UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Numerik Perbandingan Performa Immersion Cooling Berbagai Fluida Dielektrik pada Sistem Manajemen Termal Baterai Tunggal 18650 LiFePO4
Saddam Hidayatulloh, Dr. Ir. Ryan Anugrah Putra, S.T., M.Sc., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
HALAMAN PENGESAHAN ii
LEMBAR PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR LAMPIRAN xviii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xix
INTISARI xxiii
ABSTRACT xxiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan 4
1.5 Manfaat 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Karakteristik Temperatur Baterai *Lithium-ion* 6
2.2 Metode Pendinginan Baterai 7
2.3 *Immersion Cooling* untuk *Battery Thermal Management System* 10
2.4 Fluida Dielektrik pada *Immersion Cooling* 12
2.5 Studi Eksperimental *Immersion Cooling* pada Baterai Tunggal 15
2.6 Studi Numerik *Immersion Cooling* dan Perbandingan Fluida Dielektrik 21
BAB III LANDASAN TEORI 31
3.1 Baterai 31
3.2 Pembangkitan Panas pada Baterai 33

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Numerik Perbandingan Performa Immersion Cooling Berbagai Fluida Dielektrik pada Sistem Manajemen Termal Baterai Tunggal 18650 LiFePO4
Saddam Hidayatulloh, Dr. Ir. Ryan Anugrah Putra, S.T., M.Sc., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3 Parameter Operasi Baterai 36
3.3.1 *State of Charge* (SoC) 36
3.3.2 *Depth of Discharge* (DoD) 36
3.3.3 *C-Rate* 37
3.4 Fluida Kerja 38
3.4.1 HFE-7100 38
3.4.2 HFE-7700 39
3.4.3 SL 3568 40
3.4.4 DF7 40
3.5 Mekanisme Perpindahan Panas 41
3.5.1 Konduksi 42
3.5.2 Konveksi 42
3.6 Parameter Perpindahan Kalor 43
3.6.1 Kecepatan dan Temperatur Rata-Rata Fluida 44
3.6.2 Kondisi Aliran 44
3.6.3 Aliran Melintasi Silinder 46
3.6.4 *Pressure Drop* 47
3.7 Bilangan Tak Berdimensi 47
3.7.1 Bilangan Reynolds (Re) 48
3.7.2 Bilangan Prandtl (Pr) 48
3.7.3 Bilangan Nusselt (Nu) 49
3.7.4 *Figure of Merit 1* (FOM1) 49
3.8 Analisis Perpindahan Panas 51
3.8.1 Keseimbangan Energi 51
3.8.2 *Heat flux* pada Permukaan Baterai 53
3.8.3 Koefisien Perpindahan Panas (*Heat Transfer Coefficient*) 54
3.9 Evaluasi *Thermal-Hydraulic Performance* 54
3.10 Simulasi CFD 55
3.10.1 Metode Diskritisasi 56
3.10.2 Simulasi Numerik menggunakan ANSYS Fluent 57
3.10.3 Tahapan Proses Analisis menggunakan ANSYS Fluent 60

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Numerik Perbandingan Performa Immersion Cooling Berbagai Fluida Dielektrik pada Sistem Manajemen Termal Baterai Tunggal 18650 LiFePO4
Saddam Hidayatulloh, Dr. Ir. Ryan Anugrah Putra, S.T., M.Sc., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.11 *Battery Modelling* dalam Simulasi CFD 68
3.11.1 *MSMD Battery Model* 68
3.11.2 Sub-model NTGK/DCIR 70
3.11.3 *Battery Modelling* menggunakan Sub-model NTGK/DCIR 74
BAB IV METODE PENELITIAN 76
4.1 Diagram Alir Penelitian 76
4.2 Alat dan Bahan Penelitian 77
4.2.1 Alat Penelitian 77
4.2.1.1 Perangkat Keras 77
4.2.1.2 Perangkat Lunak 77
4.2.2 Bahan Penelitian 78
4.2.2.1 Baterai 78
4.2.2.2 Fluida Kerja 80
4.3 Variabel Penelitian 84
4.4 Matriks Pengujian 85
4.5 Prosedur Simulasi CFD 86
4.5.1 Identifikasi Masalah dan Studi Literatur 86
4.5.2 Pre-Processing 86
4.5.3 Processing 90
4.5.4 Post-Processing 104
4.6 Diagram Alir Simulasi 105
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 106
5.1 Validasi dan Kualitas Simulasi 106
5.1.1 *Mesh Independence Test* 106
5.1.2 Kualitas *Mesh* 107
5.1.3 Validasi Model Simulasi 108
5.2 Distribusi Temperatur Sistem Pendingin Baterai 110
5.2.1 Pengaruh Variasi Fluida Pendingin terhadap Temperatur Baterai 110
5.2.2 Pengaruh Variasi Metode Pendinginan terhadap Temperatur Baterai 115
5.2.3 Pengaruh Variasi *C-Rate* terhadap Temperatur Baterai 122

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Numerik Perbandingan Performa Immersion Cooling Berbagai Fluida Dielektrik pada Sistem Manajemen Termal Baterai Tunggal 18650 LiFePO4
Saddam Hidayatulloh, Dr. Ir. Ryan Anugrah Putra, S.T., M.Sc., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.4 Perbandingan Temperatur dan *Streamline* Fluida Pendingin pada Setiap Variasi 128
5.3 Analisis Energi dan Perpindahan Panas pada BTMS 133
5.3.1 *Heat Generation* Baterai 134
5.3.2 Panas Sisa pada Baterai 135
5.3.3 Panas yang Dipindahkan 138
5.3.4 *Heat flux* pada Permukaan Baterai 140
5.3.5 *Heat Transfer Coefficient* (HTC) 141
5.4 Perhitungan Bilangan Tak Berdimensi 143
5.4.1 Perhitungan Bilangan Reynolds 143
5.4.2 Perhitungan Bilangan Nusselt 144
5.4.3 Perhitungan Bilangan Prandtl 145
5.4.4 Perhitungan *Figure of Merit 1* 146
5.5 Analisis *Thermal-Hydraulic Performance* 147
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 151
6.1 Kesimpulan 151
6.2 Saran 152
DAFTAR PUSTAKA 153
LAMPIRAN 158