



**RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN TIPE SAVONIUS HYBRID PHOTOVOLTAIC  
UNTUK PENERANGAN PADA JALAN TOL**

**Andiny Tatindra Putri, M. Kaka Adrian Sitio  
Lina Wahyuni, S.Pd, Awaludin, S.Pd., M.Si**

*MAN 2 Kota Jambi*

*Jl. Adityawarman, The Hok, Kec. Jambi Sel., Kota Jambi, Jambi 36125*

[Putriandiny817@gmail.com](mailto:Putriandiny817@gmail.com)

**Abstrak** - Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengembangkan turbin angin vertikal tipe *savonius* sebagai pemanfaatan penerangan pada jalan tol. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui hasil pengujian turbin angin tipe *savonius hybrid photovoltaic* terhadap kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh turbin, kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *photovoltaic*, dan arus yang dibutuhkan LED dengan kecepatan angin yang berbeda-beda. Metode penelitian yang digunakan ialah *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan metode ADDIE yang terdiri dari *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan angket validasi ahli media dan persamaan fisika yang berhubungan dengan turbin. Turbin pada penelitian diuji coba pada berbagai cuaca. Dari hasil pengujian tersebut, kuat arus turbin paling tinggi terdapat pada cuaca cerah berangin yaitu 0,024 A, dan tegangan paling tinggi terdapat pada cuaca cerah berangin yaitu 9,6 V. Sedangkan hasil pengujian kuat arus *photovoltaic* paling tinggi pada cuaca cerah berangin yaitu 0,48 A dan tegangan paling tinggi terdapat pada cuaca cerah tanpa angin yaitu 16,8 V. Dari analisa data diperoleh hasil persentase efisiensi 0,923% dan dari hasil validasi ahli turbin dikatakan sangat layak sesuai aspek yang diuji.

**Kata kunci** : *turbin angin, photovoltaic, energi terbarukan*

### **A. Pendahuluan**

Angin adalah aliran udara dengan jumlah besar yang terjadi akibat rotasi bumi dan karena adanya perbedaan tekanan udara yang ada di sekitarnya. Biasanya angin bergerak dari tempat yang bertekanan udara tinggi ke tempat dengan tekanan udara lebih rendah (Aryabathi dkk, 2021). Energi angin merupakan sumber daya alam yang dapat kita peroleh secara cuma-cuma dengan jumlah yang melimpah. Indonesia memiliki tenaga angin yang cukup besar, hal ini disebabkan karena iklim dan bentangan alam yang luas. Indonesia juga mempunyai bibir pantai dan jalur pegunungan yang banyak (Siagian dan Fahreza, 2020). Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia jarang ditemukan. Padahal, Indonesia kaya akan sumber energi terbarukan termasuk energi angin. Salah satu daerah di Indonesia yang

memiliki potensi angin yang cukup bagus yaitu di Provinsi Sumatera Selatan. Berdasarkan data Kompas tahun 2019, rata-rata kecepatan angin pada Jalan Tol Kayu Agung-Jakabaring (Palembang) yaitu 11 m/s (Hutapea dkk, 2019).

Jalan Tol Kayu Agung-Jakabaring (Palembang) merupakan salah satu jalan tol yang ada di Provinsi Sumatera yang beroperasi pada tahun 2020 dengan panjang sekitar 33,5 km. Jalan tol ini dilengkapi dengan sistem penerangan yang memadai di sepanjang rute utama, terutama di area yang lebih padat dan dekat dengan area perkotaan seperti Palembang. Namun, di beberapa bagian yang lebih terpencil, penerangan tidak seoptimal di area utama. Potensi angin yang memadai di jalan tol tersebut dapat kita manfaatkan sebagai energi alternatif dalam penerangan pada jalan tol. Energi angin tersebut dapat kita manfaatkan sebagai energi pembangkit listrik dengan cara pembuatan turbin angin. Turbin angin merupakan versi modern dari kincir angin yang memanfaatkan tenaga angin untuk menghasilkan listrik. Menurut Hermanses dkk (2020), turbin angin adalah teknologi yang menggunakan angin sebagai sumber daya yang dapat menghasilkan listrik. Dalam kesehariannya manusia tidak pernah lepas dari penggunaan listrik, untuk itu diperlukan pengembangan terhadap energi terbarukan. Inovasi tersebut dapat menjamin energi yang berkelanjutan dan mengurangi dampak pemanasan global. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsumsi listrik masyarakat, semakin tinggi pula konsumsi energi fosil yang digunakan. Saat ini sumber energi terbesar PLN berasal dari batu bara.

Salah satu kebutuhan energi listrik masyarakat ialah lampu Penerangan Jalan Umum (PJU). Jalan Tol merupakan salah satu tempat yang membutuhkan PJU. Kondisi penerangan pada Jalan Tol gelap dan hanya tempat tertentu saja yang memiliki lampu penerangan dapat mengakibatkan jarak pandang jalan tol terbatas, sehingga menyebabkan rawan terjadi kecelakaan. Hal itu dapat terjadi karena lampu kendaraan tidak dapat sepenuhnya menerangi jalan raya di sekitar (Agustriana, 2022). Menurut data WHO 2014, di Indonesia tercatat rata-rata 1,2 juta orang meninggal akibat kecelakaan lalu lintas, sementara 50 juta lainnya mengalami luka-luka. Selain itu, angka kematian akibat kecelakaan di jalan tol mencapai 56%, belum termasuk jumlah korban luka (Riyai, 2021). Kecelakaan di jalan Tol Palembang-Kayu Agung juga pernah terjadi, yakni di KM 353 pada jalur B. Kecelakaan tersebut mengakibatkan empat orang tewas, salah satunya bayi berusia 28 hari (Jasrial, 2024). Apabila kondisi ini terus dibiarkan, maka akan semakin banyak korban kecelakaan di jalan tol, khususnya Jalan Tol Kayu Agung-Jakabaring (Palembang). Oleh karenanya, salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan ini, yakni dengan membuat turbin angin.

Berdasarkan sumbernya, turbin angin dibedakan menjadi dua yakni turbin angin sumbu horisontal dan turbin angin sumbu vertikal. Pada penelitian ini jenis turbin yang dibuat ialah turbin angin vertikal tipe *savonius* dengan menggunakan empat bilah. Penggunaan empat bilah karena lebih efisien digunakan pada kecepatan angin menengah dan rendah serta lebih efisien dari pada penggunaan dua bilah pada kecepatan angin relatif rendah (Jamal, 2019). Pada penelitian ini turbin dikombinasikan dengan *photovoltaic*.

Pemilihan kombinasi ini dikarenakan kedua energi yaitu energi angin dan energi matahari sama-sama dapat menghasilkan energi listrik. Melimpahnya sumber energi angin yang terdapat pada jalan tol menjadikan desain turbin angin vertikal tipe *savonius* menjadi sumber yang sangat potensial dan lebih efektif, selain karena adanya angin alami yang disebabkan oleh kecepatan yang berasal dari kendaraan, hal ini juga untuk membangun pemanfaatan energi dalam bentuk energi angin lokal.

Penelitian yang membahas turbin angin tipe *savonius* sudah banyak dilakukan oleh peneliti lain. Diantaranya Siregar dan Lubis (2019) dalam penelitiannya menyampaikan bahwasanya, jenis turbin *savonius* cocok untuk kecepatan angin menengah dan rendah. Pada kecepatan angin

6 m/s diperoleh rotasi maksimum poros turbin 33,80 rpm, daya angin 18,65 watt dan memproduksi daya listrik sebesar 5,24 watt. Lalu, pada penelitian yang dilakukan Salim dkk (2020), menyatakan bahwa daya keluaran turbin terbesar pada turbin 2 bilah = 38,88 watt. Koefisien daya terbesar, turbin 2 bilah = 0,235, sedangkan daya keluaran terbesar yang dihasilkan oleh generator = 34,3 watt pada turbin 4 bilah. Efisiensi generator terbesar adalah 12,02% pada turbin 4 bilah. Dari beberapa penelitian terdahulu, yang membedakan penelitian yang dilakukan peneliti ialah pemanfaatan barang-barang bekas dalam pembuatan turbin. Pada bagian bilah peneliti menggunakan pelat aluminium, bagian kerangka menggunakan besi galvanis holo bekas, poros menggunakan besi batangan bekas. Selain itu yang membedakan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah pemanfaatan turbin angin sebagai lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) pada Jalan Tol Kayu Agung-Jakabaring (Palembang) dan pemanfaatan energi matahari sebagai alternatif sebagai sumber energi listrik untuk penerang.

Peneliti termotivasi untuk melakukan penelitian ini karena kebutuhan energi listrik terus meningkat setiap harinya dan keterbatasan sumber energi yang dimiliki. Selain itu juga karena minimnya penerangan pada jalan tol yang dapat mengakibatkan rawannya kecelakaan. Produk yang peneliti buat pada penelitian ini akan peneliti kembangkan pada penelitian selanjutnya agar dapat menjadi sumber energi alternatif terbarukan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membuat dan mengembangkan turbin angin vertikal tipe savonius sebagai pemanfaatan penerangan pada jalan tol. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui hasil pengujian turbin angin tipe *savonius hybrid photovoltaic* terhadap kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh turbin, kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *photovoltaic*, dan arus yang dibutuhkan LED dengan kecepatan angin yang berbeda-beda.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan barang bekas untuk pembuatan turbin angin vertikal tipe savonius sebagai alternatif penerang di jalan tol. Manfaat praktis dari penelitian ini yaitu hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan inovasi baru bagi pembaca dalam mengatasi minimnya lampu penerang di jalan tol. Namun, dikarenakan keterbatasan tenaga dan dana penelitian, pada penelitian ini peneliti hanya fokus pada pembuatan turbin angin empat bilah tipe *savonius hybrid photovoltaic* dengan menguji tegangan dan kuat arusnya.

## **B. Kajian Teori dan Tinjauan Pustaka**

### **1. Turbin Angin**

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Menurut Darmana dkk (2024), turbin angin adalah alat pengubah energi kinetik menjadi energi listrik, energi tersebut diubah melalui generator. Turbin angin merupakan salah satu sumber *renewable energy* karena tidak menghasilkan emisi karbon.

Turbin angin dibedakan menjadi dua tipe yaitu, *horizontal axis wind turbine (hwt)* dan *vertical axis wind turbine*. Perbedaan dari kedua tipe tersebut terdapat pada sumbu rotasi. Pada tipe turbin angin sumbu horizontal sumbu rotasinya paralel terhadap tanah, sedangkan pada tipe turbin angin sumbu vertikal sumbu rotasinya tegak lurus terhadap tanah. Turbin yang dibuat pada penelitian ini ialah tipe savonius dengan empat bilah.

### **2. Photovoltaic**

*Photovoltaic* merupakan seperangkat alat elektronik aktif yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Menurut Darmana dkk (2024), energi surya adalah energi yang dihasilkan oleh matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan menjadi listrik menggunakan *photovoltaic*. Dikarenakan *photovoltaic* dapat menghasilkan energi listrik secara bersih tanpa menyebabkan polusi. *Photovoltaic* yang digunakan pada penelitian ini *Photovoltaic* tipe *Polycrystalline* 10 Watt.

### **3. Charger Baterai**

*Charger* adalah alat yang bertujuan untuk mengisi arus listrik pada baterai (Firdaus, 2023). Baterai akan digunakan untuk menghidupkan lampu LED sebagai lampu penerangan jalan tol. *Charger* Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah *Solar Charger Controller* 20 A.

#### 4. Baterai

Baterai adalah komponen elektronika yang bekerja dengan proses kimia yang akan mengubah energi kimia menjadi energi listrik (Nasution, 2021). Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis baterai dari bahan yang dapat di isi ulang yaitu *Calcium Battery* dengan tipe GM5Z dengan daya 12 V 5 Ah.

#### 5. Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang dapat menyalurkan arus listrik yang mengalir (Ali, 2023). Dioda yang digunakan pada penelitian ini adalah dioda 1 A sejumlah 2 buah.



**Gambar 1.** Rangkaian Dioda Penyearah

**Tabel 1.** Penelitian Terdahulu yang Relevan

Nama Peneliti	Lokasi Penelitian	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Agus Nurdiyanto dan Subuh Isnur Haryudo	Universitas Negeri Surabaya	2020	Rancang Bangun <i>prototype</i> Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius	Angin	Eksperimen	Diperoleh hasil, untuk rata-rata angin 5,6 m/s menghasilkan tegangan pengisian sebesar 12,6 volt dan arus sebesar 0,12 A.

Dita Asa Panunggul, Mohammad Sidik Boedoyo, Nugroho Adi Sasongko	Universitas Pertahanan	2018	Analisa Pemanfaatan Energi Terbarukan di Universitas Pertahanan sebagai Pendukung Keamanan Pasok Energi (Studi Kasus: Energi Surya dan Angin)	Angin dan Sinar Matahari	Metode Kuantitatif	Unha Menggunakan energi terbarukan Dalam Rangka Menerapkan indikator Eksistensi Ketahanan Energi Pemanfaatan Sumber Daya Listriknya Berdasarkan pada Aspek <i>Availability</i> : <i>Accessibility</i> : <i>Affordability</i> : <i>Acceptability</i> : <i>Sustainability</i> :
Aris Suryadi, Ahmad Solih dan Berayan Munthe	Waduk Jatiluhur	2020	Pemanfaatan Turbin Angin Savonius <i>Hybrid Solar cell</i> sebagai Pembangkit Listrik Daerah Terpencil	Angin dan Sinar Matahari	Metode Eksperimen Berdasarkan Literatur dan referensi	Pemanfaatan Listrik <i>Hybrid</i> menggunakan Turbin Angin <i>Savonius Helix</i> dan <i>solar cell</i> dapat menghasilkan listrik optimal pada kecepatan angin 5,55 m/s

Dari beberapa penelitian terdahulu, yang membedakan penelitian yang dilakukan peneliti ialah pemanfaatan barang-barang bekas dalam pembuatan turbin. Pada bagian bilah peneliti menggunakan pelat besi, bagian kerangka menggunakan besi galvanis

holo bekas, poros menggunakan besi batangan bekas. Selain itu yang membedakan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah pemanfaatan turbin angin sebagai lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) pada Jalan Tol Kayu Agung-Jakabaring (Palembang) dan Pemanfaatan energi matahari sebagai alternatif sebagai sumber energi listrik untuk penerang.

### C. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan ialah *Research and Development* (R&D). Pada penelitian ini, peneliti mengembangkan produk berupa turbin angin vertikal tipe *savonius* dengan kombinasi *photovoltaic* sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin terhadap turbin angin tipe *savonius*, serta mengetahui pengaruh perubahan cuaca terhadap efektivitas kerja *photovoltaic*.

Pembangkit listrik *photovoltaic* dan turbin angin *savonius* dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk penerangan di jalan tol. Pembangkit tersebut memanfaatkan energi angin dan energi matahari sebagai sumber energi listrik yang dikontrol di dalam *controller*. Energi tersebut selanjutnya ditransmisikan ke baterai sebagai penyimpanan dan disalurkan menuju beban. LED yang digunakan pada penelitian ini 10 watt.

Penelitian ini menggunakan ADDIE yang terdiri dari *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*. Pemilihan metode ADDIE dikarenakan tahapannya yang sistematis, mudah dipahami, dan terdapat evaluasi dari validator ahli, sehingga produk yang dihasilkan lebih valid.

#### 1. Tahapan Penelitian

##### a. Analysis

Pada tahap ini, peneliti menganalisis permasalahan yang ada dengan memanfaatkan *search engine* untuk memperoleh informasi yang diperlukan. Lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2.** Tahap Analisis

Aspek yang dianalisis	Sumber
Jenis-jenis turbin angin	Jurnal Terdahulu
Efektivitas jumlah bilah turbin <i>savonius</i>	Jurnal Terdahulu
Kinerja panel surya	Jurnal Terdahulu
Kelemahan penelitian terdahulu	Jurnal Terdahulu

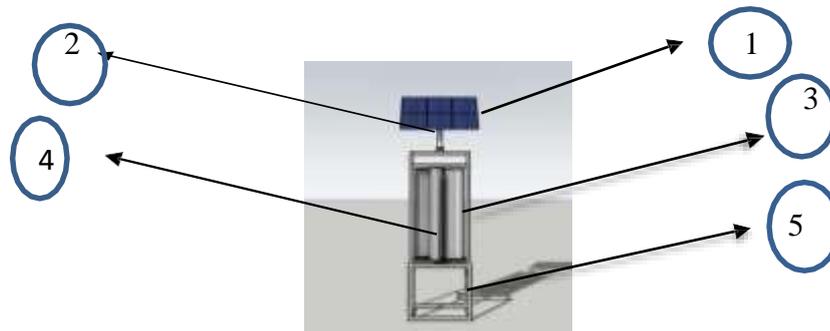
**b. Design**

Peneliti memanfaatkan hasil analisis sebagai dasar untuk merancang turbin angin. Dalam proses perancangan produk, peneliti melakukan beberapa langkah, yaitu:

1) Membuat desain turbin angin

Pada tahapan ini, peneliti menentukan jenis turbin yang dibuat, yakni turbin angin sumbu vertikal. Pemilihan tersebut dikarenakan tujuan turbin dibuat sebagai penerangan pada jalan tol, sehingga dipilih jenis turbin yang tidak mengganggu pengguna jalan. Selain itu, turbin dengan sumbu vertikal lebih efisien dan mampu menangkap kecepatan angin dengan lebih baik.

Pemilihan jenis turbin savonius dikarenakan, turbin jenis ini cocok untuk kecepatan angin menengah dan rendah yang sesuai dengan kecepatan angin di jalan tol. Rancangan turbin angin yang peneliti buat dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 2.** Desain Turbin Angin Tipe Savonius *Hybrid Photovoltaic*

**Tabel 3 .** Keterangan Bagian-bagian Turbin Angin Tipe Savonius *Hybrid Photovoltaic*

<i>Item</i>	<i>Qty</i>	<i>Part Number</i>	<i>Description</i>
1	1	Photovoltaic	Pembangkit Listrik
2	1	Rotari	Pengatur arah <i>photovoltaic</i>
3	4	Bilah	Dari plat Alumunium
4	1	Poros	Tempat meletakkan bilah
5	1	Kerangka	Tempat meletakkan turbin

2) Membuat daftar alat dan bahan

Pada tahap ini peneliti memastikan alat dan bahan yang akan digunakan sudah sesuai berdasarkan analisis media alat sebelumnya. Daftar alat dan bahan yang digunakan yaitu, anemometer, solar *charger*, kabel, timah, diode, solder, multimeter, *photovoltaic*, aki, *bearing*, pelat besi bekas, besi galvanis holo bekas,

besi batangan bekas, mur, dan baut. Gambar alat yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 4.

3) Melakukan studi dalam merangkai dan mengoperasikan alat

Pada tahap ini, peneliti mempelajari rangkaian alat dan cara pengoperasian alat yang digunakan dalam pembuatan turbin angin. Hal ini dilakukan untuk lebih memahami alat yang akan digunakan sehingga akan dihasilkan media turbin angin yang berkualitas.

Adapun prinsip kerja turbin angin tipe *savonius hybrid photovoltaic* pada penelitian ini, ialah:

- a) Pembangkit utama berupa turbin angin yang akan menghasilkan tegangan listrik pada saat angin bertiup. Hasil tegangan ini selanjutnya akan di umpankan menuju rangkaian *charger* baterai
- b) Pembangkit kedua berupa *photovoltaic* yang akan membangkitkan tegangan listrik pada saat matahari bersinar. Tegangan ini juga akan diumpankan kepada rangkaian *charger* baterai.
- c) Modifikasi yang peneliti lakukan pada alat ini adalah sebuah rangkaian sensor cahaya yang akan bekerja untuk memastikan *photovoltaic* selalu terkena sinar matahari pada saat siang hari.
- d) Kedua tegangan listrik yang di hasilkan oleh turbin angin dan *photovoltaic* di umpankan ke *charger* baterai melalui dua buah dioda agar kedua tegangan tidak saling mengganggu atau mempengaruhi.
- e) Dalam perancangan ini peneliti mengasumsikan bahwa tegangan dari turbin angin dan *photovoltaic* harus lebih besar atau sama dengan tegangan *input* yang dibutuhkan oleh rangkaian *charger* baterai, sehingga aki dapat di isi ulang.

c. *Development*

Tahapan selanjutnya, peneliti membuat turbin angin sesuai desain yang telah dirancang. Berikut langkah-langkah dalam pembuatan turbin:

1) Pembuatan Bilah

Turbin angin yang dibuat menggunakan empat bilah tipe U. Sebelum dirakit dengan komponen lainnya, bilah tersebut diuji terlebih dahulu. Jika masih ada hambatan dalam perputarannya, perbaikan akan dilakukan agar baling-baling dapat berputar dengan lancar.

2) Pemasangan turbin angin

Tahap berikutnya adalah merakit semua komponen turbin angin pada

kerangka yang telah disiapkan. Pemasangan dilakukan sesuai dengan ukuran dan fungsi setiap komponen.

Generator yang digunakan yaitu generator DC dengan dengan rangkaian dioda penyearah.

d. *Implementation*

Pada tahap ini, peneliti melakukan uji coba turbin angin yang telah dibuat di lapangan MAN 2 Kota Jambi. Pemilihan lokasi tersebut dikarenakan jauhnya lokasi jalan tol dari lokasi peneliti. Selain itu, kondisi jalan raya di Kota Jambi yang belum sesuai untuk pemasangan turbin.

Pada penelitian ini, peneliti menguji coba turbin dengan berbagai cuaca. Dikarenakan di lokasi penelitian kecepatan anginnya hanya sekitar 1 m/s, sehingga peneliti menggunakan dua kipas angin untuk menciptakan kondisi angin yang hampir sama seperti di jalan tol.

e. *Evaluation*

Setelah turbin dilakukan uji coba, selanjutnya turbin dievaluasi oleh ahli media untuk mengetahui kualitas turbin. Ahli media yang memvalidasi turbin angin peneliti ialah Bapak Achmad Anshori, S.Pd., M.Si, Guru Fisika SMA Negeri 6 Kota Jambi sekaligus Pelatih Olimpiade Fisika Provinsi Jambi. Terakhir, ahli media Guru Elektronika MAN 2 Kota Jambi, yakni Ibu Brianti Amazona, S.Pd.

Pada penelitian ini, turbin dievaluasi dengan menggunakan angket yang terdiri dari empat skala, yaitu Sangat Layak (SL) dengan skor 4 , Layak (L) dengan skor 3, Kurang Layak (KL) dengan skor 2, dan Tidak Layak (TL) dengan skor 1. Lembar validasi angket dapat dilihat pada Lampiran 7. Adapun aspek yang dievaluasi oleh ahli media ialah:

**Tabel 4.** Aspek Evaluasi Ahli Media

Aspek	Indikator
Tampilan	Kesesuaian Pembangkit Terhadap Desain
	Kerapian Tata Letak Komponen
	Ketepatan Pemilihan Warna
	Estetika Dan Ergonomis
	Kebersihan Dan Pemeliharaan
	Kualitas Pelapis Material (Cat)
Keefektifan	Efisiensi Dimensi Bilah
	Keselarasan Bilah Dan Poros
	Efisiensi Rasio Kecerahan Serta Daya Angin Ke Listrik
	Efisiensi Generator

	Efisiensi Penyimpanan Energi
	Stabilitas Daya
Penggunaan	Mudah Di Gunakan
	Keselamatan Pengguna
Ketahanan Dan Keamanan	Kemaman Ketika Di Operasikan
	Ketahanan Ketika Dioperasikan Pada Kelembapan Tinggi
	Ketahanan Terhadap Debu, Polusi, Serta Getaran
	Daya Tahan Generator
	Kekuatan Material Terhadap Korosi
	Keseimbangan Turbin Saat Beroperasi

## 2. Sumber Data

Adapun sumber data pada penelitian ini berseumber dari data primer dan data sekunder yang dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

**Tabel 5.** Sumber data Primer

Sumber Data	Data yang Diperoleh
Kecepatan angin	<i>Output</i> daya turbin
Intensitas cahaya	<i>Output</i> daya panel surya
Angket	Hasil penilaian para ahli/ validator mengenai kelayakan turbin angin savonius

**Tabel 6.** Sumber data Sekunder

Sumber Data	Data yang Diperoleh
Jurnal	Jenis-Jenis turbin angin, Efektifitas jumlah bilah pada turbin savonius, Output daya, Kinerja Panel Surya, Kelemahan penelitian terdahulu
<i>Webside</i>	Data Angin pada jalan tol, Akibat dari minimnya lampu penerangan pada jalan tol.

## 3. Teknik Analisis Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu teknik pengumpulan data menggunakan angket. Uji angket validasi dari para ahli dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah skor validator dengan jumlah skor maxsimium. Adapun rumus yang digunakan yaitu:

$$persentase = \frac{\sum \text{skor per aspek}}{\text{skor maksimum}} \times 100\%$$

**Tabel 7 .** Kategori Kelayakan Tubin

Kriteria	Skor
Sangat Layak (SL)	75%-100%
Layak (L)	50%-75%
Kurang Layak (KL)	25%-50%
Tidak Layak (TL)	< 25%

**Tabel 8.** Hasil Validasi Ahli 1 (Ibu Brianti Amazona, S.Pd.)

NO.	Aspek Pengujian	Hasil Penilaian	Kriteria
1	Tampilan	75%	Sangat Layak
2	Keefektifan	79%	Sangat Layak
3	Penggunaan	100%	Sangat Layak
4	Ketahanan dan Keamanan	65%	Layak
Rata-Rata Total		Kriteria	
79,75%		Sangat Layak	

**Tabel 9.** Hasil Validasi Ahli 1 (Bapak Achmad Anshori. S.Pd., M.Si)

NO.	Aspek Pengujian	Hasil Penilaian	Kriteria
1	Tampilan	96%	Sangat Layak
2	Keefektifan	96%	Sangat Layak
3	Penggunaan	100%	Sangat Layak
4	Ketahanan dan Keamanan	100%	Sangat Layak
Rata-Rata Total		Kriteria	
98%		Sangat Layak	

Berdasarkan hasil validasi oleh Ibu Brianti Amazona S.Pd. dapat diketahui bahwa validasi ahli media memperoleh nilai sebagai berikut : pada aspek tampilan memperoleh rata-rata 75% dengan kriteria “sangat layak” selanjutnya aspek keefektifan dengan nilai rata-rata 79% dengan kriteria “sangat layak” lalu aspek penggunaan dengan rata-rata 100% dengan aspek “sangat Layak” dan terakhir aspek ketahanan dan keamanan

dengan rata-rata 65% dengan kriteria “Layak”. Sedangkan Hasil validasi oleh Bapak Achmad Anshori, S.Pd., M.Si. dapat diketahui bahwa validasi ahli media memperoleh nilai sebagai berikut : pada aspek tampilan memperoleh rata-rata 96% dengan kriteria “sangat layak” selanjutnya aspek keefektifan dengan nilai rata-rata 96% dengan kriteria “sangat layak” lalu aspek penggunaan dengan rata-rata 100% dengan aspek “sangat Layak” dan terakhir aspek ketahanan dan keamanan dengan rata-rata 100% dengan kriteria “sangat layak”.

#### D. Hasil Dan Pembahasan

Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengukur kecepatan angin yang ada di lokasi penelitian, terdapat sebesar 1 m/s kecepatan angin pada lokasi tersebut, dikarenakan tidak memenuhi peneliti menggunakan dua kipas angin agar memenuhi angin yang sesuai pada jalan tol. Selanjutnya, peneliti menyambungkan ke aki dengan kapasitas aki 5 Ah. Pengambilan data dilakukan dengan beberapa kondisi cuaca yaitu cuaca cerah, cuaca mendung, dan cuaca berawan. Data yang diambil yaitu kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh turbin, kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *photovoltaic*, dan arus yang dibutuhkan LED.

**Tabel 10.** Data hasil pengujian

<b>Cuaca</b>	<b>Kuat Arus Turbin (A)</b>	<b>Tegangan Turbin (V)</b>	<b>Kuat Arus Photovoltaic (A)</b>	<b>Tegangan Photovoltaic (V)</b>
Cerah Berangin	0,024 A	9,6 V	0,48 A	16,2 V
Berawan Berangin	0,02 A	9,2 V	0,35 A	10 V
Mendung Berangin	0,02 A	9,4 V	0,025 A	6 V
Cerah Tanpa Angin	0 A	0 V	0,45 A	16,8 V
Berawan Tanpa Angin	0 A	0 V	0,2 A	9,6 V
Mendung Tanpa Angin	0 A	0 V	0,005 A	5,4 V

Berdasarkan tabel di atas turbin hanya dapat bekerja pada cuaca cerah berangin dengan kuat arus yaitu 0,024 A dan tegangan 9,6 V, sedangkan *photovoltaic* dapat bekerja pada kuat arus 0,48 A dan tegangan 16,2 V. Lalu pada cuaca berawan berangin turbin dapat bekerja dengan kuat arus 0,02 A dan tegangan 9,2 V sedangkan *photovoltaic* dapat bekerja dengan kuat arus 0,35 A dan tegangan 10 V. Selanjutnya pada cuaca mendung berangin turbin dapat bekerja dengan kuat arus 0,02 A dan tegangan 9,4 V sedangkan *photovoltaic* dapat bekerja dengan kuat arus 0,025 A dan tegangan 6 v. Lalu cuaca cerah

tanpa angin dengan kuat arus yaitu 0 A dan tegangan 0 V, sedangkan *photovoltaic* dapat bekerja pada kuat arus 0,45 A dan tegangan 16,8 V. Selanjutnya pada cuaca cerah tanpa angin turbin dapat bekerja dengan kuat arus 0 A dan tegangan 0 V sedangkan *photovoltaic* dapat bekerja dengan kuat arus 0,45 A dan tegangan 16,8 V. Lalu cuaca berawan tanpa angin turbin dapat bekerja dengan kuat arus yaitu 0 A dan tegangan 0 V, sedangkan *photovoltaic* dapat bekerja pada kuat arus 0,2 A dan tegangan 9,6 V. Dan terakhir pada cuaca mendung tanpa angin turbin dapat bekerja dengan kuat arus yaitu 0 A dan tegangan 0 V, sedangkan *photovoltaic* dapat bekerja pada kuat arus 0,005 A dan tegangan 5,4 V.

Dari perhitungan menggunakan rumus persamaan yang ketiga diperoleh hasil persentase efisiensi generator sebesar 0,923% hal ini menyatakan bahwa generator yang digunakan pada penelitian ini kurang efisien karena hanya mampu menghidupkan lampu LED sebesar 6 watt. Rumus untuk menentukan daya listrik :

$$P_{generator} = V.I.....(1)$$

$P_{generator}$  = daya yang dibangkitkan generator (Watt)

$V$  = tegangan (Volt)

$I$  = arus listrik (ampere) Rumus untuk menghitung daya turbin :

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3.....(2)$$

$P_{angin}$  = daya teotitis turbin (watt)

$\rho$  = massa jenis udara ( $kg/m^3$ )

$A$  = luas permukaan bidang sapuan sudu

$v$  = kecepatan angin (m/s)

Rumus untuk menghitung efisiensi turbin :

$$\eta = \frac{P_{generator}}{P_{angin}}.....(3)$$

$\eta$  = efisiensi turbin

$P_{generator}$  = Daya generator (watt)

$P_{aning}$  = Daya angin (watt)

## E. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu berdasarkan hasil validasi oleh ahli media turbin sangat layak digunakan. Turbin angin peneliti uji pada beberapa kondisi cuaca. Dari hasil pengujian tersebut, kuat arus turbin paling tinggi terdapat pada cuaca cerah berangin yaitu 0,024 A, dan tegangan paling tinggi terdapat pada cuaca cerah berangin yaitu 9,6 V. Sedangkan hasil pengujian kuat arus *photovoltaic* paling tinggi pada cuaca cerah berangin yaitu 0,48 A dan tegangan paling tinggi terdapat pada cuaca cerah tanpa angin yaitu 16,8

V. Dari analisa data diperoleh hasil persentase efisiensi 0,923% dan dari hasil validasi ahli turbin dikatakan sangat layak sesuai aspek yang diuji.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah lamanya waktu pembuatan turbin, menggunakan Multimeter dengan *range* yang luas, menggunakan generator dengan rpm yang lebih rendah dan menggunakan *gear box* agar mempermudah putaran turbin. Menggunakan *tachometer* untuk mengukur rpm, menggunakan *luxmeter* untuk mengukur intensitas cahaya, sehingga hasil pengujian lebih optimal.

### Daftar Pustaka

- Aryabathi, W., Erwin, E., & Wiyono, S. (2021). Potensi energi angin pada sisi siku atap gedung tinggi. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Inovasi*, 3 (2), pp. 206.
- Agustriana, S. (2022, December 6). Jalan Butuh Penerangan. Kumparan. Retrieved June 8, 2024, Diakses dari [https://kumparan.com/salsabila-agustriana-1670213209021554450/1zNbpL48Tw8?utm\\_source=Desktop&utm\\_medium=copy-to-](https://kumparan.com/salsabila-agustriana-1670213209021554450/1zNbpL48Tw8?utm_source=Desktop&utm_medium=copy-to-)
- Ali, M., Kadir, F., & Ikbal, M. S. (2023). ANALISIS KARAKTERISTIK PANJAR MAJU DAN PANJAR MUNDUR PADA DIODA IN4007. *Karst: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapannya*, 6(1), 26-32.
- Hutapea, E., Alexander, B. A. (2019, May 24). kompas. Retrieved July 15, 2024, Diakses dari <https://properti.kompas.com/read/2019/05/24/170843021/kecepatan-kendaraan-di-tol-kayu-agung-palembang-40-kilometer-per-jam>
- Hermanses, J. F., Rumbayan, M., & Sugiarso, B. A. (2020). Animasi interaktif pembelajaran energi listrik turbin angin. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 9(3), pp. 171-172.
- Jasrial, W. (2024, August 28). 4 Nyawa Melayang di Tol Palembang-Kayuagung. *Detiksumbagsel*. <https://www.detik.com/sumbagsel/berita/d-7512646/4-nyawa-melayang-di-tol-palembang-kayuagung>
- Jamal, J. (2019). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Savonius. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 6(1), pp. 64.
- Rivai, A. (2021, November 26). Mitigasi Kecelakaan Jalan Tol. *kompas.id*. <https://www.kompas.id/baca/opini/2021/11/26/mitigasi-kecelakaan-jalan-tol>
- Siagian, P., & Fahreza, F. (2020). Rekayasa Penanggulangan Fluktuasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Vehicle To Grid (V2G). In *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, 1 (1), pp. 356.
- Siregar, A. M., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-u Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1).

Setyawan, I., Salim, L. L., Sari, S. P., & Ridwan, R. (2020). Analisis Performa Turbin Angin Savonius Tipe U dengan Memvariasikan Jumlah Sudu Turbin. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 24(2), 148-153.

FIRDAUS, A. M. (2023). Sistem Monitoring Charger Baterai Pada Mobil Listrik Unj Berbasis Iot (Internet Of Things) (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA).

Nasution, M. (2021). Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik.

JET (Journal of Electrical Technology), 6(1), pp. 35.