

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit energi yang mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses konversi pada sel surya (*photovoltaic*). Teknologi ini memanfaatkan energi terbarukan dari sinar matahari dan berperan sebagai salah satu solusi dalam penyediaan listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (A. Setiawan et al., 2014). Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memerlukan sejumlah komponen pendukung untuk dapat menghasilkan dan menyimpan energi listrik secara optimal. Salah satu komponen utama adalah baterai, yang berfungsi sebagai media penyimpanan energi listrik hasil konversi dari sel surya (Y. Prasetyo et al., 2021).

Baterai merupakan media yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia. Tipe baterai yang umum digunakan adalah baterai primer, yang bersifat sekali pakai (*disposable battery*), dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*) (Nasution, 2021). Baterai yang dapat diisi ulang disebut sebagai akumulator, memiliki spesifikasi tertentu dalam penggunaan maupun pengisiannya (Pranata et al., 2019). Pengisian yang tidak terkontrol dapat menyebabkan *overcharge*, yang berdampak merusak baterai (Ahsan et al., 2023). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem pengendali yang mampu mengatur proses pengisian daya pada baterai secara optimal untuk mencegah terjadinya kelebihan muatan (*overcharge*). Pengaturan ini penting dilakukan agar kondisi baterai tetap

terjaga, sehingga dapat memperpanjang umur pakai dan menjaga kinerja baterai secara berkelanjutan.

Sistem kontrol merupakan kumpulan komponen yang saling terhubung dan bekerja bersama dalam mengendalikan atau mengatur suatu sistem (Nurdiansyah et al., 2020). Sistem kontrol digunakan pada modul panel surya untuk mengatur proses pengisian dari panel surya ke baterai dengan menampilkan berbagai parameter pengisian (K. A. Prasetyo et al., 2018). Parameter yang diamati berupa besar arus, tegangan, serta daya yang dihasilkan oleh panel surya maupun yang menuju ke baterai dari waktu ke waktu (Hasrul, 2021).

Salah satu jenis sistem kontrol yang digunakan dalam pengisian baterai dengan panel surya adalah *Solar Charge Controller* (SCC). SCC memiliki tiga fungsi utama, yaitu mengatur arus dan tegangan, mencegah *overcharge*, serta menghentikan aliran arus balik. Fungsi - fungsi ini memproteksi baterai serta memastikan bahwa sistem beroperasi dengan aman dan efektif. Tipe SCC yang paling umum digunakan adalah *Pulse Width Modulation* (PWM) dan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) (Majaw et al., 2018).

SCC PWM bekerja dengan memancarkan gelombang listrik ke baterai, dengan panjang gelombang yang bervariasi. Fungsi dari panjang gelombang yang berbeda ini adalah sebagai sistem saklar cerdas yang mengontrol proses pengisian baterai dengan mengatur arus serta tegangan yang dihasilkan oleh panel surya (Wahidin et al., 2022). Pada penelitian Majaw et al. (2018) SCC PWM memiliki tingkat efisiensi pengisian sebesar 93,99%, dengan persentase rata-rata rugi daya masuk sebesar 6,01%. Sedangkan penelitian Gunoto & Sofyan (2020). Daya listrik

rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya dengan kapasitas 100 Wp (*Watt-peak*) adalah sebesar 23,34 Watt. Sementara daya listrik yang diterima oleh baterai adalah 15,28 Watt, yang merupakan 65,48% dari total daya yang dihasilkan. Sehingga rugi daya mencapai 8,06 Watt, atau 34,52% dari total daya yang dihasilkan.

SCC MPPT masih bekerja dengan memancarkan gelombang listrik ke baterai, dengan panjang gelombang yang bervariasi seperti SCC PWM. Namun dengan sebuah sistem tambahan yang berfungsi untuk menemukan *sweet spot*, yaitu kombinasi tegangan dan arus terbaik dari panel surya untuk menghasilkan daya maksimum. Pada penelitian Ekaputri et al. (2021) jumlah daya yang masuk ke baterai dengan menggunakan SCC MPPT adalah sebesar 182 Wh (*Watt-hour*) dengan efisiensi 83,78%. Sebaliknya, pengisian tanpa MPPT menghasilkan 165 Wh (*Watt-hour*) dengan efisiensi 75,87%. Hal ini menunjukkan perbedaan tingkat efisiensi sebesar 7,91% dari kedua metode tersebut.

Proses pengisian baterai pada sistem Solar Charge Controller (SCC) tipe *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) maupun metode *Pulse Width Modulation* (PWM), umumnya menerapkan metode pengisian *Constant Current–Constant Voltage* (CC–CV). Pada tahap *Constant Current* (CC), baterai diisi menggunakan arus konstan hingga tegangan maksimum tercapai sesuai spesifikasi baterai. Selanjutnya, proses berlanjut ke tahap *Constant Voltage* (CV), di mana tegangan dijaga tetap stabil sementara arus pengisian secara bertahap menurun hingga mencapai batas *cut-off current*, yang menandai bahwa baterai telah terisi penuh (Nugraha et al., 2021).

Sistem pemantauan arus dan tegangan memiliki peran penting dalam mempermudah pengguna dalam memantau besarnya arus dan tegangan yang mengalir pada suatu jaringan listrik. Pada umumnya, sistem pemantauan pada panel surya konvensional masih dilakukan secara manual melalui perangkat yang terpasang langsung pada unit panel surya. Keterbatasan ini menyebabkan parameter dan data yang diperoleh tidak bersifat menyeluruh serta tidak tersedia secara *real-time*, sehingga mengurangi efektivitas pemantauan sistem secara berkelanjutan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penggunaan sensor INA219. Sensor ini merupakan modul yang dirancang untuk mengukur arus dan tegangan listrik secara akurat, serta dapat digunakan dalam sistem pemantauan panel surya untuk memperoleh data secara efisien, akurat, dan kontinu (Erwanto et al., 2020). sensor INA219 menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan rata-rata persentase error sebesar 0,23% untuk pengukuran tegangan dan 0,19% untuk pengukuran arus (Salam et al., 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan adanya perbedaan kualitas pengisian daya antara SCC tipe PWM dan MPPT, dengan seluruh penelitian tersebut menggunakan media penyimpanan baterai *lead-acid*. Namun, belum ada penelitian yang membandingkan tipe SCC dengan media penyimpanan yang berbeda, seperti baterai ion-litium, yang memiliki kepadatan energi lebih tinggi dibandingkan dengan baterai *lead-acid* (Afif et al., 2015). Pola arus, tegangan dan daya yang dihasilkan selama proses pengisian tidak diperlihatkan secara langsung. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah penelitian tentang analisis perbandingan penggunaan SCC tipe PWM serta MPPT dengan dua buah media penyimpanan

yang berbeda yaitu baterai *lead-acid* dan ion-Litium berdasarkan pola pengisian tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian terdahulu di latar belakang, permasalahan pada penelitian ini adalah belum adanya perbandingan penggunaan *solar charge controller* tipe PWM dan MPPT dalam pengisian baterai *lead acid* dan ion-litium. Selain itu bentuk atau pola tegangan, arus dan daya yang dihasilkan selama proses pengisian belum dibandingkan untuk kedua jenis SCC tersebut pada masing – masing baterai.

C. Batasan masalah

Agar penelitian ini tidak terlalu luas tinjaunnya, dan menyimpang dari rumusan masalah diatas, maka perlu adanya batasan masalah yang diberikan batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Panel surya yang digunakan bertipe *monocrystalline* dengan spesifikasi 50 Wp.
2. Baterai yang digunakan sebagai media penyimpanan adalah *lead acid* dan ion-litium dengan spesifikasi 12 V, 10 Ah dengan total daya 120 Watt.
3. *Solar charge controller* tipe PWM dan MPPT memiliki spesifikasi 10 A.
4. Besaran yang diukur dibatasi hanya pada arus, tegangan dan daya.
5. Analisis dilakukan terhadap pola pengisian berupa CC dan CV pada kedua jenis SCC tersebut.dalam mengisi 2 jenis baterai yang berbeda.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan membandingkan penggunaan *solar charge controler* tipe PWM dan MPPT dalam pengisian baterai *lead acid* dan ion-litium berdasarkan bentuk atau pola tegangan, arus dan daya yang dihasilkan selama proses pengisian.

E. Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi serta manfaat bagi :

1. Penelitian selanjutnya tentang spesifikasi dari SCC tipe PWM dan MPPT serta penggunaan keduanya terhadap pengisian baterai bertipe *lead acid* dan ion-litium.
2. Memberikan informasi kepada bidang industri yang ingin menerapkan konsep energi baru terbarukan tentang *output* daya dari SCC PWM dan MPPT.
3. Edukasi kepada masyarakat yang ingin menggunakan panel surya pada aktivitas sehari-harinya, dalam menentukan spesifikasi terhadap kebutuhan yang mereka perlukan.