

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di era modern saat ini menunjukkan peningkatan yang sangat pesat, terutama dalam bidang elektronika dan sistem energi. Salah satu komponen utama yang mendukung perkembangan tersebut adalah baterai. Baterai digunakan sebagai sumber energi utama maupun cadangan dalam berbagai perangkat, seperti perangkat komunikasi, sistem kontrol industri, kendaraan listrik, hingga sistem energi terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga surya.

Seiring meningkatnya ketergantungan terhadap baterai, kebutuhan akan kualitas dan keandalan baterai juga semakin tinggi. Salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas baterai adalah kapasitasnya. Kapasitas baterai menunjukkan kemampuan baterai dalam menyimpan dan menyuplai energi listrik dalam jangka waktu tertentu, yang umumnya dinyatakan dalam satuan *milliampere-hour (mAh)* atau *ampere-hour (Ah)*. Nilai kapasitas ini menjadi acuan utama dalam menentukan performa baterai dalam suatu aplikasi.

Namun demikian, kapasitas yang tertera pada label atau spesifikasi pabrikan sering kali tidak mencerminkan kondisi kapasitas sebenarnya di lapangan. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti degradasi kimia akibat usia pemakaian, jumlah siklus *charge* dan *discharge* yang telah dilalui, kondisi lingkungan seperti suhu, serta kualitas produksi baterai itu sendiri. Selain itu, baterai yang beredar di pasaran, khususnya baterai dengan harga ekonomis, sering kali memiliki perbedaan signifikan antara kapasitas nominal dan kapasitas aktualnya.

Permasalahan ini menjadi semakin penting ketika baterai digunakan dalam sistem yang kritis, seperti perangkat medis, kendaraan listrik, dan sistem penyimpanan energi. Ketidaksesuaian kapasitas dapat menyebabkan penurunan performa sistem, kegagalan operasi, bahkan potensi kerusakan perangkat. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengukur kapasitas real baterai secara akurat dan terpercaya.

Metode pengujian kapasitas baterai secara umum dilakukan dengan cara mengisi baterai hingga penuh (*charging*), kemudian mengosongkannya

(*discharging*) dengan beban tertentu sambil mengukur arus dan waktu hingga baterai mencapai batas tegangan minimum. Kapasitas baterai kemudian dihitung berdasarkan hasil integrasi arus terhadap waktu selama proses *discharge* berlangsung. Metode ini dikenal sebagai metode yang cukup akurat, namun dalam praktiknya sering kali dilakukan secara manual atau menggunakan alat yang mahal dan kompleks.

Pengujian secara manual memiliki berbagai keterbatasan, antara lain membutuhkan waktu yang lama, rentan terhadap kesalahan manusia (*human error*), serta sulit untuk melakukan pencatatan data secara kontinu dan akurat. Selain itu, proses perpindahan antara mode *charge* dan *discharge* sering kali tidak dilakukan secara optimal karena bergantung pada pengawasan operator. Hal ini dapat mempengaruhi hasil pengukuran kapasitas baterai.

Dengan berkembangnya teknologi mikrokontroler, sistem otomatisasi menjadi solusi yang sangat potensial untuk mengatasi permasalahan tersebut. Mikrokontroler modern seperti ESP32-S3 memiliki kemampuan pemrosesan yang tinggi, konsumsi daya yang relatif rendah, serta dilengkapi dengan fitur komunikasi seperti WiFi dan *Bluetooth*. Hal ini memungkinkan pengembangan sistem pengujian baterai yang tidak hanya otomatis, tetapi juga cerdas dan terintegrasi.

Dalam perancangan sistem pengujian kapasitas baterai, diperlukan beberapa komponen pendukung seperti modul konverter tegangan dan sistem switching. Adjustable boost converter digunakan untuk menyesuaikan tegangan sesuai kebutuhan proses *charge*, sedangkan step-up boost converter berdaya tinggi digunakan untuk memastikan suplai daya yang stabil pada beban tertentu. Selain itu, relay module dual channel berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengatur perpindahan antara proses *charge* dan *discharge* secara otomatis.

Integrasi antara mikrokontroler, sensor arus dan tegangan, serta modul daya ini memungkinkan terbentuknya suatu sistem yang mampu melakukan pengujian kapasitas baterai secara mandiri. Sistem ini dapat mengontrol alur pengisian dan pengosongan baterai, melakukan pengukuran parameter listrik secara real-time, serta menghitung kapasitas baterai secara otomatis tanpa intervensi pengguna secara terus-menerus.

Selain aspek otomatisasi, sistem ini juga memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut ke arah Internet of Things (IoT), di mana data hasil pengujian dapat dikirim dan dipantau secara jarak jauh. Hal ini memberikan nilai tambah dalam hal efisiensi dan kemudahan akses data, terutama dalam skala industri maupun penelitian.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengembangan alat pengujian kapasitas riil baterai dengan metode *charge* dan *discharge* otomatis merupakan suatu kebutuhan yang relevan dan penting. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32-S3 serta komponen pendukung lainnya, diharapkan alat ini dapat memberikan solusi yang efektif, efisien, dan akurat dalam mengukur kapasitas baterai.

Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dirancang dan dibangun sebuah alat pengujian kapasitas real baterai berbasis ESP32-S3 yang mampu melakukan proses *charge* dan *discharge* secara otomatis serta menghasilkan data pengukuran yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, diketahui bahwa pengujian kapasitas baterai secara akurat merupakan hal yang sangat penting dalam menjamin kinerja dan keandalan suatu sistem elektronik. Namun, dalam praktiknya masih terdapat berbagai kendala, baik dari segi metode pengukuran, keterbatasan alat, maupun faktor manusia dalam proses pengujian.

Pengujian kapasitas baterai yang dilakukan secara manual cenderung kurang efisien dan memiliki tingkat akurasi yang rendah, terutama karena keterbatasan dalam melakukan pemantauan secara kontinu terhadap parameter listrik seperti arus, tegangan, dan waktu. Selain itu, proses perpindahan antara kondisi pengisian (*charge*) dan pengosongan (*discharge*) sering kali tidak dilakukan secara optimal, sehingga dapat mempengaruhi hasil pengukuran kapasitas baterai.

Di sisi lain, alat pengujian kapasitas baterai yang tersedia di pasaran umumnya memiliki harga yang relatif mahal dan kurang fleksibel untuk kebutuhan penelitian atau pengembangan skala kecil. Hal ini mendorong perlunya perancangan suatu alat

alternatif yang lebih ekonomis, fleksibel, serta mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat.

Dalam perancangan alat tersebut, terdapat beberapa aspek teknis yang perlu diperhatikan, seperti bagaimana sistem dapat mengontrol proses *charge* dan *discharge* secara otomatis, bagaimana cara mengukur parameter listrik secara *real-time*, serta bagaimana mengolah data tersebut menjadi informasi kapasitas baterai yang *valid*. Selain itu, integrasi antara berbagai komponen seperti mikrokontroler, sensor, modul konverter, dan *relay* juga menjadi tantangan tersendiri dalam memastikan sistem dapat bekerja secara optimal dan stabil.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perumusan masalah dalam tugas akhir ini dapat dijabarkan secara lebih rinci dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun suatu sistem alat yang mampu melakukan pengujian kapasitas baterai secara otomatis tanpa intervensi manual secara terus-menerus?
2. Bagaimana mengimplementasikan metode *charge* dan *discharge* baterai secara terkontrol dan berurutan menggunakan mikrokontroler ESP32-S3?
3. Bagaimana merancang sistem *switching* otomatis menggunakan *relay module dual channel* agar proses perpindahan antara *charge* dan *discharge* dapat berjalan dengan aman dan efisien?
4. Bagaimana mengintegrasikan *Adjustable Step-Up Boost Converter* dan *Adjustable Step-Down Boost Converter* dalam sistem untuk memastikan tegangan dan daya yang dibutuhkan selama proses pengujian dapat terpenuhi secara stabil?
5. Bagaimana cara mengukur arus dan tegangan baterai secara akurat dan *real-time* selama proses *charge* dan *discharge* berlangsung?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Merancang sistem kontrol berbasis ESP32-S3 N16R8

Mengembangkan sistem kendali utama menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 N16R8 yang berfungsi untuk mengatur seluruh proses pengujian baterai secara otomatis.

2. Mengimplementasikan metode *charge* dan *discharge* otomatis

Membuat algoritma yang mampu menjalankan proses pengisian (*charge*) dan pengosongan (*discharge*) baterai secara berurutan tanpa intervensi manual.

3. Mengintegrasikan *relay module dual channel* sebagai sistem *switching*

Menggunakan *relay dual channel* untuk mengatur perpindahan jalur antara proses *charge* dan *discharge* secara otomatis dan aman.

4. Mengimplementasikan *Step-Up Converter 600W* dan *Step-Down Converter 300W*

Menyediakan suplai daya yang stabil dan mencukupi selama proses pengujian, terutama saat *discharge* dengan beban tertentu.

5. Menghitung kapasitas *real* baterai secara otomatis

Mengembangkan sistem perhitungan kapasitas baterai berdasarkan data arus dan waktu selama proses *discharge*.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Pelaksanaan tugas akhir dengan judul “*Alat Pengujian Kapasitas Real Baterai dengan Cara Charge dan Discharge Otomatis*” diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat, baik dari sisi akademis, teknis, maupun praktis. Adapun manfaat tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi Mahasiswa

1.1 Meningkatkan pemahaman di bidang sistem *embedded*

Mahasiswa dapat memahami secara lebih mendalam mengenai penerapan mikrokontroler ESP32-S3 dalam sistem kendali otomatis.

1.2 Mengembangkan kemampuan perancangan sistem elektronika

Melalui tugas akhir ini, mahasiswa dapat mengasah kemampuan dalam merancang dan mengintegrasikan berbagai komponen seperti *Step-Up Converter*, *Step-Down Converter*, *Relay*, dan sensor dalam satu sistem yang kompleks.

1.3 Melatih kemampuan analisis dan pemecahan masalah

Proses perancangan hingga pengujian alat menuntut mahasiswa untuk mampu menganalisis permasalahan teknis serta mencari solusi yang tepat.

1.4 Menambah pengalaman dalam pengolahan data

Mahasiswa dapat memahami bagaimana data arus, tegangan, dan waktu diolah menjadi informasi kapasitas baterai yang akurat.

2. Manfaat Bagi Masyarakat

2.1 Menyediakan alat alternatif yang lebih ekonomis

Sistem yang dirancang dapat menjadi solusi pengujian kapasitas baterai dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan alat komersial.

2.2 Meningkatkan efisiensi proses pengujian baterai Dengan sistem otomatis, proses pengujian tidak lagi memerlukan pengawasan terus-menerus sehingga lebih efisien dalam waktu dan tenaga.

2.3 Membantu dalam kontrol kualitas baterai

Alat ini dapat digunakan untuk mengevaluasi kapasitas *real* baterai sebelum digunakan dalam suatu sistem atau produk.

3. Manfaat Bagi Pembaca

3.1 Mengetahui kondisi baterai secara aktual

Pengguna dapat mengetahui apakah baterai yang digunakan masih layak pakai atau sudah mengalami penurunan kapasitas.

3.2 Menghindari penggunaan baterai yang tidak sesuai

Dengan mengetahui kapasitas *real*, pengguna dapat menghindari penggunaan baterai yang berpotensi merusak perangkat.

1.5 Pembatasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, maka pembatasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1.5.1 Baterai yang diuji adalah baterai jenis *Li-ion*

1.5.2 Tegangan baterai yang diuji berada pada kisaran 4,2V.

1.5.3 Sistem kontrol menggunakan ESP32-S3 N16R8 sebagai pengendali utama.

1.5.4 Komponen utama yang digunakan meliputi *Step-up converter* 600W, *Step down* 300W *converter*, dan *relay dual channel*.

- 1.5.5 Metode pengujian menggunakan proses *charge* dan *discharge* otomatis dengan batas tegangan tertentu (*cut-off*).
- 1.5.6 Parameter yang diukur hanya tegangan, arus, dan waktu untuk menghitung kapasitas baterai.
- 1.5.7 Sistem tidak membahas BMS kompleks, *balancing cell*, maupun sistem *IoT*.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, pembatasan masalah, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep dasar baterai, kapasitas baterai, metode *charge* dan *discharge*, mikrokontroler ESP32-S3, serta komponen pendukung seperti *boost converter*, *step-up converter*, dan *relay*.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang perancangan dan pembuatan sistem, meliputi diagram blok, perancangan *hardware* dan *software*, algoritma kerja alat, serta metode yang digunakan dalam pengujian sistem

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Bab ini menyajikan hasil pengujian dan analisis dari masing-masing komponen sistem, meliputi pengujian LCD TFT, sensor INA219, relay, serta pengujian kapasitas real tiga kondisi baterai (baru, usia 1 tahun, usia 2 tahun) dengan metode *charge* dan *discharge* otomatis.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang menjawab seluruh tujuan tugas akhir, serta saran pengembangan untuk penelitian selanjutnya

