

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang mencakup pemodelan simulasi dan pengujian aktual sistem *Battery Management System* (BMS) JBD LiFePO₄ 24S pada mobil listrik, serta analisis perbandingan antara keduanya, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dilakukan pemodelan sistem BMS menggunakan MATLAB/Simulink R2023a dengan fitur utama meliputi estimasi SOC dan SOH, *balancing* antar sel secara pasif, serta deteksi *fault* berbasis tegangan dan arus. Model yang dikembangkan mampu memodelkan perilaku sistem BMS secara komprehensif dan mendekati kondisi nyata.
2. Pengujian aktual BMS JBD LiFePO₄ 24S menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam memantau parameter baterai dan menjalankan proteksi terhadap kondisi ekstrem. Proses charging dan discharging berjalan sesuai dengan skenario, serta fitur *balancing* dan *fault detection* aktif pada kondisi yang tepat.
3. Hasil analisis perbandingan menunjukkan bahwa model simulasi memiliki akurasi estimasi SOC dan SOH dengan deviasi masing-masing hanya sebesar 1.13% dan 1.26% terhadap pengujian aktual. Jumlah aktivasi cell *balancing* pada simulasi dan pengujian berbeda sebanyak 7 kali, sedangkan jumlah *fault overcurrent* berbeda sebanyak 22 kali. Perbedaan ini dapat diterima mengingat dinamika sistem aktual lebih kompleks dibandingkan lingkungan simulasi.

Secara keseluruhan, tujuan penelitian telah tercapai, yaitu membangun model simulasi BMS yang valid, melakukan pengujian aktual sebagai acuan kondisi nyata, serta menganalisis performa keduanya secara sistematis. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa model simulasi memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dan mampu merepresentasikan fungsi utama BMS secara mendekati sistem aktual.

Dengan demikian, pemodelan ini dapat dijadikan sebagai dasar untuk pengembangan sistem BMS yang lebih kompleks dan efisien di masa mendatang, baik dalam konteks desain awal, pengujian awal sistem, maupun validasi algoritma kontrol. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pendekatan simulasi dapat menjadi alternatif yang efisien untuk mengurangi kebutuhan terhadap uji coba fisik yang memakan waktu dan biaya besar, tanpa mengurangi ketelitian analisis terhadap perilaku sistem baterai.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemui selama proses, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Model simulasi dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan dinamika termal (*temperatur*) dan degradasi kapasitas untuk meningkatkan akurasi estimasi SOH dalam jangka panjang.
2. Pengujian aktual sebaiknya dilakukan dalam berbagai kondisi beban dan temperatur untuk memperkaya data validasi serta mengevaluasi performa BMS pada kondisi ekstrem.
3. Sistem *balancing* dapat ditingkatkan menjadi active balancing untuk efisiensi energi yang lebih baik, serta memungkinkan skema kontrol berbasis mikroprosesor.
4. Perlu pengembangan antarmuka integrasi data logger dan Simulink secara real-time untuk mendukung validasi simultan antara simulasi dan eksperimen.
5. Untuk hasil yang akurat, pemodelan simulasi dan pengujian aktual harus dilakukan dengan siklus, skenario, dan parameter yang konsisten.

Saran-saran tersebut diharapkan dapat menjadi landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam penelitian dan implementasi sistem *Battery Management System*, khususnya dalam meningkatkan akurasi estimasi parameter baterai, efisiensi kontrol sistem, serta keandalan proteksi terhadap kondisi ekstrem. Dengan pendekatan yang lebih menyeluruh dan integratif, sistem BMS ke depan diharapkan mampu mendukung performa dan keamanan kendaraan listrik secara lebih optimal.