

Perancangan Turbin Angin Sumbu Vertikal dengan Memanfaatkan Angin pada Ruas Jalan Tol

Prian Gagani Chamdareno¹, Gilang Hafidh Suyonoputra², Budiyanto

^{1) 2)3)} Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47

Email: ¹⁾ prian.gagani@ftumj.ac.id ²⁾ 2016420013@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk perancangan dan analisa turbin angin sebagai teknologi “energi terbarukan” yang di manfaatkan untuk penerangan ruas jalan tol. Penerangan jalan tol sangat penting untuk transportasi, khususnya di malam hari yang membutuhkan penerangan yang lebih. Penggunaan turbin angin sumbu vertikal dirancang dengan prinsip kerja mengubah energi angin menjadi energi listrik melalui generator yang nantinya akan disimpan ke baterai. Oleh karena itu, dibutuhkan angin yang cukup untuk menggerakkan turbinnya yaitu minimal 1.4 m/s, angin yang berasal dari laju kendaraan pun juga bisa dimanfaatkan. Alat ini bertipe savonius. Data parameter yang dihasilkan alat ini berupa kecepatan angin, kecepatan putar generator, dan voltase. Hasil yang didapat pada data uji coba dengan kecepatan generator paling tinggi 53 RPM membutuhkan waktu pengisian baterai selama 1,56 jam. Sedangkan kecepatan generator paling rendah didapatkan 17 RPM untuk waktu pengisian baterai selama 15,3 jam.

Kata Kunci : Perancangan, Turbin Angin, Sumbu Vertikal, Savonius.

ABSTRACT

This research is conducted for the design and analysis of wind turbines as a “renewable energy” technology that is used for lighting toll roads. Highway lighting is very important for transportation, especially at night which requires more lighting. The use of vertical axis wind turbines is designed with the working principle of converting wind energy into electrical energy through a generator which will later be stored in batteries. Therefore, a minimum of 1.4 m / s of wind is needed to drive the turbine, the wind from the vehicle's speed can also be utilized. This tool is savonius type. The parameter data produced by this tool are wind speed, generator rotational speed, and voltage. The results obtained in the trial data with the highest generator speed of 53 RPM require battery charging time of 1.56 hours. While the lowest generator speed was obtained 17 RPM for the battery charging time of 15.3 hours.

Keywords : Design, Wind Turbine, Vertical Axis, Savonius

1 PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik semakin lama semakin meningkat, salah satunya di sektor transportasi kendaraan darat. Dalam beberapa tahun terakhir, masalah sumber daya fosil dan iklim dunia menjadi semakin serius karena pesatnya perkembangan ekonomi industri dan pesatnya pertumbuhan populasi dunia . Perkembangan teknologi yang pesat mendorong penggunaan energi dalam jumlah yang besar [1]. Sebagaimana kita ketahui, pada masa sekarang ini perindustrian di negara kita mengalami perkembangan yang cukup pesat, baik pada perindustrian besar maupun industri kecil [2]. Dalam penerangan jalan mampu mendukung tingkat kenyamanan dan keselamatan para pengguna jalan terutama untuk keamanan terlebih jalan – jalan di dalam kota yang memiliki rata – rata tingkat lalu lintas cukup tinggi [3]. Tetapi

bahan baku yang sering di pakai untuk menghasilkan energi listrik, yaitu energi fosil, semakin berkurang. Angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang paling menarik untuk pembangkitan listrik [4]. Pergerakan kendaraan berkecepatan tinggi di jalan raya menghasilkan angin lokal yang energinya dapat dimanfaatkan [5].

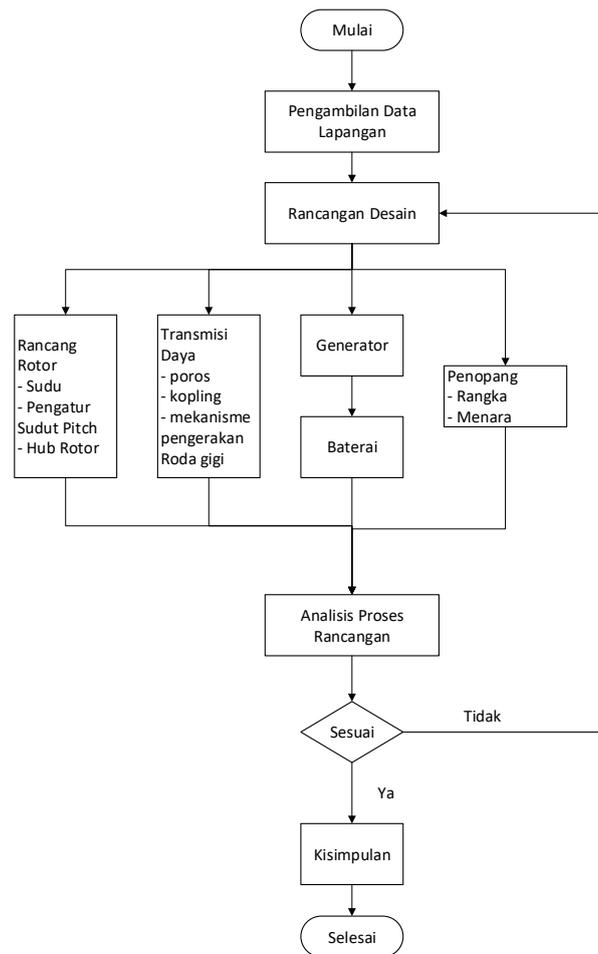
Pada umumnya, penerangan jalan raya menggunakan teknologi *solar cell* dengan memanfaatkan penyerapan energi radiasi matahari yang dikonversikan menjadi energi listrik. Namun masih memiliki beberapa kekurangan yaitu rendahnya penyerapan spectrum radiasi matahari dan diperlukan proses pemurnian untuk meningkatkan kualitas bahan silicon dengan biaya yang mahal. Dengan kekurangan tersebut maka diperlukan teknologi energi alternative yang lain untuk penerangan jalan tol tersebut.

Energi angin merupakan sumber “energi terbarukan” yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif penerangan jalan, dikarenakan energi angin tidak memerlukan bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik, dan ruang instalasi yang kecil [6]. Sumber energi angin yang terbanyak pada jalan raya terletak pada jalan tol, dikarenakan selain alami, aliran angin yang berasal dari pergerakan kendaraan pada jalan tol menghasilkan beban yang kuat pada udara dan mengirimkan energi untuk membangun pemanfaatan energi dalam bentuk energi angin local [7]. Potensi energi angin pada jalan tol yang sangat tinggi, tergantung pada jauhnya jarak jalan tol dan tingginya suatu jalan tol [8].

Turbin angin merupakan teknologi energi alternatif yang mampu mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik. turbin angin vertikal yang digunakan yaitu turbin angin tipe vertical axis (VAWT). Energi angin VAWT berdasarkan gaya tarik (*drag force*) berdasarkan pergerakan angin sangat cocok dengan aliran angin dari pergerakan kendaraan, karena memiliki gaya torsi lebih besar [7]. Tipe turbin angin VAWT yang di gunakan yaitu tipe *Savonius*. Tipe Sabonius ini memiliki koefisien daya (C_p) sebesar 0.1-0.2 dan kecepatan angin minimal 1.4 m/s.

2 METODOLOGI

Penggunaan kincir angin (atau turbin angin) untuk menghasilkan listrik dapat ditelusuri kembali ke akhir abad kesembilan belas [9]. Turbin angin Savonius merupakan salah satu turbin yang dapat bekerja dengan kecepatan angin rendah [10]. Jumlah energi yang tersedia dari angin sangat terkait dengan kecepatan angin yang lebih tinggi di dataran tinggi dan daerah pesisir [11]. Fluida yang bersinggungan dengan benda umumnya memberikan gaya pada benda tersebut [12].



Gambar 1. Flowchart perancangan turbin angin sumbu vertikal

Desain ini mempunyai tahapan metode, yaitu *review literature*, observasi lapangan, perancangan dan analisis energi pada turbin angin.

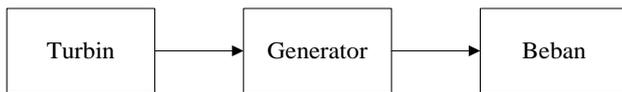
- Review Leterature

Pada tahap *review literature* dalam perancangan ini bahwa turbin akan diletakan pada jalan tol dimana energi angin akan didapatkan dari hasil kendaraan yang melintas. Dalam jalan tol perlu di ketahui bahwa jalur dalam jalan tol itu memiliki jalur lambat, cepat, dan mendahului. Tiap jalur menghasilkan energi angin yang berbeda.

- Observasi Lapangan

Dalam observasi lapangan, menggunakan anemometer untuk mengukur kecepatan angin, sehingga angin yang didapatkan sesuai dengan kebutuhan daya listrik yang nantinya di salurkan ke baterai. Dalam pengambilan data kecepatan angin dari kendaraan yang melintas dengan kecepatan yang berbeda.

- Perancangan Turbin Sumbu vertical

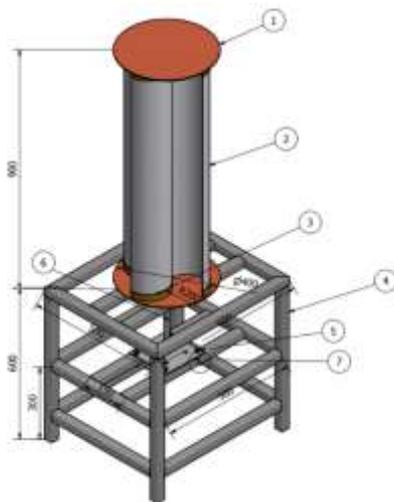


Gambar 2. Diagram blok analisis energi turbin angin.

Pada umumnya, cara kerja sistem ini berawal dari angin kendaraan yang melintas dan mengenai turbin angin sumbu vertikal. Energi angin yang didapat akan di ubah oleh generator menjadi energi listrik dan nantinya akan di simpan di baterai untuk mengalirkan listrik ke lampu. Masing-masing bagian mempunyai fungsi,yaitu :

- Turbin

Turbin angin yang digunakan yaitu turbin angin vertikal tipe *savonius* dengan sumbu tegak lurus. Turbin diletakkan di ruas jalan tol, ditengah tengah perbatasan jalan arah balik dan arah sebaliknya guna mendapatkan angin yang maksimal.



Gambar 3.Desain turbin angin vertikal

Dalam proses desain dan perancangan turbin angin sumbu vertical, untuk menghasilkan daya yang cukup untuk memenuhi penerangan ruas jalan tol mempunyai beberapa faktor-faktor yang mendukung efektifitas daya yang di hasilakan dari turbin angin tersebut.

Tabel 1.Daftar bagian.

DAFTAR BAGIAN			
BARANG	JUMBLAH	NAMA BARANG	DESKRIPSI
1	2	Agitator Poros Pelat Dasar	Plat Karbon
2	8	Turbin Agitator	Polivinil Klorida
3	8	Dukungan Blade	Plat Strip Galvanis
4	6000 mm	ISO 10799-2 - 40x40x1.2 - 660	Baja struktural Galvanis - Berbentuk dingin, dilas, lubang struktural bagian
5	4	ISO 4016 - M10 x 60	Mesin cuci biasa-Kecil seri-Produk kelas A
6	1	Shaft Agitator 1400 mm	Bulat Sebagai Karbon
7	1	Bantalan Dasar Uc 205	Plat Karbon

- Proses Perencanaan

Tabel Error! No text of specified style in document..2 faktor faktor utama

No.	faktor-fakor utama
1	Dimensi Turbin
2	Kekuatan Bahan Poros
3	Bantalan Poros
4	Roda Gigi
5	Generator
6	Baterai

- Dimensi Turbin

Dalam mendesain sebuah turbin harus memii jenis dan dimensi, dalam memmtukan jenis turbin yang digunakan berdasarkan kecepatan angin pada kondisi sekitar ruas jalan tol.

- Kekutan Poros Turbin

Bagian yang sangat penting, selain poros berfungsi untuk tempat dudukan sudu, poros juga berfungsi sebagai penghubung utama terjadinya perubahan energi kinetik menjadi energi listrik dengan yang sebelumnya melalui generator.

- Bantalan Poros Turbin

Bantalan poros turbin ini digunakan untuk menumpu poros beban, sehingga Ketika putaran atau Gerakan bolak – baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan berumur Panjang.

- Roda Gigi

Roda gigi yang digunakan yaitu untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat.

Untuk meringankan putaran pada roda gigi, roda gigi di couple dengan bantuan penbel.

- Pembuatan Komponen Utama Turbin

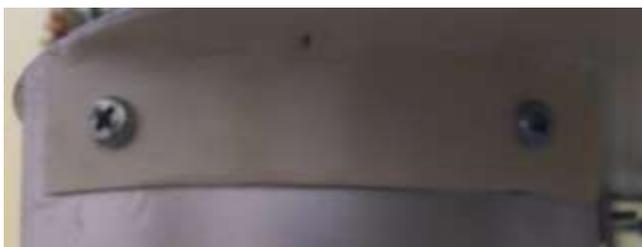
Poros dengan menggunakan potongan besi profil bulat pejal yang sesuai ukuran dan jenis bahan Plat Karbon 400 kemudian menggunakan mesin bubut, mesin bubut akan membentuk profil membulat sesuai bentuk yang di inginkan dalam desain. Ketika pembubutan selesai akan disatukan tiang yang memanjang. Ketika menyatukan menggunakan las, dalam pengelasan ini lah yang membuat komponenn menjadi kokoh.



Gambar 4. Poros

- Lengan Sudu

Pertama membuat mal dengan ukuran yang sudah di sesuaikan. Bahan yang digunakan yaitu plat galvanis, setelah itu d potong menggunakan grinda, jumlah yang digunakan yaitu 8 sudu dengan ukuran 200mm dan 2 bolongan dalam masing-masing sudu, yang nantinya akan d pasang baut.



Gambar 5. Lengan sudu

- Sudu

Lengan sudu yang digunakan berbahan paralon atau pvc. Bahan ini untuk memperingan pada lengan sudu. Ukuran dari paralon 200mm dan mempunyai 8 lengan sudu. setelah pemotongan paralon, yang nantinya akan di satukan ke sudu yang sudah di buat.



Gambar 6. Sudu

- Bantalan

Bantalan yang digunakan terdapat 1 buah, yaitu bantalan poros pada roda gigi saja. Panjang dari bantalan 1200 mm memanjang ke atas. Dengan itu sudu dan lengan sudu akan ikut tegak keatas dengan kokohnya.

- Roda Gigi

Jenis roda gigi yang digunakan yaitu pully. Jumlah pully pada pemasangan ini ada 2, dengan ukuran besar dan kecil. Pully ini banyak di pasaran, jadi untuk tinggal pemasangan dan pengepasan pada linkaran yang sudah di buat.



Gambar 7. Roda gigi.

- Generator

Setelah baling-baling terkena angin dan menghasilkan energi gerak (mekanik), generator akan mengubah energi mekanik tersebut menjadi energi listrik. Permanent-magnet DC motor (PMDC) merupakan motor yang kutub – kutub nya merupakan magnet permanent [13].



Gambar 8. Generator.

Tabel 3. Spesifikasi generator permanen magnet.

Spesifikasi Generator Permanen Magnet	
Arus	DC
Tegangan Listrik	12V-18V
Kecepatan putar rotor	800rpm
Daya	30W (max)

- Beban (Baterai)

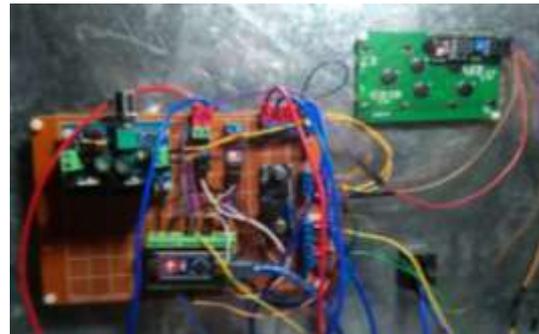
Beban yang dimaksud saat ini yaitu baterai. Baterai tersebut akan menampung energi listrik yang telah dihasilkan oleh generator.

Tabel 4. Spesifikasi Baterai

Spesifikasi Baterai	
Arus Listrik	6A
Daya	12V

- Alat Pengambilan Data

Dalam pengambilan data ini menggunakan beberapa elektronik berupa mikrokontroler, sensor tegangan, sensor daya, sensor arus, sensor kecepatan gerator (RPM), LCD. Pengukur kecepatan angin, Alat tersebut akan di letakan di beberapa bagian Turbin. Data yang didapat akan di-input dan ditampilkan ke aplikasi *Microsoft Excel*. Dengan penggunaan aplikasi *Microsoft Excel* akan mudah untuk pembuatan tabel data dan grafik. 1994). Anemometer yang digunakan pada stasiun pengamatan cuaca adalah anemometer jenis cup counter yang menerapkan metode mekanik dalam pengukurannya [14].



Gambar 9. Perangkat Elektronik

Tabel 5. Alat pengambilan data.

Nama alat	Tipe/Ukuran
Mikrokontroler	Arduino Uno
Anemometer wind Speed Sensor	FST200-201
Photoelectric Speed Encoder Sensor	Encoder
Current Sensor Arus	ACS712/ 20A
Voltage Sensor	0 – 25V DC
LCD	4x20cm

- Proses Perakitan

Dalam proses perakitan alat ini, merupakan proses penggabungan antara komponen mekanik dan komponen elektronik yang nantinya menjadi bahan satu kesatuan dengan peratian urutan yang ditentukan.

Langkah awal dari melakukan perakitan , yaitu melakukan pengecekan pada komponen yang nantinya di rakit. Setiap perakitan membutuhkan beberapa alat bantu dalam pemasangan mekanik dan eketroniknya dan itupun harus disiapkan terlebih dahulu. Dengan adanya Langkah-langkah perakitan ini akan membuahkan hasil yang tepat proses perakitan itu sendiri.

- Langkah Perakitan

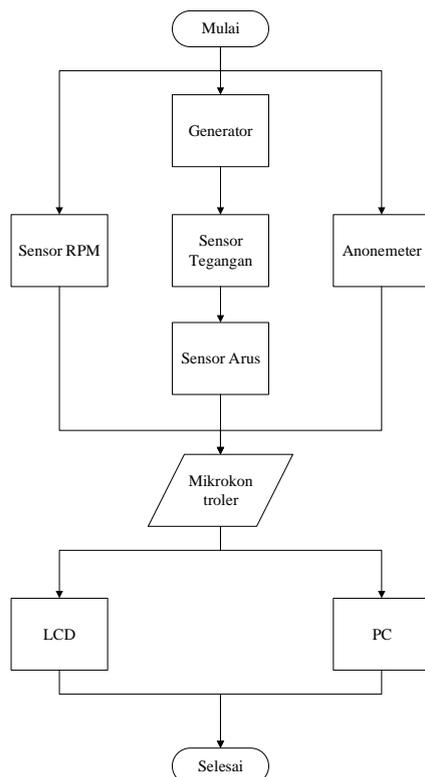
Langkah perakitan turbin angin sumbu vertical sebagai berikut:

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan dirakit.
2. Mengecet kerangka turbin.
3. Memasang poros turbin pda kerangka turbin, kemudian dibaut pada bagian bawah poros.
4. Memasang lengan sudu turbin dengan baut.
5. Memasang lengan yang sudah terpasang dengan sudu pada poros turbin.
6. Memasang roda gigi.
7. Memasang generator pada bawah roda gigi.
8. Memasang control panel, sensor, lcd dan beberapa komponen elektronik lainnya.



Gambar 10. Turbin angin.

• Diagram Alir Cara Kerja Turbin Angin



Gambar 11. Diagram alir cara kerja turbin angin

• Cara Kerja Turbin Angin

Cara kerja pada turbin angin ini, yaitu ketika turbin terkena angin alam dan angin dari kendaraan melintas, mekanik dari turbin tersebut akan berputar. Ketika mekanik sudah berputar akan tersalurkan ke

generator. Saat generator berputar sensor yang sudah di pasang akan memberikan data. Data yang sudah diberikan sensor akan di olah mikrokontroler yang nantinya akan ditampilkan oleh LCD dan PC.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

• Desain Pengujian

Metode yang digunakan pada pengerjaan penelitian ini adalah gabungan antara perancangan dan analisa. Pengujian dilakukan ketika turbin angin sumbu vertikal ini telah diselesaikan.

• Tempat Pengujian

Tempat pengujian yaitu di daerah ruas jalan tol yang nantinya akan di tempatkan di perbatasan antara jalan keluar dan masuk.

• Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kondisi sekitar misal, penempatan turbin di jalan tol, kecepatan angin di ruas jalan tol.
2. Menentukan spesifikasi turbin angin.
3. Membuat desain perancangan turbin angin
4. Pembuatan turbin angin
5. Melakukan pengujian kinerja turbin angin
6. Analisa data dari pengujian turbin angin yang di dapat.

• Metode pengumpulan Data

Teknologi yang berkembang sangat pesat menuntut suatu sistem memonitor yang praktis, cepat dan akurat [15]. Metode yang digunakan dalam pengambilan data yaitu dengan cara variable bebas dengan menentukan volt, rata-rata kecepatan angin (m/s), dan kecepatan generator (RPM).

• Data Rata-rata Kecepatan Angin Dari Observasi Lapangan.

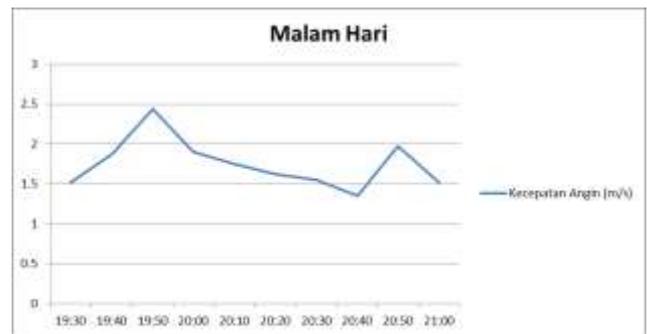
Tabel 6 Rata-rata kecepatan angin.

	Waktu (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)
Pagi Hari		
1.	06.00	1.8
2.	06.10	1.52
3.	06.20	1.33
4.	06.30	1.25
5.	06.40	1.1
6.	06.50	1.23
7.	07.00	2.22
8.	07.10	0.89
9.	07.20	1.56
10.	07.30	2.1
Siang Hari		
1.	13.00	1.67

2.	13.10	1.17
3.	13.20	1.13
4.	13.30	1.38
5.	13.40	1.89
6.	13.50	2.05
7.	14.00	1.51
8.	14.10	3.08
9.	14.20	4.23
10.	14.30	3.57

Malam Hari

1.	19.30	1.52
2.	19.40	1.87
3.	19.50	2.44
4.	20.00	1.90
5.	20.10	1.75
6.	20.20	1.62
7.	20.30	1.55
8.	20.40	1.35
9.	20.50	1.97
10.	21.00	1.52

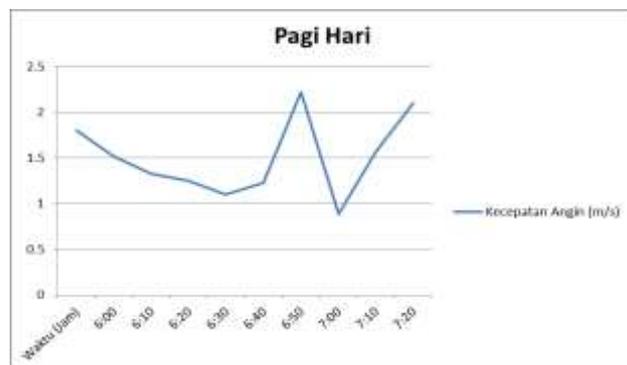


Gambar 14. Kecepatan angin malam hari

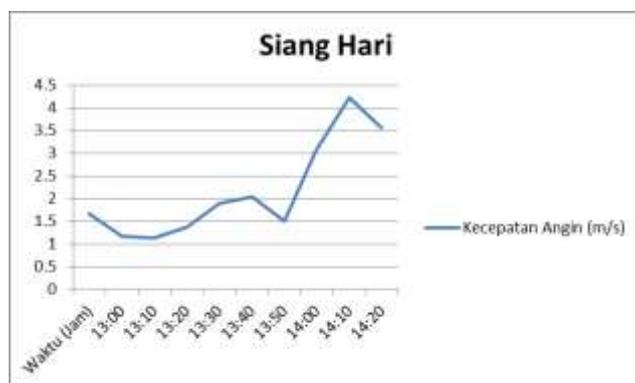
- Pengambilan Data Yang Dihasilkan Oleh Turbin

Waktu	Volta se	Amp er	Day a	Kecepat an Putar generat or (RPM)	Kecepat an Angin (m/s)
13:00	3.34	0.19	0.60	52	3.67
13:10	2.66	0.20	0.65	40	3.14
13:20	2.78	0.15	0.39	32	3.46
13:30	3.13	0.20	0.63	46	4.19
13:40	3.22	0.26	0.84	53	3.26
13:50	2.93	0.32	1.04	31	3.75
14:00	2.37	0.30	0.81	29	2.52
14:10	2.64	0.35	0.80	28	3.20
14:20	2.69	0.32	0.95	35	3.75
14:30	2.03	0.39	0.80	17	2.70

Dalam pengambilan data rata-rata kecepatan angin sangatlah bervariasi. Kecepatan angin ini akan sangat mempengaruhi turbin dalam menghasilkan energi listrik.



Gambar 12. Kecepatan angin pagi hari



Gambar 13. Kecepatan angin siang hari

Dalam pengambilan data Turbin angin dalam 10 percobaan, dengan waktu yang berbeda-beda. Hasil dari data tabel yang di hasilkan cukup bervariasi, percobaan yang dilakukan di daerah jalan raya dengan meletakkan alat di pinggir jalan. Percobaan yang dilakukan dalam waktu 1 jam 30 menit menggunakan kendaraan roda empat dengan kecepatan rata-rata 60km/jam. Dalam data tabel dengan warna hijau yaitu kecepatan generator yang tinggi, dalam warna merah, yaitu kecepatan generator yang sangat rendah.



Gambar 15. Kecepatan generator vs kecepatan angin



Gambar 16 Voltase terhadap kecepatan angin



Gambar 17. Daya terhadap kecepatan angin

4 KESIMPULAN

Dengan perancangan turbin yang sudah dilakukan dan sudah melakukan pengambilan data, berikut ini adalah hasil kesimpulan yang didapat :

Kecepatan angin yang didapatkan tidak berbanding lurus dengan kecepatan generator, karena generator mempunyai beban lebih berat, tergantung mekanikal yang digunakan. Karna ketika kecepatan angin di bawah rata-rata beban generator. Generator tersebut belum bisa berputar. Minimal turbin itu berputar sekitar 1,4 m/s.

Dalam pengambilan data angin di ruas jalan tol didapat waktu yang paling banyak menghasilkan energi listrik yaitu pada siang hari sebesar 1,23 m/s dan yang paling rendah pada pagi hari sekitar 1,1 m/s.

Dalam pengambilan data untuk maksimal daya tampung baterai sebesar 6A secara keseluruhan dengan kecepatan generator paling tinggi 53 RPM membutuhkan waktu pengisian baterai selama 1,56 jam. Sedangkan kecepatan generator paling rendah didapatkan 17 RPM untuk waktu pengisian baterai selama 15,3 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nurhadi, T. Sukmadi, and K. KARNOTO, "Perancangan generator putaran rendah magnet permanen jenis fe fluks aksial," PhD Thesis, Diponegoro University, 2012. Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/32530>
- [2] B. Saputro, "Analisis Keandalan Generator Set Sebagai Power Supply Darurat Apabila Power Supply Dari Pln Mendadak Padam Di Morodadi Poultry Shop Blitar," *J. Tek.*, vol. 7, no. 2, pp. 17–25, 2017.
- [3] A. Widodo, "Kajian Manajemen Optimalisasi Penerangan Jalan Umum Kota Semarang," *J. Tek. Sipil Dan Perenc.*, vol. 18, no. 2, pp. 87–96, 2016.
- [4] C. Promdee and C. Photong, "Effects of wind angles and wind speeds on voltage generation of savonius wind turbine with double wind tunnels," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 86, pp. 401–404, 2016.
- [5] C. Lapointe and H. Gopalan, "Numerical investigation of mini wind turbines near highways," *J. Sol. Energy Eng.*, vol. 138, no. 2, p. 024503, 2016.
- [6] W. Tian, Z. Mao, X. An, B. Zhang, and H. Wen, "Numerical study of energy recovery from the wakes of moving vehicles on highways by using a vertical axis wind turbine," *Energy*, vol. 141, pp. 715–728, 2017.
- [7] S. C. Goh, S. R. Boopathy, C. Krishnaswami, and J. U. Schlüter, "Tow testing of Savonius wind turbine above a bluff body complemented by CFD simulation," *Renew. Energy*, vol. 87, pp. 332–345, 2016.
- [8] E. Hau, *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-27151-9.
- [9] T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, and E. Bossanyi, *Wind energy handbook*. John Wiley & Sons, 2011. Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&iid=dip2LwCRCscC&oi=fnd&pg=PT16&dq=B.+Tony,+J.+Nick,+S.+David+and+B.+Ervin,+Wind+Energy+Handbook,+New+Delhi:+John+Wiley+and+Sons,+2011.+&ots=IfAF-tFsHa&sig=2H8F-7SBYpJw5TK5K3UnltFaUk>
- [10] I. S. Utomo, D. D. D. P. Tjahjana, and S. Hadi, "Experimental studies of Savonius wind

turbines with variations sizes and fin numbers towards performance,” in *AIP conference proceedings*, AIP Publishing, 2018. Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/1931/1/030041/831419>

- [11] F. Han, A. W. Bandarkar, and Y. Sozer, “Energy harvesting from moving vehicles on highways,” in *2019 IEEE Energy conversion congress and exposition (ECCE)*, IEEE, 2019, pp. 974–978. Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8912688/>
- [12] A. Betz, *Introduction to the theory of flow machines*. Elsevier, 2014. Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=9s2jBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=A.+Betz,+introduction+to+the+theory+of+flow+machines.+Elsevier,+London:+Verlag+G+Braun,+karlsruhe,+1966.&ots=WIGjL11zTj&sig=IDVHMTDoZP12rveqdsCda8Iapd0>
- [13] S. Muttaqin, “Analisa Karakteristik Generator dan Motor DC,” *Jur Tek Elektro Fak Tek Univ Diponegoro*, 2013, Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/52523796/Analisis_Karakteristik_Generator_dan_Motor_DC.pdf
- [14] A. ari As’ ari, “RANCANG BANGUN ANEMOMETER ANALOG,” *J. Ilm. SAINS*, vol. 11, no. 1, pp. 19–22, 2011.
- [15] R. M. M. Wilutomo and T. Yuwono, “Rancang Bangun Memonitor Arus Dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Web Berbasis Arduino Due,” *Gema Teknol.*, vol. 19, no. 3, pp. 19–24, 2017.

