

## PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (SURYA DAN ANGIN) SEBAGAI SUMBER ENERGI PADA POMPA AIR UNTUK PENYIRAMAN TANAMAN

### HYBRID POWER PLANT (SOLAR AND WIND) AS A SOURCE OF ENERGY IN WATER PUMPS FOR PLANT WATERING

Siti Anisah<sup>1</sup>, Rahmadhani Fitri<sup>2</sup>, Hamdani<sup>3</sup>, Andreas Antonius Hutapea<sup>4</sup>, Fazrin Hafiz<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universitas Pembangunan Panca Budi

sitianisah@dosen.pancabudi.ac.id

#### ABSTRACT

*Laugumba village is one of the villages where the majority of the population work as farmers. The irrigation system to supply agricultural land is distributed independently by the community by relying on groundwater sources. Another problem experienced by the community is that the process of withdrawing water from a water source is carried out using a water pump by utilizing the energy source from a generator set (GENSET). This condition will also have an impact on the socio-economic conditions of the community. The purpose of this research is to find a concept or method of distributing water by utilizing environmentally friendly energy sources. The environmentally friendly energy studied in this study is the energy source from hybrid generators (solar and wind). The basic research method is carried out through an approach of observation, measurement and analysis, of the existing conditions regarding data on wind conditions, weather, sunlight, and analysis of the required power requirements. The results of this study indicate that the voltage generated by the wind generator is 3.20 V with a wind speed of 3.9, while solar power produces 74.907 output power.*

**Keywords :** Hybrid Generators, Water Pumps, New Renewable Energy, Environmentally Friendly Technologies

#### ABSTRAK

Desa laugumba adalah salah satu desa yang mayoritas penduduknya berkerja sebagai petani. Sistem pengairan untuk mensuplai lahan pertanian didistribusikan secara mandiri oleh masyarakat dengan mengandalkan sumber air tanah. Permasalahan lain yang dialami oleh masyarakat adalah, Proses penarikan air dari sumber air dilakukan dengan menggunakan pompa air dengan memanfaatkan sumber energi dari generator set (GENSET). Kondisi tersebut juga akan berdampak terhadap keadaan sosial ekonomi masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah menemukan satu konsep atau metode pendistribusian air dengan memanfaatkan sumber energi ramah lingkungan. Energi ramah lingkungan yang dikaji dalam penelitian ini adalah sumber energi dari pembangkit hybrid (surya dan angin). Metode riset dasar dilakukan melalui pendekatan observasi, pengukuran dan analisis, terhadap kondisi eksisting tentang data kondisi Angin, Cuaca, cahaya matahari, dan analisis kebutuhan daya yang diperlukan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan pembangkit angin sebesar 3,20 V dengan kecepatan angin 3,9, sedangkan pada tenaga surya menghasilkan 74,907 daya output.

**Kata Kunci :** Pembangkit Hybrid, Pompa Air, Energi Baru Tebarukan, Teknologi Ramah Lingkungan

#### PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan sebagai salah satu peran strategi sektor pertanian merupakan tugas yang sangat penting, (Anisah, Wijaya, & Siregar, 2023), (Nikam, 2020), sehingga Pemerintah Kabupaten menempatkan beras, jagung, kedelai, menjadi komoditas pangan utama yang diberikan perhatian secara khusus dalam pencapaian target swasembada berkelanjutan, sehingga diperlukan tindakan untuk mencapai target tersebut.

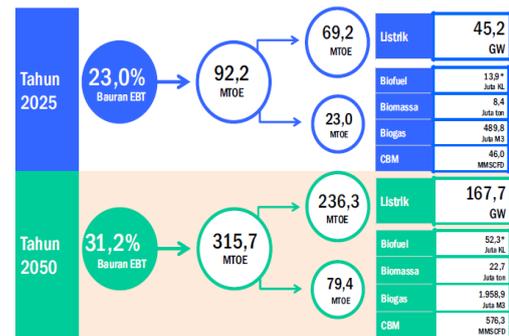
Jaringan pengairan sebagai media untuk memenuhi kebutuhan air pertanian perlu dikelola secara efektif dan efisien, satu cara pengelolaan air bawah tanah tersebut dimanfaatkan secara optimal perlu sistem yang tepat dalam penerapannya diantaranya air bawah tanah dengan pompa yang didistribusikan ke area persawahan sesuai kapasitas airnya, untuk aliran air perlu diterapkan dengan membuat saluran terbuka baik lahan kering atau basah dibuatkan tampungan yang mampu mengalir lahan persawahan, kebutuhan air

pada tanaman sesuai musim tanam dan jenis tanaman yang di kembangkan secara optimum, dengan penerapan sistem dan jaringan yang mempertimbangkan aspek ketersediaan air, penerapan sistem secara berkelanjutan (sustainable) untuk lebih efisien dengan metode gravitasi perlu peran yang besar para petani dalam mencapai teknologi tersebut dengan bantuan para Akademisi dan Instansi terkait.

Wilayah/desa Laugumba kecamatan Berastagi Kabupaten Tanah Karo Sumatera Utara adalah salah satu desa yang berada di Kawasan dataran tinggi, mayoritas penduduknya berkerja sebagai petani. Letak geografis dan bentangan alam dengan posisi yang terletak diatas permukaan. Sistem pengairan untuk mensuplai lahan pertanian didistribusikan dari sumber air tanah. Permasalahan yang dialami oleh masyarakat petani yang berada dikawasan desa laugumba adalah: 1). Letak geografis pemukiman yang berada diatas permukaan sehingga masyarakat kesulitan memperoleh air untuk kebutuhan sistem pertanian. Untuk mendapatkan air maysakat harus menarik air tanah dari sumber mata air dengan menggunakan pompa air dan kemudian disalurkan melalui penempungan.

Tujuan lain dari penelitian ini adalah untuk memberikan solusi dari permasalahan tersebut melallu penerapan sistem pembangkit yang ramah lingkungan berupa pembangkit hybrid (surya dan angin).

Pemerintah telah mengatur tentang penggunaan sumber energi dalam UU No.30 Tahun 2007. Pasokan energi primer EBT dalam bauran energi primer tahun 2025 sebesar 23,0% (92,3 MTOE) dan pada tahun 2050 sebesar 31,2% (315,7 MTOE) Selain digunakan sebagai energi primer untuk pembangkit, EBT juga dikembangkan sebagai energi yang digunakan secara langsung oleh sektor pengguna seperti terlihat pada gambar berikut:



**Gambar 1. Target Pemakaian EBT**

Sumber: PNPM Mandiri Sumber Energi Terbarukan, 2010

Dalam penelitian ini energi ramah lingkungan yang di kaji adalah energi surya dan angin. Tenaga surya senantiasa mencapai Bumi, 24 jam sehari, tujuh hari seminggu. Cahaya matahari mengandung tenaga yang sedemikian banyaknya, sehingga bahkan sebagian cahaya matahari yang jatuh di gurun Sahara akan cukup memenuhi kebutuhan energi untuk semua kebutuhan energi umat manusia. Pada saat matahari tengah hari, tenaga surya mencapai permukaan bumi dengan nilai energi puncak sebesar satu kilowatt (1 kW) per meter persegi per jam. Jadi, jika semua energi ini bisa ditampung, maka akan bias menyediakan semua kebutuhan tenaga listrik di setiap negara yang ada di bumi ini. Pendek kata, tenaga surya adalah energi yang berasal dari matahari. (Hamdani, Tharo, & Anisah, 2019), (Taro, Aryza, Anisa, & Putri, 2017)(Patel, 2020)

Tenaga surya hadir dalam bentuk panas dan cahaya. Energi dalam bentuk panas bisa dipakai secara langsung maupun tidak langsung, (Laksana et al., 2021), (Anisah, Tarigan, Wardhani, Pembangunan, & Budi, 2022) Istilah lain yang digunakan untuk energi panas yang berasal dari matahari adalah Energi Thermal Matahari. Cahaya merupakan bentuk lain dari energi yang terpancar dari matahari. Setiap aktivitas menggunakan cahaya matahari untuk menjalankan kegiatan kita sehari-hari; ini merupakan pemakaian langsung atas cahaya yang berasal darimatahari. Ada hal yang menarik, cahaya jugabisa dikonversi menjadi tenaga listrik dengan

menggunakan modul fotovoltaik yang disebut dengan modul PV atau panel surya. (Sovacool, 2009) Prinsip untuk mengkonversi cahaya menjadi energi (yang berguna) juga dilakukan oleh alam melalui proses yang disebut dengan fotosintesis, di mana dedaunan hijau pada tanaman mengkonversi sinar matahari menjadi energi yang diperlukan tanaman agar tumbuh, dan jika dikonsumsi oleh manusia, inilah cara manusia memperoleh energi untuk tubuh kita. Sebenarnya matahari bisa menjadi sumber energi yang sempurna untuk menyediakan tenaga listrik yang diperlukan di seluruh dunia. Sayangnya energi yang berasal dari matahari tidak bersifat homogen. (Castañeda, Cano, Jurado, Sánchez, & Fernández, 2013), (Gielen et al., 2019). Nilai tidak saja bergantung kepada cuaca setiap hari, namun berubah-ubah sepanjang tahun. Artinya, energi yang tersedia untuk mengoperasikan peralatan listrik juga akan berubah-ubah, (Rehman et al., 2020), (Alotaibi & Eltamaly, 2021).

Prinsip dari energi surya bertambah pada saat modul mengarah langsung ke matahari. Lokasi matahari ditentukan oleh dua sudut.

- Sudut ketinggian matahari ( $\alpha$ ) adalah sudut antara cahaya matahari dan bidang horizontal.
- Azimuth matahari adalah sudut antara proyeksi cahaya matahari pada bidang horizontal (sudut kemiringan modul) dan utara (di belahan bumi selatan) atau selatan (di belahan bumi utara).

Proses photovoltaic yang terjadi pada pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS) dari energi yang ada di matahari (photon). (Joskow, 2019), (Hussain, Al-Ammari, Iqbal, Jafar, & Padmanaban, 2017). Modul PV Surya menambah beberapa pemakaian praktis dalam waktu singkat. Konversi modul PV berupa energi dari cahaya matahari yang diubah menjadi energi listrik. (Febri, Arif, & Amir, 2015), (Rizkasari, Wilopo, & Ridwan, 2020) Dengan kata lain, photovoltaik (PV) adalah teknologi berdasarkan semi-konduktor

dalam kondisi padat yang mengkonversi energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik, tanpa ada bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan gas buangan. Modul ini tersedia dalam berbagai kapasitas, mulai dari 1 watt hingga 300 watt.

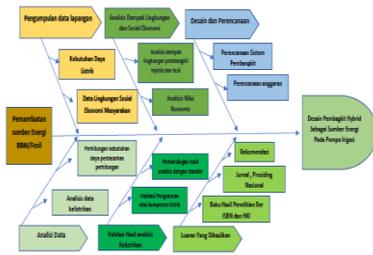
Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) atau mesin energy angin, yang dinamakan turbin angin, menggunakan energi kinetik dengan sumber angin dan mengkonversikannya menjadi energi mekanis atau listrik yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai tujuan praktis, (Syamsuarnis & Candra, 2020), (Haryuda, Susila, Siregar, & Aris, 2019). Angin tertiuap di atas 'sayap' juga disebut bilah atau aerofil dari turbin angin, yang menyebabkan berputar cepat. Turbin angin menggunakan gerakan rotasi untuk membangkitkan listrik atau menjalankan peralatan mesin seperti pompa.

Sistem listrik hybrid, turbin surya dan angin sebaliknya dapat juga digunakan dengan sumber-sumber energy lainnya (PV, generator diesel). Hal ini dapat meningkatkan produksi energi listrik dari sistem dan menurunkan resiko kekurangan energi, (Hussain et al., 2017), (Denholm, O'Connell, Brinkman, & Jorgenson, 2015), (Roy, He, Zhao, & Singh, 2022), (Bernal-Agustín & Dufo-López, 2009)

## **METODE**

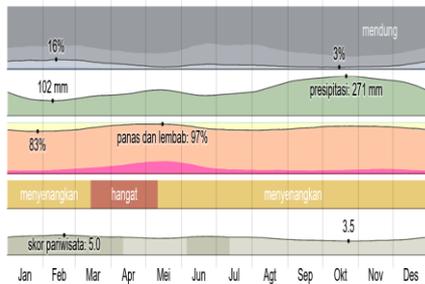
Penelitian menggunakan metode riset dasar melalui pendekatan survei lapangan, pengukuran dan analisis untuk menentukan konsep dan desain perencanaan pembangkit hybrid sebagai sumber energi untuk mengaktifkan pompa air. Pompa air yang saat ini diaktifkan dengan menggunakan sumber energi genset menggunakan bahan bakar minyak akan digantikan dengan sumber energi dari pembangkit hybrid yang ramah lingkungan. Adapaun analisis yang akan dilakukan adalah analisis kebutuhan daya listrik pada pompa yang digunakan, dengan menggunakan pembangkit hybrid (Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan

Angin). Hilirisasi Penelitian yang akan dilakukan tahun pertama dapat dilihat pada diagram *fish bond* berikut:



**Gambar 2. Hilirisasi Penelitian**  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Penelitian yang dilakukan diawali dengan pengumpulan data eksiting lapangan terkait kondisi iklim di wilayah desa laugumba tanah karo, data iklim dapat terlihat pada gambar berikut:



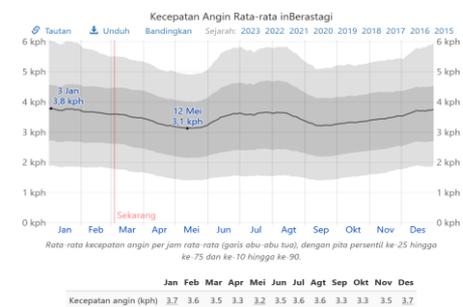
**Gambar 3. Kondisi Iklim di Kawasan Berastagi Tanah Karo**

Sumber: Statistik BMKG

Sedangkan data iradiasi matahari dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1. Data Iradiasi Matahari**

Kabupaten/ Kota	Total radiasi Selama 12 Bulan	Kabupaten/Kota	Total radiasi Selama 12 Bulan
Medan	488,9618	Pakpak Barat	453,1048
Deli Serdang	542,1181	Padang Lawas	426,4853
Asahan	385,9595	Nias	448,6319
Batu Bara	507,9149	Nias Utara	536,5409
Langkat	275,1115	Nias Barat	450,6891
Karo	419,7998	Madina	387,9698
Samosir	384,1972	Sergai	541,8603



**Gambar 4. Kecepatan Angin Berastagi Tanah Karo**

Sumber: Statistik BMKG

Spesifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. Data Spesifikasi Panel Surya**

Jenis	Spesifikasi Modul Surya	
	Modul Surya Kanan	Modul Surya Kiri
Power Toleransi	± 3%	± 3%
Open Circuit Voltage	21.6 V	21.6 V
Short Circuit Current	3.06 AM	3.06 AM
Dimensi	630mm x 540mm x 18mm	630mm x 540mm x 18mm



**Gambar 5. Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Data untuk pembangkit listrik tenaga angin yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut:

**Tabel 3. Data Spesifikasi Pembangkit Tenaga Angin**

Jenis	Vertical Axis Wind Turbine
	Spesifikasi
Diameter Blade	90 Cm
Tinggi Blade	1.20 M
Jumlah Blade	3
Kecepatan	± 3 Ms
Bahan Wing	Aluminium
Bahan Rangka	Hollow



**Gambar 6. Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Adapun peralatan pendukung lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Solar charge controller, alternator rectifier, baterai, inverter, anemometer dan multi tester.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Turbin Angin

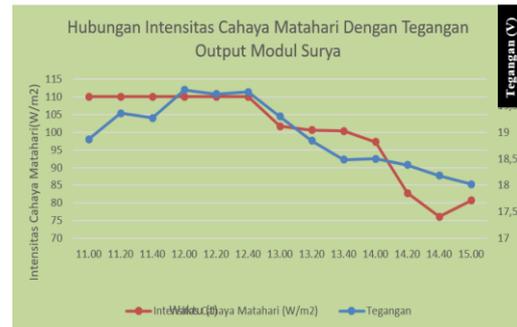
Pengujian ini menggunakan anemometer sebagai alat ukur kecepatan angin dan multimeter untuk mengetahui kinerja *Vertikal Axis Wind Turbine* dalam menghasilkan tegangan keluaran. Waktu pengujian dilakukan pada saat pukul 15.00 WIB sampai 16.30 WIB memanfaatkan angin dengan suhu rata-rata adalah 33<sup>0</sup> C. Tegangan keluaran terendah terukur sebesar 1,02 Volt pada kecepatan angin 1,1 m/s seiring dengan bertambah nya kecepatan angin maka tegangan keluaran yang dihasilkan *Vertikal Axis Wind Turbine* terus meningkat dimana tegangan tertinggi pada saat pengujian terukur sebesar 3,20 Volt pada kecepatan angin 3,9 m/s



Gambar 7. Hubungan Kecepatan Angin Dengan Tegangan

### Pengujian Modul Surya

Efisiensi panel surya didapatkan dari daya listrik yang keluar dalam satuan watt dibandingkan dengan luas permukaannya. Saat ini dipasaran efisiensi sel surya yang beredar adalah kisaran 14 - 17%. Ini berarti sebuah panel surya hanya dapat mengkonversi sekitar 14 – 17% dari seluruh energi matahari yang diterima oleh sel surya tersebut, dan sisanya akan dipantulkan ke udara. Besarnya intensitas yang diterima oleh modul surya berupa energi foton tidak seluruhnya diserap, sebagian ada yang dipantulkan tergantung besar energi dan frekuensi foton yang dibutuhkan untuk pelepasan elektron dari ikatannya.



Gambar 8. Hubungan Intensitas Cahaya dengan Tegangan Output

Perhitungan nilai efisiensi bertujuan untuk mengetahui persentase nilai energi cahaya matahari yang mampu diserap modul surya, berikut beberapa persamaan untuk menentukan daya input dan output.

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \text{Intensitas matahari} \\
 &\quad \times \text{Luas daerah modul} \\
 &= 110,094 \text{ W/m}^2 \\
 &\quad \times (63 \text{ cm} \times 54 \text{ cm}) \\
 &\quad + (63 \text{ cm} \times 54 \text{ cm}) \\
 &= 110,094 \text{ W/m}^2 \\
 &\quad \times 0,6804 \text{ m}^2 \\
 &= 74,907 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk daya output maksimum modul surya dihitung dengan persamaan berikut

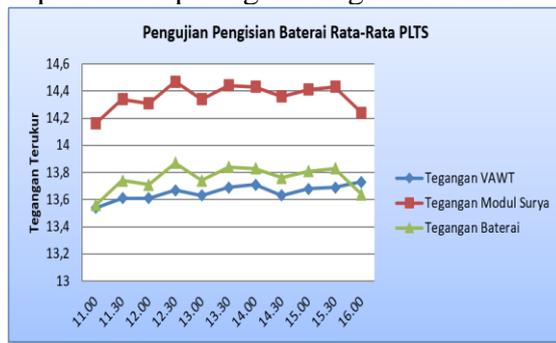
$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V_{oc} \times I_{sc} \times FF \\
 &= V_{oc} \times I_{sc} \times \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \\
 &= V_{mp} \times I_{mp} \\
 &= 19,80 \times 0,58 \\
 &= 11,484 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sehingga efisiensi diperoleh menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \mu &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\
 &= \frac{11,484}{74,907} \times 100\% \\
 &= 15,33 \%
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan pengukuran penyimpanan melalui baterai. Intensitas cahaya matahari teroptimal rata-rata terukur sebesar 110,094 W/m<sup>2</sup> pada pukul 12.30 WIB, dan kecepatan angin teroptimal terukur sebesar 1,3 m/s pada pukul 12.30 WIB. Suhu rata rata pengujian pengisian baterai hari kelima yaitu 31,68 °C. Dari data diatas tersebut kemudian di analisis hasil

pengujian pengisian baterai secara rata-rata dapat dilihat pada gambar grafik berikut:



**Gambar 9. Pengujian Pengisian Baterai rata-rata**

Berdasarkan hasil pengujian daya rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya adalah 164,42 watt sedangkan turbin angin sebesar 142,20 watt, dimana hasil pengukuran harian dapat dilihat pada grafik berikut:



**Gambar 10. Grafik Pengujian Pengisian Baterai**

Total energi yang diserap oleh baterai dari vertical axis wind turbine dan modul surya dapat dilihat pada tabel 4.9 dimana perhitungan daya keluaran maksimum vertikal axis wind turbin dinyatakan dalam satuan Watt dan daya keluaran maksimum dinyatakan dalam satuan WP. Perhitungan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total Energi VAWT} &= \sum(P.t) \\ &= 136,91 + 139,64 + 145,58 + 145,33 + 147,81 \\ &= 715,25 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Energi rata rata yang dihasilkan VAWT perjamnya ialah :

$$\begin{aligned} &= \frac{715,25}{25} \\ &= 28,61 \text{ Watt} \end{aligned}$$

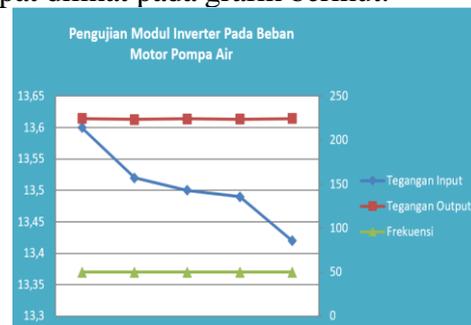
$$\begin{aligned} \text{Total Energi Modul Surya} &= \sum(P.t) \\ &= 159,69 + 165,52 + 164,01 + 163,1 \\ &\quad + 164,27 \\ &= 816,59 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Energi rata rata modul surya perjamnya ialah :

$$\begin{aligned} &= \frac{816,59}{25} \\ &= 32,66 \text{ Wp} \end{aligned}$$

### Pengujian Pembangkit Menggunakan Beban Pompa Air

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan output pada inverter dengan beban 125 watt terukur sebesar 224,6 Volt AC dan arus yang mengalir terukur sebesar 4,94 Ampere dengan frekuensi terukur sebesar 49,9 Hz. Pengaruh perbandingan dari tegangan baterai yang merupakan input dari inverter dan tegangan keluaran inverter dapat dilihat pada grafik berikut:



**Gambar 11. Pengujian Inverter**

Berdasarkan gambar 11 Tegangan input baterai mengalami penurunan seiring dengan pertambahan beban yang diuji. Keluaran tegangan inverter pada tiap tiap beban memiliki keluaran beban AC yang hampir sama, rata rata 224 Volt AC dan keluaran Frekuensi sebesar 49,9 Hz. Kondisi pada inverter berfungsi dengan baik setelah diuji karena kestabilan tegangan yang diberikan sesuai dengan standar PLN 230 VAC dan standar frekuensi Indonesia 50 Hz.



**Gambar 12. Pengujian Optimasi Pembangkit Hybrid**

Berdasarkan gambar 11 tegangan mula mula terukur sebesar 13,42 Volt DC

pada pukul 12.00 WIB beroperasi dengan menggunakan beban 104 Watt dimana tegangan keluaran inverter terukur sebesar 190 Volt AC. Setelah setengah jam tegangan terkuras terukur sebesar 10,64 Volt pada pukul 12.30 WIB sementara tegangan keluaran inverter juga mengalami hal serupa menurun terukur sebesar 189,1 Volt AC. Pada pukul 17.00 Display *solar charge controller* menunjukkan tegangan baterai 10,00 Volt DC dan menstop suplay ke inverter yang menyebabkan tegangan output inverter terukur sebesar 0,038 Volt AC sementara frekuensi juga mengalami hal serupa terukur 0 Hz, sehingga semua beban yang diuji padam.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil uji pada penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Tegangan pada pengujian Vertikal Axis Wind Turbine belum optimal menghasilkan keluaran 12 Volt, tegangan tertinggi terukur sebesar 3,20 Volt pada kecepatan angin 3,9 m/s.
- 2) Intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh pada pengujian modul surya berbeban 5 V/DC yang menghasilkan daya input (Pin) sebesar 74,907 Watt, daya output (Pout) sebesar 11,484 watt dengan efisiensi sebesar 15%.
- 3) Intensitas cahaya matahari tertinggi pada pengujian modul surya tidak berbeban terukur sebesar 100,096 W/m<sup>2</sup> pada pukul 12.10 WIB yang menghasilkan tegangan terbuka (Voc) sebesar 19,86 Volt.
- 4) Hasil pengujian pengisian baterai dari kondisi awal baterai 12,9 V/ 100 Ah sampai terisi penuh 13,64 V/100 Ah membutuhkan waktu selama 25 jam dimana Vertikal Axis wind turbine menghasilkan daya total sebesar 715,25 Watt dengan energi rata rata perjamnya sebesar 28,61 Watt, dan Modul Surya menghasilkan daya total sebesar 816,59 Watt dengan energi rata rata perjamnya sebesar 32,66 Wp.

- 5) Hasil pengujian hasil pengujian modul inverter keluaran tegangan inverter pada tiap tiap beban memiliki keluaran beban AC yang hampir sama, rata rata 224 Volt AC dan keluaran Frekuensi sebesar 49,9 Hz. Kondisi pada inverter berfungsi dengan baik setelah diuji karena kestabilan tegangan yang diberikan sesuai dengan standar PLN 230 VAC dan standar frekuensi Indonesia 50 Hz.
- 6) Hasil pengujian optimasi kinerja pembangkit hybrid disaat baterai 100 Ah sudah terisi penuh terukur sebesar 13,42 Volt DC disetting pada pengaturan *solar charge controller (discharge stop)* pada tegangan 10,00 V. Mampu menyuplai inverter dengan beban 104 Watt selama 5 Jam.
- 7) Pemamfaatan pembangkit hybrid sebagai sumber energi untuk pompa penyiraman tanaman pada petani di Berastagi dapat direkomendasikan dengan desain penambahan panel surya sebesar 300 WP. Hal ini dikarenakan pemamfaatan pembangkit angin tidak dapat maksimal..

## DAFTAR PUSTAKA

- Alotaibi, Majed A., & Eltamaly, Ali M. (2021). A smart strategy for sizing of hybrid renewable energy system to supply remote loads in Saudi Arabia. *Energies*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/en14217069>
- Anisah, Siti, Tarigan, Amani Darma, Wardhani, Dwi Putri, Pembangunan, Universitas, & Budi, Panca. (2022). *Study And Potential Utilization Of Solar Power Plant As A Source Of Energy At*. 106–114.
- Anisah, Siti, Wijaya, Rian Farta, & Siregar, Maimunah. (2023). *Continuous Integrated Farming Based On Environment Friendly Technology At Lamegogo Farm Group Continuous Integrated Farming Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan Pada Kelompok Tani Lamegogo Farm*. 3(2), 234–242.

- Bernal-Agustín, José L., & Dufo-López, Rodolfo. (2009). Simulation and optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 2111–2118. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.010>
- Castañeda, Manuel, Cano, Antonio, Jurado, Francisco, Sánchez, Higinio, & Fernández, Luis M. (2013). Sizing optimization, dynamic modeling and energy management strategies of a stand-alone PV/hydrogen/battery-based hybrid system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(10), 3830–3845. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.01.080>
- Denholm, Paul, O’Connell, Matthew, Brinkman, Gregory, & Jorgenson, Jennie. (2015). Overgeneration from Solar Energy in California: A Field Guide to the Duck Chart (NREL/TP-6A20-65023). *Technical Report*, (November), 46. Retrieved from <http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65453.pdf>
- Febri, Suri Purnama, Arif, Zainal, & Amir, Fazri. (2015). *Sebagai Upaya Implementasi Green Campus*.
- Gielen, Dolf, Boshell, Francisco, Saygin, Deger, Bazilian, Morgan D., Wagner, Nicholas, & Gorini, Ricardo. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24(January), 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
- Hamdani, Tharo, Zuraidah, & Anisah, Siti. (2019). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. *Semnastek Uisu*, 189–194.
- Haryuda, Subuh Isnur, Susila, I. Wayan, Siregar, Indra Herlamba, & Aris, Ansori. (2019). Power Control of Grid-Connected Photovoltaic-Wind Turbin-Bouy Conversion Energy Wave Hybrid System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 494(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/494/1/012074>
- Hussain, Shahbaz, Al-Ammari, Rashid, Iqbal, Atif, Jafar, Md, & Padmanaban, Sanjeevikumar. (2017). Optimisation of hybrid renewable energy system using iterative filter selection approach. *IET Renewable Power Generation*, 11(11), 1440–1445. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2017.0014>
- Joskow, Paul L. (2019). Challenges for wholesale electricity markets with intermittent renewable generation at scale: The US experience. *Oxford Review of Economic Policy*, 35(2), 291–331. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grz001>
- Laksana, Eka Purwa, Prabowo, Yani, Sujono, Sujono, Sirait, Rummi, Fath, Nifty, Priyadi, Ardyono, & Purnomo, Mauridhi Hery. (2021). Potential Usage of Solar Energy as a Renewable Energy Source in Petukangan Utara, South Jakarta. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 17(4), 212–216. <https://doi.org/10.17529/jre.v17i4.22538>
- Nikam, M. B. (2020). Integrated Farming Systems for Sustainable Agriculture in Raigad District of Maharashtra. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*, 13(2). <https://doi.org/10.30954/0974-1712.02.2020.10>
- Patel, Pranav M. (2020). *A review on water cooling techniques for solar panels*. 7(5), 819–832.
- Rehman, Waqas Ur, Bhatti, Abdul Rauf, Awan, Ahmed Bilal, Sajjad, Intisar Ali, Khan, Asad Ali, Bo, Rui, Haroon, Shaikh Saaqib, Amin, Salman, Tlili, Iskander, & Oboreh-Snapps, Oroghene. (2020). The penetration of renewable and

- sustainable energy in Asia: A state-of-the-art review on net-metering. *IEEE Access*, 8, 170364–170388. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3022738>
- Rizkasari, Defi, Wilopo, Wahyu, & Ridwan, Mohammad Kholid. (2020). Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Untuk Plts Di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral (Pup-Esdm) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 1(2), 104–112. <https://doi.org/10.20885/jattec.vol1.iss2.art7>
- Roy, Pranoy, He, Jiangbiao, Zhao, Tiefu, & Singh, Yash Veer. (2022). Recent Advances of Wind-Solar Hybrid Renewable Energy Systems for Power Generation: A Review. *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, 3(February), 81–104. <https://doi.org/10.1109/OJIES.2022.3144093>
- Sovacool, Benjamin K. (2009). The intermittency of wind, solar, and renewable electricity generators: Technical barrier or rhetorical excuse? *Utilities Policy*, 17(3–4), 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2008.07.001>
- Syamsuarnis, Syamsuarnis, & Candra, Oriza. (2020). Pembangkit Listrik Tenaga Angin sebagai Energi Listrik Alternatif bagi Masyarakat Nelayan Muaro Ganting Kelurahan Parupuk Kecamatan Koto Tangah. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(2), 44. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i2.108487>
- Taro, Zuraidah, Aryza, Solly, Anisa, Siti, & Putri, Maharani. (2017). *Analyze New Method Based on Surya Energy Zuraidah Tharo*. 12(4), 54–58. <https://doi.org/10.9790/1676-1204045458>.