



Analisis Pengaruh Kecepatan Angin, Beban Prony Brake, dan Sudu Turbin terhadap Daya Listrik dan Efisiensi pada Turbin Angin Archimedes

Chrisna Tri Videksa^{1*}, Eko Yohanes Setyawan¹, Rosadila Febritasari¹.

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Daya Generator
Daya Turbin Efisiensi,
kecepatan Putar Turbin
Turbin Archimedes

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji kinerja turbin angin Archimedes dengan menggunakan fasilitas wind tunnel untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas desainnya dalam kondisi angin yang terkontrol. Turbin angin Archimedes, yang memiliki desain cangkang spiral, menawarkan keunggulan dalam menghasilkan energi angin secara efisien pada berbagai kecepatan angin dan kondisi turbulensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kinerja turbin ini secara rinci dan membandingkannya dengan turbin angin konvensional. Data yang dikumpulkan mencakup analisis gaya dorong, daya yang dihasilkan, dan efisiensi konversi energi dari turbin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa turbin angin Archimedes mampu menghasilkan daya yang relatif stabil dan efisien bahkan pada kecepatan angin rendah, berkat desain aerodinamisnya yang unik. Hasil uji wind tunnel mengindikasikan bahwa turbin angin Archimedes tidak hanya dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi angin yang tidak ideal tetapi juga menunjukkan efisiensi konversi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa desain turbin angin konvensional pada kondisi yang sama. Penelitian ini menyimpulkan bahwa turbin angin Archimedes memiliki potensi sebagai alternatif yang efektif untuk pemanfaatan energi angin, terutama di daerah dengan kecepatan angin yang bervariasi. Kesimpulan ini membuka jalan bagi pengembangan lebih lanjut dalam desain dan aplikasi turbin angin Archimedes, serta mendorong penelitian tambahan untuk mengoptimalkan performa dan penerapan teknologi ini dalam sistem pembangkit energi terbarukan.

Chrisna Tri Videksa (email: chrisna.chr@gmail.com)

Diterima: 9 September 2024

Disetujui: 22 September 2024

Dipublikasikan: 31 Oktober 2024

1 Pendahuluan.

Indonesia adalah negara kepulauan, yang termasuk dalam negara dengan garis pantai terpanjang, hal ini tentunya menjadi salah satu potensi yang bisa dikembangkan sebagai sumber energi alternatif. Alternatif yang mudah dan murah yang ada di sekitar kita meliputi angin dan air. Namun dari kedua alternatif ini hanya angin yang paling mudah di temukan. Dengan Potensi angin di Indonesia menurut Manajer *Wind Hybrid Power Generation Project* (WhyPGen) bahwa Indonesia kaya akan energi terbarukan terutama angin yang mana kuat untuk memutar bilah turbin angin. Energi angin dapat beroperasi pada semua arah angin tanpa disesuaikan dengan datangnya arah angin.

Hal ini diharapkan menjadi salah satu solusi untuk mengurangi penggunaan energi fosil dan juga

mengurangi pemanasan global, di samping pengembangan sumber energi alternatif lainnya seperti Biomassa, Geothermal, dll.

Pada penelitian ini, penulis melakukan pengujian turbin angin Archimedes secara eksperimen. Subjek penelitian ini menggunakan sudu turbin angin yang dibuat dari 3D printing menggunakan filamen PLA+ dengan jumlah sudu 4 dan 3 serta sudut bukaan sudu 65°. Variasi filament bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat dari sudu terhadap putaran sudu. Sudu ini diuji pada wind tunnel dengan variasi kecepatan. Kecepatan angin diatur menjadi 5 m/s, 6 m/s dan 7 m/s. Hal ini untuk mengetahui kemampuan turbin dalam menghasilkan daya listrik, kecepatan putar, dan efisiensi turbin. Oleh karena itu, penelitian ini menguji sudu turbin angin Archimedes untuk meninjau daya listrik, kecepatan putar, dan efisiensi turbin yang dihasilkan.

Turbin angin adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi angin menjadi energi putar menggunakan bilah-bilah sudu yang kemudian diteruskan ke generator sebagai penghasil listrik. Prinsip dasar kincir angin adalah mengubah tenaga mekanik dari putaran kincir menjadi energi listrik dengan induksi magnetik, yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Putaran kincir dapat terjadi dengan efektif dengan mengaplikasikan dasar teori aerodinamika pada desain sudu kincir (*blade*). Ketersediaan angin dengan kecepatan yang memadai menjadi faktor utama dalam implementasi teknologi kincir angin.

Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah *gear box* yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar.

Sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan.

2 Metode Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini berlokasi di Gedung Mesin ITN tepatnya di Laboratorium Motor Bakar. Waktu penelitian pada tanggal 15 juni 2024. Pembuatan sudu turbin savonius Dilakukan Di Universitas Brawijaya tepatnya Di Gedung Mesin Laboratorium SPRS.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi wind tunnel sebagai media tempat berlangsungnya uji coba turbin savonius, komputer yang berfungsi untuk mengelola data yang di hasilka dari turbin dan bahan yang digunakan meliputi besi as stainless dengan ukuran 10 mm dengan Panjang 60 cm, As aluminium dengan ukuran 30 mm dan Panjang 50 cm yang akan di jadikan pulley dan prony brake, besi baja 20 mm, pipa besi dan juga generator low Rpm sebagai pembangkit Listrik.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode kuantitatif yang merupakan pendekatan penelitian yang bertujuan untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan. Hipotesis ini merupakan suatu pernyataan yang akan di uji tentang kebenarannya. Penelitian yang di ambil penulis adalah suatu dampak dari energi terbarukan pada kecepatan angin yang ada di Indonesia dengan variasi kecepatan angin yaitu (5 – 7 m/s) yang akan di uji dalam waktu 1 menit putaran dari turbin angin Archimedes dengan beban/torsi yang akan di berikan pada turbin sebesar 0,05 kg dan 0,010 kg

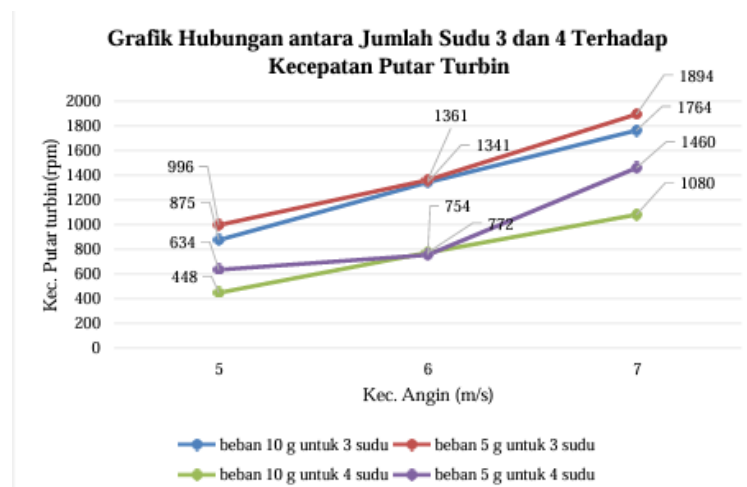
Prosedur penelitian ini dengan melalui pengumpulan refrensi yang berkaitan dengan topik ini, dan juga ada beberpa bersumber di perpustakaan Institut Teknologi Nasional Malang, perpustakaa online dan buku-buku yang berkaitan dengan energi terbarukan. Langkah ini di anggap sangat penting sebagai dasar dari penelitian agar daoot memperoleh landasan teoritis, serta membentuk asusmsi awal. Hal ini penting agar dapat membedakan dan menggunakan literatur yang relavan dalam bidangnya. Berikut adalah rumus perhitungan yang digunakan untuk mengetahui hasil dari daya turbin Archimedes

3 Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah hasil pengolahan data pengujian kecepatan putar turbin yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Nasional Malang yang ditunjukkan pada table 1. Lalu diolah menjadi sebuah grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut tabel hasil pengujian kecepatan putar turbin

Tabel 1. Tabel pengujian kecepatan putar turbin

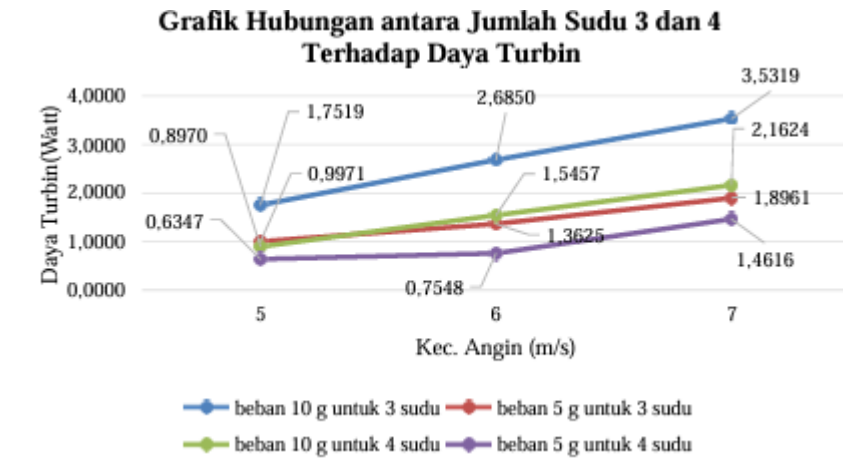
No	Sudu (jumlah)	Beban (kg)	Kec. Angin (m/s)	Kecepatan Putar (RPM)	Torsi (Nm)	Daya Turbin (watt)
1	3	10	5	875	0,01913	1,7519
2	3	10	6	1341	0,01913	2,6850
3	3	10	7	1764	0,01913	3,5319
4	3	5	5	996	0,009565	0,9971
5	3	5	6	1361	0,009565	1,3625
6	3	5	7	1894	0,009565	1,8961
7	4	10	5	448	0,01913	0,8970
8	4	10	6	772	0,01913	1,5457
9	4	10	7	1080	0,01913	2,1624
10	4	5	5	634	0,009565	0,6347
11	4	5	6	754	0,009565	0,7548
12	4	5	7	1460	0,009565	1,4616



Gambar 1 grafik hubungan antara kecepatan angin dan daya turbin

Berdasarkan hasil pengolahan data kecepatan putar turbin seperti pada Gambar 1, diketahui bahwa kecepatan putar turbin berbanding terbalik, semakin banyak jumlah sudu dan beban maka kecepatan turbin juga semakin menurun.

Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg dengan kecepatan angin 7 m/s putaran poros sebesar 1894 rpm, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s putaran poros sebesar 1361 rpm, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s putaran poros sebesar 996 rpm. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 7 m/s putaran poros sebesar 1764 rpm, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s putaran poros sebesar 1341 rpm, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s putaran poros sebesar 875



Gambar 2 Grafik Hubungan antara Sudu 3 dan 4, Beban, Kec. Angin Terhadap Daya Turbin Angin

Berdasarkan perhitungan daya turbin angin dipengaruhi oleh beban yang didapatkan dari pengujian sebesar 0,005 dan 0,01 kg, jari-jari pronny brake sebesar 0,0163 m dan besar torsi turbin yang didapatkan dari perhitungan sebesar 1,59903 Nm dan 0,66708. Maka pada pengolahan data daya turbin angin didapatkan hasil yang sangat kecil atau di bawah 1 watt. Berdasarkan hasil pengolahan data Daya Turbin Angin seperti pada Gambar 4.2, diketahui bahwa daya turbin angin berbanding terbalik, semakin tinggi jumlah sudu maka daya turbin juga semakin turun. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 1,8961033 Watt.

Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,005 kg daya turbin angin sebesar 1,3625114 Watt, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s daya turbin angin sebesar 0,9971061 Watt. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,01 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 3,5319178 Watt, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s daya turbin angin sebesar 2,6849784 Watt,

Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s daya turbin angin sebesar 1,7519434 Watt. Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 1,4616213 Watt, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s daya turbin angin sebesar 0,7548373 Watt, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s daya turbin angin sebesar 0,6347041 Watt.

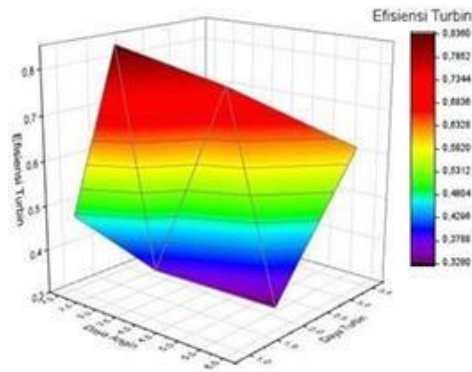
Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 2,1623987 Watt, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s daya turbin angin sebesar 1,5457146 Watt, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s daya turbin angin sebesar 0,896995Watt.

Data efisiensi turbin angin yang dicatat pada Tabel 2 lalu direpresentasikan dalam bentuk grafik di Gambar 3 dan 4. Grafik Hubungan antara Sudu dengan Efisiensi Turbin Angin sebagai berikut:

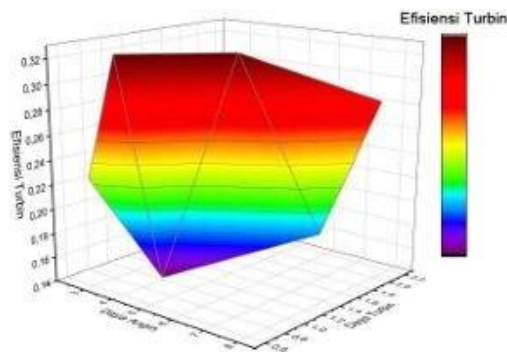
Tabel 2 Data pengujian Efisiensi Turbin angin 4 sudu dan 3 sudu

Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi: Oktober 2024

No	Sudu (jumlah)	Daya Angin (watt)	Daya Turbin (watt)	Efisiensi (%)
1	3	2,0985	1,7519	83,485%
2	3	3,6262	2,6850	74,043%
3	3	5,7583	3,5319	61,336%
4	3	2,0985	0,9971	47,515%
5	3	3,6262	1,3625	37,574%
6	3	5,7583	1,8961	32,928%
7	4	2,0985	0,8970	42,744%
8	4	3,6262	1,5457	42,626%
9	4	5,7583	2,1624	37,553%
10	4	2,0985	0,6347	30,245%
11	4	3,6262	0,7548	20,816%
12	4	5,7583	1,4616	25,383%



Gambar 3 Garfik Hubungan antara Jumlah Sudu 3 , Beban, Kec.Angin Terhadap Efisiensi Turbin Angin



Gambar 4 Garfik Hubungan antara Jumlah Sudu 3 , Beban, Kec.Angin Terhadap Efisiensi Turbin Angin

Pada sudu 4 dengan kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,01 g efisiensi turbin angin sebesar 28,164% Pada sudu 4 dengan kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,01 g efisiensi turbin angin sebesar 31,969%. Pada sudu 4 dengan kecepatan angin 5 m/s dan beban 0,01 g efisiensi turbin angin sebesar 32,058%. Pada sudu 4 dengan kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,005 kg efisiensi turbin angin sebesar 28,164%. Pada sudu 4 dengan kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,005 kg efisiensi turbin angin sebesar 31,969%. Pada sudu 4 dengan kecepatan angin 5 m/s dan beban 0,005 kg efisiensi turbin angin sebesar 32,058%.

Sedangkan Pada sudu 3 dengan kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,01 kg daya turbin angin sebesar 61,336 %. Pada sudu 3 dengan kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,01 kg daya turbin angin sebesar 74,043 % Pada sudu 3 dengan kecepatan angin 5 m/s dan beban 0,01 kg daya turbin angin sebesar 83,485 % Pada sudu 3 dengan kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,005 kg daya turbin angin sebesar 32,928%. Pada sudu 3 dengan kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,005 kg daya turbin angin sebesar 37,574% Pada sudu 3 dengan kecepatan angin 5 m/s dan beban 0,005 kg daya turbin angin sebesar 47,515%

Data hasil pengujian Daya Output Generator dengan sudu 4 dan 3 yang dicatat dalam Tabel 3. Sedangkan daya Generator Turbin Angin adalah pengubahan putaran menjadi energi listrik, dimana data bisa langsung didapatkan dari aplikasi GUI Trainer Turbin. Sebagai validasi data, perhitungan daya generator dapat menggunakan rumus: $Watt = Volt \times Ampere$.

Tabel 3 Pengujian Daya Output Generator Turbin 4 Sudu dan 3 sudu

No	Sudu (jumlah)	Beban (Kg)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya Generator (watt)
1	3	10	5	875	1.1	0	0
2	3	10	6	1341	3.74	22	84.25
3	3	10	7	1764	3.69	23	85.8
4	3	5	5	996	3	0	0.56
5	3	5	6	1361	3.643	17	63.86
6	3	5	7	1894	3.79	44	168.88
7	4	10	5	448	1.83	0	0
8	4	10	6	772	3.2	1	5.72
9	4	10	7	1080	3.54	12	45.06
10	4	5	5	634	2.54	0	0.54
11	4	5	6	754	2.81	1	3.79
12	4	5	7	1460	3.78	24	93.79

Pencatatan hasil pengolahan daya output generator yang dicatat pada Tabel 4.4 direpresentasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.5. Grafik Hubungan antara Sudu dengan Daya Output Generator sebagai berikut:



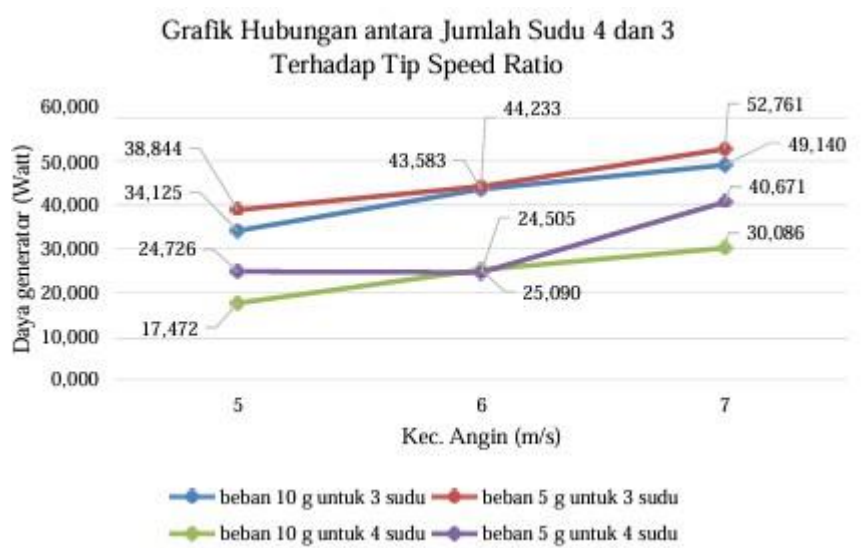
Gambar 5 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin Dan Efisiensi Turbin

Berdasarkan hasil pengolahan data Daya Output Generator seperti pada Gambar 4.5, diketahui bahwa daya output generator berbanding terbalik, semakin tinggi jumlah sudu maka daya output generator semakin turun. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 168.88 Watt. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s daya turbin angin sebesar 63.86 Watt. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s daya turbin angin sebesar 0.56

Watt. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,01 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 85.8 Watt. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0, 01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s daya turbin angin sebesar 84.25 Watt. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0, 01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s daya turbin angin sebesar 0.56Watt.

Sedangkan Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 85.8 Watt, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s daya turbin angin sebesar 3.79 Watt, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s daya turbin angin sebesar 0 Watt. Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 45.06 Watt. Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s daya turbin angin sebesar 5.72 Watt. Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s daya turbin angin sebesar 0 Watt.

Data Tip Speed Ratio pada setiap jumlah sudu direpresentasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.6 sebagai berikut:



Gambar 6 Grafik Hubungan antara Jumlah Sudu 3 dan 4, Beban, Kec.Angin Terhadap Tip Speed Ratio

Berdasarkan hasil pengolahan data Tip Speed Ratio seperti pada Gambar 4.6, diketahui bahwa Tip Speed Ratio berbanding terbalik, semakin tinggi nilai sudu maka Tip Speed Ratio juga semakin turun.

Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg dengan kecepatan angin 7 m/s Tip Speed Ratio sebesar 52,761, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s Tip Speed Ratio sebesar 44,233, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s Tip Speed Ratio sebesar 38,844. Pada jumlah sudu 3 dan beban 0,01 kg dengan kecepatan angin 7 m/s Tip Speed Ratio sebesar 49,140, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0, 01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s Tip Speed Ratio sebesar 43,583, Pada jumlah sudu 3 dan beban 0, 01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s Tip Speed Ratio sebesar 34,125.

Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg dengan kecepatan angin 7 m/s daya turbin angin sebesar 40,671, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s Tip Speed Ratio sebesar 24,505, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,005 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s Tip Speed Ratio 24,726. Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg dengan kecepatan angin 7 m/s Tip Speed Ratio sebesar 30,086, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 6 m/s Tip Speed Ratio sebesar 25,090, Pada jumlah sudu 4 dan beban 0,01 kg kecepatan dengan kecepatan angin 5 m/s Tip Speed Ratio sebesar 17,472.

4 Kesimpulan

Dari data pengujian yang dilakukan pada Turbin Angin Archimedes dengan menggunakan Sudu 3 dan 4 serta meninjau dari hasil pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai

berikut:

1. Pengujian Turbin Angin Archimedes sudu 3 didapatkan kecepatan putar turbin dengan kecepatan angin di tetapkan pada nilai 7 m/s dan pembebanan dengan menggunakan prony brake sebesar 0,01 kg, pada pengujian didapatkan nilai Kecepatan Putar Turbin tertinggi sebesar 1.080 rpm.
 2. Pengujian Turbin Angin Archimedes sudu 4 didapatkan kecepatan putar turbin dengan kecepatan angin di tetapkan pada nilai 7 m/s dan pembebanan dengan menggunakan prony brake sebesar 0,01 kg, pada pengujian didapatkan nilai Kecepatan Putar Turbin tertinggi sebesar 1.764 rpm.
 3. Hasil daya turbin angin terbesar pada sudu 3 yaitu dengan nilai 3,5319 watt. Nilai pembebanan prony brake pada pengujian ini juga di tetapkan pada nilai 0,01 kg pada masing-masing pengujian sudu, sehingga torsi dari turbin juga tetap yaitu sebesar 0,01913 Nm. Sehingga nilai daya bergantung pada kecepatan putar dari turbin.
 4. Hasil daya turbin angin terbesar pada sudu 4 yaitu dengan nilai 2,1624 watt. Nilai pembebanan prony brake pada pengujian ini juga di tetapkan pada nilai 0,01 kg pada masing-masing pengujian sudu, sehingga torsi dari turbin juga tetap yaitu sebesar 0,01913 Nm. Sehingga nilai daya bergantung pada kecepatan putar dari turbin.
- 40 Dari data hasil pengujian dan pengolahan yang didapatkan, meliputi Kecepatan putar turbin angin, Daya turbin angin, Daya generator turbin angin, dan Efisiensi turbin angin hasilnya berbanding terbalik, semakin sedikit jumlah sudu maka kecepatan putar turbin, daya turbin, daya generator, efisiensi juga semakin tinggi.

5 Referensi

- [1] Ahmad, Sayogo, 2016. Perancangan Dan Pembuatan Kincir Angin Tipe Horizontal Axis Wind Turbine (Hawt) Untuk Daerah Pantai Selatan Jawa. Jurnal. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [2] Arfidian Rachman, 2019. Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang Undergraduate Program, Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang.
- [3] Dharma surya untung, Masherni. 2016. Pengaruh Desain Sudu Terhadap Untuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius. Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammdiyah Metro.
- [4] Eko.Y.S. 2022. Turbin Angin Variasi Sudu, Jurnal Praktikum Teknik Mesin S-1 Institut Negeri Malang
- [5] Firman Aryanto, Made Mara, Made Nuarsa. 2013. Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu. Jln. Majapahit No.62 Mataram Nusa Tenggara Barat
- [6] Habibie Najib M, Achmad sasamito, Roni Kueniawan. 2011 Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku. Jurnal Meteorologi dan Geofisika.

- [7] Harahap Yudiansyah, Herman Sasongko. 2003. Analisis Karakteristik Distribusi Tekanan Dan Kecepatan Pada Bodi Aerodinamika Airfoil Dengan Metode Panel Dalam Fenomena Flowaround.
- [8] Himran, Syukri., 2005. Energi Angin, CV Bintang Lamumpatue, Makassar.
- [9] Nila Khusnawati, Rianto Wibowo, Masruki Kabib. 2022. Analisa Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus.
- [10] Medeline, C.V. 2016. Penelitian Turbin Angin Hybrid (Savonius-Darrieus). Jurnal. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
- [11] Mulyadi Muhammad. 2014. Analisis Aerodinamika Pada Sayap Pesawat Terbang Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD).
- [12] Mutiar/ R. Ahmad Yani. 2018. Analisa Efisiensi Turbin Angin Berdasarkan Variasi Jumlah Sudu Di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya. Jurnal Dosen Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
- [13] Sahid, P. 2019. Rancang Bangun Turbin Angin Poros Horizontal Tiga Sudu Flat Berlapis Tiga Dengan Variasi Sudut Dan Posisi Sudu. Jurnal Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang Teknik Energi
- [14] Syafriyudin, M. Suyanto, Subandi, M. Nurkhakim W. 2020. Pengujian Karakteristik Turbin Angin Tipe Horizontal Sudu Flat Multiblade Dengan Pengaturan Sudut Sudu. Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta.