

**ANALISIS TEMPERATUR PELAT PENDINGIN UNTUK
BATERAI LITHIUM ION BERDASARKAN VARIASI LAJU
ALIRAN MASSA DAN JUMLAH SALURAN**

SKRIPSI

Oleh

Riska Pertiwi

NIM: 06111281823059

Program Studi Pendidikan Fisika



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

**ANALISIS TEMPERATUR PELAT PENDINGIN UNTUK BATERAI
LITHIUM ION BERDASARKAN VARIASI LAJU ALIRAN MASSA DAN
JUMLAH SALURAN**

SKRIPSI

Oleh
Riska Pertiwi
NIM: 06111281823059
Program Studi Pendidikan Fisika

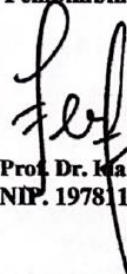
Mengesahkan

Mengetahui,
Koordinator Program Studi,



Dr. Muhamad Yusup, S.Pd., M.Pd
NIP. 197805062002121006

Pembimbing,



Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si
NIP. 197811082001122002



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Riska Pertiwi
NIM : 06111281823059
Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Temperatur Pelat Pendingin Untuk Baterai Lithium Ion Berdasarkan Variasi Laju Aliran Massa dan Jumlah Saluran” ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila dikemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Indralaya, Juli 2022

embuat pernyataan,

Riska Pertiwi.

NIM 06111281823059

PRAKATA

Skripsi dengan judul “Analisis Temperatur Pelat Pendingin Untuk Baterai Lithium Ion Berdasarkan Variasi Laju Aliran Massa dan Jumlah Saluran” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam mewujudkan skripsi ini, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si sebagai pembimbing atas segala bimbingan yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Hartono, M.A. Dekan FKIP Universitas Sriwijaya, Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd, Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, Dr. Muhamad Yusup, S.Pd., M.Pd., Ketua Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan skripsi ini. Ucapan Terima kasih juga ditujukan kepada Dr. Ismet, S.Pd., M.Si., selaku reviewer serta penguji yang telah memberikan sejumlah saran untuk perbaikan skripsi ini. Lebih lanjut penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yaitu Bapak Mahzan dan Ibu Juniati, saudara penulis Oktaria Fitri Ilhami, S.T. dan Agung Afriza serta seluruh keluarga besar penulis yang senantiasa menguatkan, memberikan dukungan baik material, moril serta doa yang selalu menyertai penulis.
2. Seluruh dosen dan staff Program Studi Pendidikan Fisika
3. Teman seperjuangan dari grup “ini bukan grup” (Mutia, Sri, Julia, dan Choco), yang sedari awal semester selalu membantu meringankan kesulitan dalam perkuliahan hingga menjadi alarm absen dan pembangkit mood sehingga penulis semangat dalam menyelesaikan perkuliahan.
4. Sendy Anjelika, A.Md.Kom sahabat sekaligus saudara yang selalu memberikan dukungan, semangat, saran, serta menjadi tempat paling aman untuk penulis berkeluh kesah.

5. Teman seperbimbingan (Desmay, Desy, dan Bella) yang senantiasa bersedia mendengarkan keluh kesah, mendukung, menghibur dan membantu penulis dalam berbagai kesempatan. Kak M. Rama Almafie. S.Pd., yang banyak membantu dalam setiap bimbingan.
6. Temanku Amartia, Tria, Eka yang senantiasa mensupport dan menemani perjalanan penulisan skripsi, pengurusan berkas, maupun *healing* bersama diberbagai kesempatan
7. Kak M. Danny Pratama Lamura, S.Pd., sebagai tutor yang banyak membantu mengajarkan kepenulisan, pemodelan dan simulasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini
8. Keluarga besar Pendidikan Fisika Angkatan 2018 khususnya kelas Indralaya.
9. Anak NCT yang selalu menghibur dalam 4 tahun perkuliahan ini, terkhusus Mark Lee yang menjadi motivator sehingga penulis terus berkembang hingga saat ini
10. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Terima kasih banyak atas ilmu yang telah diberikan, semoga dapat menjadi ladang pahala bagi kita semua. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi Pendidikan Fisika dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni.

Indralaya, Juli 2022

Penulis



Riska Pertiwi

06111281823059

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Metode Penulisan	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	7
2.1 Baterai	7
2.2 Baterai Lithium-Ion (Li-ion)	7
2.3 Sistem Manajemen Termal Baterai Li-ion	8
2.4 Metode Pendinginan Baterai Li-ion	8
2.5 Pelat Pendingin.....	10
2.6 Aliran Laminar dan Turbulen.....	10
2.7 Bilangan Reynolds	11
2.8 Bilangan Nusselt.....	13
2.9 Laju Aliran Massa	13
2.10 Perpindahan Panas Pada Sistem Pendinginan Cairan	14
	vi

2.11	Dinamika Fluida Komputasi	15
2.12	Ansys Fluent.....	18
2.13	Metode elemen batas hingga atau Finite Element Methods (FEM)	19
2.14	Diagram alir (<i>Flowchart</i>)	20
BAB III	21
3.1	Waktu Pelaksanaan.....	21
3.2	Desain Penelitian	21
3.3	Perangkat Penelitian	22
1.6	Diagram Alir Penelitian.....	23
1.6.1	Sebelum prosesor	25
1.6.2	Prosesor	26
1.6.3	Pasca Prosesor	28
1.7	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	29
BAB IV	30
4.1	Hasil Penelitian.....	30
4.2	Validasi.....	31
4.3	Analisis Struktur.....	31
4.4	Analisis Temperatur	31
4.2.1	Desain 1	32
4.2.2	Desain 2.....	35
4.3	Pembahasan	38
4.3.1	Analisis temperatur terhadap variasi laju aliran massa	38
4.3.2	Analisis temperatur terhadap jumlah saluran antara desain.....	41
BAB V	44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 a) aliran laminar (b) aliran turbulen (Arief et al., 2013)	11
Gambar 2. 2 Hidraulic Diameter (Dh) dalam berbagai geometri saluran (Cengel, 2002)	12
Gambar 2. 3 Visualisasi aliran dengan sudut 180° di saluran (a) partikel garis-garis dengan bilangan reynolds 1000 (b) partikel pada bilangan reynolds 30.000.....	13
Gambar 3. 1 Perangkat lunak penelitian.....	23
Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4.3 geometri desain 1 pelat pendingin.....	32
Gambar 4. 4 Kontur temperatur pelat pendingin dengan variasi laju aliran massa (a) 0,01 kg/s (b) 0,001 kg/s (c) 0,0001 kg/s.....	33
Gambar 4. 5 Kontur kecepatan aliran fluida pendingin dengan variasi laju aliran massa (a) 0,01 kg/s (b) 0,001 kg/s (c) 0,0001 kg/s	34
Gambar 4. 6 Kontur tekanan aliran fluida pendingin dengan variasi laju aliran massa (a) 0,01 kg/s (b) 0,001 kg/s (c) 0,0001 kg/s	35
Gambar 4. 7 Geometri desain 2 pelat pendingin.....	36
Gambar 4. 8 Kontur temperatur pelat pendingin dengan variasi laju aliran massa (a) 0,01 kg/s (b) 0,001 kg/s (c) 0,0001 kg/s.....	36
Gambar 4. 9 Kontur kecepatan aliran fluida pendingin dengan variasi laju aliran massa (a) 0,01 kg/s (b) 0,001 kg/s (c) 0,0001 kg/s	37
Gambar 4. 10 Kontur tekanan aliran fluida pendingin dengan variasi laju aliran massa (a) 0,01 kg/s (b) 0,001 kg/s (c) 0,0001 kg/s	38
Gambar 4. 11 Grafik perbedaan temperatur maksimal terhadap perubahan laju aliran massa.....	40
Gambar 4. 12 Grafik perbedaan temperatur maksimum terhadap kedua desain dengan jumlah saluran yang berbeda	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan metode analitik, eksperimen, dan numerik.	15
Tabel 3. 2. Data spesifikasi material (Deng et al., 2018).....	27
Tabel 3. 3. Kondisi Batas (Deng et al., 2018).....	27
Tabel 4. 1 Temperatur pada desain 1 dan 2.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Matematis.....	48
Lampiran B Administrasi Penelitian.....	51

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur dari pelat pendingin terhadap laju aliran massa dan jumlah saluran pada bagian dalam pelat pendingin. Jenis penelitian ini ialah kuantitatif komparatif dengan pendekatan numerik menggunakan metode dinamika fluida komputasi. Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Ansys Fluent 19.2 dengan melakukan simulasi terhadap 2 desain yang memiliki perbedaan jumlah saluran, kemudian dilakukan variasi laju aliran massa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan jumlah saluran pada kedua desain mempengaruhi temperatur pada pelat pendingin, laju aliran massa juga berpengaruh pada temperatur pelat, laju aliran massa berbanding terbalik dengan temperatur, semakin bertambah laju aliran massanya maka akan semakin tinggi temperatur yang dihasilkan. Jumlah saluran dan laju aliran massa memiliki efektifitas hingga batas tertentu. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan desain dan variasi laju aliran massa yang paling baik dan dapat digunakan sebagai sistem manajemen termal baterai lithium ion.

Kata kunci : Jumlah saluran, Laju aliran massa, Temperatur

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya isu tentang kelangkaan energi yang berasal dari alam dan pencemaran lingkungan akibat polusi mendorong perusahaan – perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur mobil untuk menciptakan kendaraan yang green energy (Rao & Wang, 2011). Salah satu yang kendaraan yang sedang dikembangkan adalah kendaraan listrik murni (pure electric vehicle) yang disingkat EVs dan kendaraan listrik hibrida (hybrid electric vehicle) yang disingkat HEVs (Qian et al., 2016). EVs dan HEVs memiliki efisiensi energi yang tinggi, mengurangi kebisingan dan lebih bersih dibanding kendaraan konvensional (Mahamud & Park, 2011). kendaraan listrik murni merupakan kendaraan masa depan yang ramah lingkungan dan mampu menjawab masalah kelangkaan cadangan minyak bumi di masa yang akan datang. Sistem penyimpanan energi merupakan unit utama pada kendaraan listrik dan baterai adalah pilihan utama untuk sistem penyimpanan energi (Ranjbar et al., 2012). Berbagai jenis baterai dapat digunakan untuk menggerakkan kendaraan listrik, lead acid, zinc/halogen, metal/air, sodium-beta, nickel metal hybrid (Ni-MH), dan lithium-ion (Li-ion).

Baterai lithium-ion memiliki kepadatan daya tinggi, efisiensi energi, rentang hidup yang panjang dan siklus hidup, tingkat pelepasan diri rendah, keselamatan dalam operasional, tidak adanya efek memori dan biaya pengoperasian yang rendah dibandingkan dengan baterai lain, yang menjadikannya pilihan pertama untuk kendaraan listrik (Madani et al., 2017). Sistem manajemen termal pada baterai secara umum terbagi menjadi dua yaitu internal dan eksternal (Zhao et al., 2015). Sistem manajemen termal yang biasanya digunakan ialah secara eksternal dikarenakan hanya menambah material atau sistem pendingin dibagian luar baterai, contohnya seperti pelat pendingin yang ditempel di sisi baterai. Pendinginan dengan medium cairan lebih sering digunakan dibandingkan dengan medium udara bahkan

perubahan fasa, medium cairan lebih unggul dikarenakan medium udara sulit jika diaplikasikan untuk mendinginkan baterai skala besar serta sistem ini tidak dapat diaplikasikan di beberapa kondisi. Sedangkan medium cairan memiliki performansi termal yang lebih baik dalam mendinginkan baterai skala besar (Peng & Jiang, 2016).

Pendinginan baterai Li-ion adalah masalah utama untuk mobil listrik dalam hal kinerja baterai dan siklus hidup baterai, terutama saat berjalan dalam keadaan ekstrem yang membuat suhu pada baterai meningkat, oleh karena itu pelat pendingin dengan medium liquid pada sistem manajemen termal baterai adalah komponen yang penting untuk dikembangkan. Penelitian mengenai model pelat pendingin telah banyak dilakukan, diantaranya :

1. Penelitian model pelat pendingin dengan jumlah saluran yang berbeda, hasilnya menunjukkan bahwa suhu maksimum baterai berkurang dengan bertambahnya jumlah saluran (Huo et al., 2015).
2. Dalam penelitian Chen (2016), dilakukan penelitian empat struktur pendingin yang dianalisis berdasarkan model pendinginan udara, pendinginan cairan langsung, pendinginan cairan tidak langsung, dan sirip pendinginan. Hasil menunjukkan bahwa Pendinginan cairan tidak langsung memiliki suhu maksimum tertinggi, tetapi perbedaan suhu maksimum berkurang lebih cepat setelah maksimalnya dari pada metode lain karena kapasitas panas air/pendingin glikol lebih tinggi. Didapatkan juga hasil bahwa pengaruh geometri saluran juga menjadi faktor penting keseragaman suhu dalam baterai
3. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Deng et al., (2018) dirancang pelat dingin dengan konfigurasi saluran berkelok. Pengaruh nomor saluran, dan tata letak saluran dianalisis. Hasil menunjukkan bahwa dibandingkan dengan arah aliran saluran dalam tata letak lebar, saluran arah panjang dapat mencapai kinerja pendinginan yang lebih baik

Pelat pendingin mempunyai keunggulan konduktivitas termal, efisiensi dan perpindahan panas yang baik dengan kekurangan biaya awal dan operasional yang tinggi (Ianniciello et al., 2018).

Dalam penelitian ini, penulis menganalisis temperatur saluran mini paralel pelat pendingin yang digunakan dalam sistem manajemen baterai berpendingin cairan dan kinerjanya ditingkatkan dengan desain struktur multiparameter berdasarkan letak horizontal dan vertikalnya yang nantinya akan digunakan pada baterai lithium-ion dengan adanya pengaruh kecepatan aliran air yang pada pelat pendingin menggunakan metode dinamika fluida komputasi yang di simulasikan dalam bentuk 3 dimensi menggunakan perangkat lunak Ansys 19.2.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang dapat diangkat dalam penelitian ini yaitu :

- a. Bagaimana temperatur pelat pendingin terhadap variasi laju aliran massa air yang masuk pada pelat pendingin menggunakan metode dinamika fluida komputasi
- b. Bagaimana temperatur pelat pendingin terhadap model dengan tata letak dan jumlah saluran yang berbeda dengan menggunakan metode dinamika fluida komputasi

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan maka tujuan dari penelitian ini yaitu :

- a. Mengetahui temperatur pelat pendingin terhadap variasi laju aliran massa air yang masuk pada pelat pendingin dengan menggunakan metode Dinamika Fluida Komputasi
- b. Mengetahui temperatur pelat pendingin terhadap model multi saluran dengan inlet dan outlet berbeda dengan menggunakan metode Dinamika Fluida Komputasi

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini yaitu menjadi referensi dalam perbandingan data dan komputasi fisika dan menjadi produk berupa modul praktikum untuk mata kuliah eksperimen fisika lanjut.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini berupa :

- a. Simulasi numerik untuk mengetahui profil aliran menggunakan model Dinamika Fluida Komputasi dengan persamaan model laminar.
- b. Variasi laju aliran massa air yang masuk pada pelat pendingin 0,01 kg/s, 0,001 kg/s, dan 0,0001 kg/s
- c. Model pelat pendingin yang dianalisis berupa pelat pendingin berbentuk balok dengan perbedaan jumlah saluran pada kedua desain
- d. Geometri dimensi yang dipakai sesuai dengan spesifikasi dimensi yang merujuk pada penelitian Tao Deng pada tahun 2018 yang berjudul *Study on thermal management of rectangular Li-ion battery with serpentine-channel cold plate*

1.6 Metode Penulisan

Metode penulisan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Komputasi

Komputasi adalah pemanfaatan penerapan teknologi komputer untuk menyelesaikan permasalahan dari data input dengan menggunakan suatu algoritma. Komputasi berada dalam bidang ilmu penyusunan matematika dengan teknik penyelesaian numerik menggunakan komputer. Terdapat beberapa perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuat permodelan komputasi ini, salah satunya ialah perangkat lunak Ansys Fluent yang khusus untuk melakukan penyelesaian permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida dan temperatur.

2. Metode pengumpulan data

Pengumpulan data adalah dengan melakukan pengukuran temperatur dengan variasi laju aliran massa dan variasi desain pelat pendingin

3. Metode pengolahan data

Pengolahan data yang dilakukan dengan mengumpulkan data hasil komputasi berupa kontur temperatur dan perhitungan matematis yang nantinya akan dibandingkan hasil antara perhitungan komputasi dan perhitungan matematisnya.

4. Metode studi literatur

Untuk melengkapi pembahasan teoritis dalam pengolahan data dan analisa, dilakukan studi pustaka dengan memanfaatkan beberapa literatur yang linier dengan topik yang dibahas.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis membaginya dalam beberapa bab dengan menggunakan sistematika penulisan dan langkah penyusunan laporan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penulisan, serta sistematika penulisan

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan teori dasar yang berkenaan dengan penelitian

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang gambaran tahapan penelitian menggunakan metode dinamika fluida komputasi dan teknik pengumpulan dan analisis data

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang data hasil penelitian, pengolahan data hasil penelitian dan pembahasan berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, I. S., Jatmiko, E., & Nizar, P. K. (2013). Analisa pengaruh cekungan yang diterapkan pada plat datar terhadap aliran fluida untuk mendukung teknologi maritim pendekatan cfd. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Cengel, Y. A. (2002). *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*, 3rd Edition. *Fuel Cells*, 2002(Ansal), 1–31.
- Chen, D., Jiang, J., Kim, G. H., Yang, C., & Pesaran, A. (2016). Comparison of different cooling methods for lithium ion battery cells. *Applied Thermal Engineering*, 94, 846–854. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.10.015>
- Deng, T., Zhang, G., & Ran, Y. (2018). Study on thermal management of rectangular Li-ion battery with serpentine-channel cold plate. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 125, 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.04.065>
- Huo, Y., Rao, Z., Liu, X., & Zhao, J. (2015). Investigation of power battery thermal management by using mini-channel cold plate. *ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT*, 89, 387–395. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.10.015>
- Ianniciello, L., Biwolé, P. H., & Achard, P. (2018). Electric vehicles batteries thermal management systems employing phase change materials. *Journal of Power Sources*, 378(October 2017), 383–403. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.12.071>
- Kloos, A. D. (1992). Measurement of muscle tone and strength. *Neurology Report*, 16(1), 9–13. <https://doi.org/10.1097/01253086-199216010-00008>
- Madani, S. S., Swierczynski, M. J., & Kaer, S. K. (2017). A review of thermal management and safety for lithium ion batteries. *2017 12th International*

Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2017.
<https://doi.org/10.1109/EVER.2017.7935914>

Mahamud, R., & Park, C. (2011). Reciprocating air flow for Li-ion battery thermal management to improve temperatur uniformity. *Journal of Power Sources*, 196(13), 5685–5696. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2011.02.076>

Mandala Sheshu Kumar and Palakurthi Manoj Kumar, G. R. (2020). Introduction to Finite Element Methods in Engineering. *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, 06(09), 167–174. <https://doi.org/10.46501/ijmtst060926>

Peng, P., & Jiang, F. (2016). Thermal safety of lithium-ion batteries with various cathode materials: A numerical study. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 103, 1008–1016. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.07.088>

Presented, A. T. (2016). *Analysis of Cooling Plate Designs for Fuel Cell Applications*. May.

Qian, Z., Li, Y., & Rao, Z. (2016). Thermal performance of lithium-ion battery thermal management system by using mini-channel cooling. *Energy Conversion and Management*, 126, 622–631. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.08.063>

Ranjbar, A. H., Banaei, A., Khoobroo, A., & Fahimi, B. (2012). Online estimation of state of charge in li-ion batteries using impulse response concept. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(1), 360–367. <https://doi.org/10.1109/TSG.2011.2169818>

Rao, Z., & Wang, S. (2011). A review of power battery thermal energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4554–4571. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.096>

Sulindawati, & Fathoni, M. (2010). Pengantar Analisa Perancangan “ Sistem “.

Jurnal Saintikom, 9(2), 1–19.

T. A. Stolarski, Y. Nakasone, and S. Y. (2006). *Engineering Analysis with ANSYS Software*.

Vedantam, K., & Teja, S. H. (2021). A review on design and optimization of forced air-cooled cold plate for avionic application. *AIP Conference Proceedings*, 2317, 235–240. <https://doi.org/10.1063/5.0036355>

Warner, J. (2015). *The Handbook of Lithium-Ion Battery Pack Design Chemistry Components Types and Terminology*.

Zhang, G., & Kandlikar, S. G. (2012). A critical review of cooling techniques in proton exchange membrane fuel cell stacks. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(3), 2412–2429. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.11.010>

Zhao, R., Zhang, S., Liu, J., & Gu, J. (2015). A review of thermal performance improving methods of lithium ion battery: Electrode modification and thermal management system. *Journal of Power Sources*, 299, 557–577. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.09.001>