

Simulasi Konversi Energi Kinetik Menjadi Energi Listrik Pada Kincir Angin 3 Sudu Sumbu Horizontal

Siti Maria Ulva ⁽¹⁾, Sabri ⁽²⁾, Ayu Lingga Ratna Sari ⁽³⁾, Dady Sulaiman ⁽⁴⁾

^{1,2,3,4}Jurusan Fisika, Universitas Kaltara, Tanjung Selor
E-mail: mariaulva338@gmail.com.

ABSTRACT

The utilization of kinetic energy harnessed from wind movement serves as an alternative energy source to reduce dependence on petroleum and coal. This simulation, converting wind derived kinetic energy into electrical power, serves as foundational material for developing renewable energy sources that do not pollute the environment. This research aims to simulate the conversion of wind derived kinetic energy into electrical energy within a three-blade horizontal-axis wind turbine using Matlab. Additionally, it seeks to evaluate the impact of varying maximum wind speeds on the resultant power output. The research assumes certain conditions, such as an air density value (ρ) of 1.2 kg/m^3 above sea level, a rotor diameter (D) of 300 cm, and assumed maximum efficiency (η) for the rotor (50%), transmission (90%), and generator (80%). However, at varying maximum wind speeds of 0.5 m/s; 1.0 m/s; 1.5 m/s; 2.0 m/s; 2.5 m/s; 3.0 m/s; 3.5 m/s; 4.0 m/s; 4.5 m/s and 5.0 m/s, the windmill generated maximum powers of 0.19 watt; 1.53 watt; 5.15 watt; 12.21 watt; 23.85 watt; 41.22 watt; 65.46 watt; 97.72 watt; 139.13 watt and 190.85 watt, respectively. This demonstrates the direct influence of wind speed variation on the electrical output of the wind turbine, indicating that higher wind speeds result in increased electrical power generation.

Keywords: kinetic energy, 3 blade windmill, horizontal axis

ABSTRAK

Pemanfaatan energi kinetik yang bersumber dari gerakan angin sebagai upaya dalam mencari energi alternatif selain dari minyak bumi dan batubara. Simulasi konversi energi kinetik yang bersumber dari gerakan angin menjadi energi listrik ini dijadikan bahan dalam mengembangkan energi kinetik menjadi salah satu sumber energi terbarukan dan tidak menimbulkan polusi bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan energi kinetik yang bersumber dari gerakan angin menjadi energi listrik pada kincir angin 3 sudu sumbu horizontal dengan menggunakan matlab serta untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin maksimum terhadap besarnya daya yang dihasilkan menggunakan variasi kecepatan angin maksimum. Hasil penelitian dengan mengasumsikan nilai kerapatan udara (ρ) = $1,2 \text{ kg/m}^3$ diatas permukaan laut, besar diameter rotor (D) = 300 cm, dan efisiensi turbin (η) = (rotor = 50%, transmisi = 90%, generator = 80%) diasumsikan pada kondisi maksimal. Pada kecepatan angin maksimum 0,5 m/s; 1,0 m/s; 1,5 m/s; 2,0 m/s; 2,5 m/s; 3,0 m/s; 3,5 m/s; 4,0 m/s; 4,5 m/s dan 5,0 m/s menghasilkan daya maksimum secara berurutan sebesar 0.19 watt; 1.53 watt; 5.15 watt; 12.21 watt; 23.85 watt; 41.22 watt; 65.46 watt; 97.72 watt; 139.13 watt dan 190.85 watt. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya daya energi listrik turbin angin yang dihasilkan, dipengaruhi oleh variabel kecepatan angin. Dimana semakin tinggi kecepatan angin yang diterima oleh baling-baling maka semakin tinggi pula daya listrik yang dihasilkan.

Kata kunci: Energi kinetik, energi Listrik, sumbu horizontal, Matlab

Article History

Received : 11 Desember 2023
Accepted : 20 Desember 2023

Revised : 15 Desember 2023
Published : 31 Desember 2023

Sitasi:

Ulva, S. M., Sabri, Sari, A. L. R., & Sulaiman, D. (2023). Simulasi Konversi Energi Kinetik Menjadi Energi Listrik Pada Kincir Angin 3 Sudu Sumbu Horizontal. *Jurnal Sains Benuanta*, 2(2), 26-31. DOI: <https://doi.org/10.61323/jsb.v2i2.82>

1. Pendahuluan

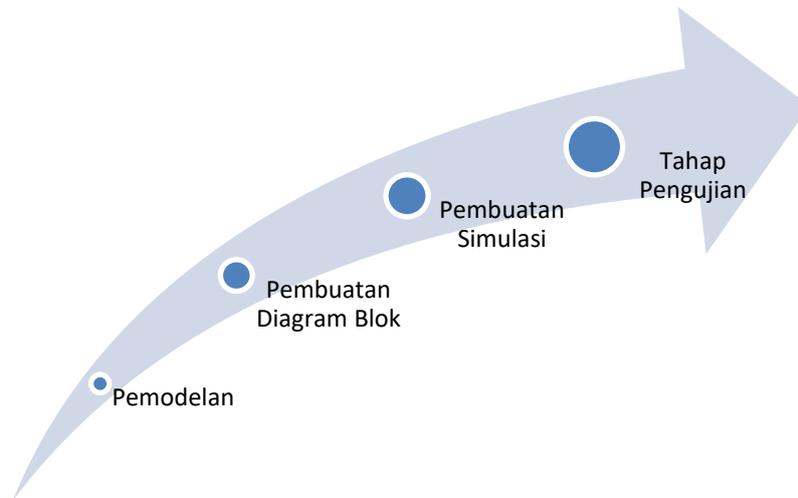
Energi terbarukan merupakan salah satu inovasi yang diperlukan di zaman ini. Hal ini dilandasi dari persediaan sumber energi fosil yang semakin menipis (Nuryanti et al., 2021; Ruing & Sulaiman, 2022). Adanya energi terbarukan akan menjadi salah satu solusi krisis energi (Saputra et al., 2021). Sumber energi tak terbarukan yang banyak digunakan saat ini adalah bahan bakar yang berasal dari fosil (minyak bumi, gas alam, dan batu bara) (Ardiana et al., 2023; Ruing & Sulaiman, 2022). Oleh karena itu diperlukan beberapa sumber energi yang dapat diperbaharui (Ruing & Sulaiman, 2022; Saputra et al., 2021). Angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang bebas diperoleh dan dimanfaatkan, akan tetapi kecepatan angin yang fluktuatif menjadi kendala tersendiri bagi turbin angin konvensional (Ardiana et al., 2023; Mulkan & Abd, 2022).

Angin menggunakan turbin angin untuk merubah kecepatan angin menjadi energi listrik. Turbin angin ini berperan sebagai penangkap energi angin untuk ditransformasikan menjadi energi gerak untuk memutar generator (Adam et al., 2019; Ardiana et al., 2023). Potensi angin di Tanjung Selor Provinsi Kalimantan Utara memiliki potensi angin yang cukup menjanjikan untuk pengembangan energi terbarukan, terutama dalam hal pembangkit listrik tenaga angin. Faktor yang mendukung potensi angin di Tanjung Selor, meliputi; lokasi geografis yang cukup strategis karena terletak di pesisir utara Kalimantan yang memberikan akses yang baik terhadap angin laut. Selain itu kondisi iklim yang cenderung memiliki iklim tropis dengan angin yang cukup stabil dan kuat di beberapa musim.

Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja turbin dalam berbagai kondisi angin. Hal ini melibatkan pengujian dalam berbagai kecepatan angin untuk memahami bagaimana turbin dapat menghasilkan daya yang maksimal pada rentang kecepatan tertentu. Pada dasarnya, turbin angin menjadi salah satu solusi terkini dalam mengonversi energi angin menjadi bentuk energi yang lebih berguna bagi keperluan manusia, seperti listrik, atau tenaga mekanis.

2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Kaltara, Tanjung Selor Kalimantan Utara. Penelitian ini menggunakan laptop dengan prosesor intel (R) Celeron (R) N4020 CPU @1.10GHz, RAM 4,00 GB, dengan spesifikasi Windows 11 Home Single Language. Spesifikasi ini digunakan untuk mendukung penggunaan MATLAB dalam menganalisis data. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk pembuatan program simulasi konversi energi angin menjadi energi listrik adalah Matlab Versi 9.10 (R2021a).



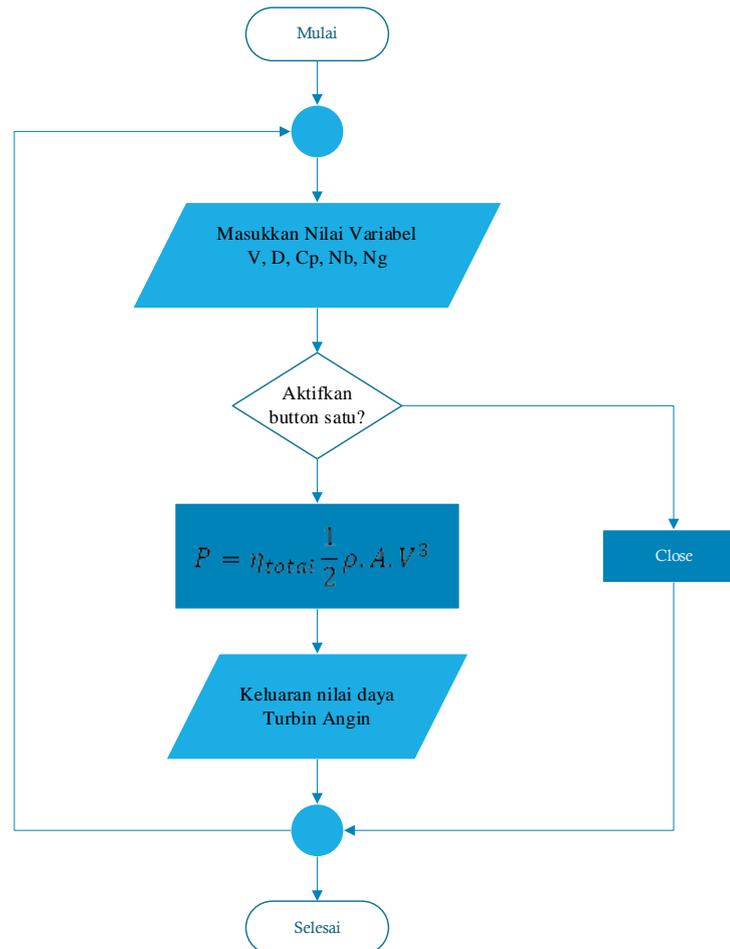
Gambar 1. Tahap Implementasi

Langkah-langkah yang digunakan dalam pembuatan simulasi konversi energi angin menjadi energi listrik menggunakan program utama pada Matlab yang dapat dilihat pada Gambar 1. Pada tahap pemodelan, beberapa langkah yang dilakukan adalah menentukan diagram blok sistem, menentukan persamaan sistem, serta menentukan permintaan desain sistem yang diinginkan. Dalam tahap pembuatan diagram blok sistem pada penelitian ini menggunakan prinsip dasar kerja dari turbin angin yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2.Diagram Blok Turbin Angin

Prinsip dasar kerja dari turbin angin akan mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Dilanjutkan pada tahap pembuatan simulasi dengan membuat halaman program utama yang dapat dilihat pada *flowchart* program simulasi konversi energi kinetik menjadi energi listrik pada Gambar 3. Pada tahap pengujian sistem turbin angin meliputi pengujian variasi variabel kecepatan angin maksimum. Adanya nilai masukan yang bervariasi maka akan merubah keluaran nilai daya turbin angin yang dihasilkan. Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam pengujian daya turbin angin yaitu dengan memberi nilai konstanta kerapatan udara dan memberikan nilai asumsi pada efisiensi turbin angin.



Gambar 3. Flowchart program simulasi konversi energi kinetik menjadi energi listrik

3. Hasil dan Pembahasan

Program simulasi dalam penelitian ini adalah dengan membuat simulasi dalam bentuk grafik. Dari simulasi tersebut dapat diketahui besarnya keluaran daya turbin angin yang dihasilkan terhadap variasi kecepatan angin maksimum yang diinginkan. Pada tahap pembuatan diagram blok yang terlihat pada Gambar 2, serupa dengan Prinsip kerja turbin angin oleh (Sumiati & Zamri, 2013) bahwa putaran blade oleh angin yang diteruskan ke rotor generator sehingga menghasilkan listrik.

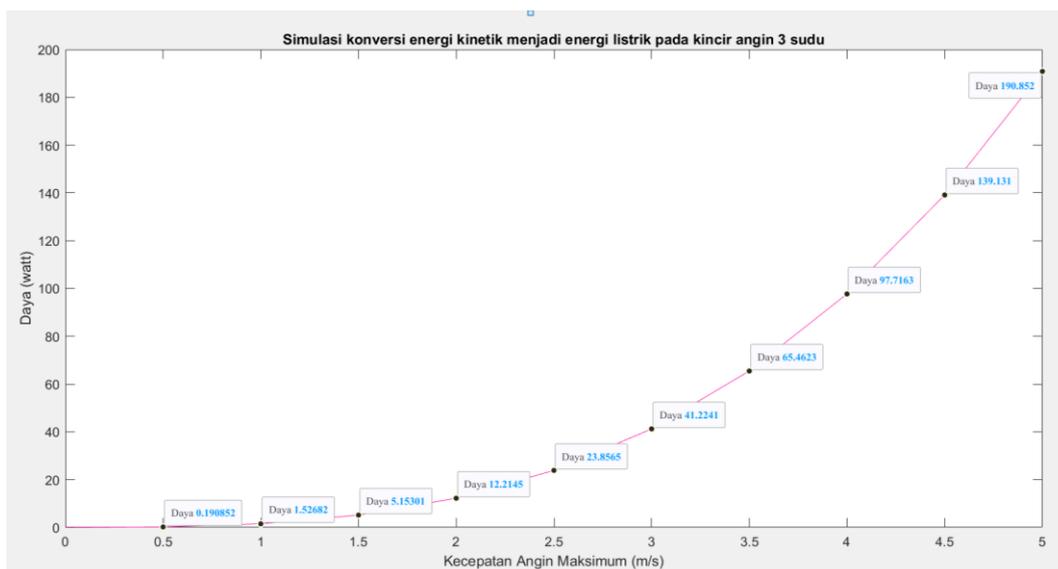
Tahapan pembuatan blok dalam penelitian ini, proses dimulai dengan angin yang mengalir dan mendorong baling-baling (*blade*) pada turbin angin. Baling-baling pada turbin angin akan menangkap energi kinetik dari angin yang melaluinya. Gerakan putaran dari baling-baling akan dialirkan melalui *gearbox* yang berfungsi untuk mengubah kecepatan putaran dari baling-baling agar sesuai dengan kecepatan yang dibutuhkan oleh generator. Pada generator akan mengonversi energi kinetik dari gerakan putaran menjadi energi listrik.

Hasil simulasi konversi energi angin menjadi energi listrik dengan variasi kecepatan maksimum (v) terhadap besarnya daya turbin (P -turbin) yang dihasilkan dengan mengasumsikan efisiensi turbin pada kondisi maksimal dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Daya Turbin yang dihasilkan dengan variasi kecepatan maksimum

Kecepatan (v)	Daya Turbin yang dihasilkan (P)
0,5 m/s	0,19 watt
1,0 m/s	1,53 watt
1,5 m/s	5,15 watt
2,0 m/s	12,21 watt
2,5 m/s	23,85 watt
3,0 m/s	41,22 watt
3,5 m/s	65,46 watt
4,0 m/s	97,72 watt
4,5 m/s	139,13 watt
5,0 m/s	190,85 watt

Daya turbin yang dihasilkan dengan mengasumsikan efisiensi turbin pada kondisi maksimal. Hasil pengujian variabel kecepatan angin, dengan mengasumsikan nilai kerapatan udara (ρ) sebesar $1,2 \text{ kg/m}^3$ diatas permukaan laut, besar diameter rotor (D) sebesar 3m, dan efisiensi turbin (η) (rotor sebesar 50%, transmisi sebesar 90%, dan generator sebesar 80%) diasumsikan pada kondisi maksimal. Turbin angin tipe horizontal mempunyai efisiensi maksimum sebesar 50% (Fadila et al., 2019). Dapat terlihat pada Tabel 1, nilai daya turbin yang dihasilkan dengan variasi kecepatan maksimum. Pada kecepatan angin sebesar 0,5 m/s menghasilkan daya sebesar 0,19 watt, untuk kecepatan angin 1,0 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 1,53 watt, kecepatan angin 1,5 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 5,15 watt, kecepatan angin 2,0 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 12,21 watt, kecepatan angin 2,5 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 23,85 watt, kecepatan angin 3,0 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 41,22 watt, kecepatan angin 3,5 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 65,46 watt, kecepatan angin 4,0 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 97,72 watt, kecepatan angin 4,5 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 139,13 watt, dan untuk kecepatan angin 5,0 m/s menghasilkan daya maksimum sebesar 190,85 watt.



Gambar 4. Grafik Simulasi konversi energi kinetik menjadi energi listrik dengan kecepatan angin maksimum 0 – 5,0 m/s

Grafik simulasi ditampilkan menggunakan Program utama dengan perintah plot (V,P). Berdasarkan data yang diperoleh dalam penelitian, kecepatan angin merupakan faktor utama pada daya turbin angin yang dihasilkan. Dengan kata lain, semakin tinggi kecepatan angin yang diterima oleh baling-baling maka semakin tinggi pula daya yang dihasilkan yang dapat terlihat pada Gambar 4. Hal ini serupa dengan hasil penelitian oleh (Fadila et al., 2019) bahwa daya generator dipengaruhi oleh tegangan dan arus. Tegangan berbanding lurus dengan putaran ($V \approx n$) dan arus berbanding lurus dengan beban. Semakin besar putaran maka tegangan keluaran generator juga semakin besar dan semakin besar beban yang ditambahkan ke dalam sistem turbin.

4. Simpulan dan Saran

Simulasi konversi energi kinetik yang bersumber dari gerakan angin menjadi energi listrik menunjukkan bahwa kecepatan angin memiliki dampak signifikan terhadap energi yang dihasilkan. Simulasi ini memberikan wawasan tentang efisiensi turbin angin dalam menghasilkan energi listrik. Pada kecepatan angin maksimum 0,5 m/s; 1,0 m/s; 1,5 m/s; 2,0 m/s; 2,5 m/s; 3,0 m/s; 3,5 m/s; 4,0 m/s; 4,5 m/s dan 5,0 m/s menghasilkan daya maksimum secara berurutan sebesar 0.19 watt; 1.53 watt; 5.15 watt; 12.21 watt; 23.85 watt; 41.22 watt; 65.46 watt; 97.72 watt; 139.13 watt dan 190.85 watt. Simulasi ini dapat menjadi penelitian lanjut untuk mengoptimalkan desain dengan berbagai parameter seperti sudut kemiringan sudu, jumlah sudu, diameter, dan material untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa pengaruh perubahan kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga angin (PLTA) terhadap daya yang dihasilkan generator DC. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 30–36.
- Ardiana, J. D. P., Yusardhi, & Sudarti. (2023). Analisis Potensi Energi Angin sebagai PLTB di Pantai Watu Ulo Jember Menggunakan data BMKG. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 2(4), 962–965.
- Mulkan, A., & Abd, M. (2022). Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik UNIDA (JITU)*, 3(1), 74–83.
- Nuryanti, N., Salam, A., & Julianto, A. (2021). Simulasi Pengujian Kinerja Kendali Pitch Turbin Angin Berbasis Matlab Simulink. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 7(2), 237–252.
- Ruing, A. P. T., & Sulaiman, D. (2022). Analisis karakteristik briket berbahan cangkang kelapa sawit dan sekam padi menggunakan perekat tapioka. *Jurnal Sains Benuanta*, 1(1), 15–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.61323/jsb.v1i1.9>
- Saputra, D., Siregar, A. L., & Rahardja, I. B. (2021). Karakteristik Briket Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Pirolisis Dengan Perekat Tepung Tapioka. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 3(2), 143–156.