

Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan

Fidelchristo Pijoh^{1*}, Brahmama Duta P. K², Lasman Parulian Purba³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Darma Cendika

*Email: fidelchristopijoh@gmail.com

ABSTRAK

Jurnal ini menyoroti pentingnya Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik (SPP) dalam mendukung energi berkelanjutan. SPP mengubah sinar matahari menjadi listrik, yang tidak hanya mengurangi jejak karbon tetapi juga meningkatkan kemandirian energi dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, teknologi ini memainkan peran penting dalam transisi menuju energi hijau. Studi kasus dalam jurnal ini menunjukkan kontribusi signifikan SPP terhadap energi hijau di seluruh dunia, menunjukkan bagaimana penerapan SPP dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meminimalkan emisi gas rumah kaca. Penerapan SPP dalam kehidupan kampus juga menjadi perhatian, di mana penerapannya dapat menciptakan lingkungan yang lebih ramah lingkungan dan mandiri energi. Mengintegrasikan SPP ke dalam kebijakan dan infrastruktur energi kampus adalah langkah penting untuk mengurangi dampak perubahan iklim dan memastikan masa depan energi yang berkelanjutan. Dengan pengembangan dan penerapan yang tepat, SPP dapat menjadi pilar utama dalam strategi global untuk mencapai tujuan keberlanjutan jangka panjang.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Energi, Energi Berkelanjutan, Listrik, Jejak Karbon, Keberlanjutan.

ABSTRACT

This journal highlights the importance of Photovoltaic Solar Power Systems (SPP) in supporting sustainable energy. SPP converts sunlight into electricity, which not only reduces the carbon footprint but also enhances energy independence and supports environmental sustainability. Thus, this technology plays a crucial role in the transition towards green energy. Case studies in this journal demonstrate the significant contribution of SPP to green energy worldwide, showing how the implementation of SPP can reduce dependence on fossil fuels and minimize greenhouse gas emissions. The implementation of SPP in campus life is also a concern, where its application can create a more environmentally friendly and energy-independent environment. Integrating SPP into campus energy policies and infrastructure is a critical step to mitigating the impacts of climate change and ensuring a sustainable energy future. With proper development and application, SPP can become a major pillar in the global strategy to achieve long-term sustainability goals.

Keywords: solar power plant, energy, sustainable energy, electricity, carbon footprint, sustainability.

1. Pendahuluan

Faktor emisi adalah massa dari suatu polutan yang dihasilkan relatif untuk setiap unit proses, per satuan massa bahan bakar yang dikonsumsi atau per unit produksi atau juga dapat dikatakan faktor emisi merupakan nilai rata-rata suatu parameter pencemaran udara yang dikeluarkan oleh sumber spesifik (Budi & Suparman, 2013).

Aktivitas manusia dalam menghasilkan emisi CO₂ dapat dihitung dengan melihat penggunaan bahan bakar fosil dalam keseharian manusia berupa minyak bumi ataupun gas alam secara langsung dapat menghasilkan CO₂ serta melihat penggunaan listrik

untuk keperluan sehari-hari. Emisi CO₂ dari aktivitas penggunaan listrik berasal dari pembangkit listrik sebagai pemasok energi listrik yang digunakan dan nilai CO₂ yang dihasilkan dihitung dari besar daya penggunaan listrik sehari-hari (Rahmadania, 2022). Masalah pemanasan global merupakan masalah yang perlu dihadapi di seluruh dunia karena dengan adanya pemanasan global ini akan terjadi banyak perubahan di bumi (Sahlan et.al, 2022). Transportasi dan kebutuhan tenaga listrik merupakan kebutuhan pokok masyarakat perkotaan, namun memiliki dampak yang terbesar terhadap produksi karbon dioksida diudara (Edyanto, 2014).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau *Solar Power Plant* (SPP) merupakan sebuah teknologi yang mengkonversi energi sinar matahari menjadi listrik. Tenaga matahari/surya merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. salah satu sumber energi terbarukan yang paling populer dan berkelanjutan di dunia saat ini. Dengan memanfaatkan sinar matahari yang melimpah dan gratis, PLTS mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang terbatas dan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. Dalam era perubahan iklim dan kekhawatiran terhadap ketersediaan energi, PLTS menjadi solusi yang menjanjikan dalam mencapai keberlanjutan energi.

Kini PLTS terbagi hingga menjadi 3 cara penggunaan: On Grid, Off Grid dan Hybrid. Penggunaan sumber energi konvensional terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan populasi dan percepatan teknologi/industrialisasi. Di sisi lain sumber energi tersebut mengalami penipisan serta dampak polusi akibat konsumsi energi fosil kian hari semakin nyata. Untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), upaya pemanfaatan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan mutlak dilakukan. Alam Indonesia, baik dari tinjauan letak geografis maupun sumber daya alamnya, mempunyai potensi yang sangat besar akan energi yang ramah lingkungan, yang disebut dengan energi terbarukan. Dibutuhkan suatu usaha melalui studi dan penelitian, rekayasa serta pengimplementasian ke masyarakat agar potensi alam tersebut dapat dimanfaatkan dengan benar dan optimal.

Keunggulan utama dari PLTS adalah lingkungannya yang bersih dan ramah lingkungan. Selama operasionalnya, PLTS tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polusi udara lainnya. Hal ini membantu menjaga kualitas udara yang menjadi lebih baik dan mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Selain itu, panel surya yang digunakan dalam PLTS memiliki umur panjang, membutuhkan sedikit perawatan, mengurangi limbah elektronik dan memperpanjang masa pakai infrastruktur energi (Lee & Ebong, 2017). Meskipun bergantung pada banyak hal, pada umumnya umur solar panel sendiri berkisar 20 s.d. 25 tahun (kompas.com). Dengan demikian, PLTS memberikan kontribusi positif dalam menjaga kelestarian lingkungan dan ekosistem (Branker et.al, 2011).

PLTS juga memiliki manfaat ekonomi yang signifikan. Meskipun investasi awal untuk memasang panel surya bisa menjadi cukup tinggi, dalam jangka panjang, biaya operasional dan pemeliharaannya jauh lebih rendah dibandingkan dengan sumber energi fosil (Tabel 2). Sinar matahari sebagai sumber energi yang tak terbatas dan gratis memungkinkan pengguna PLTS menghemat biaya energi dalam jangka panjang. Selain itu, banyak negara dan pemerintah daerah memberikan insentif dan subsidi bagi individu, perusahaan, dan organisasi yang memasang PLTS, mendorong adopsi dan pengembangan teknologi ini.

PLTS juga berperan dalam memperluas akses energi terutama di daerah terpencil atau terisolasi yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik tradisional. Dengan memanfaatkan energi surya, masyarakat di daerah tersebut dapat memiliki akses yang lebih baik terhadap listrik yang bersih dan terjangkau. PLTS dapat digunakan pada skala kecil, seperti di rumah-rumah atau gedung-gedung komersial, sehingga memberikan manfaat langsung bagi individu dan komunitas setempat. Hal ini dapat meningkatkan taraf hidup, membuka peluang ekonomi, dan meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan, tingkat elektrifikasi Indonesia menjadi meningkat

2. Metode Penelitian

Untuk penelitian tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), ada beberapa

metode penelitian yang dapat digunakan. Berikut ini adalah beberapa metode umum yang sering digunakan dalam penelitian PLTS:

Metode Observasional: Metode ini melibatkan pengamatan dan pencatatan langsung tentang kinerja PLTS yang ada. Dalam penelitian ini, peneliti dapat memantau dan mengumpulkan data mengenai efisiensi, produksi energi, dan performa sistem PLTS yang sudah terpasang.

Metode Eksperimental: Metode ini melibatkan manipulasi variabel tertentu dalam rangka memahami pengaruhnya terhadap kinerja PLTS. Peneliti dapat merancang percobaan dengan mengubah beberapa faktor, seperti jenis panel surya, orientasi panel, atau penggunaan baterai, dan mengukur dampaknya terhadap efisiensi dan produksi energi.

Metode Simulasi: Metode ini melibatkan penggunaan perangkat lunak khusus untuk memodelkan sistem PLTS. Dalam penelitian ini, peneliti dapat menggunakan perangkat lunak simulasi untuk memprediksi kinerja PLTS dengan menginputkan data seperti lokasi geografis, kecenderungan cuaca, dan parameter teknis sistem PLTS yang diinginkan.

Metode Survei dan Wawancara: Metode ini melibatkan pengumpulan data melalui survei atau wawancara dengan para pemilik atau pengguna PLTS. Peneliti dapat mengumpulkan informasi tentang kepuasan pengguna, tantangan yang dihadapi, dan manfaat dari penggunaan PLTS.

Metode Analisis Data Sekunder: Metode ini melibatkan penggunaan data sekunder yang telah ada untuk menganalisis kinerja PLTS. Peneliti dapat menggunakan data historis tentang produksi energi PLTS dari sumber yang terpercaya atau menggunakan data yang telah diterbitkan dalam jurnal atau publikasi sebelumnya.

Pemilihan metode penelitian tergantung pada tujuan penelitian, ketersediaan sumber daya, dan batasan yang ada. Penting juga untuk mempertimbangkan keandalan dan validitas data yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini dipakai metode analisis data sekunder (studi literatur), karena hanya berbasis literatur terpercaya yang sudah diterbitkan sebelumnya secara terbatas.

3. Hasil Dan Pembahasan

Alat dan bahan yang umum digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terdiri dari beberapa komponen utama. Berikut adalah alat dan bahan yang biasanya terlibat dalam sistem PLTS:

Panel Surya (Solar Panels): Mengubah energi matahari menjadi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Panel surya, juga dikenal sebagai modul surya atau fotovoltaik (PV) panel, adalah komponen utama PLTS. Panel surya terdiri dari sel surya yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya biasanya terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon yang memiliki kemampuan untuk menangkap sinar matahari dan menghasilkan arus listrik.

Inverter: Inverter merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang kompatibel dengan sistem kelistrikan rumah atau bangunan. Inverter sangat penting dalam mengubah energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh peralatan listrik.

Sistem Penyimpanan Energi (Battery): Sistem penyimpanan energi seperti baterai dapat digunakan dalam PLTS untuk menyimpan kelebihan energi surya yang dihasilkan pada siang hari dan menggunakannya pada malam hari atau saat cuaca buruk. Sistem penyimpanan energi membantu meningkatkan efisiensi penggunaan energi surya dan memungkinkan penggunaan listrik yang terus-menerus, bahkan ketika sinar matahari tidak tersedia. Baterai dipakai menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya untuk digunakan saat matahari tidak bersinar.

Kabel dan Penghubung: Kabel dan penghubung listrik digunakan untuk menghubungkan panel surya, inverter, dan komponen PLTS lainnya. Kabel yang tahan cuaca dan penghubung yang aman dan tahan lama sangat penting untuk menjaga integritas sistem PLTS dan memastikan aliran listrik yang efisien dan aman.

Struktur Montase (Mounting System): Struktur montase atau mounting system digunakan untuk memasang panel surya secara aman dan efisien. Struktur ini dapat berupa atap khusus, rak tanah, atau sistem penyangga lainnya yang dirancang untuk mendukung panel surya dan menyesuaikan sudutnya agar mendapatkan paparan sinar matahari yang optimal. Mendukung dan mengamankan panel surya pada posisi yang optimal untuk menangkap sinar matahari.

Charge Controller: mengatur aliran listrik dari panel surya ke baterai untuk mencegah overcharging dan overdischarging. **Monitoring System:** Memantau performa sistem PLTS dan memberikan informasi tentang produksi energi, konsumsi, dan status sistem. **Diode:** Mencegah aliran balik arus dari baterai ke panel surya saat tidak ada cahaya matahari.

Selain komponen utama tersebut, PLTS juga mungkin melibatkan komponen tambahan seperti pengontrol daya, pengukur kinerja, sekering dan pemutus sirkuit, serta sistem pemantauan. Komponen tambahan sekering dan pemutus sirkuit berfungsi untuk melindungi sistem dari arus berlebih yang dapat menyebabkan kerusakan atau kebakaran. Sistem pemantauan untuk mengoptimalkan operasi dan pemantauan performa PLTS.

Penghematan Emisi Listrik

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Burhandono et.al,2022) untuk membangun sebuah sistem dengan menggabungkan energi listrik mendapatkan penghematan sebesar 133 Kwh untuk pembangunan sebuah gedung kantor dengan estimasi penghematan sebesar



Gambar 1. Pemakaian Listrik Gedung (Burhandono, et al.,2022)

Dapat dilihat pada gambar 1 penggunaan PLTS untuk diagram yang berwarna merah dan untuk diagram berwarna biru merupakan penggunaan listrik PLN. Dengan membaca diagram pada gambar 1 dapat ditarik kesimpulan bahwa memang PLTS mampu menghemat penggunaan Listrik sebesar 30%. Data ini diambil pada PLTS jenis *On-Grid*. Perbandingan Emisi dengan Energi Terdahulukan.

Dari studi Literatur yang dilakukan oleh penulis, didapati bahwa energi yang dihasilkan oleh PLTS lebih hemat dibandingkan dengan energi yang dikeluarkan oleh PLN yang menggunakan energi terdahulukan yaitu energi batu bara. Untuk menghasilkan energi PLN memerlukan panas dari batu bara yang kemudian diubah untuk menjadi energi listrik. Sedangkan energi terbarukan PLTS hanya memerlukan panas dari matahari untuk mendapatkan energi Listrik.

Tabel 1. Perbandingan Emisi 20 tahun kedepan (Permana, et al., 2022)

SPBKLU			
Tahun ke-	Emisi	PLTS Off-Grid	PLN
1	Emisi CO ₂ [TonCO ₂]	-	1,43
	Emisi CH ₄ [TonCH ₄]	-	30,01
20	Emisi CO ₂ [TonCO ₂]	-	28,60
	Emisi CH ₄ [TonCH ₄]	-	600,2

Dari **Tabel 1** dapat diambil kesimpulan bahwa karbon yang dihasilkan oleh PLN sangat jauh bila dibandingkan dengan energi PLTS yang tidak menghasilkan karbon sama sekali. Jika hal ini terus berlanjut akan berdampak besar bagi lingkungan yang kita tinggali sekarang.

Perbandingan Biaya dengan Energi Terdahulukan.

Biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik untuk PLTS memerlukan biaya Investasi yang besar diawal pada pembangunan PLTS-nya. Untuk PLN tidak memerlukan biaya investasi yang besar karena memang menggunakan energi terdahulukan yang sudah ada sehingga biaya investasi awalnya tidak besar namun untuk jangka panjang energi terdahulukan memerlukan sumber batu bara yang harganya akan terus naik seiring berjalannya waktu. Batu bara akan dapat habis jika digunakan secara terus menerus karena berasal dari alam sedangkan panas matahari tidak akan habis. Berikut pada data Tabel 2 dapat dilihat perbandingan untuk 20 tahun kedepan.

Tabel 2. Perbandingan Biaya 20 Tahun Kedepan (Permana et al., 2022)

Biaya	Sumber PLTS Off-Grid	Sumber PLN
Komponen Sumber Energi	Rp 48.649.000	-
Operasional	Rp 489.490	Rp 35.106.204
Tahun ke - 1	Rp 49.138.490	Rp 35.106.204
Tahun ke - 20	Rp 61.001.572	Rp 1.396.524.000

Didapati pada data memang untuk tahun pertama energi PLN lebih murah namun untuk jangka Panjang energi PLTS memiliki biaya yang jauh bila dibandingkan dengan PLN. Penyebab hal ini seperti yang sudah dijelaskan bahwa batu bara akan habis sedangkan panas matahari tidak akan habis.

4. Kesimpulan

Dalam Penelitian yang dilakukan memang didapati bahwa energi yang dihasilkan oleh PLTS dapat menghemat listrik. Penghematan yang didapatkan bila Listrik PLN dan dikombinasi dengan PLTS penghemataan rata-rata perbulan sebesar 30%. Hasil ini didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh Burhandono et al., (2022). Tidak hanya mendapatkan Penghematan Energi yang dihasilkan oleh PLTS juga didapati ramah lingkungan dibandingkan dengan Energi PLN yang didapatkan dari energi batu bara. Emisi yang dikeluarkan PLN dengan dari pembakaran batu bara sebesar 1,43 Tons CO₂ pertahun. PLTS tidak mengeluarkan emisi sama sekali didapati pada data Permana et al., (2022). PLTS juga memiliki nilai Investasi yang baik, Biaya PLTS memang mahal dibagian

Investasi awal dibandingkan dengan energi yang dihasilkan PLN. Proyeksi 20 tahun kedepan harga dari batu bara akan naik yang membuat harga listrik menjadi naik berkebalikan dengan PLN, untuk PLTS biaya yang diperlukan untuk menghasilkan energi juga tidak besar karena bahan baku yang diperlukan hanyalah panas matahari.

5. Daftar Pustaka

- Budi, R. F. S., & Suparman. (2013). Calculation of CO₂ emission factor for coal power plant and nuclear power plant. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 15(1), 1–8.
- Burhandono, A., Windarta, J., & Sinaga, N. (2022). Perencanaan PLTS Roof Top On-Grid Untuk Gedung Kantor PLTU Amurang Sebagai Upaya Mengurangi Auxiliary Power dan Memperbaiki Nilai Nett Plant Heat Rate Pembangkit. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(2), 61-79.
- Branker, K., Pathak, M. J. M., & Pearce, J. M. (2011). A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(9), 4470-4482.
- Edyanto, C. H. (2014). Emisi Karbon Sebagai Dasar Implementasi Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Di Dki Jakarta. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 15(1), 1–7.
- Laksono, M. Y. (2022). Berapa umur pemakaian PLTS atap di rumah?. <https://www.kompas.com/properti/read/2022/06/07/060000021/berapa-umur-pemakaian-plts-atap-di-rumah>
- Lee, T. D., & Ebong, A. U. (2017). A review of thin film solar cell technologies and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1286-1297.
- Madsuha, A. F., Setiawan, E. A., Wibowo, N., Habiburrahman, M., Nurcahyo, R., & Sumaedi, S. (2021). Mapping 30 years of sustainability of solar energy research in developing countries: Indonesia case. *Sustainability*, 13(20), 11415.
- Manurung, D. Y., Kumara, I. N. S., Ariastina, W. G., & Pangaribuan, J. (2022). Analisis Perkembangan Plts Di Provinsi Sumatera Selatan Menuju Target 296, 6 Mw Pada Tahun 2025. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 9(1). 3.
- Permana, A. F., Prasetya, S., & Saputra, Y. M. D. E. (2022, December). Studi Pendahuluan Sistem PLTS Off Grid Sebagai Sumber Mobile SPBKLU. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin (No. 1, pp. 866-872)*.
- Rahmadania, N. (2022). Pemanasan Global Penyebab Efek Rumah Kaca dan Penanggulangannya. *Ilmuteknik.Org*, 2(3), 1–12.