

ABSTRAK

Baterai *Lithium-ion* saat ini menjadi pilihan utama untuk kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi. Namun, panas berlebih yang dihasilkan selama operasi dapat memicu degradasi material dan *thermal runaway*, sehingga diperlukan sistem pendinginan aktif yang sangat efisien. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik perpindahan panas dan kinerja pendinginan pada *Battery Thermal Management System* (BTMS) berbasis modul Peltier menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Simulasi numerik 3D dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent 2025 R1 dengan variasi jumlah modul Peltier (1, 2, dan 3 modul), susunan geometri (*inline* dan *staggered*), serta kecepatan aliran udara konveksi paksa (1,4 m/s hingga 4,3 m/s). Sebelum dilakukan analisis variasi, model komputasi yang dibangun telah divalidasi terlebih dahulu menggunakan data pengujian eksperimental dan menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat baik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi *staggered* menghasilkan laju perpindahan panas dan keseragaman temperatur yang lebih superior daripada susunan *inline* karena kemampuannya memecah lapisan batas termal serta mengeliminasi efek bayangan (*shadowing effect*). Evaluasi Kinerja Termo-Hidraulik (*Thermo-hydraulic Performance Evaluation Factor* / TEF) menunjukkan seluruh variasi bernilai di atas 1,00, dengan susunan *staggered* lebih stabil meredam penurunan tekanan (*pressure drop*). Berdasarkan efektivitas jumlah modul, konfigurasi 3 Peltier optimal pada kecepatan rendah (1,4–2,5 m/s), sedangkan 1 Peltier paling efektif pada kecepatan menengah hingga tinggi (>2,8 m/s) guna menghindari hambatan aliran (*blockage effect*). Secara keseluruhan, integrasi modul Peltier dengan susunan *staggered* memberikan kompromi terbaik antara ekstraksi panas maksimal dan kerugian aerodinamis minimal.

Kata Kunci: *Computational Fluid Dynamics*, Konveksi Paksa, Kinerja Termo-Hidraulik, Modul Peltier, Sistem Manajemen Termal Baterai.