

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada era Revolusi Industri 4.0 telah mendorong pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dalam berbagai bidang, seperti industri, kesehatan, energi, transportasi, hingga sistem monitoring. Konsep IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung. Melalui teknologi tersebut, proses pemantauan kondisi suatu sistem dapat dilakukan secara *real-time*, sehingga informasi yang diperoleh menjadi lebih cepat, akurat, dan mudah diakses dari berbagai lokasi. Penerapan IoT juga mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi proses monitoring secara manual, serta mendukung pengambilan keputusan berdasarkan data yang diperoleh secara berkelanjutan [1].

Seiring berkembangnya teknologi IoT, kebutuhan terhadap sistem penyimpanan energi yang andal juga semakin meningkat. Salah satu media penyimpanan energi yang paling banyak digunakan saat ini adalah baterai Lithium-Ion, khususnya tipe 18650. Baterai ini banyak diaplikasikan pada telepon pintar, laptop, robot bergerak, kendaraan listrik, sistem pembangkit energi surya, hingga berbagai perangkat Internet of Things karena memiliki densitas energi yang tinggi, ukuran yang relatif kecil, bobot ringan, serta umur siklus pengisian yang lebih panjang dibandingkan beberapa jenis baterai lainnya. Meskipun demikian, performa baterai Lithium-Ion sangat dipengaruhi oleh kondisi operasionalnya, terutama nilai tegangan, arus, dan suhu selama proses pengisian maupun pelepasan energi. Apabila parameter-parameter tersebut tidak dipantau dengan baik, maka kapasitas baterai dapat menurun, umur pakai menjadi lebih pendek, bahkan dapat meningkatkan risiko kerusakan baterai [2].

Pada umumnya, proses pemantauan kondisi baterai masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur seperti multimeter. Cara tersebut hanya mampu memberikan informasi pada saat pengukuran dilakukan sehingga perubahan kondisi baterai secara terus-menerus tidak dapat diketahui. Selain itu, proses

monitoring secara manual memerlukan kehadiran pengguna di lokasi perangkat sehingga kurang efisien apabila diterapkan pada sistem yang memerlukan pemantauan secara berkala. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem monitoring yang mampu mengukur kondisi baterai secara otomatis, menyajikan data secara *real-time*, dan dapat diakses dengan mudah melalui jaringan internet [3].

Perkembangan mikrokontroler modern memberikan kemudahan dalam membangun sistem monitoring berbasis IoT dengan biaya yang relatif rendah namun memiliki kemampuan yang baik. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan adalah ESP32, karena telah dilengkapi modul WiFi dan Bluetooth terintegrasi sehingga mampu melakukan komunikasi data tanpa memerlukan perangkat tambahan. Selain itu, ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan data yang tinggi, mendukung berbagai antarmuka komunikasi seperti UART, SPI, I²C, dan *OneWire*, serta kompatibel dengan berbagai sensor sehingga banyak dimanfaatkan dalam pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* [4].

Pada penelitian ini digunakan sensor INA219 untuk mengukur tegangan dan arus baterai, sedangkan sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu permukaan baterai. Sensor INA219 mampu melakukan pengukuran arus dan tegangan DC secara bersamaan melalui komunikasi I2C dengan tingkat akurasi yang baik, sedangkan sensor DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang memiliki resolusi tinggi, komunikasi *OneWire*, serta tahan terhadap gangguan sinyal dibandingkan sensor analog. Kombinasi kedua sensor tersebut memungkinkan proses pemantauan kondisi baterai dilakukan secara lebih akurat dan berkesinambungan [5].

Data hasil pembacaan sensor diproses menggunakan ESP32 kemudian ditampilkan pada LCD 16×2 berbasis I2C sebagai media monitoring lokal. Selanjutnya data dikirimkan melalui web server internal ESP32 menuju aplikasi monitoring yang dibangun menggunakan Flutter, sehingga pengguna dapat memantau kondisi baterai secara langsung melalui smartphone yang terhubung pada jaringan WiFi yang sama. Sistem juga dilengkapi dengan fitur perhitungan persentase kapasitas baterai, indikator kondisi baterai berupa Normal, *Warning*,

dan *Danger*, serta buzzer sebagai alarm ketika suhu baterai melebihi batas aman yang telah ditentukan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring baterai berbasis *Internet of Things* menggunakan berbagai *platform cloud* maupun aplikasi monitoring. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih memanfaatkan platform pihak ketiga sebagai media komunikasi data sehingga fleksibilitas pengembangan aplikasi menjadi terbatas. Pada penelitian ini digunakan *web server internal* ESP32 sebagai penyedia data dan Flutter sebagai antarmuka pengguna. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi karena aplikasi dapat dikembangkan secara mandiri sesuai kebutuhan serta tidak bergantung pada platform IoT tertentu [6].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengangkat judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kondisi Baterai Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan ESP32". Sistem yang dirancang menggunakan ESP32, sensor INA219, sensor DS18B20, LCD 16×2 I2C, baterai Lithium-Ion 18650, *battery holder*, saklar *ON/OFF*, kipas DC 5 volt sebagai beban, buzzer, serta resistor *pull-up* pada jalur sensor DS18B20. Melalui penelitian ini diharapkan dapat dihasilkan suatu sistem monitoring yang mampu memberikan informasi kondisi baterai secara *real-time*, meningkatkan kemudahan proses pemantauan, serta mendukung penggunaan baterai yang lebih aman dan efisien.

1.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan bentuk penegasan keaslian karya yang akan dibuat guna menghindari plagiarisme terhadap karya orang lain. Tabel 1.1 menunjukkan beberapa referensi guna menunjang penelitian yang berjudul "Rancang bangun sistem monitoring kondisi baterai berbasis IoT menggunakan ESP32".

Tabel 1.1 Tabel referensi

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
1	<i>Design and Build Voltage and Current Monitoring Parameters Device of Rechargeable Batteries in Real-Time Using the INA219 GY-219 Sensor</i>	B. J. S. Bayu	2023
2	<i>Design of IoT-Based Battery Monitoring for DC Backup</i>	Y. Yunidar	2024
3	<i>Off-Grid Solar System Monitoring Based on ESP-32 and Hybrid Technology</i>	A. Nawawi	2024
4	<i>Management and Monitoring of Lithium-Ion Battery Recharge with ESP32</i>	J. C. Márquez dkk.	2024
5	<i>Real-Time Monitoring of a Lithium-Ion Battery Module to Enhance Safe Operation and Lifespan</i>	I. Christakis	2024

Pada referensi pertama, Penelitian yang dilakukan oleh B. J. S. Bayu (2023) mengembangkan perangkat monitoring tegangan dan arus baterai isi ulang menggunakan sensor INA219 GY-219. Sistem mampu melakukan pengukuran tegangan dan arus secara otomatis serta mengendalikan proses pengisian dan

pelepasan baterai melalui relay dan LCD. Penelitian tersebut berfokus pada pengukuran dua parameter utama, yaitu tegangan dan arus baterai. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini tidak hanya memonitor tegangan dan arus, tetapi juga mengukur suhu baterai menggunakan sensor DS18B20, menghitung persentase kapasitas baterai, menampilkan status kondisi baterai (Normal, *Warning*, dan *Danger*), serta mengirimkan data secara *real-time* ke aplikasi Flutter melalui web server internal ESP32 [7].

Pada referensi kedua, Penelitian oleh Y. Yunidar (2024) merancang sistem monitoring baterai DC berbasis *Internet of Things* untuk kebutuhan catu daya cadangan. Sistem menggunakan ESP32 dan sensor INA219 untuk memperoleh data tegangan dan arus yang kemudian dikirim melalui jaringan IoT. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring mampu meningkatkan kemudahan pengawasan kondisi baterai secara *real-time*. Perbedaannya dengan penelitian yang dilakukan penulis adalah penambahan sensor suhu DS18B20, penggunaan LCD 16×2 I2C, *buzzer*, kipas DC 5 V sebagai beban, serta pengembangan aplikasi monitoring berbasis Flutter yang terhubung langsung ke web server ESP32 tanpa menggunakan platform IoT pihak ketiga[1].

Pada referensi ketiga, Penelitian yang dilakukan oleh A. Nawawi (2024) mengembangkan sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya (*off-grid solar system*) menggunakan ESP32 dan sensor INA219. Sistem mampu memantau tegangan, arus, dan daya dari panel surya maupun baterai secara *real-time* dengan tingkat kesalahan pengukuran yang rendah dibandingkan multimeter. Meskipun menggunakan perangkat keras yang serupa, fokus penelitian tersebut adalah pemantauan performa sistem tenaga surya. Sebaliknya, penelitian ini difokuskan pada monitoring kondisi baterai lithium-ion 18650 dengan parameter tegangan, arus, suhu, persentase baterai, dan status kondisi baterai sehingga lebih spesifik terhadap kesehatan baterai [8].

Pada referensi keempat, Penelitian oleh J. C. Márquez dkk. (2024) mengembangkan sistem pengisian baterai lithium-ion berbasis ESP32 yang mampu melakukan monitoring kapasitas baterai melalui jaringan WiFi. Data hasil pengukuran dikirim ke server dan divisualisasikan menggunakan platform *Node-*

RED sehingga pengguna dapat memantau proses pengisian baterai dari jarak jauh. Penelitian ini lebih menitikberatkan pada proses pengisian baterai beserta pemantauan kapasitasnya. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini berfokus pada monitoring kondisi operasional baterai melalui pengukuran tegangan, arus, suhu, persentase baterai, dan indikator status, serta menampilkan informasi melalui LCD dan aplikasi Flutter berbasis web server lokal [6].

Pada referensi kelima, Penelitian yang dilakukan oleh I. Christakis (2024) mengembangkan modul pemantauan baterai lithium-ion yang mampu mengukur tegangan, arus, dan suhu secara real-time untuk mendeteksi peningkatan temperatur akibat beban tinggi. Data hasil pengukuran dikirim ke server dan divisualisasikan menggunakan Grafana sebagai media pemantauan daring. Penelitian tersebut lebih berorientasi pada analisis perilaku termal baterai ketika diberikan beban tinggi. Sementara itu, penelitian ini lebih menekankan pada pembangunan prototipe sistem monitoring kondisi baterai berbasis IoT menggunakan ESP32 yang dilengkapi sensor INA219, DS18B20, LCD 16×2, buzzer, kipas DC sebagai beban, dan aplikasi Flutter sehingga lebih sesuai untuk implementasi pada skala laboratorium maupun media pembelajaran [9].

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun sistem monitoring kondisi baterai lithium-ion berbasis *Internet of Things* (IoT)?
2. Bagaimana kinerja sistem monitoring kondisi baterai lithium-ion berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan hasil pengukuran tegangan, arus, suhu, serta pengiriman data secara *real-time*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Merancang sistem monitoring kondisi baterai lithium-ion berbasis *Internet of Things* (IoT).
2. Menganalisis kinerja sistem monitoring kondisi baterai lithium-ion berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan hasil pengukuran tegangan, arus, suhu,

serta pengiriman data secara *real-time*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1.5.1 Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Elektro pada penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk sistem monitoring kondisi baterai. Penelitian ini memberikan gambaran mengenai proses perancangan dan implementasi sistem monitoring baterai lithium-ion menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor INA219 sebagai sensor tegangan dan arus, serta sensor DS18B20 sebagai sensor suhu yang terintegrasi dengan aplikasi Flutter sebagai media pemantauan secara *real-time*. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa maupun peneliti yang akan mengembangkan penelitian sejenis mengenai sistem monitoring baterai, sistem monitoring energi, maupun pengembangan aplikasi *Internet of Things* pada bidang sistem tenaga dan elektronika.

1.5.2 Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sebuah sistem monitoring kondisi baterai lithium-ion yang mampu memberikan informasi mengenai tegangan, arus, suhu, persentase baterai, dan status kondisi baterai secara real-time melalui LCD maupun aplikasi Flutter. Sistem ini dapat membantu pengguna dalam memantau kondisi baterai dengan lebih mudah tanpa harus melakukan pengukuran secara manual menggunakan alat ukur. Selain itu, adanya indikator status (Normal, *Warning*, dan *Danger*) serta *buzzer* sebagai alarm dapat memberikan peringatan dini apabila suhu baterai melebihi batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem monitoring yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan kemudahan proses pemantauan, mendukung penggunaan baterai yang lebih aman, serta menjadi media pembelajaran dan pengembangan prototipe sistem monitoring berbasis Internet of Things pada berbagai aplikasi yang menggunakan baterai lithium-ion.

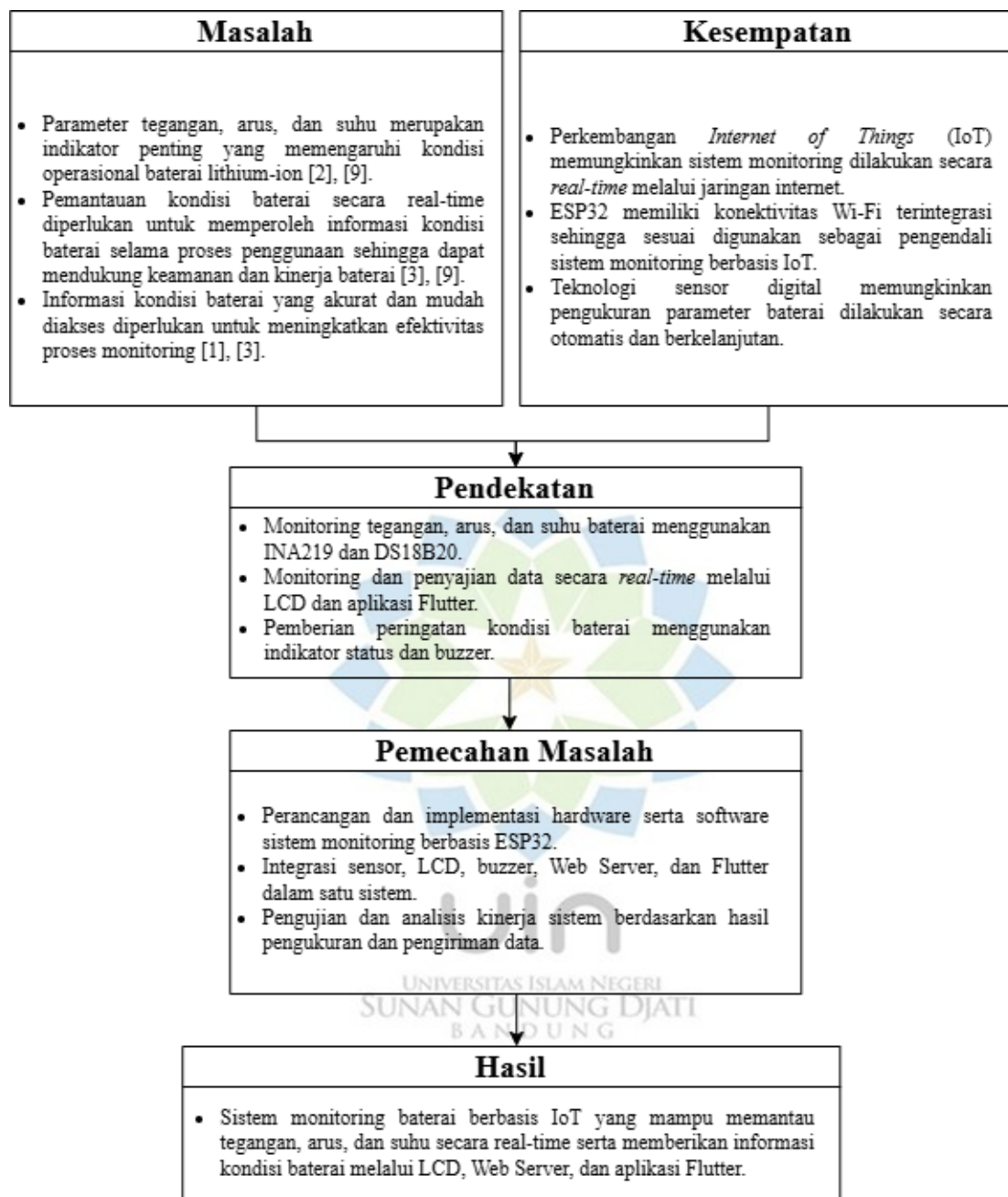
1.6 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak melebar dari tujuan utama, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem monitoring dirancang menggunakan baterai Lithium-Ion tipe 18650 (1S) sebagai objek pengujian.
2. Parameter yang dimonitor pada penelitian ini meliputi tegangan, arus, dan suhu baterai secara *real-time*.
3. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan menggunakan sensor INA219, sedangkan pengukuran suhu menggunakan sensor DS18B20.
4. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat pengendali sistem adalah ESP32 dengan memanfaatkan komunikasi WiFi.
5. Data hasil monitoring ditampilkan pada LCD 16×2 berbasis I2C serta aplikasi Flutter melalui web server internal ESP32.
6. Sistem menggunakan metode *threshold* untuk menentukan kondisi baterai dengan tiga kategori, yaitu Normal, *Warning*, dan *Danger*, berdasarkan nilai suhu yang telah ditentukan.
7. Sistem dilengkapi dengan buzzer sebagai alarm ketika suhu baterai mencapai batas yang telah ditentukan.
8. Beban yang digunakan pada proses pengujian adalah kipas DC 5 volt untuk mengetahui perubahan nilai tegangan, arus, dan suhu baterai selama sistem beroperasi.
9. Penelitian ini hanya membahas sistem monitoring kondisi baterai dan tidak mencakup perancangan *Battery Management System* (BMS), estimasi *State of Charge* (SoC), maupun *State of Health* (SoH).
10. Sistem yang dikembangkan merupakan prototipe skala laboratorium yang digunakan sebagai media pembelajaran dan pengujian, sehingga belum diterapkan pada sistem penyimpanan energi maupun kendaraan listrik.

1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir pada penelitian ini menggambarkan alur proses dari identifikasi masalah hingga perancangan solusi berupa sistem monitoring baterai berbasis IoT. Tahapan kerangka berpikir pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka berpikir

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian, Penelitian terdahulu, perumusan masalah, tujuan serta manfaat penelitian, batasan masalah, kerangka berfikir dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi baterai lithium-ion 18650, karakteristik tegangan, arus, dan suhu baterai, konsep *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler ESP32, sensor INA219, sensor DS18B20, komunikasi HTTP berbasis JSON, aplikasi Flutter.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang meliputi tahapan penelitian, studi literatur, identifikasi kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), perancangan diagram blok dan diagram alir sistem, implementasi sistem monitoring, serta metode pengujian dan pengambilan data.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini berisi penjelasan mengenai perancangan dan implementasi sistem monitoring baterai, meliputi perancangan rangkaian perangkat keras menggunakan ESP32, sensor INA219, sensor DS18B20, LCD I2C, buzzer, serta implementasi perangkat lunak pada ESP32 dan aplikasi Flutter untuk menampilkan data monitoring secara *real-time*.

BAB V HASIL DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian sistem monitoring baterai. Pengujian meliputi pembacaan tegangan, arus, dan suhu baterai, pengiriman data secara *real-time* ke aplikasi Flutter, pengujian tampilan LCD, pengujian buzzer, serta analisis kinerja sistem berdasarkan hasil pengujian.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan sistem monitoring baterai pada penelitian selanjutnya.