

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pertumbuhan kendaraan listrik (EV) di Indonesia mengalami lonjakan yang cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir. Sampai bulan November 2024, tercatat sebanyak 195.084 unit kendaraan listrik telah beroperasi di Indonesia. Angka ini melonjak tajam dibandingkan dengan tahun 2022 yang hanya mencapai 41.743 unit, serta 116.438 unit pada tahun 2023. Dari total tersebut, sepeda motor listrik menjadi penyumbang terbanyak dengan jumlah 160.578 unit. Sementara itu, mobil listrik tercatat sebanyak 33.555 unit, disusul bus listrik sebanyak 402 unit, kendaraan roda tiga listrik sebanyak 337 unit, dan kendaraan niaga listrik sebanyak 212 unit (Farhan Nurhuda, 2024).

Pemerintah Indonesia menetapkan sasaran besar dalam pengembangan kendaraan listrik, yakni menargetkan sebanyak 2 juta unit mobil listrik dan 13 juta unit kendaraan roda dua listrik dapat beroperasi pada tahun 2030 (ESDM, 2024). Guna mewujudkan tujuan ini, berbagai bentuk dukungan diberikan, seperti subsidi pembelian motor listrik serta insentif perpajakan untuk produsen EV ternama seperti BYD, Citroen, dan GAC Aion (Reuters, 2024). Di samping itu, Indonesia juga tengah memperkuat ekosistem kendaraan listrik nasional dengan mengoptimalkan sumber daya nikel yang besar sebagai bahan baku pembuatan baterai EV. Bahkan, pada Oktober 2024, Indonesia mulai mengeksport bahan prekursor baterai berbasis nikel ke Amerika Serikat yang nantinya akan dipasok ke produsen kendaraan listrik seperti Tesla.

Dalam sistem kendaraan listrik (EV), baterai memiliki peran vital sebagai sumber energi utama yang menggerakkan motor. Jenis baterai yang digunakan akan sangat menentukan performa kendaraan, efisiensi konsumsi energi, serta jarak tempuh yang dapat dicapai. Salah satu teknologi baterai yang menonjol adalah lithium-sulfur, yang memiliki kepadatan energi mencapai 2.500 Wh/kg. Angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan jenis baterai lainnya, seperti lithium-air (250–1.200 Wh/kg), all-solid-state battery (500 Wh/kg), dan lithium-ion (890 Wh/kg).

Kepadatan energi yang besar tersebut memberikan keuntungan dalam bentuk jarak tempuh yang lebih jauh serta efisiensi operasional yang lebih optimal bagi kendaraan listrik (Muhammad Ulumul Khasan et al., 2021).

Untuk menjaga performa optimal, suhu baterai kendaraan listrik perlu dipertahankan dalam kisaran aman antara 25 hingga 55°C. Apabila suhu melebihi batas ini, daya dan kapasitas baterai dapat menurun secara signifikan, yang berdampak langsung pada penurunan performa kendaraan (Muhamad Rifai, 2024). Jenis baterai lithium-ion yang umum digunakan diketahui memiliki kerentanan terhadap *thermal runaway*, yaitu Parameter lonjakan suhu ekstrem yang tidak terkendali dan bisa memicu pelepasan gas berbahaya, kebakaran, bahkan ledakan (AlQahtani et al., 2024). Situasi seperti berkendara di tanjakan atau membawa muatan berat dapat memperparah pemanasan berlebih, karena meningkatkan beban kerja motor dan baterai, yang kemudian menurunkan efisiensi serta mempercepat degradasi sel baterai (Dwipayana et al., 2023). Selain itu, penggunaan kendaraan secara terus-menerus tanpa istirahat turut menyebabkan penumpukan panas, yang bila tidak diatasi dapat menimbulkan reaksi kimia berlebihan serta kerusakan pada struktur baterai secara permanen (Qalbi et al., 2023).

Suhu yang tinggi dapat mempercepat proses kimia dalam baterai, yang berujung pada terjadinya dekomposisi elektrolit, pelepasan gas secara berlebihan, serta kerusakan material aktif seperti lithium, sehingga mengurangi kapasitas dan efisiensi baterai (Everexceed, 2023). Selain itu, temperatur yang meningkat juga mempercepat pembentukan lapisan antarmuka padat elektrolit (*solid electrolyte interphase/SEI*) di bagian anoda, yang menambah resistansi internal dan menghambat proses transfer ion secara efisien. Dalam Parameter panas, baterai juga mengalami *self-discharge* lebih cepat, meskipun tidak sedang digunakan, dan berisiko mengalami *overcharge* yang dapat membahayakan (Everexceed, 2023). Suhu ekstrem bahkan dapat memicu keluarnya gas yang mudah terbakar dan mengarah pada pelarian termal (*thermal runaway*), sehingga meningkatkan potensi kebakaran maupun ledakan (Kurniawan, 2020). Di sisi lain, peningkatan arus *float* akibat suhu tinggi turut mempercepat proses *overcharge* dan korosi pada jaringan

elektroda. Hal ini juga menyebabkan elektrolisis air, menghasilkan gas berlebih, serta mempercepat penurunan performa baterai secara keseluruhan (Fauziah & Laksono, 2021).

Pemantauan tegangan baterai merupakan aspek krusial dalam menjaga kinerja optimal sepeda listrik serta mencegah kerusakan dini. Tegangan yang berada di luar batas normal baik terlalu rendah maupun terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi energi dan mempercepat proses degradasi pada baterai (Tamara & Aji, 2022). Tegangan rendah dapat menghambat suplai arus yang dibutuhkan motor, mengakibatkan hilangnya tenaga, getaran berlebih, atau bahkan mesin berhenti mendadak, yang tentu sangat membahayakan apabila terjadi saat berkendara. Di sisi lain, tegangan yang terlalu tinggi, umumnya akibat proses pengisian daya berlebihan (*overcharging*), dapat menyebabkan tekanan berlebih di dalam sel baterai serta memicu reaksi kimia yang tidak stabil (Wilbrodus). Situasi ini bukan hanya merusak komponen penting seperti inverter dan pengendali motor (*motor controller*), tetapi juga mempercepat kerusakan elektrokimia pada elektroda maupun elektrolit. Apabila tegangan tidak dikendalikan dalam rentang aman, risiko terjadinya *thermal runaway* pun meningkat, terutama pada jenis baterai lithium-ion, yang bisa memicu kebakaran hingga ledakan jika tidak dilengkapi sistem perlindungan yang andal.

Pemantauan arus listrik pada baterai sepeda motor listrik memiliki peran penting dalam menjaga kinerja sistem tenaga sekaligus memastikan aspek keselamatan kendaraan. Arus yang mengalir dari baterai ke motor mencerminkan jumlah energi yang sedang digunakan, sehingga perubahan atau fluktuasi arus dapat memberikan indikasi apakah sistem sedang bekerja dalam Parameter normal atau mengalami beban berlebih. Ketika arus melebihi ambang batas yang diizinkan (*overcurrent*), dapat timbul panas berlebih pada kabel, konektor, serta komponen elektronik lainnya, yang dalam jangka panjang dapat mengakibatkan kerusakan serius hingga memicu kebakaran. Oleh karena itu, sistem pemantauan arus pada kendaraan listrik sangat penting untuk mendeteksi Parameter beban berlebih secara dini, sekaligus mencegah

kerusakan yang disebabkan oleh arus tinggi yang berlangsung terus-menerus (Unang Achlison et al., 2024) .

Pemantauan daya pada baterai sepeda motor listrik merupakan elemen penting untuk menjaga performa sistem tenaga tetap stabil dan efisien di berbagai situasi operasional. Daya, yang merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus, mencerminkan secara langsung seberapa besar energi yang digunakan oleh motor. Pemantauan daya secara waktu nyata (*real-time*) memungkinkan pengguna memahami pola konsumsi energi, mengenali adanya beban berlebih, serta memprediksi waktu pengisian ulang dengan lebih presisi, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan keandalan kendaraan. Sementara itu, pemantauan terhadap energi yakni akumulasi daya terhadap waktu menjadi kunci untuk mengetahui kapasitas baterai yang telah terpakai, sehingga menghindari risiko kehabisan energi saat berkendara, terlebih ketika melalui medan berat seperti tanjakan atau membawa muatan. Alat ukur seperti *watt hour meter* sangat efektif dalam merekam informasi mengenai konsumsi daya, arus, tegangan, serta durasi pemakaian kendaraan secara rinci (A. T. Zain et al., 2023). Data tersebut berguna dalam mengevaluasi efisiensi baterai, memperpanjang usia pakainya, serta mencegah terjadinya *overdischarge* dan *overcharge* yang bisa merusak sistem kelistrikan kendaraan.

IoT merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat seperti NodeMCU atau ESP32 terhubung ke internet untuk mengirim dan menerima data secara *real-time* (Yulendra et al., 2023). Integrasi *IoT* dengan Telegram bot memungkinkan sistem pemantauan seperti tegangan, arus, daya, atau energi pada baterai sepeda motor listrik untuk memberikan notifikasi instan kepada pengguna melalui aplikasi chat yang mudah diakses di mana saja. Dengan mengadopsi model ini, sistem monitoring sepeda motor listrik bisa mencakup visualisasi parameter seperti tegangan dan arus di dashboard terpusat, ditambah notifikasi Telegram ketika terjadi fluktuasi signifikan. Dalam konteks ini, penggunaan Telegram bot memberikan dua keuntungan utama: pertama, kecepatan dan mobilitas notifikasi (karena hampir semua pengguna memiliki aplikasi Telegram aktif di smartphone); kedua, kemudahan akses

terhadap data historis melalui log obrolan bot. Model infrastruktur ini membuat monitoring parameter baterai bukan hanya lebih responsif, tetapi juga transparan dan dapat diaudit.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis terdorong untuk merancang sebuah sistem yang mengimplementasikan pemantauan menyeluruh terhadap Parameter baterai pada kendaraan listrik, dengan titik fokus pada pengukuran parameter arus, tegangan, daya, energi, dan suhu secara waktu nyata (*real-time*). Sistem ini ditujukan untuk menyajikan informasi yang presisi mengenai kinerja dan kesehatan baterai, sehingga pengguna dapat melakukan langkah pencegahan lebih awal guna menghindari kerusakan, meningkatkan efisiensi energi, serta memperpanjang masa pakai baterai. Tak hanya itu, sistem ini juga dilengkapi kemampuan mendeteksi Parameter tidak normal seperti *overcharge*, *overcurrent*, *oversupply* dan *overheating* yang dapat membahayakan keselamatan pengendara serta merusak komponen sistem sepeda listrik. Melalui integrasi dengan teknologi *Internet of Things (IoT)*, seluruh data Parameter baterai dapat dipantau dengan mudah melalui perangkat digital, sejalan dengan upaya mendukung pengembangan kendaraan listrik yang cerdas dan saling terhubung. Berdasarkan hal tersebut, penulis mengangkat judul **"RANCANG BANGUN ALAT MONITORING PARAMETER BATERAI SEPEDA LISTRIK BERBASIS *IoT*".**

I.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, dapat diuraikan beberapa permasalahan pokok sebagai berikut:

1. Suhu baterai sepeda listrik dapat meningkat berlebihan saat pengisian atau penggunaan, sehingga berisiko menimbulkan kerusakan maupun kebakaran.
2. Tegangan baterai yang tidak stabil berpengaruh pada performa dan umur pakai baterai.

3. Arus yang melebihi kapasitas nominal dapat menyebabkan panas berlebih dan merusak komponen kelistrikan.
4. Daya yang tidak seimbang atau melebihi batas kerja sistem dapat menurunkan efisiensi energi dan mempercepat degradasi baterai.
5. Belum tersedia sistem sederhana yang mampu memantau suhu, tegangan, arus serta daya baterai secara real-time serta memberi peringatan dini kepada pengguna.

I.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendeteksi Parameter baterai sepeda listrik secara *real-time* untuk mencegah terjadinya permasalahan pada baterai?
2. Bagaimana mengintegrasikan sistem pendeteksi Parameter baterai sepeda listrik secara *real-time* dengan teknologi *Internet of Things (IoT)* untuk memberikan peringatan dini kepada pengendara?
3. Bagaimana menguji kinerja rancang bangun pendeteksi Parameter baterai sepeda listrik secara *real-time* dengan teknologi *Internet of Things (IoT)*?

I.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Alat ini hanya mendeteksi panas pada baterai serta menggunakan sensor RTD PT100 serta mendeteksi arus, tegangan, serta daya menggunakan PZEM 017 pada sepeda listrik.
2. Penelitian ini hanya sebatas pembuatan prototype.
3. Pengujian dilakukan pada baterai dengan spesifikasi maksimal 48v dengan arus maksimal 30 ampere.

I.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang dan membangun *prototype* alat pendeteksi pendeteksi suhu, arus, tegangan serta daya baterai sepeda listrik yang mampu memantau secara *real-time*.
2. Mengintegrasikan sistem pendeteksi suhu, arus, tegangan, serta daya baterai sepeda listrik dengan teknologi *IoT* untuk memberikan notifikasi atau peringatan dini kepada pengendara melalui platform telegram.
3. Menguji kinerja pendeteksi suhu baterai, arus, tegangan serta daya sepeda listrik.

I.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari dibuatnya alat ini adalah :

1. Bagi pengguna sepeda listrik: Memberikan alat bantu yang efektif untuk memantau suhu, tegangan, arus serta daya baterai secara *real-time*, sehingga dapat mencegah potensi kerusakan akibat *overheating* dan meningkatkan keselamatan berkendara.
2. Bagi pengembangan teknologi: Memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem monitoring berbasis *IoT* pada sepeda listrik, khususnya dalam aspek pemeliharaan dan pengelolaan Parameter baterai.
3. Bagi akademisi dan peneliti: Menjadi referensi dan dasar untuk penelitian selanjutnya dalam bidang teknologi monitoring baterai, pengembangan *IoT*, serta peningkatan performa dan keselamatan sepeda listrik.

I.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan terdiri dari 5 (lima) bab yang dilengkapi dengan daftar pustaka dan dilampiran untuk memperjelas topik bahasan. Berikut sistematika penulisan laporan tugas akhir :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi studi literatur yang memberikan penjelasan tentang landasan teori, aspek legalitas maupun aspek-aspek pendukung lainnya untuk mendukung pelaksanaan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Menguraikan tentang metodologi pelaksanaan penelitian mulai dari proses pengumpulan data, perolehan data, dan lokasi penelitian serta analisis yang akan dilakukan terhadap data penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang perencanaan dan perakitan alat, carakerja alat, pembuatan alat peraga peneliti dan uji coba alat.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang diberikan untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang pernyataan sumber, data, maupun link yang digunakan guna melengkapi penulisan proposal laporan skripsi.

LAMPIRAN

Berisi lampiran – lampiran data yang dibutuhkan dan daftar riwayat hidup penelitian.