

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem manajemen termal baterai (*Battery Thermal Management System/ BMTS*) merupakan komponen penting/ krusial dalam menjaga kinerja, keamanan, dan umur panjang baterai, khususnya pada baterai *lithium-ion* yang banyak digunakan dalam kendaraan listrik dan perangkat elektronik modern. Selama proses pengisian dan pengosongan baterai menghasilkan panas akibat resistansi internal dan reaksi elektrokimia yang terjadi dalam sel. Akumulasi panas yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan peningkatan suhu kerja yang berlebihan. Kondisi ini berisiko menurunkan efisiensi kerja baterai, mempercepat degradasi kapasitas sel dan bahkan memicu fenomena berbahaya seperti *thermal runaway*, yaitu kondisi di mana baterai melepaskan panas secara tidak terkendali yang dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan.

Untuk mengantisipasi masalah termal tersebut, berbagai pendekatan telah dikembangkan guna mengontrol suhu baterai secara efektif. Salah satu metode paling efisien adalah sistem pendingin aktif berbasis cairan (*liquid cooling system*), di mana fluida digunakan untuk menyerap dan mengalirkan panas dari modul baterai melalui saluran atau pipa pendingin. Sistem ini terbukti memiliki efisiensi perpindahan panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pendinginan udara, karena kapasitas kalor jenis cairan umumnya jauh lebih besar daripada udara.

Menurut penelitian_ (Sudibyo, 2023) melakukan simulasi menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk menganalisis manajemen termal pada baterai silindris *Li-ion* 18650. Dalam penelitiannya, dilakukan variasi terhadap temperatur *inlet* dan laju aliran udara pendingin. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan laju aliran udara serta penurunan temperatur *inlet* mampu menurunkan suhu maksimum pada baterai secara signifikan, sekaligus meratakan distribusi suhu antar sel. Hal ini penting untuk menjaga kestabilan sistem baterai secara keseluruhan.

Sebagai referensi tambahan, penelitian dari_ (Liu, 2023) yang berjudul "*Recent Progress and Prospects in Liquid Cooling Thermal Management for Lithium-Ion Batteries*" merangkum berbagai inovasi terbaru mengenai teknologi pendingin cair (*liquid cooling*). Artikel tersebut menjelaskan bahwa pendingin cair terbagi menjadi metode langsung (seperti *immersion*

cooling) dan tidak langsung (seperti menggunakan pelat pendingin atau *cold plate*). Selain itu, bentuk saluran cairan (seperti saluran lurus atau berbelok) dan jenis cairannya (seperti air murni atau campuran glikol) juga sangat menentukan kualitas pendinginan. Secara keseluruhan, metode pendingin cair terbukti ampuh dalam menurunkan titik panas baterai secara drastis, meratakan suhu di seluruh sel, serta membuat baterai lebih awet dan stabil.

Saat ini, kebutuhan akan kendaraan listrik terus meningkat, sehingga sistem pendingin baterai yang efisien dan aman mutlak dibutuhkan. Untuk merancang sistem yang tepat, peran simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menjadi sangat penting. Melalui perangkat lunak ini, kinerja pendingin cair dapat diuji, dievaluasi, dan dimaksimalkan tanpa harus membuang biaya besar untuk membuat alat eksperimen nyata di tahap awal. Berdasarkan alasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efektivitas sistem pendingin cair menggunakan sirkulasi air murni dalam meratakan suhu baterai *lithium-ion*. Melalui simulasi CFD ini, diharapkan dapat tercipta rancangan sistem pendingin yang lebih optimal untuk diaplikasikan pada kendaraan listrik di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membuat *battery cooling system* dengan 3D CFD ANSYS variasi dari berbagai jenis bahan material terhadap sistem pendingin?
2. Bagaimana pengaruh variasi parameter sistem pendingin cair (material casing, yaitu dari aluminium, *copper* dan *stainless steel*) terhadap performa termal baterai?
3. Bagaimana efektivitas perpindahan panas sistem *liquid cooling* dalam mereduksi suhu baterai berbasis simulasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD)?

1.3 Tujuan

1. Memodelkan *battery cooling system* menggunakan *software 3D CFD ANSYS* dengan cara memvariasikan jenis bahan material pada sistem pendingin.
2. Menganalisis pengaruh variasi material casing sistem pendingin cair (yaitu aluminium, *copper* dan *stainless steel*) terhadap performa termal baterai.
3. Menganalisis efektivitas perpindahan panas sistem *liquid cooling* dalam mereduksi suhu baterai dengan cara melakukan simulasi *Computational Fluid Dynamics* CFD.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Menambah literatur dan pemahaman dalam bidang manajemen termal baterai, khususnya melalui pendekatan simulasi CFD dan sistem pendingin berbasis cairan.

2. Memberikan referensi teknis bagi perancang sistem penyimpanan energi dan kendaraan listrik dalam mengimplementasikan sistem pendinginan cair yang efisien.
3. Mendukung pengembangan teknologi baterai yang lebih andal dan aman dengan mengintegrasikan sistem pendingin cair yang teroptimasi.

1.5 Batasan Masalah

- 1) Simulasi dilakukan menggunakan perangkat 3D *Computational Fluid Dynamics* (CFD), seperti ANSYS Fluent atau perangkat serupa.
- 2) Sistem yang diteliti difokuskan pada sistem pendingin berbasis cairan (*liquid cooling*) yang alirannya mengelilingi sel baterai secara laminar.
- 3) Parameter yang dianalisis meliputi suhu maksimum, distribusi suhu, suhu masuk (*inlet*), dan konfigurasi saluran
- 4) Sel Baterai yang dimodelkan adalah tipe silindris dengan properti material nikel pada bagian inti dan casing pelat menggunakan aluminium, *copper* dan *stainless steel*.
- 5) Untuk ukuran masuk aliran cairannya, sesuai dengan gambar desai yaitu 2mm atas dan bawah