

Battery Management System dengan Fitur *Adaptive Current Protection* Terhadap Suhu

Ade Mahendra Fata¹, Jefri Lianda², Hikmatul Amri³, Adam⁴, Khairudinsyah⁵

¹Jurusan Teknik Listrik, Politeknik Negeri Bengkalis, Riau, Indonesia

^{2,3,4,5}Jurusan Teknik Listrik, Politeknik Negeri Bengkalis, Riau, Indonesia

¹ [*ademahendrafata37@gmail.com](mailto:ademahendrafata37@gmail.com),

Abstrak: Perancangan dan pengembangan Battery Management System (BMS) dengan fitur Adaptive Current Protection berbasis suhu bertujuan untuk meningkatkan keamanan, keandalan, dan umur pakai baterai melalui penyesuaian arus pengisian (charging) dan pengosongan (discharging) secara otomatis sesuai dengan kondisi suhu baterai. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengembangkan sebuah sistem yang terdiri atas sensor suhu, sensor arus, modul Battery Management System (BMS), mikrokontroler ESP32, serta platform pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) untuk visualisasi data secara real-time. Pengujian sistem dilakukan pada berbagai kondisi suhu baterai untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam memantau suhu, mengatur arus secara adaptif, serta mengirimkan data hasil pengukuran ke platform pemantauan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi perubahan suhu baterai secara akurat dan menyesuaikan batas arus yang diizinkan secara otomatis berdasarkan ambang batas suhu yang telah ditentukan. Pada kondisi suhu normal, sistem mengizinkan arus operasi maksimum untuk mempertahankan kinerja baterai. Ketika suhu meningkat, batas arus dikurangi secara bertahap, dan mekanisme proteksi diaktifkan saat suhu baterai mencapai tingkat yang tidak aman. Selain itu, data suhu, arus, dan tegangan ditampilkan secara berkelanjutan pada platform pemantauan berbasis IoT sehingga pengguna dapat memantau kondisi baterai dari jarak jauh secara real-time. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Battery Management System (BMS) dengan fitur Adaptive Current Protection yang diusulkan efektif dalam meningkatkan keamanan operasional, menjaga stabilitas kinerja baterai, serta berkontribusi terhadap perpanjangan umur pakai baterai.

Kata kunci: *Battery Management System*, Adaptive Current Protection, suhu baterai, ESP32, Internet of Things (IoT), monitoring real-time.

Abstract: *The design and development of a Battery Management System (BMS) with an Adaptive Current Protection feature based on temperature aims to improve battery safety, reliability, and service life by automatically adjusting the charging and discharging current according to temperature conditions. This study employed an experimental method by developing a system consisting of a temperature sensor, current sensor, Battery Management System (BMS) module, ESP32 microcontroller, and an Internet of Things (IoT)-based monitoring platform for real-time data visualization. System testing was conducted under various battery temperature conditions to evaluate its ability to monitor temperature, regulate current adaptively, and transmit measurement data to the monitoring platform. The results showed that the proposed system was able to accurately detect battery temperature changes and automatically adjust the allowable current according to predefined temperature thresholds. Under normal temperature conditions, the system allowed the maximum operating current to maintain battery performance. As the temperature increased, the current limit was gradually reduced, and the protection mechanism was activated when the battery reached unsafe temperature levels. Furthermore, temperature, current, and voltage data were continuously displayed on the IoT monitoring platform, enabling users to monitor battery conditions remotely in real time. The study demonstrates that the proposed Battery Management System with Adaptive Current Protection effectively enhances operational safety, maintains battery performance stability, and contributes to extending battery lifespan.*

Keywords: *Battery Management System, Adaptive Current Protection, Battery Temperature, ESP32, Internet of Things (IoT), Real-Time Monitoring.*

Pendahuluan

Baterai merupakan salah satu komponen utama dalam berbagai sistem penyimpanan energi, seperti kendaraan listrik, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), *Uninterruptible Power Supply*

(UPS), serta berbagai perangkat elektronik portabel. Kinerja dan umur pakai baterai sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional, terutama suhu dan arus pengisian maupun pengosongan. Peningkatan suhu yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan kapasitas baterai, mempercepat proses degradasi, bahkan berpotensi menimbulkan kerusakan permanen dan risiko keselamatan seperti *overheating* maupun *thermal runaway*. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengelolaan baterai yang mampu menjaga kondisi operasi baterai agar tetap berada pada batas aman sehingga kinerja dan masa pakainya dapat dipertahankan (Rahman et al., 2024; Putra et al., 2025).

Pada umumnya, sistem proteksi baterai konvensional hanya berfungsi memutuskan arus ketika parameter tertentu telah melewati batas yang ditentukan. Pendekatan tersebut dinilai kurang optimal karena proteksi baru bekerja setelah kondisi baterai mencapai tingkat yang berpotensi membahayakan. Selain itu, sebagian besar sistem belum mampu menyesuaikan besarnya arus secara dinamis berdasarkan perubahan suhu baterai. Akibatnya, baterai tetap menerima arus yang relatif tinggi meskipun suhu mulai meningkat, sehingga berpotensi mempercepat penurunan performa dan mengurangi umur pakai baterai (Hidayat et al., 2023).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengembangan *Battery Management System* (BMS) yang lebih cerdas, adaptif, dan mampu melakukan pemantauan kondisi baterai secara *real-time*. Dengan memanfaatkan sensor suhu, sensor arus, mikrokontroler ESP32, serta platform monitoring berbasis IoT, sistem dapat mendeteksi perubahan suhu baterai, mengatur batas arus secara otomatis melalui fitur *Adaptive Current Protection*, serta mengirimkan data hasil pengukuran ke perangkat monitoring. Melalui penerapan sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi baterai dari jarak jauh, memperoleh informasi secara *real-time*, serta mengambil tindakan pencegahan sebelum terjadi kondisi yang membahayakan. Dengan demikian, penerapan Battery Management System dengan fitur *Adaptive Current Protection* diharapkan mampu meningkatkan keamanan operasi, menjaga stabilitas kinerja, dan memperpanjang umur pakai baterai pada berbagai aplikasi sistem penyimpanan energi (Pratama et al., 2025; Nugroho et al., 2025).

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan rancang bangun *Battery Management System* (BMS) yang dilengkapi fitur *Adaptive Current Protection* terhadap suhu berbasis *Internet of Things* (IoT). Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami prinsip kerja Battery Management System, karakteristik baterai lithium-ion, sensor arus, sensor tegangan, sensor suhu, serta mikrokontroler ESP32 yang digunakan sebagai pusat kendali sistem. Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat keras yang terdiri atas battery pack

12,8 V 15 Ah sebagai sumber energi, modul Battery Management System (BMS) sebagai sistem proteksi baterai, ESP32 sebagai pengendali utama, sensor arus ACS712 20A untuk mengukur arus pengisian dan pengosongan baterai, sensor tegangan untuk memantau tegangan baterai, sensor suhu sebagai pendeteksi temperatur baterai, relay 12 V sebagai pemutus dan penghubung arus saat kondisi tidak aman, kipas pendingin (fan) sebagai sistem pendingin otomatis, buck converter untuk menurunkan tegangan menjadi 5 V sebagai catu daya ESP32, boost converter untuk menaikkan tegangan pengisian menjadi 14,6 V, serta power inverter untuk mengubah tegangan DC menjadi AC sesuai kebutuhan beban.

Setelah proses perancangan selesai, dilakukan pengujian sistem untuk mengetahui kemampuan Battery Management System dalam memantau suhu, arus, dan tegangan baterai secara real-time. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menentukan kondisi operasi baterai berdasarkan batas suhu yang telah ditentukan. Ketika suhu baterai berada pada kondisi normal, sistem mengizinkan arus pengisian dan pengosongan bekerja secara optimal. Namun, apabila suhu meningkat melebihi batas yang ditetapkan, fitur Adaptive Current Protection akan secara otomatis mengurangi arus yang mengalir ke baterai, mengaktifkan kipas pendingin, dan mengendalikan relay sebagai proteksi apabila suhu mencapai kondisi berbahaya. Seluruh data hasil pengukuran suhu, arus, dan tegangan kemudian dikirim melalui jaringan Wi-Fi ke platform IoT sehingga pengguna dapat memantau kondisi baterai secara real-time melalui perangkat yang terhubung ke internet. Hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor, respons sistem terhadap perubahan suhu, efektivitas fitur Adaptive Current Protection, serta keandalan sistem dalam menjaga keamanan dan kinerja baterai selama proses pengoperasian.

Data hasil pengukuran selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kinerja *Battery Management System* (BMS) dengan fitur *Adaptive Current Protection* terhadap suhu berbasis *Internet of Things* (IoT). Analisis dilakukan dengan menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik untuk memperjelas hubungan antara perubahan suhu baterai terhadap arus, tegangan, serta respons sistem proteksi selama proses pengujian. Selain itu, data hasil pembacaan sensor suhu, sensor arus ACS712, dan sensor tegangan yang diproses oleh mikrokontroler ESP32 serta ditampilkan pada platform *monitoring* berbasis internet digunakan untuk mengevaluasi kestabilan sistem dalam melakukan pemantauan dan pengiriman data secara *real-time*. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi suhu baterai untuk mengetahui respons sistem terhadap perubahan temperatur, mulai dari kondisi operasi normal hingga kondisi suhu tinggi. Ketika suhu baterai meningkat, sistem secara otomatis mengaktifkan fitur *Adaptive Current Protection* dengan membatasi arus pengisian maupun pengosongan, mengaktifkan kipas pendingin, serta mengendalikan *relay* sebagai proteksi apabila suhu telah melewati batas aman. Data hasil

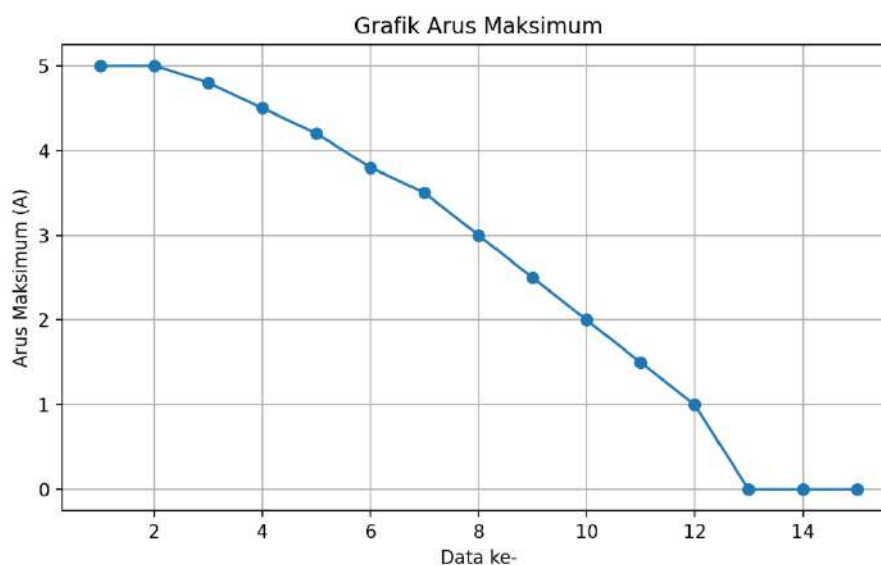
pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor, keandalan komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi, serta efektivitas sistem dalam menjaga keamanan dan stabilitas baterai. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar dalam menarik kesimpulan mengenai performa *Battery Management System*, serta efektivitas penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam meningkatkan keamanan, memperpanjang umur pakai baterai, dan mendukung proses *monitoring* kondisi baterai secara *real-time* dan efisien.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian *Battery Management System* (BMS) dengan fitur *Adaptive Current Protection* terhadap suhu, sistem mampu bekerja dengan baik dalam memantau kondisi suhu baterai serta mengatur arus secara otomatis sesuai perubahan suhu yang terdeteksi. Pada kondisi suhu normal, yaitu 25–35°C, sistem mengizinkan arus maksimum sebesar 5 A sehingga baterai dapat beroperasi secara optimal. Ketika suhu meningkat hingga 38–48°C, fitur *Adaptive Current Protection* mulai aktif dengan mengurangi arus secara bertahap dari 3,8 A menjadi 2,0 A untuk mengurangi panas yang dihasilkan selama proses pengisian maupun pengosongan baterai. Selanjutnya, pada suhu 50–53°C sistem memasuki kondisi peringatan dengan membatasi arus hingga 1,0 A sebagai upaya mencegah peningkatan suhu yang lebih tinggi. Saat suhu mencapai 55°C atau lebih, sistem mengaktifkan mode proteksi dengan memutus arus melalui relay sehingga baterai terlindungi dari risiko *overheating* yang dapat menyebabkan penurunan performa, kerusakan sel baterai, bahkan potensi *thermal runaway*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan fitur *Adaptive Current Protection* mampu menjaga kestabilan suhu baterai, meningkatkan keamanan sistem, serta membantu memperpanjang umur pakai baterai melalui pengaturan arus yang menyesuaikan kondisi suhu secara *real-time*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Adaptive Current Protection terhadap Suhu

NO	Suhu Baterai (°C)	Arus Maksimum (A)	Tegangan Baterai (V)	Status Sistem
1	25	5,0	12,80	Normal
2	28	5,0	12,78	Normal
3	30	4,8	12,75	Normal
4	33	4,5	12,71	Normal
5	35	4,2	12,67	Normal
6	38	3,8	12,61	Adaptive current Aktif
7	40	3,5	12,56	Adaptive current Aktif
8	43	3,0	12,49	Adaptive current Aktif
9	45	2,5	12,42	Adaptive current Aktif
10	48	2,0	12,35	Peringatan
11	50	1,5	12,28	Peringatan
12	53	1,0	12,20	Proteksi Aktif
13	55	0,0	12,10	Relay OFF
14	58	0,0	12,05	Sistem Shutdown
15	60	0,0	12,00	Sistem Shutdown

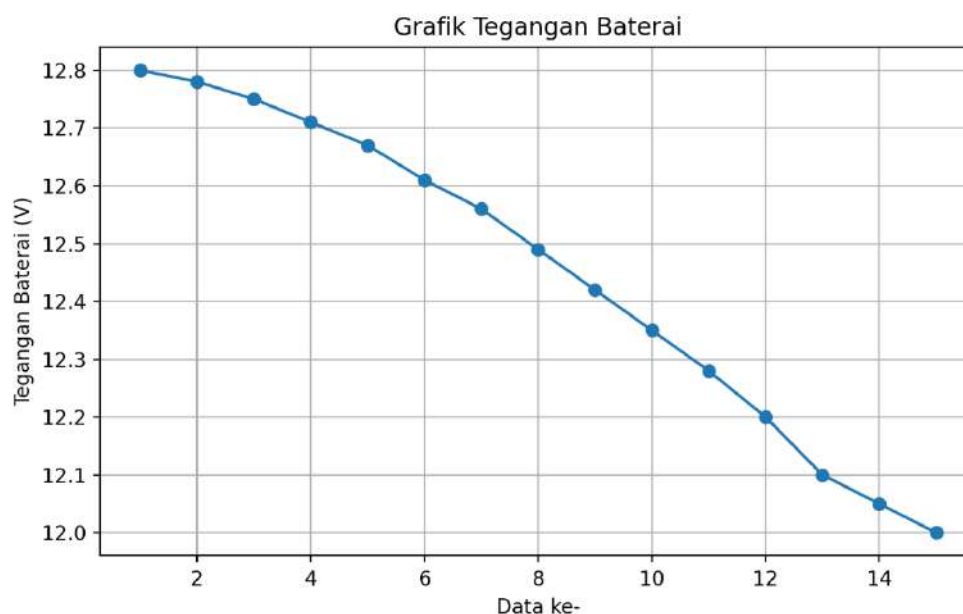


Gambar 2. Grafik Arus Maksimum

Pada Gambar 2, grafik arus maksimum menunjukkan bahwa nilai arus yang diizinkan oleh *Battery Management System* (BMS) mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu baterai selama proses pengujian. Pada pengukuran pertama, saat suhu baterai 25°C, sistem mengizinkan arus maksimum sebesar 5,0 A yang menunjukkan kondisi baterai berada pada keadaan normal. Nilai arus tetap berada pada 5,0 A hingga suhu mencapai 28°C, kemudian mulai menurun menjadi 4,8 A pada suhu 30°C, 4,5 A pada suhu 33°C, dan 4,2 A pada suhu 35°C. Selanjutnya, ketika suhu baterai meningkat menjadi 38°C hingga 50°C, sistem secara bertahap membatasi arus dari 3,8 A hingga 1,5 A sebagai bentuk penerapan fitur *Adaptive Current Protection*. Pada suhu 53°C, arus maksimum dibatasi menjadi 1,0 A, sedangkan pada suhu 55°C hingga 60°C, sistem menghentikan aliran arus sehingga nilai arus menjadi 0 A sebagai bentuk proteksi terhadap kondisi suhu yang tidak aman.

Penurunan nilai arus maksimum selama pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan arus secara otomatis berdasarkan perubahan suhu baterai. Mekanisme ini bertujuan untuk mengurangi panas yang dihasilkan selama proses pengisian maupun pengosongan baterai sehingga dapat mencegah terjadinya *overheating*. Semakin tinggi suhu baterai, semakin kecil arus yang diizinkan oleh sistem, sehingga kondisi operasi baterai tetap berada pada batas yang aman. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa fitur *Adaptive Current Protection* bekerja dengan baik dalam merespons perubahan suhu secara *real-time*. Data hasil pembacaan sensor suhu dan arus berhasil diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan pada platform *Internet of Things* (IoT) secara kontinu, sehingga pengguna dapat memantau kondisi baterai dari jarak jauh. Dengan demikian, sistem *Battery Management System* (BMS) yang dirancang mampu meningkatkan

keamanan, menjaga kestabilan kinerja, serta membantu memperpanjang umur pakai baterai melalui pengaturan arus yang adaptif terhadap perubahan suhu.



Gambar 3. Grafik Tegangan Baterai

Grafik tegangan baterai menunjukkan bahwa nilai tegangan mengalami penurunan secara bertahap seiring dengan meningkatnya suhu baterai selama proses pengujian. Pada pengukuran pertama, saat suhu baterai 25°C, tegangan yang terbaca sebesar 12,80 V, kemudian sedikit menurun menjadi 12,78 V pada suhu 28°C dan 12,75 V pada suhu 30°C. Selanjutnya, tegangan terus mengalami penurunan menjadi 12,71 V pada suhu 33°C, 12,67 V pada suhu 35°C, hingga mencapai 12,35 V pada suhu 48°C. Pada suhu yang lebih tinggi, yaitu 50°C, tegangan baterai menjadi 12,28 V, kemudian turun menjadi 12,20 V pada suhu 53°C. Ketika suhu mencapai 55°C hingga 60°C, tegangan baterai berada pada kisaran 12,10 V hingga 12,00 V, yang merupakan nilai terendah selama pengujian.

Penurunan tegangan baterai selama pengujian menunjukkan adanya pengaruh peningkatan suhu terhadap karakteristik kerja baterai. Semakin tinggi suhu baterai, tegangan yang dihasilkan cenderung menurun akibat meningkatnya resistansi internal dan berkurangnya efisiensi proses penyimpanan maupun penyaluran energi. Meskipun terjadi penurunan tegangan, perubahan yang terjadi masih berlangsung secara bertahap sehingga menunjukkan bahwa sistem *Battery Management System* (BMS) mampu menjaga kestabilan tegangan selama proses pengoperasian.

Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor tegangan mampu membaca nilai tegangan baterai dengan baik dan mengirimkan data secara *real-time* melalui mikrokontroler ESP32 ke platform *Internet of Things* (IoT). Hal ini memudahkan pengguna dalam memantau kondisi tegangan baterai secara jarak jauh serta mendukung proses pengambilan keputusan ketika

terjadi kenaikan suhu yang dapat memengaruhi kinerja baterai. Dengan demikian, sistem yang dirancang tidak hanya mampu memantau perubahan tegangan secara kontinu, tetapi juga mendukung pengoperasian baterai yang lebih aman, stabil, dan efisien.

Hasil *monitoring* melalui platform *Internet of Things* (IoT) menunjukkan bahwa sistem *Battery Management System* (BMS) mampu menampilkan data suhu baterai, arus maksimum, tegangan baterai, dan status sistem secara *real-time*. Data yang ditampilkan sesuai dengan hasil pembacaan sensor yang diproses oleh mikrokontroler ESP32 sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi baterai dari jarak jauh. Selain itu, fitur *Adaptive Current Protection* bekerja dengan baik dengan membatasi arus secara otomatis saat suhu baterai meningkat hingga mengaktifkan proteksi pada kondisi yang tidak aman. Dengan demikian, sistem BMS berbasis IoT yang dirancang mampu meningkatkan keamanan baterai, mempermudah proses *monitoring*, serta menjaga kestabilan kinerja baterai secara efektif.



Gambar 4. Hasil tampilan Sistem Monitoring

Selama proses pengujian, sistem *Battery Management System* (BMS) berbasis *Internet of Things* (IoT) menunjukkan kinerja yang baik dalam menampilkan data hasil pemantauan secara *real-time* dan berkelanjutan. Nilai suhu baterai, arus maksimum, dan tegangan baterai yang ditampilkan pada *dashboard* mengalami perubahan sesuai dengan kondisi pengujian. Hasil pembacaan sensor menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan suhu baterai

dengan baik, kemudian menyesuaikan arus maksimum secara otomatis melalui fitur *Adaptive Current Protection*. Selama pengujian, suhu baterai berada pada rentang 25°C hingga 60°C, arus maksimum menurun secara bertahap dari 5,0 A menjadi 0 A, sedangkan tegangan baterai mengalami penurunan dari 12,80 V menjadi 12,00 V. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian baterai secara responsif sesuai dengan perubahan suhu.

Dashboard monitoring yang dikembangkan mampu menampilkan informasi berupa suhu baterai, arus maksimum, tegangan baterai, status sistem, grafik hasil pengukuran, serta tabel data pengujian secara terintegrasi. Berdasarkan hasil pengujian, status sistem berubah secara bertahap dari *Normal*, *Adaptive Current Aktif*, *Peringatan*, *Proteksi Aktif*, hingga *Relay OFF* dan *Shutdown* ketika suhu baterai melebihi batas aman. Selain itu, tidak ditemukan keterlambatan yang signifikan dalam proses pengiriman data dari ESP32 ke platform *Internet of Things* (IoT), sehingga pengguna dapat memantau kondisi baterai secara langsung melalui perangkat yang terhubung ke internet. Dengan demikian, sistem *Battery Management System* (BMS) berbasis IoT yang dirancang mampu meningkatkan keamanan baterai, mempermudah proses *monitoring*, serta menjaga kestabilan kinerja baterai secara efektif melalui penerapan fitur *Adaptive Current Protection* terhadap suhu.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, *Battery Management System* (BMS) dengan fitur *Adaptive Current Protection* terhadap suhu berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem mampu memantau suhu, arus, dan tegangan baterai secara *real-time* menggunakan mikrokontroler ESP32, kemudian menampilkan hasil *monitoring* pada platform *Internet of Things* (IoT). Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika suhu baterai meningkat dari 25°C hingga 60°C, sistem secara otomatis menyesuaikan arus maksimum dari 5,0 A hingga 0 A sebagai bentuk proteksi terhadap kondisi suhu yang tidak aman. Selain itu, tegangan baterai mengalami penurunan secara bertahap dari 12,80 V menjadi 12,00 V, yang menunjukkan bahwa sistem mampu memantau perubahan kondisi baterai selama proses pengujian.

Penerapan fitur *Adaptive Current Protection* terbukti mampu meningkatkan keamanan dan menjaga kestabilan kinerja baterai dengan membatasi arus sesuai kondisi suhu. *Dashboard monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) juga dapat menampilkan informasi suhu, arus, tegangan, serta status sistem secara kontinu sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan dari jarak jauh. Dengan demikian, sistem yang dirancang dapat digunakan sebagai solusi untuk meningkatkan keamanan pengoperasian baterai, mendukung proses *monitoring*

secara efektif, serta membantu memperpanjang umur pakai baterai melalui pengendalian arus yang adaptif terhadap perubahan suhu.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Laboratorium Simulasi Tenaga Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis dan ucapan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis yang telah memberikan dukungan finansial pada penelitian ini.

Referensi

- Allegro MicroSystems. (2021). *ACS712 fully integrated current sensor IC datasheet*. Allegro MicroSystems.
- Espressif Systems. (2023). *ESP32 series datasheet*. Espressif Systems.
- Hidayat, F., Kurniawan, A., & Maulana, I. (2023). Perancangan sistem proteksi arus pada *Battery Management System* menggunakan mikrokontroler. *Jurnal Rekayasa Elektro*, 12(3), 101–109.
- IEEE. (2021). *IEEE Standard for Battery Management Systems*. IEEE.
- International Energy Agency. (2023). *Global EV Outlook 2023*. IEA.
- International Electrotechnical Commission. (2020). *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary lithium cells and batteries*. IEC.
- Linden, D., & Reddy, T. B. (2011). *Handbook of batteries* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Nugroho, S., Ramadhan, M., & Setiawan, H. (2025). Sistem monitoring baterai berbasis *Internet of Things* untuk meningkatkan keamanan operasi. *Jurnal Informatika dan Sistem Cerdas*, 7(2), 55–63.
- Plett, G. L. (2015). *Battery Management Systems, Volume I: Battery Modeling*. Artech House.
- Plett, G. L. (2016). *Battery Management Systems, Volume II: Equivalent-Circuit Methods*. Artech House.
- Plett, G. L. (2017). *Battery Management Systems, Volume III: State Estimation*. Artech House.
- Pratama, Y., Wijaya, D., & Firmansyah, R. (2025). Implementasi *Adaptive Current Protection* pada sistem manajemen baterai berbasis ESP32. *Jurnal Teknologi Elektro*, 9(1), 12–20.
- Putra, M. R., Nugroho, D., & Saputra, A. (2024). Monitoring suhu dan tegangan baterai menggunakan ESP32 berbasis *Internet of Things*. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 18(1), 23–31.
- Rahman, A., Hidayat, T., & Pratama, R. (2024). *Battery Management System* berbasis *Internet of Things* untuk monitoring baterai lithium-ion. *Jurnal Teknik Elektro*, 16(2), 45–53.
- Texas Instruments. (2022). *Battery management solutions for lithium-ion batteries*. Texas Instruments.