

Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja

Reskyel Kurniawan¹⁾, Martina Pineng²⁾, Ishak Pawarangan^{3)*}

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Kabupaten Toraja Utara, 91832, Indonesia

*Corresponding author. E-mail: ishakupawarangan@ukitoraja.ac.id

Diterima 28 Maret 2025; Disetujui 29 April 2025

ABSTRAK

Energi sinar matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik yang termasuk dalam energi terbarukan dan ramah lingkungan dengan tingkat polusi yang rendah. Sistem PLTS merupakan salah satu sistem pembangkit yang memanfaatkan energi sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik dan berpotensi dikembangkan di Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan analisis sistem PLTS pada gedung Fakultas Teknik UKI Toraja yang pasokan energi listriknya masih bergantung sepenuhnya kepada PLN. Modul surya yang dibutuhkan 92 panel dengan kapasitas masing-masing panel 200 Wp, dan inverter yang digunakan 1 buah dengan kapasitas 1000V. Analisa ekonomi yang mencakup nilai parameter kebutuhan di gedung Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja dengan investasi awal Rp.290.910.000, biaya pemeliharaan dan operasionalnya Rp.2.909.100, biaya siklus hidup Rp.315.409.567,47, dan arus kas masuk tahunannya Rp.37.479.568,75, analisis kelayakan investasi yang mencakup net present value Rp.346.199,22, profitability index 1,00119, discounted payback period yaitu 8 tahun 5 bulan, dan internal rate of return 11,020%.

Kata kunci : Sinar Matahari, Energi Listrik, Energi Alternatif, PLTS, Investasi

ABSTRACT

Solar energy is one of the alternative energy sources to produce electrical energy which is included in renewable energy and is environmentally friendly with low pollution levels. The PLTS system is one of the generating systems that utilize sunlight energy to produce electrical energy and has the potential to be developed in Indonesia. In this research, the design and analysis of the PLTS system in the UKI Toraja Faculty of Engineering building whose electrical energy supply still depends entirely on PLN. The solar modules needed are 92 panels with a capacity of 200 Wp each panel, and the inverter used is 1 piece with a capacity of 1000V. Economic analysis which includes the value of the parameter needs in the Faculty of Engineering building of the Universitas Kristen Indonesia Toraja with an initial investment of Rp.290,910,000, maintenance and operational costs of Rp.2,909,100, life cycle costs of Rp.315,409,567.47, and annual cash inflows of Rp.37,479,568.75, investment feasibility analysis which includes a net present value of Rp.346,199.22, a profitability index of 1.00119, a discounted payback period of 8 years and 5 months, and an internal rate of return of 11.020%.

Keywords : Sunlight, Electric Energy, Alternative Energy, PLTS, Investment

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan pertumbuhan penduduk maka kebutuhan energi listrik juga semakin mengalami peningkatan dan penggunaan energi listrik juga terus mengalami peningkatan (Prihastama and Arif, 2023; Pahlevi *et al.*, 2024). Permintaan energi nasional akan meningkat dengan rata-rata pertumbuhan per tahun masing-masing 5,0% berdasarkan skenario *Business as Usual* (BaU), 4,7% berdasarkan skenario Pembangunan Berkelanjutan (PB), dan 4,3% skenario Rendah Karbon (RK) (Sekretariat Jenderal, 2019). Kebutuhan energi selama ini masih bergantung pada energi tidak terbarukan

yang mempunyai keterbatasan serta tidak ramah lingkungan (Fevriera and Hartatdji, 2023; Solikah and Bramastia, 2024). Indonesia menargetkan di tahun 2025 akan memaksimalkan sekitar 17% energi terbarukan berdasarkan Perpres nomor 5 tahun 2006.

Energi sinar matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan tanpa menghasilkan polusi (Alim, Thamrin and W., 2023; Dwisari, Sudarti and Yushardi, 2023; Reza and ., 2023; Kharisma, Pinandita and Jayanti, 2024; Pijoh, Brahmana Duta P. K and Purba Parulian Lasman, 2024), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan

pembangkit yang dapat menghasilkan listrik dengan memanfaatkan energi dari panas matahari yang di proses melalui panel surya. Potensi energi matahari di Indonesia berada dikisaran ± 208 megawatt dan iradiasi per hari pada kisaran $\pm 4,80$ kWh/m², sesuai data kementerian energi dan sumber daya mineral (ESDM, 2019). Berbagai penelitian telah mengevaluasi potensi, perancangan, dan analisis PLTS di berbagai sektor (Bagaskoro, Windarta and Denis, 2019; Mulyawan, 2021; Aryanti and Rezky, 2023; Tri and Entikaria, 2024; Setiawan, Cendekia and Saputri, 2025). Temuan-temuan tersebut memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas dan tantangan implementasi PLTS, yang menjadi acuan relevan untuk perancangan dan analisis PLTS di Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja.

Gedung Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja yang berada di Kakondongan merupakan gedung perkuliahan yang terdiri dari 5 lantai dan dimanfaatkan oleh beberapa program studi. Sumber arus listrik yang dimanfaatkan di gedung ini masih bergantung pada arus listrik Pembangkit Listrik Negara (PLN) dengan konsumsi energi listrik yang cukup besar yaitu rata-rata kWh/bulan 3.339 kWh/bulan. Perancangan dan analisis PLTS berskala gedung yang lebih ramah lingkungan dan berbasis energi terbarukan ini diharapkan dapat di pertimbangkan untuk di aplikasikan sebagai sumber listrik alternatif yang ramah lingkungan dalam pemenuhan kebutuhan listrik di gedung Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja.

2. KAJIAN LITERATUR Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi berkelanjutan dari alam yang tidak akan habis. Dengan berkurangnya bahan bakar konvensional, energi terbarukan dan alternatif menjadi penting (Kumendong and Pawarangan, 2025). Energi terbarukan dikenal sebagai upaya mengimbangi energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Salah satu contoh adalah energi surya, yang potensinya bergantung pada posisi matahari relatif terhadap wilayah tersebut. Indonesia, sebagai negara khatulistiwa, memiliki potensi energi surya besar sepanjang tahun (Alim, Thamrin and W., 2023; Kharisma, Pinandita and Jayanti, 2024; Supriyatna, 2024). Pemanfaatannya dapat dilakukan langsung melalui radiasi matahari atau dengan peralatan

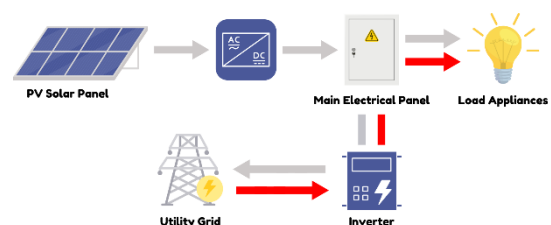
seperti kolektor dan konsentrator surya (panel surya).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik, yang dapat dilakukan dengan dua cara: secara langsung melalui fotovoltaiik, yang mengubah energi cahaya secara langsung menjadi listrik dengan cara menyerap radiasi elektromagnetik, dan secara tidak langsung melalui pemusatan energi matahari, yang memusatkan energi matahari dengan menggunakan sistem lensa atau cermin yang dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari pada suatu titik untuk menggerakkan mesin pembangkit listrik tenaga panas.

Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sel surya bekerja dengan prinsip mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan p-n *junction* yang memiliki penggabungan dari semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* dapat diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Prinsip kerja PLTS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Kerja PLTS

Gambar 1 menunjukkan prinsip kerja PLTS dimana energi matahari mencapai permukaan sel kemudian akan menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) atau tegangan sel surya yang akan timbul pada lapisan yang terbentuk antara permukaan semikonduktor dengan dua bahan semikonduktor yang berbeda jenis tersebut. Cahaya matahari terdiri dari banyak partikel yang sangat kecil yang disebut foton. Foton

akan mencapai permukaan sel surya dan menyebabkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron pada struktur atomnya. Elektron yang bermuatan negatif akan bebas bergerak. Pada atom semikonduktor tipe-p dan tipe-n tersebut akan mengalami kehilangan elektron, kekosongan tersebut dinamakan *Hole* yang dikatakan bermuatan positif. Elektron bebas tersebut bersifat negatif, daerah ini disebut dengan semikonduktor tipe-n sedangkan *hole* yang bersifat positif dinamakan semikonduktor tipe-p. Pada persimpangan antara dua daerah tersebut dinamakan *junction*, dimana pada daerah tersebut akan menimbulkan energi yang mendorong elektron bebas dan *hole* tersebut ke arah yang berlawanan. Elektron akan menjauh dari lapisan N tersebut begitupula pada *hole* akan menjauh dari lapisan p. Apabila elektron-*hole* ini diberikan beban listrik melalui penghantar akan menimbulkan arus listrik.

Sistem Pada PLTS

Terdapat dua sistem utama dalam instalasi PLTS yaitu sistem *on grid* dan *off grid* (Handayani *et al.*, 2024; Sahar *et al.*, 2024). Sistem *on grid* bergantung pada ketersediaan jaringan listrik utilitas (PLN). Sistem ini mengalirkan kelebihan daya kembali ke jaringan ketika produksi melebihi konsumsi, sehingga lebih sederhana dan ekonomis. Namun, sistem ini tidak menyediakan cadangan listrik saat terjadi pemadaman. Sedangkan, Sistem *off grid* menggunakan baterai untuk menyimpan energi surya sebagai sumber daya cadangan ketika jaringan tidak tersedia. Meskipun menyediakan daya saat pemadaman, sistem ini memerlukan peralatan khusus dan biaya yang lebih tinggi.

Komponen Pada PLTS

Komponen utama PLTS meliputi modul *fotovoltaik*, *solar charge controller*, baterai, inverter, dan *PV Combiner Box*.

Modul *fotovoltaik* mengubah radiasi matahari menjadi listrik. Terdapat dua jenis, yaitu panel *monocrystalline* yang lebih efisien dan panel *polycrystalline* yang membutuhkan area lebih luas namun dapat beroperasi dengan baik dalam kondisi berawan.

Solar charge controller merupakan Perangkat yang mengatur pengisian baterai agar tidak terjadi kelebihan daya, sehingga menjaga kestabilan sistem dalam pembangkit listrik tenaga surya.

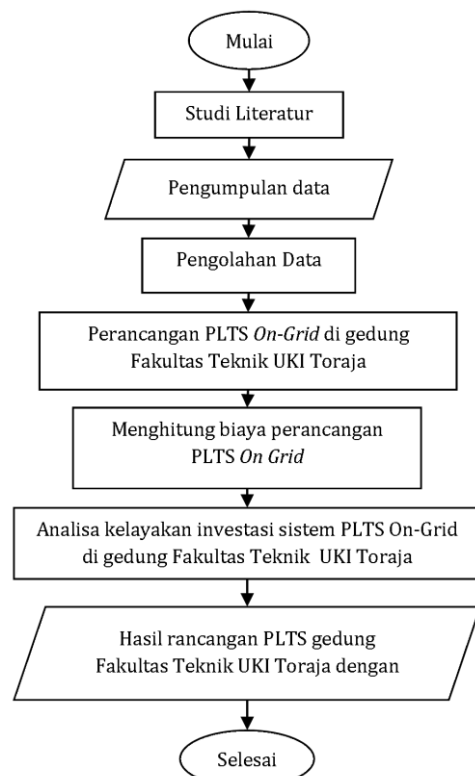
Baterai berfungsi menyimpan energi yang dihasilkan sehingga dapat digunakan saat radiasi matahari kurang, seperti pada malam hari atau kondisi mendung.

Inverter adalah alat yang dapat mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh modul menjadi arus bolak-balik (AC) yang kompatibel dengan peralatan listrik.

PV combiner box menggabungkan output dari beberapa string panel dan melindungi sistem dari lonjakan arus berlebih.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian PLTS ini dimulai dengan studi literatur (pengumpulan referensi serta teori yang relevan). Pengumpulan data, (data pemakaian energi listrik di gedung Fakultas Teknik UKI Toraja, data iradian, dan temperatur yang di ambil dari NASA). Pengolahan data, dalam tahapan ini dilakukan pengolahan data yang sudah didapatkan untuk dapat merancang PLTS, dan teknik analisis, dalam tahapan ini dilakukan perancangan PLTS berbasis *on grid*, menghitung biaya perancangan PLTS, juga menganalisis kelayakan investasi dan parameter nilai ekonomi. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data awal yang menjadi data untuk proses analisis termasuk data spesifikasi konsumsi energi listrik di Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja yang selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemakaian energi listrik di Gedung Fakultas Teknik, UKI Toraja

	kWh/Bulan	kWh/Hari
Rata-rata	3,339	111,25
Minimum	2,498	83
Maksimum	4,077	136

Selanjutnya, data radiasi dan temperatur pada koordinat 2°57'13''S 119°55'16''E yang sesuai dengan lokasi penelitian ini dilakukan yakni Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja dan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemakaian energi listrik di Gedung Fakultas Teknik, UKI Toraja

Bulan	Iradian (W/m ²)	Temperatur (°C)	
		Min.	Maks.
Januari	4,13	18,58	25,20
Februari	4,78	18,85	25,45
Maret	5,22	18,70	25,36
April	4,94	19,44	25,32
Mei	4,91	19,10	25,49
Juni	4,02	18,59	24,61
Juli	4,58	17,60	24,30
Agustus	5,65	17,31	25,25
September	6,14	17,21	26,00
Oktober	5,68	17,97	25,93
November	5,33	18,85	26,82
Desember	4,76	19,32	26,23
Rata-Rata	5,01	18,46	25,50

Panel surya yang digunakan dalam penelitian adalah panel *jsky polycrystalline* yang telah di uji menurut *standard test condition* (STC). *STC = Irradiance 1000 W/m²; module temperature 25°C*; dan memiliki efisiensi modul 16%. Spesifikasi panel surya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemakaian energi listrik di Gedung Fakultas Teknik, UKI Toraja

Variabel	Nilai
<i>Maximum power voltage</i> (Vmp)	24,6 V
<i>Maximum power current</i> (Imp)	8,14 A
<i>Open circuit current</i> (Voc)	29,8 V

<i>Short circuit current</i> (Isc)	8,75 A
<i>Maximum power at STC</i> (Pmax)	200 Wp
<i>Modul efficiency</i>	16 %
<i>Nominal operating cell temp</i> (NOCT)	45±20C
<i>Maximum system voltage</i>	1000 V
<i>Maximum series fuse rating</i>	33 A

Kapasitas modul surya ditentukan dengan menetapkan beban yang dikonsumsi dari panel surya yang dirancang. Beban yang dimanfaatkan dari PLTS yang dirancang di Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja yaitu sebesar 80% dari total beban yang digunakan, dikarenakan agar biaya investasi tidak terlalu besar, rancangan hanya sebatas mengurangi total beban listrik dan tidak memanfaatkan energi surya PLTS sepenuhnya, dan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 dan 2.

$$\text{Beban} = 80\% \times \text{total beban} \quad (1)$$

$$\text{Beban} = 89,00 \text{ kWh} \quad (2)$$

Setelah mengetahui beban yang digunakan di Gedung Fakultas teknik kampus II UKI Toraja. Maka sudah dapat dihitung luas PV Area yang digunakan, dihitung dengan Persamaan 3.

$$PV_{Area} = \frac{El}{Gav \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (3)$$

Keterangan:

PV_{Area} : Luas area array (m²)

El : Besar pemakaian energi listrik (kWh)

Gav : Nilai isolasi harian matahari (kWh/m²)

η_{pv} : Efisiensi panel (%)

TCF : *Temperature correction factor*

η_{out} : Efisiensi keluaran (%)

Dengan ketentuan yang berlaku, yaitu panel surya dapat bekerja maksimal jika suhunya berada pada suhu normal yaitu 25°C. dan apabila kenaikan suhu 1°C dapat membuat daya yang dihasilkan suatu panel berkurang 0,5% (Foster, 2010). Dan besarnya daya yang berkurang dalam penelitian ini 1,82°C dari suhu standarnya, untuk menghitungnya menggunakan rumus yaitu suhu maksimum di Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja 26,82°C pada bulan November dikurangi dengan suhu standar yaitu 25°C, maka kenaikannya menjadi 1,82°C dari suhu standar.

Keluaran energi pada saat suhu naik menjadi 1,82 °C dapat dihitung menjadi P_{mpp} saat temperatur naik °C = P_{mpp} saat temperatur °C naik dan didapatkan 198,18 Wp. Nilai TFC dihitung dengan Persamaan 4.

$$TCF = \frac{P_{mpp} - P_{saat\ t\ naik\ ^\circ C}}{P_{mpp}} \quad (4)$$

$$TCF = 0,99 \quad (5)$$

Efisiensi out (η_{out}) dapat ditentukan berdasarkan efisiensi dari komponen yang digunakan dalam perancangan. PLTS yang dirancang di Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja menggunakan inverter kapasitas 98% maka ditentukan efisiensi out yang digunakan adalah 98%.

Selanjutnya, inverter yang dipakai dalam penelitian ini adalah *sunny tripower 15000TL* yang spesifikasinya yang dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Pemakaian energi listrik di Gedung Fakultas Teknik, UKI Toraja

Variabel	Nilai
<i>Maximum sistem voltage</i>	1000 V
<i>Minimum sistem voltage</i>	150 V
<i>Maximum input current</i>	33A
<i>Maximum efficiency</i>	98%

Penentuan kapasitas PV area keseluruhan menggunakan Persamaan 3. Sehingga didapatkan nilai seperti yang ditunjukkan Persamaan 6.

$$PV_{Area} = 115 \text{ m}^2 \quad (6)$$

Untuk mengetahui berapa daya yang dapat dihasilkan dari perhitungan area *array*, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*watt peak*) dapat dihitung menggunakan Persamaan 7 yaitu dengan *array* 115 m², *peak sun insolation* (PSI) adalah 1000W/m² dan efisiensi modul surya adalah 16% maka:

$$P_{watt,peak} = PV_{Area} \times PSI \times \eta_{pv} \quad (7)$$

$$P_{watt,peak} = 18,400 \text{ Wp} \quad (8)$$

Panel yang dipilih memiliki daya 200 wp lalu dihitung berapa panel yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Jumlah panel yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 9.

$$Jumlah\ Panel = \frac{P_{watt,peak}}{P_{mpp}} \quad (9)$$

$$Jumlah\ Panel = \frac{18.400 \text{ Wp}}{200 \text{ Wp}} = 92 \quad (10)$$

Maka jumlah panel surya yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 92 panel surya.

Rangkaian Panel Surya

Daya keseluruhan yang dihasilkan panel dapat diketahui dengan menentukan rangkaian

yang digunakan. Untuk memperbesar arus dilakukan pemasangan secara paralel, dan jika ingin memperbesar tegangan maka dilakukan pemasangan secara seri.

Tipe panel yang digunakan adalah *Polycrystalline* dengan spesifikasi: *Maximum power at STC* bernilai 200 Wp, *Open circuit voltage* (V_{oc}) bernilai 29,8 V, *Maximum power voltage* (V_{mp}) bernilai 24,6 V, dan *Maximum power current* (I_{mp}) bernilai 8,14 V. Kemudian inverter yang digunakan memiliki spesifikasi: *Maximum sistem voltage* bernilai 1000 V, *Minimum sistem voltage* bernilai 150 V, dan *Maximum input current* bernilai 33 A. Minimal panel yang dibutuhkan secara seri minimal, seri maksimal, dan secara paralel berturut-turut ditunjukkan oleh Persamaan 11, 12, dan 13.

$$Min\ modul\ per\ string \approx 6 \quad (11)$$

$$Max\ modul\ per\ string \approx 41 \quad (12)$$

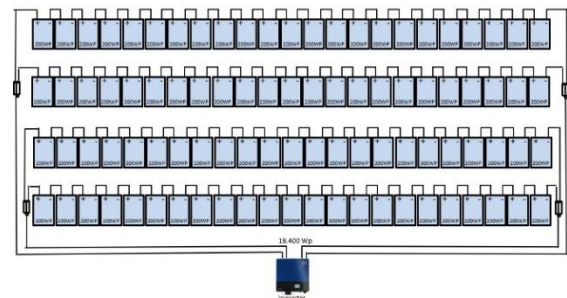
$$Max\ Paralel = 5 \quad (13)$$

Maka didapatkan untuk seri minimal diperlukan sebanyak 6 panel, untuk seri maksimal sebanyak 41 panel, dan paralel maksimal sebanyak 5 panel. Sehingga dapat diketahui arus dan tegangan maksimum yang keluar dari rangkaian yang ditunjukkan oleh Persamaan 14 dan 15.

$$V_{out} = 23 \times V_{max} \\ V_{out} = 565,8 \text{ V} \quad (14)$$

$$I_{out} = 2 \times I_{max} \\ I_{out} = 16,28 \text{ A} \quad (15)$$

Dari perhitungan seri-paralel diatas, maka sudah dapat menentukan rangkaian panel surya yang digunakan di atap Gedung. Inverter yang digunakan sebanyak 1 buah untuk digunakan 2 rangkaian *array*, karena rangkaian modul suryanya dirangkai dengan ketentuan dari nilai sistem inverter tersebut, dan panel surya yang dapat dirangkai secara seri minimum adalah 6 panel dan panel surya yang dapat dirangkai secara maksimum adalah 41 panel, untuk lebih memperjelas pemasangan panel surya seri paralel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan PLTS di *learning farm*

Sudut Kemiringan Panel Surya

Posisi kemiringan instalasi panel surya yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Posisi kemiringan pemasangan panel surya

Garis Lintang (°)	Sudut Kemiringan (°)
0 – 15	15
15 – 25	25
25 – 30	30
30 – 35	40
35 – 40	45
40 – 90	65

Secara letak geografis Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja berada di koordinat 2°57'13"S119°55'16"E, jadi sudah dapat ditentukan bahwa kemiringan pemasangan panel surya di Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja yaitu di kemiringan 15° menghadap ke utara.

Kapasitas Inverter

Sesuai dengan kapasitas inverter yang digunakan yaitu produksi *sunny tripower* 15000TL sebanyak 1 buah yang dirangkai dengan ketentuan kapasitas modul surya yang mampu menyuplai tegangan maksimal keluaran array. Inverter yang digunakan dapat menyimpan 16,28 A dengan kapasitas arus maksimal yaitu 33 A, kemudian tegangan total yang diperoleh yaitu 565,8 dari tegangan maksimal inverter adalah sebesar 1000 V.

Dengan demikian Inverter yang dipakai pada perancangan ini layak untuk digunakan.

Besar Daya Keluaran PLTS

Pada sistem PLTS *losses* atau rugi-rugi ditetapkan sebesar 15% dikarenakan komponennya yang masih terbilang baru (Wibowo, 1991), jadi besar yang dihasilkan panel dikurangi dengan besar *losses* yang dihitung menggunakan Persamaan 16 berikut.

$$P_{terpasang} = 92 \text{ panel} \times 200 \text{ watt}$$

$$P_{terpasang} = 18,4 \text{ kW} \quad (16)$$

Dengan *losses* sebesar 15% maka kapasitas PLTS yaitu dengan menggunakan Persamaan 17,

$$P_i = P_{terpasang} \times (100\% - 15\%) \quad (17)$$

$$P_i = 15,64 \text{ kW} \quad (18)$$

Setelah pengurangan terhadap kapasitas yang hilang (*losses*) karena efisiensi, didapatkan kapasitas panel surya yang terpasang adalah 15,64 kW. Apabila di analisa

dengan energi matahari yang sudah didapatkan maka matahari pada saat kondisi terendah 4,02 dikalikan dengan besar daya yang digunakan sebesar 15,64 kW, maka daya yang dihasilkan PLTS adalah 62,88 kWh yang dihitung dengan Persamaan 19 (Rinna, 2019).

$$P_{out} = P_i \times \text{Radiasi Matahari Min.} \quad (18)$$

$$P_{out} = 62,88 \text{ kWh} \quad (19)$$

Matahari pada saat kondisi tertinggi menghasilkan daya dari PLTS sebesar 96,03 kWh, yang dihitung dengan mengalikan besar daya yang digunakan yaitu 15,64 kW dengan radiasi matahari tertinggi sebesar 6,14 yang dihitung dengan Persamaan 19.

$$P_{out} = P_i \times \text{Radiasi Matahari Max.} \quad (19)$$

$$P_{out} = 96,03 \text{ kWh} \quad (20)$$

Untuk mendapatkan nilai rata-rata pertahun harus menggunakan nilai *peak sun hour* (PSH) dengan nilai 5,01 sebagai berikut (Huwaee, 2019).

$$P_{out} = P_i \times \text{PSH} \quad (21)$$

$$P_{out} = 78,36 \text{ kWh} \quad (22)$$

$$E_{yield} = P_{out} \times 365 \text{ hari} \quad (23)$$

$$E_{yield} = 28.600 \text{ kWh/tahun} \quad (24)$$

Dari perhitungan radiasi matahari dan *energy yield* (E_{yield}) yang telah didapatkan maka hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Radiasi Matahari dan Energi Yield

Radiasi matahari terendah (kWh)	Radiasi matahari tertinggi (kWh)	Radiasi matahari rata-rata (kWh)	Energy Yield (kWh/tahun)
62,8728 kWh	96,0296 kWh	78,3564 kWh	28.600kWh

Performance Ratio (PR)

Performance ration adalah sistem pengukuran energi tahunan yang dihasilkan suatu PLTS (Rinna, 2019). Jika *performance ration*-nya 70-90%, maka sistem dikatakan layak.

$$E_{ideal} = 200 \text{ W} \times 92 \times 1828,65 \frac{\text{h}}{\text{tahun}} \quad (25)$$

$$E_{ideal} = 33.648 \frac{\text{kWh}}{\text{tahun}} \quad (26)$$

Sehingga PR dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 27.

$$PR = \frac{E_{yield}}{E_{ideal}} \quad (27)$$

$$PR = 0,84 = 84\% \quad (28)$$

Jadi perhitungan diatas didapat 84% *performance ration* (PR) dan layak untuk di

implementasikan di Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja untuk mengurangi total beban listrik dari PLN.

Analisa Ekonomi

Investasi awal

Biaya investasi awal perancangan PLTS di Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Radiasi Matahari dan Energi Yield

Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp.)	Total Harga (Rp.)
Panel surya jsky polycrystalline 200Wp	92	2.400.000	220.800.000
Inverter SMA sunny tripower 15000TL	1	34.220.000	34.220.000
Combiner box MC4	1	3.500.000	3.500.000
connector	4 Pair	120.000	480.000
Pv cable 1x4.0mm ²	276 meter	36.500	10.074.000
Grounding cable (NYA 10mm)	276 meter	18.000	4.968.000
kWh meter EXIM	1	2.300.000	2.300.000
Rel panel aluminium	140 meter	15.000	2.100.000
kWh meter schneider A9MEM20 50	1	1.325.000	1.325.000
Surge arrester schneider A9L1568	1	1.043.000	1.043.000
MCCB	1	100.000	100.000
Instalasi	1 paket	10.000.000	10.000.000
Total Biaya Investasi (B_i)			290.910.000

$$M = 0,01 \times B_i \quad (29)$$

$$M = Rp. 2.909.100 \quad (30)$$

Biaya siklus hidup PLTS (*life cycle cost*)

Umur PLTS yang dirancang di Kampus II UKI Toraja Fakultas Teknik yaitu 25 Tahun, ini ditentukan sesuai dengan jaminan panel surya yang digunakan. Diskonto (i) yang digunakan adalah 11%, ini juga ditentukan atas dasar tingkat suku bunga kredit bank Indonesia yaitu rata-rata 11%.

Biaya pemeliharaan dan operasional (M_{pw}) PLTS selama 25 tahun dihitung dengan Persamaan 31(Mulyawan, 2021).

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (31)$$

$$M_{pw} = Rp. 24.499.567,47 \quad (32)$$

Setelah mendapatkan nilai M_{pw} , sudah dapat dihitung LCC selama 25 tahun, yang dapat dihitung dengan Persamaan 33.

$$LCC = C + M_{pw} \quad (33)$$

$$LCC = Rp. 315.409.567,47 \quad (34)$$

Biaya energi PLTS (*levelized cost of energy*)

Untuk menghitung biaya energi suatu PLTS, maka harus mengetahui biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan. Faktor pemulihan modal untuk mengubah semua arus kas biaya siklus hidup menjadi biaya tahunan, dihitung dengan Persamaan 35 (Wengqiang, 2004).

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (35)$$

$$CRF = 0,1187 \quad (36)$$

Sedangkan kWh produksi tahunan dapat dihitung dengan Persamaan 37.

$$Annual kWh = Daily kWh \times 365 \quad (37)$$

$$Annual kWh = 40.606,25 kWh \quad (38)$$

Setelah mendapatkan nilai LCC , CRF , dan kWh tahunannya, maka nilai CoE dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 39.

$$CoE = \frac{LCC \times CRF}{Annual kWh} \quad (39)$$

$$CoE = Rp. 922/kWh \quad (40)$$

Analisa Kelayakan Investasi

Untuk mengetahui layak tidaknya investasi perancangan ini maka digunakan biaya energi yaitu Rp.923/kWh dengan produksi tahunannya sebesar 40.606,25 kWh. Maka diketahui arus kas yang masuk setiap tahun sebesar Rp.37.479.568,75 dan biaya yang dikeluarkan setiap tahunnya sebesar Rp.2.909.100 hasil ini ditentukan dari biaya pemeliharaan dan operasional tahunan.

Ditentukan faktor diskonto (i) sebesar 11%, dan arus kas bersih, yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan dihitung dengan Persamaan 41.

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (41)$$

Misalkan faktor diskonto adalah n pada tahun ke-1. Maka didapatkan nilai seperti pada Persamaan 42.

$$DF = \frac{1}{(1+0,11)^1} = 0,901 \quad (42)$$

Nilai dari NCF, DF dan PV NCF dengan (i)=11% dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan NCF, DF dan PV NCF

Tahun	Biaya (Rp.)	Arus Kas Masuk (Rp.)	Arus kas keluar (Rp.)	Arus kas bersih (Rp.)	DF	Present value NCF (Rp.)	Kumulatif PV NCF (Rp.)
0					1		
1	290.910.000	37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,901	31.147.992,3438	31.147.992,3438
2		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,812	28.071.220,625	59.219.212,9688
3		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,731	25.271.012,6562	84.490.2225,625
4		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,659	22.781.938,9062	107.272.164,531
5		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,593	20.500.287,9688	127.772.452,5
6		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,535	18.495.200,7812	146.267.653,281
7		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,482	16.662.965,9375	162.930.619,218
8		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,434	15.003.583,4375	177.934.202,656
9		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,391	13.517.053,2812	191.451.255,937
10		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,352	12.168.805	203.620.060,937
11		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,317	10.958.838,5938	214.578.899,531
12		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,286	9.887.154,0625	224.466.053,594
13		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,258	8.919.180,9375	233.385.234,532
14		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,232	8.020.348,75	241.405.583,282
15		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,209	7.225.227,96875	248.630.811,251
16		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,189	6.533.818,59375	255.164.629,845
17		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,169	5.842.409,21875	261.007.039,064
18		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,153	5.289.281,71875	266.296.320,783
19		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,138	4.770.724,6875	271.667.045,47
20		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,124	4.286.738,125	275.353.783,595
21		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,112	3.871.892,5	279.225.676,095
22		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,101	3.491.617,34375	282.717.293,439
23		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,091	3.145.912,65625	285.863.206,095
24		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,082	2.834.778,4375	288.697.984,532
25		37.479.568,75	2.909.100	34.570.468,75	0,074	2.558.214,6875	291.256.199,22
Jumlah						291.255.199,22	

Net present value (NPV)

Untuk mengetahui *net present value* dapat dihitung dengan Persamaan 43.

$$DF = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - IA \quad (43)$$

Pada Tabel 8 diketahui total nilai sekarang arus kas bersih (PV-NCF) yang didapatkan dari perkalian antara arus kas bersih (NCF) dengan faktor diskonto (DF) adalah sebesar Rp.291.256.199,22 sehingga dengan biaya investasi awal (IA) sebesar Rp.290.910.000 maka besar nilai NVP didapatkan seperti pada Persamaan 44.

$$NPV = Rp. 346.199,22 \quad (44)$$

Nilai NVP yang didapatkan bernilai positif yaitu sebesar Rp.346.199,22 (>0) menunjukkan bahwa investasi PLTS yang dirancang di Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja layak dilaksanakan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa nilai NVP yang bernilai positif menunjukkan indikasi kelayakan (Eka Indrawan and Sari Hartati, 2013; Vikrin, Karnoto and Sinuraya, 2021; Utomo, 2024).

Profitability indeks (PI)

Nilai dari *profitabilty indeks (PI)* dapat ditentukan dengan Persamaan 45.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t (1+i)^{-t}}{IA} \quad (45)$$

Diketahui total nilai sekarang arus kas bersih sebesar Rp.291.256.199,22 dan biaya investasi awal (IA) sebesar Rp.290.910.000 maka didapatkan besar nilai PI.

$$PI = 1,00119 \quad (46)$$

Diketahui PI bernilai 1,00 (>1), menandakan bahwa investasi PLTS layak dilaksanakan.

Discounted payback period (DPP)

Payback period adalah perhitungan untuk menentukan berapa lama waktu yang diperlukan nilai investasi sebuah proyek kembali (Harahap, 2020; Khoiriyah and Rahman, 2024). Untuk mendapatkan hasil DPP dapat menggunakan Persamaan 47.

$$DPP = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Arus Kas Bersih}} \times 1 \text{ Tahun} \quad (47)$$

$$DPP = 8 \text{ Tahun } 5 \text{ bulan} \quad (48)$$

Diketahui bahwa DPP perancangan PLTS di Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja dikatakan layak dikarenakan pengembalian modal lebih cepat dari umur perancangan yaitu pengembalian modalnya berada pada tahun ke-8 dari umur perancangan yang ditetapkan yaitu 25 tahun.

Internal rate of return (IRR)

IRR merupakan cara untuk menghitung investasi dengan tingkat bunga yang menyamai nilai sekarang yang diterima dengan nilai sekarang yang dikeluarkan untuk investasi (Ross, 2010). Untuk mendapatkan nilai akhir IRR maka harus mencari *discount rate* terlebih dahulu yang bernilai NVP positif dan bernilai NVP negatif. Untuk mendapatkan hasil dari NVP menggunakan Persamaan 49, yang dapat dikombinasikan dengan data Tabel 9.

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{(NPV_1 - NPV_2)}(i_2 - i_1) \quad (49)$$

Dari Tabel 9 diketahui bahwa *present value* (PV) dari *discount factor* 11% adalah sebesar Rp.291.255.199,22 yang NPV-nya

bernilai positif sebesar Rp.346.199,22, dan diketahui juga *present value* dari *discount factor* 15% adalah sebesar Rp.223.498.080,469 yang NPV-nya bernilai negatif sebesar -Rp.67.411.919,53.

Untuk memperoleh *internal rate of return* (IRR) lebih dari diskonto (i) dapat dihitung dengan Persamaan 49. Sehingga didapatkan IRR=11,020%

Internal rate of retrun (IRR) yang di dapatkan adalah 11,020% dan lebih besar dari tingkat diskonto dalam penelitian ini yaitu 11% yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang.

Berdasarkan data-data yang telah ditampilkan maka perancangan PLTS di Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja dapat di kategorikan layak, yang didasarkan pada parameter-parameter kebutuhan energi, sehingga dapat dipertimbangkan untuk diaplikasikan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja.

Tabel 9. Perhitungan IRR (*Internal rate of return*)

Tahun	Arus Kas Bersih	DF11%	PV 11%	DF15%	PV15%
0		1		1	
1	Rp.34.570.468,75	0,901	Rp.31.147.992,3438	0,870	Rp.30.076.307,8125
2	Rp.34.570.468,75	0,812	Rp.28.071.220,625	0,756	Rp.26.135.274,375
3	Rp.34.570.468,75	0,731	Rp.25.271.012,6562	0,658	Rp.22.747.368,4375
4	Rp.34.570.468,75	0,659	Rp.22.781.938,9062	0,572	Rp.19.774.308,125
5	Rp.34.570.468,75	0,593	Rp.20.500.287,9688	0,497	Rp.17.181.522,9688
6	Rp.34.570.468,75	0,535	Rp.18.495.200,7812	0,432	Rp.14.934.442,5
7	Rp.34.570.468,75	0,482	Rp.16.662.965,9375	0,376	Rp.12.998.496,25
8	Rp.34.570.468,75	0,434	Rp.15.003.583,4375	0,327	Rp.11.304.543,2812
9	Rp.34.570.468,75	0,391	Rp.13.517.053,2812	0,284	Rp.9.818.013,125
10	Rp.34.570.468,75	0,352	Rp.12.168.805	0,247	Rp.8.538.905,78125
11	Rp.34.570.468,75	0,317	Rp.10.958.838,5938	0,215	Rp.7.432.650,78125
12	Rp.34.570.468,75	0,286	Rp.9.887.154,0625	0,187	Rp.6.464.677,65625
13	Rp.34.570.468,75	0,258	Rp.8.919.180,9375	0,163	Rp.5.634.986,40625
14	Rp.34.570.468,75	0,232	Rp.8.020.348,75	0,141	Rp.4.874.436,09375
15	Rp.34.570.468,75	0,209	Rp.7.225.227,96875	0,123	Rp.4.252.167,65625
16	Rp.34.570.468,75	0,189	Rp.6.533.818,59375	0,107	Rp.3.699.040,15625
17	Rp.34.570.468,75	0,169	Rp.5.842.409,21875	0,093	Rp.3.215.053,59375
18	Rp.34.570.468,75	0,153	Rp.5.289.281,71875	0,081	Rp.2.800.207,96875
19	Rp.34.570.468,75	0,138	Rp.4.770.724,6875	0,070	Rp.2.419.932,8125
20	Rp.34.570.468,75	0,124	Rp.4.286.738,125	0,061	Rp.2.108.798,59375
21	Rp.34.570.468,75	0,112	Rp.3.871.892,5	0,053	Rp.1.832.234,84375
22	Rp.34.570.468,75	0,101	Rp.3.491.617,34375	0,046	Rp.1.590.241,5625
23	Rp.34.570.468,75	0,091	Rp.3.145.912,65625	0,040	Rp.1.382.818,75
24	Rp.34.570.468,75	0,082	Rp.2.834.778,4375	0,035	Rp.1.209.966,40625
25	Rp.34.570.468,75	0,074	Rp.2.558.214,6875	0,030	Rp.1.071.684,53125
			Rp.291.255.199,22		Rp.223.498.080,469
		NPV1	Rp.346.199,22	NPV2	-Rp.67.411.919,53

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan beberapa parameter perancangan PLTS di atap Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja dapat disimpulkan bahwa energi matahari dapat dimanfaatkan untuk PLTS di Gedung Fakultas Teknik UKI Toraja berdasarkan data radiasi matahari tahun 2019 dengan nilai radiasi matahari rata-rata perbulan yaitu 4.98 W/m², temperatur minimal rata-ratanya 18.46 oC dan temperatur maksimalnya 25.50oC. Perencanaan pemasangan dan perhitungan daya listrik PLTS yang sesuai dengan beban kebutuhan gedung Fakultas Teknik UKI Toraja didapatkan panel surya yang dibutuhkan 92 panel untuk jenis polycrystalline Jsky, kapasitas PV area modul 115 m², dengan rangkaian panel surya seri paralel, kapasitas panel surya yang dihasilkan adalah 15.64 kW/bulan, besar daya yang dihasilkan PLTS per tahunnya adalah 28.600 kWh/tahun dan performance rasion (PR) adalah 84%. Analisa ekonomi yang mencakup nilai parameter kebutuhan di Gedung Fakultas Teknik Kampus II UKI Toraja didapatkan investasi awal Rp.290.910.000, biaya pemeliharaan dan operasional Rp.2.909.100, biaya siklus hidup Rp.315.409.567, 47, dan arus kas masuk tahunan Rp.37.479.568,75. Analisa kelayakan investasi yang mencakup net present value Rp.346.199,22, profitability index 1,00119, discounted payback period yaitu 8 tahun 5 bulan, dan internal rate of return 11,020%.

6. REFERENSI

- Alim, M.S., Thamrin, S. and W., R.L. (2023) 'Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan', *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, 4(3), pp. 2427–2435.
- Aryanti, A.I. and Rezky, M. (2023) 'Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan Sistem Hybrid', 22(1), pp. 157–171. Available at: [https://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/8450/%0Ahttps://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/8450/2/Studi Perencanaan Pembangkit Hybrid %20PLTS-PLTD%20Di Pulau Kodingare Kabupaten Sinjai](https://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/8450/%0Ahttps://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/8450/2/Studi%20Perencanaan%20Pembangkit%20Hybrid%20PLTS-PLTD%20Di%20Pulau%20Kodingare%20Kabupaten%20Sinjai). Jurnal.pdf.
- Bagaskoro, B., Windarta, J. and Denis, D. (2019) 'Perancangan Dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid Menggunakan Perangkat Lunak Homer Di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara', *Transient*, 8(2), pp. 2685–0206. Available at: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>.
- Dwisari, V., Sudarti, S. and Yushardi, Y. (2023) 'Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan', *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), pp. 376–384. Available at: <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>.
- Eka Indrawan, I. and Sari Hartati, R. (2013) 'Perancangan Photovoltaic Stand Alone ... I P Eka Indrawan', *dkk Teknologi Elektro*, 32(1).
- Fevriera, S. and Hartatdji, S. (2023) 'Pengaruh Konsumsi Energi dan Kemajuan Teknologi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia', *Jae (Jurnal Akuntansi Dan Ekonomi)*, 8(3), pp. 102–111. Available at: <https://doi.org/10.29407/jae.v8i3.19826>.
- Handayani, Y.S. et al. (2024) 'Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat OFF-GRID System Pada Gedung LAB Terpadu II Fakultas Teknik Universitas Bengkulu', *Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer*, 14(1), pp. 102–111. Available at: <https://doi.org/10.33369/jamplifier.v14i1.34626>.
- Harahap, M.N. (2020) 'Analisis Payback Period, Net Present Value (Npv), Dan Internal Rate of Return (Irr) Pada Usaha Perhotelan Di Kepulauan Seribu', *Journal of Accounting and Finance*, 5(02), p. 148.
- Kharisma, A., Pinandita, S. and Jayanti, A.E. (2024) 'Literature Review: Kajian Potensi Energi Surya Alternatif Energi Listrik', *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(2), pp. 145–154. Available at: <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.23956>.
- Khoiriyah, U.K. and Rahman, A. (2024) 'Analisis Aspek Keuangan Bisnis Sambal Rujak Mbak Qom Dalam Prespektif Studi Kelayakan Bisnis', *Improvement: Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 4(1), pp. 17–24.
- Kumendong, I.M. and Pawarangan, I. (2025) 'Penerapan Fisika Komputasi dalam Pengembangan Sistem Energi

- Terbarukan', *Phydogic: Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, 7(2), pp. 126–140. Available at: <https://doi.org/10.31605/phy.v7i1.4675>.
- Mulyawan, A.R. (2021) 'Analisa Potensi Energi Matahari Sebagai Sumber Penerangan Jalan Umum di Wonoayu', pp. 18–26. Available at: <https://ejurnal.itats.ac.id/jreec>.
- Pahlevi, R. et al. (2024) 'Masa Depan Pemanfaatan Batubara sebagai Sumber Energi di Indonesia', *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(2), pp. 50–60. Available at: <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.22973>.
- Pijoh, F., Brahmana Duta P. K and Purba Parulian Lasman (2024) 'Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi RamahLingkungan yang Berkelanjutan', *Industrial & System Engineering Journals*, 2(2), pp. 201–207.
- Prihastama, R.H. and Arif, M. (2023) 'Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penjualan Energi Listrik Pt. Pln Di Kalimantan Barat Tahun 2012-2020', *Komitmen: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 4(1), pp. 98–108. Available at: <https://doi.org/10.15575/jim.v4i1.23727>.
- Reza, M.D. and . Y. (2023) 'Penggunaan Energi Matahari Sebagai Bahan Bakar Terbarukan Guna Menaggulangi Kelangkaan Bahan Bakar Fosil Bensin', *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 2(2), pp. 1015–1018. Available at: <https://doi.org/10.47233/jpst.v2i2.1332>.
- Sahar, M. et al. (2024) 'Rancang Bangun Trainer PLTS On Grid dan Off Grid Sebagai Penunjang Praktikum', *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(3), pp. 385–394. Available at: <https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i3.1373>.
- Sekretariat Jenderal, D.E.N. (2019) *Outlook Energi Indonesia 2019, Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>.
- Setiawan, R.A., Cendekia, L.E. and Saputri, A. (2025) 'Analisis Perhitungan Kebutuhan Sistem pada Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rumah Tangga 900 Watt', 3.
- Solikah, A.A. and Bramastia, B. (2024) 'Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia', *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(1), pp. 27–43. Available at: <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.21742>.
- Supriyatna, S. (2024) 'Pemetaan Potensi Energi Surya Berbasis Global Solar Atlas di Fakultas Teknik Universitas Mataram', *Dielektrika*, 11(2), pp. 146–153. Available at: <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v11i2.385>.
- Tri, A. and Entikaria, R. (2024) 'Perancangan dan Analisis Tekno Ekonomi PLTS On-Grid System sebagai Supply Energi Listrik Masjid Al-Istiqamah Politeknik Negeri Jember', 11(3).
- Utomo, W. (2024) 'Analisis Kelayakan Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap untuk Perusahaan Pemasok Suku Cadang Investment Feasibility Analysis of Rooftop Solar Power Plant for Spare Parts Supply Company', 28(2), pp. 492–500. Available at: <https://doi.org/10.46984/sebatik.v28i2.2386>.
- Vikrin, V.A.D., Karnoto, K. and Sinuraya, E.W. (2021) 'Analisis Teknis Pada Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung Rumah Sakit Medika Dramaga Bogor', *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(3), pp. 405–412. Available at: <https://doi.org/10.14710/transient.v10i3.405-412>.