



Studi Kelayakan Pemanfaatan PLTS *On-Grid* untuk Efisiensi Energi pada Gedung Perkuliahan E, F, dan G Institut Teknologi Kalimantan

Bagus Afandi¹, Happy Aprillia², Firilia Filiana³

^{1,2,3}* Study Program of Electrical Engineering, Kalimantan Institute of Technology, Indonesia

¹ 04211014@student.itk.ac.id

² happy.aprillia@lecturer.itk.ac.id

³ firilia.filiana@lecturer.itk.ac.id

Abstract

The increasing need for electrical energy in Indonesia, coupled with high dependence on fossil fuels, drives the urgency of developing renewable energy. This study aims to analyze the potential and technical-economic feasibility of implementing an on-grid Solar Power Plant (PLTS) system on the roof of Lecture Buildings E, F, and G at the Kalimantan Institute of Technology (ITK). Irradiation and temperature data were collected for 30 days of observation, with the results showing a maximum irradiation value of 1170 W/m² and a temperature ranging from 27–32°C. The designed system uses 672 monocrystalline solar panels with a capacity of 330 Wp and six 40 kW inverter units. Simulations using PVsyst software show that the system is capable of producing electrical energy with high efficiency and a Performance Ratio (PR) value of more than 85%. Economic evaluation using the Life Cycle Cost (LCC), Cost of Energy (COE), and Payback Period (PP) methods, shows that this system has investment feasibility, with energy costs ranging from Rp 767–1,088 per kWh and a payback period of between 10 and 15 years. The implementation of this system is expected to support ITK's transition towards a green and energy efficient campus.

Keywords: *Economic Analysis, Cost of Energy, Solar Energy, Solar Irradiation, Life Cycle Cost, Payback Period, On-grid Solar Power Plant.*

Abstrak

Kebutuhan energi listrik di Indonesia yang terus meningkat, ditambah ketergantungan tinggi terhadap bahan bakar fosil, mendorong urgensi pengembangan energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi dan kelayakan teknis-ekonomi dari penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on-grid* pada atap Gedung Perkuliahan E, F, dan G di Institut Teknologi Kalimantan (ITK). Data iradiasi dan suhu dikumpulkan selama 30 hari pengamatan, dengan hasil menunjukkan nilai iradiasi maksimum mencapai 1170 W/m² dan suhu berkisar antara 27–32°C. Sistem yang dirancang menggunakan 672 panel surya monokristalin berkapasitas 330 Wp dan enam unit inverter 40 kW. Simulasi ini menggunakan *software PVsyst* yang menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan energi listrik dengan efisiensi tinggi dan nilai *Performance Ratio* (PR) lebih dari 85%. Evaluasi ekonomi menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC), *Cost of Energy* (COE), dan *Payback Period* (PP), menunjukkan bahwa sistem ini memiliki kelayakan investasi, dengan biaya energi berkisar antara Rp 767–1.088 per kWh dan waktu pengembalian modal antara 10 hingga 15 tahun. Implementasi sistem ini diharapkan dapat mendukung transisi ITK menuju kampus hijau dan efisien energi.

Kata Kunci: *Analisis Ekonomi, Cost of Energy, Energi Surya, Iradiasi Matahari, Life Cycle Cost, Payback Period, PLTS On-Grid.*



1. PENDAHULUAN

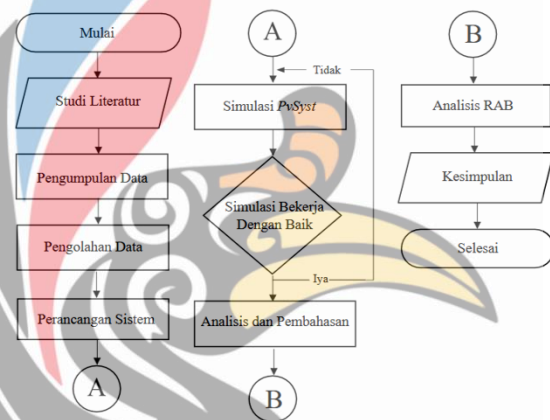
Energi listrik menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari, terutama untuk mendukung berbagai aktivitas di sektor industri, komersial, dan pendidikan. Di Indonesia, permintaan listrik terus meningkat sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Namun, pasokan listrik nasional masih sebagian besar bergantung pada energi fosil, yang berdampak besar terhadap lingkungan, termasuk peningkatan emisi gas rumah kaca yang memperparah perubahan iklim global. Salah satu solusi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil adalah penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Panel surya mengubah energi matahari menjadi listrik melalui efek *fotovoltaik*. Untuk mengatasi ketergantungan pada energi fosil, pemerintah telah memperkenalkan Energi Baru Terbarukan (EBT) melalui sejumlah kebijakan, termasuk dalam PP Nomor 79 Tahun 2014. Kebijakan ini, yang dituangkan dalam Peraturan Pemerintah tersebut mengenai Kebijakan Energi Nasional, menetapkan berbagai sasaran guna meningkatkan kontribusi EBT dalam sektor energi nasional. Berdasarkan Peraturan Presiden terkait Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Indonesia menargetkan penggunaan energi terbarukan mencapai 23% pada tahun 2025 dan meningkat hingga 31,2% pada tahun 2050. Untuk mewujudkan target tersebut, direncanakan pembangunan pembangkit listrik berkapasitas 45,2 Giga-Watt pada tahun 2025 dan 167,7 Giga-Watt pada tahun 2050. Salah satu peluang signifikan untuk pengembangan Energi Baru Terbarukan di Indonesia, khususnya di Balikpapan adalah penerapan teknologi energi surya di Institut Teknologi Kalimantan (ITK), yang berada di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Infrastruktur gedung perkuliahan di ITK menawarkan potensi yang sangat besar untuk memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi alternatif. Penelitian ini akan merancang penerapan PLTS *on-grid* di Gedung Perkuliahan ITK. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kebutuhan daya, potensi energi surya sebagai sumber energi alternatif, dan mengevaluasi kinerja sistem *on-grid* yang diterapkan. Melalui analisis data iradiasi matahari dan produksi listrik yang dihasilkan, diharapkan dapat diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi sistem. Penelitian ini juga bertujuan memberikan kontribusi pada pengembangan Energi Baru Terbarukan di Indonesia serta menawarkan solusi praktis untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang relevan dan aplikatif untuk penerapan PLTS *on-grid* di Gedung Perkuliahan ITK, sehingga dapat mendukung terciptanya kampus yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

2. Metodologi Penelitian

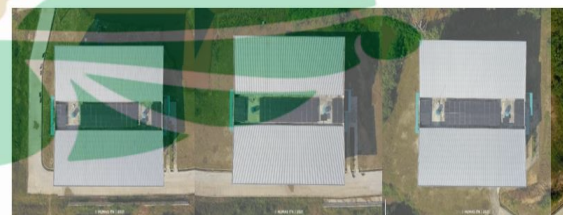
2.1 Prosedur Penelitian

Pada bagian prosedur penelitian ini, akan dibahas tahapan-tahapan yang akan dilalui dalam melaksanakan penelitian tugas akhir. Proses tersebut mencakup studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, perancangan sistem, pengujian sistem, analisis data, serta pembahasan hasil. Semua langkah ini akan digambarkan dalam diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan evaluasi kelayakan teknis maupun ekonomi dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on-grid* yang direncanakan untuk diterapkan di Gedung Perkuliahan E, F, dan G di Institut Teknologi Kalimantan (ITK), sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Pemasangan PLTS On-Grid



Pada penelitian ini ada beberapa tahapan sistematis, yang meliputi studi literatur, pengumpulan dan pengolahan data, perancangan sistem, simulasi, serta analisis teknis dan ekonomi. Tahap awal dimulai dengan studi literatur untuk memahami konsep dasar sistem PLTS *on-grid*, karakteristik panel surya, inverter, efek bayangan (*shading*), serta parameter ekonomi seperti biaya investasi, biaya operasional, dan metode analisis kelayakan seperti *Payback Period*, *Cost of Energy*, dan *Life Cycle Cost*. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data lapangan di dua lokasi utama, yakni atap dan lahan parkir Gedung Perkuliahan E, F, dan G di Institut Teknologi Kalimantan (ITK). Pengukuran yang dilakukan meliputi luas area, kemiringan atap, analisis bayangan, suhu harian rata-rata, serta intensitas radiasi matahari dengan menggunakan alat ukur seperti *solar meter* dan termometer. Data iradiasi dan suhu dicatat selama 30 hari, sementara informasi konsumsi listrik diperoleh dari dokumentasi internal ITK. Perancangan sistem. Total luas area pemasangan panel surya mencakup 1.338,4 m² pada atap gedung dan pada lahan parkir ketiga pada Gedung E 501,75 m², Gedung F 423 m², Gedung G 468 m². Sistem ini menggunakan panel monokristalin berkapasitas 330 Wp, dengan total 672 unit panel untuk atap dan masing-masing 264 panel pada Gedung E, 220 panel pada Gedung F, dan 260 panel pada Gedung G untuk lahan parkir. Pada sisi inverter, sistem dilengkapi dengan 6 unit inverter 40 kW untuk atap, dan masing-masing 2 unit inverter 40 kW untuk lahan parkir tiap gedung. Berdasarkan simulasi dan perhitungan manual, total daya terpasang dari seluruh sistem PLTS mencapai 333 kWp (221,76 kWp dari atap dan 111,3 kWp dari lahan parkir). Hasil analisis *shading* menunjukkan bahwa aarea atap tidak mengalami gangguan bayangan sepanjang hari (08.00–16.00 WITA), sementara area lahan parkir memiliki gangguan terbatas dari bayangan pohon dan bangunan sekitarnya, namun masih dalam batas toleransi. Simulasi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *PVsyst* untuk memprediksi produksi energi tahunan serta menghitung parameter kinerja sistem seperti *Performance Ratio* (PR), *energy yield* (kWh/kWp), dan berbagai jenis *losses* yang terjadi. Selain itu, simulasi visual 3D menggunakan *SketchUp* digunakan untuk menganalisis aspek visual instalasi serta potensi bayangan (*shading*) yang dapat memengaruhi kinerja sistem. Kajian kelayakan

ekonomi mencakup perhitungan biaya investasi awal, estimasi biaya operasional tahunan (diasumsikan sebesar 1% dari total investasi), serta analisis finansial seperti *Life Cycle Cost* (LCC), *Net Present Value* (NPV), *Cost of Energy* (CoE), *Benefit-Cost Ratio* (BCR), dan *Payback Period* (PP). Seluruh parameter ekonomi ini dihitung berdasarkan umur proyek selama 25 tahun. Melalui pendekatan metodologi ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem PLTS *on-grid* yang efisien secara teknis sekaligus layak dari sisi ekonomi, sehingga dapat mendukung terciptanya kampus yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Modul Surya

Modul surya yang digunakan dalam sistem ini adalah tipe monokristalin Jinko Solar berdaya 330 Wp, dipilih karena memiliki efisiensi tinggi dan performa yang baik di kondisi iklim tropis. Instalasi panel dilakukan di dua area utama, yaitu di atas atap gedung dan di lahan parkir. Total kapasitas sistem yang dirancang mencapai 333 kWp, terdiri dari 672 panel yang dipasang di atap dengan total kapasitas 221,76 kWp, serta tambahan 264 panel di lahan parkir Gedung E, 220 panel di Gedung F, dan 260 panel di Gedung G yang menyumbang kapasitas sebesar 111,3 kWp. Penyusunan sistem dilakukan dengan konfigurasi seri-paralel agar sesuai dengan kapasitas dan karakteristik inverter yang digunakan.

3.2 Inverter

Sistem ini memanfaatkan delapan unit inverter grid-tied berkapasitas 40 kW, yang terdiri atas enam unit untuk instalasi di area atap dan dua unit untuk area lahan parkir. Inverter yang digunakan memiliki efisiensi konversi energi sebesar 98,4% serta mampu mengakomodasi variasi daya keluaran dari modul surya. Penggunaan inverter jenis ini memungkinkan sistem terhubung langsung ke jaringan PLN, sejalan dengan karakteristik sistem *on-grid*.

3.3 Losses

Berbagai jenis rugi-rugi (*losses*) yang terjadi dalam sistem dianalisis secara rinci untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi kinerja PLTS. Setiap jenis rugi-rugi, mulai dari kerugian akibat suhu, ketidaksesuaian modul, efek shading, hingga kerugian pada inverter dan kabel, dihitung secara terpisah. Nilai dari masing-masing komponen kerugian tersebut dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 1 di bawah ini, yang



memberikan gambaran menyeluruh mengenai seberapa besar pengaruh setiap faktor terhadap total output energi sistem.

Tabel 1. Losses Modul Surya

Jenis Losses	Atap		Lahan Parkir	
Manufaktur	3%			
Debu	5%			
Suhu	5,7%			
Kabel	0,23%	0,23%	0,23%	0,23%
P Losses	13,93%	13,93%	13,93%	13,93%

Dalam menentukan jumlah daya bersih yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS, langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi dan menghitung keseluruhan rugi-rugi energi (*losses*) yang terjadi selama proses konversi. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan persentase kehilangan energi terhadap total kapasitas daya yang terpasang dalam sistem. Dalam studi ini, kapasitas terpasang sistem adalah 221,76 kW, sementara total rugi-rugi tercatat sebesar 13,93%. Dengan demikian, jumlah energi yang hilang dihitung dengan mengalikan kapasitas terpasang dengan persentase rugi-rugi tersebut, yang menghasilkan nilai kerugian energi sebesar 30,89 kW. Setelah total kerugian dihitung, daya bersih yang dapat dimanfaatkan atau disalurkan ke beban, yang dikenal sebagai daya output bersih (P_i), diperoleh dengan mengurangi nilai kerugian dari daya terpasang. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa daya yang benar-benar tersedia untuk dikonversi menjadi energi listrik mencapai 190,81 kW. Untuk memperkirakan produksi energi harian sistem, digunakan nilai iradiasi matahari harian rata-rata sebesar 3,77 kWh/m². Daya output bersih kemudian dikalikan dengan nilai iradiasi ini, menghasilkan estimasi energi harian sebesar 719,35 kWh. Selanjutnya, dengan mengalikan hasil tersebut dengan jumlah hari dalam setahun (365 hari), diperoleh estimasi total energi yang dapat dihasilkan sistem PLTS selama satu tahun penuh, yaitu sebesar 262.562,75 kWh.

3.4 Performance Ratio (PR)

Setelah memperoleh estimasi total produksi energi tahunan dari sistem PLTS, tahap selanjutnya adalah menghitung *Performance Ratio* (PR) guna menilai tingkat efisiensi sistem dibandingkan dengan kondisi ideal. PR merepresentasikan rasio antara energi aktual yang dihasilkan oleh sistem dengan energi teoritis yang seharusnya diperoleh

berdasarkan intensitas radiasi matahari, setelah memperhitungkan berbagai kerugian dan faktor pengganggu. Energi ideal dihitung dengan mengalikan kapasitas terpasang (dalam kWp) dengan rata-rata iradiasi harian global (dalam kWh/m²/hari) dan jumlah hari dalam satu tahun. Sebagai contoh, untuk sistem berkapasitas 221,76 kWp dengan nilai iradiasi harian rata-rata 3,77 kWh/m², dan berdasarkan hasil perhitungan energi aktual sebesar 305.152,84 kWh per tahun, maka diperoleh nilai PR sistem sebesar 86%, yang menunjukkan tingkat efisiensi sistem dalam kondisi operasi nyata.

3.5 Perhitungan Biaya Operasional

Perhitungan biaya operasional PLTS dilakukan setiap tahun dengan kisaran 1–2% dari total biaya modal awal. Dalam perancangan sistem PLTS ini, biaya operasional ditetapkan sebesar 1% per tahun. Penetapan ini didasarkan pada karakteristik iklim Indonesia yang hanya memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau, sehingga jadwal pemeliharaan dapat direncanakan dengan lebih efisien dan tidak memerlukan frekuensi perawatan yang tinggi. Selain itu, sistem PLTS dikenal memiliki kebutuhan perawatan yang rendah karena minimnya komponen bergerak. Perhitungan rinci terkait biaya operasional ini disajikan pada bagian berikut.

$$M = 0,01 \times 1.862,463,622$$

$$M = \text{Rp } 18.624,636 / \text{tahun}$$

Tabel 2. Perbandingan Biaya Operasional

Jenis	Biaya Operasional
Mono Atap	Rp 18.624,636/tahun
Poli Atap	Rp 15.266.006/tahun
Mono Lahan Parkir	Rp 7.770.006/tahun
Poli Lahan Parkir	Rp 8.327.594/tahun

Dengan demikian, total anggaran tahunan yang perlu disiapkan untuk mendukung operasional sistem PLTS adalah sebesar Rp 18.624.636. Jumlah tersebut mencakup seluruh kebutuhan perawatan dan operasional guna memastikan sistem tetap berjalan secara optimal sepanjang masa penggunaannya.

3.6 Payback Period (PP)

Setelah diketahui nilai investasi awal dan biaya operasional sistem PLTS, langkah penting berikutnya dalam analisis ekonomi adalah



menghitung *Payback Period* (PP). *Payback Period* merupakan indikator yang menunjukkan jangka waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal investasi awal melalui penghematan biaya listrik atau pendapatan yang diperoleh dari energi yang dihasilkan oleh sistem. Secara umum, perhitungan *Payback Period* dilakukan dengan membagi total biaya investasi dengan rata-rata penghematan biaya listrik tahunan yang diperoleh dari operasional sistem PLTS. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitungnya adalah sebagai berikut.

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Jumlah Investasi (LCC)}}{\text{Aliran Kas Bersih Tahunan (Eyield x COE)}}$$

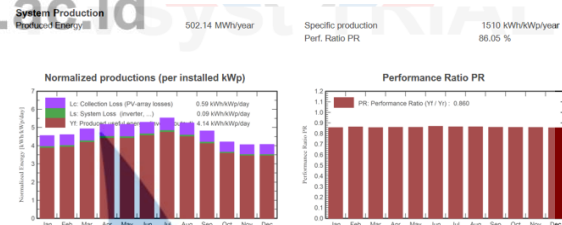
Tabel 3. Hasil *Payback Period*

Parameter	Atap	Lahan Parkir
PP Mono	10,19 Tahun	10,19 Tahun
PP Poli	10,2 Tahun	9,84 Tahun

3.7 Simulasi *PvSyst*

Setelah proses perancangan sistem PLTS selesai dilakukan secara manual, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi teknis menggunakan perangkat lunak *PvSyst*. *PvSyst* merupakan software yang banyak digunakan oleh para profesional dalam perancangan dan evaluasi sistem tenaga surya, karena mampu memberikan analisis mendalam terhadap performa sistem. Simulasi ini dilakukan untuk memverifikasi kinerja sistem berdasarkan kondisi aktual di lokasi proyek. Parameter yang dimasukkan dalam simulasi meliputi intensitas iradiasi matahari, suhu lingkungan, orientasi serta sudut kemiringan panel, dan potensi shading dari objek di sekitar. Melalui simulasi ini, diperoleh estimasi yang lebih realistis mengenai output energi yang dapat dihasilkan sistem PLTS, sehingga mendukung penilaian teknis secara menyeluruh.

PV Array Characteristics			
PV module	Generic	Inverter	Generic
Manufacturer	JKM-330W-60V	Manufacturer	SUN2000-40KTL-M3-380V
Model	(Original PvSyst database)	Model	(Original PvSyst database)
Unit Nom. Power	330 Wp	Unit Nom. Power	40.0 kWac
Number of PV modules	1000 units	Number of inverters	8 units
Nominal (STC)	333 kWp	Total power	320 kWac
Modules	42 string x 24 in series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (<40°C)	44.0 kWac
Pmpp	302 kWp	Power ratio (DC/AC)	1.04
Ump	735 V	Power sharing within inverter	
Iimp	411 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	333 kWp	Total power	320 kWac
Total	1000 modules	Max. power	352 kWac
Module area	1692 m²	Number of inverters	8 units
Cell area	1506 m²	Power ratio	1.04

Gambar 5. *PV Array* KarakteristikGambar 6. Grafik *Performance Ratio*

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa grafik yang ditampilkan menunjukkan kinerja sistem *fotovoltaik* sepanjang tahun dengan dua aspek utama yaitu Normalisasi Produksi dan *Performance Ratio* (PR). Pada bagian kiri grafik, Normalisasi Produksi menggambarkan energi yang dihasilkan per kWp yang terpasang setiap bulannya. Di sisi kanan, *Performance Ratio* (PR) menunjukkan rasio kinerja sistem, yang mencerminkan seberapa efektif sistem *fotovoltaik* beroperasi dibandingkan dengan potensi energi yang bisa dihasilkan dalam kondisi ideal. Nilai PR yang stabil di angka 86.05% menandakan bahwa sistem ini berfungsi dengan efisien.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, serta analisis teknis dan ekonomi yang telah dilakukan, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on-grid pada Gedung Perkuliahan E, F, dan G Institut Teknologi Kalimantan (ITK) dinyatakan layak untuk diimplementasikan, baik dari sisi teknis maupun finansial, dengan poin-poin utama sebagai berikut.

1. Sistem dirancang berdasarkan data aktual di lapangan, termasuk potensi radiasi matahari, suhu lingkungan, dan kondisi fisik bangunan. Hasil simulasi menunjukkan nilai *Performance Ratio* (PR) tinggi, menandakan efisiensi kinerja sistem yang baik di lokasi tersebut.
2. Total kapasitas terpasang mencapai 333 kWp, terdiri dari panel yang dipasang di atap dan lahan parkir ketiga gedung. Gangguan bayangan yang minim serta pemanfaatan area yang optimal mendukung produksi energi tahunan yang signifikan.
3. Evaluasi keekonomian menunjukkan bahwa sistem memiliki *Cost of Energy* (CoE) yang kompetitif dan *Payback Period* yang masih berada dalam batas umur sistem. Seluruh komponen biaya menunjukkan bahwa investasi ini layak secara finansial.



REFERENSI

- Widodo, T., & Iskandar, B. (2020). "Electricity demand, economic growth, and environmental sustainability: A case study of Indonesia." *Energy Reports*, 6, 385-396.
- Setyawan, D., & Sinaga, R. A. (2021). "Environmental impact of electricity generation from coal in Indonesia: A life cycle assessment." *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7), 8684-8697.
- Handoko, B., & Windarta, J. (2021). "Policy and Development of Renewable Energy in Indonesia: Challenges and Prospects." *Energy Policy Journal*, 45(3), 215-228.
- Widodo, A. W., & Kusuma, A. H. (2020). "Achieving Indonesia's Renewable Energy Goals: Challenges and Future Directions." *Asian Journal of Energy Policy*, 6(1), 89-102.
- Setiawan, A. D., & Santoso, R. P. (2019). "Renewable Energy Targets and Green Building Policies: The Role of Indonesia's Green Building Codes." *International Journal of Green Building and Sustainability*, 8(2), 134-146.
- Fauzi, A., & Setiawan, A. (2021). "Renewable Energy Utilization in Higher Education Institutions: A Case Study in Indonesia." *International Journal of Renewable Energi Research*, 11(2), 893-901.
- Rezky, I., Iqbal, M., Hafid, A., & Adriani, Y. (2022). "Comparison of Off-Grid and On-Grid Solar Power Systems: A Case Study." *International Journal of Renewable Energi Research*, 12(3), 1458-1467.
- Hanus, M., Janek, J., & Nestor, A. (2019). "The Role of Educational Institutions in Promoting Renewable Energy: A Study of Solar Energy Impact on Sustainability Awareness." *Journal of Cleaner Production*, 231, 1124-1133.
- Hidayat, R., Wulandari, R., & Mustofa, S. (2021). "Analysis of the Implementation of On-Grid Solar Power Plants in Educational Institutions: A Case Study of Universitas Gadjah Mada." *Journal of Renewable Energy and Environment*, 7(1), 56-66.
- Zainuddin, Z., & Hasnudi, A. (2020). "Solar Energy as an Alternative Energy Source in Educational Institutions: A Review." *Journal of Cleaner Production*, 257, 120-130.
- Pratiwi, A. R., Adhitya, H., & Kusumaningrum, D. (2019). Implementasi kebijakan bangunan gedung hijau di Indonesia berdasarkan prinsip hemat energi. *Jurnal Arsitektur dan Perencanaan*, 12(1), 45-58.
- Susanti, R., & Putra, A. H. P. K. (2021). Pengembangan kebijakan energi terbarukan pada bangunan hijau di Indonesia. *Journal of Renewable Energy Policy and Application*, 3(2), 123-134.
- IRENA (International Renewable Energy Agency). (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2020*. Abu Dhabi: IRENA.
- Kananda, K. (2017). A Studi Awal Potensi Energi Surya Wilayah Lampung. *journal of science and applicative technology*, 1(2), 75-81.
- Hutajulu, A. G., Siregar, M. R., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On Grid di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23-33.
- Gifson, A., Siregar, M. R., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) on grid Di Ecopark Ancol. *Jurnal Teknik Elektro Tesla Untar*, 22(1).
- Harahap, P. (2020). Pengaruh temperatur permukaan panel surya terhadap daya yang dihasilkan dari berbagai jenis sel surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 73-80.
- Amalia, D., Abdillah, H., & Hariyadi, T. W. (2022). Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangakai Seri Dan Paralel Pada Instalasi Plts Off-Grid. *Jurnal ELEMENTER (Elektro dan Mesin Terapan)*, 8(1), 12-21.