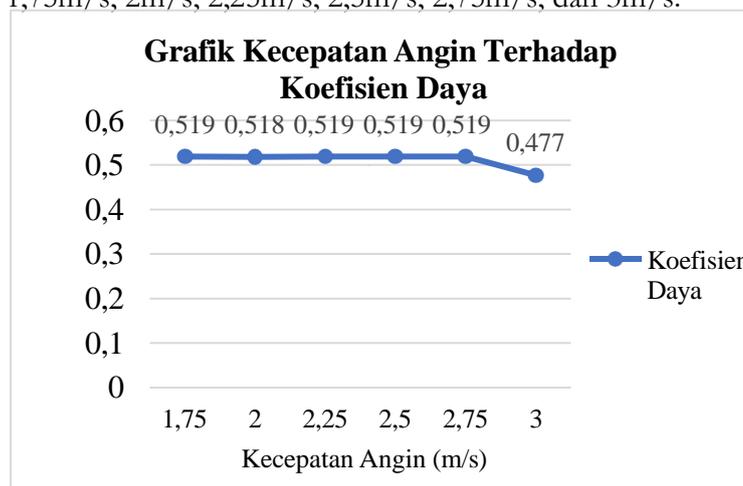
Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Grafik diatas menunjukan hasil pengujian turbin angin savonius bertingkat sebagai penggerak kincir yang telah dibuat. Hasil pengujian mengalami kenaikan nilai rpm seiring bertambahnya kecepatan angin yang menumbuk sudu turbin. Turbin angin savonius bertingkat mulai berputar pada kecepatan angin 0,25m/s dengan nilai 19,9 rpm hingga pada kecepatan angin 3m/s dengan nilai 58,4 rpm.

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

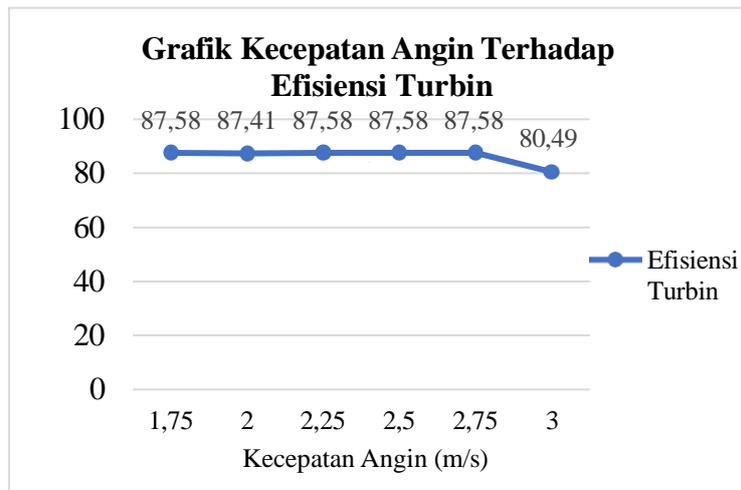
No.	Kecepatan Angin (m/s)	TSR	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya	Efisiensi Turbin (%)
1.	1,75	0,906	0,216	1,649	0,856	0,519	87,58
2.	2	0,862	0,296	2,461	1,276	0,518	87,41
3.	2,25	0,827	0,391	3,505	1,821	0,519	87,58
4.	2,5	0,865	0,462	4,808	2,500	0,519	87,58
5.	2,75	0,816	0,593	6,399	3,326	0,519	87,58
6.	3	0,814	0,707	8,308	3,966	0,477	80,49

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.



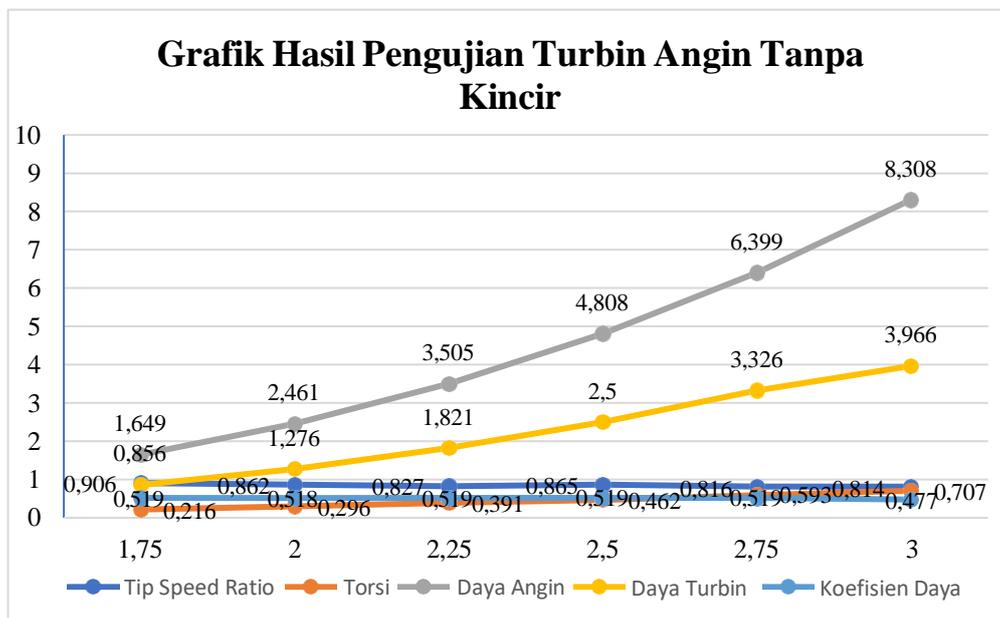
Gambar 4. Grafik Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin Tanpa Adanya Beban Kincir Air

Grafik 4 merupakan grafik kecepatan angin terhadap koefisien daya turbin angin savonis bertingkat tanpa kincir. Pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 0,519 dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 0,477.



Gambar 5. Grafik Efisiensi Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

merupakan grafik kecepatan angin terhadap efisiensi turbin angin savonis bertingkat tanpa kincir. Pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 87,58% dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 80,49%.



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.

B. PENGUJIAN TURBIN ANGIN DENGAN ADANYA BEBAN KINCIR AIR

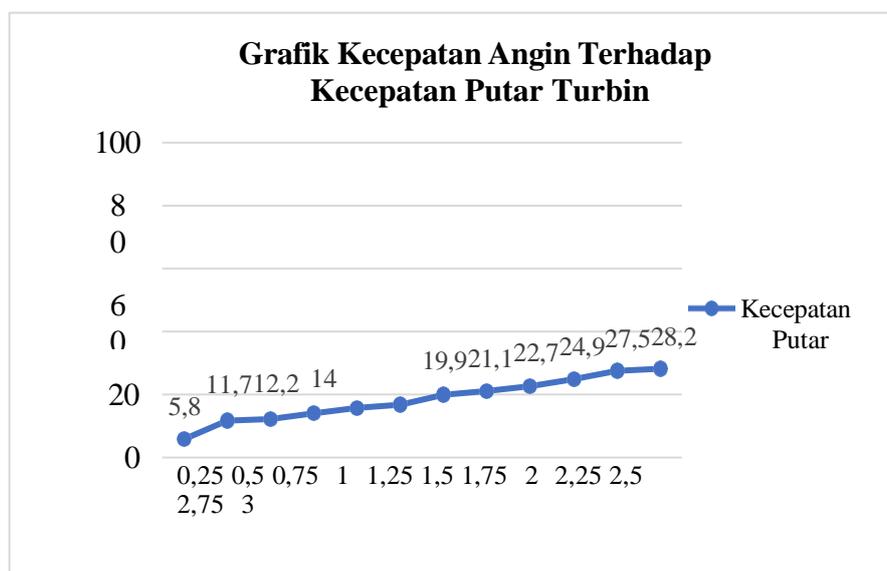
Pengujian turbin angin dengan beban kincir air adalah proses evaluasi performa dan efisiensi turbin angin saat dihubungkan dengan beban berupa kincir air. Metode ini bertujuan untuk memahami seberapa efektif turbin angin dapat menghasilkan energi dalam kondisi spesifik ketika

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	5,8 rpm
0,5 m/s	11,7 rpm
0,75 m/s	12,2 rpm
1 m/s	14,0 rpm
1,25 m/s	15,8 rpm
1,5 m/s	16,8 rpm
1,75 m/s	19,9 rpm
2 m/s	21,1 rpm
2,25 m/s	22,7 rpm
2,5 m/s	24,9 rpm
2,75 m/s	27,5 rpm
3 m/s	28,2 rpm

Turbin angin mulai bekerja atau berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s dengan adanya beban kincir air dengan nilai 5,8 rpm. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s turbin angin berputar dengan maksimal dengan nilai 28,2 rpm.



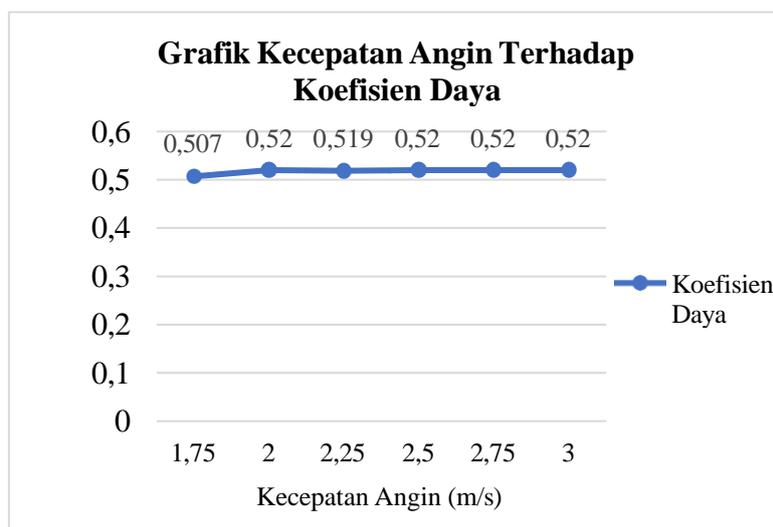
Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

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 5,8 hingga pada kecepatan angin 3 m/s dengan nilai rpm 28,2.

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

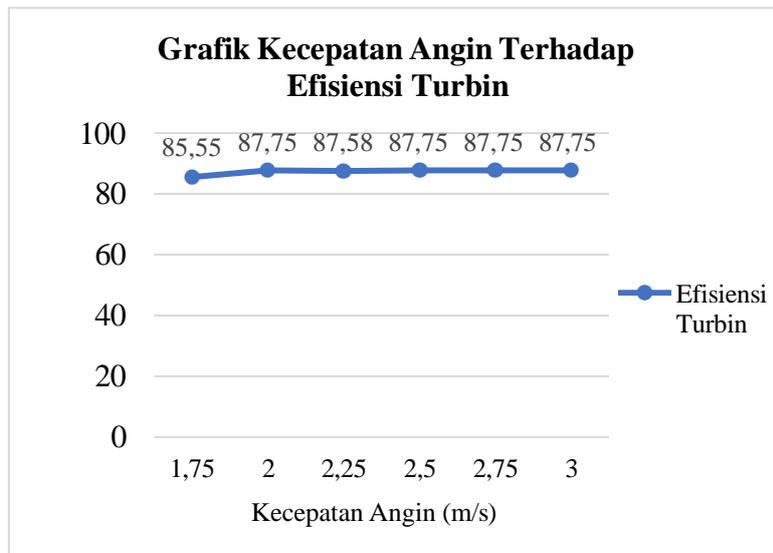
No.	Kecepatan Angin (m/s)	TSR	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya	Efisiensi Daya (%)
1.	1,75	0,475	0,412	1,689	0,858	0,507	85,55
2.	2	0,441	0,580	2,461	1,280	0,520	87,75
3.	2,25	0,422	0,767	3,505	1,822	0,519	87,58
4.	2,5	0,416	0,961	4,808	2,504	0,520	87,75
5.	2,75	0,418	1,157	6,399	3,330	0,520	87,75
6.	3	0,393	1,465	8,308	4,324	0,520	87,75

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.



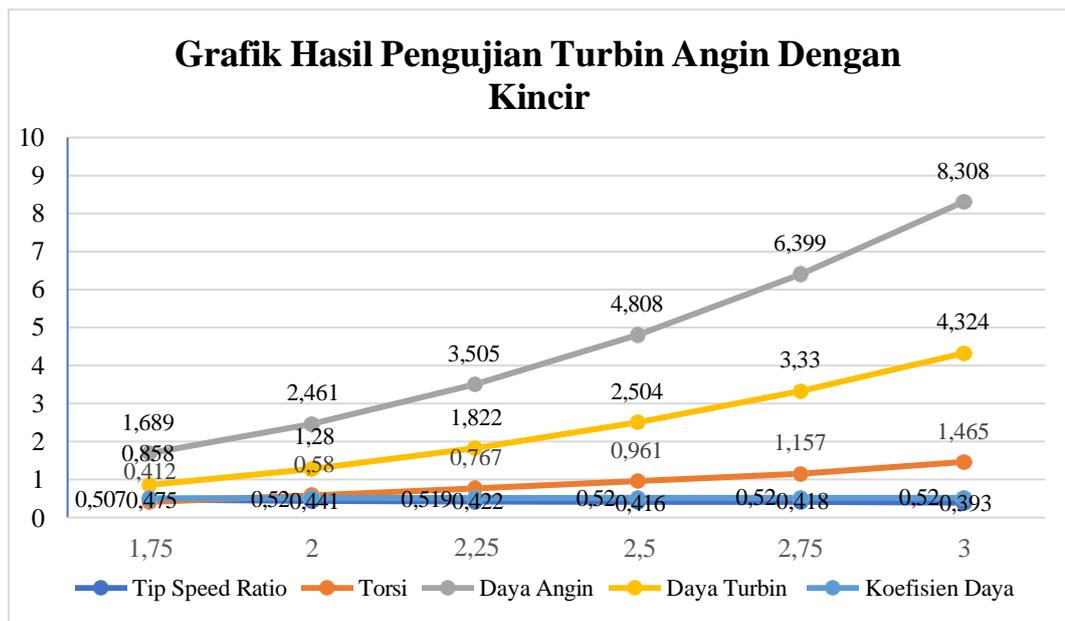
Gambar 8. Grafik Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin Dengan Adanya Beban Kincir.

Grafik 8. Merupakan grafik kecepatan angin terhadap koefisien daya turbin angin savonius bertingkat dengan kincir. Pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 0,507 dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 0,520.



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 87,75%.



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

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian turbin angin savonius bertingkat 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* 2020 dengan tinggi 800 mm, dengan tinggi 908mm dan diameter blade turbin angin 150mm sebanyak 6 buah. Setiap tingkat terdapat 2 buah blade 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 87,58% dan nilai efisiensi turbin tertinggi pada pengujian dengan adanya beban kincir air sebesar 87,75%.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya supaya di kaji ulang dapat mengubah variasi desain turbin angin savonius darrieus sebagai perbandingan efisiensi koefisien daya yang dihasilkan.

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, Miftah Faizal Mubarak dan Diyon Aji Pramana. Terima kasih kepada teman-teman Teknik Mesin angkatan 2020 yang telah membantu dalam kelancaran skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- Muttaqin, I., & Suprpto, M. (2021). Pembuatan Turbin Angin Savonius Bertingkat Berbahan Alumunium. *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, 4(1), 2–6. <https://doi.org/10.31602/jieom.v4i1.5444>
- Suprpto, M. (2016). Analisa Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan 4, 6, Dan 8 Sudu. *Teknik Mesin UNISKA*, 02(01), 52–57.