

## Perancangan Ekonomis dan Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Surya di SD Bintang Juara Semarang

Ikhlah Rakhmanta<sup>1\*</sup>, Gunawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia

Alamat: Jl. Kaligawe Raya KM 4 Semarang, Jawa Tengah

\*Korespondensi penulis: [antarock12@gmail.com](mailto:antarock12@gmail.com)

**Abstract.** Indonesia's geographical position along the equator provides immense potential for renewable energy development, particularly solar power. Semarang, a city with high solar irradiance, is an ideal location for implementing solar energy solutions. SD Bintang Juara, situated at Jalan Dewi Sartika No. 17A, exhibits promising potential for an on-grid solar power plant (PLTS) due to its average solar radiation intensity of 5.4 kWh/m<sup>2</sup>/day. The school's energy demand of 67.045 kWh daily incurs a monthly electricity cost of Rp 2,600,000.00, which can be substantially reduced by offsetting 50% of the load with solar energy. This study employs a quantitative approach, analyzing solar radiation data, building orientation, and energy load to design a cost-effective and technically sound PLTS system. Findings reveal both technical and economic feasibility, with projected electricity production supporting a significant portion of the school's needs. Over a 15-year operational period, the PLTS system is estimated to generate a total revenue of Rp 64,151,108.00. This initiative highlights the potential for renewable energy to reduce costs and promote sustainability in educational institutions, paving the way for broader applications across similar contexts.

**Keywords:** Powerplant, Photovoltaic, Powerdesign.

**Abstrak.** Posisi geografis Indonesia yang terletak di sepanjang garis khatulistiwa memberikan potensi besar untuk pengembangan energi terbarukan, terutama energi surya. Semarang, sebuah kota dengan tingkat radiasi matahari yang tinggi, merupakan lokasi ideal untuk penerapan solusi energi surya. SD Bintang Juara, yang berlokasi di Jalan Dewi Sartika No. 17A, menunjukkan potensi yang menjanjikan untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) on-grid berkat intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar 5,4 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Kebutuhan energi harian sekolah sebesar 67,045 kWh mengakibatkan biaya listrik bulanan sebesar Rp 2.600.000,00, yang dapat dikurangi secara signifikan dengan mengalihkan 50% beban listrik ke energi surya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menganalisis data radiasi matahari, orientasi bangunan, dan beban listrik untuk merancang sistem PLTS yang hemat biaya dan layak secara teknis. Temuan menunjukkan kelayakan teknis dan ekonomi, dengan produksi listrik yang diproyeksikan dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan sekolah. Selama periode operasional 15 tahun, sistem PLTS ini diperkirakan menghasilkan total pendapatan sebesar Rp 64.151.108,00. Inisiatif ini menyoroti potensi energi terbarukan untuk mengurangi biaya dan mendorong keberlanjutan di institusi pendidikan, membuka peluang untuk aplikasi yang lebih luas dalam konteks serupa.

**Kata Kunci:** Pembangkit, Fotovoltaik, Desain.

### 1. LATAR BELAKANG

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat setiap tahun seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah pelanggan listrik di Indonesia mencapai 68 juta pada tahun 2023, meningkat 5,9% dari tahun-tahun sebelumnya. Peningkatan permintaan ini menyebabkan naiknya kebutuhan subsidi listrik dan ketergantungan pada energi konvensional yang bersumber dari bahan bakar fosil. Kondisi ini memicu fluktuasi harga energi dan risiko ketidakstabilan pasokan listrik, yang dapat

mengganggu aktivitas masyarakat dan ekonomi. Untuk mengatasi tantangan tersebut, pemerintah mendorong pengembangan energi baru dan terbarukan, dengan target 23% dari total bauran energi nasional pada tahun 2025 sesuai Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014.

Energi surya menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di Indonesia. Lokasi geografis Indonesia di garis khatulistiwa memberikan intensitas radiasi matahari yang stabil sepanjang tahun. Semarang, khususnya, memiliki rata-rata intensitas radiasi matahari 5,4 kWh/m<sup>2</sup>/hari, menjadikannya lokasi ideal untuk penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). SD Bintang Juara, berlokasi di Jalan Dewi Sartika No. 17A, mengkonsumsi energi rata-rata 67,045 kWh per hari dengan biaya listrik bulanan sebesar Rp 2.600.000,00. Dengan memanfaatkan PLTS on-grid untuk menggantikan 50% kebutuhan energi, sekolah ini dapat menghemat biaya listrik secara signifikan dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem PLTS on-grid yang optimal untuk SD Bintang Juara, meliputi analisis teknis dan ekonomi. Studi ini menawarkan kebaruan melalui pengintegrasian data lokal radiasi matahari, orientasi bangunan, dan beban listrik untuk menghasilkan desain PLTS yang hemat biaya dan berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam meningkatkan kesadaran lingkungan di kalangan siswa dan staf sekolah, serta menjadi acuan bagi pengembangan energi terbarukan di institusi pendidikan lain. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya relevan secara teknis dan ekonomis, tetapi juga memberikan manfaat edukatif dan sosial yang luas.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

Penelitian yang pertama berjudul “Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW on Grid Di Yogyakarta”, Penelitian ini bertujuan untuk merancang system pembangkit listrik tenaga surya (PV Cell) dengan kapasitas 10 MW on Grid yang terletak di daerah Istimewa Yogyakarta. Pada penelitian ini mempertimbangkan desain system jaringan kala besar. Penilaian dari data radiansi matahari untuk lokasi yang akan digunakan, pemilihan komponen system PV surya, dan merancang tata letak PLTS On-Grid. Penelitian yang kedua berjudul “Analisis PLTS On-Grid” membahas tentang kemampuan pembangkit listrik tenaga surya system on Grid. Total daya yang dihasilkan menggunakan kapasitas panel 50WP dengan perhitungan manual sebesar 0.106 KWh dalam sehari, sedangkan total daya output inverter on Grid dengan hasil perhitungan manual sebesar 0.073 KWh dalam sehari. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan kapasitas panel surya menggunakan grid inverter menghemat pengeluaran listrik dengan cara membagi beban Bersama dengan PLN. (Ramadhana, M.I.M., Hafid, & Adriani, 2022)

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis aspek teknis dan ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Gedung SD Bintang Juara, Jalan Dewi Sartika No. 17 A, Sukorejo, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang. Penelitian ini dirancang untuk menentukan kelayakan teknis dan ekonomis PLTS menggunakan data primer dan sekunder yang relevan. Data yang digunakan meliputi luas area atap gedung, potensi radiasi matahari, orientasi bangunan, biaya investasi, biaya operasional, serta estimasi penghematan energi. Data teknis diperoleh melalui pengukuran langsung di lokasi menggunakan alat ukur area dan kompas, sementara data radiasi matahari diambil dari sumber sekunder seperti situs resmi *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Data ekonomis dikumpulkan melalui wawancara dengan pihak sekolah dan analisis dokumen pengeluaran listrik bulanan.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan sistem PLTS memerlukan data peralatan elektronik yang terpasang di SD Bintang Juara, berikut adalah data beban yang terdapat pada SD Bintang Juara Semarang:

**Tabel 1. Data beban di SD Bintang Juara Semarang**

Peralatan elektronik	Beban (Watt)	Jumlah (buah)	Waktu Pemakaian (h)	Energi (Wh)
Lampu LED	10	26	6.5	1.690
Air Conditioner	390	8	6	18.720
Kipas angin	65	16	9	9.360
Mikrofon receiver	50	1	9	450
Laptop	180	4	6	4.320
Komputer	250	3	1.5	1.125
Kulkas	60	2	24	2.880
Pompa air	200	1	24	4.800
Proyektor	250	1	3	750
Dispenser	400	1	24	9.600
Lampu Sorot	50	5	15	3.750
Magic Com	200	2	24	9.600
			Total Energi	67.045

SD Bintang Juara Semarang memiliki potensi energi terbarukan dari sumber energi matahari. Radiasi matahari dapat digunakan untuk merancang kapasitas terbesar yang dapat ditangkap oleh panel surya. Informasi tentang tingkat radiasi sinar matahari untuk memperkirakan energi yang dapat dihasilkan oleh sistem per harinya. Data dari *National Aeronautic and Space Administration* (NASA) yang diakses dari laman resmi digunakan sebagai sumber informasi radiasi matahari di SD Bintang Juara. Pada perancangan simulai ini data yang diperlukan adalah radiansi pada tahun 2023.

**Tabel 2. Tabel Iradiansi di SD Bintang Juara Semarang**

Bulan	Iradiansi (kwh/m <sup>2</sup> /jam)
Januari	4.77
Februari	4.32
Maret	5.16
April	5.15
Mei	5.19
Juni	4.79
Juli	5.08
Agustus	5.91
September	6.35
Oktober	6.52
november	5.51
Desember	5.47
Rata-rata	5.40

### Analisa Rancangan

Dari data pada tabel 2 dapat diambil nilai maksimal iradiansi pada tahun 2023 yaitu pada bulan Oktober dengan iradiansi adalah 6.52 kwh/m<sup>2</sup>/jam dan Nilai minum iradiansi pada tahun 2023 yaitu pada bulan Desember dengan iradiansi adalah 4.79 Kwh/m<sup>2</sup>/jam. Rata rata penyinaran selama satu tahun adalah 5.40 Kwh/m<sup>2</sup>/jam.

Paramater untuk menyatakan perbandingan lamanya penyinaran matahari maksimum perhari terhadap intensitas radiasi matahari dengan nilai 1000 watt/m<sup>2</sup>. .Dari data di tabel 3 maka, dapat dihitung Peak Sun Hour sebagai berikut :

$$\text{PSH} = \text{Insolasi minimum tahun 2023 per } 1000 \text{ w/m}^2$$

$$\text{PSH} = 4320 \text{ w jam/m}^2/\text{hari} \times 1000 \text{ w/m}^2$$

$$\text{PSH} = 4,32 \text{ jam/hari}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa lama penyinaran di area gedung SD Bintang Juara Semarang adalah 4,32 jam/hari.

Rancangan untuk pembangkit listrik tenaga surya menggunakan sistem on Grid dengan 50% Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan 50% dari sumber PLN. Apabila dihitung dari konsumsi energi perhari maka daya total yang digunakan adalah :

$$P_{pv} = \frac{50\% \times \text{total daya harian}}{4.32}$$

$$P_{pv} = \frac{50\% \times 67045 \text{ watt}}{4.32 \text{ jam/hari}}$$

$$P_{pv} = 7759,837963 \text{ watt}$$

Maka kebutuhan photovoltaic atau panel surya sebesar 7759.83 Watt.

Rancangan untuk pembangkitan listrik tenaga surya dihitung dari lama penyinaran maksimum matahari sebesar 7759.83 Watt, apabila diasumsikan penyinaran matahari selama jam 06.00 hingga jam 16.00 adalah 60% dari penyinaran maximum dan asumsi lama penyinaran matahari selama jam 06.00 hingga jam 16.00. Maka waktu efisiensi perhari dari panel surya sekitar 10 jam dalam sehari. Maka dapat dihitung jumlah daya harian yang dihasilkan oleh panel surya dalam sehari sebesar:

$$\text{Energi yang dihasilkan} = \frac{PPV}{psh}$$

$$\text{Energi yang dihasilkan} = \frac{7759.83}{4.32}$$

$$\text{Energi yang dihasilkan} = 1.796,06 \text{ Watt/Jam}$$

Berdasarkan spesifikasi panel surya 200 WP Crystalline PV Module 200 W mono HQ, maka untuk kebutuhan panel surya keseluruhan adalah sebagai berikut :

$$N_{pv} = \frac{P_{pv}}{P_{max}}$$

$$N_{pv} = \frac{7759,837963 \text{ watt}}{200 \text{ WP}}$$

$$N_{pv} = 38,79 \text{ buah} = 39 \text{ buah (pembulatan)}$$

Berdasarkan jumlah panel surya yang dibutuhkan, maka dapat dihitung luas area (PV) untuk pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya berdasarkan data dimensi dari panel surya tersebut. Untuk permukaan panel surya adalah :

$$A_c = p \times l$$

$$A_c = 1480 \text{ mm} \times 670 \text{ mm}$$

$$A_c = 991.600 \text{ mm}^2$$

$$A_c = 0,9916 \text{ m}^2$$

Sehingga luas area pemasangan panel surya adalah :

$$\text{Area total} = A_c \times N_{pv}$$

$$\text{Area total} = 0.9916 \text{ m} \times 39 \text{ buah}$$

$$\text{Area total} = 38.6724 \text{ m}^2$$

Dalam menentukan Inverter yang digunakan, harus memilih inverter yang tegangan keranya sama dengan tegangan kerja sumber. Menghitung kapasitas inverter dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Kapasitas Inverter} = W_{max}/\text{beban} + (25\% * W_{max}/\text{beban})$$

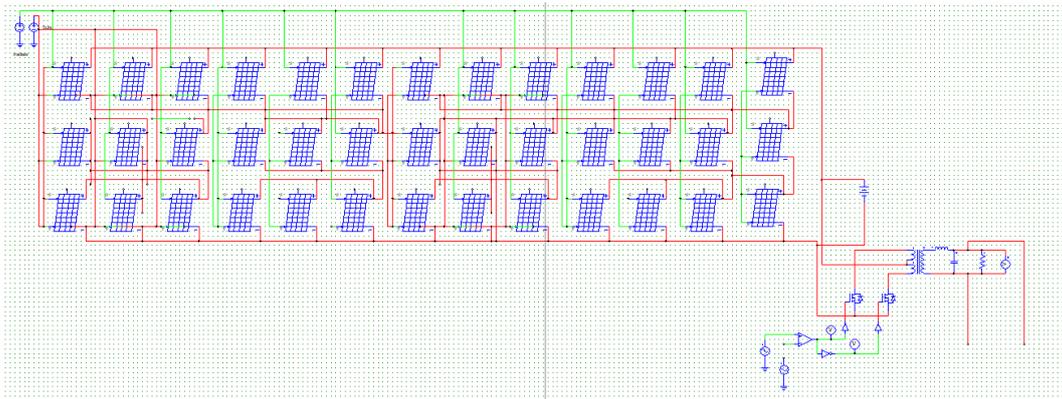
$$\text{Kapasitas Inverter} = 7759,83 + (25\% * 7759,83)$$

$$\text{Kapasitas Inverter} = 9699.78 \text{ Watt}$$

Karena adanya Safety Factor maka rekomendasi spesifikasi Inverter yang dibutuhkan minimal adalah 10.000 Watt. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas inverter maka dapat dicari inverter yang sesuai yaitu New PowMr 10.2KW On/Off GRID Hybrid inverter 48vdc 160A solar.

### Rancangan Pembangkit Listrik

Berdasarkan hasil Analisa dan perhitungan sesuai dengan kebutuhan di SD Bintang Juara Semarang, maka didapatkan sebuah rangkaian sederhana sebagai berikut :



**Gambar 1. Rancangan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di SD Bintang Juara**

Dalam perancangan dibutuhkan modul PV sebanyak 39 buah, modul PV yang terhubung secara seri maupun paralel tergantung dari besarnya inverter yang ingin dibangkitkan. Besarnya penggunaan power usage pada inverter sebesar 48 V dan untuk membangkitkan keseluruhan beban yang dibutuhkan sebesar 7759,837963 Watt. Maka untuk memenuhi kebutuhan tersebut, PV dipasang secara paralel sebesar 13 buah, apabila tegangan dipasang secara paralel, maka jumlah tegangan sama dengan tegangan keluaran dari panel surya, yaitu sebesar 18.87 V sesuai dengan tabel nameplate pada Panel Surya. 13 Panel surya yang dipasang paralel lalu diseri dengan 2 panel surya yang dipasang paralel, apabila tegangan dalam suatu rangkaian listrik dipasang seri, maka total tegangan adalah penjumlahan dari tegangan yang dipasang seri, sehingga menghasilkan 56.61 V. Sehingga kebutuhan untuk menyalakan inverter terpenuhi dari panel surya. dalam perancangan rangkaian PV maka dihasilkan 245.31 V dan arus sebesar 31.77 Ampere.

## Analisa Ekonomi

Biaya Pemeliharaan dan Operasional pertahun 1-2% dari investasi awal. Pedoman dari besarnya biaya operasional adalah 1%-2% dari biaya instalasi selama setahun . Pemeliharaan dan operasional dapat dihitung:

$$Po = I \times 1\%$$

$$Po = (\text{Harga Investasi}) \times 1\%$$

$$Po = (61.584.436) \times 1\%$$

$$Po = \text{Rp } 615.844/\text{tahun}$$

Sedangkan nilai sekarang dari biaya operasional adalah:

$$PO_{pw} = PO (1+i)^N - i(1+i)^N$$

$$PO_{pw} = 615.844 (1+0.1)^{25} - 0.1(1+0.1)^{25}$$

$$PO_{pw} = \text{Rp } 1.559.844$$

Biaya siklus hidup atau Life Cycle Cost (LCC) PLTS pada SD Bintang Juara dapat dihitung sebagai berikut :

$$LCC = IA + PO_{pw}$$

$$LCC = \text{Rp. } 61.584.436 + \text{Rp } 1.559.844$$

$$LCC = \text{Rp. } 63.144.070$$

Faktor pemulihan modal adalah faktor yang digunakan untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian pembayaran atau biaya tahunan dengan jumlah yang sama. Untuk mengetahui faktor pemulihan modal dapat dihitung sebagai berikut:

$$CRF = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

$$CRF = \frac{0.1(1+0.1)^{30}}{(1+0.1)^{30} - 1}$$

$$CRF = 0.11$$

Biaya energi (Cost of Energy) sebagai pertimbangan kealayaan suatu proyek PLTS. Biaya energi PLTS ditentukan oleh Biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF), dan KWh produksi tahunan. Dari berbagai perhitungan yang sudah dilakukan, maka biaya energi dapat ditentukan sebagai berikut :

$$COE = (LCC \times CRF) / \text{KWh}$$

$$COE = (\text{Rp. } 63.144.070 \times 0.11) / 92.400,24 \text{ kwh/tahun}$$

$$COE = \text{Rp. } 382,498/\text{kwh}$$

Analisa kelayakan memiliki beberapa metode, metode yang dipilih oleh peneliti menggunakan metode *Analisa Net Present Value* (NPV) dan Metode analisa *Payback Period* (PP).

*Net Present Value* (NPV) adalah metode menghitung nilai bersih (net value) pada waktu sekarang. Metode ini menggunakan Teknik DFC atau *discounted cash flow* untuk menghitung nilai waktu uang dari semua aliran kas sebuah proyek.

Analisa *Payback Period* (PP) bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dikembalikan saat terjadinya kondisi Break Event-point.

Arus kas masuk tahunan PLTS dihasilkan dengan mengalikan KWh produksi PLTS dengan biaya energi. Dengan KWh produksi tahunan PLTS sebesar 92kwh/tahun dan biaya energi sebesar Rp. 2.833/KWh, maka dapat dihitung arus kas masuk sebagai berikut :

$$K_{Masuk} = \text{Penghematan Bulanan} \times 12$$

$$K_{Masuk} = 1.300.000 \times 12$$

$$K_{Masuk} = \text{Rp } 15.600.000$$

Arus kas keluar berasal dari biaya pemeliharaan dan operasional tahunan PLTS sebesar Rp 367.000/tahun. Sedangkan faktor Diskontonya pada tahun pertama dengan tingkat diskonto 10% adalah :

$$DF = \frac{1}{1+i} \times n = \frac{1}{1+0.1} \times 1 = 0.91$$

Dapat dihitung besar nilai *Net Present Value* (NPV) sebagai berikut :

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

$$NPV = \text{Rp } 62.637.514 - \text{Rp. } 61.584.436$$

$$NPV = \text{Rp } 1.053.078$$

Dari hasil perhitungan NPV, *Net Present Value* bernilai positif sebesar Rp. 1.053.078 . Menunjukkan bahwa investasi PLTS di SD Bintang Juara layak untuk dilaksanakan. Pada tahun ke-7 *balance* bernilai positif, *balance* adalah selisih antara PVNCF dengan investasi awal. Maka nilai dari *Payback Period* dapat dihitung besar nilai PP berdasarkan rumus berikut:

$$PP = \text{Tahun Sebelum} + \left( \frac{-\text{Balance}}{\text{Arus kas bersih}} \right)$$

$$PP = 6 + \left( \frac{-(-970.000)}{15,600,000} \right)$$

$$PP = 6.06 = 6 \text{ tahun } 21 \text{ hari.}$$

Maka dari hasil perhitungan *Payback Period* tidak melebihi rancangan investasi yaitu 6 tahun, maka Investasi di SD Bintang Juara layak untuk dilaksanakan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa system pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di SD Bintang Juara Semarang mampu menghasilkan energi sebesar 7759,83 watt per hari. Estimasi biaya yang diperlukan untuk perencanaan dan pemasangan sistem PLTS ini adalah sebesar Rp. 61.584.436, dengan Life Cycle Cost (LCC)

sebesar Rp. 63.144.070. Dari sisi ekonomi, implementasi PLTS di SD Bintang Juara Semarang layak dilakukan, terbukti dengan hasil perhitungan Net Present Value (NPV) yang bernilai positif. Sebagai saran, perancangan sistem pembangkit tenaga surya ini dapat terus dikembangkan dan disempurnakan seiring waktu, agar lebih efisien dan optimal. Selain itu, perhatian khusus perlu diberikan pada konsumsi dan kebutuhan tegangan saat merancang sistem, agar seluruh komponen dapat berfungsi dengan baik. Disarankan juga untuk menggunakan beban yang konstan guna memperoleh hasil yang lebih akurat dalam pengujian dan operasionalisasi sistem ini. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada analisis lebih mendalam mengenai variabilitas beban dan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kinerja sistem PLTS.

## DAFTAR REFERENSI

- Alibaba. (n.d.). MERITSUN Solar Inverter. Retrieved from [https://indonesian.alibaba.com/p-detail/MERITSUN-1600267270298.html?spm=a2700.pccps\\_detail.0.0.191113a0E956HQ&s=p](https://indonesian.alibaba.com/p-detail/MERITSUN-1600267270298.html?spm=a2700.pccps_detail.0.0.191113a0E956HQ&s=p).
- Aprilia, B. S., Silalahi, D. K., & Rigoursyah, M. A. F. (2019). Desain sistem panel surya on-grid untuk skala rumah tangga menggunakan perangkat lunak HOMER. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung.
- Arinata, R. P., & Akram, T. H. (2024). Analisis pengembangan PLTS di Pulau Takabonerate. Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Ariyani, S., Wicaksono, D. A., Fitriana, & Taufik, R., & Gemenio. (2021). Studi perencanaan dan monitoring sistem pembangkit listrik tenaga surya di remote area. Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jember.
- Hiswandi, M. F., Iswahyudi, F., & Soeroto, W. M. (2023). Analisis kelayakan investasi pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem on-grid di pabrik minuman siap saji. Surabaya.
- Kariongan, Y., & Joni. (2022). Perancangan dan analisis ekonomi pembangkit listrik tenaga surya rooftop dengan sistem on-grid sebagai catu daya tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika. Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih.
- Lubis, K., Zambak, M. F., & Faisal, A. (2023). Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada laboratorium Teknik UMSU menggunakan simulasi PVSyst.
- Megantoro, P., Syahbani, M. A., Sukmawan, I. H., Perkasa, S. D., & Vigneshwaran, P. (2022). Effect of peak sun hour on energy productivity of solar photovoltaic power system.
- Power LARC. (n.d.). Data Access Viewer. Retrieved from <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
- Ramadhana, R. R., M., I. M., Hafid, A., & Adriani. (2022). Analisis PLTS on-grid.

- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (n.d.). Perancangan dan analisis pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 10 MW on-grid di Yogyakarta.
- Tokopedia. (n.d.). POWMR 10.2KW On-Off Grid Hybrid Inverter 48VDC 160A Solar Controller. Retrieved from <https://www.tokopedia.com/artstor/powmr-10-2kw-on-off-grid-hybrid-inverter-48vdc-160a-solar-controller>.
- Wibowo, R. S., Panangsang, O., Aryani, N. K., Mukti, P. H., Pamuji, F. A., & Mardiyanto, R. (2023). Implementasi photovoltaic on-grid guna meminimalisir pemadaman listrik bergilir serta jaringan telekomunikasi di Pulau Bawean. Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.