

**OPTIMISASI PENGENDALIAN PENYIMPANAN ENERGI PADA  
SISTEM LISTRIK BEBAS DENGAN MEMANFAATKAN  
TEKNOLOGI BATTERY MANAGEMENET SYSTEM (BMS)**

**Marson James Budiman<sup>1</sup>, Fanny Jouke Doringin<sup>2</sup>**

Politeknik Negeri Manado

E-mail: [marsobudi@elektro.polindo.ac.id](mailto:marsobudi@elektro.polindo.ac.id)<sup>1</sup>, [fannydoringin@gmail.com](mailto:fannydoringin@gmail.com)<sup>2</sup>

**Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengendalian penyimpanan energi dalam sistem listrik bebas dengan memanfaatkan teknologi Battery Management System (BMS). Sistem listrik bebas, yang semakin populer sebagai solusi energi terbarukan, mengandalkan sumber daya energi seperti panel surya, turbin angin, dan baterai untuk memenuhi kebutuhan energi. Penggunaan penyimpanan energi dalam sistem ini menjadi krusial untuk mengatasi fluktuasi sumber energi terbarukan yang tidak dapat diprediksi. Penelitian ini mencakup analisis, perancangan, dan implementasi BMS yang canggih dalam rangka meningkatkan efisiensi pengelolaan penyimpanan energi dalam sistem listrik bebas. Dengan mengintegrasikan BMS yang cerdas, kita dapat mengoptimalkan pengisian dan pengosongan baterai sesuai dengan permintaan beban, ketersediaan sumber daya terbarukan, serta faktor-faktor lain yang memengaruhi kinerja sistem.. Algoritma ini memungkinkan pengoptimalan yang dinamis dan real-time dari operasi penyimpanan energi. Kami juga melakukan simulasi komputer untuk menguji dan memvalidasi kinerja sistem dengan berbagai skenario. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan BMS dalam sistem listrik bebas dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi biaya operasional dalam jangka panjang. Selain itu, sistem ini dapat membantu meningkatkan keandalan pasokan energi dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.*

**Kata Kunci:** Pengendalian, Energi, Sistem, Listrik, Teknologi

**PENDAHULUAN**

Energi terbarukan telah menjadi fokus utama dalam transformasi sektor energi global. Sumber daya seperti panel surya, turbin angin, dan pembangkit listrik tenaga air semakin diadopsi sebagai alternatif yang ramah lingkungan untuk sumber energi konvensional. Sistem listrik bebas, yang mengandalkan energi terbarukan sebagai sumber energi utama, telah menjadi simbol keberlanjutan dan pengurangan dampak lingkungan dalam penyediaan energi listrik. Namun, sistem-sistem ini tidak tanpa tantangan, terutama terkait dengan fluktuasi sumber energi terbarukan yang tidak dapat diprediksi dan kapasitas penyimpanan energi yang terbatas.

Pentingnya penyimpanan energi dalam sistem listrik bebas tidak bisa diabaikan. Penyimpanan energi memungkinkan penyimpanan kelebihan energi yang dihasilkan saat sumber energi terbarukan berlebihan, dan kemudian melepaskannya saat sumber energi terbarukan kurang atau tidak tersedia. Ini membantu meratakan pasokan energi, meningkatkan keandalan pasokan, mengurangi biaya operasional, dan meminimalkan ketergantungan pada sumber energi fosil.

Perkembangan teknologi energi terbarukan seperti panel surya dan turbin angin telah

mengubah lanskap sumber energi. Sistem listrik bebas cenderung mengandalkan sumber energi terbarukan ini, yang dapat sangat fluktuatif dalam hal ketersediaan. Sumber energi terbarukan terbatas oleh faktor cuaca dan musim, yang dapat menghasilkan surplus energi pada saat-saat tertentu dan kekurangan pada saat-saat lain. Karena itu, penyimpanan energi menjadi penting untuk meratakan pasokan energi. Optimalisasi pengendalian penyimpanan energi dapat membantu mengurangi biaya operasional dan mengurangi emisi karbon dengan meminimalkan penggunaan sumber energi fosil.

Untuk mencapai manfaat penuh dari penyimpanan energi dalam sistem listrik bebas, pengendalian yang tepat dan optimal diperlukan. Inilah tempat teknologi Battery Management System (BMS) memainkan peran penting. BMS adalah sistem cerdas yang memantau, mengendalikan, dan mengoptimalkan operasi baterai dalam penyimpanan energi. Ini mencakup pengisian dan pengosongan baterai, pemantauan suhu, pengelolaan siklus hidup baterai, dan pengawasan keselamatan.

Teknologi baterai, meskipun berkembang pesat, masih memiliki kendala terkait dengan kapasitas, siklus hidup, dan pengisian/pegecasan. Perkembangan BMS memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih baik terhadap kesehatan baterai. Sistem listrik bebas yang mencakup energi terbarukan, penyimpanan energi, dan beban konsumen menjadi sangat kompleks dalam hal pengendalian dan pengoptimalan. Kombinasi ini memerlukan solusi cerdas untuk memaksimalkan manfaat energi terbarukan. Perkembangan dalam bidang algoritma dan kekuatan komputasi telah memungkinkan pengoptimalan yang lebih canggih dan real-time dalam pengendalian penyimpanan energi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengoptimalkan pengendalian penyimpanan energi dalam sistem listrik bebas dengan memanfaatkan teknologi BMS. Dengan memahami dinamika sistem listrik bebas, karakteristik baterai, model beban, dan sumber energi terbarukan, kami bermaksud untuk mengembangkan strategi pengendalian yang cerdas dan efisien. Penelitian ini juga mencakup penggunaan algoritma optimisasi seperti pemrograman linier, optimisasi non-linier, atau bahkan algoritma cerdas seperti algoritma genetika untuk mencapai tujuan pengoptimalan tertentu.

## **METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian mengenai optimisasi pengendalian penyimpanan energi pada sistem listrik bebas dengan memanfaatkan teknologi Battery Management System (BMS), ada beberapa metode penelitian yang dapat digunakan. Pemilihan metode penelitian akan tergantung pada tujuan penelitian, skala proyek, dan sumber daya yang tersedia. Tahap awal penelitian biasanya melibatkan studi literatur untuk memahami teori, model, dan praktik-praktik terkait dengan penyimpanan energi, teknologi BMS, dan sistem listrik bebas. Ini membantu dalam merancang kerangka kerja penelitian dan memahami penelitian terdahulu yang relevan.

Metode ini melibatkan pemodelan matematika sistem listrik bebas dan pengembangan simulasi komputer untuk menguji berbagai skenario. Pemodelan ini mencakup persamaan aliran daya, model baterai, model beban, dan lainnya. Perangkat lunak seperti MATLAB, Simulink, atau perangkat lunak simulasi daya seperti PSS/E dapat digunakan. Untuk penelitian di lapangan, data yang relevan harus dikumpulkan, termasuk data historis performa sistem, data cuaca, dan data operasional BMS. Ini membantu dalam menguji dan memvalidasi model serta algoritma.

Pengembangan dan implementasi algoritma optimisasi, seperti pemrograman linier, optimisasi non-linier, atau algoritma cerdas seperti algoritma genetika, adalah tahap kunci dalam penelitian ini. Algoritma-algoritma ini digunakan untuk mengoptimalkan pengendalian penyimpanan energi dalam sistem. Untuk penelitian yang melibatkan

implementasi di lapangan, eksperimen dilakukan untuk menguji efektivitas algoritma dan strategi pengendalian. Ini melibatkan konfigurasi peralatan di situs uji coba. Data yang dikumpulkan dari simulasi atau eksperimen di lapangan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem dan pengendalian. Ini termasuk analisis efisiensi, biaya operasional, keandalan, dan dampak lingkungan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Optimisasi pengendalian penyimpanan energi pada sistem listrik bebas dengan memanfaatkan Teknologi Battery Management System (BMS) adalah pendekatan penting dalam pengembangan sistem energi terbarukan yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan. Sebuah pendekatan penting untuk mencapai pengendalian yang lebih baik dan efisien dari penyimpanan energi dalam sistem listrik bebas. Dengan memanfaatkan Teknologi Battery Management System (BMS), penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan dan operasi penyimpanan energi dalam sistem listrik yang mengandalkan sumber energi terbarukan. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memberikan kontribusi penting dalam pengembangan sistem listrik yang lebih efisien, berkelanjutan, dan andal, serta mendukung transisi yang lebih cepat menuju energi terbarukan dan pengurangan emisi karbon. Dengan pengendalian yang optimal, sistem listrik bebas dapat mengatasi fluktuasi sumber energi terbarukan, meratakan pasokan energi, dan mengurangi biaya operasional, sekaligus mendukung upaya keberlanjutan global.

### **Penerapan Teknologi Battery Management System (BMS)**

Penerapan Teknologi Battery Management System (BMS) dalam sistem listrik bebas untuk mengoptimalkan pengendalian penyimpanan energi melibatkan serangkaian tindakan dan strategi. BMS memantau dan merekam data kinerja baterai, termasuk tegangan, arus, suhu, kapasitas tersisa, dan siklus pengisian/pengosongan. Informasi ini penting untuk mengoptimalkan operasi baterai. Data yang dikumpulkan oleh BMS digunakan untuk menganalisis kinerja baterai. Ini termasuk identifikasi pola penggunaan baterai, deteksi potensi masalah, dan peramalan kapasitas baterai. BMS dapat mengoptimalkan proses pengisian dan pengosongan baterai berdasarkan data pemantauan. Ini termasuk mengatur tingkat pengisian dan pengosongan yang optimal sesuai dengan kebutuhan saat itu.

Suhu adalah faktor kunci dalam kinerja baterai. BMS memantau dan mengendalikan suhu baterai untuk menjaga kondisi operasional yang ideal. Ini dapat mencakup pendinginan atau pemanasan baterai sesuai kebutuhan. BMS memastikan bahwa sel-sel baterai dalam paket baterai berkinerja seragam. Jika ada sel yang bekerja di bawah kapasitas, BMS dapat mengarahkan energi ke sel-sel tersebut untuk menjaga keseimbangan. BMS memiliki fungsi keselamatan yang penting, seperti melindungi baterai dari pengisian berlebihan, pengosongan berlebihan, atau suhu berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahaya.

BMS dapat diintegrasikan dengan sistem sumber energi terbarukan seperti panel surya dan turbin angin. Ini memungkinkan BMS untuk mengoptimalkan pengisian baterai saat sumber energi terbarukan berlebihan dan mengosongkan baterai saat sumber energi terbarukan kurang. BMS dapat menggunakan algoritma optimisasi seperti pemrograman linier, optimisasi non-linier, atau algoritma cerdas seperti algoritma genetika untuk mencapai tujuan tertentu, seperti mengurangi biaya operasional atau meningkatkan efisiensi. BMS memungkinkan pemantauan dan pengendalian real-time dari baterai. Ini memungkinkan respons yang cepat terhadap perubahan dalam kondisi operasional atau permintaan energi. BMS dapat membantu dalam perencanaan pemeliharaan preventif untuk baterai, sehingga dapat mencegah kegagalan dan memperpanjang umur pakai baterai.

Penerapan BMS dalam sistem listrik bebas adalah langkah kunci untuk

mengoptimalkan penggunaan penyimpanan energi. Ini memungkinkan operasi yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan, serta memungkinkan pemanfaatan penuh dari sumber energi terbarukan. Dengan teknologi ini, sistem listrik bebas dapat lebih efisien dalam merencanakan, mengelola, dan memanfaatkan energi terbarukan, serta mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

### **Pengoptimalan Pengisian Dan Pengosongan Baterai Dapat Membantu Dalam Meningkatkan Efisiensi Operasi Sistem Listrik Bebas Dan Mengurangi Biaya Operasional**

Pengoptimalan pengisian dan pengosongan baterai merupakan komponen kunci dalam meningkatkan efisiensi operasi sistem listrik bebas dan mengurangi biaya operasional. Dengan mengisi baterai pada saat listrik murah dan mengosongkannya pada saat listrik mahal, Anda dapat mengurangi biaya pemakaian listrik. Ini berlaku terutama jika sistem listrik bebas memungkinkan tarif listrik berfluktuasi. Pengisian dan pengosongan baterai yang terlalu cepat atau terlalu dalam dapat mengurangi usia pakai baterai. Dengan mengoptimalkan operasi baterai, Anda dapat memperpanjang umur baterai dan mengurangi biaya penggantian baterai. Dengan mengisi baterai saat beban jaringan rendah dan mengosongkannya saat beban tinggi, Anda dapat mengurangi tekanan pada jaringan listrik. Ini dapat membantu menghindari pemadaman listrik pada saat beban puncak.

Dalam sistem yang mengandalkan sumber energi terbarukan yang fluktuatif, pengoptimalan pengisian dan pengosongan baterai memungkinkan penyimpanan energi terbarukan yang efisien. Energi berlebih dari sumber energi terbarukan dapat disimpan dan digunakan saat diperlukan. Dengan mengurangi penggunaan listrik saat listrik dihasilkan dari sumber energi fosil dan menggantinya dengan penggunaan listrik dari penyimpanan energi yang berasal dari sumber energi terbarukan, dapat membantu mengurangi emisi karbon dan dampak lingkungan. Dengan mengoptimalkan operasi baterai, Anda meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem listrik bebas. Ini mencakup efisiensi pengisian dan pengosongan baterai, pengurangan kerugian transmisi, dan penghematan biaya yang lebih besar. Dengan pengoptimalan yang tepat, sistem listrik bebas dapat menjadi lebih tangguh dan dapat dengan cepat mengatasi gangguan atau perubahan dalam pasokan energi.

Dengan penggunaan baterai yang dioptimalkan, Anda dapat mengurangi gangguan dalam pasokan energi, yang sangat penting terutama dalam sistem listrik bebas yang melayani sektor kritis seperti rumah sakit atau pusat data. Dengan pengoptimalan pengisian dan pengosongan baterai, Anda dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan berkontribusi pada transisi ke energi terbarukan yang lebih berkelanjutan. Pengoptimalan pengisian dan pengosongan baterai memerlukan pemantauan yang cermat, analisis data, dan penggunaan algoritma optimisasi yang sesuai. Dengan pendekatan yang benar, Anda dapat mencapai tujuan penghematan biaya operasional dan peningkatan efisiensi dalam operasi sistem listrik bebas.

### **KESIMPULAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengoptimalan pengendalian penyimpanan energi dalam sistem listrik bebas adalah langkah penting dalam meningkatkan efisiensi operasional, keandalan pasokan energi, dan keberlanjutan. Dengan memanfaatkan Teknologi Battery Management System (BMS), penelitian ini berhasil mengintegrasikan pemantauan dan pengendalian yang cerdas terhadap penyimpanan energi, yang menghasilkan sejumlah manfaat signifikan. Penggunaan BMS memungkinkan pemantauan dan pengendalian baterai secara efisien, yang merupakan komponen kunci dalam optimisasi pengendalian penyimpanan energi. Algoritma optimisasi yang diterapkan, seperti pemrograman linier, optimisasi non-linier, dan algoritma cerdas, dapat memaksimalkan

pengisian dan pengosongan baterai sesuai dengan kebutuhan saat itu, menghasilkan penghematan biaya operasional yang signifikan. Integrasi sumber energi terbarukan dengan BMS memungkinkan penyimpanan energi terbarukan yang lebih efisien dan memungkinkan transisi yang lebih cepat ke energi terbarukan. Pengendalian suhu baterai yang efektif membantu dalam menjaga kinerja dan umur pakai baterai. Pengoptimalan pengisian dan pengosongan baterai berkontribusi pada pengurangan biaya pemakaian listrik, pengurangan biaya pemeliharaan baterai, dan pengurangan dampak lingkungan melalui peningkatan penggunaan energi terbarukan. Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung pentingnya pengoptimalan pengendalian penyimpanan energi dalam sistem listrik bebas dengan memanfaatkan Teknologi Battery Management System. Penerapan strategi pengendalian yang cerdas dan teknologi BMS dapat membantu mencapai tujuan keberlanjutan, meningkatkan efisiensi operasional, dan memberikan kontribusi dalam mengurangi emisi karbon. Kesimpulannya, penelitian ini memberikan landasan penting untuk pengembangan sistem listrik bebas yang lebih efisien dan berkelanjutan di masa depan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anggraeni, D., Rohman, A., & Chasanah, N. (2019, November). Rancang Bangun Battery Management System Gundala. In BUKU PROCEEDING Seminar Nasional Efisiensi Energi untuk Peningkatan Daya Saing Industri Manufaktur & Otomotif Nasional (SNEEMO) SNEEMO 2019 (pp. 141-144). LP2M POLITEKNIK MANUFAKTUR ASTRA.
- Astriani, Y., Kurniasari, A., Priandana, E. R., & Aryono, N. A. (2018). Penyeimbangan State of Charge Baterai Lead Acid Pada Prototipe Battery Management System. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, 17(1), 43-52.
- Hadi, A., Herkules, H., & Norhayati, N. (2021). Perencanaan Layout Data Center Dinas Komunikasi Informatika Persandian dan Statistik Provinsi Kalimantan Tengah: Data Center Layout Planning Department Of Communication Informatics Code And Statistics Of Central Kalimantan Province. *Jurnal Sains Komputer dan Teknologi Informasi*, 4(1), 9-16.
- Ihsan, I. (2021). Rancang Bangun Battery Monitoring System (BMS) berbasis LabVIEW. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 9(1), 44-49.
- Indahsari, A. T., Arafati, A., & Santosa, P. B. (2022). PESAWAT BERTENAGA SURYA. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 161-167.
- Ningrum, P., Windarko, N. A., & Suhariningsih, S. (2021). Estimation of state of charge (SoC) using modified coulomb counting method with open circuit compensation for battery management system (BMS). *JAREE (Journal on Advanced Research in Electrical Engineering)*, 5(1).
- Noer, Z., & Dayana, I. (2021). *Dasar-Dasar Baterai*. Guepedia.
- PARASTIWI, A., PUTRI, R. I., ADHISUWIGNJO, S., & MUHAMAD, R. I. (2018). *Photovoltaic Terapan: Photovoltaic Terapan (Vol. 1)*. UPT Percetakan dan Penerbitan Polinema.
- Rajapasha, B. (2023). *RANCANG BANGUN SMART ROTARY PARKING MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER UNTUK OPTIMALISASI RUANG PARKIR* (Doctoral dissertation, Universitas Diponegoro).
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R. E., & Budiprasojo, A. (2023). *Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya. DASAR DASAR PEMASANGAN PANEL SURYA*.
- Savitri, A. (2019). *Revolusi industri 4.0: mengubah tantangan menjadi peluang di era disrupti 4.0*. Penerbit Genesis.

- Tambunan, H. B. (2020). Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Deepublish.
- Tukiman, T., Suwarno, S., & Zambak, M. F. (2022). Optimalisasi Tracking Sistem Otomatis Untuk Menghasilkan Energi Maksimal Pada Panel Surya Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 5(1), 1-7.