

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan sistem penyimpanan energi berbasis baterai banyak diterapkan pada berbagai aplikasi, salah satunya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang digunakan untuk menyuplai daya pada perangkat yang letaknya jauh dari jangkauan teknisi, seperti stasiun pemancar sinyal atau lampu jalan di area yang luas [1]. Pada sistem tersebut, baterai lead-acid berperan penting sebagai media penyimpanan energi agar suplai daya tetap tersedia ketika sumber energi utama tidak tersedia atau mengalami penurunan[2]. Oleh karena itu, kondisi baterai perlu dipantau dan dievaluasi untuk memastikan kemampuan baterai dalam menyimpan serta menyediakan energi tetap berada pada kondisi yang baik.

Selama ini, pemantauan kondisi baterai pada lokasi instalasi yang jauh dari jangkauan teknisi masih mengandalkan metode pemeriksaan periodik yang memerlukan waktu serta biaya operasional yang relatif tinggi. Selain metode konvensional yang masih terbatas dalam proses pemantauan, sebagian besar sistem juga belum menyediakan fasilitas monitoring secara *real-time* maupun akses jarak jauh, sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi penurunan performa baterai. Penelitian yang dilakukan oleh Y. Chen menunjukkan bahwa keterlambatan deteksi kondisi sistem dapat memengaruhi proses pemeliharaan dan meningkatkan risiko kerusakan sistem[3]. Parameter kondisi baterai juga umumnya masih diestimasi berdasarkan pembacaan tegangan terminal maupun karakteristik listrik baterai. Pendekatan tersebut dinilai belum mampu merepresentasikan kapasitas energi aktual yang masih dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Pada baterai yang telah mengalami degradasi, tegangan terminal dapat tetap berada pada kisaran normal saat tanpa beban, sementara kapasitas energi yang tersedia telah mengalami penurunan secara signifikan. Penelitian oleh Vahid Safavi menjelaskan bahwa estimasi kondisi kesehatan baterai memerlukan parameter tambahan dalam menentukan kondisi baterai dibandingkan hanya menggunakan pengukuran tegangan terminal[4]. Kesenjangan antara informasi tegangan baterai dan kapasitas energi aktual inilah yang berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam menentukan waktu penggantian baterai yang telah mencapai akhir masa pakainya (*End of Life*).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang untuk mengembangkan sistem monitoring baterai yang mampu mengirimkan data hasil pengukuran secara *real-time* ke server sehingga dapat dipantau dari jarak jauh. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan sensor INA219, data tegangan serta arus baterai dapat diakuisisi secara berkala sebagai dasar dalam proses evaluasi kondisi baterai. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah metode *Watt-Hour Counting*, yaitu metode yang menghitung perubahan energi berdasarkan akumulasi energi yang masuk dan keluar selama proses *charging* dan *discharging*. Melalui pendekatan tersebut, kondisi baterai dapat dievaluasi berdasarkan kapasitas energi aktual yang mampu disimpan dan dikeluarkan oleh baterai, sehingga tidak hanya bergantung pada pembacaan tegangan terminal maupun karakteristik listrik baterai.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kondisi baterai berbasis ESP32 dan sensor INA219 dengan menerapkan metode *Watt-Hour Counting* untuk mengevaluasi parameter *State of Charge* (SOC), *State of Health* (SOH), dan efisiensi baterai berdasarkan kapasitas energi aktual baterai. Sistem yang dikembangkan divalidasi melalui skenario pengujian laboratorium menggunakan baterai *lead-acid* sebagai objek pengujian sehingga hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem monitoring kondisi baterai yang lebih andal pada penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kondisi baterai berbasis ESP32 dan sensor INA219 untuk memperoleh data tegangan dan arus baterai secara *real-time*?
2. Bagaimana menerapkan metode *Watt-Hour Counting* untuk menghitung parameter *State of Charge* (SOC), *State of Health* (SOH), dan efisiensi baterai berdasarkan kapasitas energi aktual baterai?
3. Bagaimana hasil implementasi sistem monitoring kondisi baterai berbasis ESP32 dan sensor INA219 menggunakan metode *Watt-Hour Counting* pada skenario pengujian laboratorium?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kondisi baterai berbasis ESP32 dan sensor INA219 untuk memperoleh data tegangan dan arus baterai secara *real-time*.
2. Menerapkan metode *Watt-Hour Counting* untuk menghitung parameter *State of Charge* (SOC), *State of Health* (SOH), dan efisiensi baterai berdasarkan kapasitas energi aktual baterai.
3. Mengevaluasi hasil implementasi sistem monitoring kondisi baterai melalui skenario pengujian laboratorium menggunakan baterai *lead-acid*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis
 Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi mengenai penerapan metode *Watt-Hour Counting* dalam evaluasi kondisi baterai berdasarkan kapasitas energi aktual, khususnya pada sistem monitoring baterai berbasis ESP32 dan sensor INA219.
2. Praktis
 - a. Menghasilkan sistem monitoring yang mampu memperoleh data tegangan dan arus baterai secara *real-time* sebagai dasar evaluasi kondisi baterai.
 - b. Memberikan informasi mengenai parameter *State of Charge* (SOC), *State of Health* (SOH), dan efisiensi baterai berdasarkan hasil pengukuran energi selama proses *charging* dan *discharging*.
 - c. Menjadi dasar pengembangan sistem monitoring kondisi baterai yang lebih komprehensif pada penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian menggunakan baterai *lead-acid* sebagai objek pengujian.
2. Sistem monitoring menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor INA219 untuk memperoleh data tegangan dan arus baterai.
3. Evaluasi kondisi baterai dilakukan menggunakan metode *Watt-*

Hour Counting.

4. Parameter yang dihitung meliputi *State of Charge* (SOC), *State of Health* (SOH), dan efisiensi baterai.
5. Pengujian dilakukan pada skenario laboratorium menggunakan empat sampel baterai *lead-acid*.
6. Perpindahan proses *charging* dan *discharging* masih dilakukan secara manual sesuai prosedur pengujian.
7. Perhitungan SOH dan efisiensi dilakukan setelah satu siklus *charging-discharging* selesai.
8. Penelitian tidak membahas penerapan metode estimasi kondisi baterai lain, seperti *Open Circuit Voltage* (OCV), *Internal Resistance*, maupun metode estimasi SOH lainnya.
9. Penelitian tidak mencakup implementasi sistem secara langsung pada instalasi PLTS yang beroperasi di lapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Bab I Pendahuluan berisi latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas dasar-dasar teori mengenai perkembangan permasalahan yang berhubungan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas teknik pengumpulan data, studi kasus mengenai permasalahan yang diangkat dalam penelitian, serta rancangan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas data yang didapatkan, hasil penelitian, serta pembahasan, dan analisa mengenai hasil yang ada.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan dari analisa dan data pada penelitian ini serta saran untuk penelitian mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian daftar Pustaka berisi sumber kutipan yang digunakan sebagai teori pendukung yang berupa jurnal, buku, dan lain-lain.

LAMPIRAN