



## Pengembangan Rancangan *Monitoring* Tegangan dan Suhu Baterai Rakitan *Lithium* Ion 18650 dengan Metode ADDIE

### *Development Of Voltage and Temperature Monitoring Battery Pack Lithium Ion 18650 With ADDIE Method*

Cahyaning Nur Karimah<sup>1,a)</sup>, Alex Taufiqurrohman Zain<sup>1</sup>, Dwi Djoko Suranto<sup>1</sup>, Azzamataufiq Budiprasojo<sup>1</sup>, Abdul Malik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Jember

<sup>a)</sup>Corresponding author: cn.karimah@ije.ac.id

#### Abstrak

Baterai *Lithium* sebagai sumber energi kendaraan listrik harus dioperasikan dalam kondisi yang baik. Dalam penggunaan baterai *Lithium* ion khususnya baterai rakitan 18650 sering ditemui permasalahan baterai *overcharge* dan *overdischarge* yang membuat kapasitas baterai berkurang. Kapasitas yang tidak sama dalam baterai rakitan akan membuat kondisi sel-sel baterai semakin buruk. Dampak selanjutnya adalah baterai dapat mengalami kenaikan suhu yang signifikan yang mengakibatkan baterai bisa meledak dan terbakar. Perlu adanya alat *Monitoring* baterai untuk memantau kondisi baterai. Melalui penelitian ini, dapat membantu pengguna untuk memonitor kondisi tiap sel baterai saat digunakan sehingga dapat mencegah aktivitas operasional yang berlebihan yang membuat *lifetime* baterai menjadi pendek atau bahkan lebih rentan untuk meledak dan terbakar. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat *Monitoring* baterai dengan metode ADDIE yang merupakan metode kerangka desain yang memuat proses analisis, desain, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Rancangan *Monitoring* baterai dapat memantau kondisi sel baterai rakitan *realtime* melibatkan sensor PZEM untuk mengetahui arus dan tegangan keluaran dan pemantauan suhu kerja saat baterai digunakan dengan NTC sensor. Hasil evaluasi dari alat *Monitoring* dibandingkan dengan alat ukur menghasilkan tingkat error yang sangat kecil dan akurasi data yang dihasilkan mendekati 100%. Maka dapat disimpulkan bahwa alat *Monitoring* baterai bekerja secara fungsional dan akurat. **Kata Kunci:** *monitoring*; baterai rakitan; *lithium* ion 18650; sensor PZEM; sensor NTC; metode ADDIE

#### Abstract

*Lithium* batteries as an energy source for electric vehicles must be operated in good condition. The problem in the use of *Lithium* ion batteries, especially 18650 batteries pack are *overcharge* and *overdischarge* condition which reduced the battery capacity. Unequal capacities in batteries pack will worsen the condition of the battery cells. The impact is that the battery significantly increased the temperature which can cause the battery to explode and catch fire. A battery *Monitoring* is needed to monitor battery conditions. Through this research, it can help users to monitor the condition of each battery cell during used so that it can prevent excessive operational activities that shorten the battery's *lifetime* or even make it more susceptible to explosion and fire. This research aims to develop a battery *Monitoring* by ADDIE method which is a design framework method that includes the processes of analysis, design, *development*, *implementation*, and *evaluation*. The battery *Monitoring* that has been designed can monitor the condition of the assembled battery cells in *real time* involving PZEM sensors to determine the output current and voltage also *Monitoring* the temperature through NTC sensor when the battery is used. The results of the *Monitoring* compared to the measuring tool that error rate is very small and accuracy of the *Monitoring* tools is very high, close to 100%. So, it can be concluded that the battery *Monitoring* tool works functionally and accurately.

**Keywords:** *monitoring*; battery pack; *lithium* ion 18650; PZEM sensor; NTC sensor; ADDIE method

## PENDAHULUAN

Listrik menjadi salah satu energi yang fundamental bagi kehidupan manusia. Pada era disrupsi teknologi seperti saat ini kebutuhan listrik yang cukup besar untuk berbagai keperluan, sebagian besar bergantung pada energi fosil. Eksploitasi besar-besaran pada sektor energi yang bersumber dari fosil telah berdampak pada kerusakan lingkungan. Pada sektor transportasi, Indonesia adalah negara Asia tenggara yang paling banyak memiliki jumlah kendaraan pribadi bermesin pembakaran dalam. Tercatat pada data BPS 2023 jumlah kendaraan bermotor khususnya mobil dan sepeda motor di Indonesia berjumlah 18.285293 dan 132.433.679 secara berturut-turut [1]. Terlihat bahwa kendaraan pribadi bermesin pembakaran dalam masih menjadi mode transportasi yang paling banyak digunakan. Kendaraan dengan mesin ICE ini juga cukup banyak menyumbang meningkatkan gas rumah kaca dunia. Sehingga dengan masifnya transisi energi yang mulai dijalankan negara-negara di dunia, pemerintah Indonesia menerbitkan Perpres 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle/BEV*) untuk Transportasi Jalan [2].

Kendaraan listrik adalah kendaraan yang digerakkan oleh motor listrik yang di dukung oleh baterai sebagai sumber energi utama kendaraan. Baterai, pada sektor transportasi, tidak hanya digunakan untuk menyimpan energi pada kendaraan listrik namun juga dapat menjadi *alternative* penyimpanan energi untuk kendaraan *hybrid* hingga kendaraan dengan mesin pembakaran dalam [3-5]. Semakin masifnya penggunaan baterai, pengguna hingga pengembang riset perlu mengetahui bagaimana menggunakan, merawat hingga mengolah baterai dengan benar [6].

Baterai yang umum digunakan pada kendaraan listrik adalah baterai berbahan *Lithium*. Baterai dapat menghasilkan energi listrik melalui proses kimia pada elektroda dan komponen yang ada di dalam baterai itu sendiri [7]. Prinsip dalam melakukan pengisian baterai sama seperti proses elektrokimia yaitu dengan mengalirkan arus dari sumber DC yang memiliki nilai beda potensial yang sama dengan baterai yang sedang diisi. Sedangkan aktivitas pengosongan baterai seperti halnya proses reaksi sel volta yaitu ketika baterai dihubungkan dengan beban hingga waktu tertentu.

Baterai rakitan masih menjadi baterai yang banyak digunakan pada sepeda listrik hingga kendaraan konversi dari ICE ke listrik. Khusus untuk baterai rakitan, dimana dalam satu *pack* terdapat banyak sel baterai *Lithium* ion yang disusun secara seri dan paralel membuat baterai rentan mengalami ketidakseimbangan muatan pada tiap selnya sehingga akan menurunkan tidak hanya siklus hidup

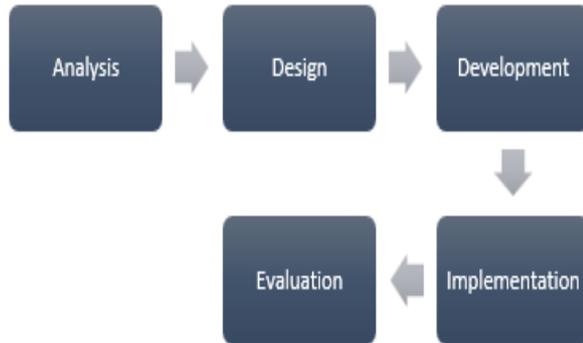
namun juga kapasitas baterai. Kapasitas dalam sel baterai yang tidak sama akan membuat kondisi baterai semakin buruk [8]. Sel-sel baterai akan mengalami *overcharging* dan *overdischarging* yang membuat suhu baterai naik signifikan. Dampaknya adalah baterai dapat meledak hingga terbakar bahkan pada saat tidak digunakan. Tidak hanya itu, konstruksi baterai rakitan juga mempengaruhi kestabilan arus dan tegangan yang dihasilkan karena melibatkan aktifitas pengelasan titik pada tiap sel baterai yang jika tidak cukup kuat atau bahkan terlalu dalam akan merusak sel dalam baterai rakitan [9]. Dari beberapa permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu alat *Monitoring* baterai yang tidaknya menampilkan tegangan total keluaran baterai namun tegangan per sel hingga suhu baterai rakitan yang dapat dipantau kondisinya setiap kali digunakan.

Saat ini, *Monitoring* baterai rakitan telah mulai banyak dikembangkan [10-12]. Pengembangan *Monitoring* baterai berfokus pada kondisi baterai rakitan namun beberapa teknologi *Monitoring* belum dilengkapi dengan parameter yang dapat memantau kinerja baterai secara keseluruhan. Penelitian ini dikembangkan dengan metode ADDIE yang dapat memantau kondisi sel baterai rakitan *realtime* melibatkan sensor PZEM untuk menampilkan arus dan tegangan sel baterai dan pemantauan suhu kerja melalui sensor NTC saat baterai digunakan. Data baterai dari sensor yang terlibat di simpan dalam memori program sehingga bisa diakses saat dibutuhkan untuk melakukan evaluasi. Metode ADDIE diadaptasi pada pengembangan *Monitoring* baterai karena diawali dengan menganalisa parameter baterai yang harus ditampilkan untuk dipantau khususnya pada baterai rakitan. Dilanjutkan dengan mulai mendesain, mengembangkan *prototype* hingga mengimplementasi *prototype* pada pengujian yang relevan untuk dapat parameter baterai sesuai dengan analisa kebutuhan. Kemudian ditutup dengan mengevaluasi hasil uji *prototype Monitoring* baterai. Dengan dikembangkannya alat *Monitoring* baterai khususnya untuk baterai rakitan, akan dapat mempertahankan siklus hidup baterai hingga meminimalkan kehilangan / berkurangnya kapasitas baterai akibat penggunaan yang salah atau perawatan baterai yang terlambat.

## METODE PENELITIAN

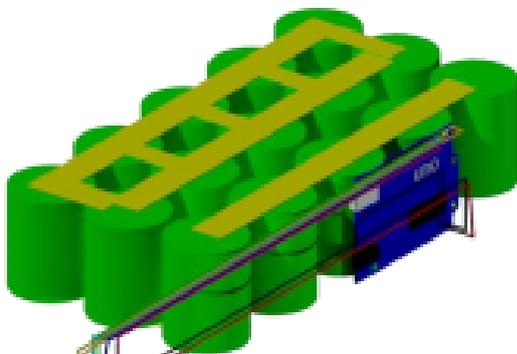
Metode penelitian dikembangkan berdasarkan metode ADDIE seperti pada Gambar 1. Tahap pertama merupakan tahap analisis yaitu tahap *screening* hingga analisa informasi tentang pengembangan *Monitoring* pada baterai rakitan. Tahap kedua adalah tahap desain atau perancangan. Tahap ini dimulai dengan merakit *prototype* baterai rakitan yang akan di *Monitoring* dengan menyusun rangkaian baterai menjadi 3 seri dan 5 paralel menggunakan baterai *Lithium* ion 18650 seperti terlihat

pada **Gambar 2**. Baterai *Lithium* ion yang digunakan memiliki tegangan maksimal 4,2V dan tegangan kerja rata-rata sebesar 3,7 V. Desain baterai rakitan dilengkapi dengan *holder* dengan dimensi 92,5 mm x 55,5 mm x 65 mm. Desain box *Monitoring* menggunakan *box* X5 dengan peletakan LCD monitor di permukaan dan *port* JST dan soket baterai XT60.



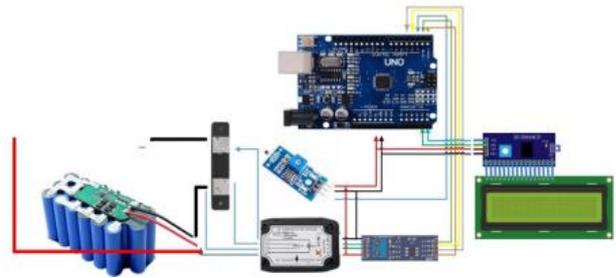
**Gambar 1.** Metode ADDIE [13]

Tahap ketiga adalah tahap pengembangan yaitu dengan melakukan pengembangan *hardware* dan sistem *Monitoring*. Pengembangan *hardware* dan sistem didasarkan pada studi literatur dan observasi langsung mengenai perangkat apa saja yang akan dilibatkan agar informasi data *Monitoring* baterai dapat ditampilkan. Pada tahap pengembangan ini, baterai yang telah dirakit dicek kondisinya pada saat tidak terbeban dan pada saat terbeban menggunakan multimeter. Pengembangan *hardware* melibatkan sensor PZEM-017, sensor NTC dan LCD 16x2 dengan rangkaian yang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Sedangkan pengembangan *software* melibatkan *arduino* dengan bahasa C++ dengan skema pengembangan sistem yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.

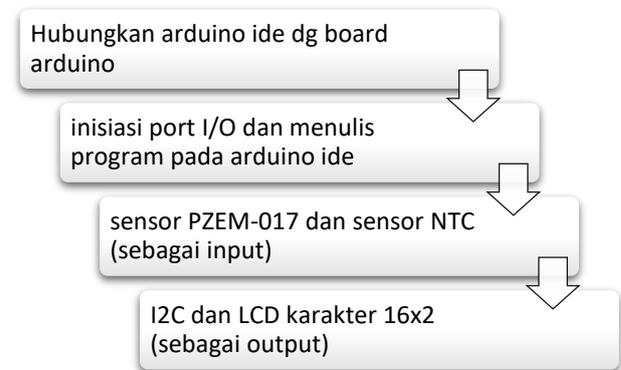


**Gambar 2.** Desain rakitan baterai 3 seri dan 5 paralel.

Tahap keempat adalah tahap implementasi. Tahap ini adalah tahap pengambilan data aktual baik yang terbaca dari sensor maupun yang terbaca dari alat ukur. Data didapat dari tiap sel baterai yang terhubung secara paralel, sehingga terdapat 3 jalur baterai yang diamati kondisinya dalam 60 menit.



**Gambar 3.** Perancangan *hardware*



**Gambar 4.** Skema pengembangan sistem

Pada tahap terakhir yaitu tahap evaluasi dilaksanakan dengan membandingkan dan mengevaluasi data *Monitoring* sehingga rancangan *Monitoring* dapat dinyatakan layak dan fungsional atau tidak yang diamati dari data *Monitoring* dan data aktual alat ukur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perakitan baterai *Lithium* ion dan *Monitoring*nya telah diselesaikan. Untuk baterai rakitan dengan melibatkan baterai sel 3 seri dan 5 paralel menghasilkan kapasitas total sebesar 37,5 Ah dan 12 V berdasarkan persamaan (1) dan (2) berikut:

$$\text{Kapasitas total (Ah)} = \frac{\text{kapasitas satuan} \times n_{\text{baterai}}}{1000} \quad (1)$$

$$\text{Tegangan total (V)} = \text{tegangan satuan} \times n_{\text{seri}} \quad (2)$$

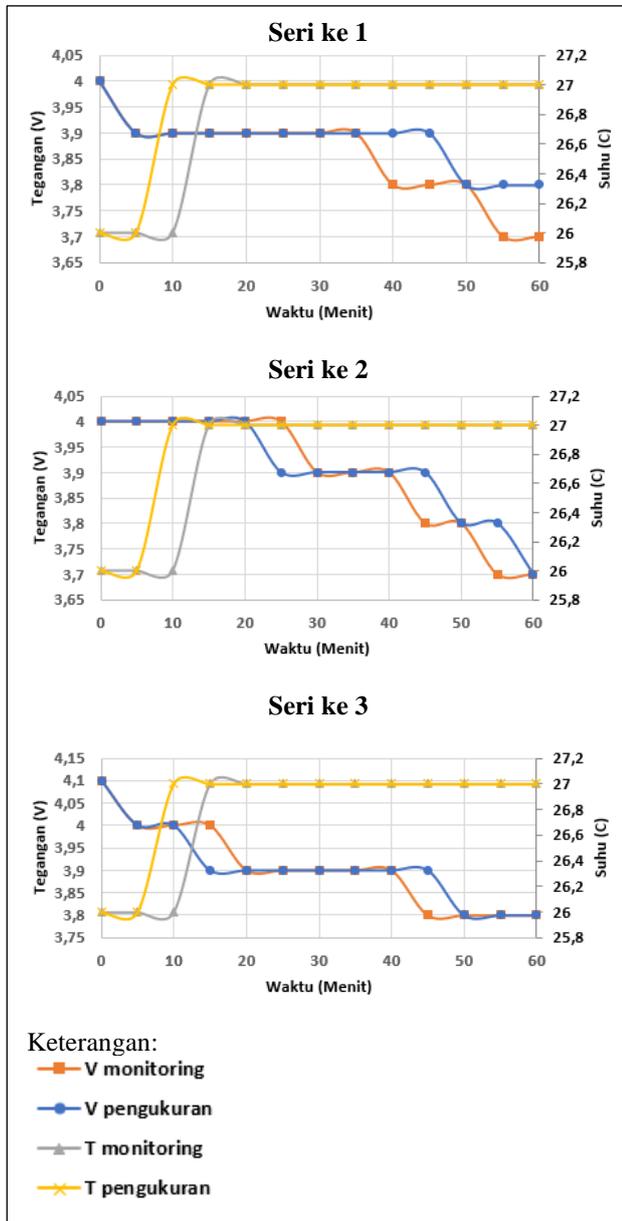
Sedangkan perakitan *Monitoring* melibatkan sensor PZEM dan sensor NTC yang telah dirangkai seperti pada gambar 3. Parameter yang ter tampil pada LCD adalah tegangan dan suhu. Rangkaian yang sudah jadi dikemas dalam *box* X5 seperti pada **Gambar 5** berikut:



**Gambar 5.** Alat *Monitoring* dan Baterai rakitan

### Pengujian Monitoring Baterai Saat Proses Pengosongan

Proses pengosongan baterai dilakukan dengan menghubungkan beban yang memiliki daya 20 Watt. Terdapat 3 jalur perakitan yang akan dimonitor yaitu seri ke 1 hingga seri ke 3. Kedalaman pengosongan baterai rakitan < 50%. Data tercatat di tiap seri terlihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Hasil pengujian saat proses pengosongan

Pada Gambar 6, terlihat bahwa parameter baterai yang diamati memberikan hasil baik pada alat *Monitoring* maupun alat ukur. Pada grafik tersebut terlihat bahwa tegangan di tiap seri yang memaralel 5 baterai mengalami penurunan hingga menit ke 60. Pada baterai seri yang pertama, tegangan operasi mula-mula berada pada 4 V baik dari alat *Monitoring* maupun dari alat ukur. Sedangkan pada akhir pengukuran terdapat selisih 0,1 V antara alat *Monitoring* maupun alat ukur. Untuk seri ke 2 tegangan

awal mencapai 4 V konstan hingga menit ke 20 baik alat *Monitoring* maupun alat ukur setelah itu terdapat selisih pengukuran mencapai 0,1 V di menit ke 25. Tegangan kembali konstan dan sama baik dari alat *Monitoring* maupun alat ukur sebesar 3,9 V. Setelah menit ke 40 data hasil mengalami selisih pengukuran sebesar 0,1 V hingga di akhir kedua pengukuran mencapai 3,7 V. Pada seri yang ke 3 tegangan operasi dimulai pada 4,1 V untuk pengukuran dari alat *Monitoring* maupun alat ukur. Sedangkan di menit ke 60 menghasilkan tegangan akhir yang sama yaitu 3,8 V, namun di tengah waktu pengukuran pada menit ke 15 dan menit 45 terdapat selisih pengukuran sebesar 0,1 V.

Parameter suhu mengalami peningkatan yang sama di semua seri yang diamati yaitu dari 27° C menjadi 28° C. Terdapat selisih pengukuran suhu 1° C pada menit ke 10 antara pengukuran dari alat *Monitoring* dan pengukuran alat ukur. Suhu kerja baterai rakitan *Lithium* ion pada proses pengosongan ini adalah suhu pengosongan baterai yang normal. Proses pengosongan adalah proses pemindahan muatan listrik dari baterai menuju *output* atau beban. Seiring berjalannya waktu dalam proses pengosongan, baterai dapat mengalami kenaikan suhu dari -4° F hingga 140° F bergantung pada durasi pengosongan dan besar beban [14].

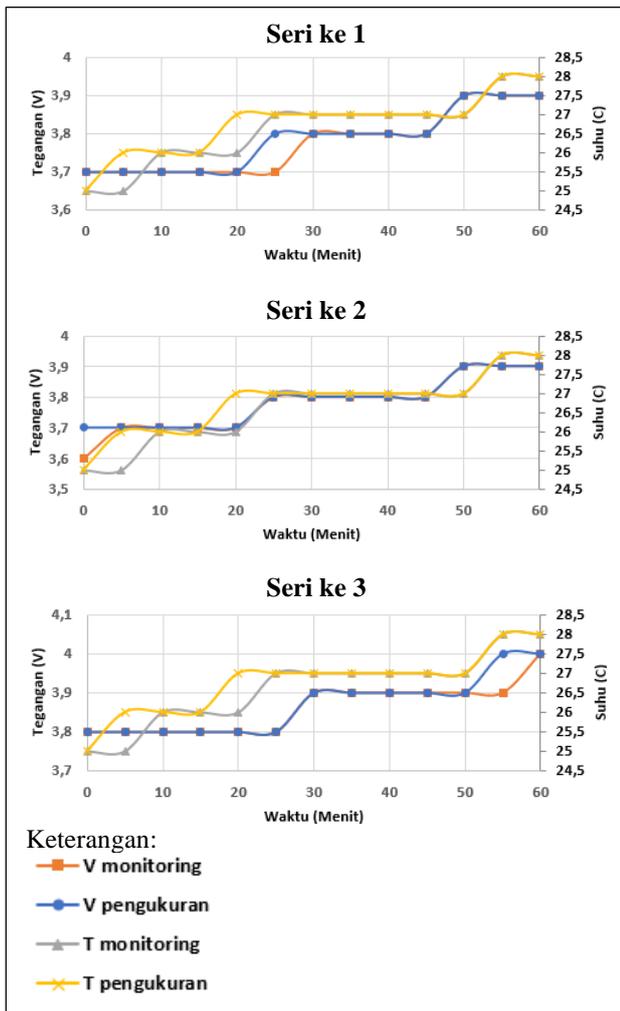
Nilai tegangan yang menurun seiring berjalannya waktu disebabkan karena baterai mengalami proses pengosongan. Tegangan yang teramati adalah tegangan sel baterai *Lithium* ion yang sudah pada kondisi *full charge* sebelumnya. Nilai suhu saat pengosongan seiring dengan berjalannya waktu mengalami peningkatan sebesar 1° C yaitu dari 27° C ke 28° C. Kalkulasi tingkat *error* dan akurasi data dapat dihitung melalui persamaan (3) dan (4). Tiga grafik yang ada pada gambar 6 menyatakan bahwa data aktivitas pengosongan baterai memiliki *error* sebesar ≤ 1% dan tingkat akurasi data sebesar 99%.

$$error(\%) = \left( \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right) \cdot 100\% \quad (3)$$

$$accuracy(\%) = \left( 1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right) \cdot 100\% \quad (4)$$

### Pengujian Monitoring Baterai Saat Proses Pengisian

Proses pengisian baterai dilakukan dengan menggunakan *charger* yang memiliki mode *Constant-Current Constant-Voltage (CC-CV)* dengan *output* maksimal 12 V 2 A. Pemilihan mode CC-CV digunakan untuk membuat baterai tidak mengalami kelebihan pengisian yang dapat menurunkan siklus hidup baterai [15]. Pengisian dilakukan dengan nilai SoC ≤ 100%. Data yang akan diamati adalah data tegangan dan suhu yang nantinya akan dibandingkan dengan data aktual dari alat ukur.



Gambar 7. Hasil pengujian saat proses pengisian

Pada Gambar 7 memperlihatkan nilai tegangan pada baterai yang sedang diisi. Tegangan pada baterai naik seiring berjalannya waktu pengisian baterai hingga masing-masing sel mencapai 12 V. Hasil *Monitoring* dan alat ukur pada seri ke 1 menunjukkan nilai tegangan sebesar 3,7 V konstan dan sama di kedua pengukuran hingga menit ke 20. Terdapat perbedaan hasil tegangan sebesar 0,1 V pada menit ke 25 kemudian kembali konstan dan sama pada menit ke 30 hingga menit ke 45 sebesar 3,8 V. Menit ke 50 hingga 60 tegangan baterai tercatat naik kembali menjadi 3,9 V.

Seri ke 2 memiliki nilai tegangan yang berbeda pada pengisian awal baterai. Kemudian mulai sama dan konstan di 3,7 V dari menit ke 5 hingga menit ke 20. Pada menit ke 25 terjadi kenaikan menjadi 3,8 V hingga menit 45. Kenaikan ketiga terjadi pada menit 50 mencapai 3,9 V hingga akhir pengukuran.

Seri ke 3 memberikan nilai tegangan yang sama di menit awal hingga menit ke 25 sebesar 3,8 V. Kemudian mengalami kenaikan tegangan 0,1 V pada menit ke 30 sama dan konstan hingga menit ke 50. Lalu pada menit ke 55 terjadi perbedaan pengukuran tegangan sebesar 0,1 V

antara alat *Monitoring* dan alat ukur. Pada menit terakhir pengukuran kedua metode menghasilkan nilai tegangan yang sama sebesar 4 V.

Pengukuran suhu pada proses pengisian secara umum mengalami peningkatan bertahap seiring berjalannya waktu. Selisih pengukuran suhu di setiap seri sama yaitu sebesar 1° C. Suhu proses pengisian berkisar pada 25° C hingga 28° C. Kenaikan suhu yang ada pada proses pengisian jika dibandingkan dengan proses pengosongan mempunyai selisih 1° C lebih tinggi. Dalam kurun 60 menit terdapat 3 kali perubahan suhu. Suhu saat proses pengisian baterai berkisar 32° F hingga 113° F [14]. Berdasarkan penelitian Lixia Liao dkk, kenaikan suhu saat proses pengisian salah satunya diakibatkan elektrolit dari baterai *Lithium ion* yang mempunyai sifat ketika kepadatan elektrolit dan sifat konduksi bahan bertambah akan otomatis menaikkan suhu baterai [16].

Nilai tegangan pada proses pengisian meningkat di semua sel baterai. Peningkatan tegangan diimbangi dengan peningkatan suhu baterai rakitan yang diamati selama 60 menit. Peningkatan tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 7 dipengaruhi oleh mode pengisian CC-CV yang dapat otomatis berubah dari CV ke CC lalu kembali ke CV. Mode ini membantu pengisian baterai lebih efisien dan aman [17]. Perbedaan data tegangan telah dikalkulasi sesuai persamaan (3) dan (4). Secara umum terdapat error pada proses pengisian baterai sebesar  $\leq 1\%$ . Kalkulasi tingkat akurasi data mencapai  $\geq 99\%$ .

## PENUTUP

### Simpulan

Rancangan alat *Monitoring* baterai rakitan telah dibuat. Pengembangan alat mengadaptasi metode ADDIE dan tiap proses telah dilakukan. Metode ADDIE merupakan metode kerangka desain yang memuat proses analisis, desain, *development, implementation, dan evaluation*. Pada tahap terakhir menghasilkan evaluasi data dengan tingkat *error* sangat kecil dan akurasi data tinggi pada saat baterai mengalami proses pengosongan dan pengisian yang masing-masing mencapai  $\leq 1\%$  dan 99% secara berturut-turut. Berdasarkan tingkat *error* dan akurasi data pengukuran alat yang dihasilkan dari *Monitoring* dibandingkan dengan data alat ukur, maka dapat disimpulkan bahwa alat *Monitoring* baterai bekerja secara fungsional dan akurat.

### Saran

Dalam pengembangan alat *Monitoring* baterai diperlukan data logger *real-time* yang memuat parameter kondisi baterai hingga posisi baterai berada dalam status atau mode apa dapat tercatat dan terekam. Data-data

tersebut terkoneksi dengan gawai sehingga *Monitoring* kondisi baterai rakitan khususnya yang dipakai pada kendaraan listrik dapat efektif dan aman sehingga mencegah kerusakan lebih parah pada baterai yang mempengaruhi performa kendaraan listrik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS. 2024. *Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi dan Jenis Kendaraan (unit) 2023*. URL: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VjJ3NGRGa3dkRk5MTIU1bVNFOTVVbmQyVURSTVFUMDKjMw==/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-provinsi-dan-jenis-kendaraan--unit---2023.html?year=2023>. Diakses tanggal 15 Oktober 2024.
- [2] Peraturan Presiden. 2019. Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk Transportasi Jalan. Pemerintah Pusat. Jakarta.
- [3] A. T. Zain, D.D. Suranto, C. N. Karimah, F. A. Azhar and D. A. Tyagita, " Analysis of *Lithium-Ion* Battery Consumption for Three-Wheeled Electric Vehicle with Variations in Weight and Speed", *Proceedings on 7<sup>th</sup> Mechanical Engineering, Science and Technology Conference*, 21-22 December 2023, Surakarta, Indonesia, doi: 10.3390/engproc2024063013.
- [4] L. Tamilsina, P. R. Badr, P. H. Hoang, G. Ozkan, B. Papari and C. S. Edrington, 2023, "Battery Degradation in Electric Hybrid Electric Vehicle: A Survey Study", on *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 42431 - 42462
- [5] C. N. Karimah, A. T. Zain, and A. L. Nofiansyah, 2023, "Analisa Baterai Sebagai Sumber Kelistrikan Kendaraan Roda Dua Ditinjau Dari Kapasitas Dan Efisiensi", pada *Jurnal Teknik Terapan*, Vol. 2, doi: 10.25047/jteta.v2i1.24.
- [6] R. R. Kumar, C. Bharatiraja, K. Udhayakumar, S. Devakirubakaran, K. S. Sekar and L. Mihet-popa, 2023, " Advances in Batteries, Battery Modeling, Battery Management System, Battery Thermal Management, SOC, SOH, and Charge/Discharge Characteristics in EV Applications", on *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 105761 - 105809.
- [7] S. A. Hasib, S. Islam, R. K. Chakraborty, M. J. Ryan, D. K. Saha, H. Ahmed, S. I. Moyeen, S. K. Das, F. Ali, R. Islam, Z. Tasneem and F. R. Badal, 2021, "A Comprehensive Review of Available Battery Datasets, RUL Prediction Approaches, and Advanced Battery Management", on *IEEE Access*, Vol. 9, pp. 86166 - 86193.
- [8] Y. Zeng, B. Zhang, Y. Fu, F. Shen, Q. Zheng, D. Chalise, R. Miao, S. Kaur, S. D. Lubner, M. C. Tucker, V. Battaglia, C. Dames and R. S. Prasher, 2023. " Extreme fast charging of commercial Li-ion batteries via combined thermal switching and self-heating approaches", on *Nature Communications*, 14:3229, doi: 10.1038/s41467-023-38823-9
- [9] H. Hendaryanti, M. Pamungkas, I. S. Aisyah dan M. H. Rusmana, 2022, "Pengaruh Variasi Ketebalan Plat Aluminium T42 Terhadap Kekuatan Tarik dan Makrografi pada Proses Resistansi Spot Welding", pada *Jurnal Terapan Teknik Mesin*, Vol. 3, pp. 96-107.
- [10] I. N. Haq, E. Leksono, M. Iqbal, FX. N. Soelami, Nugraha, D. Kurniadi, B. Yulianto, "Development of Battery Management System for Cell *Monitoring* and Protection", *Proceeding on IEEE International Conference on Electrical Engineering and Computer Science*, 24-25 November 2014, Bali, Indonesia, 978-1-4799-8478-7/14/\$31.00.
- [11] D. F. Arfianto, D. A. Asfani dan D. Fahmi, 2016, "Pemantauan, Proteksi, dan Ekualisasi Baterai *Lithium Ion* Tersusun Seri Menggunakan Konverter Buck-Boost dan LC Seri dengan Kontrol Synchronous Phase Shift", pada *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 5(2), pp. 2337-3539
- [12] T. A. F. Chamila, T. Rijanto dan P. Puspitaningayu, 2024, "Evaluasi Kinerja *Prototype Monitoring* Battery Pack Pada Maintenance Bus Listrik PT XYZ", pada *Jambura Journal of Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 6, pp. 2654-7813
- [13] U. Nursusanto, Khairunnisa dan Hartoyo, 2024, "Real Time Battery *Monitoring* Control in Mini Generating System", pada *Jurnal Edukasi Elektro*, Vol. 6(2), pp. 96-104.
- [14] L. Liao, P. Zuo, Y. Ma, X. Chen, Y. An, Y. Gao, and G. Yin, 2011, "Effect of Temperature on Charge/Discharge Behaviors of LiFePO<sub>4</sub> Cathode for Li-ion Battery", on *Electrochimica Acta*, Vol. 6, pp. 269–273, doi: 10.1016/j.electacta.2011.11.041
- [15] B. W. A. Mahardika, T. Andromeda dan Sudjadi, 2020, "Perancangan Sistem Charging Baterai Menggunakan DC-DC Buck Converter Metode Constant Current (CC) dan Constant Voltage (CV)", pada *Transient*, Vol. 9(3), pp. 2685-0206
- [16] D. Harjono, W. Widodo, H. Sugiarto dan A. Bakar, 2022, "Analisa Kapasitas dan Pengisian Baterai pada Mobil Listrik Ponocar", pada *Electrotechnics And Information Technology*, Vol. 3(1), pp. 2721-5636.
- [17] L. Patnaik, A. V. J. S. Praneeth and S. S. Williamson, 2018, "A Closed-Loop Constant-Temperature Constant-Voltage Charging Technique to Reduce Charge Time of *Lithium-ion* Batteries