

**ANALISIS KINERJA *DOUBLE - PIPE HEAT EXCHANGER*
PADA SISTEM PENDINGIN *LITHIUM ION BATTERY* TIPE
*WAVY CHANNEL***

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1
pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh

Andreas Simanjuntak

3331190068

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

CILEGON – BANTEN

2023

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Andreas Simanjuntak
NPM : 3331190068
Judul : Analisis Kinerja *Double-Pipe Heat Exchanger* Pada Sistem Pendingin *Lithium Ion Battery* Tipe *Wavy Channel*

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Desember 2023



Andreas Simanjuntak

3331190068

TUGAS AKHIR


Analisis Kinerja Double - Pipe Heat Exchanger Pada Sistem Pendingin Lithium Ion Battery Tipe Wavy Channel

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Andreas Simanjuntak
3331190068

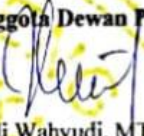
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 19 Desember 2023

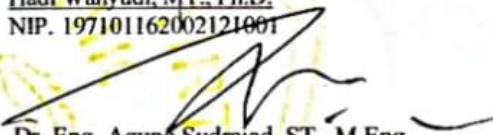
Pembimbing Utama

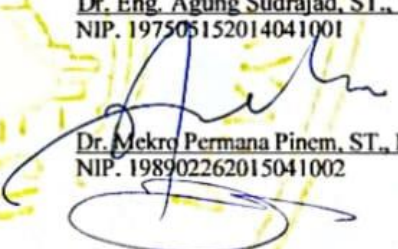

Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002

Yusvardi Yusuf, ST., MT.
NIP. 197910302003121001

Anggota Dewan Penguji


Hadi Wahyudi, MT., Ph.D.
NIP. 197101162002121001

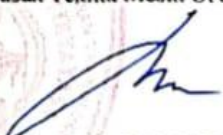

Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST., M.Eng.
NIP. 197505152014041001


Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002

Yusvardi Yusuf, ST., MT.
NIP. 197910302003121001

**Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal, 27 Desember 2023
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP. 198305102012121006

ABSTRAK

Analisis Kinerja *Double-Pipe Heat Exchanger* pada Sistem Pendingin *Lithium Ion Battery* Tipe *Wavy Channel*

Disusun Oleh :

Andreas Simanjuntak

331190068

Manajemen termal diperlukan untuk mengontrol suhu baterai agar tetap dalam kondisi optimal. Sistem pendingin yang digunakan adalah *wavy channel* dan *double pipe heat exchanger*. Perhitungan efektivitas *double pipe heat exchanger* dilakukan untuk mengetahui kinerjanya. Dalam penelitian ini, fluida yang digunakan adalah nanofluid dengan variasi konsentrasi 0,1%, 0,3% dan 0,5%. Variasi arah aliran pada *double pipe heat exchanger* dipertimbangkan, yaitu aliran berlawanan arah (*counter flow*) dan aliran searah (*parallel flow*). Pengaruh variasi laju aliran yang dialirkan dipertimbangkan, yaitu 0,3 LPM, 0,6 LPM dan 0,9 LPM. Berdasarkan hasil perhitungan, variasi arah aliran berpengaruh terhadap efektivitas perpindahan panas pada *double pipe heat exchanger*. Pada variasi arah aliran berlawanan (*counter flow*) efektivitas perpindahan panas tertinggi adalah pada variasi nanofluid 0,5 % dengan laju aliran 0,9 LPM yaitu sebesar 59,7%. Pada variasi arah aliran searah (*parallel flow*) efektivitas perpindahan panas tertinggi adalah pada variasi nanofluid 0,5 % dengan laju aliran 0,9 LPM dengan nilai efektivitas perpindahan panas sebesar 42,74 % .

Kata kunci : *Double Pipe Heat Exchanger, Counter Flow, Efektivitas, Paralel Flow, Wavy Channel*

ABSTRACT

Performance Analysis of Double-Pipe Heat Exchangers in Wavy Channel Type Lithium Ion Battery Cooling Systems

Arranged by:

Andreas Simanjuntak

3331190068

Thermal management is needed to control battery temperature to keep it in optimal condition. The cooling system used is a wavy channel and double pipe heat exchanger. Calculation of the effectiveness of the double pipe heat exchanger was carried out to determine its performance. In this research, the fluid used was nanofluid with varying concentrations of 0,1%, 0,3% and 0,5%. Variations in flow direction in the double pipe heat exchanger are considered, namely counter flow and parallel flow. The effect of variations in flow rate is taken into consideration, namely 0,3 LPM, 0,6 LPM and 0,9 LPM. Based on the calculation results, variations in flow direction affect the effectiveness of heat transfer in the double pipe heat exchanger. In variations in the opposite flow direction (counter flow), the highest heat transfer effectiveness is in the 0.5% nanofluid variation with a flow rate of 0,9 LPM, which is equal 59,7 %. In variations in the direction of flow in the same direction (parallel flow), the highest heat transfer effectiveness is in the nanofluid variation of 0,5% with a flow rate of 0,9 LPM with a heat transfer effectiveness value of 42,74 %..

Keywords : *Double Pipe Heat Exchanger, Counter Flow, Effectiveness, Paralel Flow, Wavy Channel*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala karunia dan pertolongan-Nya yang memberikan pengetahuan, pengalaman, kekuatan dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Kinerja *Double-Pipe Heat Exchanger* pada Sistem Pendingin *Lithium Ion Battery Tipe Wavy Channel*”. Tugas ini merupakan syarat wajib bagi setiap mahasiswa agar dapat menyelesaikan Program Sarjana S1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat arahan dan masukan dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang senantiasa menyertai, memberikan jalan, kelancaran dan anugerahnya kepada penulis.
2. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT. UNTIRTA dan seluruh jajaran pengelola Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu sehingga keberlangsungan penelitian berjalan dengan lancar.
3. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M. Eng, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin FT UNTIRTA.
4. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan waktu dan pikirannya untuk mengembangkan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Yusvardi Yusuf, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membantu membimbing dalam pelaksanaan tugas akhir.
6. Ibu Shofiatul Ula, S.Pd.I., M.Eng selaku dosen pembimbing akademik penulis atas bimbingan dan semangat yang diberikan dalam menjalankan perkuliahan.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen yang senantiasa selalu memberikan pengarahan dan berbagi ilmu kepada penulis di Jurusan Teknik Mesin FT. UNTIRTA.
8. Teristimewa untuk keluarga yang tiada henti memberikan semangat dan mendukung penulis di dalam doa selama menjalani pendidikan sampai menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk ayah saya Anner Donny Simanjuntak, S.Pd dan ibu saya Dewi Saida Katarina Hutabarat serta abang saya Advent Maringan Tua Simanjuntak dan kakak saya Apriani Devitri Simanjuntak.
9. Tim penelitian tugas akhir, diantaranya ada Rodo Sitanggang, Muhammad Ilham Fatwa, Wahyudin, Tubagus Nuriman dan Fikri.
10. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung terkait dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan, untuk itulah saran dan masukan yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan laporan ini. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan mambalas segala kebaikan semua pihak yang sudah membantu. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Cilegon, Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baterai	4
2.2 Lithium – Ion Battery (Li-ion atau LIB)	4
2.2.1 Bagian Utama Lithium-Ion Battery	5
2.2.2 Prinsip Kerja Lithium-Ion Battery	7
2.3 Karakteristik Termal <i>Lithium-Ion Battery</i>	8
2.4 Konsep Dasar Perpindahan Kalor	9
2.4.1 Hukum Termodinamika	10
2.4.2 Konduksi.....	10

2.4.3 Konveksi	11
2.4.4 Radiasi	12
2.5 <i>Heat Exchanger</i>	12
2.6 Jenis – jenis <i>Heat Exchanger</i>	13
2.7 <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	14
2.8 Persamaan Dasar <i>Heat Exchanger</i>	17
2.8.1 Panas yang Diserap	17
2.8.2 <i>Log Mean Temperature Difference (LMTD)</i>	17
2.8.3 Koefisien Perpindahan Panas Overall rata-rata (U).....	19
2.8.4 Panas Aktual dan Perpindahan Panas Maksimal	20
2.8.5 Nilai efektivitas.....	20
2.9 <i>Cellulose Nanocrystal – Ethylene Glycol Nanofluid Coolant</i>	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	22
3.2 Rancangan Sistem Pendingin Baterai.....	23
3.3 Alat dan Bahan yang digunakan	25
3.4 Penempatan Titik Pengukuran	32
3.5 Prosedur Pengujian.....	33
3.4.1 Prosedur Kalibrasi Termokopel	33
3.4.2 Prosedur Instalasi Rangkaian Alat	34
3.4.3 Prosedur Pengujian Alat	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengambilan Data	44
4.1.1 Grafik Data Pengujian	44
4.1.2 Tabel Data Pengujian	45
4.2 Perhitungan untuk Larutan Nanofluid Konsentrasi 0,1%	46

4.2.1 Variasi Arah Aliran Berlawanan Arah (<i>Counter Flow</i>).....	47
4.2.2 Variasi Arah Aliran Searah (<i>Paralel Flow</i>).....	54
4.3 Perhitungan untuk Larutan Nanofluid Konsentrasi 0,3 %	61
4.3.1 Variasi Arah Aliran Berlawanan Arah (<i>Counter Flow</i>).....	61
4.3.2 Variasi Arah Aliran Searah (<i>Paralel Flow</i>).....	68
4.4 Perhitungan untuk Larutan Nanofluid Konsentrasi 0,5%	75
4.4.1 Variasi Arah Aliran Berlawanan Arah (<i>Counter Flow</i>).....	75
4.4.2 Variasi Arah Aliran Searah (<i>Paralel Flow</i>).....	82
4.5 Analisa Hasil Perhitungan	89

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	97
5.2 Saran.....	98

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil pengambilan data

Lampiran 2. Dokumentasi hasil pengujian

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2. 1 Pelat-pelat Positif dan Plat Negatif.....	2
Gambar 2. 2 Baterai Lithium Ion	5
Gambar 2. 3 Double Pipe Heat Exchanger.....	15
Gambar 2. 4 Tipe-Tipe Aliran Fluida pada Double Pipe Heat Exchanger.....	16
Gambar 2. 5 Paralel Flow	18
Gambar 2. 6 Analogi Temperatur Paralel Flow	18
Gambar 2. 7 Counter Flow	19
Gambar 2. 8 Analogi Temperatur Counter Flow	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3. 2 Skema alat uji sistem pendinginan	24
Gambar 3. 3 Wavy mini channel	25
Gambar 3. 4 Rangkaian baterai	25
Gambar 3. 5 Battery Management System (BMS).....	26
Gambar 3. 6 Rangkaian beban lampu.....	26
Gambar 3. 7 Rotameter.....	27
Gambar 3. 8 Battery Indicator	27
Gambar 3. 9 Double pipe heat exchanger.....	28
Gambar 3. 10 Selang	28
Gambar 3. 11 Larutan Nanofluid.....	29
Gambar 3. 12 Coolant.....	29
Gambar 3. 13 Pompa air	30
Gambar 3. 14 Termokopel Merek HTI	30
Gambar 3. 15 Termokopel Merek Mastech	30
Gambar 3. 16 Hygrometer	31
Gambar 3. 17 Charger 48 V.....	31
Gambar 3. 18 Penempatan titik pengukuran pada variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow).....	32
Gambar 3. 19 Penempatan titik pengukuran pada variasi arah	32

Gambar 4. 1 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,3 LPM	23
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,6 LPM	37
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,9 LPM	37
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,3 LPM	38
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,6 LPM	38
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,9 LPM	39
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,3 LPM	39
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,6 LPM	40
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,9 LPM	40
Gambar 4. 10 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,3 LPM	41
Gambar 4. 11 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,6 LPM	41
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,9 LPM	42
Gambar 4. 13 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,3 LPM	42
Gambar 4. 14 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,6 LPM	43
Gambar 4. 15 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran counter flow pada laju aliran 0,9 LPM	43
Gambar 4. 16 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,3 LPM	44

Gambar 4. 17 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,6 LPM	44
Gambar 4. 18 Grafik perbandingan temperatur fluida terhadap waktu pada nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran paralel flow pada laju aliran 0,9 LPM	45
Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan LMTD terhadap Laju Aliran dengan Variasi Arah Aliran Counter Flow	90
Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan LMTD terhadap Laju Aliran dengan Variasi Arah Aliran Paralel Flow	91
Gambar 4. 21 Grafik Perbandingan Nilai Perpindahan Panas terhadap Laju Aliran dengan Variasi Arah Aliran Counter Flow	92
Gambar 4. 22 Grafik Perbandingan Nilai Perpindahan Panas terhadap Laju Aliran dengan Variasi Arah Aliran Paralel Flow	93
Gambar 4. 23 Grafik Perbandingan Nilai Efektivitas terhadap Laju Aliran dengan Variasi Arah Aliran Counter Flow	94
Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan Nilai Efektivitas terhadap Laju Aliran dengan Variasi Arah Aliran Paralel Flow	95

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 3. 1 Klasifikasi Double pipe heat exchanger	28
Tabel 3. 2 Komposisi nanofluid dalam 1 liter	29
Tabel 3. 3 Klasifikasi Termokopel.....	31
Tabel 4. 2 Data Double Pipe Heat Exchanger.....	47
Tabel 4. 3 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,1% dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,3 LPM	47
Tabel 4. 4 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,6 LPM	50
Tabel 4. 5 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,1% dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,9 LPM	52
Tabel 4. 6 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran searah (paralel flow) dan variasi laju aliran 0,3 LPM.....	54
Tabel 4. 7 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,1 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (paralel flow) dan variasi laju aliran 0,6 LPM.....	57
Tabel 4. 8 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,1% dengan variasi arah aliran berlawanan arah (paralel flow) dan variasi laju aliran 0,9 LPM.....	59
Tabel 4. 9 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,3% dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,3 LPM.....	61
Tabel 4. 10 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,6 LPM.....	63
Tabel 4. 11 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,3% dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,9 LPM.....	66
Tabel 4. 12 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran searah (paralel flow) dan variasi laju aliran 0,3 LPM	68
Tabel 4. 13 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran searah (paralel flow) dan variasi laju aliran 0,6 LPM.....	70
Tabel 4. 14 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,3 % dengan variasi arah aliran searah (paralel flow) dan variasi laju aliran 0,9 LPM	73
Tabel 4. 15 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,3 LPM.....	75

Tabel 4. 16 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,6 LPM.....	77
Tabel 4. 17 Data masukan untuk perhitungan pada nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,9 LPM.....	80
Tabel 4. 18 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (counter flow) dan variasi laju aliran 0,9 LPM.....	82
Tabel 4. 19 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (paralel flow) dan variasi laju aliran 0,6 LPM.....	84
Tabel 4. 20 Data masukan untuk perhitungan pada variasi nanofluid 0,5 % dengan variasi arah aliran berlawanan arah (paralel flow) dan variasi laju aliran 0,9 LPM.....	87
Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Data Nanofluid.....	89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kendaraan listrik semakin mendapatkan preferensi publik, terlihat dengan mulai marak penjualannya. Sebagai alternatif pengganti kendaraan berbahan bakar fosil, kendaraan listrik terus mengalami perbaikan untuk bisa menjawab tantangan yang ada dipasar. Tantangan teknis yang banyak menjadi perhatian kendaraan listrik adalah terkait dengan teknologi baterai. Baterai lithium ion (LIBs) merupakan energi penyimpan listrik yang berasal dari energi kimia dan menjadi kandidat terkuat untuk aplikasi otomotif masa depan berbasis listrik karena mempunyai keunggulan pengisian daya lebih cepat, tahan lama, dan memiliki kepadatan daya lebih tinggi (Li et al, 2019).

Kendala yang dialami paket baterai adalah manajemen termal karena berpengaruh terhadap faktor umur pakai dan keamanan. Pada sebuah pengujian baterai Sony 18650, kapasitas hilang lebih dari 60% setelah 800 siklus pada temperature 50 °C dan 70% setelah 500 siklus pada temperature 55 °C. Dengan demikian, manajemen termal yang efektif diperlukan untuk pengendalian suhu baterai di bawah suhu yang ditentukan seperti 50°C, terutama untuk baterai tua dengan lebih banyak menghasilkan panas (Menale et al, 2019).

Kebutuhan akan pengisian baterai cepat menjadi salah satu pilihan untuk mempercepat waktu saat pengisian sehingga waktu yang dihabiskan dalam mengisi baterai mendekati dengan waktu yang diperlukan untuk mengisi bahan bakar fosil. Selain itu kapasitas baterai yang hanya mampu menempuh jarak tertentu membuatnya sering melakukan pengecasan sehingga perlu adanya pengisian cepat atau stasiun penukaran baterai. Tetapi dengan pengisian cepat baterai akan berdampak pada peningkatan termal yang terjadi pada kemasan baterai. Sehingga perlu dibuatkan desain sistem pendingin yang mampu mengurangi panas yang terjadi pada saat pengisian (Xie et al, 2020).

Pada kondisi baterai digunakan, diperlukan sistem pendingin baterai dengan memanfaatkan perpindahan panas secara konduksi dengan jenis pendingin. Ada beberapa jenis pendingin yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain *nanofluids*, air dan fluida udara yang akan dialirkan pada *wavy mini channel*. Tipe *Wavy Mini Channel* adalah perangkat pendingin yang terbuat dari alumunium untuk memenuhi kebutuhan pendinginan perangkat elektronik yang berbentuk paket sirkuit bergelombang.

Dalam penelitian tugas akhir ini, penulis akan menganalisis penurunan suhu pada baterai lithium ion 18658 yang dirangkai menjadi 13 baterai secara seri. Rangkaian baterai diapit oleh dua *wavy mini channels* yang dialiri dengan fluida pendingin melalui *double pipe heat exchanger*. Pada penelitian ini *heat exchanger* yang digunakan adalah jenis *double pipe heat exchanger* dengan pembuatan desain yang optimal dan melakukan analisis termal yang terjadi untuk melihat pengaruh manajemen termal pada baterai yang akan digunakan. Variasi arah aliran, laju aliran dan konsentrasi fluida pada *heat exchanger* menjadi fokus penelitian, Adapun variasi aliran yang digunakan yaitu aliran searah (*parallel flow*) dan aliran berlawanan arah (*counter flow*). Laju aliran yang akan divariasikan adalah 0,3 LPM, 0,6 LPM dan 0,9 LPM dan konsentrasi fluida yang digunakan adalah 0,1 %, 0.3% dan 0,5%.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja *double pipe heat exchanger* dalam sistem pendingin lithium ion tipe *wavy channel* berdasarkan variasi arah aliran, variasi laju aliran dan variasi konsentrasi nanofluid.
2. Bagaimana analisis efektivitas perpindahan panas terhadap kinerja *double pipe heat exchanger* pada sistem pendingin lithium ion tipe *wavy channel* berdasarkan arah variasi arah aliran, variasi laju aliran dan variasi konsentrasi nanofluid.

1.3 Tujuan Penelitian

Di bawah ini merupakan tujuan penelitian yang berdasarkan dari rumusan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *double pipe heat exchanger* dalam sistem pendingin lithium ion tipe *wavy channel* berdasarkan variasi arah aliran, variasi laju aliran dan variasi konsentrasi nanofluid.
2. Menganalisis efektivitas perpindahan panas terhadap kinerja *double pipe heat exchanger* pada sistem pendingin lithium ion tipe *wavy channel* berdasarkan arah variasi arah aliran, variasi laju aliran dan variasi konsentrasi nanofluid.

1.4 Manfaat Penelitian

Di bawah ini merupakan manfaat penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat menyediakan informasi mengenai perpindahan panas *double pipe heat exchanger* pada sistem pendingin baterai lithium ion tipe *wavy channel* berdasarkan variasi arah aliran, variasi laju aliran dan variasi konsentrasi nanofluid.
2. Penelitian ini dapat menjadi acuan untuk penelitian di masa yang akan datang.

1.5 Batasan Masalah

Berikut ini merupakan batasan masalah yang menjadi acuan dalam penelitian ini.

1. Jenis *heat exchanger* yang digunakan adalah *double pipe heat exchanger*.
2. Variasi arah aliran fluida pada *double pipe heat exchanger* yaitu *parallel flow* dan *counter flow*.
3. Variasi laju aliran yang diuji adalah 0,3 LPM, 0,6 LPM dan 0,9 LPM.
4. Penelitian ini menggunakan fluida pendingin nanofluid dengan variasi konsentrasi 0.1%, 0.3% dan 0.5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, F. S. D., & Arsana, I. M. (2022). Rancang Bangun Fin Tipe Helical pada Penukar Panas Double Pipe. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 35–40.
- Cengel, Y., 2004. *Heat Transfer: A Practical Approach 2nd Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Doran M. Pauline. (2013). Heat Transfer, Heat Transfer Mechanism. In Pauline M. Doran (Ed.), *Bioprocess Engineering Principles* (Second Edi, Issue 1, pp. 333–377). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-220851-5.00009-5>
- Hardjono, F. A. 2023 ; (n.d.). UJI EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS RADIATOR COOLANT MENGGUNAKAN DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi Vol.9*.
- Holman, J. . (1995). *Heat Transfer*. 10th Edition (I. The McGraw-Hill Companies, ed.). New York.
- Incropera, F., 2011. *Fundamental of Heat and Mass Transfer 7th Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Kern, D. Q. (1982). I. Process Heat Transfer. In *Process, Enhanced, and Multiphase Heat Transfer*. <https://doi.org/10.1615/978-1-56700-079-5.82>
- Kurniawan, A. (2020). Analisis Laju Perpindahan Panas pada Baterai Ion Lithium 18650 terhadap Beban Keluarannya dengan Metode Numerik. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 2(2), 87-102
- Laela, D. A., & Hairunnisa. (2021). Pra-Rancangan Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dengan Proses Hidrasi Non Katalitik-Kapasitas 200.0000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 4(1), 19–24. <http://jtam.ulm.ac.id/index.php/jtatk/article/view/695>

- Li, X., Colclasure, A. M., Finegan, D. P., Ren, D., Shi, Y., Feng, X., Cao, L., Yang, Y., & Smith, K. (2019). Degradation mechanisms of high capacity 18650 cells containing Si-graphite anode and nickel-rich NMC cathode. *Electrochimica Acta*, 297, 1109–1120. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2018.11.194>
- Liu, G., & Zhang, L. (2021). *Research on the Thermal Characteristics of an 18650 Lithium-Ion Battery Based on an Electrochemical – Thermal Flow Coupling Model*.
- Martelucci, L., Krishna, K. K., Astronautika, D. T., Energi, L., & Sapienza, U. (2021). *Analisis Sistem Manajemen Termal Baterai Pendingin Udara untuk Mobil Pelajar Formula*. <https://doi.org/10.4236/jtts.2021.113029>
- Menale, C., D'Annibale, F., Mazzarotta, B., & Bubbico, R. (2019). Thermal management of lithium-ion batteries: An experimental investigation. *Energy*, 182, 57–71. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.017>
- Nasution, M. (2021). Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. *Journal of Electrical Technology*, 6(1), 35–40.
- Oates, Krysten. (2010). Lithium-ion Batteries: Commercialization History and Current Market. Foresight Science and Technology.
- Omidi, M., Farhadi, M., & Jafari, M. (2017). A comprehensive review on double pipe heat exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 110, 1075–1090. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.09.027>
- Rohman, Fadli.(2012) .Aplikasi Graphene Untuk Lithium Ion Battery. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sampson, I. E. (2017). Design and Operation of Double Pipe Heat Exchanger. *TLEP International Journal Of Chemical Engineering Research*, March.
- Septian, B., Aziz, A., Rey, P. D., Studi, P., Mesinfakultas, T., Dan, S., Universitas, T., Assyafi'iyah Jakarta, I., Besar, B., Konversi, T., & Bppt, E. (2021). Design of Heat Exchanger Shell and Tube. *Jurnal Baut Dan Manufaktur*, 03(1), 2686–5351.

Whittingham, M. S. (1976). *Electrical Energy Storage and Intercalation Chemistry* (Vol. 192). <https://science.sciencemag.org/content/192/4244/1126/tab-pdf>

Xie, W., Liu, X., He, R., Li, Y., Gao, X., Li, X., Peng, Z., Feng, S., Feng, X., & Yang, S. (2020). Challenges and opportunities toward fast-charging of lithium-ion batteries. *Journal of Energy Storage*, 32(August), 101837. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101837>