

ANALISA TURBIN ANGIN SAVONIUS DUA SUDU BERTINGKAT TIGA

Ahmad Safar Aditya^{1,*}, Geralad Adityo Pohan²

¹Institut Teknologi Nasional Malang

²Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Turbin Savonius
Turbin Dua Sudu
Turbin Bertingkat
Vertikal

ABSTRAK

Di Indonesia, kecepatan angin rata-rata sekitar 3 m/s hingga 7 m/s, sehingga turbin angin vertikal dianggap ideal untuk digunakan di lingkungan dengan kecepatan angin rendah. Maka dari itu muncul konsep pembuatan alat yaitu merancang turbin angin *savonius* dalam skala laboratorium dengan memanfaatkan terowongan angin agar kincir angin multi-stage dapat beroperasi dengan menggunakan metode printing Metode pengujian dilakukan dengan metode observasi yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung objek yang diteliti dalam hal ini adalah turbin angin *Savonius* dua sudu dalam menghasilkan daya pada kecepatan angin dan beban tertentu dengan menggunakan wind tunnel. dengan menggunakan 2 sudu beban meliputi 0,02kg dan juga 0,04 kg dengan kecepatan angin 5 m/s - 7 m/s .Pada kecepatan angin 5 m/s-7 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 401 rpm, 466 rpm dan 567 rpm dengan beban 0,02 kg. Pada kecepatan angin 5 m/s – 7m/s menghasilkan putaran poros sebesar 352, 450 dan 542 rpm dengan beban 0,004 kg Pada sudu 2 kecepatan angin 5 m/s – 7m/s menghasilkan daya turbin angin sebesar 0,00217, 0,00295, dan 0,0361 Watt, dengan beban 0,02 kg. Pada sudu 2 kecepatan angin 5 m/s – 7 m/s dengan beban 0,04 kg menghasilkan daya turbin angin sebesar 0,01339, 0,1555 dan 0,1893 Watt. Pada kecepatan angin 5 m/s – 7m/s dengan beban 0,004 maka efisiensi turbin angin sebesar 0,593%, 0,466% dan 0,359%. Pada kecepatan angin 5 m/s – 7m/s dan beban 0,002 maka efisiensi turbin angin sebesar 3,662% 2,461% dan 1,88%. Pada sudu 2 kecepatan angin Rpm 5m/s - 7m/s dengan beban 0,002 daya output generator sebesar 9,67, 21,48 17,9 Watt. Sedangkan Pada sudu 2 kecepatan angin Rpm 5m/s - 7 m/s dengan beban 0,004 daya output generator sebesar 24.36, 20.58, 17.45 Watt. Dari data hasil pengujian dan pengolahan yang dihasilkan, meliputi Kecepatan putar turbin angin, daya turbin angin, Daya generator turbin angin, dan Efisiensi turbin angin hasilnya berbanding lurus, oleh sebab itu semakin tinggi nilai sudu maka kecepatan putar turbin, daya turbin, daya generator, efisiensi juga semakin tinggi.

Ahmad Safar Aditya (email: ahmadsafaraditya512@gmail.com)

Diterima:

Disetujui:

Dipublikasikan:

1 Pendahuluan.

Salah satu energi terbarukan yang ingin diteliti pada penelitian ini adalah energi angin. Angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan lebih rendah. Pergerakan angin inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi dengan mengkonversi menjadi energi lainnya.

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. [12]

Pada umumnya turbin angin yang banyak digunakan yaitu turbin pada sumbu horisontal untuk menghasilkan energi listrik yang besar, tetapi turbin pada sumbu vertikal menjadi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Hal ini dikarenakan pengembangan tentang VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*) diarahkan pada pembuatan yang ekonomis, seperti VAWT dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah, dapat dioperasikan pada ketinggian yang mendekati permukaan daratan, dan juga material baling-baling turbin yang tidak mahal. [10]

Maka dari itu muncul konsep pembuatan alat yaitu merancang turbin angin savonius dalam skala laboratorium dengan memanfaatkan terowongan angin agar kincir angin *multi-stage* dapat beroperasi dengan menggunakan metode *3D printing*. menggunakan filamen PETG dan FOAM dengan jumlah sudu 2 sudu. Variasi filament bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat dari sudu terhadap putaran sudu. Sudu ini akan diuji pada *wind tunnel* dengan variasi kecepatan. Kecepatan angin diatur menjadi 4m/s dan 7 m/s.

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. 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[7]

Penelitian dengan judul “pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin *savonius*” Turbin angin *Savonius* adalah turbin angin yang dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah, turbin jenis ini sangat tepat digunakan untuk beberapa tempat di Indonesia. Penelitian bertujuan untuk meningkatkan kinerja turbin angin *Savonius* dengan variasi jumlah sudu turbin serta variasi kecepatan aliran udara. Metode penelitian adalah eksperimental dimana dilakukan pengujian turbin angin *savonius* dengan variasi jumlah sudu turbin yaitu 2, 3 dan 4 sudu, variasi lain yang dilakukan adalah kecepatan angin yaitu 3,5; 4,5; 5,5 dan 6,5 m/s. Penelitian hasil bahwa turbin 2 sudu menghasilkan putaran yang lebih besar, tetapi momen torsi yang rendah dibandingkan turbin 3 dan 4 sudu, hal ini terlihat pada rendahnya efisiensi turbin 2 sudu pada kecepatan angin rendah dengan pembebanan tinggi. Pada kecepatan angin 3,5 m/s turbin 2 sudu memiliki efisiensi yang cenderung sama dengan turbin 3 dan 4 sudu hingga beban 0,5 N tetapi pada beban 0,6 – 1,2 N turbin 2 sudu memiliki efisiensi yang lebih rendah, sedangkan pada kecepatan angin 4,5 – 6,5 m/s turbin 2 sudu memiliki efisiensi yang lebih besar dari turbin 3 dan 4 sudu hingga beban 1,2 N tetapi jika beban ditambah maka efisiensi turbin 2 sudu dapat lebih kecil dari efisiensi 3 dan 4 sudu[10]

2 Metode Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini berlokasi di Gedung Mesin ITN tepatnya di Laboraturium Motor Bakar. Waktu penelian pada tanggal 19 juni 2024. Pembuatan sudu turbin savonius Dilakukan Di Universitas Brawijaya tepatnya Di Gedung Mesin Laboraturium 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 Savonius dengan beban/torsi yang akan di berikan pada turbin sebesar 0,02 kg dan 0,04 kg.

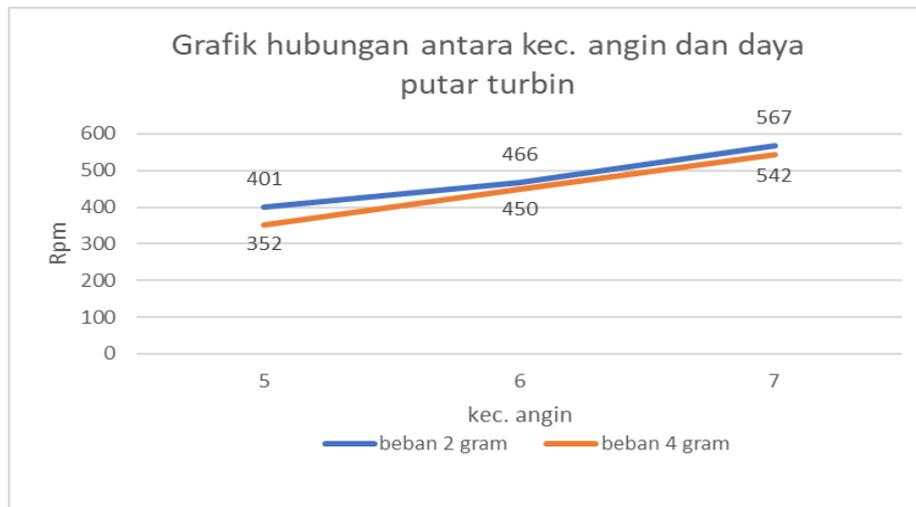
Prosedur penelitian ini dengan melalui pengumpulan refrensi yang berkaitan dengan topik ini, dan juga ada beberpa bersumber di perpustakaan Institut Teknologi Nasional Malang, perpustakaa online dan buku-buku yang berkaitan dengan energi terbarukan. Langkah ini di anggap sangat penting sebagai dasar dari penelitian agar daoat 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 Savonius

3 Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah hasil pengolahan data pengujian kecepatan putar turbin yang di lakukan di Laboraturium Institu Teknologi Nasional Malang yang ditunjuk pada table 1. Lalu di olah menjadi sebuah grafik yang di tunjuk pada gambar 4.1 berikut tabel hasil pengujian kecepatan putar turbin

Tabel 1. Tabel pengujian kecepatan putar turbin

No	Sudu	Beban (Kg)	Kec.Angin (m/s)	Kecepatan Putar (Rpm)
1	2	0,002	7	567
2	2	0,002	6	466
3	2	0,002	5	401
4	2	0,004	7	542
5	2	0,004	6	450
6	2	0,004	4	352



Gambar 1 grafik hubungan antara kecepatan angin dan daya turbin

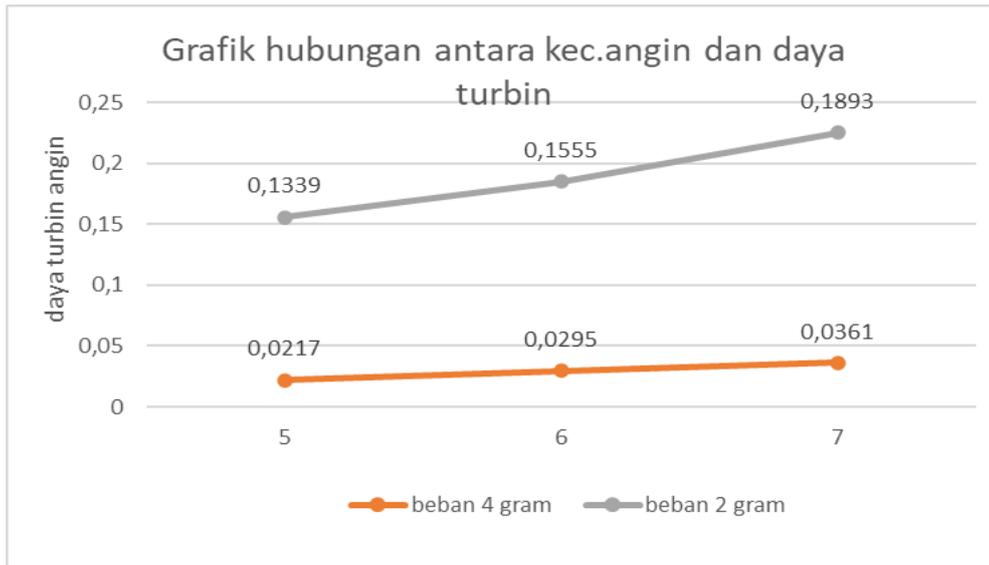
Berdasarkan hasil pengolahan data kecepatan turbin seperti pada Gambar 4.1 Grafik hubungan antara Sudu dengan Kecepatan Putar Turbin, diketahui bahwa kecepatan putar turbin berbanding lurus, semakin tinggi nilai sudu maka kecepatan turbin juga semakin tinggi. Pada kecepatan angin 5 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 401 rpm, dengan beban 0,002 kg pada kecepatan angin 6 m/s maka menghasilkan putaran poros sebesar 466 rpm, dengan beban 0,002 kg, pada kecepatan angin 7 m/s dengan beban 0,002 kg putaran poros sebesar 567 rpm.

Sedangkan Pada kecepatan angin 5 m/s menghasilkan putaran poros sebesar 352 rpm, dengan beban 0,004 kg, pada kecepatan angin 6 m/s maka menghasilkan putaran poros sebesar 450 rpm, dengan beban 0,004 kg, pada kecepatan angin 7 m/s dengan beban 0,004 kg putaran poros sebesar 542 rpm.

Berikut adalah hasil pengolahan data pengujian kecepatan putar turbin yang di lakukan di Laboraturium Institi Teknologi Nasional Malang yang ditunjuk pada table 2. Lalu di olah menjadi sebuah grafik yang di tunjuk pada gambar 4.2 berikut Tabel Hasil Pengujian Daya Turbin

Tabel 2 Data pengujian Daya Turbin Angin

No	Sudu (derajat)	Beban (Kg)	Kec. Angin (m/s)	Kecepatan Putar (RPM)	Torsi (Nm)	Daya Turbin (watt)
1	2	0,002	7	567	0,00319	10,033
2	2	0,002	6	466	0,00319	6,318
3	2	0,002	5	401	0,00319	3,656
4	2	0,004	7	542	0,00063	10,033
5	2	0,004	6	450	0,00063	6,318
6	2	0,004	5	352	0,00063	3,656



Gambar 2 grafik hubungan antara kecepatan angin dan daya turbin

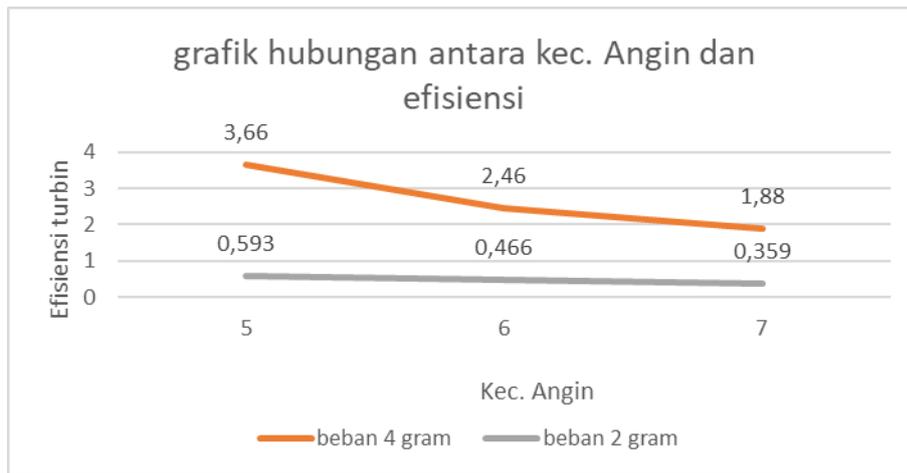
Berdasarkan hasil pengolahan data Efisiensi Turbin Angin seperti pada Gambar 4.3 Grafik hubungan antara Sudu dengan Efisiensi Turbin Angin, diketahui bahwa efisiensi turbin angin berbanding lurus, semakin tinggi nilai sudu maka efisiensi turbin juga semakin tinggi. Pada kecepatan angin 5 m/s dan beban 0,004 maka efisiensi turbin angin sebesar 0,593%, Pada kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,004 maka efisiensi turbin angin sebesar 0,466%, %, Pada kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,004 maka efisiensi turbin angin sebesar 0,359%.

Sedangkan Pada kecepatan angin 5 m/s dan beban 0,002 maka efisiensi turbin angin sebesar 3,662%, Pada kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,002 maka efisiensi turbin angin sebesar 2,461%, Pada kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,002 maka efisiensi turbin angin sebesar 1,88%.

Berikut adalah hasil pengolahan data pengujian Efisiensi Turbin yang di lakukan di Laboraturium Institut Teknologi Nasional Malang yang ditunjuk pada table 3. Lalu di olah menjadi sebuah grafik yang di tunjuk pada gambar 4.3 berikut Tabel Hasil Pengujian Daya Turbin

Tabel 3 Efisiensi Turbin Angin

No	Sudu	Daya Turbin (watt)	Kec. Angin	Daya Turbin (watt)	Efisiensi (%)
1	2	10,033	7	0,1893	1,88
2	2	6,318	6	0,1555	2,46
3	2	3,656	5	0,1339	3,66
4	2	10,033	7	0,0361	0,359
5	2	6,318	6	0,00295	0,466
6	2	3,656	5	0,00217	0,593



Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin Dan Efisiensi Turbin

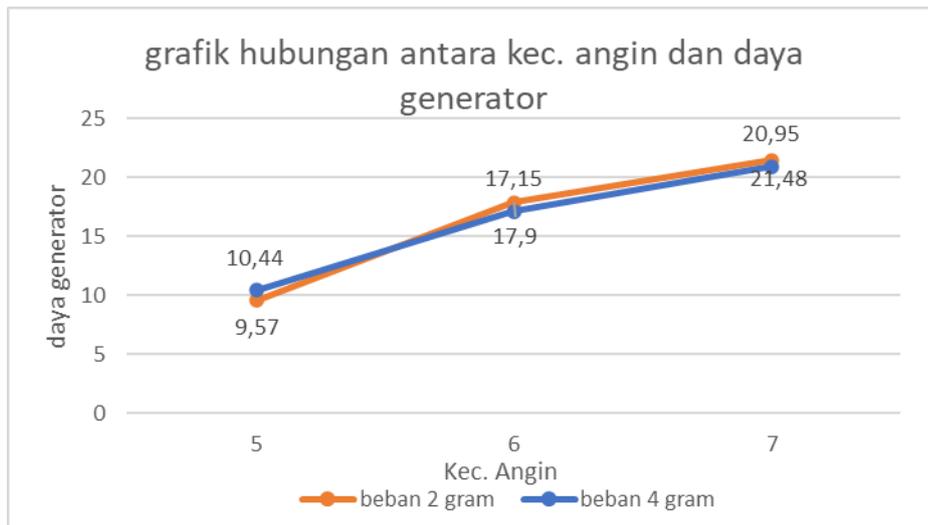
Berdasarkan hasil pengolahan data Efisiensi Turbin Angin seperti pada Gambar 4.3 Grafik hubungan antara Sudu dengan Efisiensi Turbin Angin, diketahui bahwa efisiensi turbin angin berbanding lurus, semakin tinggi nilai sudu maka efisiensi turbin juga semakin tinggi. Pada kecepatan angin 5 m/s dan beban 0,004 maka efisiensi turbin angin sebesar 0,593%, Pada kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,004 maka efisiensi turbin angin sebesar 0,466%, Pada kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,004 maka efisiensi turbin angin sebesar 0,359%.

Sedangkan Pada kecepatan angin 5 m/s dan beban 0,002 maka efisiensi turbin angin sebesar 3,662%, Pada kecepatan angin 6 m/s dan beban 0,002 maka efisiensi turbin angin sebesar 2,461%, Pada kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,002 maka efisiensi turbin angin sebesar 1,88%.

Berikut adalah hasil pengolahan data pengujian daya Output generator Turbin yang di lakukan di Laboraturium Institut Teknologi Nasional Malang yang ditunjuk pada table 3. Lalu di olah menjadi sebuah grafik yang di tunjuk pada gambar 4.4 berikut Tabel Hasil Pengujian Daya Output Generator Turbin

Tabel 4 Hasil Pengjian Daya Output Generator Turbin

No	Sudu (derajat)	Beban (Kg)	Kec. Angin (m/s)	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya generaor (Watt)
1	2	0,002	7	567	3,58	5	21,48
2	2	0,002	6	466	3,58	6	17,9
3	2	0,002	5	401	3,19	3	9,57
4	2	0,004	7	542	3,49	5	20,94
5	2	0,004	6	450	3,43	6	17,15
6	2	0,004	5	352	3,48	7	10,44



Gambar 4.4 Grafik Daya Output Generator Turbin

Berdasarkan hasil pengolahan data daya *Output* Generator seperti pada Gambar 4.4 Grafik hubungan antara Sudu dengan daya *Output* Generator, diketahui bahwa daya *output* generator tidak berbanding lurus. Pada sudu 2 kecepatan angin Rpm 7 m/s dengan beban 0,002 daya *output* generator sebesar 17,9 Watt, Pada sudu 2 kecepatan angin Rpm 6 m/s dengan beban 0,002 daya *output* generator sebesar 21,48 Watt, Pada sudu 2 kecepatan angin Rpm 5 m/s dengan beban 0,002 daya *output* generator sebesar 9,67 Watt. Sedangkan Pada sudu 2 kecepatan angin Rpm 7 m/s dengan beban 0,004 daya *output* generator sebesar 17,45 Watt.

Sedangkan Pada sudu 2 kecepatan angin Rpm 6 m/s dengan beban 0,004 daya *output* generator sebesar 20,58 Watt, Pada sudu 2 kecepatan angin Rpm 5 m/s dengan beban 0,004 daya *output* generator sebesar 24,36 Watt.

4 Kesimpulan

Dari data pengujian yang dilakukan pada Turbin Angin *Vertikal Savonius* yang bertipe-U, meninjau dari hasil pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengujian turbin angin *savonius* yang didapatkan kecepatan putar turbin dengan sudu 2 dengan kecepatan angin 7 m/s, 6 m/s dan 5 m/s, dengan pembebanan menggunakan *prony brake* sebesar 0,002 dan 0,004 kg pada pengujian ini memperoleh nilai kecepatan putar turbin tertinggi sebesar 567 rpm dengan kecepatan angin 7 m/s dan beban 0,002 kg.
2. Hasil daya turbin angin terbesar pada sudu 2 yaitu dengan nilai 0,1893Watt pada kecepatan angin 7 m/s. Nilai pembebanan *prony brake* pada pengujian ini juga di tetapkan pada nilai 0,002 dan 0,004 kg pada pengujian sudu, sehingga torsi dari turbin juga tetap yaitu sebesar 0,00319 dan 0,00063 Nm. Sehingga nilai daya bergantung pada kecepatan putar dari turbin.
3. Hasil dari daya *output* generator yaitu, bahwa semakin besar nilai kecepatan turbin turbin maka semakin besar daya *output* dari generator, nilai daya tertinggi yang didapatkan yaitu sebesar 21,48 Watt pada kecepatan 7 m/s dengan beban 0,002 kg. sedangkan nilai yang di dapatkan pada beban 0,004 yaitu sebesar 20,94 Watt.

4. Nilai efisiensi turbin angin dapat diketahui pada pengujian nilai kecepatan angin di tetapkan sebesar 5 m/s, dengan beban 0,002 kg, sehingga daya angin sebagai input daya untuk memutar turbin memiliki nilai yang ditetapkan yaitu sebesar 3,66 Watt. Sedangkan pengujian nilai kecepatan angin di tetapkan sebesar 5 m/s, dengan beban 0,004 kg, sehingga daya angin sebagai input daya untuk memutar turbin memiliki nilai yang ditetapkan yaitu sebesar 0,593 Watt. Nilai efisiensi merupakan persentase perbandingan antara daya output (daya turbin angin) dan daya *input* (daya angin), ketika nilai daya input bernilai tetap, maka perubahan nilai efisiensi bergantung pada nilai daya *output*/daya turbin angin, Maka nilai efisiensi tertinggi sebesar 3,66 pada kecepatan angin 5m/s dengan beban 0,002 kg.

Dari data hasil pengujian dan pengolahan yang dihasilkan, meliputi Kecepatan putar turbin angin, daya turbin angin, Daya generator turbin angin, dan Efisiensi turbin angin hasilnya berbanding lurus, oleh sebab itu semakin tinggi nilai sudu maka kecepatan putar turbin, daya turbin, daya generator, efisiensi juga semakin tinggi.

5 Referensi

- [1] Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 30–36.
- [2] Ahmad Yani, R., Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, D., Tetap Yayasan pada Program Studi Teknik Elektro, D., Kunci, K., Angin, E., Angin, T., & Kecepatan Angin, P. (t.t.). Analisa Efisiensi Turbin Angin Berdasarkan Variasi Jumlah Sudu Di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [3] Alit, I. B., Nurchayati, N., & Pamuji, S. H. (2016). Turbin Generator. *Dinamika Teknik Mesin*, 6(2), 107–112.
- [4] Citra, M., Politeknik, V., Negeri, M., & Belitung, B. (t.t.). Laporan Penelitian Riset Mini Tentang Turbin Angin Model Savonius Dan Darrieus.
- [5] Eko.Y.S. 2022. Turbin Angin Variasi Sudu, *Jurnal Praktikum Teknik Mesin S-1 Institut Negeri Malang*
- [6] Haryudo, S. I. (t.t.). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius Agus Nurdianto.
- [7] Jamal, J. (2019). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Savonius. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 6(1), 64.
- [8] Khusnawati, N., Wibowo, R., & Kabib, M. (2022). Analisa Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu. Dalam *Jurnal CRANKSHAFT (Vol. 5, Nomor 2)*. Online.
- [9] M. Najib Habibie; Achmad Sasmito;Roni Kurniawan. (2011). Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku Study Of Wind Energy Potency In Sulawesi And Maluku. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(2), 181–187.
- [10] Salim, L. L., Sari, S. P., & Setyawan, I. (2020a). Analisis Performa Turbin Angin Savonius Tipe U dengan Memvariasikan Jumlah Sudu Turbin. *Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)*, 24(2), 148–153.
- [11] Sarifudin, U. M. (2022). *Perancangan Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus Sebagai Pembangkit Listrik*. 4(3), 141–148.
- [12] Suprpto, M., & Muttaqin, I. (2022). Analisis Turbin Angin Vertikal Hybrid Savonius Bertingkat Dan Darrieus Tipe H-Rotor. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2), 59–64.
- [13] Syahyuniar, R., & Ningsih, Y. (2017). Metode Pengukuran Blow-By Menggunakan U-Tube Air Berbasis Persamaan Bernoulli Terhadap Diesel Engine Buldozer. *Jurnal Elemen*, 4(1), 29.
- [14] Zulianto, Moh., & Siregar, I. H. (2019). Uji Eksperimen Model Turbin Angin Swirling Savonius Dengan Deflektor Diam Menggunakan Terowongan Angin. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(3), 141–148.