

Planning For Wind turbine Installation On The Suramadu Bridge, East Java

Yasmin Fakhira Ichsan¹, Nur Ulfa Mauludina², Muchaerini Khasanah³

^{1,2}Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

³Universitas Pembangunan Nasional Veteran Cabang Jawa Timur, Surabaya

Korespondensi: yasminfkhra@gmail.com

Received: Maret 2023; Accepted: Mei 2023; Published: Juli 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1.119>

Abstrak

Pemasangan turbin angin sebagai sumber energi untuk lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jembatan Suramadu adalah inisiatif yang diambil dengan mempertimbangkan beberapa faktor penting. Berbagai aspek latar belakang perencanaan ini melibatkan keberlanjutan, efisiensi energi, dan dampak lingkungan. Integrasi turbin angin di Jembatan Suramadu sejalan dengan tekad untuk mengadopsi sumber energi terbarukan dan berkelanjutan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah merencanakan pemasangan turbin angin untuk memasok energi lampu PJU di Jembatan Suramadu. Dengan merujuk pada hasil survei kecepatan angin di Jembatan Suramadu pada tanggal 5 November 2023, dapat diamati bahwa kecepatan angin pada waktu tersebut tergolong rendah. Oleh karena itu, dipilih turbin angin jenis Savonius tipe U dengan diameter 1,11 meter sebagai solusi yang tepat. Melalui perhitungan geometri dan daya yang dihasilkan, turbin ini mampu mencapai daya maksimum sebesar 120,84 watt pada kecepatan angin 4 m/s. Dengan menginstal turbin angin Savonius ini di Jembatan Suramadu, potensi energi angin dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan daya listrik. Meskipun daya yang dihasilkan belum cukup untuk memenuhi seluruh kebutuhan penerangan jalan umum di malam hari, namun dapat menjadi sumber energi tambahan yang ramah lingkungan.

Kata kunci: angin, *wind turbine*, Jembatan Suramadu, energi

Abstract

The installation of wind turbines as a source of energy for Public Street Lighting (PJU) on the Suramadu Bridge is an initiative taken considering several crucial factors. Various aspects of the background planning involve sustainability, energy efficiency, and environmental impact. The integration of wind turbines on the Suramadu Bridge aligns with the commitment to adopt renewable and sustainable energy sources. The main goal of this research is to plan the installation of wind turbines to supply energy for PJU lights on the Suramadu Bridge. Referring to the results of the wind speed survey on the Suramadu Bridge on November 5, 2023, it can be observed that the wind speed at that time was relatively low. Therefore, the Savonius type U wind turbine with a diameter of 1.11 meters was chosen as the appropriate solution. Through geometric calculations and the power generated, this turbine is capable of reaching a maximum power of 120.84 watts at a wind speed of 4 m/s. By installing this Savonius wind turbine on the Suramadu Bridge, the potential wind energy can be utilized to generate electrical power. Although the generated

power may not be sufficient to meet the entire lighting needs of public roads at night, it can serve as an additional environmentally friendly energy source.

Key words: *wind, wind turbine, Suramadu Bridge, energy*

I. PENDAHULUAN

Keberlanjutan energi dan penurunan emisi karbon menjadi fokus global dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Pemasangan sumber energi terbarukan seperti *wind turbin* di berbagai infrastruktur, termasuk jembatan, menjadi strategi untuk memitigasi dampak negatif perubahan iklim. Kesadaran akan pentingnya beralih ke sumber energi terbarukan telah meningkat secara internasional. Banyak negara dan organisasi berkomitmen untuk mencapai target energi bersih dan memanfaatkan potensi angin sebagai salah satu solusinya.

Kemajuan dalam teknologi *wind turbin*, termasuk peningkatan dalam desain aerodinamika, efisiensi konversi energi, dan keandalan operasional, telah memperkuat kasus untuk memilih angin sebagai sumber energi yang layak dan efisien. Pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi di daerah setempat meningkatkan konsumsi energi. Oleh karena itu, mencari solusi berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi menjadi penting, dan pemasangan *wind turbin* adalah salah satu opsi yang dijelaskan.

Dengan meningkatnya mobilitas dan perkembangan infrastruktur, seperti jembatan, kebutuhan akan penerangan jalan umum juga meningkat. Pemasangan *wind turbin* di Jembatan Suramadu dapat menjadi langkah terpadu untuk memenuhi kebutuhan ini dengan cara yang ramah lingkungan. Adanya kebijakan dan insentif pemerintah yang mendukung pengembangan energi terbarukan di tingkat nasional maupun regional menjadi faktor kunci dalam memandu keputusan perencanaan pemasangan *wind turbin*. Pemasangan *wind turbin* sebagai sumber

energi untuk lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jembatan Suramadu merupakan inisiatif yang diambil dengan mempertimbangkan beberapa faktor yang esensial.

Beberapa aspek latar belakang perencanaan ini melibatkan keberlanjutan, efisiensi energi, dan dampak lingkungan. Pemasangan *wind turbin* di Jembatan Suramadu sejalan dengan komitmen untuk mengadopsi sumber energi terbarukan dan berkelanjutan. Angin sebagai sumber energi tidak hanya merupakan pilihan yang ramah lingkungan tetapi juga dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap diversifikasi portofolio energi daerah tersebut. Telah diidentifikasi bahwa Jembatan Suramadu memiliki potensi energi angin yang cukup signifikan.

Potensi ini menjadi dasar untuk memanfaatkan angin sebagai sumber daya alam yang dapat dikonversi menjadi energi listrik untuk memenuhi kebutuhan penerangan jalan umum. Pemasangan *wind turbin* di Jembatan Suramadu juga dimotivasi oleh keinginan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional. Dengan mengintegrasikan sumber energi terbarukan, daerah tersebut dapat mengurangi emisi karbon dan meningkatkan keberlanjutan energi dalam jangka panjang. *Wind turbin* terkini memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan biaya operasional yang relatif rendah.

Dengan memanfaatkan teknologi terbaru, pemasangan *wind turbin* di Jembatan Suramadu diharapkan dapat memberikan solusi yang ekonomis dan berkelanjutan dalam penyediaan energi untuk penerangan jalan umum. Dengan mempertimbangkan Perencanaan pemasangan *wind turbin* untuk lampu PJU di Jembatan Suramadu diharapkan dapat

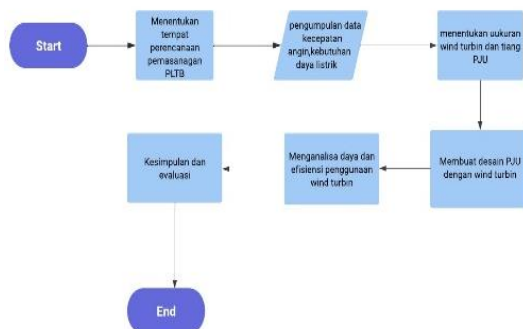
memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi masyarakat setempat dan lingkungan sekitar. Hasil Survey ini juga diharapkan dapat menjadi contoh bagi daerah lain untuk mengadopsi sumber energi terbarukan dalam infrastruktur perkotaan mereka.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk perencanaan pemasangan *wind turbin* untuk lampu PJU di Jembatan Suramadu, peningkatan efisiensi energi dengan mengonversi potensi angin yang tersedia di sekitar Jembatan Suramadu menjadi listrik yang dapat digunakan untuk lampu PJU, dan memberikan solusi ekonomis jangka panjang dengan mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan, serta memanfaatkan sumber energi yang tidak dikenakan biaya bahan bakar.

II. METODE PENELITIAN

• Eksperimen

Metode penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Metode penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian langkah yang terstruktur untuk merinci dan mengevaluasi perencanaan pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) pada tiang Penerangan Jalan Umum (PJU). Tahap awal melibatkan penentuan lokasi

strategis untuk pemasangan PLTB, yang mencakup aspek-aspek perencanaan seperti ketinggian, kecepatan angin, dan kebutuhan daya listrik. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data secara rinci terkait dengan kecepatan angin di lokasi tersebut dan estimasi kebutuhan daya listrik untuk memastikan kehandalan PLTB. Setelah itu, dilakukan penentuan ukuran *wind turbin* yang akan dipasang pada tiang PJU, dengan mempertimbangkan parameter teknis yang diperlukan.

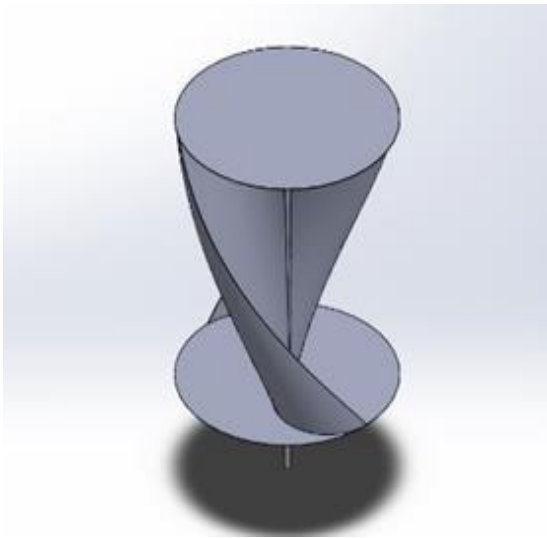
Langkah selanjutnya melibatkan proses perancangan sistem PJU yang terintegrasi dengan *wind turbin*. Desain ini mencakup aspek estetika, keamanan, dan efisiensi energi. Setelah desain PLTB-PJU selesai, dilakukan analisis terperinci terkait dengan daya yang dihasilkan dan efisiensi penggunaan *wind turbin* pada kondisi lingkungan tertentu. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk mengevaluasi kelayakan dan potensi PLTB pada lokasi tersebut. Tempat perencanaan pemasangan *wind turbin* ini di sepanjang jalan causeway jembatan suramadu untuk mensuplay listrik pada lampu penerangan jalan umum (PJU). Titik pemasangan PJU dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik Pemasangan PJU

Jembatan nasional suramadu memiliki kecepatan angin yang rendah sehingga Turbin angin yang di gunakan

adalah jenis *savonius* tipe U .jenis turbin angin ini di gunkan karena jenis ini cocok untuk daerah yang kecepatan anginnya rendah .Turbin angin ini memiliki ukuran turbin angin *Savonius* tipe U dengan diameter 1,11 meter, tinggi 1,4 meter, jari-jari 0,555 meter, panjang lengan 0,54 meter, dan luas penampang 1,22 meter². Turbin *Savonius* Tipe U dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Turbin *Savonius* Tipe U

Penerangan jalan umum jembatan suramadu saat ini menggunakan lampu led 100 watt dan generator 100 watt sehingga setiap pju membutuhkan satu turbin angin dengan ukuran di atas. Desain pju dengan wind turbin dapat di liat pada gambar di bawah. suramadu memiliki kecepatan angin yang rendah sehingga Turbin angin yang di gunakan adalah jenis *savonius* tipe U .jenis turbin angin ini di gunkan karena jenis ini cocok untuk daerah yang kecepatan anginnya rendah .Turbin angin ini memiliki ukuran turbin angin *Savonius* tipe U dengan diameter 1,11 meter, tinggi 1,4 meter, jari-jari 0,555 meter, panjang lengan 0,54 meter, dan luas penampang 1,22 meter².

Gambar 4 merupakan desain perencanaan pemasangan jembatan suramadu untuk mesnuplay listrik lampu pju. Tiang lampu pju memiliki tinggi 10

meter dan tinggi turbin 1,4 meter lampu yang di gunakan adalah lampu led 100 watt.



Gambar 4. Desain PJU

III. HASIL DAN PEMBAHASAN


• Kecepatan Angin

Tabel 1 merupakan hasil survey kecepatan angin di jembatan suramadu. Data tersebut di ambil pada tiga titik sisi jembatan yakni di ujung Surabaya, ujung madura dan di tengah-tengah antara madura dan Surabaya. Pengambilan data ini dilakukan dalam 4 waktu yang berbeda yakni pada pagi, siang, sore dan malam hari agar data yang dihasilkan dapat optimal. Arah angin setiap waktunya berbeda beda Ketika pagi angin berhembus dari arah barat ke timur, siang dari arah timur ke barat, sore hari dari arah selatan ke utara dan pada malam hari dari arah timur ke arah barat. Dalam mengukur kecepatan angin menggunakan Anemometer.

Dari Tabel 1 Dapat di simpulkan bahwa dari hasil pengukuran kecepatan angin yang di dapat, kecepatan angin yang ada di jembatan suramadu pada tanggal 5 November 2023 tergolong dalam kecepatan angin yang rendah sesuai dengan data tingkat kecepatan angina pada

Tabel 2. Maka turbin angin yang pas atau yang cocok di gunakan adalah turbin angin jenis *savonius* tipe helik.

Tabel 1. Kecepatan Angin

NO	WAKTU	KEC. ANGIN (m/s)	Suhu ($^{\circ}$ C)	DOKUMENTASI
1	07.00 WIB	1. 1,334 2. 1,486 3. 1,828	1. 31,6 2. 29,1 3. 29,6	
2	13.00 WIB	1. 1,793 2. 1,313 3. 1,502	1. 32,1 2. 32,2 3. 33,9	
3	16.00 WIB	1. 1,261 2. 1,795 3. 1,474	1. 32,1 2. 31,9 3. 31,6	
4	21.00 WIB	1. 1,382 2. 1,695 3. 1,890	1. 31,2 2. 31,5 3. 31,6	

Jika menggunakan turbin angin *Savonius* tipe U dengan diameter 1,11 meter, tinggi 1,4 meter, jari-jari 0,555 meter, panjang lengan 0,54 meter, dan luas penampang 1,22 meter² seperti terlihat pada Gambar 3, maka geometri dari luasan rotor adalah:

$$\begin{aligned}
 (\text{sweep area}) &= h \times D \\
 &= 1,4 \text{ m} \times 1,11 \text{ m} \\
 &= 1,554 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Oleh karena itu, daya maksimum yang bisa dihasilkan oleh turbin *Savonius blade U* pada kecepatan angin 4 m/s adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Power max} &= \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \times c_p \\
 &= \frac{1}{2} \times 5,225 \text{ Kg} \times 1,22 \text{ m}^2 \times 4^3 \times 0,593 \\
 &= 120,84 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Tingkat Kecepatan Angin

TINGKAT KECEPATAN ANGIN 10 METERI DI ATAS PERMUKAAN TANAH		
KELAS ANGIN	KECE- PATAN ANGIN	KONDISI ALAM DI DARATAN
1	0,00-0,02	
2	0,3-1,5	Angin tenang, asap lurus ke atas
3	1,6-3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4-5,4	Wajah terasa ada angin daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5,5-7,9	Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8,0-10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8-13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air pelampung berombak kecil
8	13,9-17,1	Ujung pohon melengkung. Hembusan angin terasa di telinga
9	17,2-20,7	Dapat mematahkan jalan berat melawan arah angin
10	20,8-24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5-28,4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5-32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7-36,8	Tornado

Untuk mengetahui torsi yang dihasilkan oleh turbin angin *Savonius blade U* pada saat berputar pertama kali adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= \text{ps} / \omega \\
 &= 120,84 / 8,73 \\
 &= 13,84 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Dan untuk mendapatkan putaran yang dihasilkan oleh turbin angin *Savonius blade U* pada kecepatan angin 4 m/s adalah:

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan putar rotor} &= 60 \cdot \omega / 2 \pi \\ &= 60 \cdot 8,73 / 2 \pi \\ &= 83,365 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Maka nilai *Tip Speed Ratio* yang merupakan perbandingan kecepatan ujung blade dengan kecepatan angin adalah:

$$\begin{aligned}Tsr &= \frac{\text{speed of rotor tip}}{\text{wind speed}} = \frac{\omega r}{v} \\ &= \frac{8,73 \cdot 0,555}{4} \\ &= 1,21\end{aligned}$$

Dan Tabel 3 adalah data dari seluruh perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan

NO	PERHITUNGAN	JUMLAH
1	Volume Udara	5,836
2	Massa Udara	5,225 (Kg)
3	Energi Kinetik	82,63 (J)
4	Daya Angin	82,63 (W)
5	Percepatan Angin	4 (m/s)
6	Gaya Dorong Angin	34,33 (N)
7	Torsi	18,3 (Nm)
8	Kecepatan Sudut Rotor	8,73 (rad/s)
9	Kecepatan Putaran Rotor	83,365 rpm
10	Daya Output/Daya Rotor	120,84 watt
11	Koefisiensi Daya	1,93

- Kebutuhan Daya Listrik
Jembatan suramadu memiliki Panjang 5.438 m, lebar 30 m, dan tinggi 146 m. Ketika malam hari jembatan suramadu memiliki kebutuhan penerangan jalan umum untuk menerangi pengendara

ketika melintasi jembatan suramadu pada saat malam hari.

Pada Tabel 4, jumlah lampu yang di gunakan untuk penerangan jalan di jembatan suramadu sebanyak 168 lampu PJU. Setiap lampu PJU menggunakan lampu led 100 watt sehingga daya yang di butuhkan setiap harinya untuk lampu PJU di jembatan suramadu adalah 16.800 watt perharinya. Sedangkan *wind turbin* yang digunakan gunkan dapat menghasilkan daya sebesar 120 watt dan untuk generator yang digunakan adalah generator 100 watt.

Tabel 4. Jumlah Tiang PJU

NO	TEMPAT	JUMLAH
3	Causeway sisi Surabaya	72 tiang pju
4	Causeway sisi Madura	96 tiang pju
	JUMLAH TIANG PJU	168 tiang PJU

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil survei kecepatan angin di Jembatan Suramadu, terlihat bahwa kecepatan angin pada tanggal 5 November 2023 tergolong rendah. Oleh karena itu, pilihan turbin angin yang tepat adalah jenis *Savonius* tipe U dengan diameter 1,11 meter. Melalui perhitungan geometri dan daya yang dihasilkan, turbin ini mampu menghasilkan daya maksimum sebesar 120,84 watt pada kecepatan angin 4 m/s. Dengan memasang turbin angin *Savonius* tersebut pada Jembatan Suramadu, kita dapat memanfaatkan energi angin untuk menghasilkan daya listrik. Meskipun daya yang dihasilkan oleh turbin angin tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan penerangan jalan umum di malam hari secara keseluruhan, tetapi dapat menjadi sumber tambahan yang ramah lingkungan.

Dalam perhitungan kebutuhan daya listrik untuk penerangan jalan umum di Jembatan Suramadu, diketahui bahwa

terdapat 168 lampu PJU dengan masing-masing menggunakan lampu LED 100 watt. Total daya yang dibutuhkan per harinya adalah 16.800 watt. Meskipun turbin angin menghasilkan daya 120,84 watt, hal ini dapat menjadi langkah awal dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional. Meski demikian, perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan jumlah turbin angin atau menggabungkannya dengan sumber energi lainnya agar dapat memenuhi kebutuhan energi yang lebih besar. Selain itu, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terkait efisiensi, keberlanjutan, dan kelayakan ekonomi dari implementasi turbin angin di Jembatan Suramadu. Dengan adanya pemanfaatan sumber energi terbarukan, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap upaya pelestarian lingkungan dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Saran harus dikaitkan dengan hasil penelitian, logis dan tidak mengada-ada.

Saran yang dapat diberikan adalah untuk mendapatkan perspektif lebih luas, penelitian ini dapat diperluas ke wilayah-wilayah lain yang memiliki kondisi angin serupa, sehingga temuan dan rekomendasi yang dihasilkan dapat diaplikasikan secara lebih umum. Dengan melakukan perbaikan dan pengembangan berdasarkan saran ini, penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang lebih signifikan dalam upaya pemanfaatan energi terbarukan dan berkelanjutan di Jembatan Suramadu dan daerah sekitarnya.

V. RUJUKAN

- [1] R. E. Setyawan, S. P. Fitri, "Analisis Dan Pemodelan Savonius Vertical Axis Wind Turbine Dengan Variasi Blade Terhadap Aliran Udara Dengan Metode cfd (Computational Fluid Dynamics)," Skripsi, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [2] Aryanto, Firman, Made Mara, dan Made Nuarsa, "Pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal." *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 3, No. 1, 2013.
- [3] Sigit Hernowo, "Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Horizontal Sederhana Dengan Panjang Sudu 1," *Journal Vouering*, Vol. 5, No. 1, 2020.
- [4] R. Pangestu dan S. A. Andriani H., "Perancangan Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Bertingkat Dengan Variasi Blade "Savonius Helical L Rotor"," Laporan Tugas, Bandung: Politeknik Negeri Bandung, 2017.
- [5] M. R. Fachri dan H. Hendrayana, "Analisa Potensi Energi Angin dengan Distribusi Weibull Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda Aceh," *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol. 1, No. 1, 2017.
- [6] B. Y. Dewantara, I. D. P. Karyatanti, D. Rahmatullah, dan I. Winarno, "Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Pengisi Daya Kendaraan Listrik," Surabaya: Hang Tuah University Press, 2024.
- [7] B. Y. Dewantara, "Potensi Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas di Kecamatan Bluto Desa Kapedi," *Cyclotron*, Vol. 07, No. 02, 2024.
- [8] B. Y. Dewantara, "Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik untuk Penggerak Perahu Nelayan Bertenaga Surya," *Cyclotron*, Vol. 03, No. 01, 2024.
- [9] B. Y. Dewantara, "Perancangan Perahu Nelayan Ramah Lingkungan Menggunakan Motor Listrik Bertenaga Surya," *Cyclotron*, Vol. 2, No. 1, 2019.
- [10] M. T. Setiawan, I. Winarno, dan B. Y. Dewantara, "Implementasi Internet of Things Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Solar Cell Berbasis

Web,” *Journal of Electrical Engineering and Computer*, Vol. 03, No. 01, 2021.