

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi transportasi di dunia, khususnya transportasi non rel, saat ini mengalami suatu kondisi transisi yang ditandai dengan didorongnya penggunaan kendaraan berbasis penggerak listrik. Di Indonesia, program ini terlihat dengan dikeluarkannya Undang-Undang No 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan Kendaraan Listrik. Daya gerak kendaraan listrik dibangkitkan melalui motor listrik yang memperoleh energi dari komponen penyimpan energi berupa susunan baterai sebagai bagian integral sistem kendaraan listrik tersebut.

Kendaraan listrik telah menjadi pusat perhatian dalam era transportasi berkelanjutan. Teknologi ini tidak hanya menyediakan alternatif ramah lingkungan dalam mobilitas, tetapi juga mengubah seluruh cara industri otomotif beroperasi. Salah satu komponen utama yang mendorong kinerja dan efisiensi kendaraan listrik adalah baterai[1]. Kinerja baterai yang optimal berkontribusi pada jarak tempuh yang lebih panjang. Dengan memahami kondisi baterai secara akurat dan real-time sangat penting untuk menjaga kinerja yang optimal, memperpanjang umur pakai baterai, serta mencegah potensi kegagalan atau kerusakan yang dapat mengganggu operasionalitas perangkat atau sistem yang bergantung pada baterai[2].

Usia pakai baterai bergantung pada bagaimana manajemen operasi yang diterapkan. Seiring berjalannya waktu dan pemakaian, baterai dapat mengalami degradasi yang mengakibatkan penurunan kapasitas penyimpanan energi [3]–[6]. Hal ini secara langsung mempengaruhi jarak tempuh yang dapat dicapai oleh kendaraan listrik serta efisiensi penggunaan energinya. Usia pakai baterai yang optimal juga berkaitan erat dengan biaya operasional kendaraan listrik, dimana jika usia pakai baterai tahan lebih lama maka penggantian baterai tidak akan sering dilakukan sehingga dapat menghemat biaya dan membantu menghindari adanya biaya yang tidak terduga[7]. Selain itu, dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan dengan memperpanjang usia pakai baterai dapat mengurangi limbah elektronik dan dampak ekologis dari pembuangan baterai yang terlalu cepat[8]. Pentingnya menjaga usia pakai baterai dalam kendaraan listrik tidak hanya berdampak positif terhadap biaya dan keberlanjutan lingkungan, tetapi juga berhubungan erat dengan keamanan operasional. Pada saat pengoperasian baik pengisian maupun pelepasan energi, baterai dapat mengalami kondisi suhu berlebih. Suhu dalam baterai dapat meningkat secara signifikan karena elektrolit didalamnya menjadi panas yang berpotensi menyebabkan pelepasan gas, kebakaran, dan bahkan ledakan[9].

Oleh karena itu, saat pengoperasian dibutuhkan informasi parameter-parameter baterai seperti tegangan, arus, suhu, kondisi *charging* dan *discharging*, tingkat daya dan *State of Charge* (SOC) secara langsung dalam waktu yang terus menerus (*realtime*). Dengan informasi ini, dapat memberikan pemahaman akan kinerja baterai secara keseluruhan dari data yang diperoleh. Informasi *realtime* tersebut juga berguna dalam mendeteksi masalah yang terjadi, sehingga tindakan pencegahan yang diperlukan dapat dilakukan seketika.

Charging dan *discharging* merupakan proses pengisian dan pelepasan energi yang terdapat didalam baterai. Proses pengisian baterai kendaraan memiliki dua metode, yaitu metode pengisian dengan menggunakan sumber energi listrik dari luar kendaraan dan menggunakan energi listrik yang dihasilkan dari proses regenerative kendaraan[10]. Baterai mengalami proses *charging* melalui pengendalian arus dari peralatan pengisi yang khusus didesain. Terkait dengan hal ini terdapat berbagai jenis metode *charging* baterai yang telah diperkenalkan yaitu metode rangkaian tegangan terbuka[11], metode pengukuran berat jenis menggunakan alat ukur hidrometer[12], metode pengukuran impedansi[13] dan yang paling luas digunakan adalah metode *fast charging* dengan teknik *Constant Current Constant Voltage* (CC-CV). Sementara itu proses *charging* dapat terjadi secara teknis seiring penggunaan kendaraan ataupun secara alamiah berupa pelepasan muatan baterai.

Dalam aplikasi, baterai dikarakteristikan dengan tegangan kerjanya. Dalam kondisi penuh tegangan baterai memiliki nilai tegangan sesuai dengan spesifikasi baterai berdasarkan jenisnya. Baterai yang banyak digunakan pada kendaraan listrik yaitu jenis baterai lithium-ion[14] karena memiliki keunggulan terhadap kepadatan energi yang tinggi, usia pakai relative panjang, tidak memiliki efek memori dan ramah lingkungan[15][16] sehingga dianggap sebagai salah satu solusi penyimpanan energi utama pada kendaraan listrik. Dalam menggerakkan kendaraan listrik energi dan daya baterai harus memenuhi kebutuhan tegangan dan daya taksinya, dengan itu paket baterai dibuat dengan ratusan sel yang dihubungkan secara seri ataupun paralel[17]. Berbagai merek kendaraan listrik memiliki kebutuhan tegangan yang berbeda yang digunakan untuk pengukuran potensial listrik, misalnya merek Nissan Leaf terdiri atas 192 sel baterai dengan 2 sel paralel untuk memenuhi kebutuhan tegangan sistem sebesar 364.8V dan tegangan selnya 3.8V[18], selain itu untuk Chevrolet Volt PHEV paket baterai terbuat dari 288 sel dengan 3 sel secara paralel untuk memenuhi kebutuhan tegangan sistem 355.2V dan tegangan selnya 3.7V[19]. Selain tegangan, arus baterai juga menjadi parameter utama sebagai fokus pemantauan. Arus mencerminkan intensitas aliran listrik yang masuk dan keluar dari baterai. Sama halnya dengan tegangan, besar kebutuhan arus pada setiap kendaraan listrik juga bergantung pada setiap merek produksinya. Oleh karena itu, selama proses pengisian dan

pengosongan baterai, penting untuk memperhatikan daya dan kapasitas baterai agar pemakaian energi sejalan dengan kebutuhan.

Kapasitas baterai mengacu pada jumlah energi listrik yang dapat tersimpan dalam baterai pada kondisi tertentu[20]. Kapasitas diukur untuk menunjukkan seberapa lama baterai dapat menyediakan daya sebelum perlu diisi ulang. Untuk mengetahui bahwa baterai dapat memenuhi kebutuhan energi digunakan parameter SOC. SOC dinyatakan dalam persentasi kapasitas baterai yang tersedia pada suatu saat terhadap kapasitas penuh[21]. Metode yang umum digunakan untuk mengukur SOC melibatkan pengamatan terhadap arus masuk dan keluar baterai, selain itu juga memperhitungkan nilai tegangan dan suhu[22]. Berbagai metode algoritma seperti coulomb counting dan penggunaan model prediktif digunakan untuk menghitung SOC dengan akurat. Coulomb counting melibatkan penghitungan total muatan yang masuk dan keluar dari baterai[23], sedangkan model prediktif menggunakan model matematis untuk memperkirakan SOC berdasarkan karakteristik performa baterai.

Pemantauan SOC secara terus-menerus penting untuk menjaga kesehatan baterai, menghindari over-discharge atau over-charge yang dapat merusak baterai, serta membantu pengguna merencanakan penggunaan energi secara optimal. Untuk mencapai hal itu, pemantauan parameter baterai dapat menggunakan antarmuka atau *graphical user interfaces* (GUI) yang mampu memberikan indikasi langsung tentang kondisi baterai. Ada berbagai software yang dapat digunakan untuk mendesain tampilan GUI yaitu Qt, Matlab, LabVIEW, Python dan lainnya[24]. Dengan banyaknya software yang dapat digunakan, ada beberapa penelitian yang telah dilakukan sehubungan dengan desain tampilan pada sistem monitoring antara lain yaitu penelitian [25], yang melakukan pemantauan terhadap variable kendaraan listrik dengan menggunakan platform NI USB 6001 sebagai akuisisi data antar sensor dengan PC. Hasil keluaran sensor pada antarmuka menampilkan persentase sisa baterai, kecepatan motor, tegangan dan arus baterai. Software yang digunakan untuk mendesain GUI yaitu App Designer dari Matlab. Hasil penelitian ini memberikan data dari sistem pemantauan yang memuaskan serta tampilan antarmuka yang intuitif dan kuat. Namun dalam penelitian ini, penulis memberikan saran untuk mengganti perangkat yang digunakan dengan perangkat lain yang dapat membaca dan menulis secara bersamaan untuk meningkatkan pengembangan sistem. Penelitian kedua [26], pada penelitian ini status pengisian baterai didesain menggunakan LabVIEW dan Matlab yang disebut dengan metode hybride. Dimana didalam metode ini LabVIEW berperan sebagai *Human Machine Interface* (HMI) untuk proses akuisisi data dan kontrol instrumen, sementara Matlab digunakan sebagai pusat pemrosesan data. Platform LabVIEW menampilkan hasil pengukuran tegangan, arus, suhu baterai dan status pengisian yang dihitung menggunakan metode MGM. Sistem ini menggunakan USB5935 sebagai data komunikasi antara software dan hardware. Hasil pada kinerja sistem ini menunjukkan

pengoperasian baterai secara nonlinear dapat dilacak dengan akurat dan penggunaan LabVIEW memperkirakan SOC secara akurat dengan lingkungan nyata.

Terakhir penelitian [27] yang berisikan tentang perancangan dasbor digital menggunakan mikorokontroler Raspberry-pi 3 yang menampilkan informasi kecepatan, rpm mesin, bahan bakar secara realtime. Tampilan informasi didesain menggunakan software Qt5 untuk membuat GUI dengan bahasa pemrograman C++/QML.

Sesuai dengan ketiga hasil penelitian dan perancangan yang telah dipaparkan sebelumnya, secara umum terdapat kesamaan dalam pendekatan desain antarmuka pengguna (GUI) pada sistem monitoring kendaraan. Baik menggunakan hardware maupun perangkat lunak yang tersedia dalam perancangan sistem monitoring. Namun, perancangan pada ketiga penelitian tersebut menggunakan hardware dan software yang berbeda platform, sehingga dalam penelitian yang akan dilakukan sistem monitoring baterai diaplikasikan menggunakan satu platform pada hardware dan softwarena.

Berdasarkan latar belakang tersebut terlihat bahwa spesifikasi baterai yang digunakan pada setiap bran kendaraan listrik memiliki karakteristik yang sangat beragam. Sistem monitoring baterai yang dibangun juga didesain mengikuti karakteristik kendaraan tersebut dan tidak bisa digunakan untuk setiap merek kendaraan lain. Oleh sebab itu perlu diadakan sebuah sistem yang dapat memonitoring kondisi baterai dengan menggunakan satu platform yang sama antara hardware dan software dan juga sistem monitoring ini mampu mengukur parameter setiap kendaran listrik secara fleksible.

Dalam proposal penelitian ini akan dilakukan pembangunan sistem monitoring baterai dengan software dan hardware berbasis TMS320F28335 yang memiliki keakuratan dalam pengukuran, kompatibilitas yang tinggi serta fleksibelitas. Manfaat dari penelitian ini untuk mengatasi permasalahan yang sering dihadapi penggunaan kendaraan listrik, yaitu ketidakpastian terkait kondisi baterai. Penelitian ini akan memonitoring nilai tegangan, arus, suhu, dan total waktu operasi charging dan discharging serta SOC baterai yang akan memberikan gambaran mengenai kapasitas sisa baterai. Hasil keluaran dari data moitoring tersebut akan ditampilkan pada GUI Composer secara real-time sehingga pengguna dapat dengan cepat merespon keadaan dan kondisi baterai yang digunakan. Dengan itu diharapkan, melalui pengembangan sistem monitoring ini, dapat meningkatkan kehandalan dan keamanan kendaraan listrik, serta memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi energi bersih secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tesis ini adalah:

1. Bagaimana rancangan sebuah Sistem Monitoring Kendaraan Listrik yang universal dengan menggunakan satu platform.
2. Bagaimana perancangan sistem untuk menghasilkan sistem monitoring untuk menampilkan tegangan, arus, suhu dan total waktu operasi *charging* dan *discharging* serta SOC.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan arsitektur sistem monitoring baterai yang dapat diterapkan secara universal pada berbagai jenis kendaraan listrik serta pengembangan program yang dapat mengintegrasikan data dari berbagai sensor (tegangan, arus, dan suhu) dan komponen yang digunakan.
2. Melakukan pengembangan prototipe untuk setiap komponen sistem monitoring baterai secara individual dan mengintegrasikan prototipe menjadi satu sistem yang utuh sehingga dapat digunakan pada kendaraan listrik.
3. Melakukan pengujian terhadap arsitektur dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem monitoring dalam mengolah data dan memberikan informasi yang akurat.
4. Melakukan validasi terhadap alat yang telah dirancang untuk memastikan sistem monitoring baterai dapat memberikan informasi yang tepat dan berguna.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan permasalahan yang akan dicakup dalam penelitian ini antara lain:

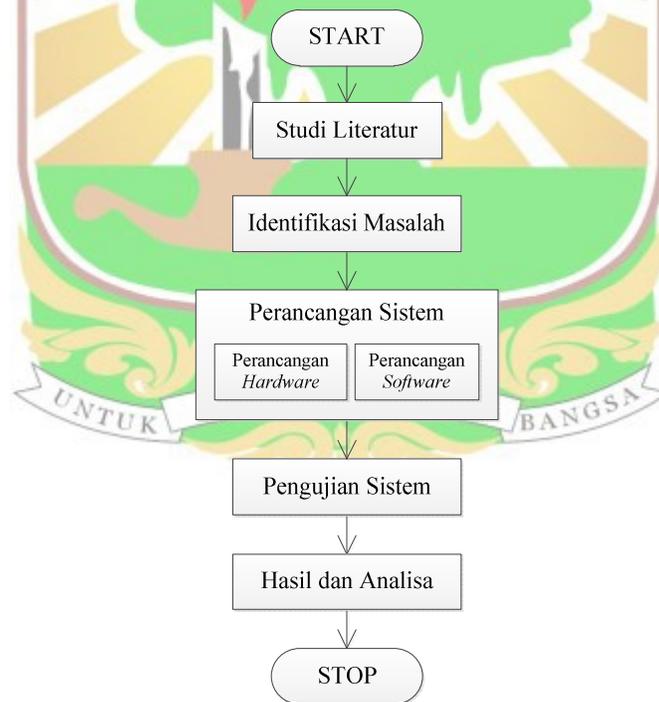
1. Penelitian ini dilaksanakan dari tahapan perancangan hingga pengujian.
2. Tahapan perancangan terdiri atas perancangan software dan perancangan hardware, integrasi software dan hardware, pengujian dan trouble shooting.
3. Sensor pada perancangan sistem monitoring kondisi baterai diemulasikan.
4. Perbandingan elektron yang digunakan dan elektron yang tersedia selama *charging* atau *discharging* yang lebih dikenal dengan efisiensi coulomb diasumsikan bernilai 1.

1.5 Metode Penyelesaian Tesis

Untuk menyelesaikan tesis ini dilakukan tahap-tahap berikut, yaitu:

1. Studi Literatur Metode Studi literatur bertujuan untuk memperoleh teori mengenai baterai, jenis baterai, hardware dan software, serta metode pengukuran dari jurnal-jurnal dan bahan-bahan yang berhubungan dengan tesis.
2. Konsultasi dengan pihak-pihak terkait tesis seperti sesi konsultasi dengan dosen pembimbing yang bertujuan untuk mendapat bimbingan/masukan dalam penyelesaian tesis.
3. Perancangan dan pembuatan prototype hardware.
4. Pengukuran, pengujian dan analisis. Setelah perancangan dan pembuatan alat selesai maka dilakukan pengukuran, pengujian pada peneitian dan selanjutnya dilakukan analisis.
5. Membuat kesimpulan. Pengambilan kesimpulan dilakukan dengan melihat hasil dari pengujian penelitian yang telah dilakukan.

Secara lengkap metode penyelesaian tesis ditampilkan pada blok diagram dibawah ini:



Gambar 1.1 Blok Diagram Metode Penyelesaian Tesis

1.6 Sistematika Penulisan Tesis

Adapun Sistematika yang digunakan dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan, perumusan masalah, pembatasan masalah, metode penyelesaian, dan sistematika penulisan

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tentang teori-teori dasar yang mendukung dalam pembuatan tesis ini diantaranya baterai, jenis baterai, hardware dan software, serta metode pengukuran.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang perancangan alat yang akan dibuat untuk Penelitian ini, meliputi garis besar perancangan sistem, perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software) dan jadwal penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

