

Design Of Vertical Wind Turbine Power Plants For Light Trap In Onion Farming Lands

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Untuk Perangkap Cahaya Di Lahan Tani Bawang Merah

*Muhammad Agus Shidiq¹, Mustaqim², Hadi Wibowo³, Ahmad Farid⁴, Rusnoto⁵

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Pancasakti tegal, Jawa Tengah, INDONESIA.

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 12 Mei 2024

DIREVISI : 14 Juni

DISETUJUI : 16 Juli

*KORESPONDENSI PENULIS :

m.agusshidiq@upstegal.ac.id

Abstract

Trap lights, also known as insect traps, are used to attract light-loving insects when night falls. This device can also be used to count the population and presence of insects in agricultural land. From the beginning of planting, the use of light traps will help farmers detect pests. It seems that Indonesian society is still underutilizing wind energy as a source of electricity. One of the reasons is the low average wind speed in Indonesia. It is difficult to generate large amounts of electrical energy because wind speeds range from 3 m/s to 5 m/s. This research focuses on innovating existing tools by providing variations in wind speed and load on turbines, which are then compared to each other to produce turbine efficiency values. Therefore, an experimental method was chosen for this data collection. The test results show that the generator produces the highest power of 4.9833 Watts at a wind speed of 8.75 m/s and a power load of 7 Watts. On the other hand, the turbine achieves the highest efficiency value of 6.52% at a wind speed of 6.91 m/s and a power load of 7 Watts.

Keywords: Light Trap, Savonius Wind Turbine

Abstrak

Lampu perangkap, juga dikenal sebagai lampu perangkap, digunakan untuk menarik serangga yang suka cahaya saat malam tiba. Alat ini juga dapat digunakan untuk menghitung populasi dan keberadaan serangga di lahan pertanian. Dari awal penanaman, penggunaan trap cahaya akan membantu petani menemukan hama. Sepertinya masyarakat Indonesia masih kurang menggunakan energi angin sebagai sumber listrik. Salah satu penyebabnya adalah kecepatan angin rata-rata yang rendah di Indonesia. Sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam jumlah besar karena kecepatan angin berkisar antara 3 m/s dan 5 m/s. Penelitian ini berfokus pada inovasi alat yang sudah ada dengan memberikan variasi kecepatan angin dan beban pada turbin, yang kemudian dibandingkan satu sama lain untuk menghasilkan nilai efisiensi turbin. Oleh karena itu, metode eksperimen dipilih untuk pengumpulan data ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa generator menghasilkan daya tertinggi sebesar 4,9833 Watt dengan kecepatan angin 8,75 m/s dan beban daya sebesar 7 Watt. Di sisi lain, turbin menghasilkan nilai efisiensi tertinggi sebesar 6,52% dengan kecepatan angin 6,91 m/s dan beban daya sebesar 7 Watt.

Kata kunci: Light Trap, Turbin Angin Savonius

I. PENDAHULUAN

Energi angin sangat bersih, dan proses produksinya tidak mencemari lingkungan. Menggunakan energi angin untuk menghasilkan listrik bukanlah sesuatu yang baru. Namun, energi listrik yang dihasilkan pasti sangat terbatas karena beberapa faktor penting perlu dipertimbangkan, seperti kecepatan angin yang mungkin terjadi di suatu wilayah, durasi angin dalam satu hari, dan peralatan konversi energi yang digunakan [1].

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Sumber energi ini ramah lingkungan dan tidak akan habis dalam waktu dekat [2].

Perangkap cahaya akan membantu petani menemukan hama di lapangan. Metode ini efektif namun tetap memakan biaya yang cukup tinggi, terutama untuk biaya listrik. Oleh karena itu, diharapkan untuk mengurangi biaya yang digunakan dengan menggunakan energi angin melalui prototype pembangkit listrik sumbu vertikal tipe Savonius skala kecil untuk digunakan sebagai pembangkit listrik untuk trap lampu. Sepertinya masyarakat Indonesia masih kurang menggunakan energi angin sebagai sumber listrik. Sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam jumlah besar karena kecepatan angin berkisar antara 3 m/s dan 5 m/s. Namun, angin dapat digunakan untuk pembangkit listrik skala kecil di Indonesia hampir sepanjang tahun [3].

Untuk tetap dapat menghasilkan energi listrik pada kecepatan angin yang rendah, inovasi baru harus dibuat untuk mengubah turbin. Kajian teknis tentang mesin konversi energi adalah salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memaksimalkan penggunaan energi angin untuk menghasilkan listrik. Untuk tujuan ini, penelitian ini menggunakan rancang bangun turbin angin Savonius untuk mengembangkan prototype skala kecil.

Energi mekanik dapat dihasilkan dari energi kinetik melalui turbin angin. Sudu turbin adalah bagian turbin yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi ini. Kerugian sering terjadi ketika energi angin mengubah energi. Salah satu faktornya adalah bahwa turbin tidak dapat mengubah semua potensi energi kinetik angin menjadi bentuk energi lain. Jumlah energi yang dapat diubah akan meningkat jika kerugian energi yang disebabkan oleh bentuk turbin menjadi lebih kecil. Turbin menghasilkan energi gerak, yang kemudian diteruskan ke roda gigi yang terhubung ke generator listrik. Generator ini kemudian mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kecepatan angin dapat digunakan untuk menghitung jumlah energi mekanik yang dihasilkan. Anemometer adalah jenis alat ukur yang paling umum digunakan.

Banyak petani yang masih menggunakan sumber energi tradisional yang tidak efisien dan tidak ramah lingkungan. Penggunaan sumber energi tradisional dapat meningkatkan biaya operasional dan menghasilkan polusi [4].

Light trap digunakan untuk melindungi tanaman bawang dari hama. Lampu yang digunakan harus stabil dan terus menerus beroperasi untuk memberikan perlindungan yang efektif [2]. Turbin angin Savonius memiliki kelebihan karena tidak tergantung pada arah angin dan konstruksinya lebih sederhana dibandingkan dengan turbin angin lainnya [5]. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan prototype pembangkit listrik tenaga angin turbin vertikal tipe Savonius yang dapat menghasilkan daya 15 watt untuk digunakan sebagai light trap di petani bawang [6].

II. METODE

Pembangkit listrik tenaga angin turbin menggunakan sumbu vertikal dan generator magnet permanen. Model konstruksinya portabel, sehingga petani atau pemakai dapat beralih ke lokasi dengan kecepatan angin yang cukup stabil.

Pada kesempatan ini, dasar perancangan yang dimaksud adalah proses mendesain sekaligus merancang sebuah alat dengan tujuan meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan efektifitas proses manufaktur. dengan mempersiapkan mesin dan alat yang disesuaikan dengan kebutuhan manufaktur saat ini. Kualitas alat dan faktor ekonomi akan menjamin harga produk yang kompetitif. Tujuan utama pembuatan alat adalah untuk mengurangi biaya selama proses produksi sambil mempertahankan kualitas dan meningkatkan produktivitas [7].

Dalam penelitian ini memenuhi syarat-syarat berikut untuk mencapai poin-poin dalam perancangan tersebut, yaitu

- Menyediakan atau menyiapkan alat yang mudah digunakan untuk mencapai tingkat efisiensi yang maksimum;

- Dapat mengurangi biaya produksi dengan membuat suku cadang dengan biaya yang serendah mungkin;
- Desain alat yang secara konsisten dapat menghasilkan kualitas yang unggul; dan
- Dapat meningkatkan kapasitas produksi dengan menggunakan mesin yang paling efisien mungkin.
- Memilih bahan yang dapat mengurangi biaya produksi tanpa mengurangi kualitas alat atau produk.

Metode eksperimen akan digunakan untuk menguji kinerja dan efisiensi prototype. Pengujian akan dilakukan dengan variasi kecepatan angin dan beban yang berbeda untuk menentukan batas daya yang dapat dihasilkan.

Penulis penelitian menggunakan metode prototype atau eksperimen dan menggunakan perangkat lunak (software) untuk merancang sebuah pembangkit listrik tenaga angin skala kecil yang menggunakan turbin angin dengan poros atau sumbu vertikal tipe Savonius. Peneliti menggunakan program CAD (Computer Aided Design), khususnya Solidworks, yang digunakan untuk merancang atau mendesain dari segi komponen dan menggabungkan komponen menjadi satu kesatuan.

Setelah turbin angin bergerak porosnya karena terpaan angin, generator menghasilkan putaran, yang kemudian dapat diubah menjadi tenaga atau energi listrik.

Turbin angin sumbu vertikal tipe savonius merupakan sebuah alat atau mesin yang berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga angin dengan melalui rotor atau sudu yang diterpa oleh sapuan angin atau tenaga angin yang sering kita sebut juga sebagai energi kinetik, kemudian dirubah menjadi tenaga gerak atau energi mekanik oleh rotor yang terhubung kepada generator sehingga mengakibatkan berputarnya as atau poros yang terhubung terhadap generator yang kemudian putaran tersebut dikonversikan menjadi energi listrik oleh generator yang nantinya daya tersebut disalurkan kepada aki, kemudian untuk dapat memakai energi listrik tersebut diperlukan konverter atau inverter untuk mengubah aliran listrik dari DC (Direct Current) ke AC (Alternating Current), yang nantinya dihubungkan dengan light trap yang sudah terpasang dengan sebuah lampu dengan variasi 3, 5, dan 7 watt.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan dasar perancangan mesin yaitu, yang pertama dengan mengenali terlebih dahulu kebutuhan produk, kedua mendefinisikan masalah dan pemahaman, ketiga melakukan riset dan persiapan, kemudian membuat konseptualisasi, perpaduan, evaluasi, optimasi dan presentasi.

A. Perhitungan Spesifikasi Turbin Angin Savonius

Daya rencana yang akan digunakan untuk membangkitkan beban daya yang telah ditentukan yaitu daya lampu LED sebesar 3, 5, dan 7 Watt, nilai pada TSR yaitu sebesar 0,8 dan nilai pada C_p yaitu 0,2, maka luas Sapuan Motor adalah :

$$\text{Rencana daya turbin angin } (Pr) = 15 \text{ Watt}$$

$$\text{Kecepatan angin } (v_1) = 4 \text{ m/s}$$

$$\text{Koefisien daya } (C_p) = 0,2$$

Pembahasan :

$$Pr = 1/2 \rho A v_1^3 C_p$$

$$A = 1,593 \text{ m}^2$$

Diameter Rotor dan Radius Pada Sudu Turbin adalah

$$A = 3/2 \pi dL$$

Tinggi sudu (L) = 0,6 m

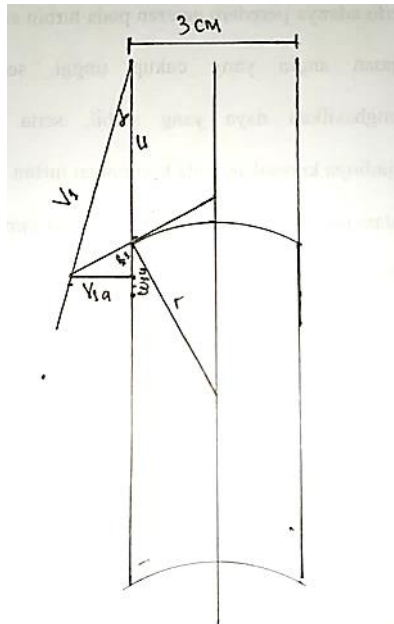
Jumlah sudu = 3 buah

Luas 1 buah sudu = $1,593/3 = 0,531 \text{ m}^2$

Maka diameter rotornya = 0,28 m

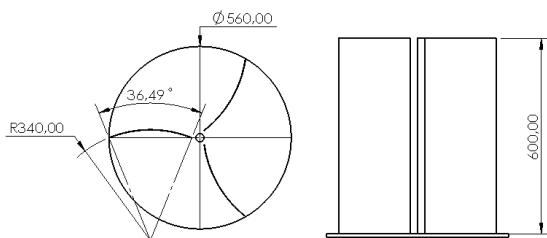
Sedangkan radius pada sudu turbin savonius dengan kecepatan angin (v) 4m/s dengan RPM Rotor yang dihasilkan 110RPM, dengan nilai $\omega = 2\pi N / 60 = 11.51$ maka $R = v/\omega = 4/11.51 = 0.34\text{m}$

Untuk Rasio Pulley adalah 1:4 dan sudut blade 15° . maka dapat digambarkan design sudu rotor tubin adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Gambar Lengkungan Sudu Rotor Turbin Angin Savonius

V_1 (Kecepatan angin)	= 4 m/s
$\angle$ (Sudut masuk aktual)	= 15°
β_1 (Sudut masuk relatif)	= $36,49^\circ$
W_1 (Kecepatan relatif masuk)	= 0,821 cm
W_{1u} (komponen uji yang searah putaran aktual)	= 0,66 cm
U (Kecepatan tangensial roda turbin)	= 3,2 cm
V_{1a} (Komponen V_1 yang searah axial relatif)	= 1,035 cm
V_{1u} (Komponen V_1 yang searah dengan U)	= 3,86 cm
r (jari-jari sudu)	= 3,4 cm



Gambar 2. Desain Blade dan Rotor Turbin Angin Savonius

B. Perhitungan Diameter Poros Turbin Angin Savonius

Data yang diketahui adalah Daya (P) = 15 Watt = 0,015 kW Putaran (n)= 110 rpm. Untuk meneruskan daya dan putaran ini, hitung terlebih dahulu daya perencanaannya (P_d).

$$P_d = f_c \cdot P$$

Dimana :

P_d = daya perencanaan

f_c = faktor koreksi

P = daya masukan (kW)

Untuk perancangan poros ini diambil daya rata-rata sebagai daya rencana dengan faktor koreksi sebesar $f_c = 2$ dengan pertimbangan bahwa daya yang direncanakan akan lebih besar dari daya maksimum sehingga poros akan semakin aman terhadap kegagalan akibat dari momen puntir yang terlalu besar.

Maka :

$$P_d = 2 \times 0,015 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,03 \text{ kW}$$

$$P_d = 30 \text{ W}$$

Pemilihan bahan dapat ditentukan dengan menghitung momen puntir (momen torsi rencana) yang dialami oleh poros pada putaran 110rpm maka .

$$M_p = (30/\pi) (P_d/n) = 2.57 \text{ Nm}$$

Pemilihan material poros diasumsikan menggunakan batang baja S55C-D.

Tabel 1. Sifat Poros Baja S55-D

Lambang	Perlakuan Panas	Diameter (mm)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan	
				$H_{BC}(H_{BB})$	H_B
S55C-D	Dilunakan	20 atau kurang 21-80	72-93 67-83	14-31 10-26	- 188-260
	Tanpa Dilunakan	20 atau kurang 21-80	80-101 75-91	19-34 16-30	- 213-285

Dalam pemilihan bahan perlu diketahui tegangan gesernya , yang dapat dihitung, $r_a = \frac{\sigma_b}{S_{f1} \times S_{f2}} = \frac{80}{6.0 \times 2/0} = 6.66 \text{ N/mm}^2$

diameter poros yang akan dipakai sebagai poros turbin :

$$dp = \left\{ \left[\frac{5.2}{r_a} \right] \cdot K_t \cdot C_b \cdot M_p \right\}$$

dp = diameter poros (mm)

r_a = tegangan geser (N/mm²)

K_t = faktor koreksi tumbukan , bernilai kisaran 1,5 -3,0 n.

C_b = faktor koreksi terjadinya kemungkinan terjadinya beban lentur, dalam perencanaan ini diambil 1,2 – 2,2 karena diasumsikan tidak akan terjadi beban lentur.

M_p = momen puntir yang ditransmisikan (Nm).

Dalam hal ini faktor koreksi tumbukan range 1,5 – 3,0 diambil $K_t = 1,5$. Dan dalam mekanisme ini kemungkinan terjadinya beban lentur kecil, karena poros yang digunakan relatif pendek, sehingga faktor koreksi untuk beban lentur $C_b =$

2,0 dan momen puntir yang terjadi $M_p = 2,57 \text{ Nm}$, maka diameter poros

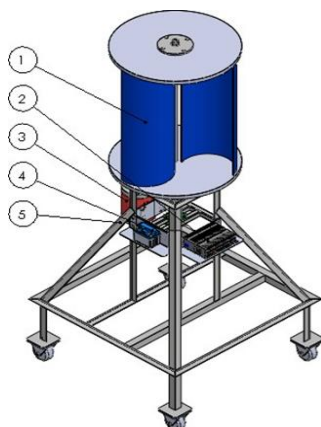
$$dp = [5,1/6,66 \times 1,5 \times 2,0 \times 2,57 \times 1000]^{1/3}$$

$$dp = 3\sqrt[3]{5904} = 18,07 \text{ mm} \approx 18 \text{ mm}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan diatas didapatkanlah spesifikasi prototype turbin angin tipe savonius pembangkit listrik tenaga angin ditunjukkan pada tabel dberikut :

Tabel 2. Dimensi Komponen Berdasarkan Perhitungan

No	Nama Komponen	Dimensi (mm) dan Spesifikasi	Qty
1	Tinggi Frame	1000 x 930 x 930	1 set
2	Base Aki	330 x 80 x 93	1
3	Base Inverter	330 x 165 x 70	1
4	Base Generator	330 x 102 x 2	1
5	Base Blade	Ø 170 x 10	2
6	Belt	700 x Ø 40 x Ø 35	1
7	Rotor	Ø 600 x 600	3 Sudu
8	Pulley	Ø 254 x 63,5	2
9	Base Frame Roller	Ø 100 x 125	4
10	Poros	Ø 18 x 1250	1
11	Grip Blade	Ø 600 x 20	2
12	Pillow Block Bearing	Ø 19 x 86	4



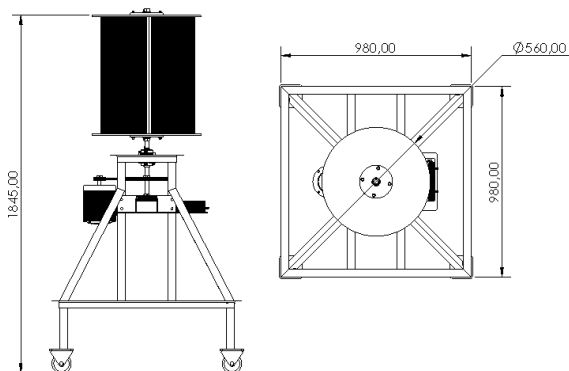
Keterangan :

1. Blade Turbin
2. Frame Turbin
3. Inverter
4. Generator
5. Aki

Gambar 4. Rancangan Desain Turbin Angin Savonius

Tabel 3. Dimensi Turbin Savonius

Desain	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Diamete (mm)
Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius	980	1845	980	560

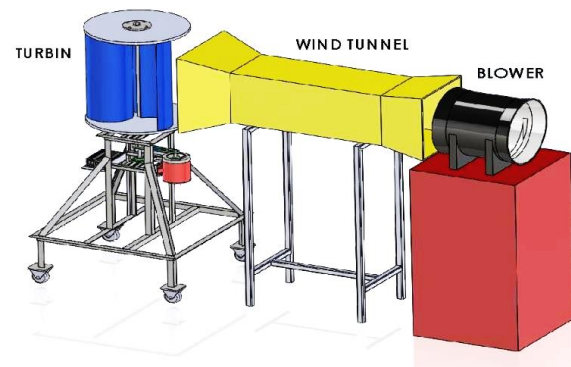


Gambar 4. Dimensi Turbin

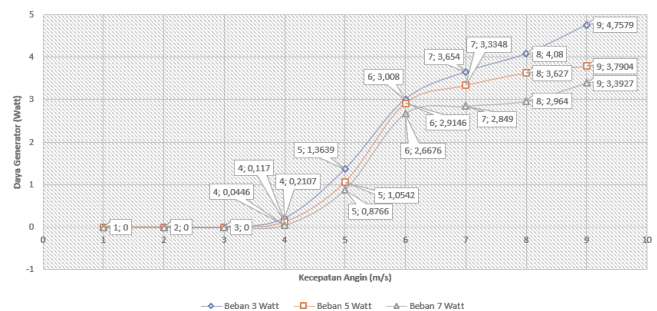
Pembuatan turbin menggunakan material stainless steel sebagai sudu dengan thick 0,3 mm, dan multiplex sebagai dudukan dari sudu tersebut.



Gambar 5. Pembuatan Sudu dan Pengelasan Frame

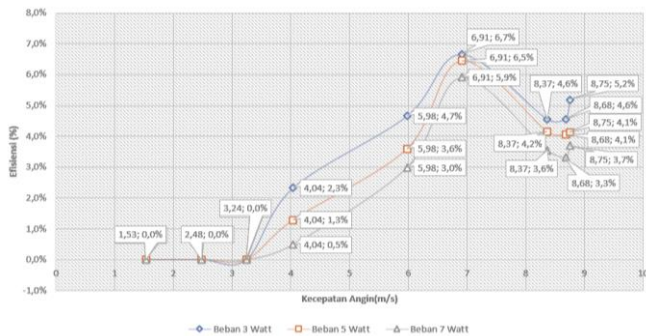


Gambar 6. Rangkaian Penempatan Alat Pengujian



Gambar 7. Grafik Perbandingan Daya Generator Terhadap Beban

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan terhadap turbin, maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh generator, begitu juga sebaliknya jika beban yang diberikan terhadap turbin relatif kecil, maka daya generator yang dihasilkan akan semakin kecil



Gambar 8. Grafik Perbandingan Efisiensi Turbin Pada Variasi Beban

Grafik di atas menunjukkan bahwa setiap variasi beban yang diberikan kepada turbin memiliki nilai efisiensi yang berbeda. Misalnya, beban 7 Watt cenderung lebih efisien daripada beban 3 dan 5 Watt, karena beban yang lebih besar akan mempengaruhi arus generator itu sendiri. Di sisi lain, kecepatan angin yang digunakan dalam pengujian ini adalah kecepatan angin konstan karb.

Secara teoritis, setiap desain turbin angin dapat mencapai efisiensi maksimum sebesar 59%, yang berarti energi angin yang dapat diserap hanyalah 59%. Namun, jika faktor-faktor seperti kekuatan dan ketahanan diperhitungkan, efisiensi sebenarnya hanyalah 35–45 persen bahkan untuk desain terbaik.

Penulis telah menambahkan tabel dan grafik untuk nilai yang tidak dapat dicapai untuk turbin angin tipe Savonius, karena pada gambar diatas disebutkan bahwa nilai efisiensi mereka tidak boleh melebihi dua puluh persen. Nilai yang tidak dapat dicapai diperoleh dari nilai efisiensi yang seharusnya dicapai, yaitu dua puluh persen, yang harus dikurangi dengan nilai efisiensi turbin pada tiap beban dan kecepatan angin.

IV. KESIMPULAN

Menggunakan energi angin untuk mengoperasikan light trap tidak hanya mengurangi biaya operasional bagi petani, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar fosil. Selain itu, pengembangan prototipe ini dapat menjadi langkah awal untuk pemanfaatan energi terbarukan yang lebih luas di sektor pertanian. Proyek ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin vertikal tipe Savonius yang mampu menghasilkan daya sebesar 15 watt, cukup untuk mengoperasikan light trap di lahan pertanian bawang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dan berkelanjutan bagi petani dalam mengatasi masalah hama sambil memanfaatkan energi terbarukan. Dalam konteks lokal, studi ini juga mempertimbangkan kondisi angin di daerah pertanian bawang serta kebutuhan spesifik petani. Hal ini untuk memastikan bahwa prototipe yang dirancang benar-benar sesuai dengan kebutuhan lapangan dan dapat diimplementasikan secara praktis. Perancangan dan perencanaan turbin angin sumbu vertikal tipe savonius sangat

diperlukan sebelum proses pembuatan supaya mengetahui semua komponen secara menyeluruh agar mendapatkan hasil yang sesuai. Maka dari itu pada penelitian ini terdapat perhitungan yang menentukan luas sapuan rotor dengan hasil = $1,593 \text{ m}^2$, menentukan diameter rotor dengan hasil 0,56 m, menentukan radius sudu dengan hasil 0,34 m, menentukan rasio pulley dengan hasil 1:4, menentukan sudut blade atau sudu dengan hasil $36,49^\circ$, menentukan diameter poros turbin dengan hasil 18 mm, sehingga mendapatkan desain turbin yang proporsional, yang kemudian diselaraskan dengan proses desain yang menggunakan software solidworks, dimensi yang dihasilkan secara total panjang 980 mm, lebar 980 mm, tinggi 1845 mm

V. REFERENSI

- [1] R. Syahnita, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析 Title," *Modul Biokimia Mater. Metab. Lemak, Daur Asam Sitrat, Fosforilasi Oksidatif Dan Jalur Pentosa Fosfat*, p. 6, 2021.
- [2] A. Nurdyanto and S. I. Harduyo, "Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 711–717, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/download/29892/27395>
- [3] Y. Ismail Nahkoda and C. Saleh, "Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 19–24, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/974/891>
- [4] A. Кобрунов, "Математические Методы Моделирования В Прикладной Геофизике (Избранные Главы). В 2-Х Ч. Ч. 1. Функционально-Аналитические Основы (Учебное Пособие)," *Международный Журнал Экспериментального Образования*, no. 11–2, p. 9603, 2014.
- [5] M. H. Basri and . D., "Rancang Bangun Dan Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Model Savonius," *J. Simetrik*, vol. 9, no. 2, pp. 208–214, 2019, doi: 10.31959/js.v9i2.411.
- [6] J. Caron and J. R. Markusen, "Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin dan Surya Menerapkan Konsep Redundant System berbasis Internet of Things," vol. 1 oktober, pp. 1–23, 2016, [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/90132/>
- [7] D. FAHRUYADI, "PERANCANGAN MESIN ASAH GERGAJI CIRCULAR SAW DAN DESAIN SIMULASI BEBAN STATIC DENGAN SOFTWARE CAD," 2022.