



SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK V - Surabaya, 26 April 2025

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2025.7091

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

PERBANDINGAN PERFORMA GENERATOR DC DAN GENERATOR STEPPER UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN (PLTB) SKALA MICRO DI SIDOARJO

Ferrary Faisal Husein¹, Riny Sulistyowati^{2*}, Hari Agus Sujono³ dan Nariyah Silviana
Erwanti⁴

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2,3}
e-mail: riny.971073@itats.ac.id

ABSTRACT

The increasing global energy consumption necessitates the development of efficient renewable energy solutions, given the limitations of fossil fuels. This study aims to compare the performance of DC generators and stepper generators in micro-scale wind power plants (PLTB) in Sidoarjo. The research methods include wind energy potential analysis based on BMKG wind speed data, prototype design, equipment testing, and result analysis. The DC generator produced an average voltage of 3.2 V and current of 0.41 A, while the stepper generator produced a voltage of 3.02 V and current of 0.09 A. After passing through the boost converter, the DC generator produced 11.87 V and 0.41 A, whereas the stepper generator produced 11.9 V and 0.09 A. This study is expected to significantly contribute to the development of renewable energy technologies in Indonesia, particularly for micro-scale wind energy applications.

Keywords: Wind Power Plant; Stepper Generator; DC Generator; Prototype; Renewable Energy.

ABSTRAK

Konsumsi energi global yang terus meningkat memicu kebutuhan akan pengembangan energi terbarukan yang efisien, mengingat keterbatasan energi fosil. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa generator DC dan generator stepper pada pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) skala mikro di Sidoarjo. Metode penelitian meliputi analisis potensi energi angin berdasarkan data kecepatan angin dari BMKG, perancangan prototipe, pengujian alat, dan analisis hasil. Generator DC menghasilkan tegangan rata-rata 3,2

V dan arus 0,41 A, sedangkan generator stepper menghasilkan tegangan 3,02 V dan arus 0,09 A. Setelah melewati boost converter, generator DC menghasilkan tegangan 11,87 V dan arus 0,41 A, sementara generator stepper menghasilkan tegangan 11,9 V dan arus 0,09 A. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia, khususnya pada pemanfaatan energi angin skala mikro.

Kata kunci: PLTB; Generator Stepper; Generator DC; Prototipe; Energi Terbarukan.

PENDAHULUAN

Energi merupakan elemen esensial dalam kehidupan manusia, berperan sebagai sumber pendapatan negara, bahan bakar, dan penggerak aktivitas ekonomi. Namun, kebutuhan energi yang terus meningkat tidak diiringi oleh ketersediaan sumber energi yang memadai, sehingga mendorong pengembangan energi terbarukan sebagai solusi keberlanjutan. Salah satu potensi energi terbarukan yang menjanjikan di Indonesia adalah energi angin. Di wilayah Tanjung Perak, Surabaya, kecepatan angin laut berkisar antara 2 hingga 10 m/s, yang ideal untuk mengoperasikan turbin angin skala kecil [1].

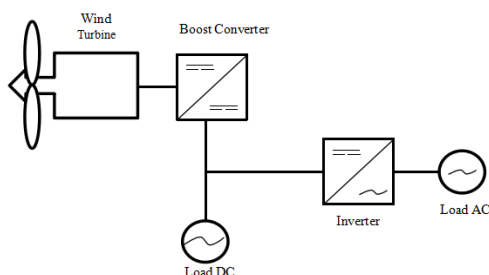
Turbin angin sumbu vertikal (VAWT) menjadi alternatif yang menjanjikan dibandingkan turbin angin sumbu horizontal (HAWT), terutama karena kemampuannya untuk memulai rotasi pada kecepatan angin rendah dan menghasilkan torsi yang lebih tinggi [2]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa generator DC shunt yang digerakkan oleh kecepatan angin antara 10,033 hingga 13,7662 r/s mampu menghasilkan tegangan keluaran 67,75–91,04 V dengan rata-rata 78,5 V [3]. Penelitian lain mengungkapkan hubungan signifikan antara kecepatan angin dan tegangan keluaran generator, di mana kecepatan angin 5–42 km/jam menghasilkan tegangan antara 0,8 hingga 31,2 V [4].

Meskipun teknologi turbin angin telah menunjukkan potensi besar, tantangan seperti kestabilan tegangan dan efisiensi sistem masih perlu diatasi. Inovasi seperti penggunaan rangkaian regulator dan boost converter telah berhasil meningkatkan keandalan sistem pembangkit listrik tenaga angin [4][7][8]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan membandingkan keluaran energi dari pembangkit listrik tenaga angin skala mikro berbasis motor stepper hybrid dan motor DC 24 V, guna menentukan solusi optimal untuk aplikasi skala kecil yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari [5][6].

METODE

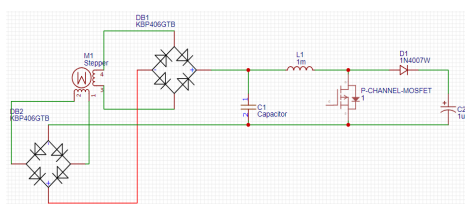
Diagram Sistem

Blok diagram pada Gambar 1 dibawah ini menggambarkan prinsip kerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) yang dirancang untuk mengonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik. Turbin angin berfungsi mengubah energi angin menjadi energi mekanik untuk memutar rotor, yang kemudian menghasilkan energi listrik. Tegangan keluaran dari turbin diteruskan ke boost converter, yang berperan meningkatkan dan menstabilkan tegangan DC agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Tegangan ini kemudian dapat diubah menjadi tegangan AC melalui inverter untuk beban yang membutuhkan tegangan AC, seperti lampu, atau digunakan langsung untuk lampu DC. Diagram ini menjelaskan integrasi komponen utama dalam sistem guna memastikan efisiensi konversi energi dari sumber terbarukan hingga aplikasi pada beban akhir.

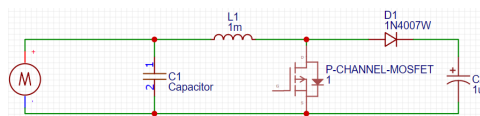


Gambar 1. Blok Diagram Sistem.

Rangkaian turbin angin pada sistem hybrid Wind-PV dirancang untuk menghasilkan listrik dengan memanfaatkan generator. Berdasarkan Gambar 2 (a) dan Gambar 2 (b), terdapat dua konfigurasi utama. Pertama, rangkaian dengan generator stepper (Gambar 2 (a)), di mana output generator dihubungkan ke dioda bridge untuk mengonversi tegangan menjadi DC. Tegangan DC ini kemudian disimpan dalam kapasitor dan diteruskan ke boost converter untuk meningkatkan tegangan, sebelum akhirnya diubah menjadi tegangan AC oleh inverter. Kedua, rangkaian menggunakan generator DC (Gambar 2 (b)), di mana outputnya langsung dihubungkan ke kapasitor, dilanjutkan ke boost converter untuk meningkatkan tegangan, dan diakhiri dengan inverter untuk mengonversinya menjadi AC[9-12]. Kedua rangkaian ini dirancang untuk mendukung efisiensi pengubahan energi kinetik angin menjadi listrik yang dapat digunakan dalam berbagai kebutuhan sistem.



(a)



(b)

Gambar 2. a) Rangkaian Generator Stepper, b) Rangkaian Generator DC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Prototype

Prototipe sistem pembangkit listrik tenaga angin mikro dirancang dengan mengintegrasikan turbin angin, generator DC, generator stepper, boost converter, dan inverter. Gambar 3 menunjukkan prototipe yang telah dirakit. Sistem ini dirancang untuk membandingkan performa kedua jenis generator berdasarkan variasi kecepatan angin yang diukur menggunakan anemometer.



Gambar 3. Prototipe sistem pembangkit listrik tenaga angin mikro.

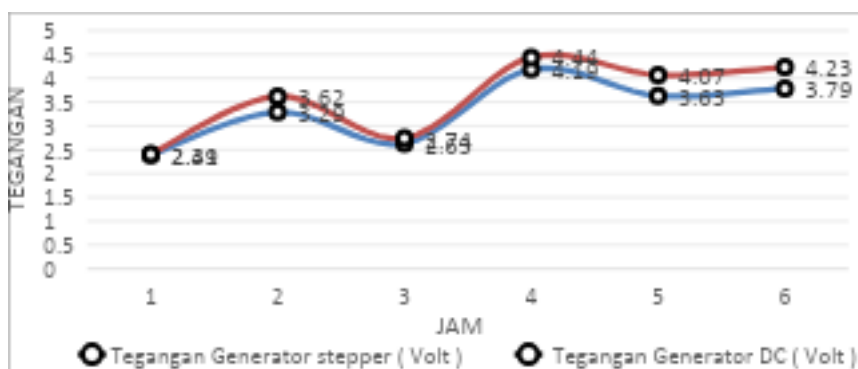
Hasil Pengujian

1. Hari Pertama

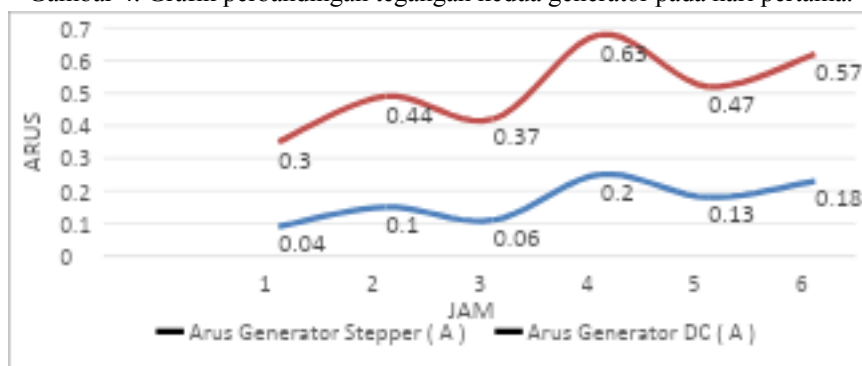
Pada hari pertama, kecepatan angin berkisar antara 1.5 m/s hingga 3.5 m/s. Generator DC menghasilkan tegangan maksimum sebesar 4.44 V dan arus 0.63 A, sementara generator stepper menghasilkan tegangan maksimum sebesar 4.19 V dan arus 0.2 A. Performa kedua generator ditunjukkan dalam Tabel 1. Grafik perbandingan tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 1. Hasil pengujian generator DC dan stepper pada hari pertama

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V) Stepper	Tegangan (V) DC	Arus (A) Stepper	Arus (A) DC
1	1.5	2.39	2.41	0.04	0.3
4	3.5	4.19	4.44	0.2	0.63



Gambar 4. Grafik perbandingan tegangan kedua generator pada hari pertama.

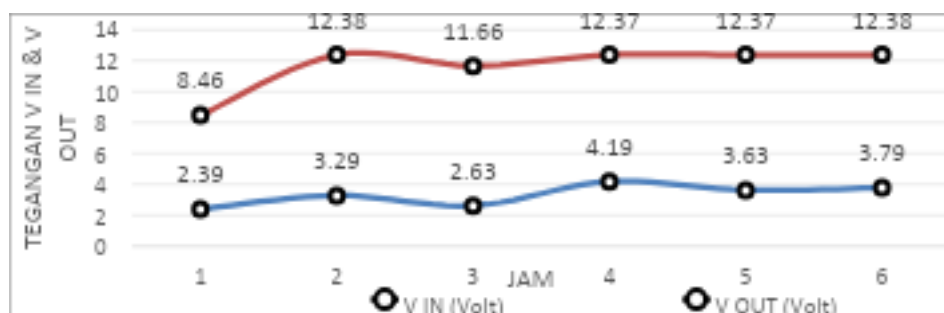


Gambar 5. Grafik perbandingan arus kedua generator pada hari pertama.

Boost converter mampu meningkatkan tegangan keluaran menjadi maksimum 12.38 V untuk kedua generator, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2. Tegangan keluaran boost converter pada hari pertama

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Generator Stepper (V)	Generator DC (V)
1	1.5	8.46	11.66
4	3.5	12.38	12.38



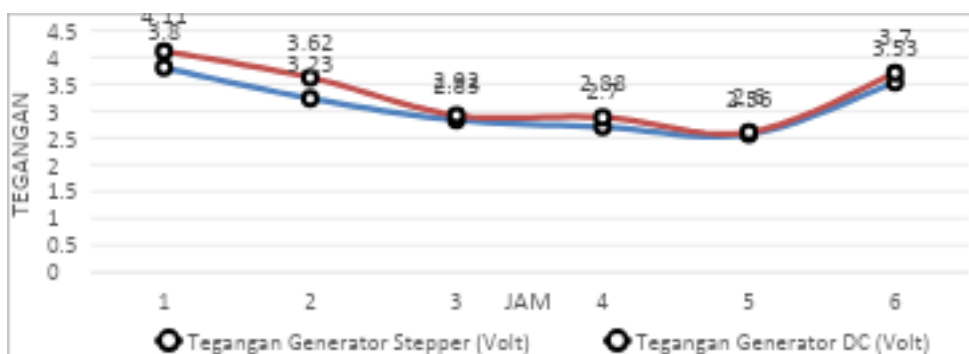
Gambar 5. Grafik tegangan keluaran boost converter pada hari pertama.

2. Hari Kedua

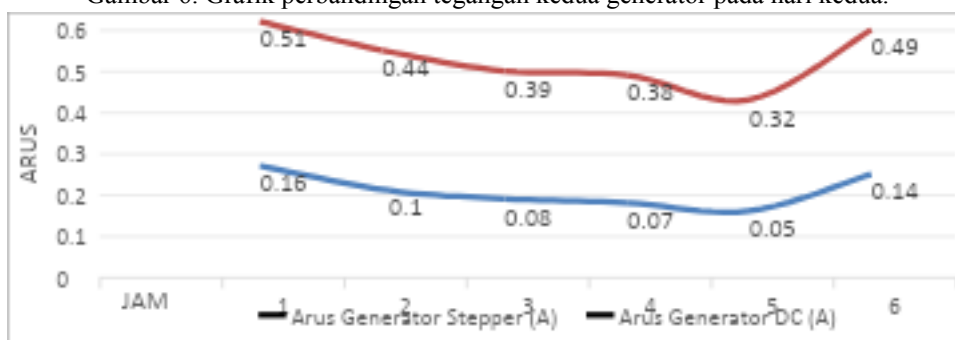
Pada hari kedua, kecepatan angin berkisar antara 1.6 m/s hingga 3 m/s. Generator DC menghasilkan tegangan maksimum sebesar 4.11 V dengan arus 0.51 A, sementara generator stepper menghasilkan tegangan maksimum sebesar 3.8 V dengan arus 0.16 A. Performa ditunjukkan dalam Tabel 3 dan divisualisasikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Tabel 3. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator stepper dan DC pada hari kedua

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Generator Stepper (V/A)	Generator DC (V/A)
1	3.0	3.8/0.16	4.11/0.51
5	1.6	2.56/0.05	2.6/0.32



Gambar 6. Grafik perbandingan tegangan kedua generator pada hari kedua.

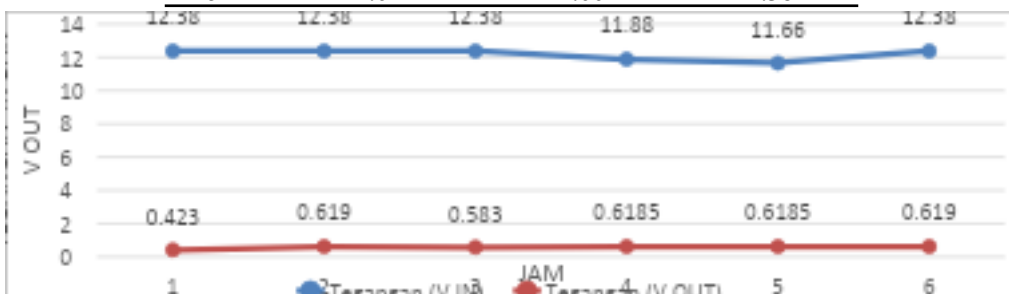


Gambar 7. Grafik perbandingan arus kedua generator pada hari kedua.

Boost converter menghasilkan tegangan keluaran maksimum sebesar 12.38 V, sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 4 dan Gambar 8.

Tabel 4. Tegangan keluaran boost converter pada hari kedua

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Generator Stepper (V/A)	Generator DC (V/A)
1	3.0	12.38	12.38
5	1.6	11.66	12.38



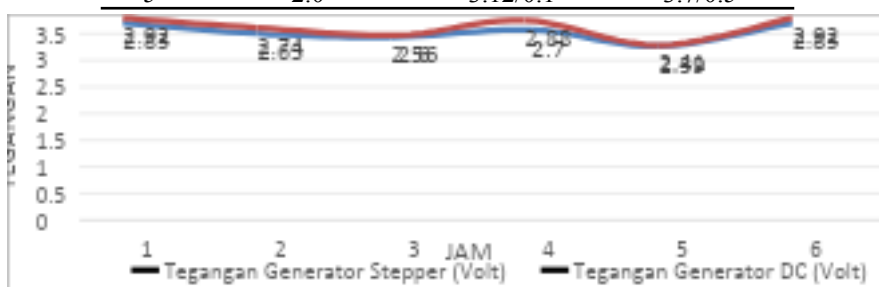
Gambar 8. Grafik tegangan keluaran boost converter pada hari kedua.

3. Hari Ketiga

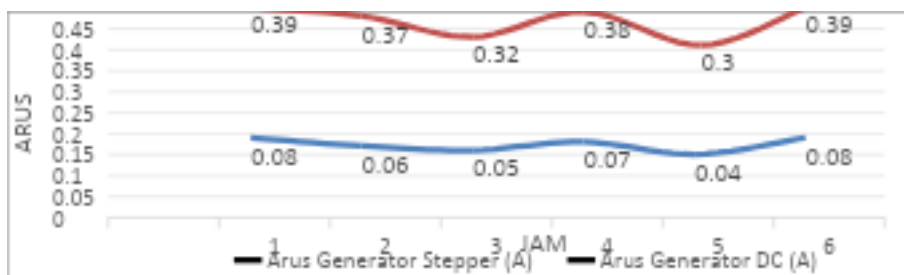
Pada hari kedua, kecepatan angin berkisar antara 1.6 m/s hingga 3 m/s. Generator DC menghasilkan tegangan maksimum sebesar 4.11 V dengan arus 0.51 A, sementara generator stepper menghasilkan tegangan maksimum sebesar 3.8 V dengan arus 0.16 A. Performa ditunjukkan dalam Tabel 5 dan divisualisasikan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

Tabel 5. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator stepper dan DC pada hari kedua

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Generator Stepper (V/A)	Generator DC (V/A)
1	3.5	3.93/0.15	4.32/0.6
5	2.0	3.12/0.1	3.7/0.5



Gambar 9. Grafik perbandingan tegangan kedua generator pada hari ketiga.

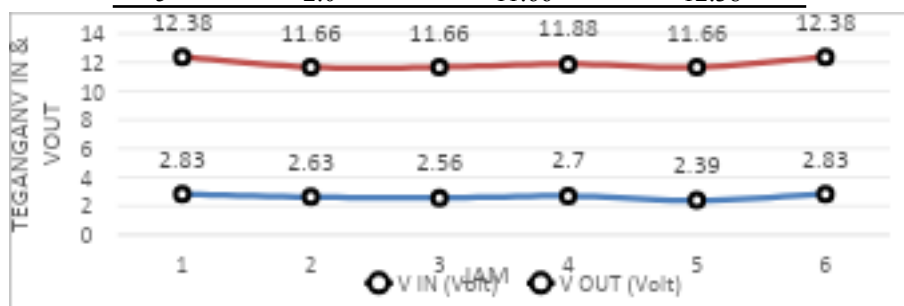


Gambar 10. Grafik perbandingan arus kedua generator pada hari ketiga.

Boost converter tetap menjaga tegangan keluaran pada nilai maksimum 12.38 V, seperti ditunjukkan dalam Tabel 6 dan Gambar 11.

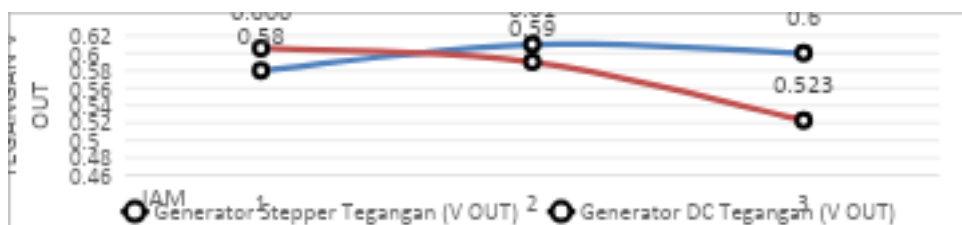
Tabel 6. Tegangan keluaran boost converter pada hari ketiga

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Generator Stepper (V/A)	Generator DC (V/A)
1	3.5	12.38	12.38
5	2.0	11.66	12.38



Gambar 11. Grafik tegangan keluaran boost converter pada hari ketiga.

Pengujian menunjukkan bahwa generator DC lebih unggul dibandingkan generator stepper dalam menghasilkan tegangan dan arus. Tegangan maksimum generator DC adalah 4.44 V (hari pertama), 4.11 V (hari kedua), dan 4.32 V (hari ketiga), dengan arus rata-rata 0.57 A. Generator stepper menghasilkan tegangan maksimum sebesar 4.19 V (hari pertama), 3.8 V (hari kedua), dan 3.93 V (hari ketiga), dengan arus rata-rata 0.15 A. Boost converter berhasil menjaga tegangan keluaran pada nilai 12.38 V, mendukung stabilitas sistem. Generator DC lebih cocok untuk aplikasi pembangkit listrik mikro dengan kecepatan angin yang bervariasi, sementara generator stepper lebih stabil pada kecepatan angin rendah. Kombinasi keduanya dapat dioptimalkan untuk meningkatkan keandalan sistem.



Gambar 12. Grafik perbandingan rata-rata tegangan dan arus kedua generator selama tiga hari pengujian

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian perancangan alat, dapat disimpulkan bahwa generator DC lebih unggul dibandingkan generator stepper dalam aplikasi pembangkit listrik tenaga angin. Dalam pengujian selama tiga hari, generator stepper menghasilkan tegangan rata-rata 3,02 V dan arus 0,09 A, sedangkan generator DC menghasilkan tegangan 3,2 V dan arus 0,41 A. Setelah menggunakan boost converter, generator stepper menghasilkan tegangan output 11,9 V dengan arus 0,09 A, sementara generator DC menghasilkan tegangan output 11,87 V dengan arus 0,41 A. Pada pengujian inverter, generator stepper menghasilkan tegangan input 11,9 V dan output 0,6 V, sedangkan generator DC menghasilkan tegangan input 11,1 V dan output 0,572 V. Hasil ini menunjukkan bahwa generator DC lebih efisien dalam menghasilkan tegangan dan arus, sehingga lebih cocok untuk digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Lestariningsih and M. Choifin, "Rancang Bangun Inverter Berbasis Mikrokontroler Stm32F303Vct6 Discovery Pada Turbin Angin Tipe Horizontal Axis," *J. Teknol. Terap. G-Tech*, vol. 3, no. 1, pp. 183–187, 2020, doi: 10.33379/gtech.v3i1.359.
- [2] S. Hasibuan, Susilo, B. Widodo, and R. Purba, "Rancang Bangun Prototype Turbin Angin Guna Menentukan Perbandingan Efisiensi Yang Dihasilkan Dari Jumlah Blade 8 Dan Jumlah Blade 4," *Lektrokom J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, 2018, doi: 10.33541/lektrokom.v1i1.3367.
- [3] M. Amiruddin, S. H. Prabowo, and ..., "Simulasi Output Generator Dc Pada Perubahan Kecepatan Angin Di Kota Semarang Pada Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga ...," *... Nas. Sci. ...*, vol. 4, no. Sens 4, pp. 570–578, 2019.
- [4] G. Aditya and M. Safril, "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pembaruan Menggunakan Tenaga Generator Ac," *MeSTErI J.*, pp. 33–40, 2022.
- [5] L. N. Rahayu and J. Windarta, "Tinjauan Potensi dan Kebijakan Pengembangan PLTA dan PLTMH di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 2, pp. 88–98, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13327.
- [6] A. K. Saputro, "Journal renewable energy electronics and control," *J. Renew. Energy Electron. Control*, no. 100, pp. 18–26, 2021, [Online]. Available: <http://ejurnal.itats.ac.id/jreec/article/view/1802>.
- [7] M. Adam, P. Harahap, and M. R. Nasution, "Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 30–36, 2019, doi: 10.30596/rele.v2i1.3648.
- [8] F. I. Pasaribu and M. Reza, "Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP," *R E L E (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 46–55, 2021.
- [9] HA Sujono, RinySulistyowati, H Suryoatmojo Static Photovoltaic Array Partially Shaded Condition With Boost Converter Using Perturb & Observe Algorithm, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 462 (1), 012011, 2019.
- [10] I Ilham, R Sulistyowati, HA Sujono, NS Erwanti, Rancang Bangun PID Controlled Buck Boost Converter Sebagai Penstabil Tegangan Pembangkit Listrik Picohydro Portable, Sinar FE 7, 2024
- [11] Randi Windanu, Simulation Of Pju Lights Based On Pv And Wind Turbine On Tambak Cemandi Road, Journal of Renewable Energy, Electronics and Control, 2021.
- [12] RinySulistyowati, RS Wibowo, DC Riawan, M Ashari, Optimum Placement of Measurement Devices on Distribution Networks using Integer Linear K-Means Clustering Method, PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY 96 (10), 5 halaman, 2020.