

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Analisis Manajemen *Thermal* Baterai LiFePO₄ Dengan Pendingin *Bubble* Generator Berdasarkan Variasi Debit Udara

Ricky Dwi Oktavian¹, IGNB Catrawedarma^{2*}, Eli Novita Sari³, IGNA Satria Prasetya, D. Y⁴, Dian Ridlo Pamuji⁵

^{1,2,3,5}Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, ⁴Program Studi Teknik Manufaktur Kapal, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember No. KM13, Kawang, Labanasem, Kec. Kabat, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68461, Indonesia

ARTICLE INFO

keywords:

LiFePO₄ battery, thermal management, bubble generator

ABSTRACT

The effect of air discharge variations obtained from the test results is on the battery temperature value. In testing air discharge 0.5 the average value of battery temperature is 8.79° Celsius to 24.57° Celsius, air discharge 1.0 the average value is 16.35° Celsius to 24.58° Celsius and air discharge 1.5 the average value is 16.35° Celsius to 24.58° Celsius. The results of the best test using air discharge 0.5 because the smaller the air discharge used, the lower the heat generated in the LiFePO₄ battery While the results of thermal testing using air discharge 0.5 get a maximum value of 18.75° Celsius to 30.25° Celsius, air discharge 1.0 maximum value of 21.5° to 28. 5° Celsius and air discharge 1.5 maximum value of 21.5° to 28.5° Celsius and the results of the calculation of thermal resistance after testing with variations in air discharge 0.5 get a value of 1.075° Celsius - 1.09° Celsius, on air discharge 1.0 with a value of 1.050° Celsius - 1.090° Celsius, and on air discharge 1.5 with a value of 1.01° Celsius - 1.095° Celsius.

Pendahuluan

Pada zaman modern seperti sekarang ini, kebutuhan teknologi semakin bertambah. Terutama kebutuhan akan teknologi baru yang lebih hemat energi dan mudah digunakan oleh manusia. Seiring perkembangan zaman tentang kelangkaan

energi yang berasal dari alam dan pencemaran lingkungan akibat polusi perusahaan – perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur untuk menciptakan kendaraan yang *Green energy* [3].

Baterai Li-ion tipe LiFePo₄ (*Lithium*

*Corresponding author: ignb.catrawedarma@poliwangi.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v6i1.6601>

Received July 30, 2024; Received in revised form August 05, 2024; Accepted August 12, 2024

Available online March 19, 2025

iron phosphate) menjadi baterai yang paling disarankan sebagai penyimpanan energi *electric vehicle* karena memiliki kelebihan yaitu *energy density* dan *power density* yang tinggi, lebih ringan, tidak memiliki memori *effect*, *self discharge* yang rendah, dan memiliki tegangan yang cukup tinggi [5]. Baterai LiFePO₄ memiliki kekurangan yaitu saat bekerja secara terus-menerus melebihi temperatur operasional berkisar 25-40°C maka terjadi masalah termal yang berpotensi meledak. Pemmasalahan termal baterai LiFePO₄ berdampak pada kinerja baterai seperti *cycle life*, tingkat keamanan baterai, dan masa pakai baterai [10].

Manajemen termal yang baik yaitu dapat menjaga temperatur baterai pada kestabilan temperatur yang tepat sangat penting bagi kendaraan listrik, dan untuk memastikan baterai lebih efisien dan aman. Dalam penelitian ini digunakan cairan sebagai pendingin dan pemanas untuk mengetahui karakteristik baterai LiFePO₄ di berbagai kondisi penggunaan pada kendaraan listrik [9]. Parameter utama yang terdapat pada penelitian ini terdiri dari, *temperature* baterai, efisiensi pendinginan dan kinerja baterai. *Bubble generator* merupakan alat penghasil gelembung – gelembung udara kecil yang kemudian disalurkan ke dalam baterai untuk meningkatkan konveksi panas. *Bubble generator* pada penelitian ini berfungsi sebagai sistem pendingin berbasis fluida untuk meningkatkan transfer panas. Debit udara merupakan volume udara yang disuplai per unit waktu. Variasi debit udara akan mempengaruhi seberapa efektif *bubble generator* dapat meningkatkan efisiensi konveksi. Efektivitas *bubble generator* dalam menurunkan suhu baterai dapat dianalisis dengan mengukur perubahan suhu baterai pada variasi debit udara yang berbeda [13].

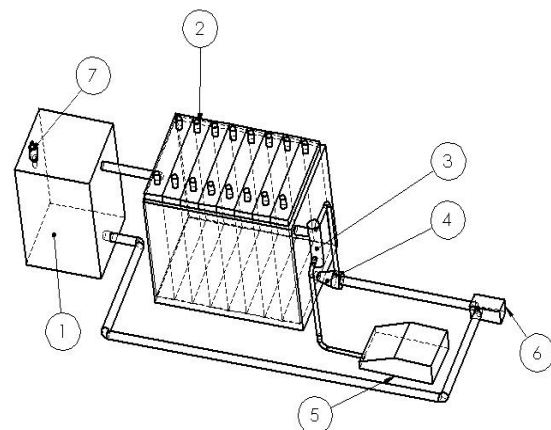
Maka dari itu tujuan dari penelitian ini dibuat untuk mengetahui pengaruh variasi debit udara terhadap penurunan temperatur maksimum pada baterai LiFePO₄ dengan menggunakan pendingin *bubble generator*

dan mengetahui nilai temperatur maksimum pada baterai dengan menggunakan *bubble generator* berdasarkan variasi debit udara.

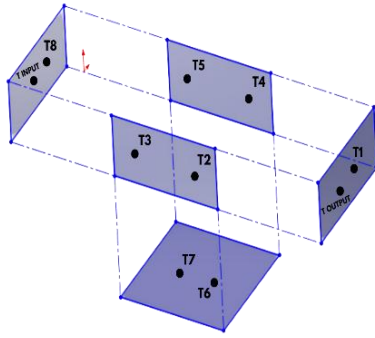
Metode Penelitian

Penelitian ini melakukan pengujian *thermal* pada baterai LiFePO₄ menggunakan kecepatan maksimum (613 rpm) dengan beberapa variasi debit udara yaitu 0.5, 1.0 dan 1.5 (m³/s). Pengujian dilakukan di Politeknik Negeri Banyuwangi selama kurang lebih 6 bulan dimulai dari bulan Januari. Ada beberapa proses yang digunakan yaitu, pengujian variasi debit udara, pengukuran suhu dan analisis data serta evaluasi kinerja baterai.

Sedangkan pada proses pembuatan desain skematik alat pengujian baterai LiFePO₄ ini di desain menggunakan software SolidWorks yang terdiri dari beberapa komponen 1) Wadah yang digunakan sebagai penampungan air pendingin, 2) Rangkaian baterai sebagai bahan yang akan diuji, 3) Flowmeter Udara sebagai pengaturan debit udara dan air yang masuk ke dalam pendingin baterai, 4) *Microbubble generator* untuk memproduksi gelembung, 5) Pompa air digunakan untuk menyalurkan air ke dalam plat berisi air pendingin, 6) Aerator digunakan untuk membuat arus dan memompa udara dan 7) Lubang udara.



Gambar 1. Skematik Alat



Gambar 2. Letak Sensor Suhu Pada Baterai

Pada Gambar 1 menunjukkan skematik alat yang akan dilakukan pengujian setelah melalui uji coba dan pengecekan agar pada waktu proses pengujian tidak terjadi kerusakan dan sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Sedangkan Gambar 2 menjelaskan letak 10 sensor yang digunakan pada baterai LiFePO4 untuk pengujian *thermal*.

Pengolahan dan Perhitungan

Pada tahap pengambilan data ini merupakan pengolahan data yang telah didapatkan setelah melakukan proses pengujian. Data yang didapatkan dari sensor suhu yang terletak pada baterai berupa nilai *temperature* baterai LiFePO4 pada saat bekerja. Perpindahan panas pada sistem pendingin *liquid* sering dipilih sebagai fluida pendingin karena konduktivitas termalnya lebih tinggi dibandingkan medium gas, terutama nilai koefisien perpindahan panasnya. Prinsip kerja sistem pendingin medium liquid menggunakan hukum pendinginan Newton yang biasa disebut konveksi dimana laju perpindahan panas dapat dirumuskan seperti persamaan berikut :

$$h = \frac{K.Nu}{Dh} \quad (1)$$

Keterangan :

- H = Laju perpindahan panas W/(m²K)
- K = Konduktivitas Termal Fluida (W/mK)
- Nu = Bilangan Russelt (m)
- Dh = Diameter Hidrolik (m)

$$Dh = \frac{2.Dd.Dw}{Dd+Dw} \quad (2)$$

Keterangan :

Dd = Tinggi Plat (m)

Dw = Lebar Celah (m)

$$Nu = -1,047 + 9,326 \cdot \varphi \quad (3)$$

$$\varphi = \frac{\alpha^2+1}{(\alpha+1)^2} \Rightarrow \propto \frac{Dw}{Dd} \quad (4)$$

Resistensi Termal adalah perbedaan *temperature* antara kedua permukaan dibagi dengan *fluks* panas yang dihasilkan dan kekuatan sumber panas ketika panas di transmisikan ke dalam benda [2]

$$R_{com} = \frac{1}{2.A.h} \quad (5)$$

Keterangan :

R_{com} = Suhu (°C)

A = Luas Permukaan Plat (m²)

h = Koefisien Perpindahan Kalor Konduksi (W/m² . K)

Pada kotak baterai pendingin terdapat 5 Sisi Yang Kontak Dengan Air Pendingin Maka,

$$R_{com} = R_{com1} + R_{com2} + R_{com3} + R_{com4} + R_{com5} \quad (6)$$

Keterangan :

R = Suhu (°C)

Hambatan panas ini menggambarkan seberapa sulit panas dapat mengalir melalui baterai dengan persamaan seperti berikut :

$$R_{adv} = \frac{1}{\vartheta L_f C_{pf}} \quad (7)$$

Keterangan :

R_{adv} = Hambatan Termal (°C/W)

α = Debit Air (L/min)

L_f = Densitas (Air kg/m³)

C_{pf} = Kapasitas Panas Air (J/kg)

Perhitungan total resistensi termal ini dengan cara menjumlah dari semua hambatan termal yang harus dilewati oleh panas. Total resistensi termal ini berguna untuk memahami seberapa efisien pendingin mengelola aliran panas [2]. Total resistensi termal dapat dirumuskan seperti persamaan berikut :

$$R_{total} = R_{com} + R_{adv} \quad (8)$$

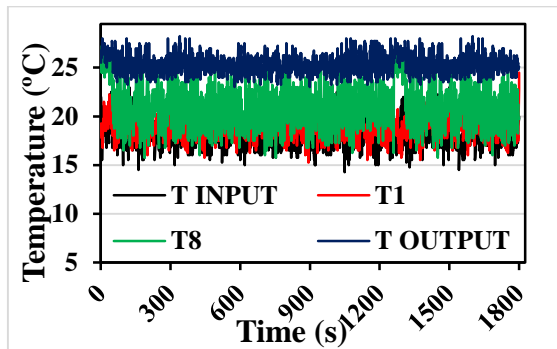
Keterangan :

R_{total} = Total Resistensi Termal (°C)

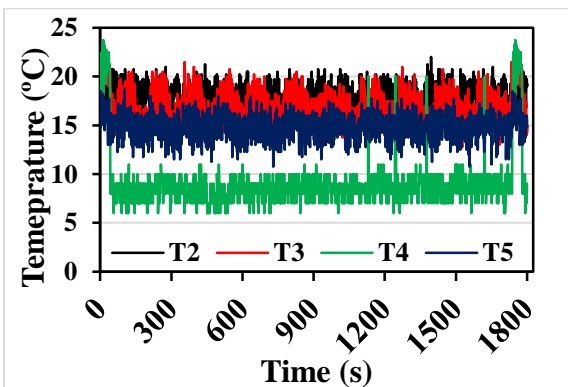
Hasil dan Pembahasan

Data nilai sensor suhu pada penelitian ini berjumlah 10 dimana 2 berada pada input dan output, 8 berada pada baterai. Data hasil dari pengujian yang telah diperoleh akan di jelaskan melalui gambar grafik dan tabel berupa nilai *temperature* baterai yang telah diterima oleh sensor suhu, masuk ke data logger dan kemudian ditampilkan pada laptop. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan variasi debit udara yang berbeda yaitu ukuran 0.5, 1.0 dan 1.5 dimana setiap 1 kali pengujian dilakukan selama 30 menit menggunakan kecepatan maksimum (613 rpm) untuk mengetahui panas baterai yang tengah digunakan setelah diberikan pendingin berupa air dan *microbubble* untuk mengetahui penurunan suhu baterai dan *temperature* pada baterai tidak melebihi dari kapasitas maksimum baterai LiFePO4.

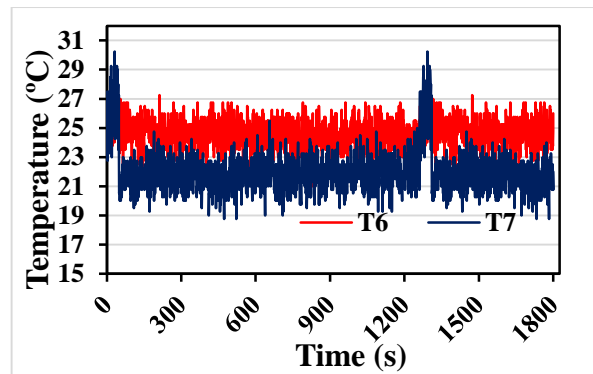
1. Debit Udara 0.5



Gambar 3. Temperatur Pada Dinding Kanan dan Kiri



Gambar 4. Temperatur Pada Dinding Depan dan Belakang



Gambar 5. Temperatur Pada Dinding Bawah

Pada hasil pengujian *thermal* dengan pendingin *microbubble* debit 0.5 menggunakan kecepatan maksimal mendapatkan nilai temperatur suhu pada Gambar 3 grafik hasil pengujian suhu pada bagian kanan dan kiri mendapatkan nilai temperatur sebesar 15° sampai 28° Celcius. Pada Gambar 4 hasil temperatur suhu bagian depan dan belakang yang diperoleh dengan nilai sebesar 5° Celsius sampai 25° Celsius. Dan pada Gambar 5 sensor suhu dibagian bawah baterai mendapatkan nilai sebesar 19° Celsius sampai 30° Celsius. Dimana hasil pengujian *thermal* menggunakan kecepatan maksimal dengan *microbubble* ukuran debit udara 0.5 mendapatkan bagian baterai yang lebih panas terdapat pada bagian bawah baterai dengan nilai 19° -30° Celcius dan bagian dengan nilai temperatur lebih rendah terdapat pada bagian depan dan belakang dengan nilai 5° -25° Celsius.

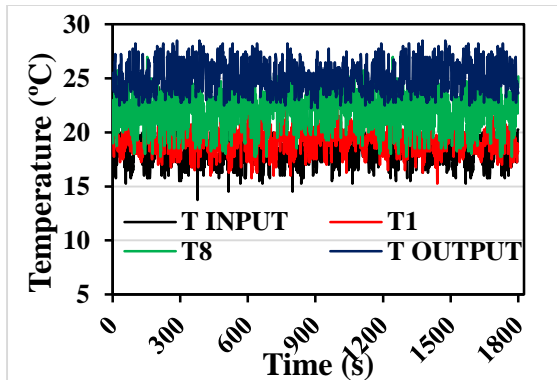
Keterangan	Min (°c)	Max (°c)	Rata – Rata (°c)
Suhu			
INPUT	14.25	23	18.07
Suhu 1	15.25	22.25	18.67
Suhu 2	13	22	17.86
Suhu 3	12.25	22.25	16.74
Suhu 4	6	23.75	8.79
Suhu 5	10.75	18.75	14.91
Suhu 6	21	27.25	24.57
Suhu 7	18.75	30.25	21.96
Suhu 8	15.75	27.25	20.92
Suhu			
OUTPUT	18.75	28.25	25.34

Tabel 1. Nilai Temperatur Baterai Pengujian Debit Udara 0.5

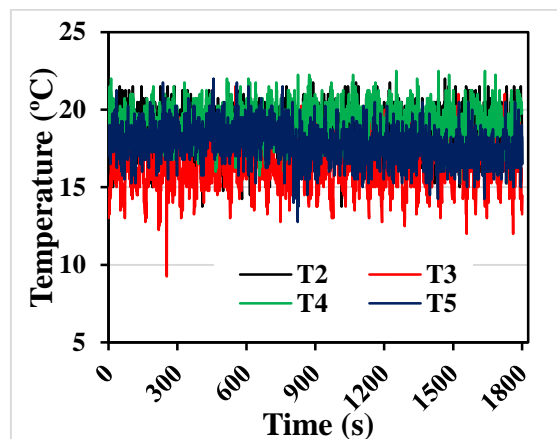
Pada Tabel 1. menjelaskan tentang pengolahan nilai yang telah diperoleh setelah pengujian temperatur baterai dengan

kecepatan maksimum (613 rpm) yang telah dibantu oleh air pendingin dan *microbubble*. Dimana pada nilai minimum mendapatkan hasil sebesar 6° Celsius sampai 18.75° Celsius, nilai maksimum sebesar 18.75° Celsius sampai 30.25° Celsius dan nilai rata – rata temperatur baterai sebesar 8.79° Celsius sampai 24.57° Celsius.

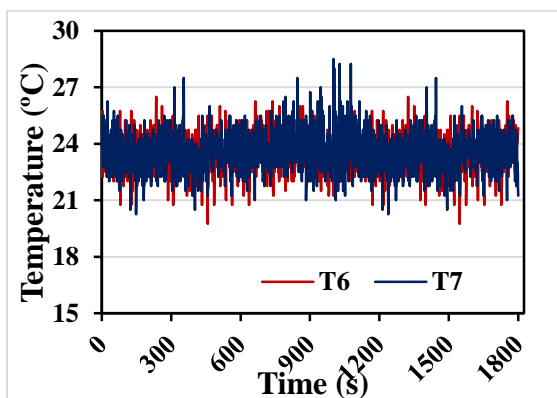
2. Hasil Pengujian Dengan Debit Udara 1.0



Gambar 6. Temperatur Pada Dinding Kanan dan Kiri



Gambar 7. Temperatur Pada Dinding Depan dan Belakang



Gambar 8. Temperatur Pada Dinding Bawah

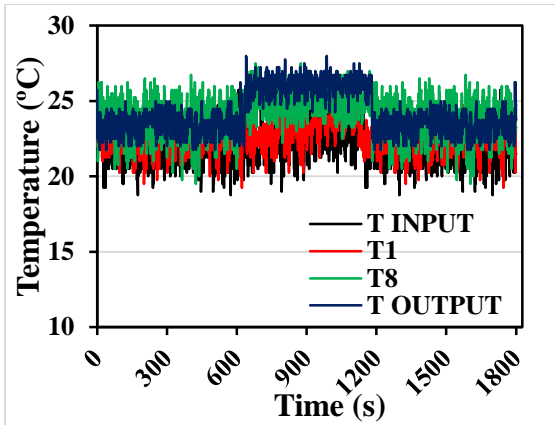
Hasil pengujian *thermal* pada gambar dengan pendingin *microbubble* debit 1.0 menggunakan kecepatan maksimal mendapatkan nilai temperatur suhu pada Gambar 6 grafik hasil pengujian suhu pada bagian kanan dan kiri mendapatkan nilai temperatur sebesar 14° sampai 28° Celcius. Pada Gambar 7 hasil temperatur suhu bagian depan dan belakang yang diperoleh dengan nilai sebesar 10° Celsius sampai 22° Celsius. Dan pada Gambar 8 sensor suhu dibagian bawah baterai mendapatkan nilai sebesar 20° Celsius sampai 28° Celsius. Dimana hasil pengujian *thermal* menggunakan kecepatan maksimal dengan *microbubble* ukuran debit udara 1.0 mendapatkan bagian baterai yang lebih panas terdapat pada bagian bawah baterai dengan nilai 20° -28° Celcius dan bagian dengan nilai temperatur lebih rendah terdapat pada bagian depan dan belakang dengan nilai 10° -22° Celsius.

Keterangan	Min (°c)	Max (°c)	Rata – Rata (°c)
Suhu INPUT	13.75	24.25	18.13
Suhu 1	15.25	22.5	18.13
Suhu 2	13.75	22	18.67
Suhu 3	9.25	21.5	16.35
Suhu 4	15.25	22.5	19.28
Suhu 5	12.75	22	17.88
Suhu 6	19.75	26.5	23.57
Suhu 7	20.25	28.5	23.52
Suhu 8	17.75	27	22.21
Suhu OUTPUT	22.5	27.25	24.58

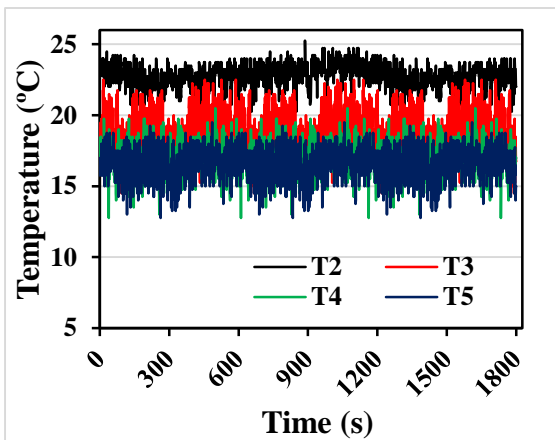
Tabel 2. Nilai Temperatur Baterai Pengujian Debit Udara 1.0

Kemudian data hasil pengujian pada kecepatan maksimum (613 rpm) dengan variasi debit udara 1.0 diolah untuk mendapatkan nilai minimum sebesar 9.25° Celsius sampai 22° Celsius, nilai maksimum sebesar 21.5° sampai 28.5° Celsius dan nilai rata – rata hasil pengujian sebesar 16.35° Celsius sampai 24.58° Celsius seperti pada Tabel 2.

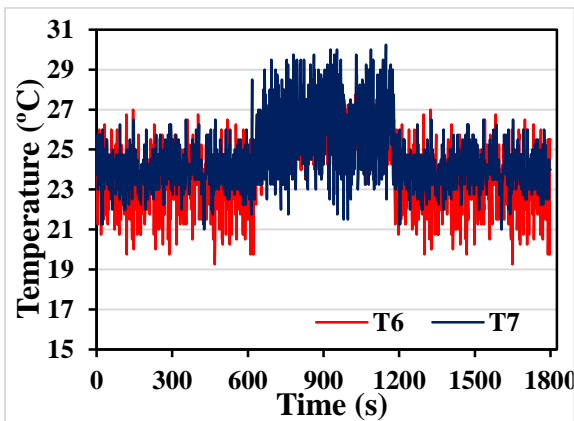
3. Hasil Pengujian Dengan Debit Udara 1.5



Gambar 9. Temperatur Pada Dinding Kanan dan Kiri



Gambar 10. Temperatur Pada Dinding Depan dan Belakang



Gambar 11. Temperatur Pada Dinding Bawah

Hasil pengujian *thermal* pada gambar 9 dengan pendingin *microbubble* debit 1.5 menggunakan kecepatan maksimal mendapatkan nilai temperatur suhu pada grafik hasil pengujian suhu bagian kanan dan kiri mendapatkan nilai temperatur sebesar 17° sampai 28° Celcius. Pada Gambar 10 hasil temperatur suhu bagian depan dan belakang yang diperoleh dengan

nilai sebesar 13° Celsius sampai 23° Celsius. Dan pada Gambar 11 sensor suhu dibagian bawah baterai mendapatkan nilai sebesar 20° Celsius sampai 30° Celsius. Dimana hasil pengujian *thermal* menggunakan kecepatan maksimal dengan *microbubble* ukuran debit udara 1.5 mendapatkan bagian baterai yang lebih panas terdapat pada bagian bawah baterai dengan nilai 20° -30° Celcius dan bagian dengan nilai temperatur lebih rendah terdapat pada bagian depan dan belakang dengan nilai 13° -23° Celsius. Kemudian data tersebut diolah untuk mengetahui nilai minimum, nilai maksimum dan nilai rata – rata hasil dari pengujian baterai menggunakan kecepatan maksimum dengan bantuan air pendingin dan *microbubble*.

Keterangan	Min (°c)	Max (°c)	Rata – Rata (°c)
Suhu			
INPUT	17.25	25	21.33
Suhu 1	18.5	24.75	22.14
Suhu 2	16.75	23.75	21.25
Suhu 3	14.5	22.5	18.66
Suhu 4	12.75	20.5	17.01
Suhu 5	12.75	19.5	16.62
Suhu 6	19.25	28	24.41
Suhu 7	21	30.25	24.94
Suhu 8	19.5	27.5	24.30
Suhu			
OUTPUT	21.75	28	24.62

Tabel 3. Nilai Temperatur Baterai Pengujian Debit Udara 1.5

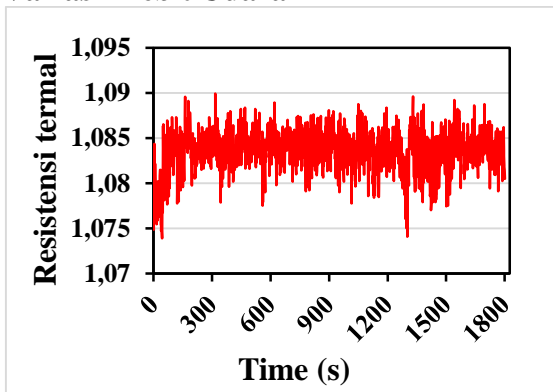
Pada Tabel 3 menjelaskan data hasil pengujian yang telah diolah mendapatkan hasil nilai minimum sebesar 14.5° Celsius sampai 21.75° Celsius, nilai maksimum sebesar 19.5° Celsius sampai 30.25° Celsius dan nilai rata - rata hasil dari pengujian pada debit udara 1.5 sebesar 16.62° Celsius sampai 24.94° Celsius.

Pembahasan Perhitungan

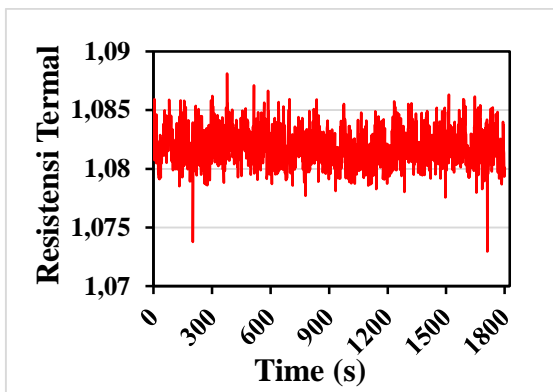
Pada penelitian ini resistensi termal menjelaskan tentang hubungan antara perbedaan suhu pada baterai LiFePO4 setelah dilakukan pengujian. Resistensi termal mengukur resistansi terhadap aliran panas pada benda tertentu sedangkan konduktivitas termal mengukur kapasitas

inheren baterai untuk menghantarkan panas. Sementara resistansi termal yang tinggi menunjukkan perpindahan panas yang buruk. Variasi debit udara dengan *microbubble* yang digunakan pada penelitian ini berfungsi sebagai pendingin untuk baterai LiFePO4 ketika bekerja dengan kecepatan maksimum. Hasil perhitungan resistensi termal sebagai berikut :

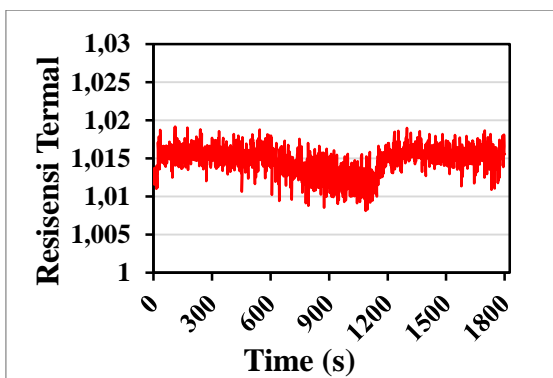
Pembahasan Resistensi Termal Dengan Variasi Debit Udara



Gambar 12. Resistensi Termal Pada Debit udara 0.5



Gambar 13. Resistensi Termal Pada Debit Udara 1.0



Gambar 14. Resistensi Termal Pada Debit Udara 1.5

Perhitungan yang dilakukan setelah hasil pengujian termal pada baterai LiFePO4 dengan bantuan pendingin berupa *microbubble* dengan debit udara 0.5 dan kecepatan putaran roda maksimum ini dengan cara menjumlahkan hasil pengujian 10 buah sensor suhu yang terdapat pada baterai mulai dari $R_{con1} + R_{con2} + R_{con3} + R_{con4} + R_{con5} + R_{adv}$. Hasil perhitungan setelah dilakukan pengujian baterai dengan kecepatan maksimum ditampilkan pada grafik temperatur termal pada Gambar 12 mendapatkan hasil antara 1.075°C - 1.105°C, Gambar 13 mendapatkan hasil 1.050°C - 1.103°C, dan Gambar 14 mendapatkan hasil 1.01° - 1.106°C.

Kesimpulan

Pengaruh variasi debit udara yang didapatkan dari hasil pengujian berada pada nilai *temperature* baterai. Pada pengujian debit udara 0.5 nilai rata – rata temperatur baterai sebesar 8.79° Celsius sampai 24.57° Celsius, debit udara 1.0 nilai rata – rata sebesar 16.35° Celsius sampai 24.58° Celsius dan debit udara 1.5 nilai rata – rata sebesar 16.35° Celsius sampai 24.58° Celsius. Hasil dari pengujian terbaik menggunakan debit udara 0.5 karena semakin kecil debit udara yang digunakan maka panas yang dihasilkan pada baterai LiFePO4 semakin rendah Sedangkan dari hasil pengujian termal menggunakan debit udara 0.5 mendapatkan nilai maksimum sebesar 18.75° Celsius sampai 30.25° Celsius, debit udara 1.0 nilai maksimum sebesar 21.5° sampai 28.5° Celsius dan debit udara 1.5 nilai maksimum sebesar 21.5° sampai 28.5° Celsius dan hasil perhitungan resistensi termal setelah dilakukan pengujian dengan variasi debit udara 0.5 mendapatkan nilai 1.075° Celsius – 1.09° Celsius, pada debit debit udara 1.0 dengan nilai 1.050° Celsius – 1.090° Celsius, dan pada debit udara 1.5 dengan nilai 1.01° Celsius – 1.095° Celsius.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa,

atas berkat dan Rahmat-Nya penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih juga dihaturkan kepada dosen pembimbing serta seluruh pihak yang telah mendampingi dan membimbing sampai saat ini.

Referensi

- [1] Zidni Irfan, "Analisis Efisiensi Pengisian Muatan Baterai Lithium Iron Phosphate (Lifepo4)," Yogyakarta, 2020.
- [2] M. Khabibul, A. Rachmanto, L. T. Wibowo, And T. Paramitha, "Review: Metode Sintesis Katoda Lifepo 4 Baterai Lithium-Ion," 2019.
- [3] M. E. S. S. S. Mege Revano Cristio, "Prediksi Temperatur Pengosongan Baterai Lithium Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average," *Innovative*, Vol. 3. [11]
- [4] A. Simanjuntak, "Analisis Kinerja Double-Pipe Heat Exchanger Pada Sistem Pendingin Lithium Ion Battery Tipe Wavy Channel Disusun Oleh," 2023.
- [5] N. Ardhyanti, A. T. A. Salim, And R. A. N. Apriyanto, "Analisis Sistem Pendingin Baterai Li-Ion Berbentuk Silindris Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (Cfd)," *Jmpm (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, Vol. 7, No, 2023
- [6] Syaifulloh Aan, "Pembuatan Materian Katoda Nickel Manganese Cobalt (Nmc) Larutan Prekursor Dan Leachate Baterai Bekas Dengan Metode Flame Assisted Spray Pyrolysis," *Skripsi*, Pp. 1–53, 2022.
- [7] A. Kurnia And A. Asrori, "Analisis Pengaruh Temperatur Pendinginan Pada Lithium-Battery Box Terhadap Proses Charging Pada Skuter Tenaga Surya," *Scientific Journal Of Mechanical Engineering Kinematika*, Vol. 8, No. 2, Pp. 109–118, Dec. 2023.
- [8] M. Aryo Pradhana, T. Andromeda, And D. Y. Christyono, "Pengisi Daya Baterai Lifepo4 Sebagai Sumber Energi Pada Sepeda Listrik," 2022.
- [9] I. Sunu Sudibyoy, B. T. Fajar K, And M. S. K Tony Suryo Utomo, "Analisis Manajemen Termal Cylindrical Battery Pack Li-Ion 18650 Secara Konveksi Paksa Dengan Variasi Temperatur Inlet Dan Laju Aliran Udara Menggunakan Computational Fluid Dynamics (Cfd)," 2023.
- [10] Hardiato Triwahju, S. Bambang Cahyono Puji, "Pengujian Karakteristik Baterai Lithium-Ion Dengan Metode Fuzzy Dengan Beban Bervariasi," 2020.
- [11] H. Abdulloh, M. Fanriadho, W. B. Pramono, And A. Amrullah, "Rancang Bangun Battery Management System Untuk Mobil Listrik," 2018.
- [12] S. Handaja And H. Susanto, "Open Circuit Voltage Pada Reverse Electrodialysis Power Generation Dengan Elektroda Carbon Microparticle," 2020.
- [13] D. I. Mawarni, A. Dwi Korawan, J. T. Mesin, S. T. Teknologi, And R. Cepu, "Pengaruh Debit Fluida Air Terhadap Distribusi Diameter *Bubble* Pada *Microbubble* Generator Tipe Orifice-Porous Tube," 2019.
- [14] C. Roe *Et Al.*, "Immersion Cooling For Lithium-Ion Batteries – A Review," Mar. 30, 2022.
- [15] I. N. B. I Made Parsa, "Motor-Motor Listrik," Karanganyar, Nov. 2018.