

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era perkembangan teknologi saat ini, kebutuhan energi listrik semakin meningkat, terutama dalam perangkat portabel, sistem penyimpanan energi, dan kendaraan listrik. Baterai menjadi komponen utama dalam menyediakan daya yang berkelanjutan dan dapat diandalkan. Kendaraan Listrik (*EV*) tidak mengeluarkan emisi knalpot, menjadikannya lebih bersih dan ramah lingkungan alternatif untuk kendaraan bermesin pembakaran internal biasa[1]. Diantara berbagai jenis baterai, baterai *LiFePO4* memiliki keunggulan berupa stabilitas termal yang lebih baik, umur siklus yang lebih panjang, dan keamanan yang lebih tinggi dibandingkan baterai lithium-ion biasa. Namun, seperti halnya baterai lainnya, baterai *LiFePO4* rentan terhadap ketidakseimbangan antar sel yang mengakibatkan penurunan efisiensi, kapasitas, dan bahkan risiko kerusakan. Ketidakseimbangan ini terjadi ketika beberapa sel dalam rangkaian baterai memiliki tegangan yang berbeda secara signifikan, yang mengakibatkan sel-sel tersebut kelebihan atau kekurangan muatan [2].

Dalam konteks yang lebih luas, ketidakseimbangan pada baterai *LiFePO4* memiliki dampak yang signifikan, terutama pada sistem yang menggunakan banyak sel baterai, seperti sistem tenaga surya, kendaraan listrik, serta *Uninterruptible Power Supply (UPS)*. Ketidakseimbangan ini menyebabkan setiap sel tidak dapat digunakan hingga kapasitas penuh, mengurangi umur baterai secara keseluruhan, dan meningkatkan risiko kegagalan sistem. Oleh karena itu, dalam skala yang lebih besar, ketidakseimbangan ini bukan hanya masalah efisiensi, tetapi juga masalah keamanan dan pengelolaan daya secara keseluruhan [2].

Kemudian penelitian oleh [3] memberikan pemahaman mengenai hubungan antara teknologi baterai dan sistem manajemen baterai dalam meningkatkan efisiensi dan keamanan. Serta penelitian [4] memanfaatkan algoritma *Dynamics Consensus* untuk meningkatkan kestabilan tegangan antar sel, terutama dalam sistem *Multi Forward Converter*. Selain itu, [5] meneliti sistem BMS

terdesentralisasi yang menawarkan fleksibilitas dan skalabilitas dalam manajemen baterai, memberikan alternatif efisien untuk pengembangan teknologi ini.

Melalui tinjauan terhadap berbagai penelitian terdahulu menunjukkan pentingnya penggunaan teknologi *Battery Management System* (BMS) yang canggih, khususnya dengan metode *Active Balancing*, untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas baterai *LiFePO4*. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan upaya tersebut dengan merancang BMS *Active Balance* yang difokuskan pada baterai *LiFePO4*. Pendekatan ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja baterai secara *real-time* dengan menyeimbangkan tegangan antar sel secara aktif, serta menggunakan komponen seperti MOSFET, DC-DC *converter* dan trafo *flyback* untuk efisiensi *transfer* energi antar sel. Penelitian ini juga menambahkan sistem *monitoring* multi-sensor untuk mendeteksi perubahan parameter kritikal seperti tegangan dan arus, guna meningkatkan keamanan dan mencegah kerusakan pada baterai.

Untuk mengatasi masalah ketidakseimbangan pada baterai *LiFePO4*, solusi yang dapat diterapkan adalah dengan mengembangkan BMS menggunakan metode *Active Balancing*. BMS ini dirancang untuk memantau tegangan dan arus pada setiap sel baterai, memastikan bahwa setiap sel berada dalam kondisi optimal, dan mengurangi perbedaan tegangan antar sel. Dengan mengimplementasikan BMS *Active Balancing*, sistem dapat mengalirkan energi dari sel yang penuh ke sel yang membutuhkan energi, meningkatkan efisiensi dan stabilitas daya baterai secara keseluruhan [2].

1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, penulisan terkait berisi uraian singkat serta perbandingan riset yang telah dilakukan oleh penelitian 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.

Tabel 1. 1 Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Peneliti	Tahun
1	Scalable, Decentralized <i>Battery Management System</i> Based on Self-organizing Nodes	Andrea Reindl,Hans Meier,and Michael Niemetz	2020
2	Fast <i>Balancing Energy</i> pada <i>Battery Pack</i> Berbasis <i>Multi Forward Converter</i> menggunakan <i>Dynamics Consensus Algorithm</i>	Arya Kusumawardana	2021
3	Methodology for <i>Balancing LiFePO4 Battery Cells</i> in Electric Vehicles to Improve <i>Battery Pack Performance</i>	Manish Gaikwad, Reqinald Rodrigues	2021
4	Connecting <i>Battery</i> technologies for electric vehicles from <i>Battery materials</i> to Management	Gang Zhao, Xiaolin Wang, and Michael Negnevitsky	2022
5	A critical review of <i>Battery cell balancing</i> techniques, optimal design, <i>converter</i> topologies, and performance evaluation for optimizing storage system in electric vehicles	Neha Khan a, Chia Ai Ooi ,Abdulrahman Alturki, Mohammad Amir, Shreasth ,Talal Alharbi b	2024

Jurnal [1] memberikan tinjauan menyeluruh tentang teknik *balancing* sel baterai, desain optimal, dan topologi *converter*. Ini berguna untuk memahami metode terbaik dan kinerja yang diharapkan pada sistem penyimpanan di kendaraan listrik, yang dapat menjadi referensi penting dalam menentukan pendekatan *balancing* yang efisien sehingga bisa dijadikan studi literatur untuk menulis proposal ini. Jurnal [2] yang berfokus pada metodologi *balancing* baterai *LiFePO4* untuk meningkatkan kinerja *Battery pack* pada kendaraan listrik dengan

menerapkan serupa. Untuk meningkatkan teknik *balancing* yang penulis rancang, jurnal ini memberikan wawasan penting tentang teknik *balancing* spesifik untuk *LiFePO4* dan dampaknya dalam meningkatkan efisiensi dan daya tahan baterai. Jurnal [3] meninjau rantai teknologi baterai mulai dari material hingga manajemen yang tepat, memberi pemahaman mendalam mengenai hubungan antara teknologi baterai dan sistem manajemen dalam meningkatkan efisiensi dan keamanan baterai. Jurnal [4] memberikan pendekatan *balancing* yang cepat menggunakan algoritma Dynamics Consensus, yang dirancang untuk meningkatkan kestabilan tegangan antar sel, khususnya pada sistem *Multi Forward Converter*. Jurnal [5] membahas sistem BMS terdesentralisasi yang memungkinkan fleksibilitas dan skalabilitas dalam manajemen baterai dengan menggunakan nodes yang mengatur diri sendiri, sehingga memberikan pendekatan yang efisien dan mudah dikembangkan. Semua referensi ini memberikan kerangka teoritis yang esensial untuk mendukung desain dan implementasi BMS yang efektif dan efisien pada baterai *LiFePO4*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya, dilakukan penelitian berupa rancang bangun *Battery Management System Active Balance* untuk pengoptimalan baterai *LiFePO4*. Perbedaan yang akan dilakukan pada penelitian ini yakni berfokus pada metode *Active Balance* dan baterai yang digunakan yaitu *LiFePO4*, penelitian ini menekankan pada penyeimbangan dan kestabilan *balancing* antar sel baterai secara *real-time*, dengan pendekatan *active balancing* yang meminimalkan ketidakseimbangan tegangan. Selain itu, penelitian ini menggunakan komponen khusus seperti *DC-DC converter* dan MOSFET untuk memungkinkan pemindahan tegangan yang efisien antar sel, sehingga mengurangi risiko pemborosan daya dan memperpanjang masa pakai baterai. Fokus lainnya adalah integrasi sistem *monitoring* multi-sensor (tegangan, arus, dan suhu) yang akan memberikan keamanan tambahan dengan mendeteksi perubahan parameter secara akurat dan mencegah potensi kerusakan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang, ada beberapa masalah yang perlu dirumuskan:

1. Bagaimana rancang bangun *Battery Management System* dengan metode *Active Balance* pada baterai *LiFePO4*?
2. Bagaimana kinerja *Battery Management System* (BMS) dengan metode *Active Balance* diimplementasikan serta diuji pada baterai *LiFePO4*?

1.4 Tujuan

Dari latar belakang dan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Rancang bangun *Battery Management System* metode *Active Balance* pada baterai *LiFePO4*.
2. Menguji kinerja *Battery Management System* metode *Active Balance* dalam memantau dan mengontrol baterai untuk menjaga keamanan dan umur pakai dari baterai.

1.5 Manfaat

Pada penelitian ini terdapat manfaat yang ingin dicapai yaitu:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan pengetahuan dalam bidang manajemen baterai, khususnya mengenai metode *Active Balance* pada *Battery Management System* (BMS). Penelitian ini akan menjadi referensi bagi penelitian lebih lanjut terkait teknologi BMS, serta memberikan wawasan dan pemahaman tentang metode *Active Balance*.

2. Manfaat Praktis

Menjadi solusi untuk pengoptimalan baterai *LiFePO4* dalam pemakaian secara terus menerus serta menjadikan umur baterai *LiFePO4* lebih lama dalam pemakaian jangka panjang terutama pada system *Active Balance*.

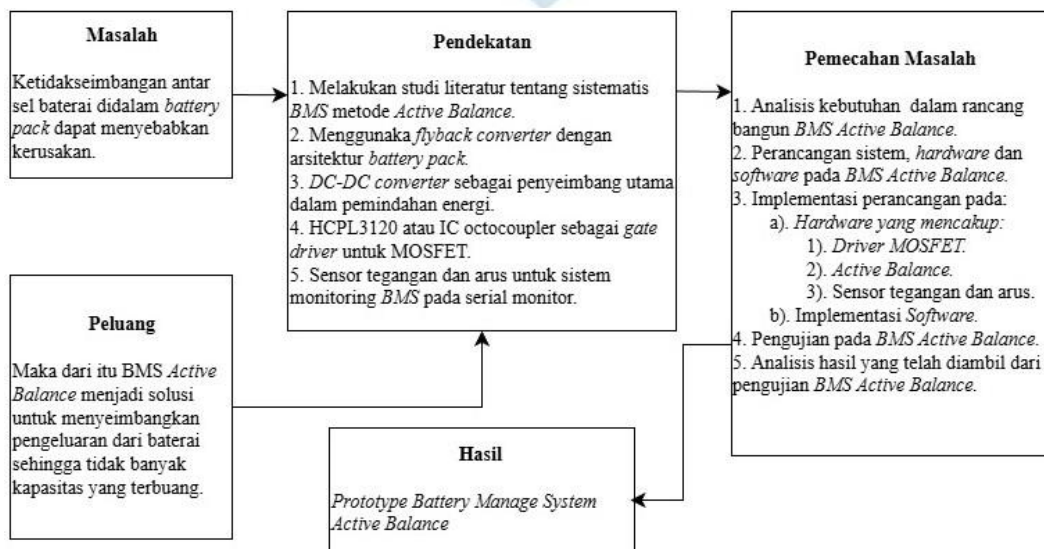
1.6 Batasan Masalah

Batasan yang berhubungan dengan masalah ini sangat luas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam penelitian ini, agar yang akan didapat lebih spesifik dan terarah. Batasan masalah ini menitik beratkan pada:

1. Baterai yang digunakan yaitu *LiFePO4* 3.3 V 20Ah dengan konfigurasi 4 seri menjadi 12 V - 14 V.
2. Pengujian menggunakan motor DC 12V 150W.
3. *Transfer* energi menggunakan *flyback converter*.
4. Arduino UNO sebagai mikrokontroler dalam *monitoring* tegangan dan mengontrol *driver* MOSFET.
5. Kondisi baterai *full charge* saat pengujian *discharging*.
6. Penelitian ini berfokus pada metode *Active Balance* sehingga tidak berfokus pada sistem *cutoff* atau sistem proteksi.
7. *Monitoring* tegangan baterai menggunakan serial monitor pada Arduino IDE dan Multimeter.

1.7 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir ini berisi tentang alur pemikiran yang memuat uraian sistematis tentang hasil perumusan masalah yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui pendekatan yang dibutuhkan untuk merancang BMS *Active Balance*. Kerangka berfikir akan dijelaskan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Berfikir

1.8 Sistematika Penulisan

Dalam mendapatkan struktur penulisan yang baik, serta memudahkan pemahaman. Maka Tugas Akhir ini memiliki kerangka dan sistematika yang mengikuti aturan yang telah ditentukan, sehingga diharapkan mendapat hasil penulisan dengan sistematika yang baik. Berikut susunan dari sistematika penulisan Tugas Akhir:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat hal-hal pokok dari awal sebuah penulisan yaitu: latar belakang, penelitian terkait, rumusan masalah, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan tentang hal-hal pokok sebelum melakukan penelitian, karena perlunya penguasaan teori yang menyangkut penelitian mengenai BMS.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi metode penelitian yang digunakan pada BMS dan menjelaskan hal apa saja yang diperhatikan pada pembuatan BMS *Active Balance* serta menjelaskan sistematis dalam rancangan BMS *Active Balance*. Bab ini juga berisikan mengenai jadwal atau perencanaan untuk melakukan penelitian BMS *Active Balance*.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini memberikan pemaparan perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan serta memberi gambaran tentang rancangan lunak yang mencakup skema, dan rancangan perangkat keras yang mencakup komponen yang digunakan.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas serangkaian Pengujian untuk mendapatkan hasil serta analisis berdasarkan teori yang telah diuji dalam Rancang Bangun *Battery Management System Metode Active Balance* Pada Baterai *LiFePO4*.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran terkait bagaimana sistem *Active Balance* pada BMS bekerja kemudian apa saja yang harus dikembangkan pada Rancang Bangun *Battery Management System Metode Active Balance* Pada Baterai *LiFePO4*.