

# Penentuan Kapasitas *Battery Energy Storage Systems (BESS)* Berdasarkan Profil Beban untuk Penghematan Energi Listrik pada Kondisi Beban Puncak

Sofyan Sofyan<sup>\*1,2</sup>, Ng Rong Wee<sup>2</sup>, Umar Muhammad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>2</sup>Fakulti Kejuruteraan Elektrik (FKE), Universiti Teknologi Malaysia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Bosowa

Jl. Perintis kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, 90234, Makassar, Indonesia

Jalan Pontian Lama, Taman Universiti, 81300 Skudai, Johor Darul Ta'zim, Malaysia

Jl. Kapasa Raya no. 23 Tamalanrea Makassar

\*Email: [1sofyantato@poliupg.ac.id](mailto:sofyantato@poliupg.ac.id), [2ngrongwee@graduate.utm.my](mailto:ngrongwee@graduate.utm.my)

[3umar.muhammad@politeknikbosowa.ac.id](mailto:umar.muhammad@politeknikbosowa.ac.id)

DOI:

## Abstrak

*Battery Energy Storage Systems (BESS)* telah muncul sebagai teknologi penting dalam transisi menuju sistem energi yang berkelanjutan. Spesifikasi mereka secara inheren terkait dengan kebutuhan energi dan daya dari aplikasi yang mereka layani, terutama selama periode permintaan beban Puncak. Makalah ini bertujuan untuk menjelaskan spesifikasi penting dari BESS, dengan fokus pada kapasitas energi, *Power Rating*, durasi pengosongan, efisiensi, dan pertimbangan operasional selama periode beban Puncak. Penelitian ini mengkaji spesifikasi dan strategi operasional Sistem Penyimpanan Energi Baterai (BESS) untuk manajemen permintaan beban khususnya pada waktu beban puncak. Analisis teknikal yang dilakukan menunjukkan bahwa kapasitas dan durasi pengisian serta pengosongan BESS sangat dipengaruhi oleh profil beban dan waktu beban puncak. Pada skenario pertama, dengan durasi beban puncak yang lebih panjang, kapasitas BESS yang dibutuhkan adalah 3620 kWh dengan waktu pengisian 17 jam dan pengosongan 6 jam. Skenario kedua menunjukkan kapasitas BESS sebesar 2760 kWh dengan waktu pengisian 7 jam dan pengosongan 5 jam, sementara skenario ketiga membutuhkan kapasitas BESS sebesar 650 kWh dengan waktu pengisian 4 jam dan pengosongan 4 jam. Penelitian ini menekankan pentingnya penentuan kapasitas BESS yang tepat berdasarkan profil beban spesifik untuk memastikan efisiensi dan keandalan sistem penyimpanan energi selama periode permintaan puncak. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting untuk optimasi kapasitas BESS guna mendukung keandalan jaringan listrik dan integrasi sumber energi terbarukan.

**Kata Kunci:** *Battery Energy Storage Systems (BESS), Beban puncak, Kapasitas Energy, Rating Daya, Discharge, efisiensi*

## Abstract

*Battery Energy Storage Systems (BESS)* have emerged as a crucial technology in the transition towards sustainable energy systems. Their specifications are inherently linked to the energy and power requirements of the applications they serve, particularly during peak demand periods. This paper aims to elucidate the critical specifications of BESS, focusing on energy capacity, power rating, discharge duration, efficiency, and operational considerations during peak hours. This study investigates the specifications and operational strategies of Battery Energy Storage Systems (BESS) for peak demand management. The technical analysis conducted reveals that the capacity and duration of charging and discharging of BESS are significantly influenced by load profiles and peak demand periods. In the first scenario, with a longer peak demand duration, the required BESS capacity is 3620 kWh with a charging time of 17 hours and a discharging time of 6 hours. The second scenario indicates a BESS capacity of 2760 kWh with a charging time of 7 hours and a discharging time of 5 hours, while the third scenario requires a BESS capacity of 650 kWh with a charging time of 4 hours and a discharging time of 4 hours. This study emphasizes the importance of accurately determining BESS capacity based on specific load profiles to ensure the efficiency and reliability of energy storage systems during peak demand periods. The findings provide valuable insights for optimizing BESS capacity to support grid reliability and the integration of renewable energy sources.

## 1. Pendahuluan

Penentuan kapasitas *Battery Energy Storage Systems (BESS)* berdasarkan profil beban sangat penting untuk mengoptimalkan penghematan

energi selama kondisi beban puncak. Proses ini melibatkan analisis pola permintaan beban dan menyelaraskannya dengan kemampuan BESS untuk memastikan manajemen energi yang efisien. Integrasi BESS dengan sumber energi

terbarukan, khususnya sistem Photovoltaic (PV), meningkatkan keandalan dan stabilitas pasokan listrik, terutama selama periode permintaan puncak.

Konsep nilai kapasitas, atau "kredit kapasitas", sangat penting dalam memahami bagaimana BESS dapat digunakan secara efektif bersama dengan sistem PV. Tejero dkk. menyoroti bahwa nilai kapasitas energi surya Photovoltaic relatif rendah, yang mengharuskan penggabungan BESS untuk mengurangi masalah yang terkait dengan pembangkitan berlebih dan pembatasan, sehingga mengoptimalkan penggunaan energi surya [1, 2]. Peran BESS dalam menjembatani kesenjangan antara pasokan dan permintaan energi lebih lanjut ditekankan oleh Ahmad, yang mencatat bahwa sistem penyimpanan energi mengubah energi listrik menjadi bentuk yang dapat disimpan, yang nantinya dapat diambil sesuai kebutuhan [3]. Kemampuan ini sangat bermanfaat dalam mengelola intermitensi sumber energi terbarukan, sehingga memungkinkan pasokan listrik yang lebih stabil selama kondisi beban puncak.

Selain itu, peningkatan pesat dalam kapasitas terpasang dari sumber energi terbarukan seperti angin dan matahari telah menyebabkan meningkatnya permintaan untuk solusi penyimpanan energi skala besar. Zhang membahas bagaimana sistem penyimpanan energi baterai lithium-ion (LiBESS) semakin dikenal karena kemampuan responsnya yang cepat dan kemampuannya untuk mengelola fluktuasi energi secara efektif [4, 5]. Hal ini sangat penting untuk aplikasi yang membutuhkan pengaturan frekuensi puncak dan pelacakan daya, yang sangat penting selama periode permintaan energi yang tinggi. Kemampuan BESS untuk memberikan respons cepat terhadap perubahan beban merupakan keuntungan yang signifikan dalam menjaga stabilitas dan keandalan jaringan.

Ukuran dan konfigurasi BESS juga merupakan pertimbangan penting dalam penerapannya. Li et al. menyajikan strategi pengiriman yang optimal untuk BESS dalam jaringan distribusi, dengan fokus pada peningkatan distribusi tegangan dan pemindahan beban puncak [6]. Pendekatan ini menggarisbawahi pentingnya mengukur BESS

secara akurat agar sesuai dengan profil beban spesifik jaringan listrik, sehingga meningkatkan efisiensi distribusi energi secara keseluruhan. Selain itu, integrasi algoritma canggih, seperti pengelompokan k-means, dapat membantu dalam menganalisis profil beban historis untuk menentukan ukuran optimal BESS yang diperlukan untuk menunda peningkatan jaringan distribusi, seperti yang ditunjukkan oleh Ondigo [7]. Metode ini tidak hanya membantu dalam perencanaan kapasitas yang efektif, tetapi juga berkontribusi pada penghematan biaya dalam pembangunan infrastruktur.

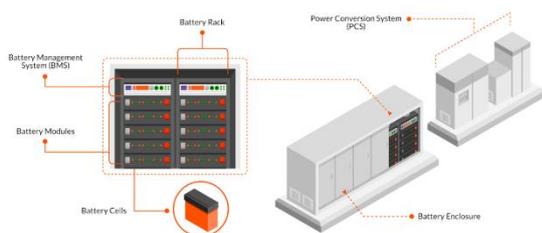
Selain ukuran kapasitas, strategi operasional BESS memainkan peran penting dalam keefektifannya. Hibridisasi sistem penyimpanan energi, seperti yang dieksplorasi oleh Wasim dkk., menggabungkan baterai dengan ultracapacitor untuk meningkatkan masa pakai baterai di bawah beban pulsa, sehingga meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan [8]. Pendekatan hibrida ini memungkinkan pengelolaan beban transien yang lebih baik, yang umum terjadi selama periode permintaan puncak. Demikian pula, Liu et al. mengusulkan model optimasi kapasitas untuk sistem penyimpanan energi hibrida, yang menekankan pentingnya konfigurasi dalam meningkatkan kualitas dan keandalan daya di microgrid [9]. Strategi semacam itu sangat penting untuk memastikan bahwa BESS dapat merespons secara efektif terhadap permintaan beban yang bervariasi.

Kelayakan ekonomi dari penerapan BESS adalah faktor penting lain yang mempengaruhi adopsi mereka. Potensi BESS untuk menunda peningkatan yang mahal pada jaringan distribusi disorot dalam karya Ondigo, yang menggambarkan bagaimana data beban historis dapat menginformasikan ukuran BESS untuk mengoptimalkan hasil ekonomi [7, 10]. Aspek ini sangat relevan dalam konteks peningkatan permintaan listrik, di mana operator sistem berada di bawah tekanan untuk meningkatkan kapasitas jaringan distribusi tanpa menimbulkan biaya yang berlebihan. Integrasi BESS tidak hanya menyediakan penyangga terhadap beban puncak tetapi juga menawarkan solusi yang sehat secara finansial untuk mengelola investasi infrastruktur.

Selain itu, manfaat lingkungan dari penggunaan BESS bersama dengan sumber

energi terbarukan tidak dapat diabaikan. Pengurangan emisi gas rumah kaca dan promosi praktik energi berkelanjutan semakin penting dalam konteks perubahan iklim global. Rajanna dan Kumar menekankan bahwa BESS sangat penting untuk mempertahankan catu daya yang konstan saat mengintegrasikan sistem PV surya, sehingga meningkatkan keandalan dan keberlanjutan pembangkitan energi [11]. Sinergi antara BESS dan sumber energi terbarukan berkontribusi pada lanskap energi yang lebih tangguh dan ramah lingkungan.

Tantangan operasional yang terkait dengan BESS, terutama dalam hal penuaan dan penurunan kinerja, juga perlu diperhatikan. Penelitian oleh Zhang tentang penuaan baterai lithium iron phosphate menggarisbawahi perlunya strategi manajemen yang efektif untuk memperpanjang masa pakai baterai dan mempertahankan kinerja [12]. Memahami kondisi kesehatan (SOH) baterai sangat penting untuk mengoptimalkan strategi pengisian dan pengosongan, yang secara signifikan dapat berdampak pada efisiensi sistem penyimpanan energi secara keseluruhan. Aspek ini lebih lanjut didukung oleh temuan Alrashidi, yang membahas peran BESS dalam pengaturan tegangan dalam sistem distribusi tegangan rendah, yang menyoroti perlunya manajemen yang efektif untuk memastikan kinerja yang optimal [13, 14].



Gambar 1. Modul Battery Energy Storage System (BESS)

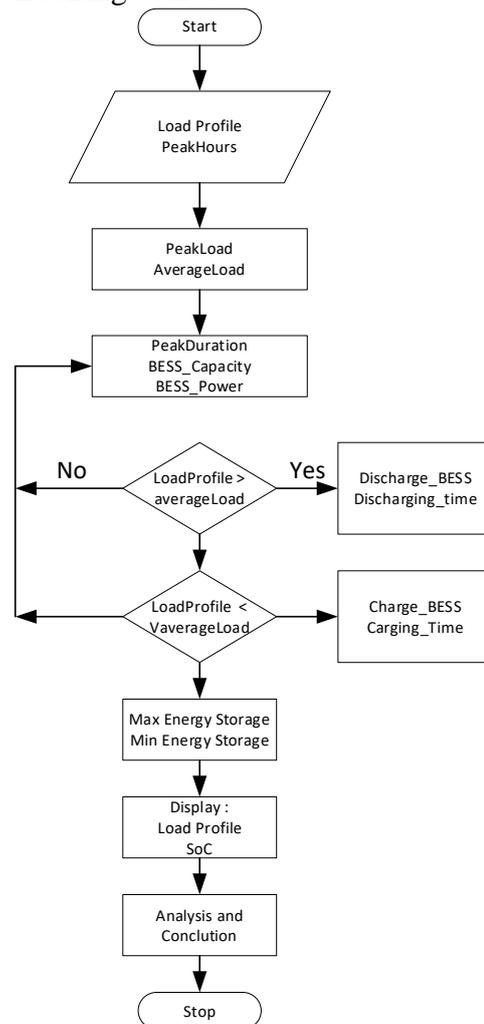
Sistem Penyimpanan Energi Baterai (BESS) memainkan peran penting dalam integrasi energi terbarukan, terutama dalam hal sistem tenaga surya. BESS memungkinkan penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel Photovoltaic (PV) untuk digunakan saat permintaan energi tinggi atau saat produksi energi rendah, meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem energi secara keseluruhan.

Salah satu fungsi utama BESS adalah untuk menyimpan energi yang dihasilkan selama

periode produksi tinggi dan memasok energi saat permintaan meningkat. Penelitian menunjukkan bahwa BESS dapat mengurangi fluktuasi dalam penyediaan energi dari sumber terbarukan, seperti solar dan angin, yang sering kali tidak stabil [15]. Dengan kemampuan untuk merespons dengan cepat terhadap perubahan permintaan dan penawaran, BESS membantu menjaga kestabilan jaringan listrik dan mengurangi risiko pemadaman [16]. Selain itu, BESS juga dapat berfungsi sebagai cadangan energi, yang sangat penting dalam sistem yang bergantung pada sumber energi terbarukan yang bersifat intermittent [17].

2. Metode

Metode Sistem Dinamis diterapkan dalam tulisan ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, metode ini digunakan untuk memodelkan dan menganalisis sistem yang berubah seiring waktu



Gambar 2. Diagram alir penelitian

## 2.1. Profil beban

Load profile adalah representasi pola konsumsi energi yang menggambarkan fluktuasi penggunaan daya dalam suatu sistem atau perangkat sepanjang periode waktu tertentu. Load profile ini bisa diperoleh untuk berbagai periode waktu, seperti harian, mingguan, atau tahunan, dan memberikan gambaran tentang kapan energi dibutuhkan serta seberapa banyak energi yang digunakan dalam suatu periode. Melalui analisis load profile, kita dapat memperoleh wawasan yang sangat penting mengenai pola konsumsi energi, yang pada gilirannya membantu dalam perencanaan dan perancangan sistem distribusi energi yang lebih efisien dan dapat diandalkan [18, 19].

Salah satu komponen penting dalam load profile adalah puncak beban (peak load). Puncak beban merujuk pada waktu-waktu tertentu dalam sehari ketika permintaan energi meningkat tajam. Pada saat puncak beban ini, konsumsi energi mencapai titik tertinggi, yang sering kali bertepatan dengan jam-jam ketika sebagian besar pengguna aktif mengonsumsi energi secara bersamaan, seperti pagi hari atau malam hari [20]. Keberadaan puncak beban ini menuntut kapasitas pembangkit yang cukup besar untuk menanggulangi lonjakan permintaan daya yang terjadi dalam waktu singkat. Sumber daya yang ada harus mampu menyesuaikan diri dengan fluktuasi permintaan ini untuk memastikan pasokan yang stabil dan dapat diandalkan[21, 22]

**Tabel 1. Profil beban sistem**

Jam ke	1	2	3	4	5	6
Beban [kW]	50	60	70	80	90	100
Jam ke	7	8	9	10	11	12
Beban [kW]	200	300	500	600	700	650
Jam ke	13	14	15	16	17	18
Beban [kW]	600	500	400	300	200	150
Jam ke	19	20	21	22	23	24
Beban [kW]	100	80	70	60	50	40

## 2.2. Kapasitas BESS

Kapasitas baterai adalah ukuran kemampuan baterai untuk menyimpan energi listrik, yang dinyatakan dalam satuan kilowatt-jam (kWh) untuk aplikasi skala kecil hingga menengah, seperti kendaraan listrik dan penyimpanan energi rumah tangga, serta dalam megawatt-jam (MWh) untuk aplikasi skala besar, seperti penyimpanan

energi di fasilitas pembangkit listrik. Kapasitas ini sangat penting dalam menentukan efisiensi dan efektivitas penggunaan baterai dalam berbagai aplikasi, terutama dalam konteks energi terbarukan dan kendaraan listrik[23]

$$C = I \times t \quad (1)$$

Kapasitas energi baterai, sering dinyatakan dalam watt-jam (Wh) atau kilowatt-jam (kWh), dapat dihitung sebagai:

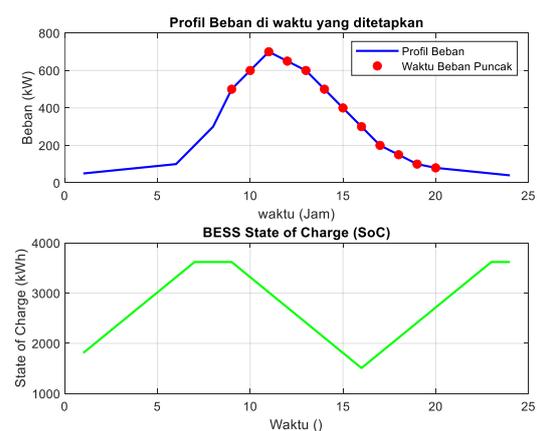
$$E = C \times V \quad (2)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil

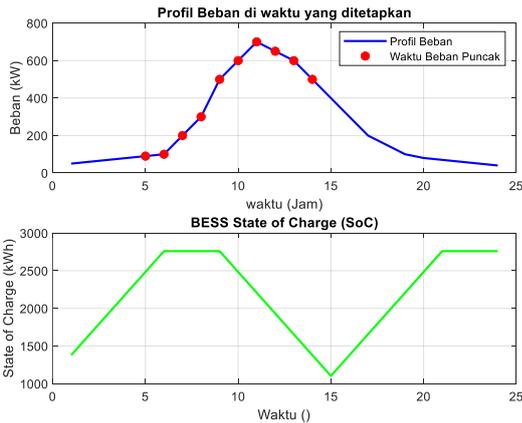
Terdapat tiga skenario yang telah dilakukan dalam penelitian ini. Skenario yang dimaksudkan adalah penentuan durasi waktu beban puncak dengan pilihan tiga variasi durasi yakni jam 09:00-20:00, 24 jam 05:00-14:00 dan 09:00-14:00. setelah penentuan durasi beban-beban puncak penelitian dilanjutkan dengan menghitung kapasitas BESS yang dibutuhkan untuk keperluan pelanggan. Selain kapasitas BESS, beberapa variabel lain yang bersesuaian juga telah dihitung. Grafik dan hasil dari variabel-variabel yang dimaksudkan dapat dilihat pada tabel dan grafik secara berurutan.

**Scenario 1:** waktu beban puncak jam 09:00-20:00



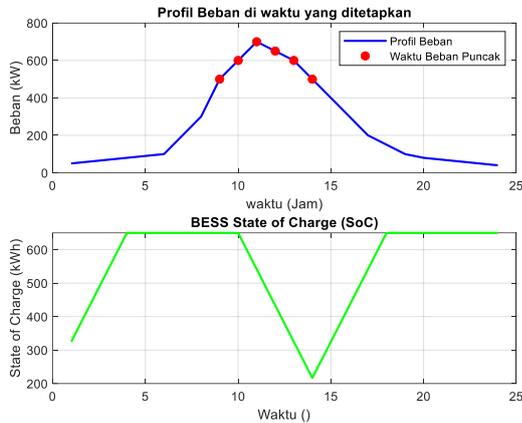
**Gambar 3.1. Profil beban sistem dan waktu beban puncak scenario pertama**

**Scenario 2:** waktu beban puncak jam 05:00-14:00



Gambar 3.2. Profil beban sistem dan waktu beban puncak skenario kedua

**Skenario 3:** waktu beban puncak jam 09:00-14:00



Gambar 3.3. Profil beban sistem dan waktu beban puncak skenario kedua

Beban puncak sistem sebagaimana yang tersaji pada gambar 3.1 sampai 3.3 adalah 700 kW. Sesuai dengan skenario yang telah ditekan maka dapat diketahui kapasitas BESS dan beberapa objektif lainnya yang dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini:

**Tabel 2. Kapasitas BEES pada variasi waktu Beban Puncak**

Objektif	Sken.I	Sken.II	Sken.III
Average Load [kW]	398.33	424.00	591.67
BESS Capacity [kWh]	3620.00	2760.00	650.00
BESS Power Rating [kWh]	301.67	276.00	108.33
Max.Energy Stored [kWh]	3620.00	2760.00	650.00
Min.Energy	1508.33	1104.00	216.67

Objektif	Sken.I	Sken.II	Sken.III
Stored [kWh]			
Charging Time [Jam]	17	18	20
Discharging Time [Jam]	7	6	4

### 3.2 Pembahasan

Analisis teknikal yang mengkorelasikan antara gambar 3.1, gambar 3.2, dan gambar 3.3 terhadap Tabel 2 menunjukkan bahwa profil beban sistem pada ketiga skenario memiliki puncak beban yang sama, yaitu 700 kW. Gambar 3.1 menggambarkan profil beban sistem dan waktu beban puncak pada skenario pertama (09:00-20:00), di mana beban puncak terjadi pada jam 11:00 hingga 12:00 dengan beban mencapai 700 kW. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada skenario ini, kapasitas BESS yang dibutuhkan adalah 3620 kWh dengan waktu pengisian 17 jam dan waktu pengosongan 6 jam. Hal ini menunjukkan bahwa BESS harus mampu menyimpan energi yang cukup untuk memenuhi permintaan selama periode beban puncak yang panjang.

Pada gambar 3.2, skenario kedua (05:00-14:00) menunjukkan profil beban sistem dengan puncak beban yang terjadi lebih awal, yaitu pada jam 09:00 hingga 10:00 dengan beban mencapai 700 kW. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada skenario ini, kapasitas BESS yang dibutuhkan adalah 2760 kWh dengan waktu pengisian 7 jam dan waktu pengosongan 5 jam. Perbedaan dalam durasi beban puncak dan waktu pengisian/pengosongan ini menunjukkan bahwa BESS harus dioptimalkan untuk mengakomodasi variasi dalam profil beban harian, memastikan bahwa energi yang disimpan cukup untuk memenuhi permintaan selama periode puncak yang lebih singkat.

Gambar 3.3 menggambarkan skenario ketiga (09:00-14:00) dengan profil beban sistem yang menunjukkan puncak beban pada jam 11:00

hingga 12:00 dengan beban mencapai 700 kW. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada skenario ini, kapasitas BESS yang dibutuhkan adalah 650 kWh dengan waktu pengisian 4 jam dan waktu pengosongan 4 jam. Skenario ini menunjukkan bahwa dengan durasi beban puncak yang lebih pendek, kapasitas BESS yang dibutuhkan juga lebih kecil. Analisis ini menekankan pentingnya penentuan kapasitas BESS yang tepat berdasarkan profil beban spesifik untuk memastikan efisiensi dan keandalan sistem penyimpanan energi.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kapasitas dan durasi pengisian serta pengosongan *Battery Energy Storage Systems* (BESS) sangat dipengaruhi oleh profil beban dan waktu beban puncak. Pada skenario pertama, dengan durasi beban puncak yang lebih panjang, kapasitas BESS yang dibutuhkan adalah 3620 kWh dengan waktu pengisian 17 jam dan pengosongan 6 jam. Skenario kedua menunjukkan kapasitas BESS pentingnya penentuan kapasitas BESS yang tepat berdasarkan profil beban spesifik untuk memastikan efisiensi dan keandalan sistem penyimpanan energi.

Kekurangan dari riset ini terletak pada

keterbatasan dalam variasi skenario beban puncak yang dianalisis, serta kurangnya pertimbangan terhadap faktor-faktor eksternal seperti perubahan cuaca dan fluktuasi harga energi yang dapat mempengaruhi kinerja *Battery Energy Storage Systems* (BESS). Penelitian ini juga tidak mencakup analisis biaya manfaat yang komprehensif untuk menentukan kelayakan ekonomi dari implementasi BESS dalam berbagai kondisi operasional. Untuk memperbaiki kekurangan ini, penelitian selanjutnya sebaiknya mencakup analisis skenario yang lebih beragam, termasuk variasi dalam durasi dan intensitas beban puncak, serta mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang relevan. Selain itu, analisis biaya manfaat yang mendalam perlu dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi ekonomi dari berbagai konfigurasi dan strategi operasional BESS, guna memastikan bahwa solusi yang diusulkan tidak hanya teknis layak tetapi juga ekonomis berkelanjutan.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada tim riset Laboratorium Deman Side Management, Center of Electrical energy system (CEES), Fakultas kejuruteraan Elektrik, UTM Johor.

#### Referensi

- [1] J. A. Tejero, A. A. Bayod-Rújula, and M. H. Larrodé, "Firm Capacity of PV+STG Systems," *Renewable Energy and Power Quality Journal*, vol. 20, no. 2, 2024, doi: 10.24084/repqj20.250.
- [2] V. Sharma, S. M. Aziz, M. H. Haque, and T. Kauschke, "Energy Economy of Households With Photovoltaic System and Battery Storage Under Time of Use Tariff With Demand Charge," *Ieee Access*, vol. 10, pp. 33069-33082, 2022, doi: 10.1109/access.2022.3158677.
- [3] U. S. Ahmad, I. G. Yaro, M. A. Ahmad, and Y. Y. u. Gambo, "Battery Energy Storage System for Building Integrated Photovoltaic Applications," *Umyu Scientifica*, vol. 2, no. 4, pp. 102-107, 2023, doi: 10.56919/usci.2324.012.
- [4] W. Zhang *et al.*, "Risk Analysis of Lithium Battery Energy Storage Systems Under Typical Failures," *Journal of Physics Conference Series*, vol. 2788, no. 1, p. 012057, 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2788/1/012057.
- [5] A. Hafeez, R. Alammari, and A. Iqbal, "Utilization of EV Charging Station in Demand Side Management Using Deep Learning Method," *Ieee Access*, vol. 11, pp. 8747-8760, 2023, doi: 10.1109/access.2023.3238667.
- [6] X. Li, R. Ma, W. Gan, and S. Yan, "Optimal Dispatch for Battery Energy Storage Station in Distribution Network Considering Voltage

- Distribution Improvement and Peak Load Shifting," *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, vol. 10, no. 1, pp. 131-139, 2022, doi: 10.35833/mpce.2020.000183.
- [7] E. Ondigo and C. Wekesa, "Economic Viability of Distribution Network Upgrade Deferral Through BESS Sizing From K-Means Clustered Annual Load Profile Data," *Engineering Technology & Applied Science Research*, vol. 14, no. 3, pp. 14517-14524, 2024, doi: 10.48084/etasr.7189.
- [8] M. S. Wasim, S. Habib, M. Amjad, A. R. Bhatti, E. M. Ahmed, and M. A. Qureshi, "Battery-Ultracapacitor Hybrid Energy Storage System to Increase Battery Life Under Pulse Loads," *Ieee Access*, vol. 10, pp. 62173-62182, 2022, doi: 10.1109/access.2022.3182468.
- [9] S. Liu, Y. He, J. Zhang, and K. Deng, "Optimal Configuration of Hybrid Energy Storage Capacity in a Microgrid Based on Variational Mode Decomposition," *Energies*, vol. 16, no. 11, p. 4307, 2023, doi: 10.3390/en16114307.
- [10] A. Ayyub, M. M. H. Nasir, A. K. Janjua, and A. Khattak, "Demand Side Management Using Battery Energy Storage System for a Sample Residential Load of Pakistan," *Pakistan Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 78-82, 2022, doi: 10.51846/vol5iss1pp78-82.
- [11] B. Rajanna and M. Kumar, "Comparison Study of Lead-Acid and Lithium-Ion Batteries for Solar Photovoltaic Applications," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (Ijpedes)*, vol. 12, no. 2, p. 1069, 2021, doi: 10.11591/ijpedes.v12.i2.pp1069-1082.
- [12] Z. Zhang, L. Lu, Y. Li, H. Wang, and M. Ouyang, "Experimental Study on High-Temperature Cycling Aging of Large-Capacity Lithium Iron Phosphate Batteries," *Journal of Physics Conference Series*, vol. 2584, no. 1, p. 012046, 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2584/1/012046.
- [13] M. R. AlRashidi, "Community Battery Storage Systems Planning for Voltage Regulation in Low Voltage Distribution Systems," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 18, p. 9083, 2022, doi: 10.3390/app12189083.
- [14] M. A. Fotouhi Ghazvini, K. Antoniadou - Plytaria, D. Steen, and L. A. Tuan, "Two - stage Demand - side Management in Energy Flexible Residential Buildings," *The Journal of Engineering*, vol. 2024, no. 4, 2024, doi: 10.1049/tje2.12372.
- [15] U. Datta, A. Kalam, and J. Shi, "A review of key functionalities of battery energy storage system in renewable energy integrated power systems," *Energy Storage*, vol. 3, no. 5, p. e224, 2021.
- [16] E. Achiluzzi, K. Kobikrishna, A. Sivabalan, C. Sabillon, and B. Venkatesh, "Optimal Asset Planning for Prosumers Considering Energy Storage and Photovoltaic (PV) Units: A Stochastic Approach," *Energies*, vol. 13, no. 7, p. 1813, 2020, doi: 10.3390/en13071813.
- [17] K. Prakash *et al.*, "A review of battery energy storage systems for ancillary services in distribution grids: Current status, challenges and future directions," *Frontiers in Energy Research*, vol. 10, p. 971704, 2022.
- [18] R. Tolas, R. Portase, and R. Potolea, "From Individual Device Usage to Household Energy Consumption Profiling," *Electronics*, vol. 13, no. 12, p. 2325, 2024.
- [19] S. Yuan, Z.-Z. Hu, J.-R. Lin, and Y.-Y. Zhang, "A framework for the automatic integration and diagnosis of building energy consumption data," *Sensors*, vol. 21, no. 4, p. 1395, 2021.
- [20] K. Muratov, A. Isakov, K. Kadirov, and A. Kushev, "Applying Different Time Enterprises Rates for Electricity Consumption Industrial and Its Impact on the Energy System," *E3s Web of*

- Conferences, vol. 452, p. 04004, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202345204004.
- [21] Y. Guo, X. Xia, Z. Wang, Y. Liu, and Z. Li, "Demand Response Strategy Study of a Radiant Roof Cooling System Based on the Thermal Inertia of the Building Envelope," *Building Services Engineering Research and Technology*, vol. 45, no. 1, pp. 39-51, 2023, doi: 10.1177/01436244231208078.
- [22] A. K. Al Mhdawi and H. S. Al-Raweshidy, "A smart optimization of fault diagnosis in electrical grid using distributed software-defined IoT system," *IEEE Systems Journal*, vol. 14, no. 2, pp. 2780-2790, 2019.
- [23] J. de la Vega, J.-R. Riba, and J. A. Ortega-Redondo, "Real-Time Lithium Battery Aging Prediction Based on Capacity Estimation and Deep Learning Methods," *Batteries*, vol. 10, no. 1, p. 10, 2023.