



Analisis Energi Pada Perancangan Instalasi Panel Surya di Zam Zam Farm Garut

Amanah Kusumadewi¹, Cecep Slamet Abadi², Tatun Hayatun Nufus², Indra
Silanegara³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

^{2,3}Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Corresponding author E-mail: amanah.kusumadewi.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

Abstrak

Tingkat fluktuasi tarif listrik yang semakin meningkat dan kebutuhan akan sumber energi terbarukan telah mendorong minat terhadap solusi berkelanjutan, salah satunya melalui penerapan Instalasi Panel Surya (PLTS). Dalam upaya mengatasi tantangan ini, penggunaan PLTS Atap on grid, terutama dalam sektor peternakan, telah muncul sebagai alternatif yang menjanjikan. Penelitian ini berfokus pada analisis tekno-ekonomi penerapan PLTS di Zam Zam Farm Garut. Dengan mempertimbangkan faktor fluktuasi tarif, efisiensi energi PLTS, dan aspek ekonomi, studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi penghematan biaya listrik jangka panjang dan kontribusinya terhadap operasional dan lingkungan kandang peternakan. Hasil analisis tekno-ekonomi terlihat bahwa pada perancangan PLTS ini memiliki potensi menghasilkan energi sekitar 892956 kWh dalam periode 25 tahun. Dengan asumsi kenaikan harga PLN sebesar 75% selama periode tersebut, potensi total penghematan biaya mencapai Rp1,446,691,725.55. Lebih lanjut, perhitungan biaya penghematan listrik mengindikasikan bahwa proyek PLTS ini berpotensi menghemat biaya listrik sekitar Rp41,030,735 dalam setahun penggunaan, dengan kisaran penghematan bulanan antara 10-32%, setara dengan Rp2,789,833 hingga Rp3,939,907. Hasil ini mengindikasikan bahwa proyek PLTS memiliki potensi ekonomi yang signifikan dalam jangka panjang dan dapat menjadi pilihan yang layak untuk diimplementasikan.

Kata-kata kunci: PLTS on-grid, Kandang Peternakan, Fluktuasi Harga Listrik, Penghematan Biaya Listrik

Abstract

The increasing fluctuation in electricity tariffs and the demand for renewable energy sources have driven interest in sustainable solutions, including the implementation of Solar Panel Installations (PLTS). To address these challenges, the use of on-grid rooftop PLTS, particularly in the livestock sector, has emerged as a promising alternative. This study focuses on the techno-economic analysis of implementing on-grid rooftop PLTS at Zam Zam Farm Garut. By considering factors such as tariff fluctuation, PLTS energy efficiency, and economic aspects, the study aims to identify the potential for long-term cost savings and its contribution to the operational and environmental aspects of livestock farming. The results of the techno-economic analysis reveal that this PLTS design has the potential to generate approximately 892956 kWh of energy over a 25-year period. Assuming a 75% increase in PLN prices during that time frame, the total potential cost savings amount to Rp1,446,691,725.55. Furthermore, calculations of electricity cost savings indicate that the PLTS project has the potential to save around Rp41,030,735 in annual electricity expenses, with monthly savings ranging from 10% to 32%, equivalent to Rp2,789,833 to Rp3,939,907. These findings underscore the significant long-term economic potential of the PLTS project, making it a viable choice for implementation.

Keywords: On-grid Solar PV Powerplant, Livestock Farming, Electricity Price Fluctuation, Cost Saving

1. PENDAHULUAN

Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber energi yang berkelanjutan apabila dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, tenaga angin, bioenergi, sinar matahari, air, dan pasang surut. [1]. Peningkatan konsumsi energi terutama dari sumber bahan bakar fosil ini banyak menimbulkan masalah lingkungan dan pemanasan global. Untuk mengatasi tantangan ini, penggunaan energi terbarukan merupakan solusi yang berkelanjutan. Salah satu bentuk energi terbarukan yang berkembang pesat adalah energi matahari.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan listrik. PLTS menggunakan prinsip pengoperasian dengan mengubah panas matahari menjadi listrik melalui panel surya. Panel surya terdiri dari sekumpulan sel surya yang berisi sel fotovoltaik. Sel-sel ini kemudian akan mengubah panas dari matahari menjadi listrik. Pengoperasian PLTS ini terbagi menjadi dua yaitu PLTS On Grid dan Off Grid[2].

PT Prakarsa Group adalah Perusahaan yang didirikan pada tanggal 22 April 1981 yang bergerak di beberapa industri seperti peternakan ikan, peternakan ayam dan restoran. Zam Zam Farm merupakan salah satu bidang usaha PT Prakarsa Group yang bergerak di bidang peternakan ayam. Zam Zam Farm berlokasi di Jl. Serang, Tambakbaya, Ciburupan, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Saat ini Zam Zam Farm memiliki 7 kandang, dimana 3 kandang telah terkoneksi dengan listrik PLN berkapasitas 197 kVA, sisa 4 kandang diharapkan selesai Juli 2023. Selain PLN, Zam Zam Farm juga memiliki sumber listrik cadangan. genset dengan kapasitas 140 KW.

Dampak lingkungan dan kelangkaan sumber daya tersebut telah mendorong Zam Zam Farm Garut beralih ke sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Energi matahari adalah solusi yang menjanjikan karena potensinya yang melimpah dan dampak lingkungan yang rendah. Untuk sektor peternakan, seperti Zam Zam Farm Garut, penerapan teknologi panel surya dapat mengoptimalkan produksi tanpa merusak lingkungan. Dengan demikian, diharapkan perancangan instalasi panel surya di Zam Zam Farm Garut dapat membantu program pemerintah dalam program NZE pada tahun 2060.

2. METODE PENELITIAN

Jurnal yang berjudul “Analisis Energi Pada Perancangan Instalasi Panel Surya di Zam Zam Farm Garut” ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu metode yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data numerik seperti survei atau eksperimen. Penelitian ini menggunakan metode deduktif untuk menguji asumsi yang dibuat selama perencanaan panel surya di Zam Zam Farm Garut. Gambar 2.1 di bawah merupakan diagram alir dari skema pengambilan data pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir

Langkah-langkah dari langkah-langkah bisnis yang diselesaikan mengacu pada diagram alur kerja. Semula muncul komentar mengenai permasalahan yang terjadi di Zam Zam Farm Garut. Masalah ini kemudian akan dirumuskan dalam tujuan penelitian. Penelitian literatur merupakan langkah pencarian informasi penelitian dalam jurnal. Penulis telah melakukan studi kepustakaan terkait desain instalasi panel surya. Studi literatur diperoleh dari berbagai sumber seperti buku teks, buku pedoman, modul dan jurnal. Tujuan dari studi pustaka ini adalah untuk membantu penulis lebih memahami topik bahasan. Kemudian dilakukan observasi lapangan langsung pada kandang untuk menemukan permasalahan pada pawang. Selanjutnya menentukan data payload yang dibutuhkan pada sangkar untuk menghitung jumlah panel yang akan dipasang. Data yang diperoleh akan menjadi dasar analisis penulis selama penelitian skripsi. Dengan data dari PVSyst, terlihat bahwa energi yang dihasilkan dari panel surya dapat mengurangi konsumsi listrik sebesar 15 PLN, membantu program pemerintah mencapai emisi nol bersih pada tahun 2060. Langkah terakhir yang penulis lakukan adalah menyimpulkan hasil yang diperoleh serta pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya. Berikut ini merupakan data penelitian yang didapat untuk penyusunan penelitian ini :

Variabel Penelitian

1. Data Operasional Instalasi Panel Surya

Tabel 1 ini adalah data operasional pada instalasi panel surya di Zam Zam Farm Garut.

Tabel 1. Data Operasional Instalasi Panel Surya

No.	Jenis Data	Jumlah	Satuan
1	Azimuth	14	derajat
2	Tilt	20	derajat
3	Trina Solar - TSM	44	pcs
4	Huawei SUN 2000 - 20 KTL - M2	1	pcs
5	Panel Box AC 60x50x22	1	pcs
6	MCB 50A	1	pcs
7	SPD 20kA	1	pcs
8	Huawei Smartlogger 1000	1	pcs
9	Kabel Komunikasi RS 485	3	meter
10	Irradiance sensor, module temperature sensor + mounting	1	set
11	Modem Internet	1	pcs
12	Kabel MC4	4	pair
13	Kabel DC 2x6mm ²	65	meter
14	Kabel AC 2x10mm ²	42	meter
15	Kabel Grounding 1x6mm ²	15	meter
16	Cabel Tray + Cover	40	meter
17	Penangkal Petir	1	Set
18	Solar Panel Railings 225 cm	45	pcs
19	Solar Panel Splice Rail	40	pcs
20	Mid Clamps	80	pcs
21	End Clamps	16	pcs
22	Mounting L-Feet	67	Pcs
23	Walkway	50	meter
24	Accessories for Walkway	100	Pcs
25	Tangga Monyet	6	meter
26	Besi Hollow Penyangga per-6m	3	pcs

2. Data Konsumsi Energi

Pada tabel 2 akan ditunjukkan data konsumsi energi di Zam Zam Farm Garut

Tabel 2. Data Konsumsi Energi

Komponen Kelistrikan pada Lokasi Site	Jumlah	Satuan Daya (W)	Total Daya (W)	Waktu Pemakaian (Jam)	Total Beban (kWh)
Lampu Outdoor	72	9	648	12	7.8
Lampu Indoor	720	18	12960	24	311.0
Blower	48	2250	108000	24	2592.0
Feeder	18	1500	27000	24	648.0
Pompa Air atau Nepple	6	400	2400	24	57.6
Heater	12	2200	26400	24	633.6
Tungku Pemanas	24	1500	36000	24	864.0
Cooloing Pad	12	1500	18000	24	432.0
Rice cooker besar	1	800	800	3	2.4
Rice cooker kecil	2	300	600	1	0.6
Dispenser	5	300	1500	24	36.0
Lampu Indoor	10	10	100	12	1.2
Lampu Outdoor	5	10	50	12	0.6
CCTV	2	24	48	24	1.2
Pompa Air untuk Sterilisasi	1	1100	1100	24	26.4
Sumersible	1	5500	5500	24	132.0
Speaker	2	100	200	4	0.8
Kulkas	1	80	80	24	1.9
Total Daya Keseluruhan (kWh)					5749.1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Pergerakan Jalur Matahari

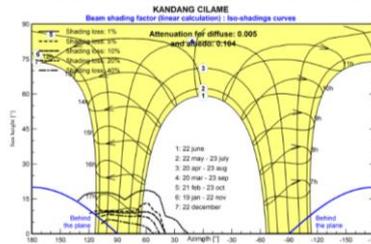
Pada Gambar 2, dapat dilihat garis lintang bumi yang terbentuk. Zam Zam Farm terletak di Garut, Jawa Barat dimana termasuk pada bagian belahan bumi Selatan. Letak bangunan yang menghadap ke Barat Laut dengan letak bangunan ini cocok dan efektif untuk memasang panel surya yang menghadap ke Timur Laut karena akan menerima sinar matahari lebih banyak ketika matahari bersinar.



Gambar 2. Garis Lintang Bumi

Desain instalasi panel surya memiliki nilai azimuth 14° yang diperoleh dari pembacaan kompas dan divalidasi oleh software PVSystem. Nilai azimuth 14° menunjukkan bahwa panel dipasang ke arah timur laut dengan sudut 14° ke arah utara yang merupakan titik 0°. Nilai positif dalam azimuth diperoleh dengan memutarinya searah jarum jam dari barat ke timur.

Diagram Cartesius matahari dihasilkan dengan menggunakan proyeksi silinder, yaitu dengan memproyeksikan belahan bumi ke permukaan silinder vertikal yang mengelilinginya. Peta ini memberikan representasi lingkaran yang cukup akurat di dekat cakrawala dengan peningkatan distorsi pada ketinggian yang lebih tinggi. Puncak membentang sepanjang garis dengan panjang yang sama dengan lingkaran cakrawala.

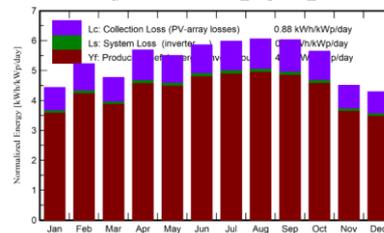


Gambar 3. Sun Path Digram

Pada Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa solar panel masih akan menghadap matahari sekitar pukul 16.45 dengan shading loss 1%. Setelah pukul 17.00 matahari akan membelakangi panel surya dengan tingkat shading loss bervariasi dari 5% hingga 40%. Cukup baik karena titik atas panel untuk menerima pancaran sinar matahari tidak terhalang oleh bayangan.

Produksi Energi yang Dihasilkan

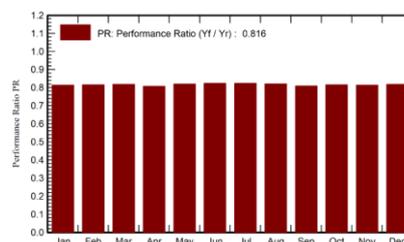
Hasil simulasi perencanaan pemasangan solar panel di Zam Zam Farm dengan total 44 panel dan kapasitas masing-masing 550 Wp. Dengan kapasitas terpasang 24,20 kWp, pembangkit ini mampu menghasilkan listrik sebesar 38,32 MWh per tahun. Gambar 4 menunjukkan energi yang dihasilkan setiap bulan selama satu tahun



Gambar 4. Normalized Productions

Pada Gambar 4 dijelaskan terdapat tiga warna yang mempunyai nilai tertentu. Pada warna merah menunjukkan energi yang dihasilkan. Energi terbesar yang dihasilkan terjadi pada bulan Agustus sekitar 4,6 kWh/kWp/hari dan daya terkecil yang dihasilkan oleh panel terjadi pada bulan Desember sekitar 3,5 kWh/kWp/hari. Sedangkan warna biru menunjukkan kerugian yang terjadi dalam sistem. Sistem yang disebutkan pada diagram di atas adalah sistem kelistrikan seperti inverter dan kabel-kabel yang terhubung. Susut sistem yang terjadi setiap bulan hanya sekitar 0,5 - 0,6 kWh/kWp/hari. Warna ungu menunjukkan collection loss. Collection loss ini berasal dari kerugian fotovoltaik akibat radiasi yang dapat ditangkap.

Gambar 4 menunjukkan nilai Performance Ratio pada perancangan pemasangan panel surya di Zam Zam Farm.



Gambar 5. Performance Ratio

Nilai ini di dapat dari standar IEC 61724 yaitu :

$$PR = \frac{Yf}{Yr}$$

$$PR = \frac{3.6}{4.4}$$

$$PR = 0.818 \text{ atau } 81.8\%$$

Pada setiap bulan, panel akan menghasilkan tingkat kinerja yang berbeda dengan nilai tertinggi pada bulan Juli mencapai 0,82 atau 82% dan terendah pada bulan April dengan nilai 0,80 atau 80%. Rata-rata *performance ratio* dalam satu tahun sekitar 0,816 atau 81,6%.

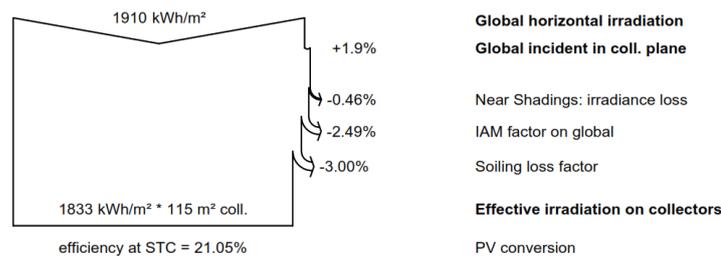
Tabel di bawah ini memuat jumlah radiasi yang dapat diterima dan energi yang dihasilkan oleh panel setiap tahunnya.

Tabel 3. Balance and Main Result

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_User MWh	E_Solar MWh	E_Grid MWh	EfrGrid MWh
January	155.4	66.39	16.73	137.6	128.2	2.767	11.26	2.584	0.123	8.68
February	156.2	62.95	16.49	146.4	137.1	2.953	26.09	2.888	0.000	23.20
March	147.7	83.31	17.24	147.9	138.7	2.991	10.72	2.771	0.155	7.95
April	159.9	63.89	17.49	170.8	161.3	3.409	28.67	3.334	0.000	25.33
May	150.7	63.18	17.96	170.6	161.1	3.460	12.73	3.301	0.085	9.43
June	149.4	49.76	17.45	175.9	166.8	3.582	25.30	3.504	0.000	21.79
July	159.6	56.76	17.25	185.4	176.0	3.776	17.21	3.692	0.000	13.52
August	170.9	67.40	17.32	187.7	178.0	3.810	21.56	3.727	0.000	17.84
September	176.7	69.29	17.25	180.9	170.7	3.619	15.24	3.540	0.000	11.70
October	182.8	81.26	17.67	175.0	164.5	3.532	22.31	3.456	0.000	18.85
November	150.1	66.55	17.11	135.4	126.3	2.724	11.29	2.557	0.106	8.74
December	150.6	76.42	17.12	133.1	124.1	2.692	26.04	2.633	0.000	23.41
Year	1910.0	807.17	17.26	1946.6	1832.8	39.314	228.42	37.986	0.469	190.43

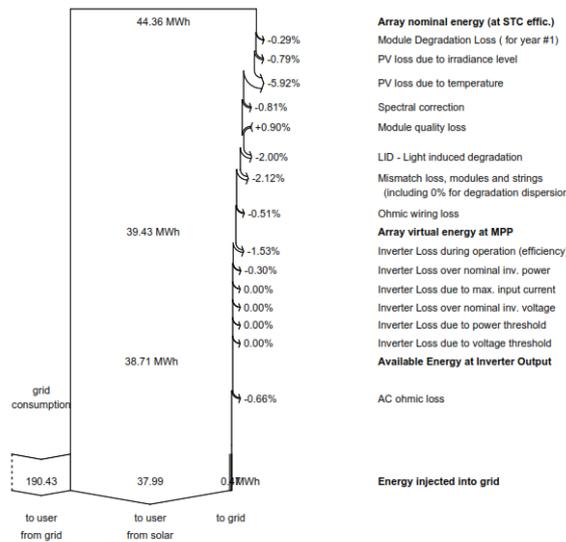
Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai radiasi di Zam Zam Farm Garut mencapai bidang horizontal dalam setiap tahun 1910 kWh/m² dengan nilai rata-rata bulanan berkisar antara 147,7-182,8 kWh/m² dan nilai iradiasi horizontal mencapai 807,17 kWh/m². Suhu rata-rata tahunan adalah 17,26°C. Nilai Global Incident in coll. Plane mencapai 1946,6 kWh/m². Kapasitas beban yang dibutuhkan kandang dalam satu tahun mencapai 228,42 MWh. Energi yang dihasilkan panel surya dalam setahun mencapai 37.986 MWh dengan puncak pada Agustus sebesar 3.727 MWh dan minimal pada November sebesar 2.557 MWh. Daya yang dialirkan dari jaringan ke beban mencapai 190,43 MWh sehingga daya yang dialirkan ke beban dari panel adalah sekitar 16,62% dari jaringan yaitu 83,36%.

Berikut akan dijelaskan mengenai detail *losses* yang terjadi pada perancangan panel surya di Zam Zam Farm. Terdapat dua jenis *losses* yaitu *luminuous* dan *electrical energy*. Gambar 6 merupakan diagram *losses* pada *luminuous energy*.



Gambar 6. Loss Diagram Luminuous Energy

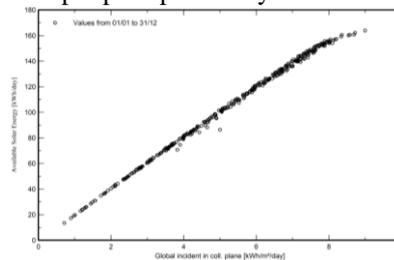
Energi total yang dapat diterima sel PV per meter persegi pada bidang horizontal permukaan bumi adalah 1910 kWh/m². Kerusakan keseluruhan pada bidang tumbukan meningkatkan energi radiasi yang diserap pelat karena pelat menghadap ke timur laut dengan kemiringan 20° sebesar 1,9%. Bayangan dekat sebesar 0,46% diperoleh dari pohon-pohon di sekitar dengan jarak yang cukup jauh. IAM *factor* atau kehilangan pantulan radiasi matahari pada panel sebesar 2,49%, yang disebabkan oleh pantulan dari material kaca housing atau pelindung PV didalamnya. Kemudian dimasukkan faktor soiling loss sebesar 3% berdasarkan ukuran keseluruhan PVsyst pada panel yang telah ditentukan, sehingga iradiasi efektif pada masing-masing bidang adalah 1833 kWh/m² dengan iradiasi radiasi PV sebesar 21,05%, sehingga energi konversinya sebesar 44,36 MWh.



Gambar 7. Loss Diagram Electrical Energy

Gambar 7 adalah diagram *losses* pada *electrical energy*. Terdapat beberapa jenis rugi-rugi, rugi-rugi terbesar sebelum masuk ke inverter adalah rugi-rugi pv akibat kenaikan suhu hingga 5,92% atau sekitar 2,62 MWh. Ketika suhu naik maka arus juga akan naik, sehingga tegangan akan turun yang menyebabkan rugi daya. Parameter yang terlampir seperti degradasi modul dan rugi inverter merupakan parameter berdasarkan hasil simulasi dari spesifikasi yang digunakan.

Gambar 8 adalah diagram input dan output pada panel surya.



Gambar 8. Daily Input/Output Diagram

Sumbu X adalah *global in coll. Plane* bidang dalam kWh/m²/hari yaitu radiasi yang dapat diterima panel setelah dimiringkan di sepanjang atap dan sumbu Y adalah energi matahari yang tersedia dalam energi kWh/hari yang dihasilkan oleh panel surya. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar radiasi yang mencapai permukaan panel maka semakin besar energi yang dihasilkan.

Jumlah CO₂ Balance

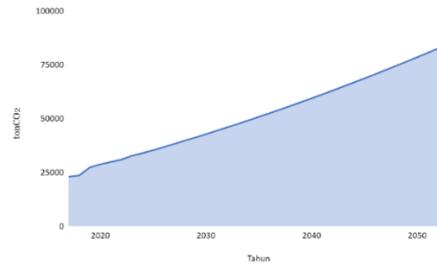
Perancangan pemasangan panel surya di Zam Zam Farm akan menghasilkan CO₂ dari komponen seperti modul, supports, dan inverter. Tabel di bawah menunjukkan jumlah CO₂ yang dihasilkan oleh panel surya selama 30 tahun.

Tabel 4. System Lyfecycle Emission Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal [kgCO ₂]
Modules	1713 kgCO ₂ /kWp	24.2 kWp	41448
Supports	4.90 kgCO ₂ /kg	440 kg	2154
Inverters	485 kgCO ₂ /	1.00	485

Modul surya menghasilkan 41,448 tCO₂, inverter 0,485 tCO₂, dan perangkat pendukung 2.154 tCO₂ dengan total emisi 44,09 tCO₂.

Pada jaringan yang terhubung dengan penghasil listrik berasal dari pembangkit seperti uap akan selalu menghasilkan emisi. Nilai emisi ini diambil dari Faktor Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kementerian ESDM Tahun 2019. PT Zam Zam Farm berlokasi di Jawa Barat dengan jaringan terpasang Jawa-Madura-Bali.



Gambar 9. Jumlah Emisi Jaringan Terhadap Tahun

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa terus terjadi kenaikan emisi tiap tahunnya. Jumlah emisi yang dihasilkan didapatkan dari rumus :

$$\text{Emisi yang Dihasilkan} = \text{Faktor Emisi} \times \text{Kapasitas Terpasang}$$

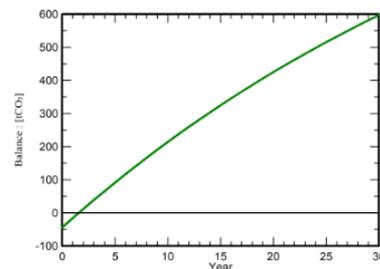
Dengan menggunakan contoh jumlah emisi yang dihasilkan pada tahun 2017 maka didapat :

$$\text{Emisi yang Dihasilkan} = 0,8 \times 28726$$

$$\text{Emisi yang Dihasilkan} = 22980 \text{ tonCO}_2$$

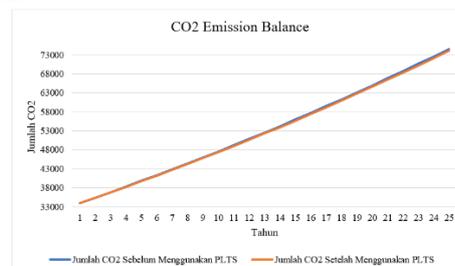
Dengan demikian emisi produksi pada tahun 2017 adalah sebesar 22980 ton CO₂. Untuk menghitung emisi CO₂ yang dihasilkan pada tahun yang akan datang digunakan metode trendline. Metode trendline di Excel digunakan untuk memvisualisasikan arah umum nilai untuk menunjukkan tren dari waktu ke waktu. Berdasarkan data yang diperoleh, pada tahun 2053 nilai CO₂ yang dihasilkan sebesar 84.799 tCO₂.

Meskipun panel surya menghasilkan CO₂ selama pembuatan komponennya, memasang panel ini juga mengurangi keberadaan CO₂ karena pembangkit listrik menggunakan bahan bakar tak terbarukan. Ini adalah emisi CO₂ yang dihasilkan selama 30 tahun.



Gambar 10. Emisi CO₂ yang Dihasilkan terhadap Waktu

Gambar di atas menunjukkan penurunan emisi CO₂ dari waktu ke waktu. Pada tahun ke-30, emisi berkurang sebesar 597,4 ton CO₂. Gambar di bawah ini adalah perbandingan CO₂ mengacu pada jaringan Jawa Madura Bali dengan Zam Zam di Jawa Barat.



Gambar 11. Perbandingan Nilai CO₂ Sebelum dan Setelah Menggunakan PLTS

Gambar 11 menunjukkan perbandingan nilai CO₂ sebelum dan sesudah menggunakan PLTS. Meskipun pengurangan CO₂ dapat diabaikan sebesar 0,9% di jaringan Jawa-Madura-Bali, PLTS ini dapat membantu pencapaian target NZE 2060.

4. KESIMPULAN

1. Hasil analisis pergerakan jalur matahari pada perancangan instalasi panel surya di Zam Zam Farm Garut adalah panel surya akan selalu membelakangi matahari mulai pukul 16.45 dengan *shading loss* sebesar 1%.
2. Hasil produksi energi yang dihasilkan pada perancangan instalasi panel surya di Zam Zam Farm Garut 38.455 MWh pada tahun pertama dengan energi maksimal pada bulan Agustus sebesar 3.727 MWh dan energi terkecil pada bulan November sebesar 2.557 MWh.
3. Hasil analisis CO₂ yang direduksi pada perancangan instalasi panel surya di Zam Zam Farm Garut sebesar 597.4 t CO₂ selama 30 tahun dengan total CO₂ yang dihasilkan pada jaringan Jawa-Madura-Bali sebesar 84.799 tCO₂

REFERENSI

1. E. Capra, P. Cremonesi, C. Francalanci, F. Merlo, and N. Parolini, "EnergiIT," *Int. J. Green Comput.*, vol. 4, no. 1, pp. 83–111, 2013, doi: 10.4018/jgc.2013010106.
2. P. B. R. N. 4, "Berita Negara," *Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones. Nomor 4 Tahun 2018*, vol. 151, no. 2, pp. 10–17, 2018.
3. A. Rachmi, B. Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne, "Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia," *PLTS Atap*, p. 94, 2020.
4. Bayuaji Kencana *et al.*, "Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat," *Indones. Clean Energy Dev. II*, no. November, p. 68, 2018.
5. E. A. Karuniawan, "Analisis Perangkat Lunak PVSYS, PVSOL dan HelioScope dalam Simulasi Fixed Tilt Photovoltaic," *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 100, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.001.
6. M. B. de Souza, É. A. Tonolo, R. L. Yang, G. M. Tiepolo, and J. Urbanetz, "Determination of diffused irradiation from horizontal global irradiation-Study for the City of Curitiba," *Brazilian Arch. Biol. Technol.*, vol. 62, no. specialissue, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1590/1678-4324-SMART-2019190014.
7. L. H. Sari and E. N. Rauzi, "Diagram Lintasan Matahari Dalam Arsitektur," *Diagr. Lintasan Matahari Dalam Arsit.*, 2020, doi: 10.52574/syiahkualainiversitypress.235.
8. R. Rafli, J. Ilham, and S. Salim, "Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop pada Gedung Fakultas Teknik UNG," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.10790.
9. K. E. dan S. D. M. R. Indonesia, "Panduan Evaluasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Fotovoltaik Tahun 2021," p. 106, 2021.