****

|  |
| --- |
| **Jurnal TEKNOSIA** Vol. 19 No. 1, bulan Juni 2025, Hal: 54 – 59 <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/teknosia>P-ISSN No. : 1978-8819 **Pengaruh Variasi Kecepatan Angin Terhadap Kinerja Generator*****The Effect of Wind Speed ​​Variations on Generator Performance*****Fanji Azhary Arsal1\*, Satrio Dwi Nugroho2 Shindy Aliffianti Ulfiah3**, **Roy Bayu Negara4**, **Muhammad Najmul Fadli5, Yani Kamisa Putri6****\*Coresponden Author email : Fanjiazhary@pnp.ac.id** |

 

**Informasi Naskah**:

Diterima:

31 Mei 2025

Direvisi:

18 Juni 2025

Disetujui terbit:

24 Juni 2025

Diterbitkan:

 Cetak:

30 Juni 2025

Online

30 Juni 2025

***Abstract***: *Wind power generation systems, wind speed has a significant impact on generator performance. Variations in wind speed can affect the reliability, efficiency, and output power of the system. The purpose of this study is to examine the relationship between changes in wind speed and generator performance, including energy conversion efficiency, output current, and output voltage. The study methodology includes actual measurements on a wind turbine-based generation system. The findings show that while higher wind speeds tend to increase generator output power, generator performance decreases drastically at low wind speeds, which can impact the reliability of electricity supply.*

***Keyword:*** *Renewable Energy, wind turbine.*

**Abstrak:** Dalam sistem pembangkit tenaga angin, kecepatan angin memiliki dampak signifikan terhadap kinerja generator. Variasi kecepatan angin dapat memengaruhi keandalan, efisiensi, dan daya keluaran sistem. Tujuan dari studi ini adalah untuk menguji hubungan antara perubahan kecepatan angin dan kinerja generator, termasuk efisiensi konversi energi, arus keluaran, dan tegangan keluaran. Metodologi studi ini mencakup pengukuran aktual pada sistem pembangkit berbasis turbin angin. Temuan menunjukkan bahwa meskipun kecepatan angin yang lebih tinggi cenderung meningkatkan daya keluaran generator, kinerja generator menurun drastis pada kecepatan angin rendah, yang dapat berdampak pada keandalan pasokan listrik.

**Kata Kunci:** Energi baru dan terbarukan, turbin angin.



**PENDAHULUAN**

Peradaban manusia pada dasarnya digerakkan oleh energi, yang menggerakkan rumah, bisnis, transportasi, dan pengembangan teknologi. Karena keandalannya dan kepadatan energinya yang tinggi, bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam telah mendominasi konsumsi energi dunia selama ribuan tahun. Namun, penggunaannya yang meluas telah merusak lingkungan secara serius, terutama melalui emisi karbon yang memicu perubahan iklim. Menemukan solusi energi berkelanjutan menjadi lebih mendesak karena meningkatnya suhu, cuaca buruk, dan menurunnya kualitas udara. Alternatif yang lebih ramah lingkungan sedang dipromosikan oleh pemerintah, perusahaan, dan organisasi lingkungan, menjadikan peralihan dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan sebagai prioritas global.

Pembangkitan energi berkelanjutan tanpa penipisan disediakan oleh sumber energi terbarukan, yang secara alami terisi kembali selama masa hidup manusia. Energi matahari, angin, hidro, panas bumi, dan biomassa adalah beberapa sumber ini, dan masing-masing memiliki manfaat khusus untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan ketahanan energi.

**Tabel 1.** Konsumsi Energi di Indonesia (dalam Ribuan BOE)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Jenis Energi | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Listrik | 159,725 | 169,948 | 183,412 | 193,539 |
| BBM (Bahan Bakar Minyak) | 222,339 | 235,941 | 262,987 | 263,690 |
| Gas alam | 106,970 | 110,932 | 107,321 | 120,994 |
| Batu Bara | 113,416 | 87,820 | 299,191 | 316,754 |
| LPG | 68,400 | 71,253 | 72,988 | 74,254 |
| Biodiesel | 54,494 | 60,292 | 67,784 | 79,724 |
| Biogas | 177 | 180 | 206 | 702 |
| Total | 725,521 | 736,366 | 993,889 | 1.049,657 |

*Sumber : ESDM, 2023*

Dalam hal sumber energi, sektor industri menggunakan batu bara dan gas alam, sedangkan bahan bakar minyak sebagian besar digunakan untuk transportasi. Di sektor komersial, perumahan, dan industri, energi listrik merupakan sumber energi yang paling umum (Setyono & Kiono, 2021).

Karena teknologi bersih digunakan untuk meningkatkan efisiensi konsumsi batu bara dan minyak bumi semakin langka, dampak jangka panjang emisi CO2 Indonesia dari konsumsi batu bara dan minyak bumi diperkirakan lebih rendah daripada dampak jangka pendeknya. Dibandingkan dengan batu bara dan minyak bumi, penggunaan gas alam adalah yang terendah, sehingga tidak berdampak pada peningkatan emisi CO2 jangka pendek maupun jangka panjang(Allifah et al., 2022).

Penggerak utama kemajuan industri, bahan bakar fosil memiliki pengaruh buruk yang tak terelakkan terhadap perubahan iklim. Energi hijau merupakan solusi yang praktis dan berkelanjutan, tetapi tindakan cepat dan komitmen kelompok diperlukan agar peralihan ini berhasil. Kita dapat menyelamatkan dunia dan keselamatan serta kesehatan generasi mendatang dengan memilih rute energi yang lebih bersih dan berkelanjutan (Halim Tjiwidjaja & Rianti Salima, 2023).

Penelitian sebelumnya membahas tentang potensi energi hijau yaitu Teknologi piezoelektrik yang memiliki potensi besar untuk mengubah getaran mobil menjadi energi listrik yang dapat dibawa sebagai sumber daya portabel. Getaran kendaraan dapat ditangkap secara efisien oleh sistem piezoelektrik yang dikembangkan, yang menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dalam konfigurasi rangkaian seri daripada rangkaian parallel (Kiswantono, 2024). Dalam piezoelektrik kekurangannya adalah dalam menghasilkan listrik atau energi listrik tidak cukup hanya membangkitkan tegangan saja tetapi harus memperhitungkan daya yang dapat di *supply* oleh pembangkitnya.

Kemudian penelitian selanjutnya membuat turbin savious dengan kajian tentang Pengaruh pengarah angin dan kecepatan angin pada turbin savonius tiga sudu terhadap energi listrik yang dihasilkan. Hasilnya dibandingkan dengan turbin angin pada umumnya, terutama yang memiliki sumbu horizontal, turbin angin Savonius yang digunakan dalam penelitian ini memiliki keunggulan karena dapat mulai berputar pada daya angin rendah dan menghasilkan kebisingan yang relatif sedikit. Keunggulan tambahan dari turbin ini adalah perawatannya yang mudah, biaya pembuatan yang rendah, dan proporsinya yang sederhana, yang memungkinkannya dibuat untuk digunakan oleh penduduk perkotaan saat dipasang pada rambu-rambu listrik, lampu jalan, dan atap (Sudirman & Santoso, 2020).

Penelitian ini mengacu dari penelitian sebelumnya yaitu Analisa prototipe pembuatan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) skala kecil yang sudah dilakukan oleh turbin yang sama dan kincir angin yang sama dengan pengujian berbeban maupun tidak berbeban dengan kecepatan konstan. Dengan hasil Intensitas cahaya yang dipancarkan dari beban lampu sangat dipengaruhi oleh arus dan tegangan (Ulfiah et al., 2025). Bedanya dengan penelitian yang dilakukan penulis adalah mengacu pada variasi dari kecepatan anginnya. Yang akan diuji dengan beban 3 watt dan variasi kecepatan angin.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh kecepatan angin terhadap kinerja generator dengan melihat pada sisi arus keluaran dan tegangan yang di hasilkan generator. Variasi kecepatan angin yang akan diubah-ubah secara berurutan dalam satuan m/s yaitu 25,2; 24,1; 23,4; 21,7; 19,4; 18,4; 17,7; 16,9; 15,6. Kecepatan rotor motor juga diukur untuk mendapatkan data yang aktual.

**TINJUAN PUSTAKA**

Dalam jaringan listrik, sebagian besar energi listrik dihasilkan oleh generator sinkron (SG). Generator listrik menyediakan dua keluaran: frekuensi dan tegangan. Insinyur dan perancang selalu bekerja untuk menstabilkan level tegangan dan frekuensi di terminal generator listrik. bentuk gelombang tegangan harus sinusoidal untuk menstabilkan nilai-nilai ini. Bentuk gelombang tegangan generator singkron sebagian besar nonsinusoidal. Konfigurasi dan pilihan jenis stator merupakan elemen terpenting yang memengaruhi bentuk tegangan. Ada dua jenis lilitan yang terlihat pada mesin listrik AC: terkonsentrasi dan tersebar (Asgharpour-Alamdari, 2025).

Alasan mengapa generator ini dinamakan generator sinkron adalah karena jumlah putaran rotor sama dengan jumlah putaran medan magnet stator. Ketika kutub magnet pada rotor berputar pada kecepatan yang sama dengan medan putar stator, kecepatan sinkron dihasilkan. Rotor generator sinkron menampung kumparan medan, sedangkan stator menampung kumparan jangkar.

Penelitian sebelumnya membahas hasil dari generator dengan putaran angin yang konstan jika di berikan beban maka tegangan seketika akan turun, jika dinaikan bebannya maka semakin besar bebannya maka putaran di rotor akan mengakibatkan semakin pelan, hal ini akan menyebabkan arus dan tegangan menjadi tidak teratur atau lebih cenderung turun (Ulfiah et al., 2025). Hal yang serupa dapat di representasikan dengan rumus fluks magnetik:

$ɸ=B ×A Cos θ$ (1)

Dimana :

$ɸ$ = Fluks (Wb)

$B$ = Kuat medan magnet (Tesla)

$θ$ = Sudut arah medan magnet dan garis normal

$Erms= 4,44 × N × f × ɸ$ (2)

Dimana :

Erms = besar GGL induksi (V)

N = Jumlah lilitan

f = frekuensi

$f=\frac{N x P}{120}$(3)

Dimana :

P = jumlah kutub

Biasanya, generator yang dipakai adalah generator magnet permanen yang beroperasi pada penggerak dengan putaran rendah dan daya kecil. Karena strukturnya yang hampir identik, motor listrik secara umum dapat diubah menjadi generator. Motor induksi rotor sangkar fase tunggal, atau disingkat MI, adalah salah satu jenis motor listrik yang paling umum ditemukan dalam berbagai perangkat listrik industri dan rumah tangga, termasuk pengering, kompresor, pompa air, dan mesin cuci, *Blower* AC (*Air Conditioning*) (Kastawan & Hidayat, 2024).

**METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam penelitian ini melanjutkan analisa generator terhadap perubahan kecepatan angin. Kecepatan angin di variasikan dengan menggunakan alat penyemprot udara. Berikut merupakan alur dari metode yang diterapkan.



**Gambar 1.** Alur pengujian variasi kecepatan angin

Pada gambar 1 merupakan alur pengujian variasi kecepatan angin dimulai dari studi literatur yang menjadi dasar dari pengujian ini, kemudian mempersiapkan alat uji atau alat *test*nya. Setelah itu jika alat uji bekerja maka generator langsung di hubungkan ke beban 3 watt. Setelah terhubung beban keluaran pada alat ukur harus dicatat. Kemudian menaikan kecepatan angin secara bertahap dari 15 m/s; 16 m/s; 17 m/s; 18 m/s; 19 m/s; 21 m/s; 23 m/s dan mengatur ulang. Jika kecepatan sudah di naikan secara maksimal maka pengujian telah selesai.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil pengujian variasi tegangan ini di dapat hasil hubungan arus dengan kecepatan angin sebagai berikut :

**Gambar 2.** Grafik Arus terhadap kecepatan angin

**Gambar 3.** Grafik tegangan terhadap kecepatan angin

Dari hasil keluaran yang diukur dengan *ampere* meter dan *volt* meter keduanya mendapatkan hasil seperti gambar 2 dan gambar 3 grafik tersebut merupakan hubungan antara keceparan angin dengan arus dan tegangan. Dalam hal ini pengaruh kecepatan angin sangat signifikan berpengaruh terhadap kualitas tegangan pada keluaran generator. Dilihat dari grafiknya jika kecepatan menurun dengan beban yang tetap maka nilai dari arus akan semakin tinggi, sedangkan nilai dari tegangan keluaran generator akan semakin turun. Hal ini kemungkinan di sebabkan karena sifat linearitas dari rumus

$P=V × I$ (4)

Dimana :

P : Daya aktif (*Watt*)

V : Tegangan (*Volt*)

I : Arus (A)

Dari persamaan rumus 3 maka dapat di sesuaikan dengan hasil gambar grafik 2 dan 3 hasilnya jika dengan beban konstan dengan tegangan keluaran yang nilainya turun akibat kecepatan angin maka arus akan lebih besar dari tegangan yang turun sebelumnya. Kemudian hubungan dengan kecepatan angin yang turun terhadap putaran rotor generator karena adanya tegangan yang turun.

**KESIMPULAN**

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin yang bervariasi akan menyebabkan keluaran yang berubah-ubah dengan beban yang sama. Ketika kecepatan diturunkan maka tegangan pun akan turun. Oleh karena itu untuk turbin angin hanya digunakan pada daerah-daerah yang sering terjadi angin yang kencang dan konstan.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan Terima kasih kepada Satrio Dwi Nugroho, S.T., M.T. dan Kepala Laboratorium Politeknik Negeri Padang. yang telah memberikan arahan tentang arah penulisan dan pembahasan untuk penelitian ini sehingga dapat bermanfaat ke orang lain dan peneliti dimasa depan dan telah menyediakan alat ukur dan tempat pengujian penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Allifah, S., Syaukat, Y., & Wijayanti, P. (2022). Dampak Tenaga Air dan Bahan Bakar Fosil terhadap Implementasi Ekonomi Hijau di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkung* *Ulfiah2an*, *9*(3), 102–112. https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2022.009.03.3

Asgharpour-Alamdari, H. (2025). Reduce Harmonic Orders of Voltage Waveform in the Synchronous Generator by Changing the Winding Structure. *International Journal of Engineering*, *38*(8), 2004–2017. https://doi.org/10.5829/ije.2025.38.08b.22

Halim Tjiwidjaja & Rianti Salima. (2023). Dampak Energi Fosil Terhadap Perubahan Iklim Dan Solusi Berbasis Energi Hijau. *JURNAL WILAYAH, KOTA DAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN*, *2*(2), 166–172. https://doi.org/10.58169/jwikal.v2i2.625

Kastawan, I. M. W., & Hidayat, R. (2024). Simulasi Distribusi Fluks dan Tegangan Generator Magnet Permanen Satu-Fasa Hasil Modifikasi Motor Induksi Rotor Sangkar Satu-Fasa. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, *12*(3), 784. https://doi.org/10.26760/elkomika.v12i3.784

Kiswantono, A. (2024). INOVASI ENERGI HIJAU: PIEZOELEKTRIK UNTUK MENGUBAH GETARAN KENDARAAN MENJADI LISTRIK. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, *12*(3). https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4452

Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, *2*(3), 154–162. https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157

Sudirman, S., & Santoso, H. (2020). Pengaruh pengarah angin dan kecepatan angin pada turbin savonius tiga sudu terhadap energi listrik yang dihasilkan. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, *16*(2), 255. https://doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9073

Ulfiah, S. A., Rahman, A., Nugroho, S. D., Negara, R. B., & Arsal, F. A. (2025). ANALISA PROTOTIPE PEMBUATAN PLTB SKALA KECIL PADA LABORATORIUM TEKNIK LISTRIK DI POLITEKNIK NEGERI PADANG. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, *13*(2). https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6395