

Desain Perangkat *Constant Current Discharger* Untuk Pengambilan Data Baterai *Lithium Ion*

Paris Ali Topan¹, Masyitah Aulia¹, Fadhli Dzil Ikram²

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Teknologi Sumbawa, Jl. Raya Olat Maras, Batu Alang, Moyo Hulu, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, Indonesia 84371

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Teknologi Sumbawa, Jl. Raya Olat Maras, Batu Alang, Moyo Hulu, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, Indonesia 84371

ARTICLE INFO

Article history:

Received Desember 2, 2023

Revised January 28, 2024

Accepted February 20, 2024

Keywords:

Batteries ;
Constant_Current Discharger;
MOSFET;
Op-Amp;
Shunt Resistor

ABSTRACT

Batteries are an energy storage technology that is currently popular, almost all existing technological devices use batteries as an energy source. The large number of batteries on the market makes people is easy to buy this technology, but quite a few are deceived because the batteries that they bought are low quality. In order to test a battery, you need a device to measure the capacity of the battery. The general method used to test battery capacity is to use a Constant Current Discharger. This method draws a constant current from the battery so that the current value drawn from the battery always remains the same even if the battery voltage decreases. One of the benefits of applying this method is that it can determine the battery capacity value correctly. In this research, several components were used to achieve constant current, namely MOSFET as a switch device, Shunt Resistor as a current sensor, and Op-Amp as a comparator device which compares the current reading value in the form of voltage on the side of the shunt resistor which is connected to the negative pin of the Op-Amp with reference voltage applied to the positive pin of the Op-Amp. This circuit successfully discharges a 3000mAh lithium battery with a constant current of 1.5A.

Battery merupakan suatu teknologi penyimpanan energi yang populer saat ini, hampir sebagian perangkat teknologi yang ada saat ini menggunakan baterai sebagai sumber energi. Banyaknya baterai yang ada dipasaran menjadikan Masyarakat mudah dalam membeli teknologi ini, namun tidak sedikit yang tertipu karena baterai yang dibeli merupakan baterai dengan kualitas yang rendah. Untuk menguji suatu baterai dibutuhkan suatu perangkat untuk menguji kapasitas dari baterai Metode umum yang digunakan dalam menguji kapasitas baterai adalah dengan menggunakan Constant Current Discharger. Metode inimenarik arus baterai secara konstan sehingga nilai arus yang ditarik dari baterai selalu bernilai tetap walaupun tegangan baterai berkurang. Salah satu manfaat dari penerapan metode ini adalah dapat menentukan nilai kapasitas baterai dengan tepat. Dalam penelitian ini digunakan beberapa komponen untuk mencapai arus yang konstan yaitu MOSFET sebagai perangkat switch, Resistor Shunt sebagai sensor arus, dan Op-Amp sebagai perangkat komparator yang membandingkan nilai pembacaan arus berupa tegangan pada sisi resistor shunt yang dihubungkan pada pin negatif Op-Amp dengan tegangan referensi yang diberikan pada pin positif Op-Amp. Rangkaian ini berhasil mendischarge baterai lithium 3000mAh dengan arus yang konstan sebesar 1.5A

Corresponding Author:

Paris Ali Topan,

Email: paris.ali.topan@uts.ac.id

1. INTRODUCTION

Constant Current Discharger (CCD) merupakan suatu perangkat yang digunakan dalam melakukan suatu pengujian baterai dengan menggunakan perangkat ini, besaran arus listrik pada suatu cell baterai atau *power supply* dapat diuji. Tujuan utama dari perangkat ini adalah menarik arus dari baterai secara konstan, sehingga nilai kapasitas total baterai dapat terbaca dengan baik. Tersedianya perangkat CCD merupakan suatu hal yang sangat penting bagi seorang peneliti baterai khususnya baterai dengan jenis *lithium ion* dalam pengamatan karakteristik baterai sehingga data yang dihasilkan CCD ini harus terekam dengan baik agar dapat digunakan untuk keperluan penelitian baterai lainnya. Suatu contoh pentingnya perangkat CCD ini adalah untuk membantu dalam melakukan suatu proses estimasi nilai State of Charge (SOC) atau kapasitas saat ini dari suatu baterai *lithium* [1][2][3][4]. Data arus yang konstan dari CCD dimanfaatkan untuk menghitung nilai SOC menggunakan metode *Coulomb Counting* (CC) yang kemudian digunakan sebagai data pembandingan hasil estimasi menggunakan metode lainya seperti kalman filter maupun menggunakan *artificial intelligence*. Perangkat CCD juga merupakan salah satu cara menentukan nilai *Internal Resistance* baterai *lithium* dengan menggunakan metode *Pulse Test*. Pengujian *Internal Resistance* menggunakan metode *Pulse Test* dilakukan dengan menghubungkan baterai ke perangkat CCD dalam rentang waktu tertentu, kemudian melepaskannya dalam rentang waktu tertentu, yang mengakibatkan baterai *lithium* berada pada kondisi *discharge* (saat baterai terhubung ke CCD) dan *rest* (baterai terlepas dari CCD) dalam rentang waktu yang ditentukan oleh pengamat [5][6][7][8].

Beberapa penelitian sebelumnya mencoba untuk mendesain suatu perangkat yang berfungsi menarik arus dari suatu perangkat *power supply* dengan memanfaatkan beberapa komponen dan dengan skema elektronik yang beragam, salah satunya seperti yang dilakukan dalam penelitian yang mencoba mendesain suatu sistem pengujian *constant current* menggunakan perangkat *Op-Amp*, *MOSFET*, dan sebuah *microcontroller STM32* yang digunakan untuk memberikan sinyal inputan pada pin positif *Op-Amp*. Tegangan *input* yang diberikan berupa sinyal PWM yang kemudian dapat diatur sesuai dengan kebutuhan arus yang di *discharge* yang berkisar pada nilai $0 - 20mA$ [9]. Penelitian lainnya juga berkaitan dengan sistem *Constant Current Discharger* mencoba untuk mendesain suatu sistem menggunakan *Op-Amp* dan suatu *transistor Darlington BJT* [10]. Dalam penelitian ini perangkat yang didesain dapat dikendalikan waktu dari kapan baterai di *discharge* dan kapan untuk baterai istirahat (berhenti *discharge* atau dalam istilah lainnya yaitu kondisi *rest*). Pengaturan waktu ini kemudian dimanfaatkan untuk pengujian *Pulse Test*.

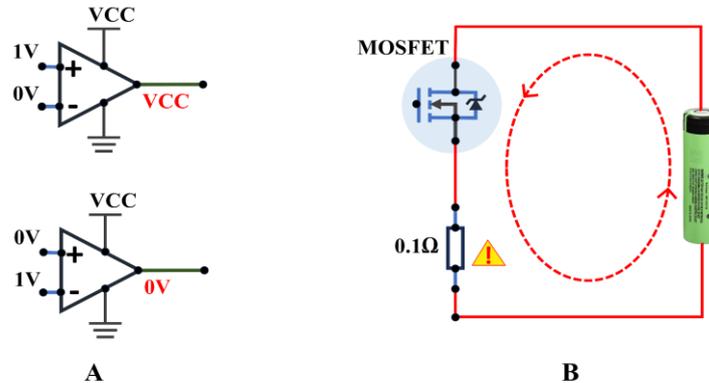
Dalam penelitian ini perangkat CCD didesain menggunakan perangkat elektronika berupa *MOSFET* dan *Op-Amp* dan beberapa komponen elektronika pendukung lainnya yang disusun agar dapat menarik arus dari baterai secara konstan.

2. METHOD

Dalam penelitian ini arus yang mengalir dari baterai dikendalikan menggunakan perangkat *MOSFET* yang bertugas menjadi *switch*. Sederhananya perhatikan Gambar 1. dalam gambar tersebut terlihat bahwa *MOSFET* disusun secara seri dengan sebuah resistor *shunt* bernilai 0.1Ω dimana arus listrik yang berasal dari baterai mengalir melalui *MOSFET* dan resistor tersebut. Jika dilihat dari nilai resistornya maka arus yang mengalir dari baterai bernilai maksimal karena nilai hambatan yang sangat kecil menyebabkan terjadinya *short circuit*. Untuk membatasi nilai arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut maka *MOSFET* dibutuhkan untuk memutus dan menyambungkan hubungan antara baterai dan resistor *shunt*. Penentuan waktu *MOSFET* bekerja untuk menyambung dan memutuskan aliran listrik dari baterai ke resistor *shunt* ditentukan dengan seberapa besar arus yang diharapkan mengalir dalam rangkaian tersebut, dengan cara menghitung berapa besar perubahan tegangan pada resistor *shunt* yang linier terhadap perubahan arus yang mengalir melewatinya. Misalkan arus yang diinginkan bernilai $1A$, maka dengan menggunakan perhitungan tegangan menggunakan formulasi dari hukum ohm yang menyatakan bahwa besar nilai tegangan pada sisi resistor sama dengan perkalian antara arus yang mengalir pada resistor dan nilai resistansi resistor tersebut. Sehingga nilai tegangan yang terukur pada resistor *shunt* sebesar $1A \times 1\Omega$ yaitu $1V$. Indikator tegangan pada resistor *shunt* inilah yang kemudian menjadi suatu nilai yang di komparasi dengan setingan arus yang diinginkan kemudian menjadi suatu penanda untuk *MOSFET* bekerja.

Op-Amp pada penelitian ini digunakan sebagai perangkat yang bertugas sebagai komparator, yang membandingkan nilai referensi arus yang diinginkan dengan nilai tegangan pada resistor *shunt*. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 2. Pada gambar tersebut memperlihatkan dimana *input* negatif dari *Op-Amp* terhubung ke resistor *shunt*, dan *input* positif *Op-Amp* terhubung ke suatu sumber tegangan yang dapat dirubah-rubah nilainya. Sebagaimana yang diketahui bahwa *Op-Amp* saat dijadikan suatu komparator maka *Op-Amp* membandingkan nilai dari kedua masukan (masukan negatif dan positif) dengan memanfaatkan mekanisme penguatan tegangan *open loop* pada *Op-Amp* yang bernilai sangat besar. Dengan kondisi tersebut, apabila terdapat selisih nilai dari kedua masukan *Op-Amp*, menjadikan nilai *output* tegangan menjadi saturasi atau mendekati nilai dari sumber tegangan (sumber tegangan untuk mengaktifkan *Op-Amp* sebesar $12V$)

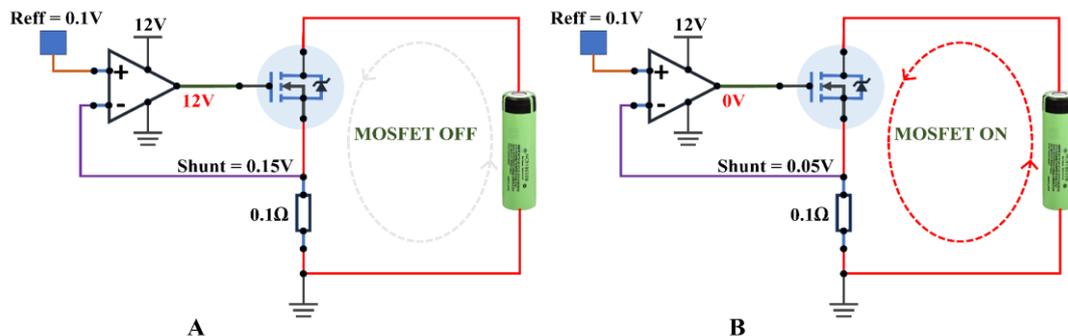
yang diberikan. Adapun prinsip kerja dari *Op-Amp* sebagai komparator adalah: Jika inputan pada pin positif lebih besar dari inputan pada pin negatif maka output tegangan *Op-Amp* sama dengan nilai tegangan untuk mengaktifkan *Op-Amp* atau VCC (mendekati 12V), namun jika pada kondisi sebaliknya maka *output* tegangan bernilai 0V (atau -VCC atau GND) [11] [12].



Gambar 1. Bagian **A** menunjukkan bahwa nilai *output* dari *Op-Amp* bernilai mendekati VCC saat kondisi pin input positif lebih besar dari pin input negative, dan sebaliknya. Pada bagian **B**, memperlihatkan arus yang mengalir dari baterai melewati *MOSFET* dan resistor.

MOSFET yang digunakan dalam penelitian ini berjenis N-Channel *MOSFET* yang bekerja atau *ON* saat kondisi *Gate* bernilai *LOW* atau mendekati nilai 0V atau *ground*, dan *OFF* jika tegangan *Gate* bernilai *High* atau dalam penelitian ini mendekati nilai 12V. Sehingga saat kondisi tegangan pada sisi resistor yang dihubungkan ke pin negatif *MOSFET* belum melebihi nilai tegangan referensi pada pin positif *Op-Amp output Op-Amp* bernilai *low* dan mengaktifkan *MOSFET* ke kondisi *ON* dan arus mengalir pada rangkaian hingga tegangan resistor *shunt* melampaui nilai referensi yang mengakibatkan *output Op-Amp* bernilai *High* dan menjadikan *MOSFET* dalam kondisi *OFF*, maka arus tidak mengalir pada rangkaian.

Kondisi *MOSFET OFF* tidak berlangsung lama karena kondisi tegangan pada resistor *shunt* juga berubah yang mengakibatkan *Op-Amp* kembali memberikan *output Low* kepada *Gate MOSFET*. Kejadian *ON* dan *OFF* ini berlangsung sangat cepat sekali, yang kemudian menjadikan arus mengalir secara *constant*.



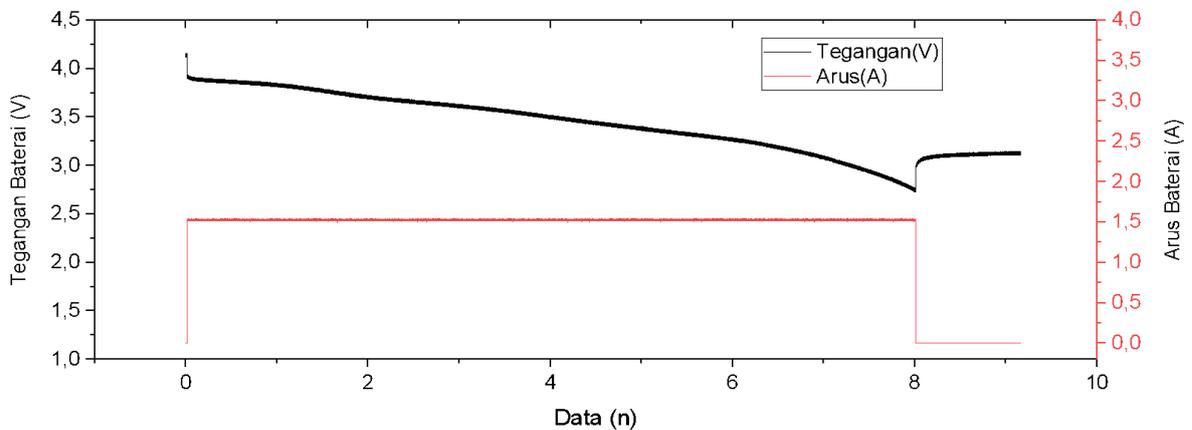
Gambar 2. Bagian **A** memperlihatkan bahwa arus berhenti mengalir disaat *MOSFET* dalam kondisi *OFF*. Pada bagian **B** memperlihatkan arus yang mengalir pada rangkaian karena *MOSFET* dalam kondisi *ON*

3. RESULTS AND DISCUSSION (10 PT)

Setelah pembuatan skema elektronik menggunakan *software Easyeda* kemudian skema tersebut dibentuk dalam suatu sistem *Printed Circuit Board* (PCB) agar komponen-komponen pendukung peralatan CCD ini dapat bekerja dengan baik dan tersusun dengan rapi.

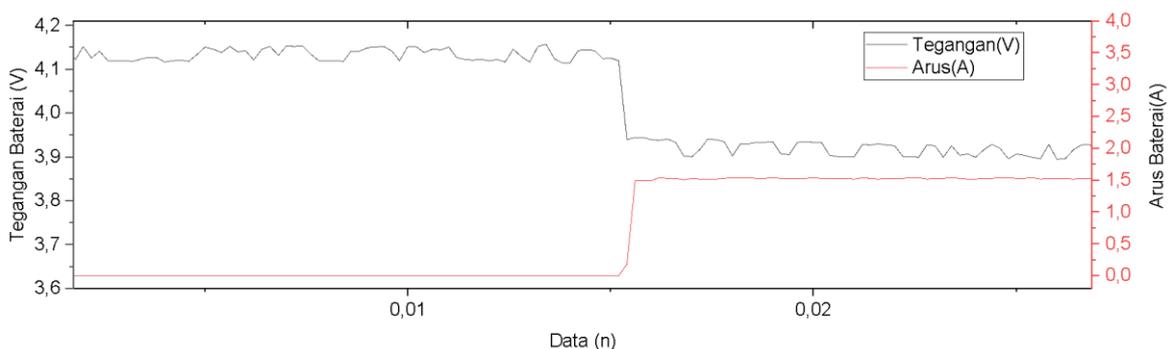
Hasil pengujian perangkat CCD dapat dilihat pada grafik dalam Gambar 3. Dalam grafik tersebut memperlihatkan nilai arus yang konstan walau tegangan baterai menurun, ini memperlihatkan bahwa perangkat yang didesain bekerja dengan baik. Jika dilihat dari gambar terlihat pada saat awal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 menunjukkan adanya penurunan signifikan pada nilai tegangan yang terjadi saat

awal mula proses *discharge* baterai. Fenomena ini dikarenakan adanya *Internal Resistance* pada baterai *lithium* yang besar nilainya mempengaruhi performa dari baterai *lithium*. Pada awal-awal penggunaan nilai *Internal Resistance* pada baterai *lithium* bernilai kecil namun setelah penggunaan beberapa kali, nilai internal resistance semakin meningkat. Nilai ini pada beberapa penelitian dijadikan sebagai referensi terkait dengan kondisi Kesehatan dari baterai *lithium*, atau yang biasa disebut dengan *State of Health* (SOH) [13].

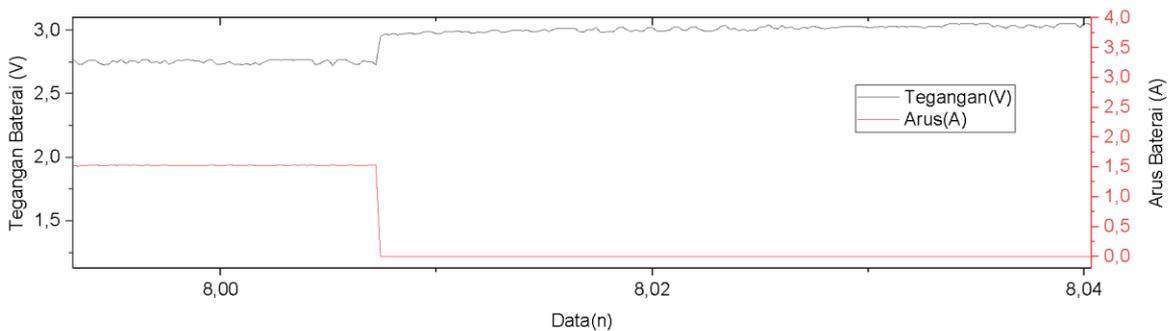


Gambar 3. Grafik arus dan tegangan baterai saat kondisi *discharge*.

Pada Gambar 4 memperlihatkan suatu kondisi dimana pada saat baterai berhenti di *discharge* yang ditandai dengan nilai arus pada grafik bernilai 0, terlihat bahwa tegangan baterai yang menurun akibat proses *discharge* Kembali naik ke suatu nilai tegangan yang lebih tinggi dari tegangan pada saat kondisi *discharge*. Tegangan ini merupakan tegangan dalam baterai atau dalam istilah lainnya adalah *Open Circuit Voltage* (OCV). Nilai OCV pada baterai berubah selama proses *discharge* berlangsung, Perubahan tegangan OCV tidak berubah secara signifikan seperti halnya tegangan pada sisi terminal baterai (tegangan yang terukur pada penelitian ini) namun berubah secara perlahan dan cenderung linear. Perubahan nilai OCV ini yang kemudian dalam beberapa penelitian dijadikan sebagai referensi untuk perhitungan nilai *State of Charge* (SOC) atau sisa kapasitas energi yang tersimpan dalam baterai selain menggunakan metode sederhana seperti *Coulomb Counting* (CC)[14][15].



Gambar 4. Tegangan baterai *lithium* saat kondisi awal proses *discharge* menunjukkan perubahan signifikan akibat dari *Internal Resistance* yang terdapat dalam baterai *lithium*.



Gambar 5. Tegangan baterai kembali naik saat kondisi arus bernilai 0.0A.

4. CONCLUSION

Perangkat CCD berhasil didesain dan diuji dengan hasil yang cukup baik untuk dijadikan suatu referensi penelitian selanjutnya terkait dengan pengujian baterai terutama pada penelitian yang menggunakan data arus dan tegangan sebagai acuan. Selanjutnya perangkat CCD perlu dikembangkan lagi khususnya untuk penelitian yang berkaitan dengan pengambilan data baterai *lithium* seperti pengujian menggunakan metode *Pulse Test*. Untuk penelitian kali ini perangkat hanya mampu melakukan proses *discharge* pada nilai arus yang kecil karena perangkat yang dibuat pada penelitian ini belum dilengkapi dengan perangkat pengaman yang seharusnya, seperti proteksi terhadap tegangan baterai terlalu rendah yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai, dan proteksi terhadap arus berlebih yang dapat menimbulkan panas pada komponen pendukung seperti kabel dan komponen lainnya. Hasil pengukuran arus dan tegangan dari sistem yang dibangun masih memiliki noise atau gangguan yang diakibatkan dari beberapa faktor dalam sistem seperti modul sensor arus yang digunakan. Untuk penelitian selanjutnya diperlukan suatu mekanisme filter yang baik seperti *Kalman filter* untuk meredam gangguan pada data saat proses pengukuran secara *realtime*.

Acknowledgments

Terimakasih kepada tim HITS universitas teknologi sumbawa yang telah memberikan dukungan penuh pada penelitian ini

REFERENCES

- [1] J. Xie *et al.*, "State of charge estimation of *lithium-ion* batteries based on extended Kalman filter algorithm," *Front. Energy Res.*, vol. 11, no. May, pp. 1–15, 2023.
- [2] W.-Y. Chang, "The State of Charge Estimating Methods for Battery: A Review," *ISRN Appl. Math.*, vol. 2013, no. 1, pp. 1–7, 2013.
- [3] M.S.M.H.S. Attanayake, J. P. Karunadasa, and K. T. M. U. Hemapala, "Estimation of state of charge for *lithium-ion* batteries - A Review," *AIMS Energy*, vol. 7, no. 2, pp. 186–210, 2019.
- [4] J. Sun, X. Zou, H. Gu, K. Cui, and J. Zhu, "State of Charge Estimation for *Lithium-ion* Battery Based on FFRLS-EKF Joint Algorithm," *Qiche Gongcheng/Automotive Eng.*, vol. 44, no. 4, pp. 505–513, 2022.
- [5] A. Tang, P. Gong, Y. Huang, X. Wu, and Q. Yu, "Research on pulse charging current of *lithium-ion* batteries for electric vehicles in low-temperature environment," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 1447–1457, 2023.
- [6] X. Tang *et al.*, "Predicting battery impedance spectra from 10-second *Pulse Tests* under 10 Hz sampling rate," *iScience*, vol. 26, no. 6, p. 106821, 2023.
- [7] L. Wang, Z. Song, L. Zhu, and J. Jiang, "Fast electrochemical impedance spectroscopy of *lithium-ion* batteries based on the large square wave excitation signal," *iScience*, vol. 26, no. 4, p. 106463, 2023.
- [8] M. Auch, T. Kuthada, S. Giese, and A. Wagner, "Influence of *Lithium-Ion-Battery* Equivalent Circuit Model Parameter Dependencies and Architectures on the Predicted Heat Generation in Real-Life Drive Cycles," *Batteries*, vol. 9, no. 5, 2023.
- [9] H. Li and B. Dong, "Research on portable constant pulse current source device," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2479, no. 1, 2023.
- [10] H. Arora, R. S. Sherratt, B. Janko, and W. Harwin, "Experimental validation of the recovery effect in batteries for wearable sensors and healthcare devices discovering the existence of hidden time

- constants,” *J. Eng.*, vol. 2017, no. 10, pp. 548–556, 2017.
- [11] R. P. M *et al.*, “Analisis Rangkaian *Op-Amp* Sebagai Komparator Menggunakan Circuit Simulator Applet,” *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 40–49, 2022.
- [12] G. Alisroba *et al.*, “Analisis Rangkaian Komparator dengan Variasi IC *Op-Amp* yang Tersedia pada Circuit Wizard,” *J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 116–125, 2022.
- [13] C. N. Van and D. T. Quang, “Estimation of SoH and internal resistances of *Lithium-ion* battery based on LSTM network,” *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 18, no. 6, p. 100166, 2023.
- [14] H. M. Fahmy, R. A. Swief, H. M. Hasanien, M. Alharbi, J. L. Maldonado, and F. Jurado, “Hybrid State of Charge Estimation of *Lithium-Ion* Battery Using the *Coulomb Counting* Method and an Adaptive Unscented Kalman Filter,” *Energies*, vol. 16, no. 14, 2023.
- [15] S. Triwijaya, A. Pradipta, and Y. Prasetyo, “Battery Management Optimization Considers State Of Charge Using *Coulomb Counting* Method Pengoptimalan Manajemen Baterai Mempertimbangkan Status Pengisian Baterai Menggunakan Metode Coulomb Counting,” *J. Geuthee Eng. Energy*, vol. 2, no. 1, pp. 1–07, 2023.

BIOGRAPHY OF AUTHORS



Paris Ali Topan, is currently a lecturer at the University of Technology Sumbawa, His research interests include Embedded Systems, Control Systems, and Battery Management Systems. Email: paris.ali.topan@uts.ac.id



Masyitah Aulia, Completed the Bachelor of Electrical Engineering program at the University of Mataram in 2017, the Master's Program in Electrical Engineering at the Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya in 2020. Since 2020 she has been active as a lecturer in the Department of Electrical Engineering - University of Technology Sumbawa. Have competence in the fields of robotics, fuzzy techniques, control techniques, data science, statistics, and microprocessors. Email: masyitah.aulia@uts.ac.is



Fadhli Dzil Ikram, Fadhli Dzil Ikram is currently a lecturer at the Mechanical Engineering Department, Sumbawa University of Technology. His research interests include Control Systems, Machine Elements and Finite Element Analysis on Structure