

SKRIPSI

**PENGARUH ARAH DAN KEMIRINGAN SUDUT PANEL  
SURYA TERHADAP OUTPUT ENERGI PLTS OFF-GRID  
DI DESA WISATA HANJELI**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

I Kadek Lanang Sajiatma Parta

NIM. 2415374019

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2025**

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh arah hadap (azimuth) dan sudut kemiringan (tilt angle) panel surya terhadap output energi listrik pada sistem PLTS off-grid berbasis agrivoltaic di Desa Wisata Hanjeli, Kabupaten Sukabumi. Pendekatan dilakukan melalui simulasi posisi matahari dan penggunaan perangkat lunak PVsyst. Hasil menunjukkan bahwa orientasi panel surya ke arah selatan dengan sudut kemiringan sekitar  $12^{\circ}$  memberikan hasil paling optimal dalam menyerap radiasi matahari. Output energi tahunan yang dihasilkan dari konfigurasi optimal mencapai 14.930 kWh dengan specific production sebesar 1.431 kWh/kWp/tahun. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap desain sistem PLTS agrivoltaic yang efisien dan sesuai untuk wilayah pertanian tropis.

Kata Kunci: PLTS Off-Grid, Agrivoltaic, Azimuth, Tilt Panel Surya, Energi Terbarukan

## ABSTRACT

*This study aims to evaluate the influence of panel orientation (azimuth) and tilt angle on the energy output of an off-grid solar photovoltaic (PV) system integrated with agrivoltaics in Hanjeli Tourism Village, Sukabumi Regency. The approach combines solar position simulations and PVsyst software analysis. The results indicate that a south-facing panel orientation with an average tilt angle of approximately 12° optimizes solar radiation capture. The optimal configuration yields an annual energy output of 14,930 kWh with a specific production of 1,431 kWh/kWp/year. This research contributes to the design of efficient agrivoltaic solar energy systems tailored to tropical agricultural regions.*

*Keywords: Off-Grid PV System, Agrivoltaics, Azimuth, Solar Tilt Angle, Renewable Energy*

## DAFTAR ISI

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| KATA PENGANTAR .....                                              | V   |
| ABSTRAK.....                                                      | VI  |
| ABSTRACT.....                                                     | VII |
| DAFTAR TABEL .....                                                | XI  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                               | XII |
| BAB I.....                                                        | 1   |
| PENDAHULUAN .....                                                 | 1   |
| 1.1 Latar Belakang.....                                           | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                          | 3   |
| 1.3 Batasan Masalah .....                                         | 3   |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                                       | 4   |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                                      | 4   |
| BAB II.....                                                       | 5   |
| LANDASAN TEORI.....                                               | 5   |
| 2.1 Penelitian Terdahulu .....                                    | 5   |
| 2.2 Energi Baru Terbarukan (EBT).....                             | 6   |
| 2.2.1 Pengertian Energi Baru dan Terbarukan .....                 | 6   |
| 2.2.2 Potensi Energi Surya .....                                  | 7   |
| 2.2.3 Regulasi dan Kebijakan Terkait EBT .....                    | 9   |
| 2.2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....                  | 9   |
| 2.2.1 Prinsip Kerja sel Surya.....                                | 9   |
| 2.2.2 Tipe Sistem panel Surya: On-grid, Off-grid, dan Hybrid..... | 10  |
| 2.2.3 Komponen Utama PLTS Off-grid .....                          | 13  |
| 2.2.4 SLD Sistem Off-grid .....                                   | 17  |
| 2.3 Potensi Radiasi Surya dan Posisi Matahari.....                | 18  |
| 2.3.1 Radiasi Matahari .....                                      | 18  |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.2 Deklinasi, Waktu Matahari, dan Elevasi .....         | 20 |
| 2.3.3 Azimuth dan Elevasi Matahari .....                   | 21 |
| 2.4 Penentuan Sudut Optimum Panel Surya .....              | 22 |
| 2.4.1 Sudut Kemiringan Panel Surya (Tilt) .....            | 22 |
| 2.4.2 Arah Hadap Panel Surya (Azimuth) .....               | 23 |
| 2.4.3 Pendekatan $\cos(\theta)$ dalam Optimasi Panel ..... | 24 |
| BAB III .....                                              | 25 |
| METODOLOGI PENELITIAN .....                                | 25 |
| 3.1 Prosedur Penelitian .....                              | 25 |
| 3.1.1 Studi Literatur .....                                | 26 |
| 3.1.2 Pengumpulan Data dan Sumber Data .....               | 27 |
| 3.1.3 Analisis Data .....                                  | 27 |
| 3.1.4 Penarikan Kesimpulan dan Saran .....                 | 27 |
| 3.2 Jenis dan Pendekatan Penelitian .....                  | 28 |
| 3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian .....                      | 28 |
| 3.4 Sumber Data dan Instrumen Penelitian .....             | 29 |
| BAB IV .....                                               | 31 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                 | 31 |
| 4.1 Deskripsi Lokasi dan Potensi Iradiasi Surya .....      | 31 |
| 4.1.1 Karakteristik dan Topografi Lokasi .....             | 31 |
| 4.1.2 Potensi Energi Surya .....                           | 32 |
| 4.1.3 Data Solar Noon Bulanan .....                        | 33 |
| 4.2 Analisis Posisi Matahari .....                         | 34 |
| 4.2.1 Parameter Lokasi dan Waktu Pengamatan .....          | 34 |
| 4.2.2 Deklinasi Matahari ( $\delta$ ) .....                | 36 |
| 4.2.3 Sudut Ketinggian Matahari (Elevasi) .....            | 37 |
| 4.2.4 Azimut Matahari ( $\alpha$ ) .....                   | 38 |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 4.3 Uji Azimut Panel.....                     | 40 |
| 4.3.1 Analisis Optimum Azimut Panel.....      | 40 |
| 4.3.2 Azimut Optimum Tahunan .....            | 41 |
| 4.4 Uji Sudut Kemiringan Panel .....          | 43 |
| 4.4.1 Analisis Kemiringan Sudut Panel.....    | 43 |
| 4.4.2 Tilt Optimum Tahunan .....              | 45 |
| 4.5 Hasil Simulasi Produksi Energi PLTS ..... | 46 |
| BAB V .....                                   | 49 |
| KESIMPULAN DAN SARAN .....                    | 49 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 2 Sebaran Potensi Energi Surya di Indonesia .....                                         | 7  |
| Tabel 3. 1 Waktu Penelitian .....                                                                  | 29 |
| Tabel 4.1 Data Iradiasi PVsyst Bulanan di Desa Wisata Hanjeli Tahun 2025.....                      | 32 |
| Tabel 4.2 Nilai Solar Noon Bulanan di Desa Wisata Hanjeli .....                                    | 32 |
| Tabel 4.3 Sudut Waktu pada 15 Juni 2025 .....                                                      | 40 |
| Tabel 4.4 Nilai Deklinasi Matahari pada 15 Juni 2025.....                                          | 41 |
| Tabel 4.5 Sudut Ketinggian Matahari (Elevasi) pada 15 Juni 2025 .....                              | 42 |
| Tabel 4.6 Azimut Matahari ( $\alpha$ ) pada 15 Juni 2025 .....                                     | 39 |
| Tabel 4.7 Nilai Total $\cos(\theta)$ Harian Berdasarkan Orientasi Azimut Panel ( $\gamma_p$ )..... | 41 |
| Tabel 4.8 Rekapitulasi Azimut Optimum Panel Surya per Bulan Tahun 2025.....                        | 41 |
| Tabel 4.9 Hasil Uji Sudut Tilt dari $0^\circ$ hingga $25^\circ$ pada tanggal 15 Juni 2025 .....    | 43 |
| Tabel 4.10 Hasil rekapitulasi pengujian.....                                                       | 50 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Sel Surya .....                                        | 10 |
| Gambar 2. 2 PLTS On-Grid .....                                                   | 11 |
| Gambar 2. 3 Gambar 2.3 PLTS Off-Grid.....                                        | 12 |
| Gambar 2. 4 Diagram Komponen Panel Surya.....                                    | 14 |
| Gambar 2. 5 Solar Charge Controller tipe PWM dan MPPT .....                      | 15 |
| Gambar 2. 6 Inverter .....                                                       | 16 |
| Gambar 2. 7 Baterai VRLA dan LiFePo4.....                                        | 17 |
| Gambar 2. 8 Diagram Panel Surya Off-Grid .....                                   | 18 |
| Gambar 2. 9 Perbandingan Rata-rata GHI & DNI.....                                | 19 |
| Gambar 2. 10 Sudut Deklinasi Matahari .....                                      | 20 |
| Gambar 2. 11 Sudut Elevasi Matahari .....                                        | 22 |
| Gambar 3. 1 Flow Chart .....                                                     | 25 |
| Gambar 4. 1 Lokasi Desa Wisata Hanjeli .....                                     | 31 |
| Gambar 4. 2 Data Iradiasi PVsyst Bulanan di Desa Wisata Hanjeli Tahun 2025 ..... | 33 |
| Gambar 4. 4 Grafik Azimut Optimal Panel Sepanjang Tahun 2025 .....               | 42 |
| Gambar 4. 5 Grafik Azimut Optimal Panel Sepanjang Tahun 2025 .....               | 46 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi besar untuk mengembangkan sektor pertanian. Terdapat banyak daerah di Indonesia yang memiliki lahan pertanian yang luas dan kondisi iklim yang sangat cocok untuk pertumbuhan tanaman [1]. Perkembangan teknologi energi terbarukan, khususnya tenaga surya, menghadirkan peluang besar untuk mendukung keberlanjutan sektor pertanian [2]. Hal ini tentu menjadi sorotan utama guna peningkatan dan pengembangan pertanian terintegrasi di skala nasional.

PLTS pada saat ini sedang diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan sehari-hari dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. Salah satu energi terbarukan yaitu dengan pemanfaatan energi matahari yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan panel surya [3]. Sumber energi surya di Indonesia memiliki intensitas rata-rata sekitar 4.5-4.8 kWh/m<sup>2</sup>/hari, menurut data iradiasi yang diperoleh dari 18 lokasi di Indonesia [4]. Dengan kondisi intensitas sinar matahari yang baik ini, maka energi matahari sangat tepat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Kelebihan dari energi matahari adalah energi yang diperbaharui, tidak menyebabkan polusi udara, tersedia hampir dimanamana dan sepanjang tahun [3]. Dari data tersebut, potensi energi surya sangat baik terhadap pemanfaatan untuk konsumsi energi sehari-hari, bahkan dalam skala medium seperti pertanian dan perkebunan.

Model pertanian agrivoltaics ini memerlukan pembaruan agar menghasilkan efisiensi biaya dan ramah lingkungan. Penawaran solusi guna mendukung produktivitas pertanian adalah penerapan PLTS off-grid untuk pengendalian pengairan pertanian. Dalam kajian riset yang dilakukan, pertanian agrivoltaics memberikan keuntungan dua sektor, yaitu produksi pertanian dan energi. Pemanfaatan lahan untuk produksi energi ini belum dioptimalkan oleh sektor pertanian, dimana keberadaan APV (*Agri-photovoltaic*) tergolong baru dan sistem pertanian konvensional belum berjalan baik di Indonesia.

Penggunaan lahan pertanian untuk produksi energi telah dilakukan di beberapa negara, yang dapat dikatakan memiliki hasil optimal dari kedua sektor energi dan pertanian [6]. Model APV yang dilakukan untuk mendukung sistem pertanian monokultur disertai kebutuhan rumah tangga para petani. Kemudian, keberhasilan efisiensi lahan pertanian untuk APV atau *agri-photovoltaic* oleh [7] menunjukkan adanya sinergitas

produksi dua sektor secara beriringan. Model pertanian terintegrasi ini yang dibutuhkan oleh pertanian nasional, selain meningkatkan produktivitas pertanian juga membawa wilayah yang terdapat APV memiliki kemandirian energi.

Penerapan PLTS off-grid ini memberikan kemudahan menghasilkan listrik pada pengairan tanaman serta keuntungan mendapatkan sinar matahari karena berada di wilayah tropis. Dalam kajian riset [8] pemanfaatan tenaga surya yang digunakan dalam sistem pertanian memiliki dua sisi positif, yaitu pengairan yang terintegrasi energi terbarukan, serta mendukung pemanfaatan sumber energi bersih dan ramah lingkungan.

Desa Wisata Hanjeli merupakan wilayah pertanian yang memiliki sistem pengairan aliran sungai dan sumur. Dalam hal ini, masyarakat masih kesulitan mendapatkan pengairan optimal disebabkan wilayah dataran tinggi dan belum adanya sistem pengairan otomatis karena jauh dari sumber listrik PLN. Beberapa masyarakat desa juga terbiasa dengan menggunakan diesel untuk irigasi lahan kebun, tetapi hal tersebut kurang memadai dan menggunakan biaya relatif besar karena dari bahan bakar minyak yang semakin menipis. Pemanfaatan PLTS dalam riset [9] ini dinilai cocok karena tidak memakan lahan bahkan dapat dikombinasi dengan agrikultur, serta mudah pengaplikasiannya.

Keberhasilan sistem PLTS agrivoltaic sangat dipengaruhi oleh desain teknis panel surya, khususnya dalam hal arah hadap (*azimuth*) dan sudut kemiringan (*tilt angle*). Kedua variabel ini secara langsung menentukan jumlah radiasi matahari yang dapat diserap oleh panel setiap harinya. Arah hadap panel menentukan posisi relatif panel terhadap pergerakan matahari, sedangkan sudut kemiringan memengaruhi seberapa optimal permukaan panel menangkap sinar matahari pada waktu-waktu tertentu. Di wilayah tropis seperti Indonesia, di mana matahari bergerak hampir tegak lurus di atas sepanjang tahun, orientasi dan kemiringan panel harus diatur secara tepat untuk memaksimalkan penyerapan energi.

Studi oleh [1] menunjukkan bahwa kesalahan dalam pemilihan sudut kemiringan dapat menyebabkan penurunan efisiensi sistem hingga 15–20%. Hal ini menunjukkan bahwa desain fisik dari instalasi panel bukan sekadar pertimbangan teknis, tetapi berpengaruh besar terhadap performa energi keseluruhan. Di sisi lain, penelitian oleh [10] menyebutkan bahwa di Indonesia, orientasi panel ke arah utara dengan sudut kemiringan sekitar  $10^\circ$  menghasilkan output energi tahunan paling optimal. Penyesuaian ini penting mengingat arah utara dianggap sebagai arah paling stabil dalam menangkap radiasi matahari harian di wilayah selatan khatulistiwa.

Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada sistem PLTS konvensional, baik skala rumah tangga maupun komersial, dan belum banyak yang mengkaji sistem agrivoltaic, terutama dalam konfigurasi *off-grid*. Dalam sistem agrivoltaic, penentuan sudut dan arah panel menjadi lebih kompleks karena harus mempertimbangkan *trade-off* antara produksi energi listrik dan pencahayaan bagi tanaman di bawah panel. Sudut kemiringan yang terlalu curam mungkin meningkatkan output listrik, tetapi dapat mengurangi intensitas cahaya yang mencapai tanaman, sehingga menurunkan produktivitas pertanian.

Dalam konteks Desa Wisata Hanjeli, yang memiliki potensi pengembangan wisata pertanian berbasis tanaman hanjeli, pendekatan yang holistik diperlukan agar sistem energi surya dapat diintegrasikan secara harmonis dengan aktivitas pertanian. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengevaluasi pengaruh arah dan sudut kemiringan panel terhadap output energi pada sistem PLTS off-grid agrivoltaic, sekaligus menyusun konfigurasi optimal yang sesuai dengan kondisi geografis, iklim, serta kebutuhan lokal masyarakat Desa Wisata Hanjeli.

Berdasarkan problema yang dihadapi dan perencanaan rancang sistem agrivoltaic melalui PLTS Off Grid di desa Hanjeli yang didukung dengan penggunaan aplikasi Pvsyst dalam analisis kebutuhan energi dan produksi energi, maka peneliti tertarik untuk melakukan riset dengan judul “Pengaruh Arah dan Kemiringan Sudut Panel Surya Terhadap Output Energi Plts Off-Grid Di Desa Wisata Hanjeli”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi permasalahan yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi arah hadap (*azimuth*) panel surya terhadap output energi listrik pada sistem PLTS *off-grid* agrivoltaic di Desa Wisata Hanjeli?
2. Bagaimana pengaruh variasi sudut kemiringan (*tilt angle*) panel surya terhadap output energi listrik agrivoltaic di Desa Wisata Hanjeli?
3. Bagaimana analisis kombinasi arah dan sudut kemiringan optimal dalam menghasilkan output energi system agrivoltaics di daerah wisata Hanjeli?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Penelitian dilakukan di Desa Hanjeli, Kecamatan Waluran, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat.

2. Penggunaan PLTS off-grid ini untuk mengoperasikan beban sistem irigasi dan sebagai sumber energi alternatif yang dapat difungsikan sebagai produksi pertanian hidroponik.
3. Luas lahan yang digunakan untuk penelitian adalah kebun perorangan seluas 14 m<sup>2</sup> untuk sampel tanaman dan lahan panel surya seluas 24 m<sup>2</sup>.
4. Penelitian ini hanya fokus pada sistem PLTS off-grid (tidak terhubung dengan jaringan PLN), sehingga tidak membahas integrasi sistem on-grid atau hybrid.
5. Jenis panel surya yang digunakan diasumsikan tetap (dengan spesifikasi tertentu), sehingga variasi jenis modul (mono/poly/perc) tidak dianalisis dalam penelitian ini.
6. Variasi arah hadap panel dibatasi pada orientasi utama: Utara, Timur, Selatan, dan Barat

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Tujuan penelitian ini secara umum adalah sebagai berikut:
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi arah hadap (*azimuth*) panel surya terhadap output energi listrik pada sistem PLTS *off-grid* agrivoltaic di Desa Wisata Hanjeli.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi sudut kemiringan (*tilt angle*) panel surya terhadap output energi listrik agrivoltaic di Desa Wisata Hanjeli?
4. Untuk mengetahui analisis kombinasi arah dan sudut kemiringan optimal dalam menghasilkan output energi system agrivoltaics di daerah wisata Hanjeli.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berikut adalah manfaat yang diharapkan pada penelitian ini:

1. Bagi Mahasiswa

Melalui penelitian ini, diharapkan mahasiswa dapat meningkatkan pengetahuan serta keterampilan dalam pengembangan temuan riset dalam konteks akademik dan praktis. Selain itu, pengaplikasian secara nyata menjadi harapan dari adanya penelitian.

2. Bagi Petani

Penelitian ini diharapkan memberikan peningkatan akses terhadap sumber energi yang efisien dan ramah guna. Dengan riset ini, para petani nantinya dapat mengembangkan dan mengaplikasikan untuk kebutuhan pertanian yang dapat membantu produktivitas pertanian hidroponik dan optimalisasi kesejahteraan petani desa Hanjeli.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) agrivoltaik yang diterapkan di Desa Wisata Hanjeli, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

a. Pengaruh variasi arah hadap (azimuth) terhadap output energi listrik:

- Pengujian terhadap arah hadap panel surya menunjukkan bahwa azimuth optimum bervariasi sepanjang tahun, mengikuti lintasan semu matahari.
- Pada bulan-bulan musim kemarau (Mei–Agustus), arah optimum adalah menghadap selatan (azimuth  $150^{\circ}$ – $180^{\circ}$ ), sementara pada bulan-bulan lain cenderung menghadap utara hingga timur laut (azimuth  $0^{\circ}$ – $30^{\circ}$ ).
- Rata-rata nilai azimuth optimum tahunan adalah  $83,33^{\circ}$ , yang secara geografis menunjukkan kecenderungan arah timur–timur laut.
- Penempatan arah panel sesuai azimuth optimum terbukti meningkatkan potensi penerimaan radiasi harian dan meningkatkan output energi.

b. Pengaruh variasi sudut kemiringan (tilt) terhadap output energi listrik:

- Uji kemiringan panel menunjukkan bahwa sudut optimum bervariasi dari  $0^{\circ}$  hingga  $25^{\circ}$ , bergantung pada posisi matahari dalam setahun.
- Pada musim kemarau saat matahari berada tinggi, tilt optimum cenderung rendah ( $0^{\circ}$ – $5^{\circ}$ ), sementara pada musim hujan saat matahari lebih rendah, tilt optimum meningkat hingga  $25^{\circ}$ .
- Nilai rata-rata tahunan dari sudut kemiringan optimum adalah  $8,83^{\circ}$ .
- Penyesuaian tilt sudut panel memberikan dampak signifikan terhadap penerimaan radiasi efektif dan efisiensi konversi energi.

c. Kombinasi arah dan sudut kemiringan optimum terhadap output sistem:

- Kombinasi azimuth dan tilt yang sesuai setiap bulan menghasilkan konfigurasi panel surya tetap yang paling optimal dalam menerima radiasi matahari.

- Perhitungan  $\Sigma \cos(\theta)$  menunjukkan bahwa pemilihan sudut azimuth dan tilt yang tepat dapat memaksimalkan penerimaan energi oleh panel dan meningkatkan output listrik.
- Orientasi optimal yang disesuaikan dengan musim mampu meningkatkan efisiensi sistem agrivoltaik, khususnya untuk sistem off-grid yang bergantung penuh pada pasokan energi dari matahari.

## 5.2 Saran

Untuk pengembangan dan penerapan lebih lanjut PLTS agrivoltaik di lokasi penelitian maupun wilayah serupa, beberapa saran dapat diberikan:

- a. Penerapan sistem kemiringan panel yang dapat disesuaikan secara musiman akan lebih menguntungkan dibanding sistem kemiringan tetap, terutama untuk aplikasi off-grid dengan keterbatasan ruang dan kebutuhan energi konstan.
- b. Pemilihan arah orientasi panel tetap dapat disesuaikan dengan karakteristik iklim lokal, sehingga meskipun tidak memiliki sistem pelacak matahari (tracking), penerimaan energi tetap berada pada tingkat optimal.
- c. Kajian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi produksi energi aktual dan dampaknya, sehingga diperoleh pemahaman menyeluruh mengenai efektivitas implementasi sistem agrivoltaik secara praktis dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priatam, P.P.T.D., dkk. (2021). Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 48–54. Retrieved from <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/7825>
- [2] Velazquez-Gonzalez, R. S., Garcia-Garcia, A. L., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J. D. O., & Sosa-Savedra, J. C. (2022). *A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium-and Small-Scale Operations*. *Agriculture*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>
- [3] Ramadhan, M.D.C., dkk. (2021). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Kolam Budidaya di Daerah Sentono Menggunakan Software PVsyst. *Jupiter (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, 6(2), 18-30.
- [4] Priatam, P.P.T.D., dkk. (2021). Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 48–54. Retrieved from <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/7825>
- [5] Alam, I.F., Azis, A., & Perawati (2023). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Pompa Irigasi Sawah di Desa Ulak Aurstanding Kecamatan Pemulutan Selatan Kabupaten Ogan Hilir. *Jurnal Surya Energy*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.32502/jse.v8i1.6093>
- [6] Krexner, T., dkk. (2024). Environmental life cycle assessment of a stilted and vertical bifacial crop-based agrivoltaic multi land-use system and comparison with a mono land-use of agricultural land. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 196, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114321>
- [7] Mouhib, E., dkk. (2024). Enhancing land use: Integrating bifacial PV and olive trees in agrivoltaic systems. *Applied Energy*, 359, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.122660>
- [8] Qomaria, L., & Sudarti (2021). Analisis Optimalisasi Sistem *Solar Cell* sebagai Energi Alternatif pada Pompa Air sebagai Pemenuhan Kebutuhan Air di Lahan Pertanian. *Jupiter (Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya)*, 2(2), 58-65. DOI: <https://doi.org/10.31851/jupiter.v2i1.5732>
- [9] Pambudi, R. (2023). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Area Persawahan untuk Sektor Pertanian*. Skripsi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [10] Safitri, R. A., Priadi, A. R., Pratama, T. B., & Saragih, Y. (2023). Studi Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Daya Keluaran Panel Surya di Kabupaten Karawang. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 25(2), 162-171. <https://doi.org/10.24912/tesla.v25i2.26749>
- [11] Mamun, M. A. A., Islam, M. M., Hasanuzzaman, M., & Selvaraj, J. (2022). Effect of tilt angle on the performance and electrical parameters of a PV module: Comparative indoor and outdoor experimental investigation. *Energy and Built Environment*, 3(3), 278-290. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.02.001>
- [12] Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., ... & Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics

- provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2(9), 848-855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
- [13] Toledo, C., & Scognamiglio, A. (2021). Agrivoltaic systems design and assessment: A critical review, and a descriptive model towards a sustainable landscape vision (three-dimensional agrivoltaic patterns). *Sustainability*, 13(12), 6871. <http://dx.doi.org/10.3390/su13126871>
- [14] Siregar, M., Pardosi, C. H., Bachri, K. O., Nur, T., & Pandjaitan, L. W. (2024). Comparison of Actual Results and PVSyst Simulation in the Design of Off-Grid Solar Power Generation System (PLTS) in Karuni Village, Southwest Sumba. *Jurnal Elektro*, 17(1), 1-12. <https://doi.org/10.25170/jurnalelektro.v17i1.5419>
- [15] Wandji, Y. F., & Abanda, F. H. (2024). *The Potential Of Agrivoltaic Production Sytems For Sub-Saharan Africa* (No. hal-04913446). <https://hal.science/hal-04913446>
- [16] Weselek, A., Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I., & Högy, P. (2021). Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(5), 59. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-021-00714-y>
- [17] Gunawan, H., & Sudiarto, B. (2021). Simulasi Perbandingan Perubahan Tilt Terhadap Energi Array pada 34 Unit PLTS Rooftop 100 Kw di Indonesia. *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2(1), 46-55. <https://doi.org/10.53866/jimi.v2i1.27>
- [18] Siahaan, R., Kusuma, I. W., & Adnyana, I. B. (2020). Pengaruh Sudut  $\beta$  dan  $\omega$  pada PLTS di PT Indonesia Power. *Jurnal Mettek*, 6(1), 62-69. <https://doi.org/10.24843/METTEK.2020.v06.i01.p08>
- [19] Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 299-308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>
- [20] Aksa, M., Radhiah & Safitri, N. (2024). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Lahan Pertanian sebagai Alternatif Sumber Energi. *Jurnal Tektro*, 8(2), 239-242. <https://e-jurnal.pnl.ac.id/TEKTRO/article/view/6314/0>
- [21] Kharisma, A., Pinandita, S., & Jayanti, A.E. (2024). Literature Review: Kajian Potensi Energi Surya Alternatif Energi Listrik. *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 5(2), 145-154. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jebt/article/view/23956>