

## DAFTAR ISI

|   |              |
|---|--------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b>                                      | <b>v</b>     |
| <b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>                              | <b>vi</b>    |
| <b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR</b>                                | <b>vii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR</b>   | <b>viii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b>   | <b>x</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>  | <b>xv</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL</b>   | <b>xvii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b>  | <b>xviii</b> |
| <b>DAFTAR NOTASI</b>  | <b>xix</b>   |
| <b>INTISARI</b>   | <b>xxii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>   | <b>xxiii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                      | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang  | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah   | 3            |
| 1.3 Asumsi dan Batasan Masalah                                | 4            |
| 1.4 Tujuan Penelitian   | 4            |
| 1.5 Manfaat Penelitian  | 4            |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                                | <b>5</b>     |
| 2.1 <i>Battery Thermal Management System (BTMS)</i>           | 5            |
| 2.2 <i>Immersion Cooling</i>                                  | 5            |
| 2.3 Pengujian BTMS <i>Immersion Cooling</i>                   | 6            |
| 2.3.1 Pengujian <i>Immersion Cooling</i> dengan Fluida CFX-70 | 6            |
| 2.4 Kesimpulan  | 9            |
| <b>BAB III LANDASAN TEORI</b>                                 | <b>10</b>    |
| 3.1 Baterai   | 10           |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2 Kalor yang dihasilkan baterai                           | 11        |
| 3.3 Mekanisme Perpindahan Kalor                             | 11        |
| 3.3.1 Perpindahan Kalor secara Konduksi                     | 12        |
| 3.3.2 Perpindahan Kalor secara Konveksi                     | 13        |
| 3.3.4 Perpindahan Kalor pada Proses <i>Pool Boiling</i>     | 14        |
| 3.4 <i>Internal Forced Convection</i>                       | 16        |
| 3.4.1 Kecepatan dan Temperatur Rata – Rata Fluida           | 16        |
| 3.4.2 Aliran di dalam <i>Channel</i>                        | 17        |
| 3.4.3 <i>Constant Surface Heat Flux</i>                     | 18        |
| 3.4.4 <i>Pressure Drop</i>                                  | 18        |
| 3.5 Bilangan Tak Berdimensi                                 | 19        |
| 3.5.1 Bilangan <i>Reynolds</i>                              | 19        |
| 3.5.2 Bilangan <i>Nusselt</i>                               | 20        |
| 3.5.3 Bilangan <i>Prandtl</i>                               | 20        |
| 3.6 <i>Heat Exchanger</i>                                   | 21        |
| 3.5.1 Laju Perpindahan Kalor                                | 21        |
| 3.5.2 <i>Logarithmic Mean Temperature Difference (LMTD)</i> | 21        |
| 3.5.3 Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi                  | 23        |
| 3.5.4 <i>Pressure Loss</i>                                  | 24        |
| 3.6 Pompa   | 25        |
| 3.6.1 <i>Head Loss</i>                                      | 25        |
| 3.6.2 Daya Pompa  | 26        |
| 3.7 Fluida Kerja  | 26        |
| <b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>                         | <b>29</b> |
| 4.1 Alat dan Bahan Penelitian                               | 29        |
| 4.1.1 Autodesk Inventor Professional 2024                   | 30        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.1.2 Microsoft Excel 2020  | 30        |
| 4.1.3 Microsoft Power Point 2020                                    | 30        |
| 4.2 Diagram Alir Penelitian   | 31        |
| 4.3 Tata Laksana Penelitian   | 32        |
| 4.4 Tahapan Perancangan Fasilitas Penelitian                        | 34        |
| 4.4.1 Tahap Perancangan dan Pembuatan <i>Battery Chamber</i>        | 34        |
| 4.4.2 Tahap Perhitungan dan Pemilihan Heat Exchanger                | 34        |
| 4.4.3 Tahap Perhitungan dan Pemilihan Pompa                         | 35        |
| 4.4.4 Tahap Perancangan <i>Reservoir</i> Fluida Kerja               | 35        |
| 4.4.5 Tahap Perancangan <i>Condenser</i>                            | 35        |
| <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                   | <b>36</b> |
| 5.1 Hasil Perancangan Sistem Pendinginan <i>Immersion Cooling</i>   | 36        |
| 5.2 Perhitungan pada Baterai  | 37        |
| 5.2.1 Perhitungan Kalor pada Baterai <i>Lithium Ion</i>             | 37        |
| 5.2.2 Perhitungan <i>Heat Flux</i>                                  | 37        |
| 5.2.3 Perhitungan pada Baterai dengan Variasi $T_{\max}$            | 38        |
| 5.3 Perhitungan pada <i>Battery Pack</i>                            | 39        |
| 5.3.1 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi              | 41        |
| 5.3.2 Perhitungan Bilangan <i>Nusselt</i>                           | 41        |
| 5.3.3 Perhitungan Bilangan <i>Prandtl</i>                           | 41        |
| 5.3.4 Perhitungan Bilangan <i>Reynolds</i>                          | 42        |
| 5.3.5 Perhitungan Laju Aliran Fluida                                | 42        |
| 5.3.6 Perhitungan Debit Fluida                                      | 42        |
| 5.3.7 Perhitungan Laju Aliran Massa Fluida                          | 42        |
| 5.3.8 Perhitungan Temperatur Fluida saat Keluar <i>Battery Pack</i> | 43        |
| 5.4 Perhitungan pada <i>Heat Exchanger</i>                          | 44        |

|   |    |
|---|----|
| 5.4.1 Perhitungan Temperatur Keluar Udara                                       | 45 |
| 5.4.2 Perhitungan LMTD  | 46 |
| 5.4.3 Perhitungan Geometri <i>Heat Exchanger</i>                                | 47 |
| 5.4.4 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi pada Udara               | 48 |
| 5.4.5 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi pada Fluida              | 50 |
| 5.4.6 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Rata – Rata <i>Heat Exchanger</i> | 51 |
| 5.4.7 Perhitungan Kapasitas <i>Heat Exchanger</i>                               | 51 |
| 5.4.8 Perhitungan <i>Pressure Loss</i> pada Udara                               | 52 |
| 5.4.9 Perhitungan <i>Pressure Loss</i> pada Fluida                              | 52 |
| 5.5 Perancangan <i>Fluid Reservoir</i>  | 53 |
| 5.6 Perhitungan pada Sistem Perpipaan   | 55 |
| 5.6.1 Perhitungan <i>Major Loss</i> pada Sistem Perpipaan                       | 55 |
| 5.7 Perhitungan Pompa   | 57 |
| 5.7.1 Perhitungan <i>Total Head Loss System</i>                                 | 57 |
| 5.7.2 Perhitungan Daya Pompa  | 57 |
| 5.7.3 Pemilihan Pompa   | 57 |
| 5.8 Perhitungan <i>Condenser</i>  | 58 |
| 5.9 Rangkaian Fasilitas Eksperimen <i>Battery Immersion Cooling</i>             | 63 |
| 5.10 Pembuatan Komponen <i>Battery Pack</i>                                     | 64 |
| 5.10.1 Pembuatan <i>Battery Chamber</i>   | 64 |
| 5.10.2 Pembuatan <i>Top Cover Battery Pack</i>                                  | 66 |
| 5.11 Komponen Elektronik dan Instrumentasi                                      | 68 |
| 5.11.1 <i>DC Constant Current Supply</i>  | 69 |
| 5.11.2 <i>DC Electronic Load Test</i>   | 70 |
| 5.11.3 <i>Thermocouple</i>  | 70 |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.11.4 <i>Flowmeter</i>   | 71        |
| 5.11.5 <i>Thermostat</i>  | 72        |
| 5.11.6 <i>Pressure Gauge</i>  | 72        |
| 5.11.7 <i>Data Acquisition System</i>                                       | 73        |
| 5.10. Perakitan Fasilitas Eksperimen <i>Immersion Cooling</i> untuk Baterai | 74        |
| 5.11 Penggunaan Fasilitas Eksperimen <i>Battery Immersion Cooling</i>       | 75        |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>  | <b>77</b> |
| 6.1 Kesimpulan  | 77        |
| 6.2 Saran   | 78        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   | <b>79</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>   | <b>82</b> |