

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baterai *lithium-ion* tipe 18650 banyak digunakan sebagai media penyimpan energi pada sistem pengisian menggunakan panel surya karena memiliki kepadatan energi tinggi, efisiensi pengisian yang baik, serta umur pakai yang relatif panjang dibandingkan baterai konvensional. Namun, baterai *lithium-ion* sangat sensitif terhadap metode pengisian. Pengisian yang tidak terkontrol dapat menyebabkan penurunan kapasitas, pemendekan umur pakai, dan potensi kerusakan permanen[1]. Pada tahap awal perancangan, satu sel baterai *lithium-ion* 18650 digunakan untuk mengamati karakteristik respon pengisian dan kinerja sistem kendali secara terukur sebelum diterapkan pada susunan baterai yang lebih besar.

Pada sistem tenaga surya, pengaturan aliran daya dari panel surya ke baterai dikendalikan oleh *solar charge controller*. Perangkat ini berfungsi untuk mencegah terjadinya *overcharge*, *overdischarge*, dan memastikan baterai tetap beroperasi dalam zona aman[2]. Studi menunjukkan bahwa *solar charge controller* berbasis *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dapat mencapai efisiensi hingga 72%, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) yang hanya mencapai 31%[3]. Namun, dalam praktiknya *solar charge controller* (SCC) konvensional masih menghadapi beberapa permasalahan, seperti tegangan pengisian yang tidak stabil akibat perubahan cepat intensitas cahaya atau beban, respon yang lambat dalam mencapai tegangan referensi, serta fluktuasi arus pengisian yang menyebabkan efisiensi transfer daya belum optimal. Kondisi ini tidak hanya menurunkan kinerja sistem secara keseluruhan, tetapi juga mempercepat degradasi baterai akibat paparan tegangan dan arus yang tidak ideal.

Untuk mengatasi keterbatasan pada *solar charge controller* (SCC) konvensional, diperlukan mekanisme kontrol yang lebih responsif dan adaptif. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penggunaan kontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) pada *solar charge controller* (SCC). Kontrol PID mampu mengatur tegangan dan arus secara lebih halus serta adaptif

terhadap perubahan kondisi sistem, sehingga dapat mengurangi fluktuasi tegangan, mempercepat pencapaian kondisi stabil dan meningkatkan keandalan proses pengisian. Dengan pengaturan parameter PID yang optimal, pengisian baterai *lithium-ion* 18650 dapat ditingkatkan secara signifikan sekaligus memperpanjang umur pakai baterai.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol PID yang mampu menjaga kestabilan tegangan dan arus pengisian baterai ketika intensitas cahaya berubah?
2. Bagaimana merancang sistem kendali yang dapat menjalankan proses pengisian baterai dalam dua tahap, yaitu mode arus konstan (CC) dan tegangan konstan (CV)?
3. Bagaimana merancang serta menerapkan sistem proteksi untuk menjaga keamanan proses pengisian baterai?

1.3 Tujuan Perancangan

Berdasarkan uraian rumusan masalah diatas, maka tujuan perancangan adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem kontrol PID pada *solar charge controller* agar tegangan dan arus pengisian baterai tetap stabil meskipun intensitas cahaya berubah;
2. Merancang sistem kendali otomatis yang dapat mengatur pengisian baterai dalam dua tahap, yaitu mode arus konstan (CC) dan mode tegangan konstan (CV), dengan akurat dan berkelanjutan;
3. Merancang dan menerapkan sistem proteksi untuk mencegah gangguan, pengisian berlebih, serta kondisi yang bisa membahayakan baterai.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengisian Baterai *Lithium-Ion* 18650 Pada *Solar Charge Controller* sebagai berikut:

1. Perangkat ini beroperasi dengan tegangan *input* antara 8 hingga 22 volt;
2. *Setpoint* tegangan *output* ditetapkan pada 4,2 volt;
3. *Setpoint* arus *output* ditetapkan pada 1 ampere;
4. Pengujian durabilitas jangka panjang belum dilakukan, sehingga umur pakai perangkat belum dapat dipastikan.

1.5 Manfaat Perancangan

Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengisian Baterai *Lithium-Ion* 18650 Pada *Solar Charge Controller* diharapkan memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Baterai memiliki umur pakai yang lebih panjang karena tegangan dan arus dijaga stabil, sehingga tidak mudah rusak dan lebih tahan lama;
2. Energi dari panel surya dimanfaatkan secara lebih optimal, sehingga pengisian baterai menjadi lebih cepat dengan jumlah energi matahari yang sama;
3. Sistem memberikan respon yang cepat terhadap perubahan intensitas cahaya, sehingga kondisi pengisian tetap stabil dan terkontrol;
4. Solusi ini dapat menghemat biaya peningkatan *solar charge controller* karena hanya memerlukan pembaruan perangkat lunak tanpa harus membeli perangkat baru.