

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sejak tahun 2019, pemerintah Indonesia secara aktif mendorong penggunaan kendaraan bermotor listrik melalui berbagai kebijakan seperti Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 mengenai percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (BEV) untuk transportasi jalan dikarenakan Indonesia dianggap siap dalam memasuki era kendaraan listrik.

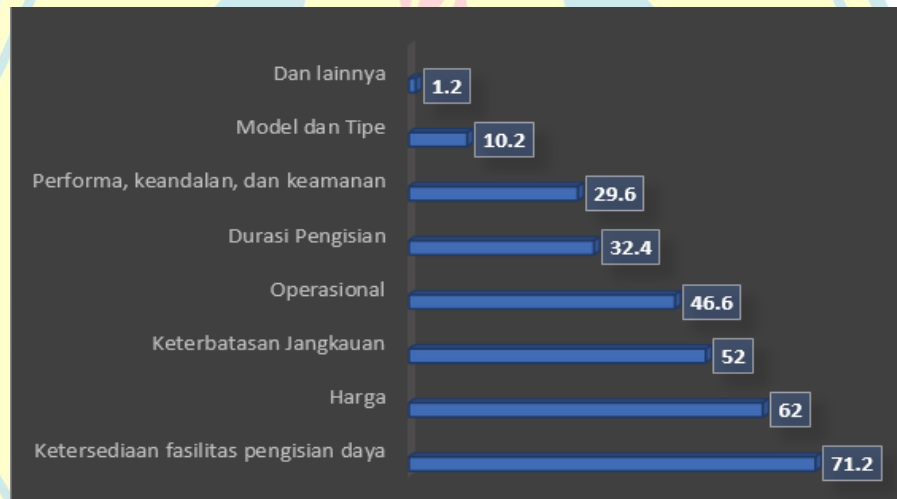
Dalam mendorong program penggunaan kendaraan listrik tersebut, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia dalam liputan khusus Biro Komunikasi dan Informasi Publik menyatakan bahwa pemerintah sudah mendorong transportasi online seperti Gojek dan Grab untuk menggunakan kendaraan listrik. Tidak hanya itu, transportasi umum seperti PT Transportasi Jakarta telah menyediakan Transjakarta yang menggunakan bus listrik dan secara bertahap akan menambah 200 bus listrik pada tahun 2024.

Berdasarkan riset Deloitte Indonesia dengan Foundry, dijelaskan bahwa jumlah kendaraan listrik roda dua di Indonesia meningkat pesat dalam rentang tahun 2020 hingga 2022. Tercatat pada tahun 2020 sebanyak 1974 unit dan mengalami kenaikan sebesar 2.8 kali pada tahun 2021 mencapai 5486 unit. Kemudian mengalami kenaikan kembali mencapai 4.7 kali pada tahun 2022 sebanyak 25782 unit. Pemerintah juga menargetkan pada tahun 2030 untuk dapat mencapai kenaikan sebesar 470 kali sebanyak 13.5 juta unit kendaraan listrik roda dua (Deloitte and Foundry, 2023). Hal tersebut ditandai dengan makin maraknya merek kendaraan listrik yang bermunculan dikalangan masyarakat.

Salah satu jenis baterai lithium yang banyak digunakan dalam kendaraan listrik adalah jenis *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄) karena memiliki keunggulan dalam stabilitas thermal, siklus umur baterai yang panjang, dan ketahanan terhadap overcharge dibandingkan jenis lithium lainnya. Hal tersebut dibuktikan dengan penelitian terdahulu dengan judul *Evaluation of Lithium Iron Phosphate Batteries for Electric Vehicles Application*. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengevaluasi performa baterai LiFePO₄ sebagai respon atas kelemahan baterai *Lithium Cobalt Oxide* yang sebelumnya terbukti tidak cocok digunakan pada kendaraan listrik.

Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sel-baterai LiFePO₄ mampu mempertahankan kapasitas penuhnya sebesar 160Ah setelah 50 siklus penuh tanpa degradasi tegangan terminal atau kenaikan suhu berlebih. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa LiFePO₄ lebih unggul dibandingkan baterai LiCoO₂ yang mengalami penurunan kapasitas hingga 20% dalam jumlah siklus yang sama, sehingga hal tersebut menjadikan LiFePO₄ direkomendasikan untuk aplikasi kendaraan listrik (Tredeau & Salameh, 2009).

Dalam perkembangan produksi kendaraan listrik yang semakin berkembang terdapat beberapa pertimbangan bagi masyarakat untuk membeli dan menggunakan kendaraan listrik. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai hambatan-hambatan tersebut, disertakan grafik presentase hal-hal yang menjadi pertimbangan masyarakat untuk beralih ke kendaraan listrik:



Gambar 1.1 Presentase Pertimbangan Masyarakat dalam Kendaraan Listrik
(Deloitte and Foundry, 2023)

Pada Gambar 1.1 menunjukkan bahwa 71.2% masyarakat masih mempertimbangkan ketersediaan fasilitas pengisian daya sebagai hambatan utama dalam beralih ke kendaraan listrik. Salah satu isu mendasar adalah durasi pengisian yang dibutuhkan yang masih relatif lama dengan standar durasi pengisian (*Normal Charging*) baterai dilakukan selama lebih dari 4 jam (Deloitte and Foundry, 2023). Sehingga durasi pengisian menjadi salah satu tantangan utama terutama pada sistem pengisian konvensional.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, telah dilakukannya peningkatan efisiensi pengisian baterai LiFePO₄ yang berpengaruh pada durasi pengisian yang

dibutuhkan dalam mengisi sebuah baterai dengan sisa kapasitas tertentu hingga 100%, seperti penelitian yang dilakukan oleh Amin dkk (2018: 85). Dalam penelitian tersebut dilakukan pengimplementasian sebuah pengisi daya baterai LiFePO₄ berbasis modul DC-DC converter yang digunakan untuk aplikasi penyeimbangan sel dalam baterai yang terhubung seri. Fokus utama desain pengisian yang dibuat dengan menggunakan metode pengisian *Constant Current-Constant Voltage* (CC-CV) untuk mencegah *overcharging* dan mengatasi ketidakseimbangan kapasitas baterai yang terhubung seri akibat perbedaan impedansi internal sel. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan sistem pengisian daya berhasil mengisi baterai LiFePO₄ 160 Ah dengan arus maksimal 10.64A dan mempertahankan tegangan penuh pada tegangan 3.77 sampai 3.78V. Sistem pengisian tersebut mampu menyamakan tegangan penuh semua sel baterai pak mendekati 3.77V untuk mencegah *overcharging* dengan durasi pengisian kurang lebih 27 jam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pengisian daya berbasis DC-DC converter tersebut efektif untuk pengisian dan penyeimbangan baterai LiFePO₄ dengan regulasi tegangan yang presisi dan efisiensi yang memadai (Amin et al., 2018).

Sebuah penelitian dengan judul Prototipe Sistem Pengisian-Daya Cerdas Baterai-LiFePO₄ Berbasis Arduino R3 melakukan penelitian untuk mengembangkan sistem pengisian daya cerdas untuk baterai LiFePO₄ 3.2V 25Ah. Penelitian tersebut dirancang untuk memantau dan mengontrol proses pengisian baterai secara otomatis menggunakan metode CC-DC pula. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengisian baterai lithium dengan sistem konvensional. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa baterai LiFePO₄ dengan kapasitas 25 Ah dengan sisa tegangan 3.15V berhasil diisi dayanya hingga 3.65V dengan laju pengisian 5A memerlukan waktu pengisian selama kurang lebih 8 (Djarmiko & Syam, 2023).

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut menunjukkan dasar yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem pengisian baterai LiFePO₄ adalah menggunakan mode-pengisian *Constant Current-Constant Voltage* (CC-CV) yang diimplementasikan pada DC-DC converter. Namun, secara umum implementasi sistem pengisian baterai-LiFePO₄ menggunakan DC-DC converter masih menggunakan kontrol analog tetap kurang mampu beradaptasi terhadap perubahan

status pengisian ataupun kondisi baterai. Hal tersebut menyebabkan adanya keterbatasan dalam algoritma kontrol yang tidak dapat diubah karena menggunakan komponen tetap sehingga memerlukan modifikasi hardware. Hal tersebut berdampak pada memperlambatnya durasi pengisian dikarenakan sistem kontrol analog hanya mengikuti karakteristik kurva CC-CV tanpa adaptasi terhadap perubahan beban sehingga jika baterai sudah terisi sebagian, kontrol analog tidak dapat meningkatkan arus secara dinamis untuk mempercepat durasi pengisian.

Oleh karena itu, untuk mengatasi keterbatasan tersebut diperlukan pengembangan sistem pengisian-cepat berbasis kontrol digital yang mampu menyesuaikan parameter pengisian secara real time. Oleh karena itu dalam penelitian akan diusulkan pengembangan sistem pengisian-cepat baterai LiFePO₄ menggunakan MCP4725 sebagai Digital-to-Analog Converter (DAC) yang dikendalikan oleh arduino. Modul DAC MCP4725 memungkinkan pengaturan tegangan secara real-time dan presisi melalui mikrokontroler, menggantikan kendali analog yang digunakan pada DC-DC converter. Modul DAC digunakan untuk menghasilkan tegangan analog yang diatur secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor tegangan dan arus, sehingga dapat mengontrol dan menyesuaikan tegangan keluaran DC-DC converter secara otomatis dan *real-time* yang memungkinkan transisi halus dalam mode-pengisian CC-CV secara adaptif. Penggunaan DAC dalam sistem kontrol tegangan dianggap mampu menghasilkan tegangan analog yang berubah secara linier terhadap input digital, sehingga cocok digunakan dalam sistem pengaturan yang membutuhkan penyesuaian presisi (Prianggono & PAS, 2002). Arduino sebagai pengendali utama menyediakan fleksibilitas tinggi dalam menjalankan algoritma pengisian baterai otomatis, termasuk transisi mode-pengisian CC ke mode-pengisian CV.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengisian-Cepat Baterai LiFePO₄ Menggunakan MCP4725 Berbasis Arduino Pada Sistem Pengisian Kendaraan Listrik”. Dengan demikian, diharapkan sistem tersebut dapat menjadi solusi praktis dan efisien dalam integrasi mode-pengisian dengan pengendali otomatis secara digital mampu mempercepat durasi pengisian dibandingkan dengan metode konvensional dengan kontrol analog.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat diidentifikasi masalah-masalah yang ada dalam penelitian, yaitu keterbatasan sistem pengisian baterai yang berlangsung secara analog dan memengaruhi durasi pengisian yang dibutuhkan dalam mengisi baterai LiFePO₄.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, agar tidak mengalami perluasan masalah dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem baterai menggunakan baterai pak LiFePO₄ 12V 6Ah.
2. Penggunaan sistem pengisian-cepat hanya dapat digunakan dengan baterai pak berkapasitas tidak lebih dari 6Ah.
3. Pengujian pengisian daya baterai dengan menggunakan metode *Constant Current (CC)-Constant Voltage (CV)*.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi dan pembatasan masalah yang disebutkan dapat dirumuskan sebuah permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang bangun sistem sistem pengisian-cepat baterai LiFePO₄ menggunakan MCP4725 berbasis Arduino agar mampu mempercepat durasi pengisian?
2. Seberapa cepat durasi pengisian yang dibutuhkan pada sistem pengisian-cepat yang telah dikembangkan dibandingkan dengan mode-pengisian konvensional?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, penelitian Rancang Bangun Sistem Pengisian-Cepat Baterai LiFePO₄ Menggunakan MCP4725 Berbasis Arduino Pada Sistem Pengisian Kendaraan Listrik memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merancang bangun sistem pengisian-cepat baterai LiFePO₄ menggunakan MCP4725 berbasis Arduino.
2. Mengukur kecepatan durasi pengisian yang telah dirancang bangun.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian Rancang Bangun Sistem Pengisian-Cepat Baterai LiFePO₄ Menggunakan MCP4725 Berbasis Arduino Pada Sistem Pengisian Kendaraan Listrik sebagai berikut:

1. Secara teoritis dapat menjadi bahan informasi dan referensi literatur tambahan mengenai pengembangan sistem pengisian baterai pada kendaraan listrik.
2. Secara praktis memberikan kontribusi dalam upaya pengoptimalan pengisian daya baterai pada kendaraan listrik.

