

**PENGUJIAN VARIASI *AZIMUTH ANGLE* TERHADAP
MODEL *FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN
ORIGINLAB GUI**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Disusun Oleh:

ADE INDRA SYAPUTRA

NPM. 3332180020

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2023**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : Pengujian Variasi *Azimuth Angle* Terhadap Model
Flexible Photovoltaic Menggunakan OriginLab GUI
Nama : Ade Indra Syaputra
NPM : 3332180020
Fakultas/Jurusan: Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 06 Mei 2023



Ade Indra Syaputra
NPM. 3332180020

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa penelitian ini:

Judul : Pengujian Variasi *Azimuth Angle* Terhadap Model *Flexible Photovoltaic* Menggunakan OriginLab GUI
Nama : Ade Indra Syaputra
NPM : 3332180020
Fakultas/Jurusan: Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 31 Mei 2023 melalui sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS

Dewan Penguji

Pembimbing I : Dr. Eng. Rocky Alfan, M.Sc.
Pembimbing II : Dr. Irma Saraswati, S.Si., M.T
Penguji I : Dr. Suhendar, S.Pd., M.T.
Penguji II : Heri Haryanto, S.T., M.T.

Tanda Tangan



Mengetahui,
Ketua Jurusan



Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M. Eng.
NIP. 198307032009121006

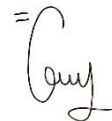
PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmata-Nya, saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulisan penelitian ini dilakukan dalam memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan penelitian ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan penelitian ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang memberikan motivasi dan dukungan dan do'a dalam penyelesaian penelitian ini;
2. Dr. Romi Wiryadinata, S. T., M.Eng., Selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa;
3. Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T.,M. Sc., Selaku dosen pembimbing satu yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan penelitian ini;
4. Dr. Irma Saraswati, S.Si.,M.T., Selaku dosen pembimbing kedua yang juga telah membimbing saya dalam penulisan sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini;

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan mendukung saya untuk menyelesaikan penelitian. Semoga penelitian ini membawa manfaat untuk pengembangan ilmu.

Cilegon, 06 Mei 2023



Penulis

ABSTRAK

Ade Indra Syaputra

Teknik Elektro

PENGUJIAN VARIASI *AZIMUTH ANGLE* TERHADAP MODEL *FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN ORIGINLAB GUI

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan kualitas modul surya, potensi matahari dan pengujian variasi sudut dengan metode sistem *Off-grid* dengan judul “Pengujian variasi *Azimuth Angle* Terhadap Model *Flexible Solar panel* Menggunakan Origin GUI”. Penelitian ini dilakukan dengan tiga skenario *azimuth angle*, skenario pertama 0° U, 130° T, 209° BD, 43° TL, skenario kedua 43° TL, 130° T, 209° BD, 0° U, skenario ketiga 43° TL, 209° BD, 130° T, 0° U hasil 49%, 45%, dan 35%. Efisiensi panel *flexible monocrystalline* ini tergolong kecil dengan nilai 6% dengan I-V, P-V, *accuracy* sensor tegangan 0,273%, ACS712 2%, sensor DHT 3,25%. Data *logger* untuk *monitoring* terdapat dua konsep *monitoring* panel surya dan *monitoring* radiasi menggunakan pyranometer MS-601F dan hasil pemakaian energi listrik 0,4488 kWh/day.

Kata Kunci : PLTS *Off-grid*, Data *logger*, *Flexible monocrystalline*

ABSTRACT

Ade Indra Syaputra
Electrical Engineering

TESTING OF AZIMUTH ANGLE VARIATION OF FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC MODELS USING ORIGINLAB GUI

The research that has been carried out resulted in the quality of solar modules, solar potential, and testing of angle variations with the Off-grid system method with the title "Testing Azimuth Angle Variations Against Flexible Solar panel Models Using Origin GUI". This research was conducted with three azimuth angle scenarios, first scenario 0° U, 130° T, 209° BD, 430° TL, second scenario 430° TL, 130° T, 209° BD, 0° U, third scenario 43° TL, 209° BD, 130° T, 0° U yields of 49%, 45%, and 35%. The efficiency of this monocrystalline flexible panel is relatively small with a value of 6% with I-V, P-V, voltage sensor accuracy of 0.273%, ACS712 2%, and DHT sensor of 3.25%. Data logger for monitoring there is two concepts of solar panel monitoring and radiation monitoring using the MS-601F pyranometer and the resulting electricity consumption of 0.4488 kWh/day.

Keywords: *PLTS Off-grid, Data logger, Flexible monocrystalline*

DAFTAR ISI

PENGUJIAN VARIASI <i>AZIMUTH ANGLE</i> TERHADAP MODEL <i>FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC</i> MENGGUNAKAN ORIGINLAB GUI SKRIPSI.....	1
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	11
1.1 Latar Belakang.....	11
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Radiasi Matahari di Indonesia.....	6
Gambar 2.2 Jarak Hubungan Matahari dan Bumi	7
Gambar 2.3 Sudut <i>Azimuth</i> Matahari.....	7
Gambar 2.4 Posisi Matahari di Ilustrasikan dengan Sudut Matahari	8
Gambar 2.5 <i>Photovoltaic</i> Jenis <i>Monocrystalline</i>	9
Gambar 2.6 <i>Photovoltaic</i> Jenis <i>Polycrystalline</i>	9
Gambar 2.7 <i>Photovoltaic</i> Jenis <i>Perovskite</i>	10
Gambar 2.8 <i>Photovoltaic</i> Jenis <i>Flexible</i>	10
Gambar 2.9 Sistem PLTS <i>Off-grid</i>	11
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	17
Gambar 3.2 Perancangan Desain Alat	19
Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Panel Surya.....	21
Gambar 3.4 Rangkaian <i>Input Data Logger</i>	22
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Output Data Logger</i>	23
Gambar 3.6 <i>Diagram</i> Blok Penelitian	23
Gambar 3.7 Panel Surya <i>Flexible Monocrystalline</i>	25
Gambar 3.8 <i>Solar Charge Controller</i> PWM 20A	26
Gambar 3.9 <i>Power Inverter</i> DC to AC	27
Gambar 3.10 Arduino Uno R3	27
Gambar 3.11 Pyranometer MS-601F.....	28
Gambar 4.1 <i>Portable Photovoltaic</i>	30
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Kalibrasi <i>Voltage Sensor</i>	31
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Kalibrasi ACS712	32
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran DHTAM2302.....	33
Gambar 4.5 Kurva Tegangan dan <i>State of Charge</i> VRLA 12 V 20 Ah	34
Gambar 4.6 Kurva I-V dan P-V <i>Flexible Photovoltaic</i>	35
Gambar 4.7 Kualitas <i>Solar panel Flexible</i>	36
Gambar 4.8 Daya Puncak Keluaran <i>Flexible Photovoltaic</i>	37
Gambar 4.9 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Cerah Berawan	38
Gambar 4.10 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Mendung	39

Gambar 4.11 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Hujan.....	40
Gambar 4.12 Hasil Skenario Sudut <i>Azimuth</i> kesatu	41
Gambar 4.13 Hasil Skenario Sudut <i>Azimuth</i> kedua.....	42
Gambar 4.14 Hasil Skenario Sudut <i>Azimuth</i> ketiga.....	43
Gambar 4.15 Pemakaian Baterai 1 VRLA.....	45
Gambar 4.16 Pemakaian Baterai 2 VRLA.....	46
Gambar 4.17 Selisih <i>State of Charge</i> Baterai 1 dan 2	47
Gambar 4.18 Selisih <i>State of Health</i> Baterai 1 dan 2	48
Gambar 4.19 Selisih Tegangan Baterai 1 dan 2	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Hardware dan Software</i>	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Modul Panel Surya Model <i>Flexible</i>	25
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Solar Charge Controller PWM 20A</i>	26
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Power Inverter DC to AC</i>	27
Tabel 3.5 Spesifikasi Arduino Uno	28
Tabel 3.6 Spesifikasi Pyranometer MS-601F	29

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Negara Indonesia semakin meningkat seiringnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan dibidang teknologi. Pemenuhan kebutuhan energi yang diambil sebagian besar dari alam yang meliputi batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang dikenal sebagai bahan bakar fosil [1]. Secara letak geografis Indonesia terletak terdiri dari ribuan pulau yang berdampak tenaga listrik sulit dijangkau oleh daerah terpencil terdalam dan terluar selain itu juga Negara Indonesia juga merupakan daerah tropis yang mempunyai potensi energi matahari. Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tahun 2012 rata-rata temperatur sebaran di Kota Cilegon dengan sebesar 31,28°C dan sebaran radiasi matahari yang diperoleh di Kota Cilegon sebesar 4,62 kW/m² [2].

Negara Indonesia terletak di garis katulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata 4,8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia [3]. Mekanisme pelacakan arah *azimuth* dikategorikan menjadi dua bagian umum, diantaranya sistem pelacakan secara *azimuth angle* dan pelacakan secara *tilt angle* [4]. Sudut pelacakan sumbu *zenith* ialah sudut azimuth matahari dan sudut pelacakan sumbu horizontal ialah sudut elevasi matahari [5].

Energi yang sifatnya menyeluruh pada diri manusia, baik sebagai individu ataupun global, energi baru terbarukan menjadi solusi maju bersama secara konstan memberikan peluang besar untuk menyelamatkan krisis energi [6]. Teknologi sistem *photovoltaic* terdapat beberapa jenis metode di antaranya metode *stand alone photovoltaic system* yang menggunakan baterai sebagai penyimpanan utama dari panel surya, adapun *On-grid* yang terhubung dengan tenaga listrik negara. Metode *stand alone* ini memiliki pertimbangan yang sangat penting dimulai dari perekonomian, sistem hazard, tipe panel surya hingga kemampuan setiap jenis modul panel surya [7].

Kemampuan panel surya dapat menghasilkan berbagai pencapaian dengan parameter pengukuran yang optimal, hal ini menjadi sorotan bahwa pengukuran

yang dilakukan dapat dilakukan sesuai dengan keinginan maka bisa dilakukan pengecekan data secara *real time* dengan menggunakan teknologi *microcontroller* sebagai *prototype* [8]. *Prototype* ini berguna sebagai perekaman data keluaran hasil *photovoltaic* secara terus menerus tanpa harus mengukur dengan alat ukur seperti multimeter, sehingga dapat dibandingkan antara *prototype* dengan template yang tercantum pada panel surya. Perancangan ini menggunakan alat mikrokontroler arduino sebagai kendali adapun sensor arus dan sensor tegangan [9].

Bahasa pemrograman ini adalah bahasa C++ dan program *coding* ini dirancang dalam suatu *software* yang bernama Arduino IDE yang kemudian dilakukan tahap kalibrasi komponen sesuai tipe masing-masingnya [10]. Pemanfaatan sistem pemantauan dengan teknik pengumpulan data *collection* yang telah disimpan penyimpanan memori, tugas dan fungsi sistem ini adalah untuk memantau kinerja *photovoltaic* [11]. Dalam proses sistem data *logger* ini terintegrasi dengan sensor suhu DHT22 dan pengukuran *direct current* sehingga sensor ini diperlukan *pin digital* dan *analog* [12]. Parameter pada sistem akuisisi ini memiliki standarisasi diantaranya pengukuran arus, tegangan, dan radiasi matahari yang *dimonitoring* dalam sistem PV [13].

Photovoltaic module dapat memiliki tegangan dan arus pada keluaran nya dengan akibat efek radiasi matahari yang dipancarkan matahari ke bumi. Sebaran radiasi matahari dapat direkam oleh alat ukur pyranometer, radiasi matahari dapat diklasifikasikan menjadi tiga model, diantaranya sebaran radiasi difusi, model radiasi pantul, dan model radiasi langsung. Radiasi matahari dapat berubah ubah sesuai dengan kondisi datang nya musim [14]. Performa modul panel surya menjadi hal utama dalam bidang penyinaran matahari yang diterima, hal ini dapat mempengaruhi suatu kinerja atau kualitas panel surya yang digunakan dan di pengaruhi efek lintang suatu tempat pemasangan panel surya. Kondisi permukaan suatu daerah dan kemiringan dan sudut azimuth pemasangan panel surya, efek efisiensi sangat bergantung kepada cahaya matahari di masyarakat pada umumnya panel surya tidak melampaui efisiensi 20% [15]. Penentuan sudut pengaruh solar panel dapat dilakukan dengan metode sudut deklinasi, sudut lintang, sudut jam matahari, sudut zenith, dan sudut azimuth matahari [16]. rangkaian listrik seri dan paralel dan kombinasi, rangkaian elektronik, penyerap energi surya, kendali

pengisian, inverter, penyimpan energi listrik, alat-alat ukur. [17]. Metode estimasi sudut *azimuth* energi tahunan *photovoltaic* yang dipasang dengan variasi nilai *azimuth*-nya hal ini berdampak pada hasil produksi energi pada panel surya [18]. Data hasil pengambilan data dapat disimpan dengan media data *logger* dengan parameter yang dibutuhkan [19]. Radiasi yang di pancarkan oleh matahari terhadap permukaan solar panel akan di simpan dalam penyimpanan energi baterai dengan melalui proses inverter sebagai pengubah tegangan [20]

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian *solar panel* sistem untuk mengoptimalkan tegangan dan arus oleh karena itu dengan mengatur posisi sudut *azimuth*-nya terdapat empat panel dengan kapasitas 50 WP yang dirangkai secara paralel. Posisi sudut *azimuth* dengan ketentuan nilai-nilai satuan derajat serta dijadikan skenario pengujian. Penelitian ini menggunakan panel surya *flexible monocrystalline* yang berkarakteristik tipis dan ringan serta metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara data *logger*, dengan data *logger* ini sistem pengaplikasian *monitoring* tegangan, arus, dan radiasi pancaran matahari menggunakan alat yaitu pyranometer sebagai salah satu alat ukur penangkapan cahaya matahari dengan satuan W/m^2 hasil data diolah di *Graphical User Interface* (GUI).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pemantauan secara *real time* panel surya jenis *flexible monocrystalline*?
2. Bagaimana Pengujian komparasi hasil performa dari panel surya dengan perbandingan cuaca dan variasi sudut *azimuth*?
3. Bagaimana melakukan perhitungan analisis dari efisiensi dari panel surya?
4. Tingkat efisiensi performa dari panel surya jenis *flexible*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang sistem data *logger* sebagai data *collection* dengan terintegrasinya sensor pendeteksian.
2. Mendapatkan hasil yang optimal dari pengujian variasi sudut *azimuth*.
3. Mendapatkan tingkat efisiensi dan kemampuan pada panel surya jenis *flexible*.
4. Melakukan perhitungan analisis perbandingan IV dan PV *Curve* pada pengujian dengan objek panel surya jenis *flexible*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi pendidikan dapat memberikan ilmu dalam bidang *solar panel* dan tahap konversi data sehingga ilmu dapat bertambah.
2. Bagi akademisi hasil pengujian penelitian posisi sudut azimuth dapat menjadi referensi bagi para akademisi yang ingin melakukan perkembangan kajian tentang *solar panel* jenis *flexible* dengan menggunakan perangkat analisis data numerik.
3. Bagi berkelanjutan pendidikan diharapkan mampu menjadi bahan referensi jejak sudut azimuth pada panel *flexible* menggunakan OriginLab *Graphical User Interface* dan mampu mengkonversi data secara linier maupun non-linier.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan 4 *solar panel flexible* dengan kapasitas 50 WP yang diatur sudut azimuth nya dengan beberapa skenario.
2. Parameter yang digunakan untuk mengatur posisi sudut azimuth yang satuan derajat, arus, dan tegangan keluaran yang dicapai dalam pengujian skenario azimuth.
3. Melakukan perbandingan terhadap SoC dan SoH baterai.
4. Melakukan tahap uji beban menggunakan *Energy Monitoring System* (EMS).
5. Parameter yang dicapai oleh data *logger* adalah tegangan, arus, dan suhu.
6. SD *Card* sebagai penyimpanan data dan pengolahan data menggunakan GUI.

7. Penangkapan *solar radiation* menggunakan pyranometer MS-601F.
8. Tidak menggunakan sistem pelacakan jejak matahari.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan ini disusun berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan dengan maksud memberikan secara garis besar dari setiap bab dalam laporan ini Sistematika penulisan terdiri dari 5 Bab, susunan secara garis besar adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang dari penelitian, rumusan masalah dari penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori-teori penunjang dan ilmu dasar yang berkaitan dengan penelitian ini seperti pengaturan sudut azimut serta sistem energi baru terbarukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang metode penelitian berupa data alat yang digunakan pada penelitian, *flowchart*, dan tempat dan waktu penelitian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil uji coba kinerja komponen penelitian beserta analisisnya.

BAB V PENUTUP

Berisikan tentang kesimpulan hasil penelitian yang dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jaelani, A, S. Firdaus, and J. Jumena, “Renewable energy policy in Indonesia: The Qur’anic scientific signals in Islamic economics perspective,” *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 7, no. 4, pp. 193–204, 2017.
- [2] Islamy, Z, and A. Sudrajad, “Studi Perencanaan Atap Panel Surya di Hotel The Royale Krakatau Cilegon,” *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, vol. 7, no. 2, pp. 119–224, 2014.
- [3] Wicaksono, M.T.C, and I. A. Bangsa, “Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Photovoltaic Rooftop Pada Gedung Gardu Induk Kantor Pusat Pt Pembangkit Jawa Bali,” *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, pp. 107–115.
- [4] Chong, K.K., and C. W. Wong, “General formula for on-axis sun-tracking system and its application in improving tracking accuracy of solar collector,” *Solar Energy*, vol. 83, no. 3, pp. 298–305, 2009.
- [5] Nazemi, S.D, and M. Boroushaki “Design, Analysis and Optimization of a Solar Dish/Stirling System,” *International Journal of Renewable Energy Development.*, vol. 5, no. 1, pp. 33–42, 2013.
- [6] Parida, B., S. Iniyan, and R. Goic, “A review of solar photovoltaic technologies,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 15, no. 3, pp. 1625–1636, 2011.
- [7] Risser, V.V and H. Post, “Stand-Alone Photovoltaic Systems,” *Book of Absorption Fluids Data Survey*, pp. 1–437, 1995.
- [8] Yandi, W., S. Syafii, and A. B. Pulungan, “Tracker Tiga Posisi Panel Surya untuk Peningkatan Konversi Energi dengan Catu Daya Rendah,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, no. 3, p. 159, 2017.
- [9] Syafii and R. Nazir, “Performance and energy saving analysis of grid connected photovoltaic in West Sumatera,” *International Journal of Power*

Electronics and Drive Systems., vol.1, no. 4, pp. 1348–1354, 2016

- [10] Syafii, M. I. Rusydi, R. Putra, and M. H. Putra, “Real-time measurement of grid connected solar panels based on wireless sensors network,” *Proceeding of International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA)*, pp. 95–99, 2017.
- [11] Gagliarducci, M., D. A. Lampasi, and L. Podestà, “GSM-based monitoring and control of photovoltaic power generation,” *Measurement*, vol. 40, no. 3, pp. 314–321, 2007.
- [12] Saptadi, A. H., “Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22 Studi Komparatif pada Platform ATMEL AVR dan Arduino,” *Jurnal Informatika, Telekomunikasi dan Elektronika.*, vol. 6, no. 2, 2015.
- [13] Fuentes, M., M. Vivar, J. M. Burgos, J. Aguilera, and J. A. Vacas, “Design of an accurate, low-cost autonomous data logger for PV system monitoring using Arduino that complies with IEC standards,” *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 130, pp. 529–543, 2014.
- [14] Coelho, A., dan R. Castro, “Sun tracking pv power plants: Experimental validation of irradiance and power output prediction models,” *International Journal of Renewable Energy Research.*, vol. 2, no. 1, pp. 23–32, 2012.
- [15] Brano, V.L., A. Orioli, G. Ciulla, and A. Di Gangi, “An improved five-parameter model for photovoltaic modules,” *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 94, no. 8, pp. 1358–1370, 2010.
- [16] Afriyani, A. D., S. Prasetya, and R. Filzi, “ Analisis Pengaruh Posisi Panel Surya terhadap Daya yang dihasilkan di PT Lentera Bumi Nusantara ,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politek Negeri Jakarta*, pp. 176–183, 2019.
- [17] Sasmita, D. P. and M. Widyartono, “Sistem Pelacakan Matahari Sumbu Ganda Pada Modul Fotovoltaik Berbasis Sensor Ultraviolet,” *Jurnal Teknik*

- Elektro*, vol. 09, no. 01, pp. 213–221, 2020.
- [18] Dhimish, M., and S. Silvestre, “Estimating the impact of azimuth-angle variations on photovoltaic annual energy production,” *Clean Energy*, vol. 3, no. 1, pp. 47–58, 2019.
- [19] Pudín, A., and I. R. Mardiyanto, “Desain dan Implementasi Data Logger untuk Pengukuran Daya Keluaran Panel Surya dan Iradiasi Matahari,” *ELKOMIKA Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 8, no. 2, pp. 240, 2020.
- [20] Widodo, S. and J. Iriani, “Perancangan Listrik Energi Surya 300VA, 220V, 50Hz, Untuk Rumah Tangga Sederhana,” *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, vol. 15, no. 1, p. 1, 2019.
- [21] Yandri, V. R., “Prospek Pengembangan Energi Surya Untuk Kebutuhan Listrik Di Indonesia,” *Jurnal Ilmu Fisika*, vol. 4, no. 1, pp. 14–19, 2012.
- [22] Syahputra, R dan I. Soesanti, “Renewable energy systems based on micro-hydro and solar photovoltaic for rural areas: A case study in Yogyakarta, Indonesia,” *Energy Reports*, vol. 7, pp. 472–490, 2021.
- [23] Paundra, F. and A. Nurdin, “Study of the Potential and Development of Renewable Energy Power in Indonesia : a Review,” *STEAM Engineering (Journal of Science, Technology, Education And Mechanical Engineering)*, vol. 3, no. 2, pp. 62–72, 2022.
- [24] Shah, A., P. Torres, R. Tschärner, N. Wyrsh, and H. Keppner, “Photovoltaic technology: The case for thin-film solar cells,” *Science.*, vol. 285, no. 5428, pp. 692–698, 1999.
- [25] Radhiansyah, M. Reza, and C. Ekaputri, “Desain Optimal Dan Implementasi Penggerak Panel Surya Menggunakan Metode Perhitungan Sudut Azimuth Matahari,” *eProceedings of Engineering.*, vol. 5, no. 3, pp. 3887–3894, 2018.
- [26] Yadav, A. K., and S. S. Chandel, “Tilt angle optimization to maximize incident solar radiation: A review,” *Renewable and Sustainable Energy*

- Reviews.*, vol. 23, pp. 503–513, 2013.
- [27] Mustofa., R Magga., and Y. Arifin, “Desain Hybrid Panel Surya Tipe Monocrystalline Dan Thermal Kolektor Fluida Air,” *Jurnal IPTEK*, vol. 19, no. 2, pp. 67–74, 2015.
- [28] Setiawan, B., G. Hidayat, and A. Y. Candra, “Rancang Bangun Dc Submersible Pump Sistem Photovoltaic Battery Coupled Dengan Panel Surya Tipe Polycrystalline Skala Laboratorium,” *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi.*, no. TM-019, pp. 1–8, 2017.
- [29] Galagan, Y., “Perovskite Solar Cells: Toward Industrial-Scale Methods,” *Journal of Physical Chemistry Letters.*, vol. 9, no. 15, pp. 4326–4335, 2018.
- [30] Purwoto, B. H., Jatmiko, M. Alimul. F, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 01, pp. 10–14, 2018.
- [31] Trautz K., P. Jenkins, R. Walters, and D. Scheiman, etc., “High efficiency flexible solar panels,” *Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference.*, pp. 115–119, 2013.
- [32] Ganesh, B.N.V.S., and Y. V. Supriya, “Recent Advancements and Techniques in Manufacture of Solar Cells: Organic Solar Cells,” *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 565-573., 2013.
- [33] Budiyanto, B. and H. Setiawan, “Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline,” *Jurnal RESISTOR*, vol. 4, no. 1, p. 77, 2021.
- [34] Manab, A., I. Torang. H., A. Rabiula, and H. Matal, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off - Grid di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Jambi,” *Journal of Electrical Power Control and Automatic*, vol. 5, no. 2, pp. 61–66, 2022.
- [35] Naim, M. “Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa

Mahalona Kecamatan Towuti,” *Vertex Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 27–32, 2017.

- [36] Suhata, Z. Rasyidin dan I. Priyanto, “Efisiensi Sel Surya Sebagai Sumber Energi Satelit Mikro Berbentuk Oktagon,” *Prosiding Siptekgan*, pp. 589–597, 2011.2, p. 7, 2017.

