

ANALISIS HARIAN SOC BATERAI PLTS GEDUNG AC POLITEKNIK NEGERI PADANG SELAMA PERIODE 24-31 DESEMBER 2024

Roy Bayu Negara^{1*}

¹ Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

E-Mail:

¹ roybayu@pnp.ac.id

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika *State of Charge* (SoC) baterai pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terpasang di Gedung AC, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang. Data SoC dikumpulkan dengan interval per lima menit selama periode tanggal 24 Desember 2024 hingga 31 Desember 2024. Parameter yang dianalisis meliputi SoC awal, SoC akhir, SoC minimum, SoC maksimum, rata-rata SoC harian, dan perubahan SoC (Δ SoC). Rata-rata SoC awal tercatat sebesar 48,84%, SoC akhir sebesar 49,35%, nilai maksimum mencapai 100,00%, dan minimum terendah tercatat 18,20%. Perubahan SoC harian (Δ SoC) tertinggi terjadi pada 24 Desember (+53,20%), sedangkan penurunan terdalam tercatat pada 27 Desember (-55,93%). Fluktuasi ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan pola pemakaian energi harian. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem penyimpanan energi bekerja optimal dengan pengisian selalu penuh setiap hari, namun tetap ditemukan hari-hari dengan performa rendah yang mengindikasikan perlunya pengelolaan beban dan pemantauan lebih lanjut untuk menjaga keandalan sistem secara berkelanjutan.

ARTICLE INFO

Keywords:

PLTS; *State of Charge* (SoC); Baterai; *Renewable Energy*; Analisis Kinerja

Article History

Submitted:

09-01-2025

Accepted:

26-01-2025

Published:

27-01-2025

Corresponding Author:

Roy Bayu Negara, roybayu@pnp.ac.id

1. INTRODUCTION

Peningkatan kebutuhan energi listrik di berbagai sektor mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai solusi alternatif yang berkelanjutan. Salah satu sumber energi yang banyak dikembangkan adalah energi surya, yang dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Samsurizal; et al., 2021). Sistem PLTS umumnya dilengkapi dengan baterai penyimpanan guna menyimpan kelebihan daya listrik untuk digunakan saat radiasi matahari rendah atau tidak tersedia, seperti pada malam hari (Bakhtiar & Tadjuddin, 2021).

Efisiensi dan keandalan sistem penyimpanan energi sangat bergantung pada kinerja baterai, yang dapat dipantau melalui parameter *State of Charge* (SoC) (Afrida et al., 2023) (Rahmat Ihsani Yuskar, 2024). SoC menunjukkan persentase kapasitas daya baterai yang tersedia dalam periode tertentu (Rakhmawati, 2023). Fluktuasi SoC harian mencerminkan bagaimana sistem PLTS menangani siklus pengisian dan penggunaan energi, serta menggambarkan sejauh mana pemanfaatan energi surya dilakukan secara optimal (Rahmawan, 2018).

Di Gedung AC Politeknik Negeri Padang, telah dipasang sistem PLTS yang berfungsi sebagai sumber energi alternatif untuk mendukung operasional harian gedung. Dengan tersedianya data SoC per 5 menit dari tanggal 24 hingga 31 Desember 2024 sehingga diperlukan analisis lebih mendalam untuk mengevaluasi performa baterai berdasarkan pola SoC harian, nilai awal dan akhir, serta ekstrem minimum dan maksimum yang dicapai setiap harinya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja baterai PLTS melalui parameter SoC, menyusun tren perubahan harian, serta mengevaluasi efisiensi penyimpanan dan pemanfaatan daya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan sistem manajemen energi yang lebih optimal.

2. METHOD

2.1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menganalisis kinerja baterai pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berdasarkan data *State of Charge* (SoC) yang tercatat setiap 5 menit. Lokasi penelitian berada di Gedung AC Politeknik Negeri Padang, dengan data diambil selama periode 24 hingga 31 Desember 2024.

2.2. Analisis Data

2.2.1. Pengelompokan Harian

Dalam penelitian ini, data *State of Charge* (SoC) yang diperoleh dari sistem monitoring baterai direkam setiap interval 5 menit, menghasilkan ribuan data dalam rentang satu minggu. Untuk mempermudah proses analisis dan interpretasi data, dilakukan proses pengelompokan data berdasarkan tanggal (harian). Pengelompokan harian bertujuan untuk menyusun setiap baris data ke dalam kerangka waktu satu hari kalender penuh, yaitu mulai pukul 00.00 hingga 23.55. Setiap hari akan memiliki sekitar 288 data point (karena terdapat 12 data per jam $\times$ 24 jam). Dengan pendekatan ini, seluruh data SoC dapat dianalisis secara terpisah untuk setiap tanggal sehingga memungkinkan identifikasi tren harian, perubahan energi harian, dan pengisian penuh dimana SoC mendekati 100% (SoC tinggi) atau pengosongan signifikan (SoC rendah). Data yang telah dikelompokkan harian kemudian digunakan untuk menghitung parameter utama seperti SoC awal, akhir, minimum, maksimum, rata-rata, dan perubahan (Δ SoC).

2.2.2. Perhitungan Parameter Harian

Perhitungan parameter harian bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem penyimpanan energi (baterai) berbasis *State of Charge* (SoC) yang tercatat setiap interval 5 menit. Data yang diperoleh dikelompokkan berdasarkan tanggal, kemudian dihitung beberapa parameter penting.

SoC awal (*State of Charge Awal*) merupakan nilai SoC pertama pada pukul 00.00 atau nilai terdekat dari awal hari yang menunjukkan kondisi awal baterai.

$$SoC_{awal} = SoC(t_0) \quad (1)$$

SoC akhir (*State of Charge Akhir*) merupakan nilai SoC terakhir pada hari tersebut (sekitar pukul 23.55), menggambarkan kondisi akhir dari baterai sebelum memasuki hari berikutnya.

$$SoC_{akhir} = SoC(t_n) \quad (2)$$

SoC minimum (*State of Charge Minimum*) merupakan nilai minimum SoC dalam satu hari. Mewakili titik kritis minimum kapasitas penyimpanan yang tersedia.

$$SoC_{min} = \min \{SoC(t_1), SoC(t_2), \dots, SoC(t_n)\} \quad (3)$$

SoC maksimum (*State of Charge Maksimum*) merupakan nilai maksimum SoC dalam satu hari. Ini mencerminkan efektivitas pengisian baterai dari sumber energi terbarukan.

$$SoC_{maks} = \max \{SoC(t_1), SoC(t_2), \dots, SoC(t_n)\} \quad (4)$$

Rata-rata SoC harian (*State of Charge Harian*) ini menggambarkan kondisi umum kapasitas baterai sepanjang hari dengan merata-ratakan seluruh nilai SoC.

$$\overline{SoC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SoC(t_i) \quad (5)$$

Perubahan SoC harian (ΔSoC) untuk mengukur selisih antara SoC akhir dan awal, sebagai indikator energi bersih yang bertambah atau berkurang selama satu hari.

$$\Delta SoC = SoC_{akhir} - SoC_{awal} \quad (6)$$

Jika nilai ΔSoC positif berarti terjadi pengisian baterai sedangkan, jika negatif menunjukkan konsumsi energi lebih besar daripada input daya dari PLTS.

2.3. Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan menganalisis variasi harian SoC (*State of Charge*) selama periode pengamatan, yang mencakup tanggal 24 Desember 2024 hingga 31 Desember 2024. Analisis ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai bagaimana sistem penyimpanan energi merespon terhadap input energi dari PLTS dan beban pemakaian harian.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1 Hasil Rekapitulasi Harian SoC Baterai

Analisis data SoC baterai dilakukan terhadap data log harian dari tanggal 24 Desember hingga 31 Desember 2024, dengan interval pengukuran setiap 5 menit. Enam parameter utama yang dianalisis adalah SoC Awal, SoC Akhir, SoC Minimum, SoC Maksimum, Rata-rata SoC, dan ΔSoC (perubahan harian). Rekap data ditampilkan pada Tabel 1.

3.2 Analisis SoC Harian

Selama periode 24 Desember 2024 hingga 31 Desember 2024 dilakukan analisis terhadap performa baterai sistem PLTS dengan mengamati data *State of Charge* (SoC) setiap 5 menit yang kemudian direkap menjadi nilai harian. Terdapat enam parameter yang dianalisis yaitu, SoC awal (pada awal hari), SoC akhir (pada akhir hari), SoC minimum, SoC maksimum, rata-rata SoC, dan selisih SoC harian (ΔSoC) yang dihitung dari SoC akhir dikurangi SoC awal. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem baterai mampu mencapai SoC maksimum sebesar 100% setiap hari. Hal ini menandakan bahwa proses pengisian energi dari PLTS berjalan secara optimal terutama pada hari-hari dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi. Seperti pada tanggal 24 Desember 2024, terjadi peningkatan SoC harian yang sangat signifikan, yaitu sebesar +53.20% dengan SoC

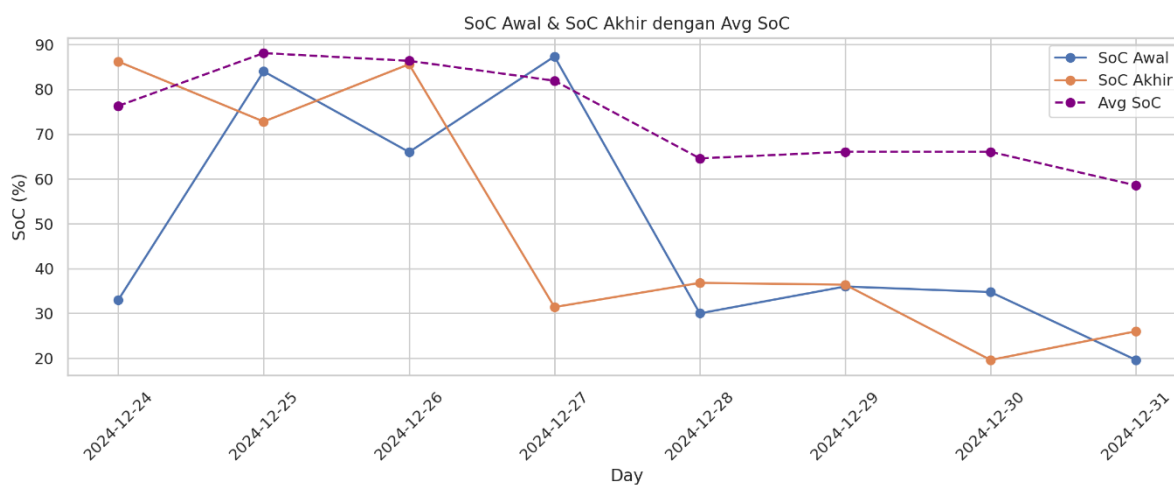
awal sebesar 33.00% dan SoC akhir mencapai 86.20%. Kondisi ini menunjukkan efisiensi pengisian energi yang sangat baik.

Tabel 1. Data SoC dari tanggal 24 Desember 2024 – 31 Desember 2024

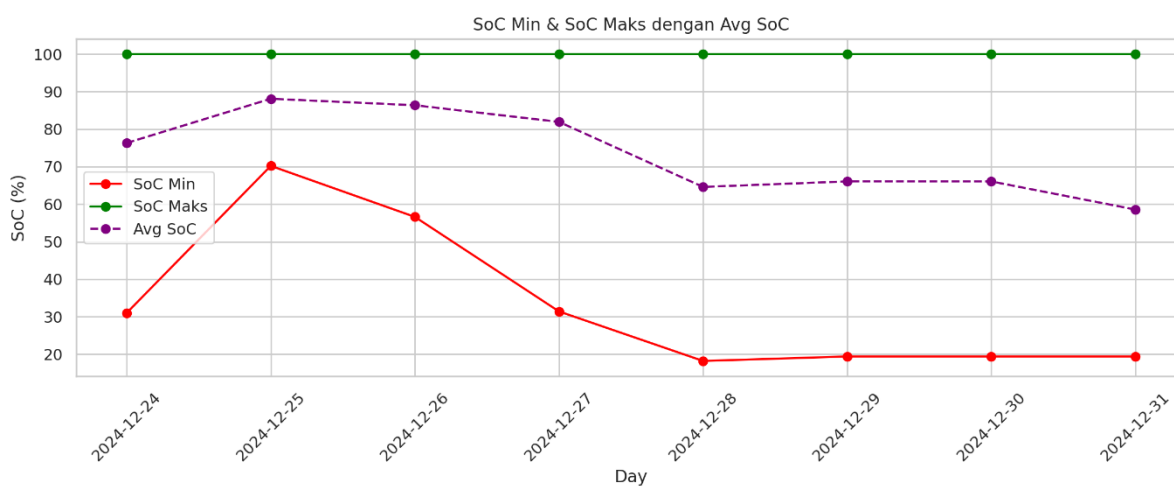
Hari	SoC Awal (%)	SoC Akhir (%)	SoC Min (%)	SoC Maks (%)	Rata-rata SoC (%)	Δ SoC (%)
24 Desember 2024	33.00	86.20	31.00	100.00	76.30	53.20
25 Desember 2024	84.00	72.80	70.20	100.00	88.09	-11.20
26 Desember 2024	66.00	85.60	56.60	100.00	86.36	19.60
27 Desember 2024	87.33	31.40	31.40	100.00	81.92	-55.93
28 Desember 2024	30.00	36.80	18.20	100.00	64.59	6.80
29 Desember 2024	36.00	36.40	19.40	100.00	66.06	0.40
30 Desember 2024	34.75	19.60	19.40	100.00	66.05	-15.15
31 Desember 2024	19.60	26.00	19.40	100.00	58.56	6.40
Rata-rata	48.84	49.35	33.20	100.00	73.49	0.51

Akan tetapi, terdapat juga hari-hari di mana Δ SoC bernilai negatif, seperti pada tanggal 25, 27, dan 30 Desember 2024. Terjadi penurunan terbesar pada tanggal 27 Desember 2024 dengan Δ SoC sebesar -55.93%. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi energi pada hari tersebut lebih besar dibandingkan dengan energi yang dihasilkan atau disimpan. Nilai SoC awal yang tinggi pada hari tersebut (87.33%) kemudian turun drastis menjadi 31.40% pada akhir hari, mengindikasikan pemakaian energi yang sangat besar atau penurunan input dari sumber PLTS, dimana hal tersebut dapat disebabkan oleh kondisi cuaca. SoC minimum harian terendah tercatat pada tanggal 28 Desember sebesar 18.20%, yang sudah mendekati batas bawah keamanan baterai. Kondisi ini perlu menjadi perhatian karena pengosongan baterai yang terlalu rendah dapat memperpendek umur baterai (Afrida et al., 2023) (Huang et al., 2020) (Sitohang, 2019). Sebaliknya, SoC tertinggi selalu berada di angka 100%, hal ini menunjukkan sistem pengisian berfungsi dengan baik namun dapat juga mengindikasikan bahwa kapasitas baterai tidak sepenuhnya dimanfaatkan oleh beban yang terlalu kecil sedangkan produksi energi sedang tinggi.

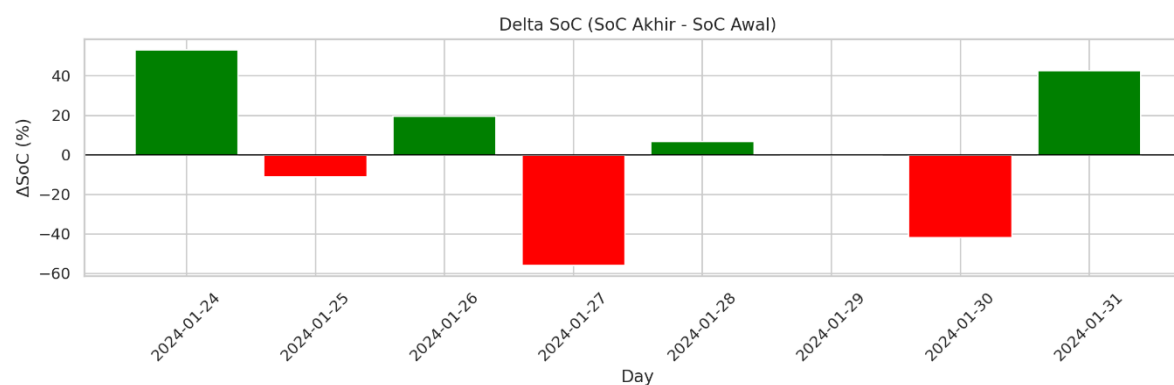
Rata-rata harian SoC selama delapan hari tersebut berada pada kisaran 73.49% dengan SoC awal rata-rata 48.84% dan SoC akhir rata-rata 49.35%. Perubahan rata-rata harian SoC (Δ SoC) hanya sebesar +0.51% ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan sistem berada dalam kondisi seimbang antara pengisian dan konsumsi beban. Meskipun demikian, adanya fluktuasi besar antara satu hari dengan hari lainnya mengindikasikan bahwa sistem perlu dimonitor dan diatur secara dinamis sesuai kondisi aktual. Secara keseluruhan data yang ada dapat dilihat jika performa sistem baterai menunjukkan kecenderungan stabil. Akan tetapi, ada beberapa hari yang perlu menjadi perhatian karena konsumsi energi melebihi kapasitas pengisian. Dengan pemantauan berkala, evaluasi Δ SoC harian, dan penyesuaian beban berdasarkan prediksi radiasi surya, performa sistem penyimpanan energi dapat ditingkatkan dan lebih dioptimalkan dalam penggunaan jangka panjang.



Gambar 1. SoC Awal dan SoC Akhir



Gambar 2. SoC Minimum dan SoC Maksimum



Gambar 3. Delta SoC (SoC Awal – SoC Akhir)

Grafik pada gambar 1 adalah SoC awal & SoC akhir dimana garis biru (SoC Awal) menunjukkan level baterai saat hari dimulai dan garis oranye (SoC Akhir) level saat hari berakhir. Ketika garis oranye berada di atas biru (24 dan 26 Des), baterai mengalami surplus energi—lebih banyak diisi daripada dikonsumsi. Sebaliknya 25 dan 27 Desember, garis oranye turun jauh di bawah biru yang menandakan defisit dan 27 Desember adalah kondisi paling ekstrem (-56 %) hal ini memiliki indikasi beban berat atau pasokan lemah. Garis putus-putus ungu (Avg SoC) memberi gambaran rata-rata harian tetap di kisaran 60–80 % kecuali setelah 27 Desember 2024 yang sedikit turun.

Grafik pada gambar 2 adalah SoC min & SoC maks dimana garis hijau datar di 100 % berarti baterai mencapai penuh setiap hari. Hal ini memastikan ketersediaan energi, namun jika terlalu sering bisa mempercepat penuaan sel baterai. Garis merah (SoC Min) menyorot titik terendah harian yaitu pada tanggal 28 Desember 2024 turun ke 18 %, hampir menyentuh batas aman kedalaman-discharge. Garis ungu tetap sebagai penunjuk rata-rata SoC yang bertahan di tengah ($\approx 70\%$) sehingga umur baterai relatif akan terjaga.

Grafik pada gambar 3 adalah grafik Δ SoC (Selisih SoC Akhir – SoC Awal) dimana batang hijau menunjukkan hari-hari dengan kenaikan perolehan energi pada tanggal 24 Desember 2024 paling tinggi sebesar 53.20 %. Batang merah menandakan pengosongan energi dimana puncaknya terjadi pada tanggal 27 Desember 2024 sebesar -56 %. Pola selang-seling hijau dan merah memperlihatkan sistem bergantian antara surplus dan defisit. Hal itu terjadi dikarenakan mengikuti variasi produksi PV dan pemakaian daya pada beban.

4. CONCLUSION

Berdasarkan analisis data SoC baterai sistem PLTS selama periode 24 Desember 2024 hingga 31 Desember 2024, performa sistem penyimpanan energi menunjukkan kinerja yang relatif stabil namun masih mengalami fluktuasi harian yang signifikan. Nilai SoC maksimum yang secara konsisten dapat mencapai 100% setiap hari menunjukkan bahwa kapasitas pengisian baterai bekerja dengan baik dan energi matahari yang tersedia telah dimanfaatkan secara optimal. Akan tetapi, nilai SoC minimum yang tercatat mencapai nilai 18.20% menunjukkan bahwa konsumsi energi melebihi pengisian yang dapat menyebabkan baterai berada pada kondisi kritis.

Selisih harian antara SoC awal dan akhir (Δ SoC) bervariasi dari -55.93% hingga +53.20%, yang menunjukkan bahwa pada hari-hari tertentu di dalam sistem mengalami surplus energi yang besar, sedangkan pada hari lainnya terjadi defisit yang sangat signifikan. Rata-rata perubahan SoC harian sebesar +0.51% mengindikasikan bahwa sistem berada dalam kondisi seimbang. Fluktuasi harian ini menandakan bahwa pengelolaan energi dalam aspek beban maupun distribusi energi masih memerlukan penyesuaian. Dengan memanfaatkan data historis dan monitoring SoC secara real-time, strategi penjadwalan beban dan pengaturan pengisian daya dapat dioptimalkan agar sistem lebih andal dan efisien. Evaluasi berkala terhadap parameter SoC seperti nilai awal, akhir, minimum, maksimum, dan selisih harian sangat penting untuk menjamin keberlanjutan dan keandalan sistem penyimpanan energi berbasis baterai dalam mendukung operasional beban di Gedung AC Politeknik Negeri Padang.

REFERENCE

- Afrida, Y., Jeckson, J., & Ubaidah, U. (2023). Studi Penentuan State Of Charge (SOC) pada Baterai Valve Regulated Lead Acid NP7-12 Menggunakan MATLAB. *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 17(2), 146–150. <https://doi.org/10.23960/elc.v17n2.2481>
- Bakhtiar, & Tadjuddin. (2021). Pengaruh Battery Management System (Bms) Pada Pengisian Baterai Lithium Sistem Plts. *Prosiding 5th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 85–91.

- Huang, X., Feng, X., Han, X., Lu, L., & Ouyang, M. (2020). Study on modeling, experimentation and state of charge estimation of parallel connected lithium-ion batteries. *International Journal of Electrochemical Science*, 15(2), 1264–1286. <https://doi.org/10.20964/2020.02.02>
- Rahmat Ihsani Yuskar. (2024). *Pemanfaatan sistem penyimpanan energi untuk memperhalus daya dari sistem fotovoltaik pada jaringan listrik tiga fase yang seimbang tesis*. 23220358.
- Rahmawan, Z. (2018). Estimasi State of Charge (Soc) Pada Baterai Lead-Acid Dengan Menggunakan Metode Coulomb Counting Pada PV Hybrid. *Its, O Surabaya*, 123.
- Rakhmawati, R. (2023). Estimasi State of Charge pada Baterai Lead Acid menggunakan Elman Recurrent Neural Network. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(4), 864. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i4.864>
- Samsurizal, Mauriraya, K. T., Fikri, M., Pasra, N., & Christiono; (2021). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).pdf* (pp. 1–53).
- Sitohang, M. P. (2019). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System. *175.45.187.195*, 31124.