
Potensi Pengurangan Emisi Gas Kabron dengan Perencanaan PLTS Atap pada Gedung Fakultas Teknik 03 Untidar

Muhammad Amrullah¹, Deria Pravitasari^{2,3}, Sapto Nisworo³

^{1,2,3}Universitas Tidar

E-mail: amrullah@students.untidar.ac.id¹, deria.pravitasari@untidar.ac.id², saptonisworo@untidar.ac.id³

Article History:

Received: 01 Mei 2023

Revised: 11 Mei 2023

Accepted: 12 Mei 2023

Keywords: Solar Power, On-Grid, Irradiation

Abstract: *One way to reduce carbon dioxide emissions from power plants powered by fossil fuels is by utilizing new renewable energy sources to generate the electrical energy needed each day. The Faculty of Engineering 03 UNTIDAR Building has a roof area of 997.4 m² and a solar irradiation potential of 4.89 kWh/m² per day, so it is very probable to build a rooftop PLTS to supply the building's lighting demand. Therefore, a plan for installing a rooftop PLTS system was implemented in this study in order to contribute to the utilization of new, renewable energy and the reduction of carbon dioxide emissions. The method employed in this planning is descriptive analysis, which includes analyses of the locations for installing solar modules, the building's daily electricity usage, the technical design of the rooftop PLTS system, analyses of the energy produced, and analyses of the potential to lower carbon dioxide emissions. According to the planning results, the rooftop PLTS has a capacity of 124 kWp and can generate 135,299,299.29 kWh of electrical energy annually utilizing 231 units of 540 W solar modules that are divided into 10 strings. 8,267.97 kWh are typically exported each month to PT. PLN as electrical energy. While the potential reduction in carbon dioxide emissions is calculated to be 135,299.29 tons of CO₂ annually.*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berbagai macam potensi energi baru terbarukan yang belum optimal pemanfaatannya karena berbagai macam kendala. Padahal EBT memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil, salah satunya yaitu ramah lingkungan. Pemanfaatan EBT untuk memproduksi energi listrik menjadi salah satu upaya dalam mengurangi emisi gas karbon yang dihasilkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil (Akinsipe, 2021).

Indonesia terletak di wilayah beriklim tropis, sehingga menerima sinar matahari sepanjang tahun. Hampir setiap daerah di Indonesia menerima sinar matahari sepanjang pagi sampai sore. Energi matahari yang dipancarkan dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan modul surya. Pembangkit listrik tenaga surya memiliki berbagai kelebihan antara lain : energi baru

terbarukan tidak akan habis, ramah lingkungan, umur cell surya panjang, dan dangat cocok untuk daerah tropis seperti di Indonesia (Pravitasari & Nurhadi, 2018).

Pemerintah Indonesia menargetkan peningkatan pemanfaatan energi baru terbarukan dalam bauran energi nasional sesuai dengan target Kebijakan Energi Nasional menjadi sebesar 23% pada tahun 2025 dan sebesar 31% pada 2050. Salah satu upaya untuk mencapai target tersebut adalah setahun kemudian dibuatlah peraturan menteri ESDM No. 49 tahun 2018 mengenai produksi energi listrik menggunakan sistem PLTS atap oleh konsumen PT. PLN (Persero) untuk kepentingan pribadi, baik dari sektor rumah tangga, bisnis, pemerintah, sosial maupun industri (Kemen-ESDM, 2018).

Pemerintah Indonesia mengajak masyarakat untuk turut berpartisipasi memanfaatkan PLTS atap untuk kepentingan pribadi. Adapun ajakan tersebut dilakukan dengan menerbitkan Permen ESDM No. 26 tahun 2021 Pasal 6 ayat 1. Pada pasal tersebut dijelaskan bahwa energi listrik yang diekspor dihitung dan tercatat pada meter kWh ekspor-impor dikali 100% (seratus persen) dari harga listrik yang berlaku. Dengan adanya peraturan tersebut, masyarakat dapat menerima keuntungan secara maksimal dari PLTS atap (Kemen-ESDM, 2021).

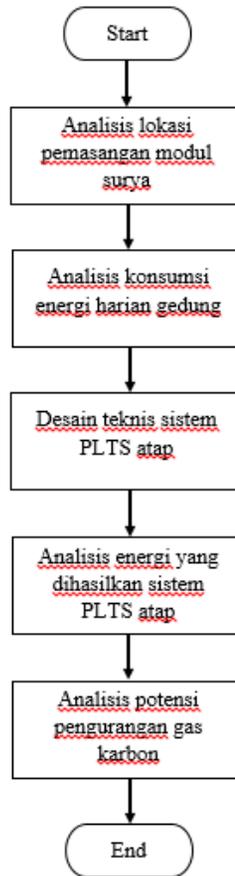
Sistem *on-grid* terhubung ke jaringan utilitas sebagai sumber utama saat malam dari dan cadangan saat siang hari apabila energi listrik yang dihasilkan sistem PLTS atap tidak mencukupi untuk melayani beban yang terhubung. Artinya kita hanya dapat memanfaatkan keuntungan dari PLTS atap hanya saat pagi hingga sore (saat masih ada sinar matahari). Selain itu, Keuntungan dari sistem *on-grid* antara lain : kesederhanaan, biaya investasi awal yang rendah, dan perawatan yang minimum (Wibowo, 2022).

Atap gedung bertingkat dapat dimanfaatkan menjadi lahan PLTS atap karena kecil kemungkinannya atap gedung bertingkat tersebut untuk terkena efek bayangan sehingga panel surya dapat memanfaatkan potensi radiasi matahari harian secara maksimal saat cuaca cerah. PLTS Atap yang dipasang pada atap gedung tersebut dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik terkait dengan pengoperasian gedung tersebut (Brito, 2017).

Gedung Fakultas Teknik 03 Universitas tidar berada di Kota Magelang terletak antara $110^{\circ} 12' 30''$ dan $110^{\circ} 12' 52''$ Bujur Timur dan antara $7^{\circ} 26' 18''$ dan $7^{\circ} 30' 9''$ Lintang Selatan serta pada ketinggian 380 meter di atas permukaan laut. Memiliki potensi iradiasi 4.89 kWh/m^2 per hari. Artinya setiap lahan dengan luas 1 m^2 saat berada pada kondisi Standart Test Condition (cuaca cerah, raiasi matahari 1000W/m^2 , suhu permukaan panel 25°C) dapat menghasilkan energi listrik sebesar 4.89 kWh / hari (Global Solar Atlas).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir tersebut adalah analisis deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan dengan perhitungan-perhitungan teknis. Berikut rincian proses analisis yang akan dilakukan dilakukan :



Gambar 1. Alur perencanaan System PLTS atap dan analisis pengurangan emisi gas karbon

Analisis Lokasi Pemasangan

Analisis lokasi merupakan salah satu proses penting dalam perencanaan PLTS. Analisis lokasi dimulai dari survei lokasi yang mempertimbangkan luas atap, jenis atap dan orientasi atap.

Agar dapat memanfaatkan potensi atap gedung semaksimal mungkin, maka modul surya disusun menutupi seluruh permukaan atap, tanpa mengabaikan faktor estetika dan kemampuan struktur atap.

Kemudian dilanjutkan dengan analisis lokasi berdasarkan letak astronomisnya. Hal tersebut diperlukan untuk mencari data mengenai tingkat iradiasi pada lokasi tersebut.

Daya Dan Energi Plts

Dalam proses perencanaan sistem PLTS perlu diperhitungkan daya dan energi listrik yang mampu dihasilkan oleh sistem PLTS atap. Iradiasi yang diterima permukaan modul surya mempengaruhi daya dan energi yang dihasilkan sistem PLTS atap. Untuk memprediksi daya pembangkit PV di setiap langkah waktu komputasi model juga harus menghitung insiden radiasi matahari global pada permukaan modul surya setiap langkah waktu. Daya modul surya P_{PV} dapat dihitung menurut persamaan berikut:

$$P_{PV} = Y_{PV} f_{PV} \left(\frac{G_T}{G_{T,STC}} \right)$$

Dimana, Y_{PV} adalah kapasitas tertulis pada modul surya (*output* daya kondisi STC), f_{PV} adalah faktor penurunan daya modul surya, G_T adalah insiden radiasi matahari, $G_{T,STC}$ adalah radiasi matahari pada kondisi uji standar 1 kW/m^2 .

Dalam kinerja sistem PLTS terdapat losses, baik itu pada panel surya, *inverter*, kabel dan pada komponen pendukung lainnya. Berikut persamaan untuk menghitung besar energi yang dihasilkan:

$$E = P_i \times PSH$$

$$PSH = \frac{\text{Iradiasi (kWh/m}^2\text{)}}{1000 \text{ (W/m}^2\text{)}}$$

Dimana E adalah energi yang dihasilkan PLTS (kwh), P_i adalah daya PV dikurangi rugi daya (watt), dan PSH adalah *Peak sun hour* (watt).

Pengurangan Emisi Gas Karbon

Pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi listrik mandiri dapat membantu mengurangi emisi gas karbon dari pembakaran bahan bakar fosil. Emisi *baseline* adalah emisi gas karbon yang timbul jikalau PLTS tidak dibangun dan beroperasi [9].

$$EB_y = E_{Gi,y} \times FE_y \times \frac{1}{(1 - TDL)}$$

dimana, EB_y adalah emisi baseline dalam periode y (ton CO_2), $E_{Gi,y}$ adalah jumlah energi listrik yang dihasilkan (kWh), FE_y adalah faktor emisi baseline (diesel default 0,8) (tCO_2/kWh), dan TDL adalah losses rata-rata transmisi dan distribusi (20%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gedung Fakultas Teknik 03 Universitas Tidar Kota Magelang berada pada dengan titik koordinat -7.46013° lintang dan 110.21664° bujur. Titik koordinat tersebut berada pada daerah dengan iklim tropis yang memiliki intensitas radiasi matahari sepanjang tahun.

Atap Gedung Fakultas Teknik 03 UNTIDAR berbentuk prisma, yang artinya atapnya memiliki orientasi ke 4 arah mata angin. Material atapnya yaitu UPVC dengan rangka atap bajaringan. Sedangkan sudut kemiringan atapnya sebesar 30° .

Dilakukan pendesainan tata letak modul surya pada atap gedung menggunakan *software* HelioScope. Modul surya yang digunakan yaitu ICA540-72HMI yang memiliki kapasitas 540 Wp.



Gambar 2. Tatanan modul surya pada atap Gedung Fakultas Teknik 03

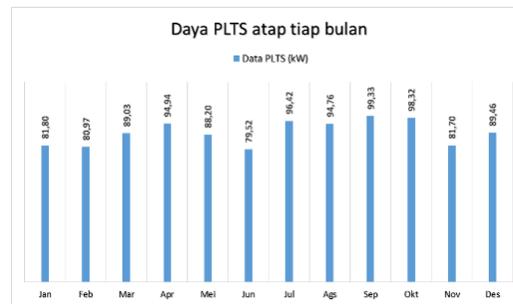
Jumlah modul surya yang dapat terpasang pada atap Gedung berjumlah 231 unit. Sehingga kapasitas PLTS atap menjadi sebesar 124,740 Wp.

Gedung Fakultas Teknik 03 Universitas Tidar terdiri atas 4 lantai dan 1 *basement*. Pada penelitian ini, dilakukan perumpamaan beban penerangan gedung menyala semua pada jam kerja, yaitu pukul 07.00 – 17.00. Pada jam setelah itu, PLTS atap dianggap sudah tidak produktif lagi, dan beban penerangan dilayani oleh jaringan listrik.

Tabel 1. Konsumsi energi listrik harian system

Gedung FT 03 UNTIDAR	Konsumsi Energi siang (Wh)	Konsumsi Energi malam (Wh)
Basement	15.800	6.560
Lantai 1	36.880	7.744
Lantai 2	49.350	5.880
Lantai 3	47.110	13.688
Lantai 4	71.860	15.088
Jumlah	221.000	48.960

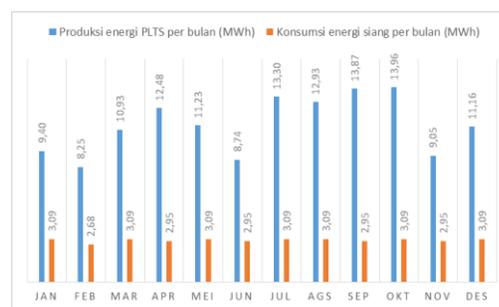
Dalam system PLTS terdapat berbagai penyebab *losses* yang berdampak pada daya dan energi listrik yang dihasilkan. Berikut hasil perhitungan daya yang dihasilkan system PLTS atap:



Gambar 3. Daya yang dihasilkan PLTS atap tiap bulan.

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa PLTS atap menghasilkan daya terbesar saat bulan September, yaitu sebesar 99,33 kW. Sedangkan daya terendah terjadi saat bulan Februari, yaitu sebesar 80,97 kW.

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan besar energi listrik yang dihasilkan. Berikut hasil perhitungan energi yang dihasilkan dan konsumsi energi listrik bulanan beban penerangan gedung :



Gambar 4. Grafik bulanan produksi dan konsumsi energi listrik saat siang.

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa dalam 1 tahun sistem PLTS atap mampu

memproduksi energi listrik sebesar 135,30 MWh. Produksi energi listrik terkecil terjadi pada bulan Juni, yaitu sebesar 291,47 kWh per hari. Sedangkan untuk produksi energi listrik terbesar sebesar 462,63 kWh per harinya pada bulan September. Secara rata-rata, besar produksi energi harian dari PLTS atap adalah sebesar 370,04 kWh.

Selain itu, dapat diketahui bahwa produksi energi listrik tiap bulannya melebihi dari konsumsi bulanan beban penenrangan saat jam kerja. Sehingga sistem PLTS atap akan melakukan ekspor energi ke jaringan PT. PLN. Total energi listrik yang diekspor ke jaringan PT. PLN sebesar 99.215,63 kWh per tahun.

Energi listrik yang diekspor ke jaringan PT. PLN akan tercatat dan terekam pada kWh exim. Saat malam / minim cahaya matahari, maka beban penenrangan akan dilayani oleh PT. PLN, maka tagihan listrik akhir bulan akan dihitung berdasarkan selisih antara jumlah energi listrik yang diekspor dan jumlah konsumsi energi listrik saat malam hari.

Tabel 2. Pengembalian sisa energi listrik yang dieskpor.

Bulan	Ekspor energi per bulan (MWh)	Konsumsi Energi malam per bulan (kWh)	Pengembalian sisa energi (kWh)
Jan	6.313,27	1.693,10	4.620,17
Feb	5.562,48	1.529,25	4.033,24
Mar	7.845,52	1.693,10	6.152,43
Apr	9.525,81	1.638,48	7.887,33
Mei	8.147,98	1.693,10	6.454,89
Jun	5.793,06	1.638,48	4.154,58
Jul	10.215,43	1.693,10	8.522,34
Ags	9.842,79	1.693,10	8.149,70
Sep	10.917,94	1.638,48	9.279,46
Okt	10.877,94	1.693,10	9.184,84
Nov	6.100,79	1.638,48	4.462,31
Des	8.072,61	1.693,10	6.379,51
Jumlah	99.215,63	19.934,84	79.280,79

Berdasarkan permen ESDM No. 26 tahun 2021 Pasal 6 ayat 1, energi listrik yang diekspor dihitung dan tercatat pada meter kWh ekspor-impor dikali 100% (seratus persen) dari harga listrik yang berlaku. Gedung Fakultas Teknik 03 UNTIDAR melanggan listrik pada PT. PLN pada golongan P-2/TM dengan tarif Rp 1.035,78 per kWh. Sehingga secara finansial, keuntungan dari energi listrik yang diekspor dapat dihitung sebagai berikut :

Tabel 3. Keuntungan ekspor energi per bulan

Bulan	Pengembalian sisa energi (kWh)	Tarif energi listrik per kWh	Pendapatan hasil ekspor energi per bulan
Jan	4.620,17	Rp 1.035,78	Rp 4.785.480,72
Feb	4.033,24	Rp 1.035,78	Rp 4.177.545,48
Mar	6.152,43	Rp 1.035,78	Rp 6.372.559,50
Apr	7.887,33	Rp 1.035,78	Rp 8.169.535,63
Mei	6.454,89	Rp 1.035,78	Rp 6.685.841,51
Jun	4.154,58	Rp 1.035,78	Rp 4.303.232,93
Jul	8.522,34	Rp 1.035,78	Rp 8.827.266,91
Ags	8.149,70	Rp 1.035,78	Rp 8.441.291,14
Sep	9.279,46	Rp 1.035,78	Rp 9.611.483,37
Okt	9.184,84	Rp 1.035,78	Rp 9.513.478,07
Nov	4.462,31	Rp 1.035,78	Rp 4.621.967,94
Des	6.379,51	Rp 1.035,78	Rp 6.607.769,33
Jumlah pendapatan per tahun			Rp 82.117.452,54

Dengan adanya PLTS atap tersebut, selain turut berpartisipasi dalam percepatan bauran EBT, juga dapat berpartisipasi dalam pengurangan emsisi gas karbon. Potensi pengurangan emisi gas karbon dengan adanya PLTS atap PLTS atap pada Gedung Fakultas Teknik 03 UNTIDAR

dengan kapasitas 124 kWp adalah sebesar 135.299,287 ton CO₂ per tahun.

KESIMPULAN

Perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap pada Gedung Fakultas Teknik 03 UNTIDAR bertujuan agar dapat berkontribusi dalam pemanfaatan Ebt dan mengurangi emisi gas karbon. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem PLTS dapat memproduksi energi listrik sebesar 135.299,29 kWh per tahun dan mengeksport energi listrik ke jaringan PLN sebesar 99.215,63 kWh per tahun. Selain dapat berkontribusi dalam percepatan bauran energi baru terbarukan dan pengurangan emisi gas karbon. PLTS atap yang direncanakan memiliki potensi pengurangan gas karbon sebanyak 135.299,287 ton CO₂ per tahun.

DAFTAR REFERENSI

- O. C. Akinsipe, "Design and economic analysis of off-grid solar PV system in Jos-Nigeria," *J. Clean. Prod.*, vol. 287, p. 125055, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125055.
- S. Nisworo, D. Pravitasari, and Nurhadi, "Tata Kelola Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Pengabd. Masy.*, pp. 1–16, 2018.
- Kemen-ESDM, "Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Thn 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT. PLN (Persero)," p. 18, 2018.
- Kemen-ESDM, "Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral No 26 Tahun 2021 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum," *Ber. Negara RI tahun 2021 Nomor 948*, no. 1, pp. 1–35, 2021.
- A. Wibowo, *Instalasi Panel Listrik Surya*. Semarang: Universitas STEKOM, 2022. [Online]. Available:
https://digilib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_7b0c285259317f76c1480d60d661e13279fdea8c_1647828394.pdf
- M. C. Brito, "The importance of facades for the solar PV potential of a Mediterranean city using LiDAR data," *Renew. Energy*, vol. 111, pp. 85–94, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.03.085.
- Q. Hassan, "Mathematical model for the power generation from arbitrarily oriented photovoltaic panel," *E3S Web Conf.*, vol. 14, 2017, doi: 10.1051/e3sconf/20171401028.
- K. Sumariana, "Desain dan Analisa Ekonomi PLTS Atap untuk Villa di Bali," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 3, p. 337, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i03.p06.
- Kemen-ESDM, "Metodologi Penghitungan Pengurangan Emisi GRK dan / atau Peningkatan Serapan Karbon dalam Kerangka Verifikasi Aksi Mitigasi," p. 9, 2020.