

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi kendaraan listrik di Indonesia semakin pesat seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap efisiensi energi serta pengurangan emisi karbon. Salah satu komponen utama yang menentukan performa kendaraan listrik adalah baterai sebagai sumber energi utama. Dari berbagai jenis baterai yang tersedia, baterai *Lithium-Ion* menjadi pilihan utama karena memiliki densitas energi yang tinggi, siklus pengisian yang panjang, efisiensi konversi energi yang baik, serta berat yang relatif ringan dibandingkan jenis baterai lainnya seperti NiMH (*Nickel-Metal Hydride*) atau SLA (*Sealed Lead Acid*).

Baterai *Lithium-Ion* yang digunakan pada kendaraan listrik umumnya terdiri atas beberapa sel yang disusun secara seri dan paralel untuk mencapai tegangan serta kapasitas yang diinginkan. Pada kendaraan listrik GESITS, misalnya, baterai yang digunakan memiliki spesifikasi 72 volt dengan kapasitas 20 ampere-hour (20Ah). Baterai ini tersusun dari beberapa sel dengan spesifikasi tiap 1 (satu) sel memiliki kapasitas tegangan 3,6 volt 5Ah dengan konfigurasi/susunan 20s4p, yang berarti terdapat 20 sel yang disusun secara seri dan setiap kelompok sel terdiri dari 4 sel secara paralel. Dengan demikian, total terdapat 80 sel dalam satu paket baterai (*battery pack*) yang bekerja secara bersamaan untuk menghasilkan daya yang cukup besar dalam kendaraan motor listrik.

Dalam pengoperasian kendaraan listrik, baterai mengalami proses pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) secara berulang yang dikenal sebagai siklus hidup baterai (*battery life cycle*). Selama proses siklus ini, masing-masing sel akan mengalami perubahan karakteristik seperti perbedaan kapasitas, resistansi internal dan tegangan akhir pengisian / pengosongan. Perbedaan tersebut menyebabkan ketidakseimbangan tegangan antar sel (*cell imbalance*) di dalam paket baterai dengan indikator jarak tempuh yang sudah mulai menurun. Klaim dari pabrikan bahwa baterai penuh dapat menempuh jarak 50 km serta garansi baterai selama 3 (tiga) tahun. Pengujian / penelitian ini akan menggunakan baterai *Lithium-Ion* 72V 20Ah dengan masa pemakaian lebih dari 3 tahun yang artinya garansi baterai sudah selesai serta performa baterai sudah menurun sekitar 15 % - 30% berdasarkan jarak tempuh.

Ketidakeimbangan tegangan antar sel ini menimbulkan konsekuensi terhadap kinerja total baterai. Sel dengan tegangan lebih rendah akan mencapai batas pengosongan lebih cepat dibandingkan sel lainnya, sehingga proses pelepasan energi berhenti lebih awal. Akibatnya, total energi yang dapat dikeluarkan oleh baterai tidak sesuai dengan kapasitas nominal yang dinyatakan pabrikan. Kondisi ini mengakibatkan penurunan kapasitas efektif baterai, menurunkan efisiensi sistem tenaga kendaraan listrik, dan mempercepat proses degradasi sel tertentu.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan perawatan baterai melalui proses penyeimbangan tegangan sel (*cell balancing*). Proses ini bertujuan untuk menyeimbangkan tegangan antar sel agar seluruh sel memiliki nilai tegangan yang relatif seragam. Penyeimbangan dapat dilakukan secara pasif, yaitu dengan membuang kelebihan energi dari sel yang memiliki tegangan lebih tinggi, maupun secara aktif, yaitu dengan memindahkan energi dari sel bertegangan tinggi ke sel bertegangan rendah menggunakan rangkaian konverter. Melalui penyeimbangan yang tepat, diharapkan setiap sel dapat bekerja dalam kondisi optimal, pelepasan energi menjadi lebih merata, resistansi internal berkurang, serta kapasitas efektif baterai meningkat.

Berdasarkan uraian tersebut, dan belum adanya kajian eksperimen maupun penelitian tentang perawatan baterai *Lithium-Ion* 72V 20Ah dengan masa pemakaian lebih dari 3 (tiga) tahun dan sudah habis masa garansinya maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh perawatan baterai *Lithium-Ion* 72V 20Ah melalui penyeimbangan tegangan sel terhadap kapasitas efektif. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perawatan baterai *Lithium-Ion* 72V 20Ah untuk meningkatkan maupun mengembalikan kapasitas baterai dan memperpanjang umur pakai baterai, khususnya pada kendaraan listrik Gesits sebagai salah satu produk kendaraan listrik nasional.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi keseimbangan tegangan antar sel (masa pemakaian baterai 3 Tahun) pada baterai *Lithium-Ion* 72V 20Ah sebelum dan sesudah dilakukan proses penyeimbangan tegangan sel?

2. Bagaimana pengaruh perawatan baterai melalui penyeimbangan tegangan sel terhadap peningkatan kapasitas baterai *Lithium-Ion* 72V 20Ah?
3. Seberapa besar peningkatan efisiensi kapasitas yang terjadi setelah dilakukan perawatan baterai melalui penyeimbangan tegangan sel dengan jarak yang dapat ditempuh kendaraan Listrik Gesits?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kondisi tegangan antar sel pada baterai *Lithium-Ion* 72V 20Ah sebelum dan sesudah dilakukan penyeimbangan tegangan sel.
2. Mengetahui pengaruh perawatan baterai melalui proses penyeimbangan tegangan sel terhadap kapasitas efektif baterai.
3. Menentukan besarnya peningkatan kapasitas efektif baterai setelah dilakukan perawatan melalui penyeimbangan tegangan sel.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi peneliti: sebagai sarana untuk memperdalam pemahaman mengenai karakteristik kerja baterai *Lithium-Ion* dan pengaruh proses penyeimbangan tegangan sel terhadap kapasitas efektif.
2. Bagi akademisi: sebagai referensi ilmiah untuk penelitian lebih lanjut di bidang sistem penyimpanan energi dan manajemen baterai pada kendaraan listrik.
3. Bagi masyarakat pengguna kendaraan listrik: Memberikan informasi tentang pentingnya perawatan baterai untuk meningkatkan kapasitas betarai dan jarak tempuh kendaraan.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini lebih fokus dan terarah, maka ditetapkan beberapa batasan penelitian sebagai berikut:

1. Objek penelitian terbatas pada baterai *Lithium-Ion* 72V 20Ah yang digunakan pada unit kendaraan listrik Gesits.
2. Perawatan baterai yang dikaji hanya mencakup proses penyeimbangan tegangan antar sel (*cell balancing*) menggunakan *active balancer*.
3. Pengujian dilakukan untuk mengukur perubahan kapasitas dan efisiensi kapasitas baterai.

4. Penelitian hanya meninjau pengaruh *balancing* terhadap jarak tempuh kendaraan listrik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan penyusunan penelitian ini direncanakan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini membahas tentang penelitian terdahulu, baterai kendaraan listrik, fungsi baterai pada kendaraan listrik, sistem kerja baterai, jenis baterai kendaraan listrik, bentuk fisik baterai, pemilihan jenis baterai untuk kendaraan listrik, konfigurasi baterai *pack lithium-Ion 72Volt 20Ah, Battery Management System (BMS)*, sistem penyeimbangan tegangan baterai.

BAB III : METODE PENELITIAN

Membahas tentang jadwal penelitian, metode penelitian, bahan dan peralatan, variabel penelitian, alur pelaksanaan penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang gambaran umum pengujian, pengukuran awal sebelum dilakukan penyeimbangan tegangan sel, analisis kondisi baterai sebelum *balancing*, hasil pengujian penyeimbangan tegangan sel, analisis pengaruh *balancing* terhadap kapasitas efektif, analisis energi dan efisiensi baterai, pengaruh *balancing* terhadap jarak tempuh kendaraan, tabel perbandingan hasil pengujian sebelum dan sesudah *balancing*.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas tentang kesimpulan dan saran