

Pengisian Baterai Ion Litium dengan Variasi Arus Menggunakan Modul TP4056 dan TP5100

Septia Refly^{1*}, Gandhi Rizky Mahendro Putra¹ dan Hollanda Arief Kusuma¹

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Maritim Raja Ali Haji

ARTICLE INFO

Riwayat Artikel:

Draft diterima: 11 Februari 2025

Revisi diterima: 9 September 2025

Diterima: 18 September 2025

Tersedia Online: 24 Oktober 2025

Corresponding author: septiarefly@umrah.ac.id

ABSTRAK

Kecepatan pengisian baterai ion litium bergantung pada arus yang digunakan. Semakin besar arus, semakin cepat waktu pengisian. Namun, hal ini dapat meningkatkan suhu permukaan baterai, berpotensi merusak material hingga menyebabkan ledakan. Oleh karena itu, pengukuran suhu selama pengisian penting dilakukan. Penelitian ini mengukur suhu permukaan baterai menggunakan sensor DS18B20 dengan modul TP4056 dan TP5100 sebagai sumber arus. Modul TP4056 digunakan untuk arus 880,9 mA; 982,30 mA; dan 1134,40 mA, sedangkan TP5100 digunakan untuk arus 1323,80 mA. Pengisian dengan arus 1328,38 mA membutuhkan waktu tercepat, yaitu 3-4 jam. Pengukuran suhu menunjukkan bahwa arus 880,0 mA-1328,38 mA tidak menyebabkan kenaikan suhu signifikan. Suhu maksimum pada pengukuran pertama dan kedua dengan arus 982,30 mA masing-masing adalah 34,4 °C dan 36,2 °C. Pada pengukuran ketiga, suhu maksimum mencapai 35,5 °C dengan arus 1328,38 mA. Perbedaan suhu antar variasi arus tidak signifikan dan masih berada di bawah batas suhu maksimal pengisian baterai ion litium.

Kata kunci: variasi arus, suhu, baterai ion litium, TP4056, TP5100.

ABSTRACT

The charging speed of lithium-ion batteries depends on the applied current, with higher currents resulting in faster charging. However, higher currents can increase the surface temperature, potentially damaging components or causing safety hazards. This study measured the surface temperature of lithium-ion batteries using the DS18B20 sensor. The TP4056 module was used for currents of 880.9 mA, 982.30 mA, and 1134.40 mA, while the TP5100 module was used for a current of 1323.80 mA. Charging at 1328.38 mA required the shortest time, approximately 3-4 hours. Temperature measurements showed no significant increase across the range of 880.0-1328.38 mA. For 982.30 mA, the first and second measurements recorded maximum temperatures of 34.4 °C and 36.2 °C, respectively. In the third measurement at 1328.38 mA, the maximum temperature reached 35.5 °C. Overall, the temperature variations remained below the maximum safe limit for lithium-ion battery charging.

Keywords: current variation, temperature, lithium-ion battery, TP4056, TP5100.

1. PENDAHULUAN

Baterai ion litium merupakan baterai isi ulang yang memiliki kelebihan, seperti kapasitas daya tinggi, rentang pengisian yang luas, tidak memiliki efek memori, *self-discharge* yang rendah, serta daya tahan yang lama [1], [2]. Baterai ini mengandalkan transfer ion litium selama proses pengisian dan pengosongan. Komponen katoda, anoda, elektrolit dan separator pada baterai juga berperan penting dalam mekanisme kerja baterai ion litium. Pada saat proses pengisian baterai, dua elektroda dihubungkan dengan sumber listrik eksternal yang menyebabkan elektron lepas dari katoda dan pindah secara eksternal ke anoda. Secara bersamaan, ion litium bergerak ke arah yang sama, tetapi secara internal dari katoda ke anoda melalui elektrolit. Sementara itu, proses pengosongan terjadi sebaliknya, yaitu elektron berpindah dari anoda ke katoda melalui beban eksternal, dan ion litium bergerak dari anoda ke katoda dalam elektrolit [3].

Arus listrik yang digunakan selama proses pengisian baterai dapat divariasikan sesuai dengan kapasitas baterai. Semakin besar arus yang diberikan, semakin singkat pula waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai. Pada tahap awal pengisian, mode pengisian yang digunakan adalah *constant current* (CC), kemudian dilanjutkan dengan *constant voltage* (CV). Mode CC merupakan metode operasi dimana arus yang mengalir melalui beban tetap konstan dari sirkuit catu daya, sedangkan metode

CV merupakan mode operasi di mana tegangan yang diberikan pada beban tetap konstan dari sirkuit catu daya [4]. Selain itu, dalam proses pengisian dan pengosongan baterai dikenal istilah *C-rate*, yaitu besarnya arus yang diberikan untuk memenuhi kapasitas baterai [2], [5].

Arus pengisian baterai yang bervariasi dapat menggunakan modul TP4056 dan modul TP5100. Perbedaan antara kedua modul ini terletak pada arus maksimum yang dapat disediakan. Modul TP4056 memiliki arus pengisian maksimal sebesar 1 A, sedangkan modul TP5100 memiliki arus maksimal 2 A. Modul ini memiliki skema perlindungan baterai, yaitu akan terputus apabila baterai dalam kondisi penuh, dan akan bekerja kembali saat baterai dalam keadaan kosong [6]. Penelitian sebelumnya yang dilakukan [7] menggunakan modul TP4056 dalam proses pengisian baterai ion litium. Hal serupa juga dilakukan pada penelitian oleh [6], yang menggunakan modul TP5100. Kedua penelitian tersebut belum melakukan perubahan terhadap nilai arus yang diakomodasi oleh kedua modul ini, melainkan hanya menggunakan arus bawaan dari modul. Padahal, arus yang dihasilkan oleh modul TP4056 maupun TP5100 dapat disesuaikan dengan kebutuhan dengan cara mengganti resistor yang tersedia. Selain itu, perbandingan waktu pengisian dengan menggunakan arus berbeda juga belum dilakukan.

Penggunaan arus pengisian yang besar akan berdampak pada peningkatan suhu pada baterai [5], [8]. Oleh karena itu, monitoring suhu selama proses pengisian baterai perlu dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menghindari dampak negatif akibat suhu berlebih saat pengisian, seperti *overcharge*, *short-circuit*, percepatan degradasi baterai, bahkan kerusakan atau risiko terbakar [5], [9]. Selain itu, pemantauan suhu juga berguna untuk mengetahui apakah variasi arus pengisian yang digunakan menyebabkan peningkatan suhu yang signifikan atau tidak. Pada saat pengisian, suhu baterai yang diperbolehkan berkisar antara 0°C hingga 45°C, sedangkan pada saat pengosongan, suhu berkisar antara -20°C hingga 60°C [2], [10].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan alat pengisian baterai dengan arus bervariasi menggunakan modul TP4056 dan TP5100. Alat yang dikembangkan dilengkapi dengan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu permukaan baterai ion litium selama proses pengisian dengan arus bervariasi. Sensor ini memiliki keunggulan dari segi keandalan, fleksibilitas dan presisi. Menurut [11], [12], sensor DS18B20 memiliki keunggulan dibandingkan sensor LM35 dalam hal akurasi dan presisi, dengan rentang akurasi sebesar 81,62-99,99% dan presisi 99,84-99,85%. Pada penelitian ini, modul TP4056 digunakan untuk menyuplai arus pengisian 880,9 mA, 982,30 mA, 1134,40 mA, sedangkan modul TP5100 digunakan untuk menyuplai arus pengisian sebesar 1323,80 mA. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali untuk memperoleh data perubahan suhu selama proses pengisian baterai. Selain itu, waktu pengisian baterai juga diukur agar dapat diketahui pengaruh arus terhadap lama waktu pengisian.

2. METODE PENELITIAN

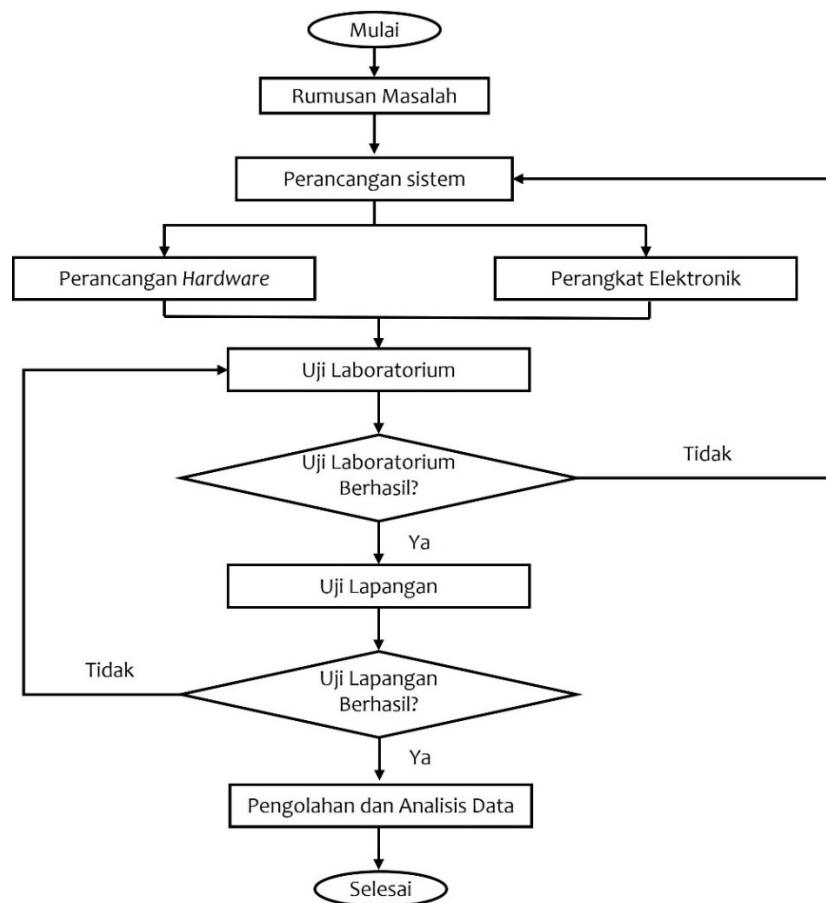
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Energi Baru Terbarukan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, pada bulan Januari hingga Juni 2024. Penelitian diawali dengan perancangan sistem, yang terdiri atas *hardware* dan perancangan elektronik. Perancangan *hardware* meliputi penataan komponen, seperti sensor suhu DS18B20, Modul TP4056, Modul TP5100, Mikrokontroler ESP32, TFT LCD, dan baterai ion litium 18650 dengan kapasitas 2750 mAh. Sementara itu, perancangan elektronik mencakup perancangan kelistrikan alat dan penentuan pin yang digunakan pada setiap komponen. Tahap berikutnya adalah uji laboratorium, yang terdiri atas uji fungsional dan kalibrasi. Apabila hasil uji laboratorium tidak memenuhi kriteria, maka dilakukan perbaikan pada tahap perancangan sistem. Namun, apabila hasil uji laboratorium berhasil, penelitian dilanjutkan ke uji lapangan. Uji lapangan dilakukan sebanyak 3 kali. Data yang diambil berupa suhu dan arus selama proses pengisian baterai ion litium. Pengambilan data suhu menggunakan sensor DS18B20, sedangkan dengan variasi arus menggunakan modul TP4056 dan modul TP5100. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

1. Perancangan Sistem

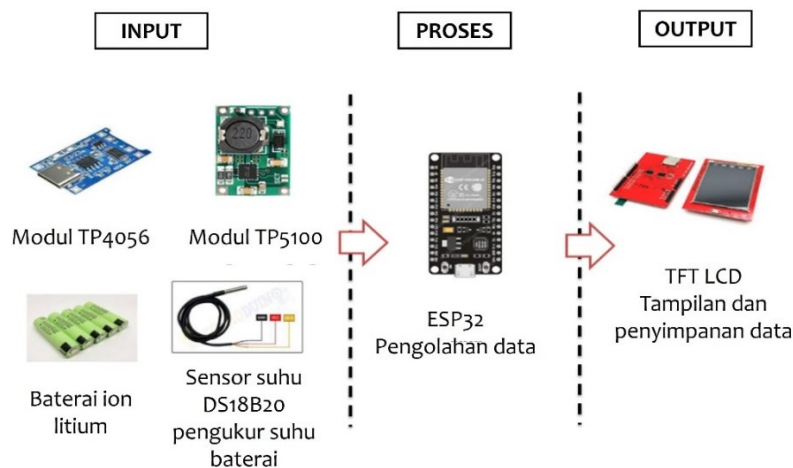
Pada Gambar 2, sistem yang dirancang terdiri atas tiga bagian utama, yaitu input, proses dan output. Bagian input berasal dari modul TP4056 dan TP5100, baterai ion litium, dan sensor suhu DS18B20. Data yang diperoleh dari komponen input kemudian diproses oleh ESP32 sebagai mikrokontroler. Selanjutnya, hasil pemrosesan data ditampilkan pada layar TFT LCD dan disimpan dalam kartu micro SD yang terintegrasi dengan TFT LCD.

2. Uji Laboratorium

Uji fungsional alat pengukur suhu baterai ion litium dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja sesuai dengan fungsinya dan memenuhi kebutuhan pengguna. Proses pengecekan dilakukan dengan menggunakan *library* dan *example* pada *software* Arduino IDE untuk masing-masing komponen yang digunakan. Kalibrasi sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor tersebut dengan data suhu yang diperoleh dari termometer air raksa. Tujuan kalibrasi ini adalah mengetahui tingkat akurasi sensor DS18B20 yang digunakan. Pengambilan data suhu air menggunakan termometer air raksa dilakukan secara bersamaan dengan pengambilan data suhu sensor DS18B20.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

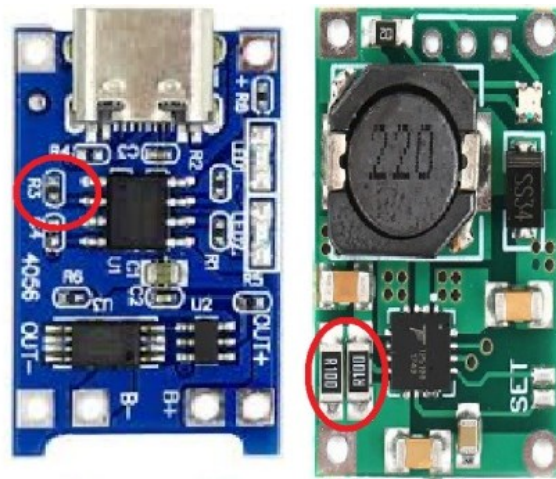


Gambar 2. Diagram Perancangan Sistem

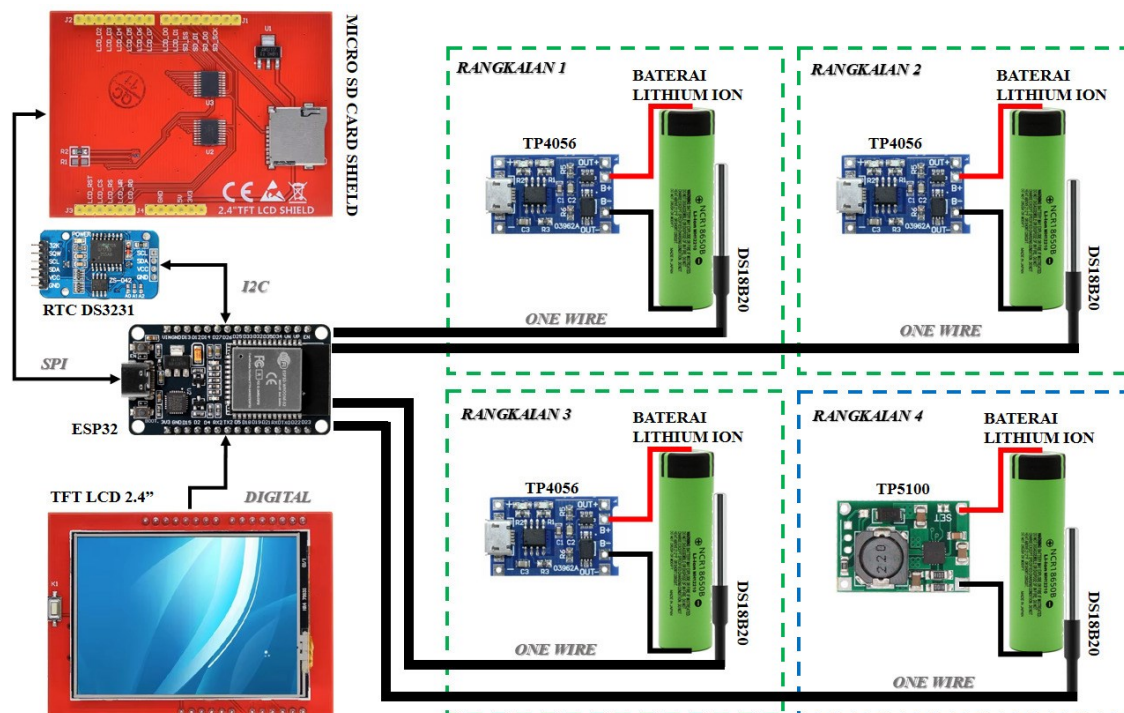
3. Uji Lapangan

Uji lapangan dilakukan sebanyak 3 kali, dengan pengisian baterai menggunakan arus bervariasi. Untuk menghasilkan arus yang diinginkan, resistor R_3 pada modul TP4056 dan R_{100} paralel pada modul TP5100 diganti dengan nilai yang sesuai, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Resistor awal pada modul TP4056 bernilai $1200\ \Omega$ dan $0,1\ \Omega$ pada modul TP5100. Arus sebesar $880,90\ \text{mA}$ diperoleh dengan mengganti resistor menjadi $1500\ \Omega$, $982,30\ \text{mA}$ diperoleh dengan resistor $1200\ \Omega$, arus $1134,40\ \text{mA}$ diperoleh dengan resistor $750\ \Omega$, dan arus $1323,80\ \text{mA}$ diperoleh dengan mengganti nilai resistansi $0,05\ \Omega$. Pengisian baterai ion litium dengan arus $880,90\ \text{mA}$, $982,30\ \text{mA}$ hingga $1134,40\ \text{mA}$ dilakukan menggunakan modul TP4056, sedangkan pengisian dengan arus $1323,80\ \text{mA}$ menggunakan modul TP5100. Proses pengisian dilakukan secara bersamaan dengan rangkaian uji

seperti ditunjukkan pada Gambar 1 Gambar 4. Data suhu yang diukur oleh sensor DS18B20 disimpan di micro SD dan ditampilkan melalui layar TFT LCD. Rangkaian 1, 2 dan 3 merepresentasikan pengisian dengan arus 880,90 mA, 982,30 mA dan 1134,40 mA menggunakan modul TP4056, sedangkan Rangkaian 4 merupakan pengisian dengan arus 1323,80 mA menggunakan modul TP5100.



Gambar 3. Peletakan resistor untuk mengubah nilai arus masukan pada modul TP4056 dan TP5100



Gambar 4. Skematik rangkaian pada uji lapangan

4. Analisis Data

Data kalibrasi sensor dianalisis untuk menghitung akurasi dan error menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) berdasarkan Persamaan (1), (2) dan (3) secara berurutan [13]. Nilai n pada Persamaan (3) menunjukkan jumlah data. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin akurat data prediksi yang diperoleh [14]. Hubungan linier antara kalibrator dan sensor menggunakan regresi linier pada Persamaan (4) di mana a merupakan kemiringan garis kalibrasi, b nilai intercept, x adalah pembacaan nilai kalibrator, dan y pembacaan nilai sensor [15].

$$\%Error = \left| \frac{\text{data kalibrator} - \text{data sensor}}{\text{data kalibrator}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

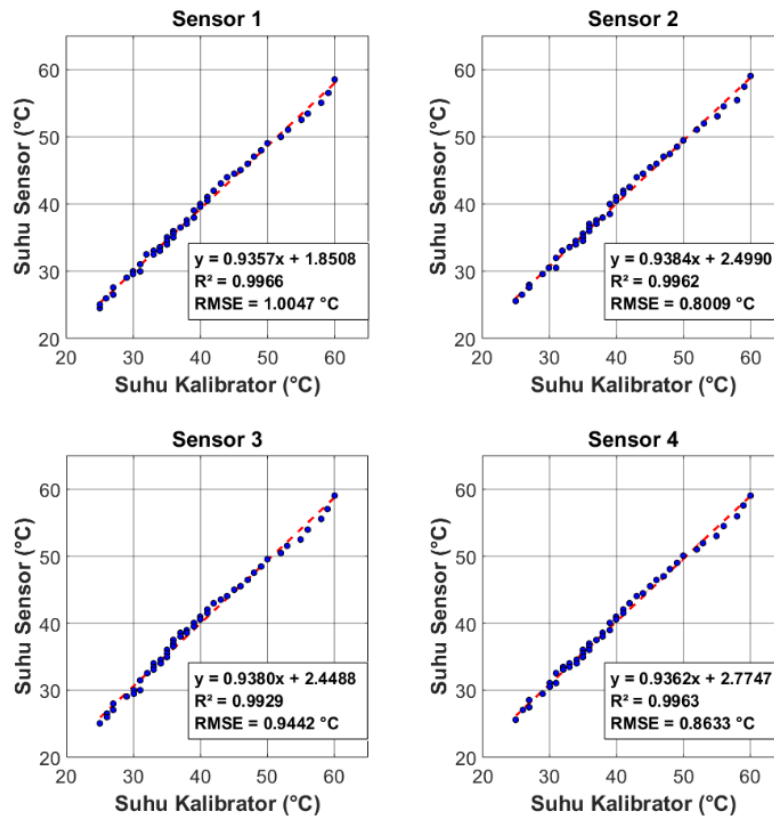
$$\%Akurasi = 100\% - \%Error \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{data kalibrator} - \text{data sensor})^2}{n}} \quad (3)$$

$$Y = ax + b \quad (4)$$

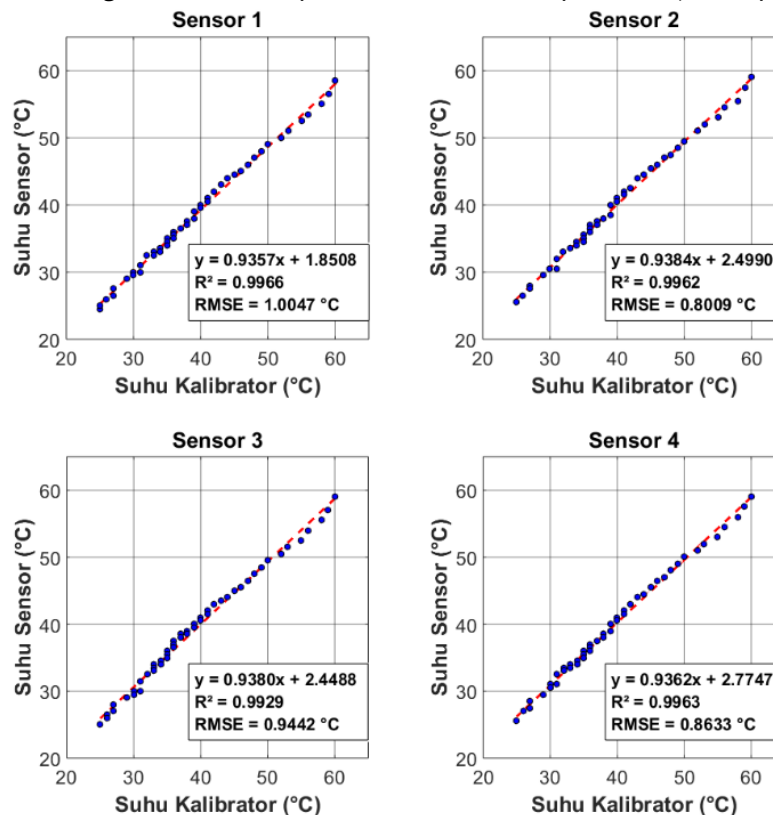
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum sensor suhu DS18B20 digunakan, dilakukan kalibrasi dengan menmbandingkan data hasil pengukuran suhu air panas dari 60 °C sampai 25 °C menggunakan thermometer air raksa. Terdapat empat sensor yang dikalibrasi, masing-masing dilabeli sebagai Sensor 1, Sensor 2, Sensor 3, dan Sensor 4.



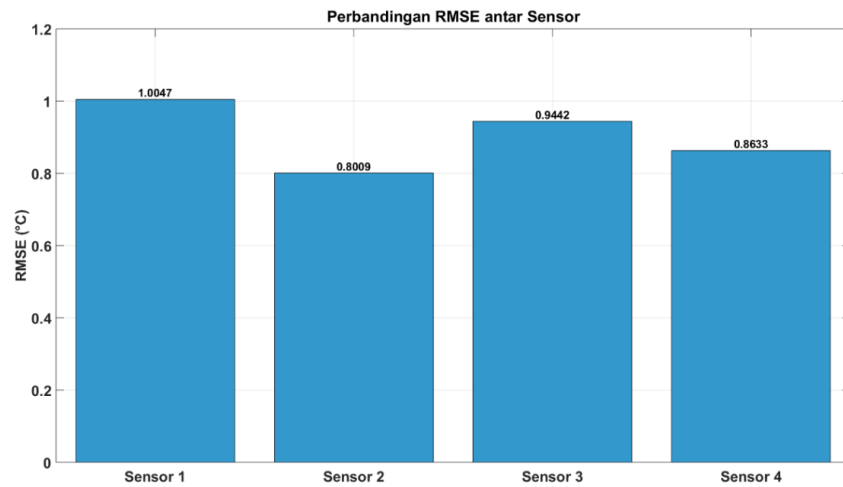
Gambar 5. Regresi linier sensor DS18B20 dengan thermometer

Hasil pengukuran error dan akurasi sensor menunjukkan bahwa sensor memiliki error sebesar 2 % dan akurasi sebesar 98%. Hasil regresi linier menghasilkan bentuk persamaan berbeda, seperti ditunjukkan pada Gambar



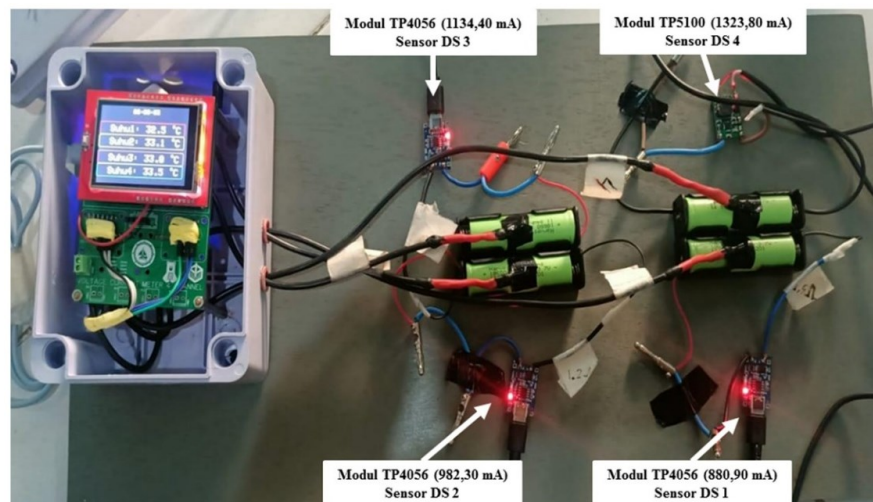
5

Gambar 5, dengan koefisien determinasi yang mendekati 1. Persamaan regresi Sensor 1 adalah $y = 0,9357x + 1,8508$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9966$. Persamaan regresi Sensor 2 adalah $y = 0,9384x + 2,499$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9962$. Persamaan regresi Sensor 3 adalah $y = 0,938x + 2,4488$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9929$. Terakhir persamaan regresi untuk Sensor 4 adalah $y = 0,9362x + 2,7747$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9963$. Nilai koefisien determinasi yang mendekati 1 menunjukkan bahwa pembacaan suhu pada sensor suhu DS18B20 mendekati nilai kalibrator [16]. Keakuratan sensor juga didukung oleh nilai RMSE yang kecil. Secara berurutan, nilai RMSE sensor DS18B20 adalah 1,0047 $^{\circ}\text{C}$; 0,8009 $^{\circ}\text{C}$; 0,9442 $^{\circ}\text{C}$; 0,8633 $^{\circ}\text{C}$ seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Setelah sensor suhu dipastikan akurat, sensor diletakkan di atas permukaan baterai ion litium untuk membaca suhu selama proses pengisian baterai. Baterai yang akan diisi terlebih dahulu dikosongkan hingga tegangan 1,62 V. Terdapat 4 baterai yang diisi dengan arus yang berbeda, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Perbandingan RMSE antar sensor

Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali dengan menggunakan arus yang berbeda. Setelah baterai terisi penuh pada pengukuran pertama, baterai dikosongkan kembali hingga mencapai tegangan 1,62 V. Proses ini diulangi sebanyak tiga kali. Hasil yang diperoleh, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, menunjukkan bahwa semakin besar arus yang digunakan saat pengisian, semakin singkat waktu yang diperlukan. Hal ini sesuai dengan literatur [17], [18], [19]. Modul TP5100 dengan arus 1323,80 mA memiliki waktu pengisian tersingkat dibandingkan dengan modul TP4056 yang beroperasi pada arus yang lebih rendah. Sementara itu, modul TP4056 dengan arus pengisian 1134,30 mA menunjukkan efisiensi pengisian yang lebih baik dibandingkan dua kondisi arus lainnya, yaitu 880,90 mA dan 982,30 mA.



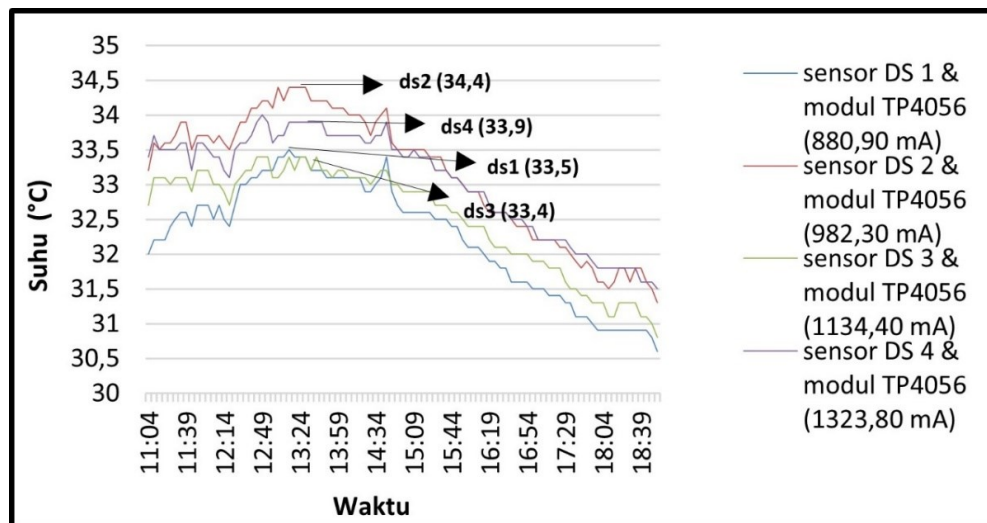
Gambar 7. Pengukuran Suhu dan Monitoring Pengisian Baterai Ion Litium

Tabel 1. Hasil pengukuran waktu pengisian baterai ion litium dengan modul TP4056 dan TP5100

No.	Pengukuran ke-	Modul	Waktu
1	Pengukuran Pertama	TP4056(1) (880,90 mA)	7 jam 50 menit
		TP4056(2) (982,30 mA)	7 jam 50 menit
		TP4056(3) (1134,30 mA)	6 jam 37 menit
		TP5100(4) (1323,80 mA)	4 jam 40 menit
2	Pengukuran Kedua	TP4056(1) (880,90 mA)	6 jam 55 menit
		TP4056(2) (982,30 mA)	6 jam 10 menit
		TP4056(3) (1134,30 mA)	4 jam 20 menit

3	Pengukuran Ketiga	TP5100(4) (1323,80 mA)	3 jam 15 menit
		TP4056(1) (880,90 mA)	6 jam 20 menit
		TP4056(2) (982,30 mA)	6 jam 20 menit
		TP4056(3) (1134,30 mA)	4 jam 25 menit
		TP5100(4) (1323,80 mA)	3 jam 40 menit

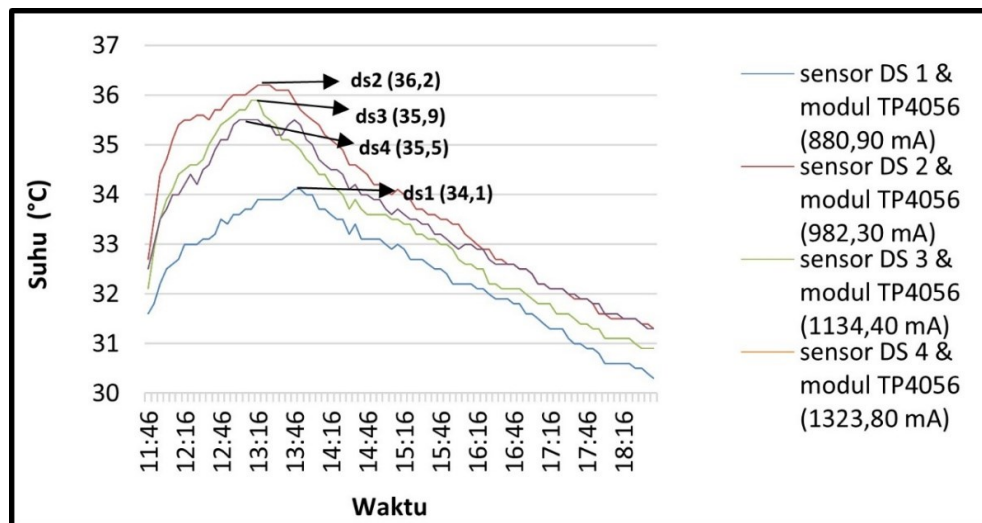
Pembacaan suhu pada pengukuran pertama (Gambar 8) menunjukkan bahwa suhu yang terbaca selama proses pengisian menggunakan arus 982,3 mA memiliki suhu maksimum tertinggi, yaitu sebesar 34,4 °C, dibandingkan pengisian menggunakan arus lainnya. Sementara itu, pengisian dengan arus 1134,40 mA memiliki suhu maksimum terendah, yaitu sebesar 33,4 °C. Pengukuran kedua (Gambar 9) menunjukkan bahwa suhu maksimum terjadi pada arus pengisian 982,30 mA dengan nilai sebesar 36,2 °C, sedangkan suhu terendah terjadi pada arus pengisian 880,90 mA dengan nilai sebesar 34,1 °C. Selanjutnya, pengukuran ketiga (Gambar 10) menunjukkan bahwa pengisian menggunakan arus 1323,80 mA menghasilkan suhu maksimum sebesar 35,5 °C, dan suhu terendah terjadi pada arus pengisian 880,90 mA dengan nilai sebesar 34,1 °C.



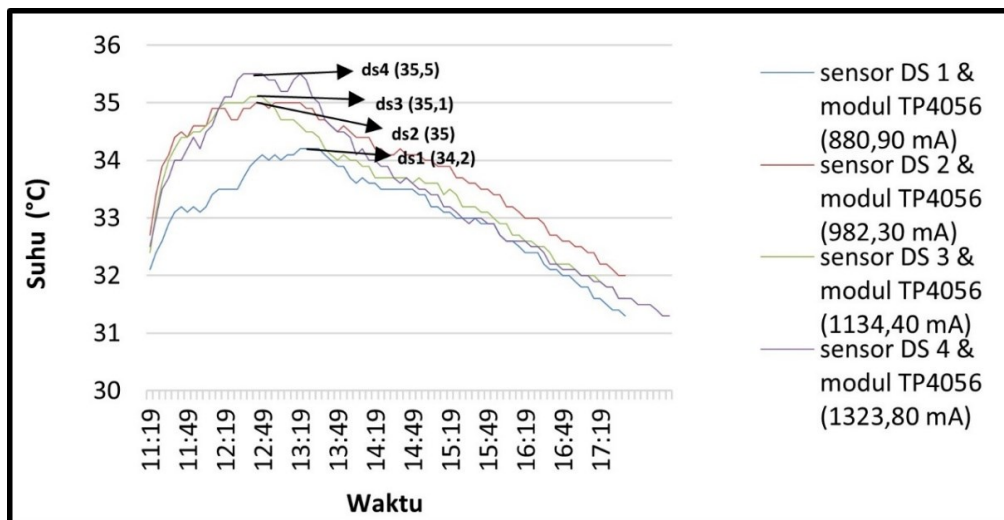
Gambar 8. Suhu baterai selama pengukuran pertama

Berdasarkan hasil dari tiga pengukuran tersebut, suhu maksimum yang terbaca selama proses pengisian baterai masih tergolong normal, yaitu dibawah 45°C. Nilai pembacaan yang fluktuatif kemungkinan disebabkan oleh pengaruh suhu ruangan dan posisi peletakan baterai saat pengisian. Suhu permukaan baterai pada siang hari mencapai nilai maksimum pada rentang Pukul 13.00-14.00 WIB, dan mengalami penurunan mendekati malam hari (18.00-18.30 WIB) ketika baterai mendekati posisi penuh. Selain disebabkan oleh suhu ruangan yang lebih rendah pada malam hari, hal ini juga terjadi karena baterai berada pada proses *constant voltage* (CV) [18]. Hasil ini sejalan dengan penelitian [20] yang menyatakan bahwa terdapat korelasi antara besar arus pengisian dan kenaikan temperatur pada baterai. Selama proses *Constant Current* (CC), temperatur meningkat akibat akumulasi panas, sedangkan pada proses CV (arus mengalami penurunan), temperatur juga mengalami penurunan. Posisi baterai yang saling berdekatan saat pengisian menyebabkan suhu antar baterai saling mempengaruhi. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan pengisian baterai menggunakan arus 2000 mA dengan charger Liitokala, yang menghasilkan suhu minimum sebesar 30 °C dan suhu maksimum sebesar 41 °C. Waktu pengisian yang dibutuhkan lebih singkat dibandingkan dengan pengisian menggunakan arus pada modul TP4056 dan TP5100, yaitu 1 jam 40 menit.

Penggunaan arus dengan rentang 880,90 mA hingga 2000 mA tidak menyebabkan peningkatan suhu yang ekstrem selama pengisian. Namun, apabila arus dinaikkan, suhu akan meningkat pula, yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada sel-sel baterai. Oleh karena itu, penting untuk menjaga suhu tetap berada di bawah batas yang ditentukan selama proses pengisian guna memastikan keamanan serta performa optimal baterai ion litium [5].



Gambar 9. Suhu baterai selama pengukuran kedua



Gambar 10. Suhu baterai selama pengukuran ketiga

6. SIMPULAN

Perangkat pengisian baterai ion litium dengan pengukur suhu permukaan baterai telah berhasil dikembangkan. Modul TP4056 dan TP5100 mampu mengisi baterai secara stabil. Pengisian baterai menggunakan modul TP5100 dengan arus sebesar 1323,80 mA memerlukan waktu pengisian paling singkat. Berdasarkan tiga kali pengukuran, pengisian dengan rentang arus 880,9 mA sampai 1323,80 mA tidak menimbulkan panas yang berlebihan. Dari hasil pengujian, suhu maksimum yang tercatat selama 3 kali pengukuran adalah sebesar 36,2 °C, yaitu pada pengukuran kedua dengan arus pengisian sebesar 982,30 mA. Sementara itu, suhu minimum tercatat sebesar 31,6 °C, yaitu pada pengukuran kedua dengan arus pengisian sebesar 880,90 mA.

7. REFERENSI

- [1] S. Bak et al., "Structural Changes and Thermal Stability of Charged LiNi," *Appl. Mater. Interfaces*, vol. 6, no. 24, pp. 22594–22601, 2014.
- [2] S. Ma et al., "Temperature effect and thermal impact in lithium-ion batteries: A review," *Prog. Nat. Sci. Mater. Int.*, vol. 28, no. 6, pp. 653–666, 2018.
- [3] D. Deng, "Li-ion batteries: Basics, progress, and challenges," *Energy Sci. Eng.*, vol. 3, no. 5, pp. 385–418, 2015.
- [4] R. Kristiyono, B. Nugroho, and B. Supriyanto, "Automatic Charging Battery Lithium Untuk Kendaraan Listrik," *Teknika*, vol. 7, no. 4, pp. 236–242, 2022.
- [5] A. Anshori, B. Siswojo, and R. N. Hasanah, "Teknik Fast Charging Baterai Lithium-Ion Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.)*, vol. 7, no. 1, pp. 26–37, 2020.

- [6] C. Shaputra and R. Rasyid, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Piezoelektrik dengan Modul Charging TP5100 pada Bangunan Groin Pemecah Ombak Pantai Padang," *J. Fis. Unand*, vol. 8, no. 4, pp. 342–347, 2019.
- [7] M. I. Fauzi, Y. Shalahuddin, and D. Erwanto, "Perancangan Solar Garden System untuk Penerangan dan Pengisian Daya Handphone pada Taman Terbuka Hijau," *Fuse-teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, p. 70, 2022.
- [8] SAHADA, P. A. Topan, M. Hidayatullah, and D. Maulidyawati, "Analisis Nilai Resistansi Internal Sebagai Indikator State of Health (Soh) Pada Baterai Lithium Polymer (Li-Po) Menggunakan Resistor," *J. Altron; J. Electron. Sci. Energy Syst.*, vol. 2, no. 02, pp. 145–154, 2023.
- [9] A. R. Hisan, I. P. Handayani, R. F. Iskandar, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Perancangan Dan Realisasi Sistem Manajemen Termal Baterai Lithium Ion Menggunakan Metode Pendinginan Semi-Pasif Designing and Realization of Battery Thermal Management System," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 4948–4955, 2016.
- [10] A. Kurniawan, "Analisis Laju Perpindahan Panas pada Baterai Ion Lithium 18650 terhadap Beban Keluarannya dengan Metode Numerik," *J. Mech. Des. Test.*, vol. 2, no. 2, p. 87, 2020.
- [11] Y. A. Kurnia Utama, "Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini," *e-NARODROID*, vol. 2, no. 2, 2016.
- [12] B. Y. Prasetyo, M. Arman, and G. P. Darmawan, "Perbandingan Karakteristik Sensor Temperatur LM35 dan DS18B20 Pada Simulator Cerobong Tata Udara," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 13, no. 01, pp. 553–557, 2022.
- [13] Wahyudi, Jumrianto, and A. Syakur, "Kalibrasi Sensor Tegangan dan Sensor Arus dengan Menerapkan Rumus Regresi Linear menggunakan Software Bascom AVR Info Articles," *J. Syst. Inf. Technol. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2020 [Online]. Available: <http://e-journal.ivet.ac.id/index.php/jsitee>.
- [14] Q. Zhang, H. Wang, J. Dong, G. Zhong, and X. Sun, "Prediction of Sea Surface Temperature Using Long Short-Term Memory," *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 14, no. 10, pp. 1745–1749, 2017.
- [15] G. M. Spinelli and Z. L. Gottesman, "A low-cost Arduino-based datalogger with cellular modem and FTP communication for irrigation water use monitoring to enable access to CropManage," *HardwareX*, vol. 6, p. e00066, 2019.
- [16] A. V. Rachmawati, M. Yantidewi, and Penelitian, "Analisis Kalibrasi Sensor BME280 dengan Pendekatan Regresi Linear pada Pengukuran Temperatur, Kelembaban Relatif, dan Titik Embun," *J. Kolaboratif Sains*, vol. 7, no. 5, pp. 1589–1597, 2024.
- [17] J. T. S. K. R. F. D. Unang Achlison, "Analisis Pengisian Baterai berbasis Arus dan Tegangan pada Baterai Kendaraan Listrik," *J. Elektron. Dan Komput.*, vol. 16, no. 2, pp. 430–433, 2023.
- [18] Devyna Lufhf and B. Wahyudi, "Studi Optimasi Pengaruh Sisa Kapasitas dan Arus Pengisian Terhadap Keandalan Individu Baterai LiFePO4 3,2V 6AH," *J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 3, p. 10, 2024.
- [19] G. J. Chen, C. L. Liu, Y. H. Liu, and J. J. Wang, "Implementation of Constant Temperature–Constant Voltage Charging Method with Energy Loss Minimization for Lithium-Ion Batteries," *Electron.*, vol. 13, no. 3, 2024.
- [20] T. M. M. Heenan et al., "Mapping internal temperatures during high-rate battery applications," *Nature*, vol. 617, no. 7961, pp. 507–512, 2023.