

Termosifon Dua Fase Dengan Multi Evaporator

Multi Evaporator Two-Phase Loop Thermosyphon

SKRIPSI



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
JULI 2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Termosifon Dua Fase Dengan Multi Evaporator



Nama : Aldi Nureliansyah
NPM : 193030045

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Bambang Ariantara, M.T.

Pembimbing Pendamping

Ir. Toto Supriyono, M.T.

DAFTAR ISI

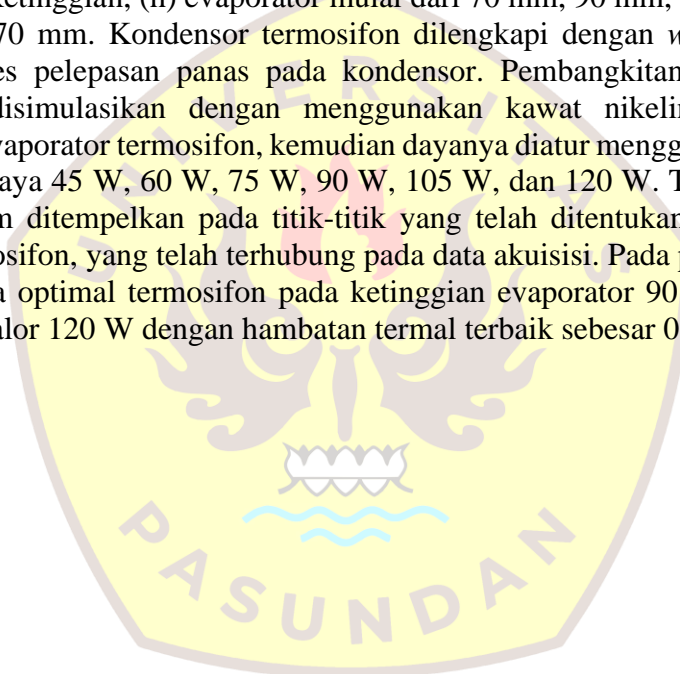
SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	1
3. Tujuan	2
4. Manfaat	2
5. Lingkup Penelitian	2
6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II STUDI LITERATUR.....	4
1. Prinsip Kerja Termosifon.....	4
2. Jenis-Jenis Termosifon.....	5
3. Perpindahan Kalor Termosifon	7
4. Analisis Tahanan Termal Termosifon.....	10
5. Parameter Performa Termosifon	12
6. Prinsip Kerja Kondensor	12
7. Baterai Ion Litium	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
1. <i>Loop Thermosyphon</i>	17
2. Parameter Kinerja.....	18
3. Set Up Eksperimen.....	20
4. Rancangan Eksperimen.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
1. Fabrikasi <i>Loop Thermosyphon</i>	24
2. <i>Set Up</i> Eksperimen.....	26
3. Pelaksanaan Eksperimen.....	28

4. Analisis Tahanan Termal <i>MELT</i> Kemiringan 0°.....	30
5. Analisis Tahanan Termal <i>MELT</i> Kemiringan 5°, 10°, dan 15°.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
1. Kesimpulan	45
2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	49
1. Data Hasil Pengujian/Pengukuran.....	49
2. Pengolahan Data	52
3. Gambar Teknik	55
4. Gambar Kerja.....	56



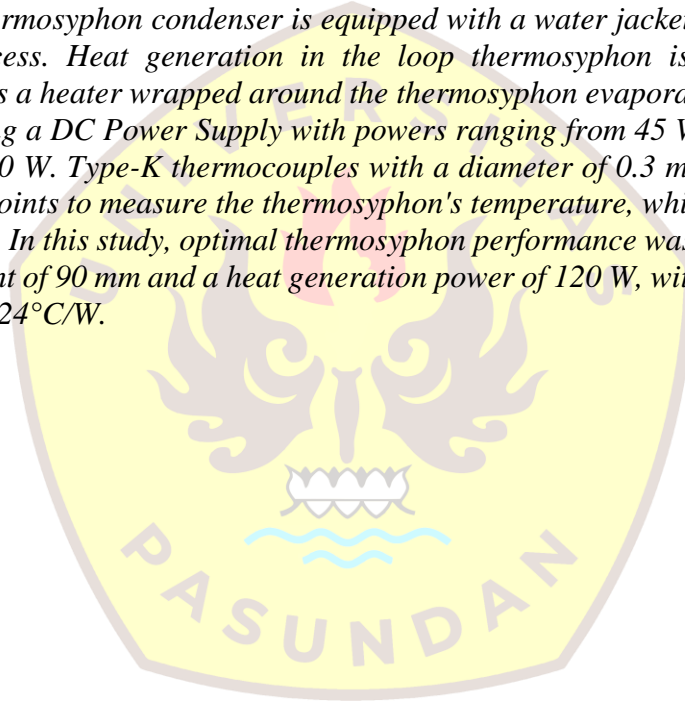
ABSTRAK

Pembangkitan kalor pada baterai terjadi pada saat pengisian maupun pemakaian, kalor yang telah terbangkitkan pada baterai meningkatkan temperatur kerja pada baterai, temperatur kerja ideal baterai litium ion pada rentang 20-50 °C, ilmuwan di seluruh dunia berlomba-lomba melakukan penelitian tentang teknologi baterai dan pengaplikasiannya pada kendaraan listrik. Untuk memperoleh jarak jelajah yang jauh pada mobil listrik dibutuhkan baterai yang memiliki densitas energi yang besar. Temperatur kerja baterai yang melebihi temperatur kerja yang direkomendasi dapat mengurangi kapasitas baterai, mendegradasi, memperpendek umur baterai, bahkan pada baterai litium ion dapat mengalami ledakan yang menyebabkan kecelakaan serius. Untuk membatasi temperatur kerja baterai, diperlukan metode pelepasan kalor dari baterai yang efektif. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang dan membuat sebuah *loop thermosyphon* pendingin baterai serta pengujian kinerjanya. *Loop thermosyphon* diuji kinerjanya dengan memvariasikan ketinggian, (h) evaporator mulai dari 70 mm, 90 mm, 110 mm, 130 mm, 150 mm, dan 170 mm. Kondensor termosifon dilengkapi dengan *water jacket* untuk membantu proses pelepasan panas pada kondensor. Pembangkitan kalor pada *loop thermosyphon* disimulasikan dengan menggunakan kawat nikelin sebagai *heater* dililitkan pada evaporator termosifon, kemudian dayanya diatur menggunakan *DC Power Supply* dengan daya 45 W, 60 W, 75 W, 90 W, 105 W, dan 120 W. Termokopel tipe-K diameter 0.3 mm ditempelkan pada titik-titik yang telah ditentukan untuk mengukur temperatur termosifon, yang telah terhubung pada data akuisisi. Pada penelitian ini telah diperoleh kinerja optimal termosifon pada ketinggian evaporator 90 mm dengan daya pembangkitan kalor 120 W dengan hambatan termal terbaik sebesar 0.124 °C/W.



ABSTRACT

Heat generation in batteries occurs during charging as well as usage. The heat generated in the battery increases the operating temperature of the battery. The ideal operating temperature for lithium-ion batteries is in the range of 20-50°C. Scientists worldwide are racing to research battery technology and its application in electric vehicles. To achieve long-range travel in electric cars, batteries with high energy density are required. Operating the battery at temperatures higher than the recommended range can reduce battery capacity, degrade it, shorten battery life, and even cause serious accidents, including explosions in lithium-ion batteries. To limit the battery's operating temperature, an effective method of heat dissipation from the battery is required. The objective of this research is to design and create a battery cooling loop thermosyphon and test its performance. The loop thermosyphon's performance is tested by varying the height (h) of the evaporator starting from 70 mm, 90 mm, 110 mm, 130 mm, 150 mm, to 170 mm. The thermosyphon condenser is equipped with a water jacket to aid in the heat dissipation process. Heat generation in the loop thermosyphon is simulated using nichrome wire as a heater wrapped around the thermosyphon evaporator, and its power is regulated using a DC Power Supply with powers ranging from 45 W, 60 W, 75 W, 90 W, 105 W, to 120 W. Type-K thermocouples with a diameter of 0.3 mm are attached to predetermined points to measure the thermosyphon's temperature, which is connected to data acquisition. In this study, optimal thermosyphon performance was achieved with an evaporator height of 90 mm and a heat generation power of 120 W, with the best thermal resistance of 0.124°C/W.



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Baterai merupakan salah-satu bagian terpenting pada mobil listrik, karena berfungsi sebagai sumber energi mobil listrik. Untuk mendapatkan jarak tempuh yang cukup jauh pada mobil listrik, maka diperlukan baterai yang mempunyai densitas energi yang tinggi seperti baterai Li-Ion. Setiap baterai mengalami pembangkitan kalor pada saat pengisian (*charging*) dan maupun pada saat pemakaian (*discharging*). Pembangkitan kalor pada baterai akan meningkatkan temperatur kerja pada baterai. Temperatur kerja baterai yang tinggi dapat menurunkan kapasitas baterai, usia baterai, dan pada keadaan ekstrem dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan yang akan menyebabkan kecelakaan serius. Oleh karena itu, temperatur kerja baterai perlu dibatasi dengan suatu sistem pelepasan kalor yang efektif dari baterai ke sekeliling.

Loop thermosyphon merupakan *loop heat pipe* tanpa sumbu kapiler, sehingga proses pembuatannya lebih sederhana. Seperti halnya *loop heat pipe*, *loop thermosyphon* memiliki kapasitas pemindahan kalor yang tinggi, ukurannya ringkas, bobotnya ringan, dan tidak membutuhkan pasokan energi eksternal, sehingga cocok sebagai pendingin baterai kendaraan listrik. *Loop thermosyphon* sudah banyak digunakan pada pendingin objek-objek yang diam. Namun demikian, *thermosyphon* juga memiliki keterbatasan, yaitu posisi kondensor harus berada di atas evaporator. Sehingga, penerapannya pada kendaraan listrik perlu dipertimbangkan hal ini. Untuk menerapkan *loop thermosyphon* sebagai pendingin baterai kendaraan listrik perlu dilakukan berbagai kajian. Pada penelitian ini dilakukan kaji eksperimental untuk menentukan kinerja *loop thermosyphon* sebagai pendingin baterai.

2. Rumusan Masalah

Untuk menentukan kinerja *loop thermosyphon* perlu dibuat sebuah prototipe yang memungkinkan dilakukan pengukuran temperatur *loop thermosyphon* dan kalor yang dipindahkan (beban kalor). Berikut ini adalah rangkuman mengenai permasalahan yang berkaitan dengan penelitian ini.

- Perancangan prototipe *loop thermosyphon* dengan tiga buah evaporator, untuk mengurangi pengaruh sudut kemiringan *loop thermosyphon* terhadap performanya.
- Menentukan metode pengujian agar didapat hasil kinerja *loop thermosyphon* berupa tahanan termal.

3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

- Membuat prototipe *loop thermosyphon* dengan tiga buah evaporator.
- Menentukan kinerja prototipe *loop thermosyphon* secara eksperimental.

4. Manfaat

Dari skripsi ini akan dihasilkan data kinerja termosifon, meliputi:

- Kapasitas beban kalor.
- Tahanan termal.
- Temperatur kerja.

5. Lingkup Penelitian

Dalam skripsi ini, telah dilakukan perancangan dan pembuatan prototipe *loop thermosyphon* dengan tiga buah evaporator. Kemudian pada ketiga buah evaporator tersebut dipasang pemanas listrik jenis koil yang dayanya diatur menggunakan DC *power supply*. Selanjutnya dibuat sistem instrumentasi untuk mengukur temperatur dan beban kalor. Setelah semuanya siap kemudian dilakukan pengujian kinerja *loop thermosyphon* pada berbagai sudut kemiringan.

6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi perihal latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisi tentang eksaminasi penelitian dari penelitian-penelitian termosifon yang ada di jurnal-jurnal terverifikasi, dan berisi tentang informasi-informasi tentang termosifon secara teoritis.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membuat prosedur percobaan yang dilakukan, serta analisis dari berbagai data yang diperoleh selama melakukan eksperimen termosifon.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

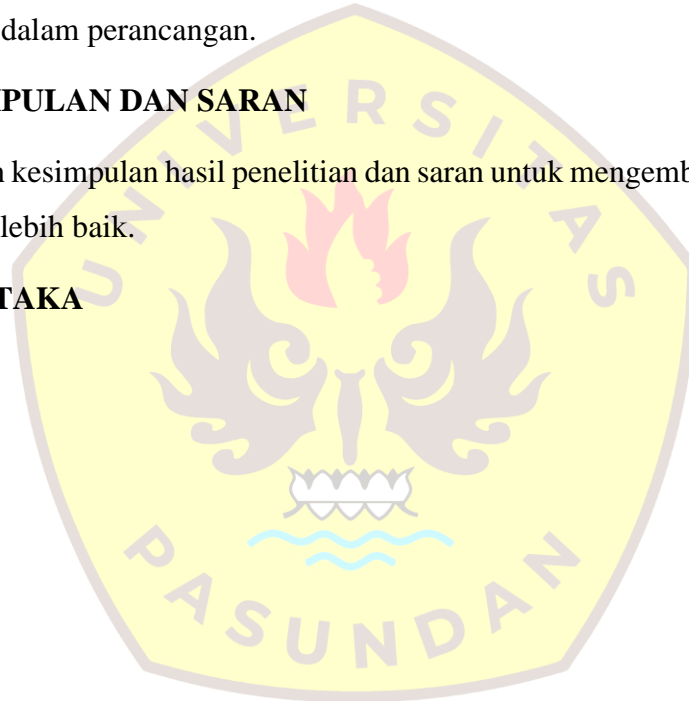
Berisikan tentang rencana kegiatan dari mulai identifikasi masalah pada anggaran biaya yang digunakan dalam perancangan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk mengembangkan penelitian ke jenjang yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat sebuah *loop thermosyphon* yang memiliki tiga buah evaporator dengan fluida kerja air. Prototipe termosifon ini telah diuji kinerjanya secara eksperimental dengan hasil sebagai berikut.

- a. Diperoleh data bahwa *loop thermosyphon* dengan ketinggian fluida kerja evaporator sebesar 90 mm dengan kemiringan 0° memiliki kinerja terbaik dibandingkan dengan ketinggian fluida kerja lain berupa tahanan termal sebesar $0,124^\circ\text{C}/\text{W}$.
- b. Pada penelitian ini *loop thermosyphon* dengan ketinggian fluida kerja evaporator sebesar 90 mm dimiringkan sebesar 5° , 10° , dan 15° agar dapat mengetahui pengaruh kemiringan terhadap kinerja *loop thermosyphon*, didapat *loop thermosyphon* dengan ketinggian fluida kerja sebesar 90 mm dengan kemiringan 15° memiliki kinerja yang buruk dan salah satu evaporatornya mencapai temperatur lebih dari 100°C . Hal ini disebabkan oleh tidak adanya fluida kerja yang menempati evaporator tersebut pada saat dimiringkan. Dilain sisi, pada saat *loop thermosyphon* dengan ketinggian fluida kerja 90 mm dimiringkan sebesar 5° kinerja *loop thermosyphon* tidak terlalu berpengaruh, dengan temperatur masing-masing evaporator tidak jauh berbeda hanya pada kisaran $47 - 50^\circ\text{C}$.

2. Saran

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk menemukan desain *loop thermosyphon* yang sesuai dengan untuk digunakan sebagai metode pendinginan baterai kendaraan listrik. Salah satunya adalah mengubah bentuk evaporator, karena hasil diskusi dari penelitian ini didapat asumsi bahwa terjadi pemampatan evaporator oleh gelembung uap karena digunakan evaporator dengan bentuk *tube*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Naresh and C. Balaji, "Thermal performance of an internally finned two phase closed thermosyphon with refrigerant R134a: A combined experimental and numerical study," *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 126, pp. 281–293, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2017.11.033.
- [2] B. Suhendra, *Thermosyphon Sebagai Alat Recovery Panas*. 2010.
- [3] H. R. Zahedi and M. M. H. M. Ahmad, "Optimal design for a thermosyphon solar water heater convenient for Malaysia," *Multidiscip. Model. Mater. Struct.*, vol. 5, no. 3, pp. 247–250, 2009, doi: 10.1163/157361109789017104.
- [4] N. I. Ncaba and K. Ukoba, "Effect of Thermosyphon Limits on Design of A Taper Thermosyphon Drill for Dry Drilling Operation," *Proc. 2020 IEEE 11th Int. Conf. Mech. Intell. Manuf. Technol. ICMIMT 2020*, pp. 118–124, 2020, doi: 10.1109/ICMIMT49010.2020.9041213.
- [5] N. Lamaison and P. Beucher, "Passive Two-Phase Thermosyphon Loop Cooling System for High-Heat-Flux Servers," *Interfacial Phenom. Heat Transf.*, vol. 3, no. 4, pp. 369–391, 2015, doi: 10.1615/interfacphenomheattransfer.2016015637.
- [6] A. M. Wagner, "Review of Thermosyphon Applications ERDC / CRREL TR-14-1 Review of Thermosyphon Applications Cold Regions Research and Engineering Laboratory," no. February 2014, 2016.
- [7] M. B. H. Mantelli, *Thermosyphons and heat pipes: Theory and applications*. 2020. doi: 10.1007/978-3-030-62773-7.
- [8] C. L. Ong and J. R. Thome, "Two-phase mini-thermosyphon for cooling of datacenters: Experiments, modeling and simulations," *ASME 2017 Int. Tech. Conf. Exhib. Packag. Integr. Electron. Photonic Microsystems, InterPACK 2017, collocated with ASME 2017 Conf. Inf. Storage Process. Syst.*, pp. 1–12, 2017, doi: 10.1115/IPACK2017-74030.
- [9] W. Srimuang and B. Bubphachot, "Heat transfer characteristics of a vertical flat thermosyphon (VFT)," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 23, no. 9, pp. 2548–2554, 2009, doi: 10.1007/s12206-009-0703-y.

- [10] M. Nitsche and R. O. Gbadamosi, *Design of Thermosiphon Reboilers*. 2016. doi: 10.1016/b978-0-12-803764-5.00010-9.
- [11] F. A. Kulacki et al., *Handbook of thermal science and engineering*. 2018. doi: 10.1007/978-3-319-26695-4.
- [12] P. Li and J. Liu, "Self-driven electronic cooling based on thermosyphon effect of room temperature liquid metal," *J. Electron. Packag. Trans. ASME*, vol. 133, no. 4, pp. 1–7, 2011, doi: 10.1115/1.4005297.
- [13] Z. Xu and J. Huang, "Modeling the phase change process for a two-phase closed thermosyphon by considering transient mass transfer time relaxation parameter," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 101, pp. 614–619, 2016, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.05.075.
- [14] M. Mameli and M. Marengo, "Advanced multi-evaporator loop thermosyphon," *Energy*, vol. 112, pp. 562–573, 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.06.074.
- [15] F. Agostini et al., "Double-loop thermosyphon for electric components cooling," *IEEE Trans. Components, Packag. Manuf. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 223–231, 2014, doi: 10.1109/TCPMT.2013.2282633.
- [16] G. C. Vieira and M. B. H. Mantelli, "Study of a loop thermosyphon evaporator for thermal control of aircrafts," *J. Heat Transfer*, vol. 141, no. 9, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1115/1.4044277.
- [17] P. Using et al., "Thermal Analysis of a Parallel-Configured Battery," 2020.
- [18] R. Xiong, L. Li, and J. Tian, "Towards a smarter battery management system : A critical review on battery state of health monitoring methods," *J. Power Sources*, vol. 405, no. 5, pp. 18–29, 2018, doi: 10.1016/j.jpowsour.2018.10.019.
- [19] Y. Gao and Z. Ma, "Lithium-ion battery aging mechanisms and life model under different charging stresses," *J. Power Sources*, vol. 356, pp. 103–114, 2017, doi: 10.1016/j.jpowsour.2017.04.084.
- [20] N. Omar et al., *9 - Aging and degradation of lithium-ion batteries*. Elsevier Ltd., 2015. doi: 10.1016/B978-1-78242-090-3.00009-2.

- [21] C. Liu, Y. Wang, and Z. Chen, "Degradation model and cycle life prediction for lithium-ion battery used in hybrid energy storage system," *Energy*, vol. 166, pp. 796–806, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2018.10.131.
- [22] M. Fleischhammer and M. Wohlfahrt-mehrens, "Interaction of cyclic ageing at high-rate and low temperatures and safety in lithium-ion batteries," vol. 274, pp. 432–439, 2015, doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.08.135.
- [23] C. Buidin, "Li-ion Battery Temperature Trends During Charge and Discharge," vol. 1, pp. 1-50, 2017.
- [24] T. Imre and F. Mariasiu, "Battery Thermal Management Systems : Current Status and Design Approach of Cooling Technologies," 2021.
- [25] X. Tang et al., "Short communication A fast estimation algorithm for lithium-ion battery state of health," *J. Power Sources*, vol. 396, no. April, pp. 453–458, 2018, doi: 10.1016/j.jpowsour.2018.06.036.
- [26] A. Wang and Y. Qi, "Review on modeling of the anode solid electrolyte interphase (SEI) for lithium-ion batteries," *npj Comput. Mater.*, no. November 2017, 2018, doi: 10.1038/s41524-018-0064-0.
- [27] V. Ramadesigan and S. De, "Modeling and Simulation of Lithium-Ion Batteries from a Systems Engineering Perspective Modeling and Simulation of Lithium-Ion Batteries from a Systems," no. January, 2012, doi: 10.1149/2.018203jes.
- [28] H. Rahimi-eichi, "Battery Management System," no. june, pp. 4–16, 2013.
- [29] F. H. Gandoman et al., "Concept of reliability and safety assessment of lithium-ion batteries in electric vehicles: Basics, progress, and challenges," *Appl. Energy*, vol. 251, no. May, p. 113343, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113343.
- [30] G. Zubi and G. Pasaoglu, "The lithium-ion battery : State of the art and future perspectives," vol. 89, no. March, pp. 292–308, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.03.002.
- [31] S. C. Nagpure, B. Bhushan, and S. S. Babu, "Multi-Scale Characterization Studies of Aged Li-Ion Large Format Cells for Improved Performance: An Overview," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 160, no. 11, pp. A2111–A2154, 2013, doi: 10.1149/2.001311jes.

- [32] R. E. Tudoroiu and S. M. Radu, “Soc estimation of a rechargeable li-ion battery used in fuel-cell hybrid electric vehicles— comparative study of accuracy and robustness performance based on statistical criteria. Part i: Equivalent models,” *Batteries*, vol. 6, no. 3, pp. 1–39, 2020, doi: 10.3390/batteries6030042.
- [33] E. P. Converters and C. F. Oeste, “Battery State of Charge calculation with EPC Converters,” 2020.
- [34] B. Ariantara, N. Putra, and S. Supriadi, “Battery thermal management system using loop heat pipe with LTP copper capillary wick,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 105, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/105/1/012045.

