

## **ANALISIS PENERAPAN TENAGA BAYU PADA LAMPU PEKARANGAN DENGAN TURBIN SAVONIUS**

### ***ANALYSIS OF THE APPLICATION OF WIND POWER IN YARD LIGHTS USING SAVONIUS TURBINES***

**Bella Anjani<sup>1</sup>, Zuraidah Tharo<sup>2</sup>, Dicky Lesmana<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi  
anjaniabella992@gmail.com<sup>1</sup>, zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id<sup>2</sup>,  
dickylesmana@dosen.pancabudi.ac.id<sup>3</sup>

#### **ABSTRACT**

*Wind energy, as a form of renewable energy, can be harnessed to generate electricity through wind turbines. This research focuses on the design and development of Savonius wind turbines to provide lighting for household yards. This study addresses the suboptimal utilization of wind energy in Indonesia, where non-renewable energy sources such as coal are still widely used. The developed wind turbine system aims to be a small-scale power source for household lighting needs, demonstrating the potential of wind energy in local applications.*

**Keywords:** *Wind Energy, Savonius Turbine, Lighting.*

#### **ABSTRAK**

Energi angin, sebagai bentuk energi terbarukan, dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan daya listrik melalui turbin angin. Penelitian ini berfokus pada desain dan pengembangan turbin angin Savonius untuk menyediakan penerangan bagi halaman rumah. Penelitian ini menangani pemanfaatan energi angin yang kurang optimal di Indonesia, di mana sumber energi tak terbarukan seperti batu bara masih banyak digunakan. Sistem turbin angin yang dikembangkan ini bertujuan untuk menjadi sumber daya skala kecil bagi kebutuhan penerangan rumah tangga, menunjukkan potensi energi angin dalam aplikasi lokal.

**Kata Kunci:** Energi angin, Turbin\_Savonius, Penerangan.

#### **PENDAHULUAN**

Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang menjanjikan yang dapat diubah menjadi daya listrik menggunakan turbin angin. Penelitian ini bertujuan untuk merancang turbin angin Savonius khusus untuk penerangan halaman rumah. Studi ini dimotivasi oleh kebutuhan untuk mengeksplorasi sumber energi alternatif dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya tak terbarukan.(Dewan et al., n.d.) Turbin angin Savonius, yang dikenal dengan desainnya yang sederhana dan efektivitasnya pada kecepatan angin rendah, dipilih untuk aplikasi ini.(Abraham et al., 2012)

Angin merupakan salah satu sumber energi alam yang pembentukannya terjadi akibat perbedaan tekanan udara di dua lokasi berbeda.(Tharo, 2019) Energi angin dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan

listrik dan sebagai bentuk energi terbarukan, angin tersedia secara bebas di seluruh penjuru bumi. Meskipun memiliki berbagai kelebihan, pemanfaatan energi angin untuk menghasilkan listrik masih jarang dilakukan.(HADIATNA et al., 2023) Padahal, optimalisasi pemanfaatan energi angin dapat mengurangi penggunaan energi tak terbarukan yang saat ini mendominasi produksi listrik, sehingga membantu menjaga kelestarian lingkungan.

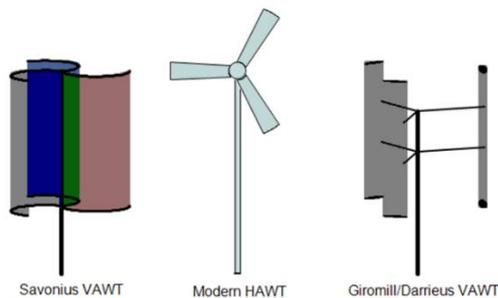
Penggunaan energi angin untuk pembangkitan listrik telah menjadi fokus beberapa penelitian sebelumnya. Misalnya, penelitian oleh Melda Latif (2013) tentang efisiensi prototipe turbin Savonius pada kecepatan angin rendah. Penelitian yang dilakukan di daerah pantai ini menunjukkan bahwa prototipe turbin angin Savonius dapat mulai berputar pada kecepatan angin rendah sekitar 2.4 m/s

(Latif, 2013). Hal ini menunjukkan potensi besar turbin Savonius untuk digunakan dalam kondisi angin yang tidak terlalu kencang, menjadikannya cocok untuk berbagai lokasi.

Turbin angin Savonius merupakan salah satu jenis turbin angin dengan sumbu vertikal yang memiliki kemampuan berputar meskipun arah angin bervariasi. Dengan desainnya yang unik, turbin ini cocok dipasang di tempat-tempat yang memperhatikan estetika, seperti taman. (Gunawan et al., 2020) Taman identik dengan keindahan, dan pemasangan lampu penerangan di taman dapat meningkatkan daya tariknya, terutama pada malam hari. Berdasarkan pertimbangan tersebut, pemanfaatan turbin angin Savonius tidak hanya dapat menyediakan sumber energi listrik alternatif untuk penerangan taman, tetapi juga tetap menjaga nilai estetika lingkungan. (Gunawan et al., 2020)

### Jenis-jenis Turbin Angin

Turbin angin dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan arah poros putarannya: Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) dan Vertical Axis Wind Turbine (VAWT). (Jamal, 2018)



**Gambar 2. Jenis-Jenis Turbin Angin**

### 1. Turbin Angin Poros Horizontal (HAWT)

Turbin angin poros horizontal adalah jenis turbin angin yang paling umum. Desainnya menyerupai kincir angin dengan bilah-bilah yang mirip dengan baling-baling dan berputar pada sumbu horizontal. Rotor dan generator terletak di puncak menara dan harus diarahkan ke

arah angin. Turbin kecil menggunakan bilah angin untuk mengarahkan rotornya, sementara turbin besar menggunakan sensor dan motor servo. Kebanyakan turbin besar memiliki gearbox untuk meningkatkan kecepatan rotor ke generator. Turbin biasanya menghadap ke arah angin dari depan untuk menghindari turbulensi yang dihasilkan oleh menara di belakangnya.

#### Kelebihan HAWT:

- Menara yang tinggi memungkinkan penangkapan angin yang lebih kuat.
- Efisiensi tinggi karena bilah selalu tegak lurus terhadap angin.

#### Kekurangan HAWT:

- Konstruksi menara yang besar diperlukan untuk mendukung beban.
- Komponen harus diangkat ke posisi tinggi saat pemasangan.
- Membutuhkan mekanisme kontrol untuk mengarahkan bilah ke arah angin.
- Membutuhkan sistem pengereman atau yaw pada angin kencang untuk mencegah kerusakan. (Gunawan et al., 2020)

### 2. Turbin Angin Poros Vertikal (VAWT)

Turbin angin poros vertikal memiliki rotor vertikal yang tidak perlu diarahkan ke arah angin, sangat berguna di daerah dengan arah angin yang bervariasi. Komponen utama seperti generator dapat ditempatkan dekat dengan tanah, memudahkan perawatan. Namun, turbin ini sulit dipasang di menara tinggi dan biasanya dipasang dekat dengan permukaan, di mana kecepatan angin lebih rendah

#### Kelebihan VAWT:

- Tidak memerlukan mekanisme yaw.
- Mudah perawatan karena komponen berada dekat tanah.
- Memiliki kecepatan startup angin yang rendah.

- Bisa dipasang di lokasi dengan larangan struktur tinggi.

#### **Kekurangan VAWT:**

- Efisiensi lebih rendah dibandingkan HAWT.
- Menciptakan hambatan tambahan saat bilah berputar melawan angin.
- Terletak dekat tanah di mana kecepatan angin lebih rendah.
- Kurang umum digunakan dan sering menjadi subjek klaim liar dan penipuan investasi. (Tharo & Andriana, 2022)

#### **Turbin angin Savonius**

Turbin angin tipe Savonius adalah jenis turbin angin poros vertikal (VAWT) dengan konstruksi sederhana dan rotor utama yang berputar secara vertikal. Turbin ini memiliki kelebihan dapat memanfaatkan angin dari segala arah, bekerja dengan kecepatan rendah, dan tidak membutuhkan menara tinggi (Kurniati et al., 2020a). Konsep kerja turbin Savonius adalah menghasilkan daya dari gaya drag, yaitu gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu. (Implementasi et al., 2024)

#### **Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)**

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) menggunakan energi kinetik dari angin untuk menghasilkan listrik. (Sepdian, 2020) Berikut adalah prinsip kerja dari PLTB:

1. **Penangkapan Angin oleh Bilah Turbin:**  
Angin mengalir melalui bilah-bilah turbin angin, yang dirancang untuk menangkap energi kinetik angin. (Anisah, 2024) Bilah-bilah ini berfungsi seperti sayap pesawat terbang atau baling-baling helikopter, di mana profil aerodinamisnya menciptakan perbedaan tekanan udara di kedua sisi bilah, menghasilkan gaya angkat yang membuat bilah berputar.
2. **Rotasi Rotor:**  
Angin yang menabrak bilah-bilah turbin menyebabkan rotor berputar. Rotor

ini terhubung ke poros utama yang kemudian mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik melalui gerakan rotasi.

3. **Penggunaan Gearbox (pada sebagian besar turbin besar):**

Untuk meningkatkan efisiensi, kebanyakan turbin besar menggunakan gearbox yang meningkatkan kecepatan putaran poros rotor ke tingkat yang lebih tinggi. Gearbox ini menghubungkan poros lambat yang diputar oleh rotor dengan poros cepat yang menggerakkan generator.

4. **Generasi Listrik oleh Generator:**

Poros cepat menggerakkan generator. Generator ini bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, di mana rotasi poros menyebabkan kumparan kawat berputar di dalam medan magnet, menghasilkan arus listrik. Ini adalah proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik.

5. **Pengaturan dan Pengendalian:**

Turbin angin dilengkapi dengan berbagai sensor dan sistem kontrol untuk memastikan operasional yang optimal. Sistem yaw mengarahkan turbin agar selalu menghadap ke arah angin yang datang, sementara sistem pitch mengatur sudut bilah untuk memaksimalkan efisiensi dan melindungi turbin dari angin kencang yang dapat merusak.

6. **Transmisi dan Distribusi Listrik:**

Listrik yang dihasilkan oleh generator ditransmisikan melalui kabel dari nacelle (rumah generator di puncak menara) ke dasar menara. Dari sana, listrik dialirkan ke transformator untuk meningkatkan tegangan agar sesuai dengan jaringan distribusi listrik. Setelah itu, listrik disalurkan ke jaringan listrik untuk digunakan oleh konsumen.

#### **Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin):**

1. **Bilah Turbin:** Menangkap energi angin dan memutar rotor.
2. **Rotor dan Poros Utama:** Mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik rotasi.

3. **Gearbox:** Meningkatkan kecepatan putaran poros untuk efisiensi generator (tidak selalu ada pada semua turbin).
4. **Generator:** Mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.
5. **Nacelle:** Rumah bagi generator, gearbox, dan poros utama, terletak di puncak menara turbin.
6. **Menara:** Mendukung nacelle dan bilah turbin di ketinggian yang memungkinkan penangkapan angin yang optimal.
7. **Sistem Kontrol:** Termasuk sensor, mekanisme yaw, dan sistem pitch untuk mengoptimalkan kinerja turbin.

Dengan prinsip kerja ini, Pembangkit Listrik Tenaga Angin dapat menghasilkan listrik yang bersih dan terbarukan, membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang tidak ramah lingkungan.

Daya output dari pembangkit listrik tenaga angin dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Di mana:

**P** adalah daya output (watt).

**$\rho$**  (rho) adalah densitas udara ( $\text{kg/m}^3$ ), biasanya sekitar  $1.225 \text{ kg/m}^3$  pada permukaan laut dan pada suhu  $15^\circ\text{C}$ .

**A** adalah luas sapuan bilah turbin angin ( $\text{m}^2$ ), yang dapat dihitung dengan  $A = \pi r^2$  untuk turbin dengan bilah berbentuk lingkaran, di mana  $r$  adalah jari-jari rotor.

**V** adalah kecepatan angin ( $\text{m/s}$ ).

**$C_p$**  adalah koefisien daya turbin, yang merupakan efisiensi turbin angin dalam mengubah energi angin menjadi energi mekanik. Nilai  $C_p$  maksimal secara teoritis adalah sekitar 0.59 (batas Betz), tetapi nilai praktisnya biasanya antara 0.3 hingga 0.45 tergantung pada desain turbin. (Seftyan Harry Wahyuda Tama, 2018)

Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitung daya output: (Aris et al., 2023)

1. Mengukur atau Menentukan Kecepatan Angin ( $v$ ): Kecepatan angin di lokasi

instalasi turbin diukur dalam meter per detik ( $\text{m/s}$ ).

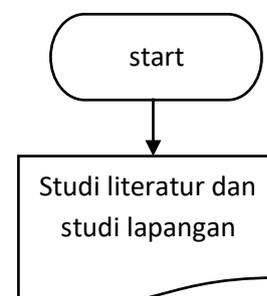
2. Menghitung Luas Sapuan Bilah Turbin ( $A$ ): Untuk turbin dengan bilah berbentuk lingkaran, luas sapuan  $A$  dapat dihitung dengan rumus:  $A = \pi r^2$  Di mana  $r$  adalah jari-jari rotor turbin.
3. Menentukan Densitas Udara ( $\rho$ ): Densitas udara dapat bervariasi berdasarkan ketinggian dan suhu, tetapi untuk perhitungan umum, dapat digunakan nilai standar  $1.225 \text{ kg/m}^3$ .
4. Menentukan Koefisien Daya ( $C_p$ ):  $C_p$  tergantung pada desain turbin dan kondisi operasi. Nilai ini biasanya disediakan oleh produsen turbin atau dari data empiris.
5. Menghitung Daya Output ( $P$ ): Menggunakan rumus:  $P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$

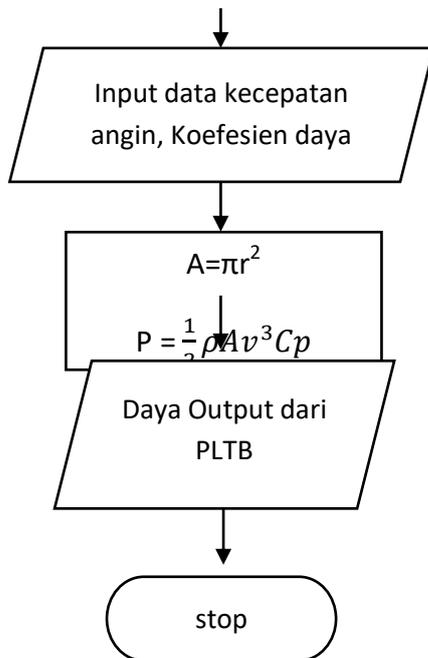
## METODE

Penelitian ini mengikuti pendekatan sistematis untuk merancang, mengembangkan, dan menguji turbin angin Savonius. Metodologi mencakup:

1. **Tinjauan Pustaka:** Tinjauan menyeluruh terhadap literatur yang ada mengenai energi angin, turbin angin, dan khususnya desain Savonius.
2. **Fase Desain:** Membuat desain rinci untuk bilah turbin, rotor, dan sistem keseluruhan.
3. **Pembuatan:** Membangun turbin menggunakan material yang dipilih dan merakit komponennya.
4. **Pengujian:** Melakukan uji kinerja untuk mengevaluasi efisiensi dan output daya turbin di berbagai kondisi angin.
5. **Analisis Data:** Menganalisis data yang dikumpulkan untuk menentukan efektivitas desain dan mengidentifikasi area untuk perbaikan.

Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada flowchart di bawah ini:





**Gambar 1. Flowchart Penelitian**

Tahapan penelitian lebih dahulu dengan melakukan observasi lapangan dan studi literatur terkait masalah yang akan diteliti. Selanjutnya mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan kebutuhan daya untuk penerangan halaman rumah tipe 45. Data-data tersebut kemudian dianalisis dengan melakukan perhitungan secara matematis, lalu disesuaikan dengan kondisi PLTB dengan turbin Savonius.

Dari hasil pengukuran diperoleh Luas halaman rumah tipe 45 adalah 3 x 3,5 meter.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Kebutuhan Daya

Untuk menghitung kebutuhan penerangan halaman berukuran 3 x 3,5 meter, kita perlu mempertimbangkan beberapa faktor, seperti tingkat pencahayaan yang diinginkan (dalam lux), jenis lampu yang akan digunakan, dan efisiensi pencahayaan. Biasanya, halaman luar membutuhkan tingkat pencahayaan sekitar 20-50 lux.

Langkah selanjutnya adalah:

**1. Menghitung Luas Halaman:**

$$\text{Luas} = 3 \text{ meter} \times 3,5 \text{ meter} = 10,5 \text{ meter persegi}$$

**2. Menentukan Tingkat Pencahayaan yang Diinginkan:**

dalam hal ini tingkat pencahayaan dipilih sebesar 30 lux.

**3. Menghitung Total Lumen yang Diperlukan:**

$$\text{Total Lumen} = \text{Luas} \times \text{Tingkat Pencahayaan}$$

$$\text{Total Lumen} = 10,5 \text{ meter persegi} \times 30 \text{ lux} = 315 \text{ lumen}$$

**4. Memilih Lampu dan Efisiensi Lampu:** Pada kondisi ini menggunakan lampu LED dengan efisiensi 80 lumen per watt.

**5. Menghitung Jumlah Watt yang Diperlukan:**

$$\text{Jumlah Watt} = \frac{\text{Total Lumen}}{\text{Efisiensi Lampu}}$$

$$\text{Jumlah Watt} = \frac{315}{80} \approx 3,94 \text{ watt}$$

Jadi, untuk halaman berukuran 3 x 3,5 meter dengan tingkat pencahayaan 30 lux, memerlukan sekitar 315 lumen atau sekitar 4 watt jika menggunakan lampu LED dengan efisiensi 80 lumen per watt.

### Perhitungan Kebutuhan PLTB

Untuk menghitung kebutuhan dan perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin Savonius untuk memenuhi kebutuhan penerangan halaman berukuran 3 x 3,5 meter, mengikuti beberapa langkah berikut:

Langkah-langkah Perhitungan:

**1. Kebutuhan Daya Penerangan:**  
Kebutuhan Daya = 4 watt

2. Menentukan Kecepatan Angin Rata-rata di Lokasi:

Misalkan kecepatan angin rata-rata di lokasi adalah 3 m/s.

3. Menggunakan Rumus Daya Output Turbin Angin:

Rumus daya output turbin angin adalah:

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

Di mana:

$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$  (densitas udara)

A = luas sapuan rotor

v = kecepatan angin (m/s)

$C_p$  = koefisien daya turbin (misalkan 0.3 untuk turbin Savonius)

4. Menghitung Luas Sapuan Bilah Turbin:

Untuk turbin Savonius, kita bisa menghitung luas sapuan berdasarkan diameter turbin. Misalkan diameter turbin (D) = 1 meter dan tinggi turbin (H) = 1 meter.  $A = D \times H = 1 \text{ meter} \times 1 \text{ meter} = 1 \text{ meter}^2$

Maka Daya Output:

$$P = \frac{1}{2} 1.225 \times 1 \times 3^3 \times 0.3$$

$$P = \frac{1}{2} 1.225 \times 1 \times 27 \times 0.3$$

$$P = \frac{1}{2} 1.225 \times 1 \times 8.1$$

$$P = 4.96 \approx 5 \text{ watt}$$

Jadi, dengan asumsi kecepatan angin rata-rata 3 m/s, turbin Savonius dengan diameter dan tinggi masing-masing 1 meter dapat menghasilkan sekitar 5 watt.

### Penyesuaian dan Pertimbangan Tambahan:

- **Efisiensi Sistem:** Efisiensi konversi listrik dan sistem (misalnya, dari generator ke lampu) juga perlu diperhitungkan. Jika efisiensi sistem total adalah 70% (0.7), (Basri & ., 2019) maka daya yang efektif adalah:

$$P_{\text{efektif}} = 5 \times 0.7 = 3.5 \text{ watt}$$

- **Cadangan Daya:** Disarankan untuk memiliki cadangan daya untuk mengatasi fluktuasi kecepatan angin dan kebutuhan tambahan:

$$P_{\text{cadangan}} = 1.5 \times \text{Kebutuhan Daya} \\ = 1.5 \times 4 = 6 \text{ watt}$$

### Baterai dan Penyimpanan Energi:

Untuk memastikan penerangan kontinu di

malam hari atau saat angin rendah, diperlukan sistem penyimpanan energi (baterai).

### SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan turbin angin Savonius dapat menjadi solusi yang efektif untuk memenuhi kebutuhan penerangan halaman rumah. Dengan kecepatan angin rata-rata 3 m/s, turbin Savonius dengan diameter dan tinggi masing-masing 1 meter mampu menghasilkan daya sebesar 5 watt. Hal ini cukup untuk memenuhi kebutuhan daya penerangan sebesar 4 watt menggunakan lampu LED dengan efisiensi 80 lumen per watt. Desain turbin Savonius yang sederhana dan mampu beroperasi pada kecepatan angin rendah menjadikannya cocok untuk aplikasi di berbagai lokasi dengan potensi angin yang tidak terlalu tinggi. Pemanfaatan energi angin melalui turbin Savonius juga berpotensi mengurangi ketergantungan pada sumber energi tak terbarukan seperti batu bara, sehingga berkontribusi pada pelestarian lingkungan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, J. P., Plourde, B. D., Mowry, G. S., Minkowycz, W. J., & Sparrow, E. M. (2012). Summary of Savonius wind turbine development and future applications for small-scale power generation. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 4(4). <https://doi.org/10.1063/1.4747822>
- Anisah, S. (2024). Analisis Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid ( Solar Cells & Wind Turbine ) Untuk Kelistrikan Rumah Tinggal. 13(2), 203–207.
- Aris, M., Sunardi, A., & Ariyansah, R. (2023). Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sebagai Penerangan Area Rooftop Kampus C Jgu. *Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan Dan Sains*, 3(1), 10–16.

- <https://doi.org/10.30598/metiks.2023.3.1.10-16>
- Basri, M. H., & . D. (2019). Rancang Bangun Dan Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Model Savonius. *Jurnal Simetrik*, 9(2), 208–214. <https://doi.org/10.31959/js.v9i2.411>
- Dewan, S. J., Nasional, E., & Siswanto, D. (n.d.). Bauran Energi Nasional 2020 Penanggung Jawab Peer Reviewer.
- Gunawan, G., Suanggana, D., & Priyanto, Y. T. K. (2020). Effect Of Deflector Angle Into Various Blades Configuration Of Single Stage Vertical Axis Savonius Hydro Turbine Performance. *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.36055/fwl.v1i1.8950>
- Hadiatna, F., Fauziah, D., & Syahirah, E. (2023). Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Surya Bayu di Kota Bandung. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(3), 811. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i3.811>
- Implementasi, A., Meter, S., Terhadap, A. M. I., Non, S., Di, T., Pln, P. T., Layanan, U., Karang, P., Disusun, P., Persyaratan, M., Akhir, U., Teknik, G. S., Teknik, F., Pe, U., Budi, P., Npm, N., Pohan, S. S., Studi, P., Elektro, T., ... Budi, P. (2024). *S k r i p s i*.
- Jamal, J. (2018). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Performansi Kincir Angin Vertikal Savonius Tipe-U. *Politeknik Negeri Ujung Pandang*, 6(1), 64–68.
- Latif, M. (2013). Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah. *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 10(3). <https://doi.org/10.17529/jre.v10i3.1030>
- Seftyan Harry Wahyuda Tama. (2018). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Ventilator Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Teknik Elektro*, 12(3), 1–84.
- Sepdian, S. (2020). Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Berbasis Energi Surya dan Energi Angin. *Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan*, 1(1), 23. <https://doi.org/10.37338/e.v1i1.95>
- Tharo, Z. (2019). Kombinasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Angin Untuk Mewujudkan Energi Murah Dan Ramah Lingkungan. 12(2).
- Tharo, Z., & Andriana, M. (2022). Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya Dan Angin Sebagai Sumber Alternatif Menghadapi Krisis Energi Fosil Di Sumatera.