

Potensi Pemanfaatan Energi Surya pada *Rooftop* Gedung Kampus Politeknik Amamapare Timika

Raya Pasangkunan¹, Nursahar Buang², Aryani Rombekila³, Monika Seruni⁴, Sukmawati Yusuf⁵

Program Studi Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik, Politeknik Amamapare Timika Jl.C. Heatubun Kwamki Baru Timika, Papua Tengah

*Corresponding Author

E-mail Address: rayapasangkunan01@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis potensi pemanfaatan energi surya melalui sistem PLTS *rooftop* pada gedung kampus Politeknik Amamapare Timika, Papua Tengah, dengan menggunakan simulasi berbasis PVsyst. Sistem yang dirancang terdiri dari 77 panel surya, 28 baterai, dan 5 inverter, dan mampu memproduksi 11.103 kWh/tahun yang hanya mencukupi 19-20% dari total beban, sehingga sebagian energi masih bergantung pada PLN. Biaya investasi awal sistem diperkirakan Rp 490.733.150, sedangkan total emisi karbon siklus hidup tercatat 20.702 kgCO₂, mencerminkan jejak karbon awal dari produksi dan instalasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PLTS *rooftop* dapat secara signifikan mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan menurunkan emisi karbon, sekaligus memberikan panduan praktis bagi institusi pendidikan di Papua untuk merancang sistem energi mandiri yang berkelanjutan.

Kata Kunci : PLTS *Rooftop*, Energi Surya, PVsyst, Energi Mandiri, Gedung Kampus

ABSTRACT

This study analyzes the potential for solar energy utilization through a rooftop solar power system at the Amamapare Polytechnic campus in Timika, Central Papua, using PVsyst-based simulations. The designed system consists of 77 solar panels, 28 batteries, and 5 inverters, and is capable of producing 11,103 kWh/year, which only meets 19-20% of the total load, so that some of the energy still depends on PLN. The initial investment cost of the system is estimated at IDR 490,733,150, while the total life cycle carbon emissions are recorded at 20,702 kgCO₂, reflecting the initial carbon footprint from production and installation. The results of the study show that rooftop solar power plants can significantly reduce dependence on fossil fuels and lower carbon emissions, while providing practical guidance for educational institutions in Papua to design sustainable independent energy systems.

Keywords: *Rooftop Solar Power Plant, Solar Energy, PVsyst, Independent Energy, Campus Building*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik disektor pendidikan tinggi semakin meningkat seiring dengan berkembangnya kegiatan akademik, digitalisasi proses pembelajaran, serta penggunaan fasilitas penunjang kampus yang berbasis teknologi. Politeknik Amamapare Timika, sebagai institusi pendidikan tinggi vokasi di wilayah Papua Tengah, turut menghadapi tantangan yang sama (Atmoko et al., 2024). Seluruh aktivitas pendidikan, laboratorium, administrasi, hingga fasilitas pendukung lainnya sangat bergantung pada pasokan listrik dari jaringan utama PLN yang sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil terutama di Timika Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

menjadi pemasok listrik utama. Ketergantungan tersebut menyebabkan biaya operasional yang tinggi serta berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) (Sulisnaningrum & Schneider, 2022). Di sisi lain, kondisi geografis Papua Tengah yang terletak di wilayah tropis dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun, membuka peluang besar untuk pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan (Yunus & Martono, 2019).

Pemanfaatan atap bangunan (*rooftop*) kampus untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berbasis fotovoltaik (PV) menjadi salah satu solusi potensial

dalam upaya penghematan energi sekaligus mendukung program nasional transisi energi menuju *Net Zero Emission* tahun 2060 (Octavia et al., 2023). Selain memiliki nilai ekonomis, implementasi PLTS *rooftop* di kampus juga mencerminkan komitmen komitmen institusi dalam mewujudkan konsep *green campus* (Setiawan & Hilmi, 2025). Namun demikian, di wilayah timur Indonesia, khususnya Papua, pemanfaatan energi surya masih sangat terbatas. Minimnya penelitian terkait potensi energi surya pada bangunan pendidikan menyebabkan kurangnya data empiris yang dapat dijadikan dasar perencanaan pembangunan sistem PLTS *rooftop* di daerah tersebut.

Permasalahan umum yang dihadapi adalah belum adanya kajian komprehensif yang mengidentifikasi potensi teknis dan ekonomi pemanfaatan energi surya pada bangunan kampus di Papua Tengah, termasuk analisis terhadap kondisi geografis, intensitas radiasi matahari, serta karakteristik atap bangunan yang akan digunakan. Selain itu, belum banyak penelitian yang menggunakan perangkat lunak simulasi seperti PVsyst, yang terbukti mampu memberikan hasil perhitungan teknis yang akurat terhadap potensi produksi energi, efisiensi sistem, dan analisis kelayakan ekonomi PLTS *rooftop* di wilayah timur Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pemanfaatan energi surya melalui sistem PLTS *rooftop* pada gedung-gedung kampus Politeknik Amamapare Timika, Papua Tengah. Analisis dilakukan dengan pendekatan simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk memperoleh estimasi kapasitas sistem, potensi produksi energi, efisiensi sistem, serta kelayakan ekonominya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis bagi pengelola kampus dalam merancang sistem energi mandiri yang ramah lingkungan serta menjadi acuan bagi institusi pendidikan lainnya di wilayah Papua.

Kajian terhadap penelitian terdahulu menunjukkan bahwa topik pemanfaatan energi surya pada bangunan pendidikan telah banyak dilakukan di Indonesia, namun sebagian besar berfokus pada wilayah barat. Tarigan, dkk melakukan simulasi PLTS

rooftop di kampus Universitas Kristen Petra Surabaya dengan kapasitas 2.070 kWp yang mampu menghasilkan energi sebesar 3.180 MWh per tahun dan mengurangi 2.825 ton CO₂ (Tarigan, 2018). Penelitian oleh Iriyanti, dkk di Universitas Papua Manokwari menunjukkan bahwa sistem PLTS berkapasitas 100 kWp dapat memenuhi sekitar 35% kebutuhan listrik gedung, dengan payback period selama 7 tahun (Iriyanto et al., 2025). Sementara itu Lorent, dkk menggunakan simulasi PVsyst di Universitas Multimedia Nusantara dan memperoleh hasil produksi 224 MWh/tahun dengan efisiensi sistem mencapai 82% (Lorent et al., 2024). Penelitian Gunawan dan Sudiarto menekankan pentingnya analisis kemiringan panel surya terhadap efisiensi sistem (Gunawan & Sudiarto, 2022), sedangkan Alfiandito, dkk melakukan optimalisasi desain PLTS *rooftop* di gedung pemerintah Jawa Barat berkapasitas 38 kWp dengan hasil simulasi 67.198 kWh/tahun (Alfiandito et al., 2025).

Dari berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS *rooftop* terbukti layak diterapkan di berbagai bangunan institusi pendidikan di Indonesia. Namun, seluruh studi tersebut berlokasi di wilayah Jawa dan Sumatera yang memiliki kondisi infrastruktur listrik dan data radiasi surya lebih lengkap dibandingkan Papua. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait potensi teknis dan ekonomi PLTS *rooftop* di wilayah timur Indonesia, khususnya Papua Tengah. Kondisi ini menjadi dasar utama perlunya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan pendekatan simulasi yang lebih presisi seperti PVsyst.

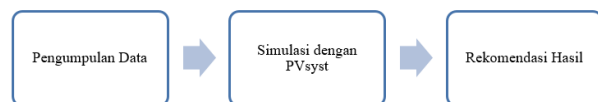
Penelitian ini memiliki kebaruan pada beberapa aspek utama. Pertama, penelitian ini merupakan studi awal yang secara spesifik mengkaji potensi PLTS *rooftop* di kampus Politeknik Amamapare Timika dengan konteks geografis Papua Tengah. Kedua, penggunaan perangkat lunak PVsyst memberikan pendekatan analisis yang lebih komprehensif dan akurat dibandingkan metode perhitungan manual atau empiris. Ketiga, penelitian ini tidak hanya menganalisis potensi teknis dan ekonomi, tetapi juga menilai manfaat lingkungan berupa pengurangan emisi karbon. Keempat,

hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi model percontohan bagi pengembangan sistem energi surya di institusi pendidikan tinggi di wilayah timur Indonesia.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam mendukung pengembangan energi bersih di Indonesia. Secara akademik, penelitian ini memperluas literatur mengenai potensi PLTS rooftop di daerah dengan kondisi radiasi tinggi namun infrastruktur terbatas. Secara praktis, hasil penelitian dapat dijadikan dasar kebijakan kampus dalam penerapan teknologi energi terbarukan serta mendukung tujuan nasional menuju kemandirian energi dan keberlanjutan lingkungan di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

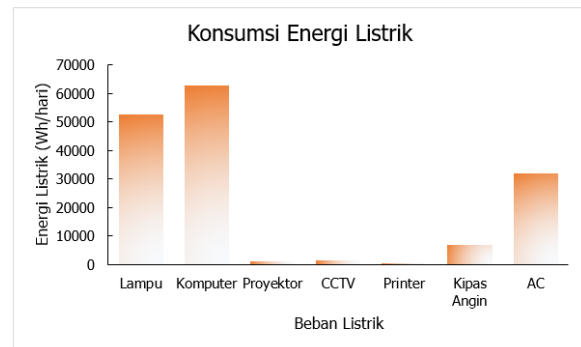
Penelitian dilaksanakan di Kampus Politeknik Amamapare, yang berlokasi di Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Tengah. Secara geografis pada titik koordinat sekitar lintang: -4,532809900000 dan bujur: 136,885062200000.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Pola beban harian diperoleh langsung dengan melakukan pendataan pada setiap peralatan listrik yang digunakan pada gedung kampus secara keseluruhan.

Peralatan	Jumlah (Unit)	Daya (Watt/unit)	Waktu Penggunaan (Jam)	Energi (Wh/hari)
Lampu	122	24	18	52704
Komputer	60	150	7	63000
Proyektor	7	30	5	1050
CCTV	6	10	24	1440
Printer	4	15	7	420
Kipas Angin	9	110	7	6930
AC	6	760	7	31920
Total Energi Harian				157464



Gambar 3. Beban Listrik

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan total penggunaan beban listrik harian 157.464 Wh/hari dimana waktu beban puncak sekitar pukul 11:00 – 18:00 karena politeknik amamapare mulai beroperasi pada waktu tersebut.

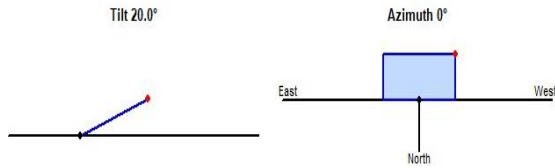
Iradiasi matahari dan temperatur merupakan parameter dari energi surya yang akan dikonversi menjadi energi listrik. Berikut data iradiasi matahari dan temperatur pada lokasi penelitian yang diperoleh dari laman Nasa Power.

	Global horizontal irradiation kWh/m ² /day	Horizontal diffuse irradiation kWh/m ² /day	Temperature °C
January	5.21	2.22	23.4
February	5.21	2.30	23.4
March	5.20	2.30	23.3
April	4.81	2.11	23.3
May	4.52	1.90	23.1
June	3.94	1.83	22.5
July	3.76	1.88	21.8
August	3.93	2.04	21.7
September	4.38	2.24	22.1
October	4.83	2.32	22.5
November	5.10	2.24	22.9
December	5.20	2.17	23.3
Year	4.67	2.13	22.8

Gambar 4. Data Sumber Energi

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa rata-rata *global horizontal irradiation* 4,67 kWh/m²/hari, *horizontal diffuse irradiation* 2,13 kWh/m²/hari, dan temperatur 22,8°C.

Sistem PLTS *rooftop* gedung kampus politeknik amamapare menggunakan sudut kemiringan panel surya (tilt) 20° dan sudut arah hadap panel surya pada bidang horizontal (azimuth) 0°.



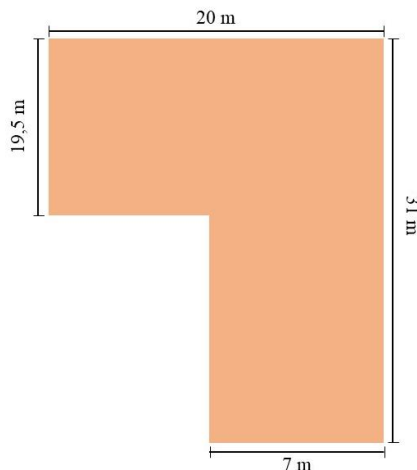
Gambar 5. Sudut Kemiringan Panel

Berikut komponen yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Komponen yang digunakan

Modul PV	
Manufaktur	: Generic
Tipe Sel	: Poly-Crystalline
Kapasitas	: 110 Wp
Vmpp	: 217 V
Imp	: 35 A
Inverter	
Manufaktur	: Generic
Model	: Piko MP
Kapasitas	: 1,5 kW AC
Baterai	
Manufaktur	: Generic
Tipe Baterai	: Li-Ion
Kapasitas	: 100 Ah
Tegangan	: 13 V

Sistem yang dirancang ini merupakan PLTS *on-grid* agar ketika solar sel tidak mendapatkan sumber energi yang maksimal maka lokasi penelitian tetap akan mendapat suplai energi listrik dari *grid*.



Gambar 6. Luas Rooftop Gedung Kampus

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan ukuran *rooftop* yang dapat dimanfaatkan sebagai lahan untuk menempatkan panel surya. Luas lahan yang tersedia seluas 390 m² dan 80,5 m².

Pada penelitian dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst. Pada tahap ini, parameter yang telah ditentukan sebelumnya, seperti penetapan komponen yang akan digunakan, sudut kemiringan panel, dan data klimatologi yang digunakan untuk mensimulasikan potensi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS.

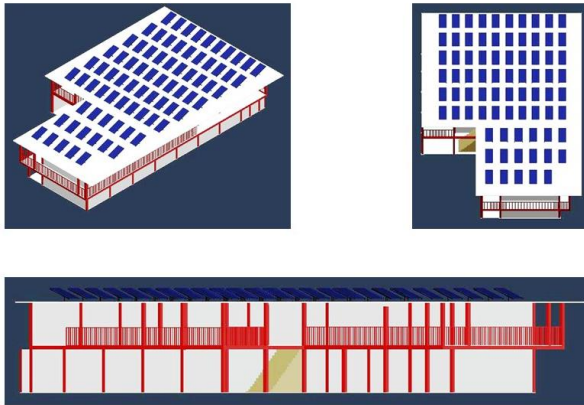
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan perencanaan PLTS *rooftop* pada gedung kampus Politeknik Amamapare Timika. Kapasitas sistem, perkiraan produksi energi listrik, biaya sistem dan faktor emisi menjadi parameter untuk menganalisis kelayakan sistem yang direncanakan. Sistem ini disimulasikan dengan mode *self consumption*.

PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Poly 110 Wp 72 cells	Model	Battery module Li-Ion, 13V 100 Ah
(Original PVsyst database)		Battery pack	
Unit Nom. Power	110 Wp	Nb. of units	2 in series x 14 in parallel
Number of PV modules	77 units	Voltage	26 V
Nominal (STC)	8.47 kWp	Nominal Capacity (C10)	1442 Ah
Modules	11 string x 7 in series	Nominal energy	36.9 kWh
		Operating SOC limits	95.0 / 20.0 %
Inverter			
Manufacturer	Generic		
Model	Piko MP Plus 1.5-1		
(Original PVsyst database)			
Unit Nom. Power	1.50 kWac		
Number of inverters	5 units		
Total power	7.5 kWac		
Operating voltage	75-360 V		
Phom ratio (DC/AC)	1.13		

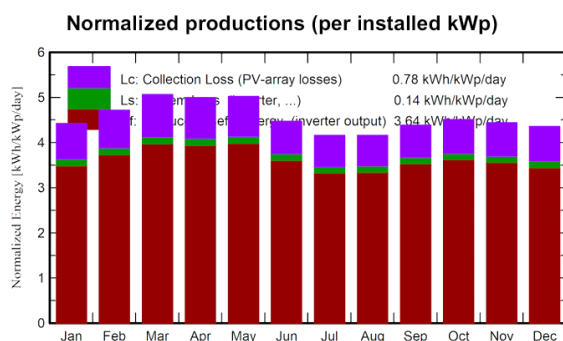
Gambar 7. Kapasitas Komponen Hasil Simulasi

Berdasarkan gambar diatas hasil simulasi menunjukkan jumlah PV dengan kapasitas 110 Wp 72 sel yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik yaitu sebanyak 77 unit. Modul panel surya akan dibagi menjadi 11 *string* yang setiap stringnya terdiri dari 7 unit panel surya yang dihubung secara seri. Penyimpanan energi yang digunakan berupa baterai dibutuhkan 28 unit yang berkapasitas 100 Ah dan inverter dibutuhkan 5 unit dengan kapasitas daya 1,5 kW ac.



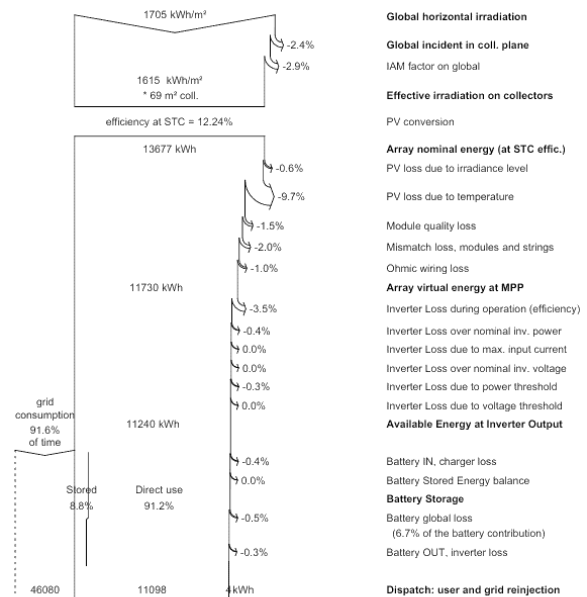
Gambar 8. Desain Penempatan Panel Surya

Gambar diatas menunjukkan desain penempatan panel surya pada bagian *rooftop* gedung Politeknik Amamapare Timika. Hasil simulasi menunjukkan total energi listrik yang dapat diproduksi sebesar 11.103 kWh/ tahun yang ditujukan untuk melayani beban sebesar 156.653 Wh/hari setara dengan 156,7 kWh/hari. Dalam waktu satu tahun, maka total konsumsi energi tahunan sistem beban mencapai sekitar 57.177 kWh/tahun. Dari perbandingan kedua nilai tersebut, terlihat bahwa produksi energi sistem hanya mampu memenuhi sekitar 19-20% dari total kebutuhan energi tahunan.



Gambar 9. Produksi Energi Normal

Dari gambar diatas menunjukkan produksi normal per kWp terpasang. Dapat dilihat bahwa dalam proses menghasilkan energi listrik terdapat rugi-rugi sebesar 0,78 kWh/kWp/hari. Detail rugi-rugi yang timbul dalam proses konversi energi pada sistem ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 10. Rugi - Rugi Sistem

Penyebab terbesar timbulnya rugi-rugi pada sistem ini adalah suhu yaitu 9,7% yang dapat menurunkan efisiensi sel surya. Saat suhu meingkat, celah energi semikonduktor menyempit sehingga tegangan keluaran (Voc) turun, meskipun arus sedikit naik. Akibatnya, daya total panel akan berkurang.

Installation costs

Item	Quantity	Cost	Total
PV modules	units	IDR	IDR
Poly 110 Wp 72 cells	77	4.250.700,00	327.303.900,00
Inverters			
Piko MP Plus 1.5-1	5	4.685.850,00	23.429.250,00
Batteries	28	5.000.000,00	140.000.000,00
		Total	490.733.150,00
		Depreciable asset	490.733.150,00

Gambar 11. Biaya Instalasi

Hasil simulasi memberikan hasil mengenai biaya investasi awal sistem ini adalah sebesar Rp 490.733.150. Rincian kebutuhan biaya sistem dapat dilihat pada gambar diatas.

System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO ₂]
Modules	1713 kgCO ₂ /kWp	8.47 kWp	14507
Supports	4.90 kgCO ₂ /kg	770 kg	3770
Inverters	485 kgCO ₂ /	5.00	2425

Gambar 12. Emisi Sistem

Berdasarkan data *system lifecycle emission* yang dianalisis, total emisi karbon dioksida (CO₂) dari keseluruhan sistem pembangkit listrik tenaga surya mencapai sekitar 20.702 kgCO₂ selama siklus hidupnya. Nilai ini terutama didominasi oleh modul surya

sebagai komponen dengan kontribusi terbesar terhadap jejak karbon total, diikuti dengan struktur penopang dan inverter dengan kontribusi yang lebih kecil. Emisi tersebut mencerminkan jejak karbon awal yang timbul dari proses manufaktur, transportasi dan instalasi sistem, bukan dari operasional pemangkitan listriknya. Secara keseluruhan, meskipun sistem ini menghasilkan emisi diawal siklus, nilai tersebut tergolong rendah dan dapat dikompensasi oleh manfaat lingkungan jangka panjang yang diberikan. Hal tersebut menjadikan sistem ini layak dan berkontribusi positif terhadap pengurangan emisi global.

PENUTUP

Penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan energi surya melalui sistem PLTS *rooftop* di gedung kampus Politeknik Amamapare Timika memiliki potensi nyata sebagai sumber energi tambahan yang ramah lingkungan. Berdasarkan simulasi menggunakan PVsyst, sistem ini terdiri dari 77 panel surya, 28 baterai, 5 inverter mampu memproduksi energi listrik sebesar 11.103 kWh pertahun, yang mencukupi 19-20% dari total kebutuhan beban kampus, sementara sisanya tetap bergantung pada PLN. Dari sisi ekonomi, investasi awal sistem diperkirakan sebesar Rp 490.733.150, sedangkan emisi karbon siklus hidup tercatat 20.702 kgCO₂ menunjukkan jejak karbon awal dari produksi dan instalasi. Temuan ini mendukung hipotesis bahwa PLTS *rooftop* dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil sekaligus menurunkan emisi karbon, dan memenuhi tujuan penelitian dalam menganalisis potensi produksi energi, efisiensi, dan kelayakan ekonomi sistem. Secara praktis, penelitian ini memberikan rekomendasi bagi pengelola kampus dan institusi pendidikan lain di wilayah Papua untuk merancang sistem energi mandiri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

REFERENSI

- Alfiandito, D., Faridah, L., & Usrah, I. (2025). Optimasi Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap di Gedung Bapenda, Jawa Barat. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 10(1), 45–51.
- Atmoko, R. A., Wardhana, H. J., Muktabar, I. S., Izzun, M., & Alfarhisi, Z. P. (2024). *Real-Time Energy Monitoring and*

Management in Educational Institutions: A Case Study of Universitas Brawijaya. 11(2), 281–285.

- Gunawan, H., & Sudiarto, B. (2022). Simulasi Perbandingan Perubahan Tilt Terhadap Energi Array Pada 34 Unit PLTS Rooftop 100 kWp di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(1). <https://doi.org/10.53866/jimi.v2i1.27>
- Iriyanto, S. D., Rehiara, A. B., & Rumengan, Y. (2025). Techno-economic assessment of rooftop solar photovoltaic integration for institutional energy efficiency and sustainability enhancement. *Social, Ecology, Economy for Sustainable Development Goals Journal*, 3(1), 57–70.
- Lorent, V., Akbar, A. M., & Saputri, F. R. (2024). Analyzing the Feasibility of Photovoltaic Solar Systems in the Parking Area of Universitas Multimedia Nusantara: A PVSyst Simulation-based Investigation. *Jurnal Teknologi Terapan*, 8(3), 1544–1550.
- Octavia, D., Hutama, A., Tampoy, D., Perminyakan, T., & Selatan, J. (2023). Studi Potensi PLTS Atap di Makassar Untuk Meningkatkan Penggunaan Energi Terbarukan dan Mengurangi Emisi Karbon. *Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 12(4).
- Setiawan, Y. E., & Hilmi, A. R. (2025). Rooftop PV System Optimization in an Educational Building Using SAM: A Case Study at UPN Veteran Jawa Timur. *Journal of Physics Fundamental, Research, and Applied Science Technology*, 1(2), 52–59.
- Sulisaningrum, E., & Schneider, C. (2022). Energy Consumption and CO₂ Emissions in Indonesia's Human Development. *ASIAN Economic and Business Development*, 4(1), 47–53.
- Tarigan, E. (2018). Simulation and Feasibility Studies of Rooftop PV System for University Campus Buildings in Surabaya, Indonesia. *International Journal of Renewable Energy Research*, 8(2).
- Yunus, & Martono, S. M. (2019). The Solar Power Plant In The Area Of Waisai Raja empat Region West Papua Province. *Jurnal Elektro Luceat*, 5(2).