

## Perencanaan Lampu Penerangan Jalan Menggunakan Turbin Angin Sumbu Vertikal Savonius

Mualifi Usman<sup>1</sup>, Kadaryono<sup>2</sup>, Maulana Dwi Hariska<sup>3</sup>, Machrus Ali<sup>4</sup>

mualifusman7@gmail.com, yonokadaryono11@gmail.com, Maulanadwihariska@gmail.com, machrus7@gmail.com

Universitas Darul ‘Ulum Jombang<sup>1,2,3,4</sup>

Jj. Gus Dur 29A, Mojongapit, Jombang, Indonesia

### Article Info

#### Article history:

Received November 27<sup>th</sup>, 2023

Revised December 24<sup>th</sup>, 2023

Accepted December 29<sup>th</sup>, 2023

#### Keyword:

Electrical energy

Wind Turbine

Street lighting.

### ABSTRACT

Electricity is a basic need for almost all human beings, electricity is the main requirement in all economic activities and human activities. The diminishing availability of fossil fuels requires alternative energy sources that can meet energy needs. In this research, a micro-scale power plant for street lighting was developed, using a vertical wind turbine. To obtain mechanical energy from wind power, a vertical wind turbine of the Savonius type was developed. A single phase rectifier is used to convert the generator's mains voltage into direct current which is supplied to the battery for energy storage purposes. An LDR (Light Dependent Resistor) based automatic switch is used which functions to turn on the lights when it is dark. With the alternative of using a wind turbine for street lighting, it has the advantage of being able to keep generating electricity 24 hours a day, as long as there is wind from the vehicles passing through it. After doing research, this wind turbine can produce a voltage of 12.2 volts at a wind speed of 5 m/s, suitable for use in small-scale power plants. This type of power plant can be further developed on a larger scale so that it can be utilized to supply electrical energy needs in areas that are still not covered by electricity

*Copyright © 2023 FORTEI Regional VI Jawa Tengah.  
All rights reserved.*

### Corresponding Author:

Name Author,

Email: [mualifusman7@gmail.com](mailto:mualifusman7@gmail.com)

Listrik merupakan kebutuhan mendasar bagi hampir seluruh umat manusia, Listrik menjadi syarat utama dalam semua kegiatan ekonomi dan aktivitas manusia. Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin berkurang memerlukan alternative sumber energi lain yang dapat memenuhi kebutuhan energi. Dalam riset ini di kembangkan pembangkit energi listrik skala mikro untuk keperluan penerangan jalan, yaitu dengan menggunakan turbin angin vertikal. Untuk memperoleh energi mekanik dari tenaga angin dikembangkan turbin angin vertikal tipe savonius. Penyearah satu fasa digunakan untuk mengkonversi tegangan listrik generator menjadi tegangan listrik searah yang disalurkan ke baterai untuk keperluan menyimpan energi. Digunakan saklar otomatis berbasis LDR (Light Dependent Resistor) yang berfungsi

menyalakan lampu saat keadaan gelap. Dengan alternative menggunakan turbin angin untuk keperluan lampu penerangan jalan memiliki keunggulan mampu untuk tetap membangkitkan daya listrik 24 jam sehari, selama terdapat dorongan angin dari kendaraan yang melaluinya. Setelah dilakukan penelitian turbin angin ini dapat menghasilkan tegangan sebesar 12,2 volt dikecepatan angin 5 m/s, cocok di gunakan untuk pembangkit listrik skala kecil. Pembangkit tipe ini dapat dikembangkan lebih jauh lagi dengan skala yang lebih besar agar dapat di dimanfaatkan untuk mensuplai kebutuhan energi listrik di daerah yang masih belum terjangkau aliran listrik.

Kata kunci : Energi listrik, Turbin Angin, Penerangan jalan.

**A. INTRODUCTION**

Pemanfaatan sumber energi angin di Indonesia masih tergolong rendah, karena di Indonesia kecepatan angin hanya berkisar antara 3m/s hingga 5m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar, tetapi potensi angin di Indonesia dapat di manfaatkan untuk sistem pembangkit listrik skala kecil[1][2].

Tabel 1. Klasifikasi Energi Potensial Angin.

Skala	Kecepatan Angin (m/s)	Daya (w/m)	Kapasitas (kW)	Lokasi
Skala Kecil	2,5 - 4	<75	<10	Jawa, NTB, NTT, Maluku, Sulawesi
Skala Menengah	4,0 – 5,0	75 – 150	10 - 100	NTB, NTT, Sulawesi
Skala Besar	>5.0	>150	>100	Sulawesi Selatan, NTB, NTT, Pantai Selatan Jawa

Karena listrik merupakan kebutuhan mendasar bagi hampir seluruh umat manusia, Listrik menjadi salah satu energi yang menjadi syarat utama dalam semua kegiatan ekonomi dan aktivitas manusia. Contoh penggunaan energi listrik untuk menyalakan alat elektronik, keperluan industri, transportasi penerangan dan kebutuhan lainnya. Dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan dan pembuatan turbin angin sumbu vertical dengan menggunakan turbin angin model savonius. Bertujuan untuk memanfaatkan energi angin di jalan raya dengan maksimal, alat ini bekerja dengan memanfaatkan hembusan angin dari kendaraan yang melintas.

**B. RESEARCH METHOD**

Karena wilayah Indonesia yang berada di sekitar daerah ekuator, kondisi ini ditengarai memiliki potensi angin yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan energi terbarukan sebagai alternatif pembangkit listrik yang selama ini lebih banyak menggunakan bahan bakar minyak bumi[3].

Pemanfaatan energi angin sebagai pembangkit listrik merupakan pemanfaatan energi terbarukan yang paling berkembang saat ini. Pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan

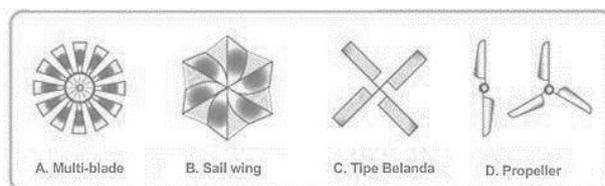
dapat diterapkan di laut. Diharapkan dengan diberdayakannya Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia, akan menjadi salah satu solusi sumber energi alternative[4].

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik[5][6].

Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu turbin angin sumbu mendatar (*horizontal axis wind turbine*) dan turbin angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbine*)[7]

1. *Horizontal Axis Wind Turbine*(HAWT)

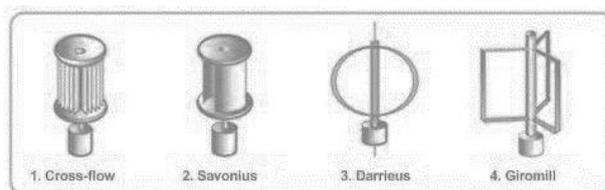
HAWT merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputardengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Biasanya turbin jenis ini memiliki *blade* berbentuk seperti bentuk sayap pada pesawat. Secara umum semakin banyak jumlah *blade*, semakin tinggi putaran turbin[8][9][10].



Gambar 1. Macam-macam desain HAWT.

2. *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT)

VAWT merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. Ada tiga tipe rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Savonius memanfaatkan gaya *drag* sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya *lift*.



Gambar 2. Macam-macam desain kincir angin VAWT

3. Generator

Generator adalah suatu mesin yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Tenaga mekanik

digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet ataupun sebaliknya memutar magnet diantara kumparan kawat penghantar. Tenaga mekanik dapat berasal dari tenaga panas, potensial air, motor diesel, motor bensin dan ada yang berasal dari motor listrik.

#### 4. Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewatkan arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

#### 5. Light Dependent Resistor (LDR)

Light Dependent Resistor (LDR) merupakan sebuah resistor yang nilai resistansinya berubah seiring perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam kondisi gelap resistansi LDR sekitar  $10M\Omega$ , tapi dalam kondisi terang resistansi LDR menurun hingga  $1K\Omega$  atau bahkan lebih kecil lagi.

#### 6. Lampu

Lampu Listrik adalah suatu perangkat yang dapat menghasilkan cahaya saat dialiri arus listrik. Arus listrik yang dimaksud ini dapat berasal tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik terpusat (Centrally Generated Electric Power) seperti PLN dan Genset ataupun tenaga listrik yang dihasilkan oleh Baterai dan Aki.

#### 7. Perhitungan Koefisien Daya

##### a. Daya Angin

Sedangkan daya angin  $P_A$  adalah energi angin tiap satuan waktu dan telah diketahui Kecepatan angin  $v$  dan Luas Sapuan Angin  $A$  didapat persamaan sebagai berikut :

$$P_A = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

##### b. Daya Mekanis

Daya mekanis adalah daya yang dihasilkan turbin angin  $P_T$  akibat adanya kerja dari *blade* / sudu / baling – baling dengan cara mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik atau energi putar pada poros. Daya mekanis tidak sama dengan daya angin, karena daya mekanis dipengaruhi oleh koefisien daya angin ( $C_p$ ). Daya mekanis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_T = T \frac{2\pi n}{60}$$

#### d. Daya Listrik

Daya listrik adalah daya keluaran yang dihasilkan dari putaran generator. Daya listrik  $P_L$  dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_L = VxI$$

##### a. Koefisien Daya

Koefisien daya  $C_p$  merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan turbin angin dengan daya yang dihasilkan oleh angin. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh seorang ilmuwan Jerman bernama Albert Betz, didapatkan efisiensi maksimum turbin angin adalah sebesar 59,3%. Angka tersebut disebut *Betz Limit*. Secara teori, koefisien daya dapat dirumuskan :

$$C_p = \frac{P_A}{P_T} \times 100 \%$$

### C. RESULTS AND ANALYSIS

#### Desain penelitian

##### 1. Tahap 1 : Desain Alat .

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah membuat sketsa Rancang Bangun Pengisian Baterai Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

##### 2. Tahap 2 : Pembuatan Alat .

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah menempatkan dan menggabungkan komponen yang digunakan sesuai desain yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

##### 3. Tahap 3 : Pengujian rangkaian turbin angin.

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah menguji rangkaian yang telah dibuat dan mencatat hasil pengujian.

#### Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini berlangsung selama 3 bulan yang dimulai pada bulan Juni 2021 sampai dengan bulan Agustus 2021. Perancangan dan Pembangunan turbin angin berlangsung pada bulan Juni sampai bulan Juli 2021, dan pengambilan data di lapangan dilakukan satu bulan terakhir yaitu bulan Agustus. Pengambilan data mengambil lokasi di Jl. Totok kerot kec. Mojoagung, Kabupaten Jombang, Jawa Timur.

#### Metode Analisis Data

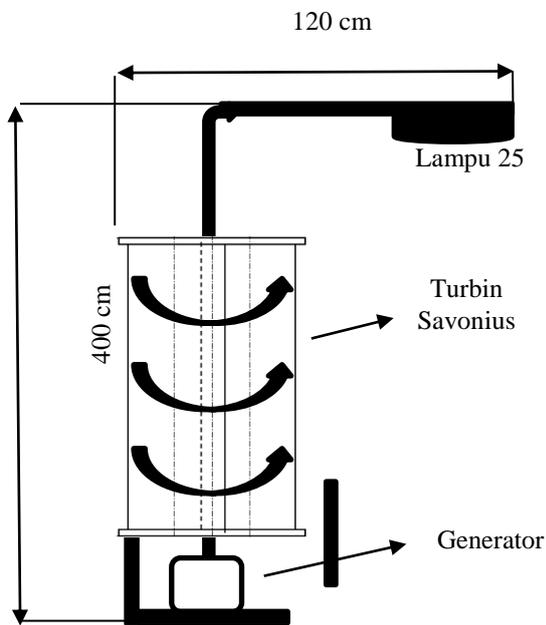
Metode yang digunakan dengan mengumpulkan data baik data primer maupun data sekunder. Data primer berupa data topografi, dan kecepatan angin. Data

sekunder berupa potensi angin yang didapat dari data cuaca secara online. Analisa data pada penelitian ini akan mengetahui berapa nilai keluaran turbin angin dan beban lampu jalan untuk menerangi jalan dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam terbarukan di Jl. Totok kerot kec. Mojoagung, Kabupaten Jombang, Jawa Timur.

Penelitian ini digunakan untuk mengetahui daya keluaran (output) yang dihasilkan generator menggunakan sumber energi terbarukan yaitu dengan menggunakan turbin angin

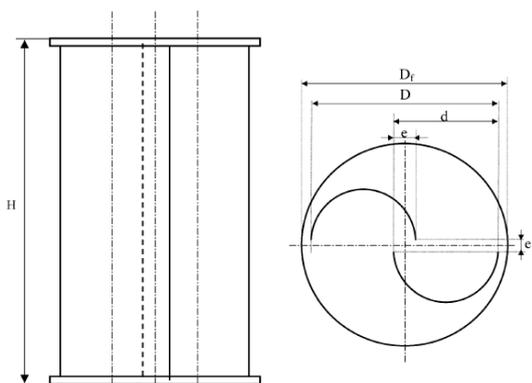
Desain perencanaan lampu jalan dengan turbin angin

Turbin angin savonius dibuat dengan material besi sebagai rangka dan plat seng yang di gunakan sebagai sudu turbinya



Gambar 3. Desain perencanaan lampu jalan dengan turbin angin

Rancangan turbin savonius



Gambar 4. Rancangan turbin savonius

Keterangan:

H : Ketinggian sudu savonius.

d : Diameter sudu savonius.

Df : Diameter turbin

P : Jarak pinggir sudu

A : Luas penampang pada sudu

Perhitungan pada Turbin angin

Karena mengambil tempat penelitian di Peterongan maka harus mengetahui dulu potensi angin disana.

Tabel 2. Data Kecepatan Angin Seminggu Kedepan Di Wilayah Peterongan

Tanggal	Kecepatan angin
Selasa, 08-06-2021	9 Km/jam
Rabu, 09-06-2021	10 Km/jam
Kamis, 10-06-2021	9 Km/jam
Jumat, 11-06-2021	8 Km/jam
Sabtu, 12-06-2021	10 Km/jam
Minggu, 13-06-2021	11 Km/jam
Senin, 14-06-2021	11 Km/jam
Rata-Rata	9,7 Km/jam

Jadi kecepatan angin rata-rata di daerah Peterongan 9,7 Km/jam atau sekitar 2,69 m/s. Untuk mencari daya yang dihasilkan oleh angin kita gunakan rumus.

$$\begin{aligned}
 P_A &= \frac{1}{2} \rho A v^3 \\
 &= 0,5 \times (1,2 \text{ kg/m}^3) \times (\pi D h) 2,69^3 \text{ m/s} \\
 &= 0,5 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 3,14 \times 0,725 \text{ m} \times 2,69^3 \text{ m/s} \\
 &= 29,25 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari daya mekanis turbin angin kita gunakan rumus

$$P_T = T \frac{2\pi n}{60} = 24,33 \frac{2,3,14,146,25}{60} = 372,43 \text{ watt}$$

Langkah Pembuatan

1 Pengerjaan Rangka Utama

Rangka dibuat sekuat mungkin berbentuk segitiga yaitu dari besi L dengan ukuran 5 cm x 5 cm, dengan panjang 50 cm.



Gambar 5. Membuat rangka bawah turbin.

2. Pengerjaan Poros

Dengan potongan pipa besi yang sesuai ukuran. kemudian menggunakan mesin bubut, besi profil bulat tersebut dipasang ke dalam ragum mesin bubut tersebut. Setelah terpasang, mesin bubut dihidupkan dengan putaran rendah kemudian diatur putaran benda kerja sehingga putaran ragum mesin bubut bisa center terhadap benda kerja. Setelah itu dipasang pahat ke dalam rumah pahat secara center. Dengan mengatur kecepatan mesin bubut yang sesuai, kemudian besi profil bulat tersebut dibubut dengan arah memanjang (dikurangi diameternya) sampai diameter yang dikehendaki dengan memberi toleransi agar diameter poros tersebut dapat masuk ke dalam lubang bantalan yang direncanakan.



Gambar 6. Pembubutan poros turbin

3. Sudu

Pertama membuat mal dengan ukuran yang telah ditentukan. Bahan yang akan di mal yaitu plat seng dengan cara menggambar sesuai dengan sudu yang di rencanakan. Kemudian dilakukan pemotongan plat seng dengan menggunakan gunting plat. Setelah dilakukan pemotongan dilanjutkan membuat kelengkungan dengan mengikat ujung-ujung sudu menggunakan baut sesuai ukuran yang telah ditentukan. Sudu yang telah jadi, diperkuat dengan membuat kerangka yang ditempelkan pada belakang sudu menggunakan besi plat.



Gambar 7. Pembuatan sudu

4. Bantalan (*bearing*)

Bantalan yang digunakan terdapat 2 buah yaitu bantalan poros atas sudu dan bantalan poros roda gigi.

Proses Perakitan

Proses perakitan merupakan suatu proses penggabungan komponen-komponen mesin atau bahan menjadi suatu kesatuan dengan memperhatikan urutan yang telah ditentukan, sehingga menjadi sebuah mesin yang siap digunakan sesuai yang diperhitungkan dan tujuan yang telah direncanakan. Langkah awal untuk

melakukan perakitan adalah melakukan pengecekan komponen-komponen yang hendak dirakit. Menyiapkan alat bantu dalam perakitan komponen-komponen serta menyiapkan langkah-langkah perakitan, Dengan langkah perakitan yang tepat akan mempermudah dan mempercepat proses perakitan itu sendiri serta menjamin keberhasilan rancangan.



Gambar 8. Turbin angin savonius

Table 1. SPESIFIKASI TURBIN ANGIN SAVONIUS

Komponen	Dimensi	Bahan
Jumlah sudu	3	Plat seng
Tinggi rangka turbin	190 cm	Besi
Sudu turbin savonius	60 cm X 145 cm	Plat seng

Generator DC magnet permanen



Gambar 9. Generator DC permanent.

Tabel 3. SPESIFIKASI GENERATOR DC

Model	Spesifikasi
Output	500 Watt
Volt	315V DC
Rating Current	3.0 A
Speed	2500 r/min
For	200-240 V

D. CONCLUSION

Dalam bab ini akan di bahas pengujian dan analisis dari turbin angin vertikal tipe savonius ini. Pengujian dilakukan dengan menaruh turbin angin ini di trotor tengah jalan peterongan dan menggunakan hembusan dari kendaraan yang lewat sebagai sumber tenaga untuk

menggerakkan kincir angin. Pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian kecepatan putar pada kincir angin (rpm) terhadap tegangan keluaran generator (volt).
2. Daya keluaran generator.
3. Tegangan keluaran generator.

Hasil Rancangan

Pada perancangan turbin vertical axis pada PLTB dimulai dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Pembuatan alat dimulai dengan melihat desain-desain PLTB yang dijadikan sebagai media pembelajaran atau media praktikum
2. Setelah melihat desain-desain yang memungkinkan untuk dibuat, maka dalam proses ini juga memikirkan bahan yang cocok untuk dibuat agar rancang bangun turbin vertikal axis ini tidak memerlukan banyak biaya dalam hal pembuatannya dan juga tidak memiliki dimensi yang tidak terlalu besar pula.
3. Selanjutnya pembelian bahan-bahan yang cocok untuk digunakan sebagai bahan rancang bangun vertikal axis ini di beberapa toko offline dan online.
4. Perakitan bahan-bahan yang telah sesuai dengan desain yang kurang lebih seperti yang terlihat di media sosial dan tidak langsung membuat desain.
5. Setelah rancang bangun turbin vertikal axis ini selesai dibuat, selanjutnya diuji coba terlebih dahulu untuk mendapatkan beberapa point seperti mengukur kecepatan putaran turbin, tegangan yang dihasilkan.
6. Membuat gambar desain rancang bangun turbin vertikal axis yang telah jadi.
7. Tahap terakhir adalah dokumentasi rancang bangun turbin vertikal axis yang telah dibuat.

Proses Pengujian

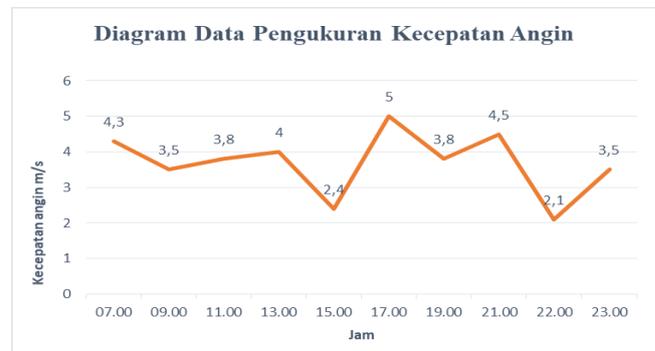


Gambar 10. Pengambilan data

Data hasil pengujian turbin angin vertikal tipe savonius.

Tabel 4. DATA PENGUKURAN TURBIN ANGIN SAVOIOUS.

Jam	Rata-rata Kecepatan angin	Putaran poros turbin	Tegangan yang dihasilkan
07.00	4,3 m/s	84 rpm	10,5 volt
09.00	3,5 m/s	67,9 rpm	8,54 volt
11.00	3,8 m/s	73,7 rpm	9,26 volt
13.00	4,0 m/s	77,6 rpm	9,76 volt
15.00	2,4 m/s	48 rpm	6,05 volt
17.00	5,0 m/s	97 rpm	12,2 volt
19.00	3,8 m/s	73,7 rpm	9,26 volt
21.00	4,5 m/s	87,3 rpm	10,9 volt
22.00	2,1 m/s	41 rpm	5,23 volt
23.00	3,5 m/s	67,9 rpm	8,54 volt



Gambar 11. Diagram data pengukuran kecepatan angin.



Gambar 12. Diagram data pengukuran tegangan turbin angin.

Pengujian Turbin Savonius

Pada saat pengujian, alat yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- 1) Anemometer digital sebagai alat ukur kecepatan angin.
- 2) Tachometer digital sebagai alat ukur putaran rotor turbin.
- 3) Multimeter digital sebagai alat ukur tegangan.



Gambar 13. Pengujian pada malam hari.

Perhitungan Koefisien Daya

Hasil perhitungan hanya dilakukan pada salah satu sampel.

1. Daya Angin

Sedangkan daya angin adalah energi angin tiap satuan waktu dan telah di ketahui Kecepatan angin  $v = 5$  m/detik dan Luas Sapuan Angin  $A = 0,725 \text{ m}^2$ . Didapat persamaan sebagai berikut :

$$P_A = \frac{1}{2} \rho A v^3 = \frac{1}{2} 1.2 \cdot 0,725 \cdot 5^3 = 54,375 \text{ watt}$$

2. Daya Mekanis

Daya mekanis adalah daya yang dihasilkan turbin angin akibat adanya kerja dari *blade* / sudu / baling – baling dengan cara mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik atau energi putar pada poros. Daya mekanis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_T = T \frac{2\pi n}{60} = 36,61 \frac{2.3,14.97}{60} = 371,69 \text{ watt}$$

3. Daya Listrik

Daya listrik adalah daya keluaran yang dihasilkan dari putaran generator.

Daya listrik dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_L = VxI = 12,2 \times 3 = 36,6 \text{ watt}$$

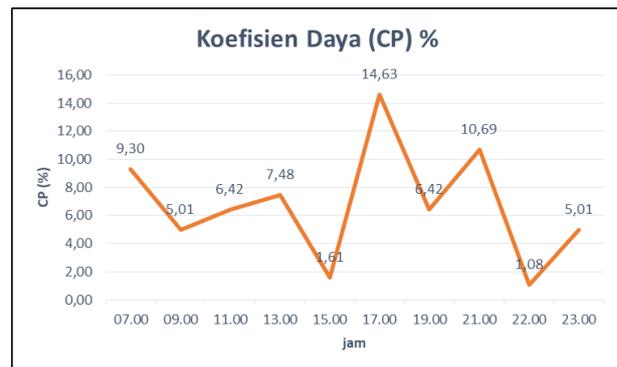
4. Koefisien Daya

Koefisien daya merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan turbin angin dengan daya yang dihasilkan oleh angin. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh seorang ilmuwan Jerman bernama Albert Betz, didapatkan efisiensi maksimum turbin angin adalah sebesar 59,3%. Angka tersebut disebut *Betz Limit*. Secara teori, koefisien daya dapat dirumuskan :

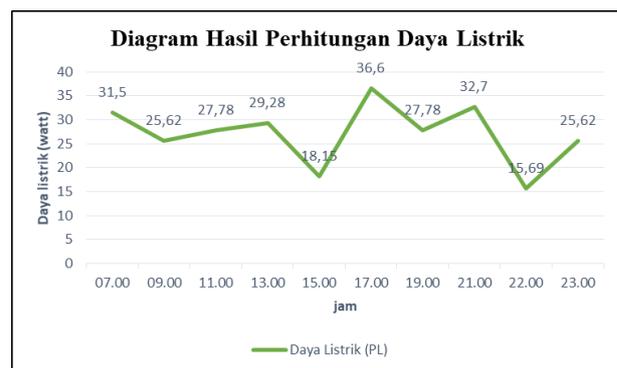
Tabel 5. HASIL PERHITUNGAN TURBIN ANGIN SAVONIUS

Jam	Daya Turbin $P_T$ (watt)	Daya Angin $P_A$ (watt)	Koefisien Daya $C_p$ (%)	Daya Listrik $P_L$ (watt)
07.00	371,9	34,586	9,30	31,5
09.00	372,39	18,651	5,01	25,62
11.00	371,811	23,869	6,42	27,78
13.00	371,993	27,84	7,48	29,28
15.00	372,479	6,013	1,61	18,15
17.00	371,69	54,375	14,63	36,6
19.00	371,811	23,869	6,42	27,78
21.00	370,704	39,639	10,69	32,7
22.00	372,445	4,028	1,08	15,69
23.00	372,471	18,651	5,01	25,62

$$C_p = \frac{P_A}{P_T} \times 100 \% = \frac{54,375}{371,69} \times 100 \% = 14,63 \%$$



Gambar 14. Diagram koefisien daya (%)



Gambar 15. Diagram perhitungan daya listrik.

Menghitung efisiensi mekanis turbin.



Gambar 16. Hasil rpm dan volt yang dikeluarkan turbin.



Gambar 17. pengukuran kecepatan angin dengan anemometer.

Daya yang dihasilkan oleh turbin dapat dihitung:

$$P_{T1} = T \frac{2\pi n}{60} = 46,02 \frac{2.3,14.77,32}{60} = 372,49 \text{ watt}$$

Di asumsikan dengan kecepatan angin yang sama kecepatan generator sesuai dengan spesifikasinya adalah 64,02 rpm jadi asumsi daya yang dihasilkan turbin adalah :

$$P_{T2} = T \frac{2\pi n}{60} = 46,02 \frac{2.3,14.64,02}{60} = 308,42 \text{ watt}$$

Jadi efisiensi mekanis turbin

$$\frac{P_{T2}}{P_{T1}} = \frac{308,42}{372,49} = 82,79 \%$$

**E. REFERENCES**

[1] S. D. Prasetyo, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT HYBRID TENAGA ANGIN DAN SEL SURYA UNTUK PENERANGAN JALAN RAYA," *Univ. MUHAMMADIYAH SURAKARTA*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2018.

[2] S. Stepanus, Iskandar Zulkarnaen, Arya Mirza, and F. E. Mugni, "Energi Angin Sebagai Sumber Daya Listrik Data Recovery Center," *Lektrokom J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, p. 4, 2018, doi:

10.33541/lektrokom.v1i1.3316.

[3] PERPRES 61, *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, vol. 2, no. 2. 2015.

[4] L. Venthus, A. Gunawan, and N. Harpawi, "Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Rx)," *J. Aksara Elem.*, 2012.

[5] M. R. Djalal, M. Ali, H. Nurohmah, and D. Ajiatmo, "Aplikasi Algoritma Differential Evolution untuk Desain Optimal Load Frequency Control pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Angin dan Diesel," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 5, p. 511, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201855430.

[6] M. Arrohman, R. Fajardika, M. Muhlasin, and M. Ali, "Optimasi Frekuensi Kontrol pada Sistem Hybrid Wind-Diesel Menggunakan PID Kontroler Berbasis ACO dan MFA," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 65–68, May 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.01.10.

[7] T. Rifai, G. G. R. Gunadi, and E. Ridwan, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) Mikro Turbin Savonius pada Jalan Tol Jatiasih," *J. Mek. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 82–88, 2021, doi: 10.32722/jmt.v2i2.4423.

[8] M. Ali, A. N. Afandi, H. Nurohmah, R. Rukslin, M. A. Haikal, and M. R. Djalal, "Optimization of wind-turbine control using the hybrid ANFIS-PID method based on ant colony optimization," in *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED TECHNOLOGY AND MULTIDISCIPLINE (ICATAM) 2021*, 2023, p. 30002. doi: 10.1063/5.0118865.

[9] M. Ali, Budiman, A. R. Sujatmika, and A. A. Firdaus, "Optimization of controller frequency in wind-turbine based on hybrid PSO-ANFIS," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1034, no. 1, p. 12070, Feb. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1034/1/012070.

[10] Rukslin and M. Ali, "Desain Pitch Angle dengan Tuning Bat Algorithm (BA) pada Wind Turbine Menggunakan PID Controller," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 6, no. 1, pp. 40–51, Apr. 2022, doi: 10.21070/jeeeu.v6i1.1624.