

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi akan selalu dibutuhkan oleh manusia terutama dalam bidang ekonomi, bisnis, industri dan transportasi. Mayoritas pasokan energi berasal dari bahan bakar fosil yang mana tidak bisa diperbaharui. Kebutuhan energi akan terus meningkat, sementara sumber pasokan energi fosil semakin menipis. Penggunaan bahan bakar fosil juga merupakan kontributor tersebar terhadap banyaknya karbon di atmosfer yang menyebabkan pemanasan global. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan energi alternatif. Energi terbarukan dapat menjadi salah satu sumber alternatif energi yang terbatas, sehingga menjamin keberlangsungan penggunaan energi hingga masa yang akan mendatang. Matahari, air, listrik merupakan contoh energi yang dapat terbarukan. Sedangkan nuklir, minyak bumi dan gas merupakan energi yang jumlahnya terbatas (Setyono dkk., 2019). Energi yang dapat diperbaharui menjadi solusi terkait masalah energi yang terjadi. Kelebihan dari energi yang dapat terbarukan adalah tidak akan habis sehingga dapat menghemat pasokan energi yang terbatas (Wilianto & Monica, 2022).

Sinar matahari merupakan sumber energi yang tidak terbatas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Indonesia merupakan negara tropis yang menerima cahaya matahari yang intens. Hal ini disebabkan oleh posisi geografisnya yang dekat dengan garis khatulistiwa di mana matahari akan bersinar lebih vertikal dan menghasilkan energi matahari yang lebih besar. Potensi penggunaan pembangkit listrik tenaga surya mencapai 3.5 - 4.5 kWh/kWp per hari (*Global Solar Atlas*, 2025). Dengan berbekal daerah yang memiliki banyak asupan sinar matahari pemanfaatan panel surya di Indonesia dapat berjalan dengan baik (Dwisari dkk., 2023).

Panel surya menghasilkan energi listrik yang biasanya akan disimpan dibaterai, baterai yang sering digunakan untuk menyimpan energi listrik yaitu jenis baterai lithium-ion. Banyak penggunaan baterai yang tidak dilengkapi dengan sistem pemantauan dan sistem proteksi, oleh karena itu baterai tetap beroperasi

dalam keadaan tidak ideal, sehingga menyebabkan baterai menjadi *over-current*, *over-voltage*, *under-voltage* dan *over-heat*. Efek yang akan terjadi pada baterai yang sering digunakan dalam kondisi tidak ideal yaitu akan mengalami kerusakan dan masa hidup yang tidak panjang. Baterai harus dioperasikan dengan sistem yang mengatur secara efisien sehingga terhindar dari kerusakan akibat penggunaan yang tidak ideal (Ningrum & Windarko, 2019). Baterai lithium-ion saat ini harganya masih relatif mahal. Dari berbagai resiko kerusakan baterai yang digunakan secara tidak efisien, maka diperlukan alat untuk memantau dan mengatur baterai saat dihubungkan dengan panel surya.

Pada beberapa studi penelitian sebelumnya telah menemukan solusi dari tantangan ini, di antaranya penelitian Ramadhan (2024), penelitian ini hanya berfokus pada penyeimbangan pengisian pada baterai Li-ion. Selanjutnya, penelitian Kurniawan (2022) yang hanya berfokus pada penyeimbangan pengisian pada beberapa baterai yang bertegangan acak. Kemudian, penelitian Wafa (2023) yang hanya berfokus pada desain baterai *pack* dengan BMS. Pada beberapa penelitian tersebut tidak terdapat regulator arus dan tegangan, yang berfungsi sebagai pembatas arus dan tegangan yang masuk pada baterai Li-ion. Karena pengisian dengan panel surya yang memiliki keluaran berubah-ubah sesuai dengan kondisi cahaya matahari maka akan terjadi pengisian yang melebihi batas maksimum dari baterai Li-ion apabila panel surya pada keluaran maksimum. Pengisian berlebihan pada baterai Li-ion komersial dapat menyebabkan peningkatan suhu permukaan yang signifikan. Pada kondisi *overcharge* kritis, baterai mengalami kegagalan akibat penumpukan lithium dan dendrit pada anoda yang memicu konsleting internal. Hal ini menyebabkan dekomposisi elektrolit, produksi gas mudah terbakar, dan peningkatan tekanan hingga terjadi *thermal runaway* (Ouyang dkk., 2018).

Pada beberapa penelitian sebelumnya yang telah disebut masih belum ada pengkhususan pada pengisian baterai menggunakan panel surya, maka penelitian ini berfokus pada *balancing* pengisian baterai dengan panel surya serta proteksi baterai Li-ion sebagai alat penyimpanan energi dari pengisian sistem panel pemanen energi surya.

Panel pemanen energi surya adalah salah satu inovasi dalam bidang energi terbarukan yang bertujuan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara efisien dan berkelanjutan. Pemanfaatan teknologi ini sangat potensial, khususnya dalam menjawab tantangan global terhadap krisis energi dan kebutuhan akan sumber energi ramah lingkungan. Salah satu kendala utama dalam pengembangan sistem ini adalah belum tersedianya mekanisme baterai sistem manajemen yang efektif, terutama yang dikhususkan pada inovasi ini. Tanpa adanya BMS yang memadai, pengguna akan mengalami kesulitan dalam menyeimbangkan pengisian baterai Li-ion, membatasi arus dan tegangan pada pengisian baterai, sehingga potensi masalah seperti kerusakan pada baterai Li-ion tidak dapat dihindarkan, sehingga efisiensi sistem menjadi menurun dan mengganggu penyimpanan energi sistem.

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan BMS yang terintegrasi dan cocok untuk panel surya. Penelitian ini berfokus pada pengembangan BMS pada pengisian baterai Li-ion panel surya dengan penyeimbang pasif dan fitur proteksi baterai Li-ion melalui pembatasan arus dan tegangan serta fitur pemantauan. BMS ini dirancang dengan menggunakan beberapa komponen elektronik yang disusun skematik, kemudian dirancang desain *Printed Circuit Board* (PCB) menggunakan *platform* EasyEda. BMS ini juga dilengkapi dengan sensor dan mikrokontroler untuk pemantauan baterai Li-ion. Dengan rancangan BMS tersebut, sistem panel pemanen energi surya dapat menyimpan energi pada baterai Li-ion dengan baik dan memberikan fungsi proteksi serta penyeimbangan dalam pengisian baterai Li-ion.

Tujuan dari rancang bangun BMS diharapkan data yang diperoleh dapat menjadi acuan untuk analisis kinerja BMS pada panel surya serta berfungsi mengoptimalkan penggunaan dan penyimpanan energi yang dihasilkan panel surya.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang serta mengimplementasikan BMS pada panel pemanen energi surya.
2. Memantau dan menganalisis kinerja pengisian dari panel surya ke baterai Li-ion serta efektivitas balancing BMS dalam berbagai kondisi baterai Li-ion.

1.3 Manfaat Penelitian

Dengan tujuan dari penelitian tersebut, maka penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Tersusunnya BMS pada panel pemanen energi surya untuk pengisian energi baterai Li-ion.
2. Tersedianya informasi pengisian dan menunjukkan penerapan metode *passive balancing* untuk pengisian energi pada berbagai kondisi baterai Li-ion.