

Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Tegangan Keluaran Generator DC pada Turbin Angin

The Effect of Wind Speed on the Output Voltage of a DC Generator in a Wind Turbine

Ojak Abdul Rozak¹, Anto Carmanto², Awaluddin Saputra³, Teren Januarianto⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspatek, Buaran, Pamulang, 15310, Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

dosen01314@unpam.ac.id

ABSTRAK

Abstrak. Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring laju pertumbuhan penduduk, laju kebutuhan energi yang sangat cepat tidak diimbangi dengan produksi energi. Saat ini energi nasional masih menggunakan energi fosil yaitu batubara, minyak maupun gas bumi. Meningkatnya penggunaan minyak bumi tersebut berdampak terhadap menipisnya cadangan dan tidak dapat diandalkan untuk mencukupi kebutuhan energi masa depan, sehingga perlu solusi alternatif energi terbarukan seperti energi angin. Berdasarkan data badan meteorologi, klimatologi, dan geofisika, daerah Depok memiliki kecepatan angin 10-30 km/jam, sehingga analisa pengaruh putaran turbin angin terhadap tegangan keluaran generator DC dapat dilakukan, untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang tidak akan habis dan dapat mengetahui turbin angin menghasilkan tegangan listrik di daerah Depok. Tahapan penelitian ini meliputi perancangan, pengukuran manual dan sistem monitoring tegangan, pengambilan dan analisa perbandingan data pengujian. Hasil pengukuran selama 3 hari mulai pukul 13.00-17.00 WIB didapat rata-rata kecepatan angin sebesar 2.68 m/s, kecepatan generator 381 rpm dan tegangan keluaran generator dari sistem monitoring sebesar 19.73 V.

Kata kunci: energi terbarukan, kecepatan angin, generator DC, turbin angin

ABSTRACT

Abstract. *The need for electrical energy continues to increase along with the rate of population growth, the very fast rate of energy demand is not matched by energy production. Currently, national energy still uses fossil energy, namely coal, oil and natural gas. The increasing use of petroleum has an impact on depleting reserves and cannot be relied upon to meet future energy needs, so alternative solutions to renewable energy such as wind energy are needed. Based on data from the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency, the Depok area has a wind speed of 10-30 km/hour, so that an analysis of the effect of wind turbine rotation on the output voltage of a DC generator can be carried out, to be used as an alternative energy source that will not run out and to know turbines. the wind generates electric voltage in the Depok area. The stages of this research include design, manual measurement and voltage monitoring system, collection and comparative analysis of test data. The measurement results for 3 days starting at 13.00-17.00 WIB obtained an average wind speed of 2.68 m/s, generator speed of 381 rpm and generator output voltage from the monitoring system of 19.73 V.*

Keywords: *renewable energy, wind speed, DC generator, wind turbine*

1. PENDAHULUAN

Rasio elektrifikasi 2019 pada triwulan III mencapai 98.86%. Hampir seluruh rumah tangga sudah merasakan listrik dan naik 14.51% dalam lima tahun terakhir. Namun, 1.14% rumah tangga yang belum

Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Generator DC ...

berlistrik [1]. Program 35.000 MW sebagian besar sudah mencapai 23.130 MW memasuki tahap konstruksi dan 3.946 MW telah beroperasi [2].

Saat ini energi nasional masih terfokus kepada energi fosil, maka perlu sebuah solusi energi alternatif yang memiliki nilai kecukupan dan berkelanjutan [3]. Pada tahun 2018 sekitar seperempat dari emisi gas rumah kaca global tahunan adalah karbon dioksida dari pembakaran minyak bumi (ditambah kebocoran metana dari industri) [4].

Wilayah Indonesia berada di sekitar daerah ekuator merupakan daerah pertemuan sirkulasi hadley, walker, dan lokal yang memiliki potensi energi angin sebagai alternatif pembangkit listrik bersumber energi terbarukan [5]. Secara global rerata kecepatan angin di darat sebesar 30-40 km/jam [6].

Pengaruh angin sangat penting dalam pengoprasian pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) yang bersumber dari energi angin [7]. Dari hasil penelitian turbin angin, didapat variasi dari kecepatan angin dengan waktu yang berbeda. Namun, putaran turbin angin tidak konstan sehingga tegangan yang dihasilkan tidak dapat mengisi daya baterai [3].

Maka perlu dilakukan suatu analisa terkait pengaruh kecepatan angin terhadap generator DC pada turbin angin. Proses pemanfaatan energi angin ini dilakukan melalui dua tahapan konversi energi. Pertama, aliran angin menggerakkan rotor (baling-baling). kedua, rotor dihubungkan ke generator, putaran generator ini menghasilkan energi listrik. Kemudian tegangan listrik dipantu melalui LCD dengan menggunakan sensor arus dan tegangan dalam pembacaan data keluaran Generator DC, kemudian dilakukan pengambilan, pengolahan dan analisa. Berdasarkan data badan meteorologi, klimatologi, dan geofisika, bahwa daerah Depok memiliki kecepatan angin 10-30 km/jam [8], maka Depok dipilih sebagai tempat penelitian ini untuk analisa pengaruh putaran turbin angin terhadap tegangan keluaran generator DC, pemanfaatan sumber energi alternatif yang tidak akan habis dan mengetahui turbin angin dapat menghasilkan tegangan listrik.

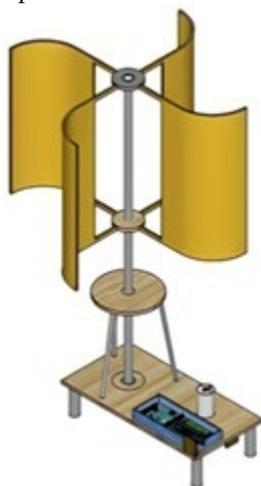
2. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Tahapan desain dalam penelitian ini sebagai berikut: (1) Studi literatur dengan melakukan pencarian, survei, dan membandingkan referensi untuk mendapatkan nilai keterbaruan penelitian; (2) Perancangan alat dengan membuat gambaran desain alat PLTB; (3) Pembuatan alat dengan membuat konstruksi sistem dan sistem pemantauan energi listrik; (4) Pengujian alat dengan melakukan pengujian dengan dan tanpa beban dan (5) Verifikasi dengan melakukan pemeriksaan terhadap alat yang telah dibuat dan diuji, bekerja dengan baik.

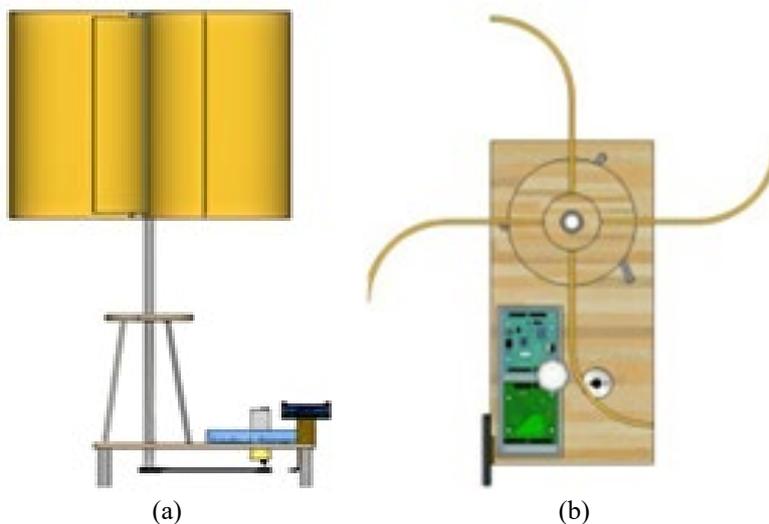
B. Desain Sistem PLTB

Desain sistem PLTB ini memiliki tiga perspektif tampilan atau visualisasi, pertama Tampak Perspektif PLTB seperti terlihat pada Gambar 1 dan tampilan PLTB gambar (a) menunjukkan Tampak Depan, gambar (b) menunjukkan Tampak Atas, seperti di perlihatkan Gambar 2.



Gambar 1. Tampak Perspektif PLTB

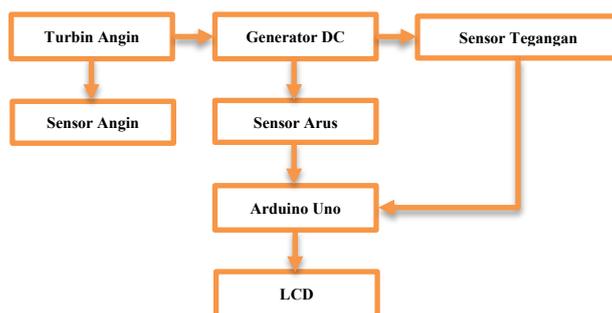
Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Generator DC ...



Gambar 2. PLTB (a) Tampak Depan, (b) Tampak Atas

C. Desain Sistem Pemantauan

Penggunaan sensor, sensor tegangan dan sensor arus Untuk mengetahui kecepatan angin yang menggerakkan turbin dalam satuan m/s, dipasang sensor angin annemometer dan IR sensor (rpm). Sementara untuk mengetahui besarnya arus dalam satuan ampere, dipasang sensor arus serta tegangan dalam satuan volt dipasang sensor tegangan yang berfungsi untuk mengirimkan informasi mengenai nilai besaran fisis yang diukur, seperti terlihat pada Gambar 3.



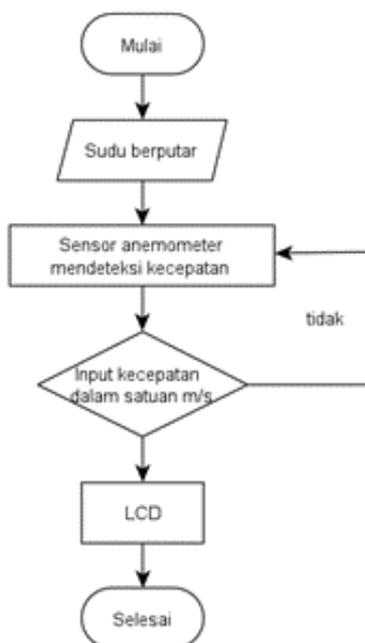
Gambar 3. Desain Sistem Pemantauan

Syarat dan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan kincir angin dan jari-jari 0.5 meter, suhu lingkungan 27–30°C [9]. Perkiraan cuaca BMKG di daerah Depok pada pukul 13:00 kecepatan angin 20 km/jam, pada pukul 16:00 hingga 22:00 kecepatan angin 10 km/jam [10]. Komponen-komponen yang digunakan dalam Desain Sistem PLTB: (1) Motor DC model 775 24 V 7000 rpm sebagai dinamo yang digunakan untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik [11]; (2) Sensor anemometer AMF-006 range 0-30 sebagai pembacaan kecepatan angin [12]; (3) Sensor IR (rpm) jarak 10-20 cm sebagai pembacaan kecepatan putaran motor DC [13]; (4) Sensor tegangan dengan input: 0-25 V berfungsi sebagai pembacaan tegangan motor DC [14]; (5) Sensor arus ACS712 berfungsi sebagai pembacaan arus yang mengalir dan dihasilkan dari beban lampu LED [15]; (6) Arduino uno sebagai mikrokontroler sistem monitoring [16]; (7) LCD sebagai pembaca nilai yang dihasilkan dari masing-masing sensor [17].

D. Pengujian Sistem PLTB

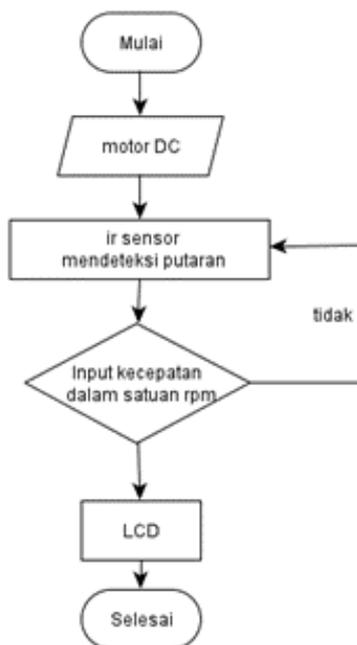
Untuk mengetahui kecepatan angin yang menggerakkan turbin dalam satuan m/s. pada saat sudu berputar, sensor anemometer mendeteksi kecepatan angin dalam satuan m/s selanjutnya akan diproses dalam arduino untuk dikirim ke LCD, seperti terlihat pada Gambar 4.

Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Generator DC ...



Gambar 4. Pengujian Anemometer

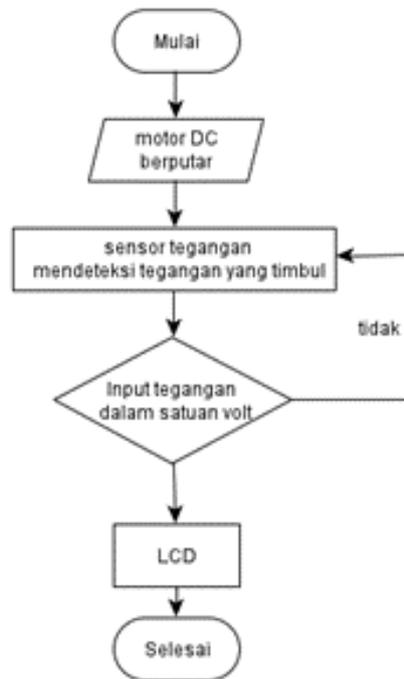
Untuk mengetahui kecepatan putaran generator (motor DC) yang digerakkan oleh turbin angin dalam satuan rpm. Pada saat generator berputar akibat putaran turbin, maka sensor IR mendeteksi putaran generator dalam satuan rpm selanjutnya akan diproses dalam arduino untuk dikirim ke LCD, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Kecepatan

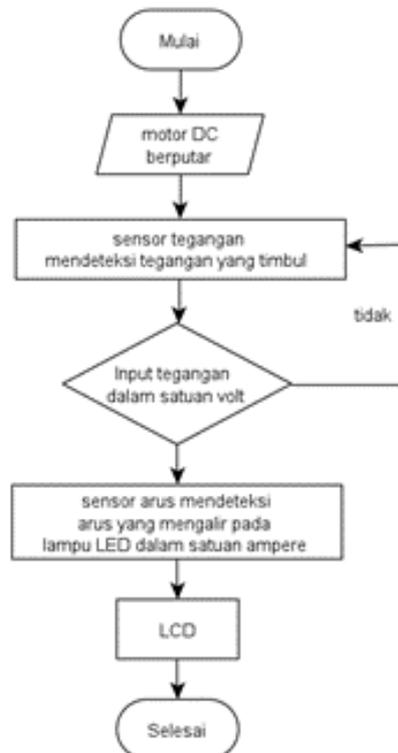
Untuk mendeteksi tegangan dari gaya gerak listrik generator (motor DC) dalam satuan volt. Pada saat motor DC berputar, sensor tegangan mendeteksi besarnya tegangan yang dikeluarkan, selanjutnya akan diproses dalam arduino untuk dikirim ke LCD, seperti terlihat pada Gambar 6.

Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Generator DC ...



Gambar 6. Pengujian Tegangan

Tahap pengujian selanjutnya mendeteksi arus yang mengalir dalam satuan ampere. Pada saat motor DC berputar, sensor arus mendeteksi besarnya arus yang ditimbulkan, selanjutnya akan diproses dalam arduino untuk dikirim ke LCD, seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Arus

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Turbin PLTB

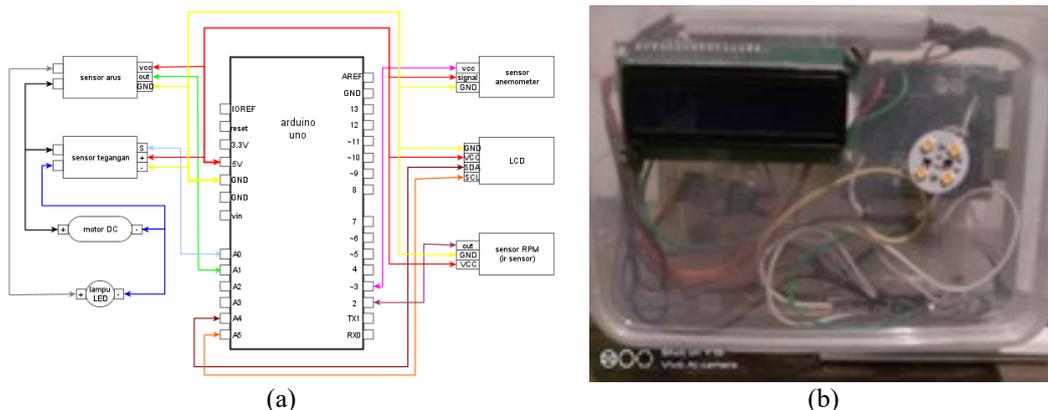
Konstruksi miniatur turbin PLTB yang dirancang menggunakan 2 buah sudu dengan masing-masing berdiameter 40 cm dan tinggi 1 meter. Turbin tersebut dihubungkan dengan generator (motor DC) menggunakan belt untuk membangkitkan listrik. Konstruksi miniatur turbin PLTB tersebut seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Implementasi Turbin PLTB

B. Implementasi Sistem Monitoring PLTB

Pada sistem monitoring PLTB ini terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut: (1) Sensor anemometer pin VCC dihubung ke pin ~3, pin signal dihubung ke pin 5V, pin GND dihubung ke pin GND Arduino; (2) Input sensor tegangan dihubung secara paralel dengan motor DC dan lampu LED. Output sensor tegangan (S) dihubung ke pin A0, pin (+) dihubung ke pin 5V, pin (-) dihubung ke pin GND Arduino; (3) Input sensor arus dihubung secara seri dengan motor DC dan lampu LED. Output sensor arus dihubung ke pin A1, pin VCC dihubung ke pin 5V, pin GND dihubung ke pin GND Arduino; (4) Sensor rpm (IR sensor), output dihubung ke pin 2, pin GND dihubung ke pin GND, pin VCC dihubung ke 5V Arduino; (5) LCD, pin GND dihubung ke pin GND, pin VCC dihubung ke pin 5V, pin SDA dihubung ke pin A4, pin SCL dihubung ke pin A5 Arduino. Keseluruhan sistem monitoring PLTB seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Implementasi Sistem Monitoring PLTB (a) Gambar Wiring, (b) Gambar Implementasi

Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Generator DC ...

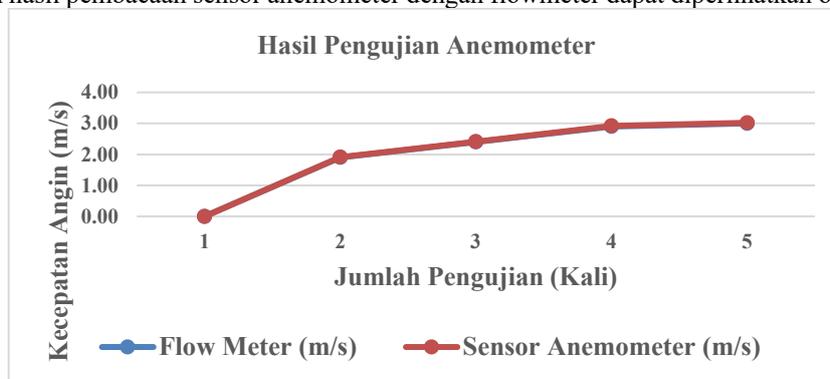
C. Pengujian Sensor Anemometer

Pengujian sensor anemometer bertujuan untuk membandingkan nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan alat ukur dan dilakukan di lokasi penelitian, yaitu roof top Mall Margo City pada ketinggian ± 15 meter. Perbandingan pengukuran dilakukan antara hasil pembacaan sensor anemometer dengan flowmeter. Adapun hasil pengukuran seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor Anemometer

Flow Meter (m/s)	Sensor Anemometer (m/s)	Galat (%)
0.00	0.00	0.00
1.90	1.91	0.52
2.40	2.41	0.42
2.90	2.92	0.69
3.00	3.02	0.67

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1, dapat dijelaskan bahwa kesalahan perhitungan (galat) dari hasil sensor anemometer terhadap flowmeter sebesar 0.46%. Adapun ilustrasi perbandingan hasil pembacaan sensor anemometer dengan flowmeter dapat diperlihatkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Pengujian Anemometer

D. Pengujian Sensor Tegangan

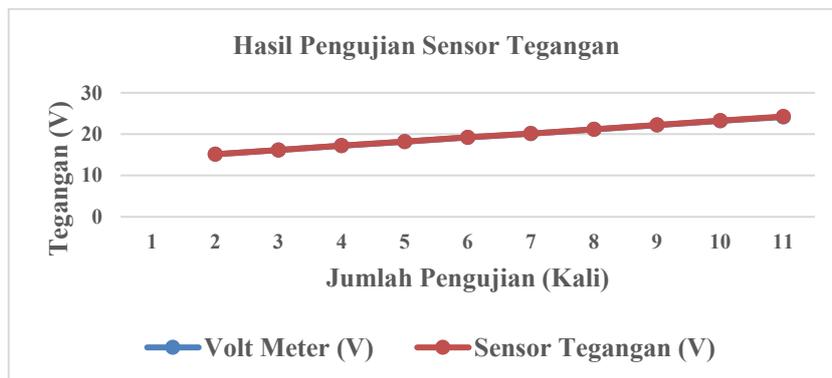
Pengujian sensor tegangan bertujuan untuk membandingkan nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan alat ukur dan dilakukan di lokasi penelitian, yaitu roof top Mall Margo City pada ketinggian ± 15 meter. Perbandingan pengukuran dilakukan antara hasil pembacaan sensor tegangan pada 15-24 V dengan voltmeter. Adapun hasil pengukuran seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sensor Tegangan

Power Supply (V)	Volt Meter (V)	Sensor Tegangan (V)	Galat (%)
15	15.13	15.13	0.00
16	16.14	16.14	0.00
17	17.20	17.23	0.17
18	18.17	18.19	0.11
19	19.20	19.22	0.10
20	20.12	20.14	0.10
21	21.14	21.16	0.09
22	22.19	22.22	0.14
23	23.20	23.27	0.30
24	24.14	24.27	0.29

Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Generator DC ...

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2, dapat dijelaskan bahwa kesalahan perhitungan (galat) dari hasil sensor tegangan terhadap voltmeter sebesar 0.13%. Adapun ilustrasi perbandingan hasil pembacaan sensor tegangan dengan voltmeter dapat diperlihatkan oleh Gambar 11.



Gambar 11. Pengujian Sensor Tegangan

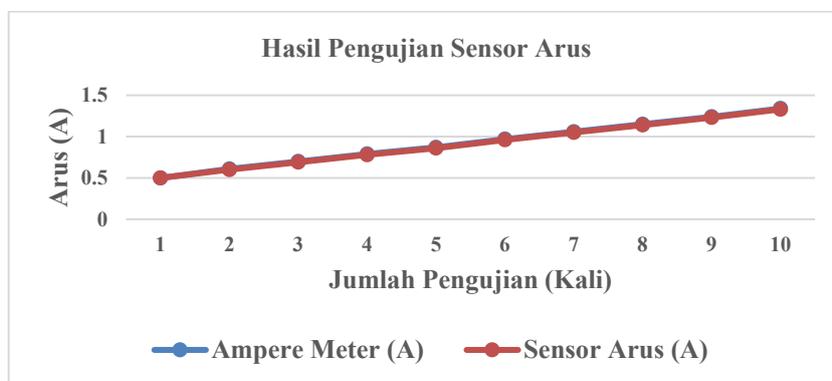
E. Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus bertujuan untuk membandingkan nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan alat ukur dan dilakukan di lokasi penelitian, yaitu roof top Mall Margo City pada ketinggian ± 15 meter. Perbandingan pengukuran dilakukan antara hasil pembacaan sensor Arus yang mengalir pada tegangan 6-15V pada beban hambatan sebesar 10Ω dengan ampere meter. Hasil pengukuran lihat Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor Arus

Tegangan (V)	Ampere Meter (A)	Sensor Arus (A)	Galat (%)
6.0	0.50	0.50	0
7.0	0.61	0.60	1.67
8.0	0.70	0.69	1.45
9.0	0.79	0.78	1.28
10.0	0.87	0.86	1.16
11.0	0.97	0.96	1.04
12.0	1.06	1.05	0.95
13.0	1.15	1.14	0.88
14.0	1.24	1.23	0.81
15.0	1.34	1.33	0.75

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3, dapat dijelaskan bahwa kesalahan perhitungan (galat) dari hasil sensor arus terhadap ampere meter sebesar 1%. Adapun ilustrasi perbandingan hasil pembacaan sensor arus dengan ampere meter dapat diperlihatkan oleh Gambar 12.

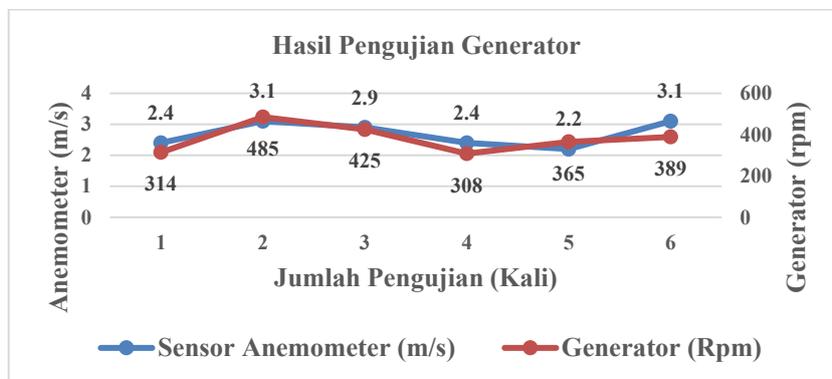


Gambar 12. Pengujian Sensor Arus

Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Generator DC ...

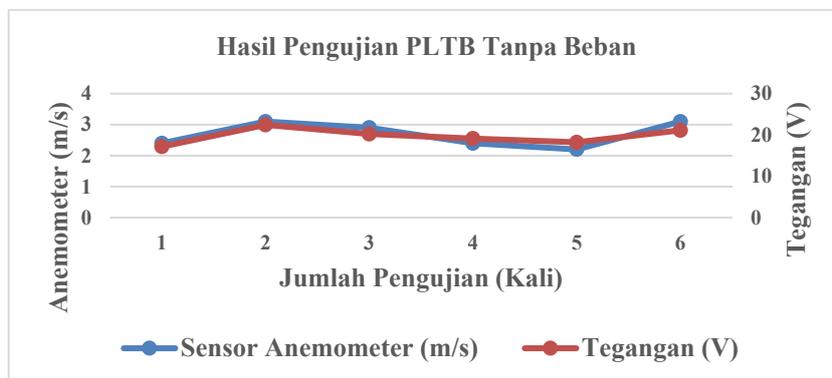
F. Pengujian Sistem PLTB

Membandingkan hasil pengukuran sensor anemometer dalam m/s dengan hasil pembacaan kecepatan putaran generator dalam rpm dan tegangan dalam volt. Pengujian dilakukan selama 3 hari dari pukul 13:00 s.d 15:00 WIB dan 16:00 s.d 17:00 WIB. Adapun perbandingan hasil pengukuran sensor anemometer dalam m/s dengan hasil pembacaan kecepatan putaran generator dalam rpm ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengujian Generator

Gambar 13 menunjukkan perbandingan antara hasil pengukuran sensor anemometer dalam m/s dengan hasil pembacaan kecepatan putaran generator dalam rpm, dapat dikatakan bahwa adanya korelasi kuat antara kecepatan angin (m/s) dengan kecepatan generator (rpm). Perbandingan antara hasil pengukuran sensor anemometer dalam m/s dengan hasil pembacaan sensor tegangan dalam volt, dapat dikatakan bahwa adanya korelasi kuat antara kecepatan angin (m/s) dengan tegangan keluaran generator (motor DC) dalam volt. Adanya korelasi kuat antara kecepatan angin (m/s) dengan tegangan keluaran (V) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengujian PLTB Tanpa Beban

Berdasarkan hasil pengujian sistem PLTB pada Gambar 13 dan Gambar 14 didapatkan rata-rata kecepatan angin sebesar 2.68 m/s, kecepatan generator 381 rpm dan tegangan keluaran generator dari sistem monitoring sebesar 19.73 V.

4. SIMPULAN

Terjadi kesalahan perhitungan (galat) dari hasil sensor anemometer terhadap flowmeter sebesar 0.46%, kesalahan perhitungan (galat) dari hasil sensor tegangan terhadap voltmeter sebesar 0.13% dan kesalahan perhitungan (galat) dari hasil sensor arus terhadap ampere meter sebesar 1%. Adanya korelasi kuat antara kecepatan angin (m/s) dengan kecepatan generator (rpm) dan korelasi kuat antara kecepatan angin (m/s) dengan tegangan keluaran (V) dimana rata-rata kecepatan angin sebesar 2.68 m/s, kecepatan generator 381 rpm dan tegangan keluaran generator dari sistem monitoring sebesar 19.73 V.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ignasius Jonan, “Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038,” Jakarta, Aug. 2019.
- [2] ESDM, “Perkembangan Terkini Program 35 Ribu MW: 37 Proyek Telah Beroperasi,” 2017. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/news-archives/perkembangan-terkini-program-35-ribu->
- [3] Muhammad Adam, Partaonan Harahap, and M. Ridho Nasution, “Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator DC,” *R E L E (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 30–36, Sep. 2019.
- [4] Y. Gholipour, “Future of Oil and Renewable Energy,” *Computational And Experimental Research In Materials And Renewable Energy*, vol. 5, no. 1, p. 30, May 2022, doi: 10.19184/cerimre.v5i1.31492.
- [5] R. R. Novri, “The Analisis Potensi Energi Angin Tambak Untuk Menghasilkan Energi Listrik,” *Journal of Research and Education Chemistry*, vol. 3, no. 2, p. 96, Oct. 2021, doi: 10.25299/jrec.2021.vol3(2).7165.
- [6] M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, “Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku,” *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 12, no. 2, pp. 181–187, Sep. 2011.
- [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 Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 30–36, 2019.
- [8] BMKG, “Prakiraan Cuaca - Kecepatan Angin Depok Provinsi Jawa Barat,” *Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, 2023. <https://www.bmkg.go.id/cuaca/prakiraan-cuaca.bmkg?Kota=Depok&AreaID=5002229&Prov=10> (accessed Apr. 08, 2023).
- [9] Muhammad Iqbal, “Pembuatan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berkapasitas 100 Watt,” Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.
- [10] BMKG, “Prakiraan Cuaca- Kecepatan Angin Depok Provinsi Jawa Barat.,” 2022.
- [11] S. Syamsuar, R. Wibawaningrum, H. Makarim, P. B. Pengkajian, D. Penelitian, and H. Bppt, “Cara Kerja dan Penggunaan Motor Direct Current (DC) Pada Kapal Selam,” *Peneliti Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi BPPT*, vol. 23, no. 5, pp. 509–523, 2011.
- [12] Trisna Nur Robby, Mohamad Ramdhani, and Cahyantari Ekaputri, “Alat Ukur Kecepatan Angin, Arah Angin dan Ketinggian,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 1457–1466, Aug. 2017.
- [13] Andreas Hendra Stiawan, “Pengendali Jarak Jauh Arah dan Kecepatan Putar Motor DC Via SMS Berbasis Mikrokontroler AT90S2313,” Final Project, Sanata Dharma University, Yogyakarta, 2007.
- [14] Ira Riyana Sari Siregar, Bayu Dwi Prabowo, Nur Rani Alham, Ahmad Faidil, and Muhammad Jurdun N.A., “Pengukuran Arus dan Tegangan pada Prototipe PLTMH Berbasis Arduino dan Multimeter,” *Jurnal Media Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 45–52, 2020.
- [15] W. Arsa, S. Politeknik, N. Denpasar, A. Surya, and A. Politeknik, “Analisis Sensor Arus Invasive ACS712 dan Sensor Arus Non-Invasive SCT013 Berbasis Arduino,” 2021.
- [16] Ardiansyah, “Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Arduino (Studi Kasus PDAM Patalassang),” Skripsi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar, 2016.
- [17] B. M. Kristiantari, “Alat Ukur Tinggi Badan Otomatis Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Dengan Tampilan LCD Bergerak dan Suara,” Skripsi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2017.