

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat terutama di bidang transportasi dan energi, dunia semakin bergerak ke arah penggunaan energi listrik. Untuk penggunaan listrik pada sektor transportasi, diperlukan penyimpanan energi yang bersifat portabel, salah satu diantaranya adalah penggunaan baterai. Baterai adalah sebuah media penyimpanan energi listrik berbentuk kimia, sehingga dapat diubah menjadi listrik dengan mudah. Terobosan yang berkaitan dengan baterai mulai banyak dikembangkan, terutama untuk mendukung operasional alat-alat elektronik dan kendaraan elektrik yang memerlukan sumber energi portabel yang memiliki mobilitas tinggi [1]. Teknologi baterai yang digunakan untuk penelitian kali ini yakni menggunakan jenis *Lithium Iron Phosphate* atau yang dikenal sebagai LiFePO_4 . Penggunaan pada baterai LiFePO_4 dapat menjadi pilihan utama sebagai sumber daya energi untuk berbagai aplikasi terutama pada kendaraan listrik, sistem penyimpanan energi dan perangkat elektronik portabel. Baterai LiFePO_4 ini terdapat beberapa keunggulan diantaranya memiliki kapasitas teoritis tinggi, siklus hidup yang Panjang, aman, ramah lingkungan, dan biaya yang relatif rendah, jika dibandingkan dengan Co, Ni, Mn atau besi, juga lebih aman dari racun. *Life cycle* pada baterai LiFePO_4 diestimasikan dapat mencapai 6 tahun 5 bulan dimana hampir 2 kali lipat daripada jenis baterai lain [2]. Namun, seperti halnya dengan baterai jenis lainnya, didalam pak baterai LiFePO_4 ini rentan terhadap ketidak seimbangan antar sel yang mengakibatkan penurunan efisiensi, kapasitas, dan bahkan risiko kerusakan. Ketidakseimbangan dapat diakibatkan oleh beberapa sel dalam rangkaian baterai memiliki tegangan yang berbeda-beda secara signifikan, yang dapat mengakibatkan sel-sel tersebut kelebihan atau kekurangan muatan [3]. Maka diperlukan *battery management system* untuk memantau dan mengatur kondisi baterai.

Battery Management System (BMS) sangatlah penting dalam penggunaan jenis baterai berbentuk pak, baik dalam hal monitoring kondisi sel ataupun dalam pengisian dan pengosongan, BMS terdiri dari dua metode yakni pasif *balance* dan aktif *balance*. Pada BMS pasif kesetimbangan baterai dilakukan dengan membuang

kapasitas yang lebih berupa panas kedalam rangkaian resistor. Cara ini merupakan cara yang sederhana namun dalam implementasinya banyak sel baterai ditemukan masalah ketidakseimbangan [4]. Sedangkan, pada BMS aktif bekerja dengan cara mengambil muatan dari sel yang muatannya paling banyak dan ditransfer ke sel yang muatan energinya paling sedikit, sehingga muatan energi pada sel yang ada didalam *battery pack* persis sama sifat dari teknik ini energi teralirkan antara sel, sehingga kondisi antar sel seimbang dan tidak menghasilkan panas [4]. Sehingga, pada penelitian ini menggunakan metode aktif *balance*. Pemilihan metode *active balancing* pada penelitian ini didasarkan pada kebutuhan sistem penyimpanan energi yang memiliki efisiensi tinggi dan umur pakai yang panjang, khususnya pada aplikasi kendaraan listrik dan sistem energi protabel berbasis baterai LiFePO₄. Ketidakseimbangan tegangan antar sel yang terjadi akibat perbedaan karakteristik internal sel dapat menyebabkan penurunan kapasitas, efisiensi, serta meningkatkan risiko *overcharge* dan *overdischarge*. Metode *passive balancing* yang membuang kelebihan energi dalam bentuk panas dinilai kurang efektif karena menurunkan efisiensi dan berpotensi meningkatkan temperatur baterai. Oleh karena itu, metode *active balancing* dipilih karena mampu mentransfer energi dari sel dengan tegangan lebih tinggi ke sel dengan tegangan lebih rendah tanpa membuang energi, sehingga kondisi antar sel dapat dipertahankan tetap seimbang. Implementasi *active balancing* pada penelitian ini menggunakan metode *flying capacitor* karena memiliki rangkaian yang sederhana, efisiensi transfer energi yang baik, serta tidak memerlukan komponen magnetik yang kompleks. *Flying capacitor* bekerja dengan memanfaatkan kapasitor sebagai media penyimpan sementara untuk memindahkan muatan antar sel, sehingga mampu mengurangi perbedaan tegangan secara efektif. Selain itu, metode ini cocok diterapkan pada baterai LiFePO₄ yang menuntut stabilitas, keamanan, dan umur siklus yang panjang [4]. Dengan mengkombinasikan *active balancing* dan *flying capacitor*, sistem BMS yang dirancang diharapkan mampu meningkatkan kinerja, efisiensi, dan keandalan *battery pack* secara keseluruhan.

Sistem BMS dapat dibuat dengan menggunakan mikrokontroler yang memiliki kinerja tinggi dan konsumsi daya rendah. Salah satu mikrokontroler yang

digunakan adalah STM32. STM32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh STMicroelectronics, yang memiliki kinerja tinggi, konsumsi daya rendah, dan fitur yang lengkap. STM32 memiliki clock speed hingga 200 MHz, konsumsi daya rendah, dan fitur seperti ADC, DAC, UART, SPI, I2C, dan lain-lain [5]. Fungsi dari mikrokontroler ini digunakan untuk mengatur komunikasi dengan komponen eksternal. Untuk keamanan baterai menggunakan sensor arus dan sensor tegangan yang diharapkan mampu mengukur dan menyediakan informasi pada kondisi baterai.

Pada penelitian yang berjudul rancang bangun *battery managaement system* (BMS) menggunakan *flying capacitor* dengan metode *active balancing* pada baterai LiFePO4” dengan menggunakan metode aktif *balance* dan *flying capacitor* diharapkan sistem dapat memantau dan mengatur kondisi baterai dengan lebih efektif dan efisien.

1.2. Kajian Riset Terdahulu

Pada penelitian ini penulisan terkait berisi uraian singkat serta perbandingan riset yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dan menjadi acuan literasi dalam pembuatan penelitian ini. Dalam tahap ini akan memperkuat alasan mengapa penelitian ini dilakukan. Berikut adalah referensi atau jurnal penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 1.1 Penelitian terdahulu.

Tabel 1. 1 Penelitian terdahulu.

No	Judul	Peneliti	Tahun
1	A critical review of battery cell balancing techniques, optimal design, converter topologies, and performance evaluation for optimizing storage system in electric vehicles [6].	Neha Khan, Chia Ai Ooi, Abdulrahman Alturki b , Mohammad Amir, Shreasth , Talal Alharbi.	2024
2	Sistem Manajemen Baterai Aktif pada Baterai Lithium-Ion Menggunakan <i>Flying Capacitor</i> [4].	N. Nuryanti, S. Pancono, and N. R. P.	2023
3	Studi Penentuan <i>State Of Charge</i> (SOC) pada Baterai Valve Regulated Lead Acid NP7-12 Menggunakan MATLAB [7].	Y. Afrida, A. Afandi, J.	2023

4	Desain Penyeimbangan Sel Baterai Lithium-Ion dengan Teknik <i>Cell-to-Cell Charging</i> Mode pada <i>Battery Management System</i> (BMS) [8].	K. Khaeruddin, W. Wijono, and R. N. Hasanah	2021
5	<i>Scalable, Decentralized Battery Management System Based on Self-organizing Nodes</i> [9].	Andrea Reindl, Hans Meier, and Michael Niemetz	2020

Berdasarkan Table 1.1 akan dibahas posisi penelitian ini untuk mengetahui penelitian sebelumnya. Penelitian [6] memberikan tinjauan komprehensif tentang teknik penyeimbangan sel baterai untuk kendaraan listrik (EV). Dengan latar belakangnya adalah pentingnya penyeimbangan sel untuk keselamatan, umur pakai, dan kinerja baterai Li-ion dalam EV. Keterbaruan penelitian ini terletak pada analisis mendalam tentang metode penyeimbangan aktif dan pasif, sirkuit konverter DC-DC, dan variabel kontrol yang digunakan dalam BMS. Tujuan penelitian adalah memberikan pemahaman yang mendalam tentang penyeimbangan sel dan mengidentifikasi peluang untuk perbaikan. Metode yang digunakan adalah tinjauan literatur yang luas dan analisis komparatif dari berbagai teknik dan topologi. Hasilnya adalah pemahaman yang lebih baik tentang tantangan dan peluang dalam penyeimbangan sel baterai, serta rekomendasi untuk pengembangan BMS yang lebih efektif untuk EV berkinerja tinggi [6].

Penelitian [4] membahas pengembangan sistem manajemen baterai (BMS) aktif untuk baterai Lithium-Ion menggunakan metode *flying capacitor*. Latar belakang penelitian ini adalah pentingnya menyeimbangkan sel-sel baterai dalam *battery pack* untuk memaksimalkan kinerja dan umur pakai baterai. Keterbaruan penelitian ini terletak pada modifikasi modul *flying capacitor* yang ada di pasaran agar sesuai dengan konfigurasi baterai 8 seri 4 paralel, serta penggunaan ESP32 dan IoT untuk pemantauan dan kontrol. Tujuan penelitian adalah merancang dan mengimplementasikan sistem yang dapat menyeimbangkan sel-sel baterai secara efektif. Metode yang digunakan meliputi perancangan sistem dengan sensor tegangan dan mikrokontroler ESP32, penggunaan *flying capacitor* sebagai penyeimbang, serta pengujian pengisian dan pengosongan baterai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mencapai keseimbangan

dalam waktu 600 menit dan meningkatkan penggunaan baterai dengan pembebanan yang sama sebesar 50%. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan BMS yang lebih efektif untuk aplikasi baterai Lithium-Ion [4].

Penelitian [7] membahas penentuan State of Charge (SOC) pada baterai Valve Regulated Lead Acid (VRLA) NP7-12 menggunakan metode *Coulomb Counting* dengan simulasi MATLAB. Latar belakang penelitian ini adalah pentingnya monitoring baterai untuk menjaga performa dan mencegah kerusakan. Keterbaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode *Coulomb Counting* pada baterai VRLA NP7-12 dengan batasan nilai *initial* SOC. Tujuan penelitian adalah menentukan nilai SOC baterai menggunakan simulasi MATLAB. Metode yang digunakan meliputi pembuatan model simulasi, pengujian baterai, dan analisis data. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik pengisian dan pengosongan baterai, termasuk nilai arus dan tegangan yang stabil. Hubungan antara SOC, waktu, tegangan, dan arus juga dianalisis. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemahaman karakteristik baterai VRLA NP7-12 dan estimasi SOC menggunakan metode *Coulomb Counting* [7].

Penelitian [8] membahas desain dan simulasi sistem penyeimbangan sel baterai Lithium-ion menggunakan teknik *cell-to-cell* dengan *single inductor* model pada BMS. Latar belakang penelitian ini adalah pentingnya mengatasi ketidakseimbangan sel yang dapat menyebabkan masalah pada baterai. Keterbaruan penelitian ini terletak pada fokus pada teknik *cell-to-cell* dengan *single inductor* model dan penggunaan simulasi untuk validasi desain. Tujuan penelitian adalah merancang sistem yang dapat menyeimbangkan sel-sel baterai secara efektif selama pengisian. Metode yang digunakan meliputi perancangan sistem dengan MATLAB-R2018b dan *Simscape*, pemodelan baterai dengan rangkaian ekivalen, dan penerapan teknik *cell-to-cell*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa teknik ini mampu menyeimbangkan sel baterai dengan tegangan awal yang berbeda, mencapai tegangan yang sama pada waktu 10000 detik. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan BMS yang lebih efektif untuk aplikasi baterai Lithium-ion [8].

Penelitian [9] membahas pengembangan sistem manajemen baterai (BMS) terdesentralisasi berdasarkan *node* yang mengatur diri sendiri. Latar belakang penelitian ini adalah meningkatnya penggunaan baterai dalam sistem energi terbarukan dan kendaraan listrik, yang memerlukan BMS yang andal dan efisien. Keterbaruan penelitian ini terletak pada arsitektur terdesentralisasi yang memungkinkan setiap node untuk beroperasi secara mandiri dan berkomunikasi dengan node lain. Tujuan penelitian adalah menyediakan tinjauan holistik tentang fitur-fitur dari BMS yang diusulkan dan persyaratan sistem yang dihasilkan. Metode yang digunakan meliputi analisis topologi BMS yang ada dan desain sistem terdesentralisasi berdasarkan node yang mengatur diri sendiri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BMS terdesentralisasi menawarkan keunggulan dalam hal keandalan, skalabilitas, dan fleksibilitas dibandingkan dengan topologi BMS lainnya. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan BMS yang lebih canggih untuk aplikasi masa depan [9].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di atas, maka akan dilakukan penelitian berupa rancang bangun *Battery Management System* (BMS) untuk pengoptimalan serta mengefesiensikan pada baterai LiFePO₄. Perbedaan yang dilakukan pada penelitian ini yakni berfokus pada penggunaan metode *active balance* dan penggunaan *flying capacitor* sebagai *balancer* untuk menekankan pada efisiensi dan kestabilan *balancing* antar sel baterai secara *real-time* dan meminimalisir ketidakseimbangan tegangan dan arus. Yang nantinya diharapkan dapat memberikan umur yang lebih panjang pada baterai serta dapat mencegah potensi kerusakan pada baterai.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terdapat beberapa masalah yang perlu dirumuskan diantaranya :

1. Bagaimana rancang bangun *battery management system* (BMS) *active balance* dengan menggunakan *flying capacitor* pada baterai LiFePO₄
2. Bagaimana kinerja *battery management system* (BMS) dengan metode *active balance* dengan menggunakan *flying capacitor* diimplementasikan serta diuji pada baterai LiFePO₄.

1.4. Tujuan

Berdasarkan dari latar belakang dan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini yaitu diantaranya:

1. Rancang bangun *battery management system* (BMS) *active balance* dengan menggunakan *flying capacitor* pada baterai LiFePO₄.
2. Menguji dan menganalisis *battery management system* dengan metode *active balance* dengan menggunakan *flying capacitor* dalam memantau dan mengontrol baterai untuk menjaga keseimbangan baterai.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini, terdapat dua manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diantaranya manfaat praktis dan manfaat akademis:

1. Manfaat Akademis:

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat akademis dalam perkembangan teknologi dibidang keilmuan sistem manajemen baterai khususnya pada baterai LiFePO₄.

2. Manfaat Praktis:

Manfaat praktis dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para pegiat teknis dalam penggunaan baterai manajemen sistem dibidang industri serta meningkatkan produk yang menjadi acuan pada rekayasa teknologi.

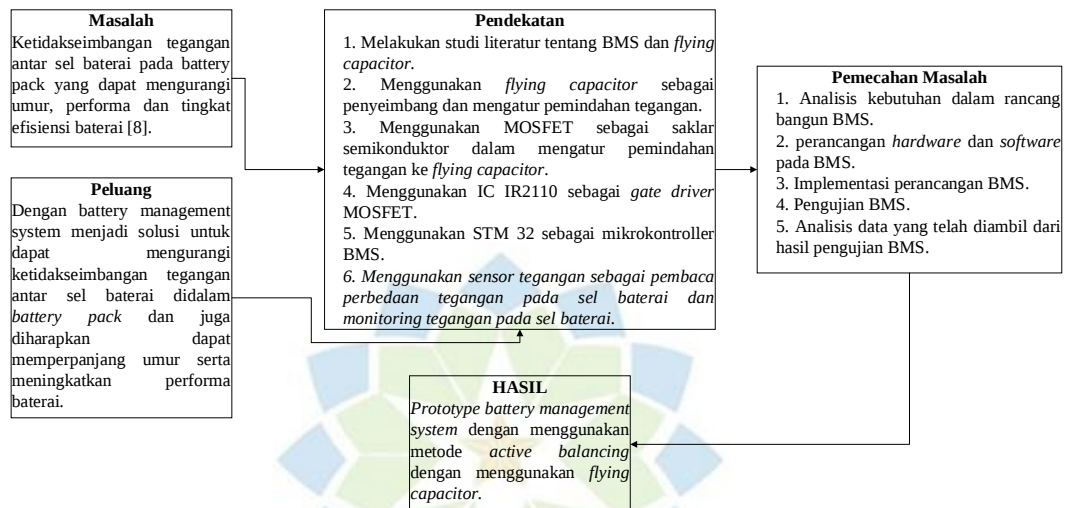
1.6. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini untuk memperjelas arah dari pembahasan maka perlu adanya batasan masalah, maka penulis akan membatasi pada bagian berikut:

1. Sistem BMS yang dikembangkan hanya untuk baterai seri LiFePO₄ 12V.
2. Menggunakan STM32 sebagai mikrokontroler.
3. Menggunakan metode *active balance flying capacitor*.
4. Menggunakan *flying capacitor balancing* tegangan.
5. Penelitian ini berfokus pada pembuktian sistem *active balance* dengan menggunakan *flying capacitor* dalam pengujian dasar.

1.7. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir ini berisi tentang alur pemikiran yang memuat uraian sistematis tentang hasil perumusan masalah yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui pendekatan dan melihat peluang yang dapat memecahkan masalah tersebut. Kerangka berpikir ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir

1.8. Sistematika Penulisan

Penelitian ini memiliki sistematika penulisan dengan total 3 bab, dimana setiap bab mempunyai isi, penjabaran dari setiap bab pada Proposal Penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, Kajian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat akademis dan praktis, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini menguraikan ilmu dan teori yang mendasari penelitian ini dari berbagai sumber terpercaya serta memberi gambaran tentang apa saja yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini memberikan penjelasan tentang rencana penelitian yang terstruktur dengan baik. Dengan mempertimbangkan kelayakan tahapan penelitian yang akan

digunakan, pertimbangkan kegiatan dan tujuan hasil setiap tahapan, dan pelaksanaan setiap tahapan.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tentang rencana penelitian yaitu dengan merancang *battery management system* mulai dari rancangan skema, 3D desain, dan perancangannya *software* dan *hardware* yang mencakup komponen yang diperlukan dan dilakukannya pengujian pada BMS untuk melihat apakah sudah bekerja dengan baik.

BAB V HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang hasil-hasil pengujian pada sistem yang telah dirancang. Pengujian sistem ini meliputi pengujian pada sensor yang digunakan dan seberapa baik pengukurannya. Kemudian melakukan pengujian terhadap mikrokontroler dapat menyeimbangkan masing-masing sel baterai dan performa pada baterai.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan bagian penutup dari penelitian. Bagian penutup tersebut terdiri dari kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

