

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A TELEMETRY SYSTEM FOR MONITORING THE BATTERY OF THE PRAMBANAN EXPRESS DIESEL RAILCAR

Mohammad Fatakhul Ramadhani^{a,1,*}, Usman Nursusanto, M.Pd.^{a,2}

^a Departement of Electrical and Electronic Engineering, Vocational Faculty, UNY

¹ mohammadfatakhul.2020@student.uny.ac.id; ² usmannursusanto@uny.ac.id

* Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article History

Received Date Month Year

Revised Date Month Year

Accepted Date Month

Year

Keywords

Kereta Prameks;

Monitoring;

Akumulator.

ABSTRACT

The battery is the most important component of the Prambanan Express train. The condition of the electrolyte water level, current and voltage of the Prambanan Express train battery has not been monitored accurately or in real time, so monitoring is needed. This final project aims to design and development, conduct functional testing, and evaluate the performance. The results of the system design that has been carried out show that the components used in the telemetry system for Prambanan Express train battery monitoring are the PZEM-017 sensor, Grove Water Level Sensor. The measurement results from the sensor are displayed on the ThingsBoard platform. The results of the functional test show that all components used in the telemetry system tool for Prambanan Express train battery monitoring can function normally and the measurement error value is in accordance with the datasheet limits of each component. The percentage error value of the sensor accuracy test shows a value below 5% with the largest error value in current measurement of 3% and the smallest error in distance measurement of 0.0%, so that the sensor is in normal condition and the value is below the IEC 13B-23 standard.

Baterai merupakan komponen terpenting dari kereta api prameks. Kondisi ketinggian air elektrolit, arus dan tegangan baterai kereta prameks masih belum terpantau secara akurat maupun *real-time*, sehingga diperlukan monitoring. Proyek akhir ini bertujuan untuk merancang dan membangun, mengetahui uji fungsional alat, mengetahui kinerja alat. Hasil rancang bangun sistem yang telah dilakukan menunjukkan komponen yang digunakan pada sistem telemetri untuk motitoring baterai kereta prameks adalah sensor PZEM-017, Grove Water Level Sensor. Hasil pengukuran dari sensor ditampilkan pada *platform* ThingsBoard. Hasil uji fungsional menunjukkan seluruh komponen yang digunakan pada alat sistem telemetri untuk monitoring baterai kereta prameks dapat berfungsi dengan normal dan nilai error pengukuran sesuai dengan batas datasheet dari masing-masing komponen. Nilai persentase *error* pengujian keakuratan sensor menunjukkan nilai dibawah 5% dengan nilai *error* terbesar pada pengukuran arus sebesar 3 % dan *error* terkecil pada pengukuran jarak sebesar 0,0%, sehingga sensor dalam keadaan normal serta nilai tersebut dibawah batas IEC 13B-23.



1. Pendahuluan

Perkembangan dunia ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) berdampak pada semakin ketatnya persaingan jasa transportasi saat ini. Persaingan jasa transportasi berdampak pada kepuasan dan kenyamanan pelanggan. Sehingga banyak perusahaan transportasi yang bersaing dengan memberikan pelayanan dan jaminan keamanan jasa transportasi [1].

Saat ini banyak jasa transportasi yang memberikan jaminan keamanan kepada konsumen salah satunya PT Kereta Api Indonesia (PT. KAI). Untuk menjamin keamanan konsumen, PT. KAI memberikan beberapa tahapan yang mampu meningkatkan mutu kereta api, tahapan tersebut salah satunya perawatan lokomotif kereta api. Perawatan merupakan suatu hal yang dapat mempertahankan performa atau kualitas berfungsi dengan baik. Perawatan yang dilakukan ada dua yaitu perawatan kecil dan perawatan besar akan tetapi perawatan yang dilakukan masih belum maksimal karena masih sering dijumpai lokomotif mengalami kerusakan pada saat dinas padahal baru saja dilakukan pemeriksaan dan perbaikan [2].

Pada kereta api baterai mendapat pengisian daya listrik dari *auxiliary* generator, *auxiliary* generator merupakan generator *Direct Current* (DC) yang menyuplai baterai dan komponen pada kereta api, proses pengisian baterai di kontrol oleh *automatic voltage regulator* (AVR) agar tegangan dan arus tetap stabil kisaran 74 volt [3]. Untuk menjaga suplai listrik yang terdapat pada kereta api diperlukan perawatan baterai untuk memberikan kemudahan bagi operator melakukan *monitoring* kereta api. Perawatan baterai akan memberikan umur baterai bertahan lebih lama dan mengurangi terjadinya kegagalan baterai yang berakibat pada matinya generator kereta jenis pembangkit [4].

Baterai yang digunakan pada kereta api prambanan ekspres (prameks) yaitu baterai akumulator atau Aki, baterai jenis ini menggunakan larutan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4), air elektrolit ketika dilarutkan dapat menghantarkan listrik karena atom atom yang terkandung bergerak secara bebas dan atom yang memiliki arus listrik disebut ion [5]. Saat melakukan perbaikan dan perawatan untuk mengetahui ketinggian air elektrolit pada baterai kereta prameks, masih menggunakan cara manual dengan selang. Oleh karena itu, pegawai menghadapi kesulitan dalam membaca ketinggian air elektrolit yang ada pada baterai kereta. Air elektrolit sering mengalami penurunan karena reaksi kimia yang menyebabkan penguapan air elektrolit [6].

Ketinggian air elektrolit baterai penting untuk dilakukan *monitoring* karena berpengaruh terhadap tegangan dan arus. Baterai yang kekurangan air elektrolit bisa mengganggu pengoperasian kereta api. Air elektrolit berperan sebagai penghantar arus listrik, ketika habis arus listrik tidak dapat dihantarkan sempurna. Menjaga ketinggian air elektrolit dengan melakukan perawatan preventif seperti *monitoring* ketinggian baterai juga dapat membuat umur baterai lebih lama.

Jika tingkat elektrolit turun di bawah batas minimum yang ditetapkan oleh produsen baterai, kinerja baterai akan menurun, dan masalah serius dapat muncul, seperti berkurangnya kapasitas baterai, pengeringan elektroda, hilangnya bahan aktif, serta kerusakan permanen pada baterai. Sebagai contoh, jika elektroda terkena udara, oksidasi akan terjadi pada elektroda tersebut, yang akhirnya mengakibatkan kerusakan permanen pada baterai. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai solusi telah diajukan untuk memantau tingkat elektrolit dan memberikan peringatan ketika tingkat minimum tercapai [7].

Penelitian monitoring baterai merupakan sebuah inovasi dan solusi untuk permasalahan yang terjadi pada saat perawatan baterai kereta api. Penelitian ini mampu mengamati ketinggian air elektrolit berbasis mikrokontroler. Penelitian ini bermaksud untuk memberikan wawasan dan pemecahan masalah yang terjadi pada saat perawatan baterai agar perawatan baterai bisa dilakukan secara efektif dengan perawatan yang optimal [8].

2. Pendekatan Pemecahan Masalah

2.1 Sistem Telemetry

Telemetry adalah sistem yang mengumpulkan informasi melalui penginderaan dan pengukuran di suatu lokasi tertentu, kemudian mengirimkan data tersebut ke pusat atau stasiun kontrol. Sistem telemetry pada umumnya terdiri dari enam komponen utama: objek yang diukur, sensor, pemancar, saluran transmisi, penerima, dan perangkat untuk menampilkan data [9]. Sistem telemetry digunakan

untuk mengumpulkan data dari sensor yang terpasang pada objek yang diukur. Data tersebut kemudian dikirim oleh pemancar melalui saluran transmisi ke penerima di pusat atau stasiun kontrol. Penerima kemudian mengolah data ini dan menampilkannya dalam format yang dapat di analisis oleh pengguna. Sistem ini memungkinkan pengguna dapat melakukan pemantauan dari tempat berbeda secara *real-time* [10].

2.2 Monitoring

Monitoring adalah aktivitas mengamati dan mempengaruhi kegiatan inti dan hasil pekerjaan. Ini memberikan informasi tentang status dan tren melalui pengukuran dan evaluasi berulang dari waktu ke waktu. Pemantauan biasanya dilakukan untuk tujuan tertentu, seperti memeriksa proses atau mengevaluasi kondisi dan kemajuan menuju tujuan manajemen. Ini termasuk tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berlangsung (Prakoso et al., 2020). Monitoring baterai sangat penting karena salah satu perangkat utama untuk menyimpan energi. Reaksi kimia dalam baterai berfungsi saat baterai terhubung ke beban dan akan mengalami degradasi seiring waktu dan penggunaan, yang mengakibatkan penurunan kapasitas secara bertahap. Penurunan kapasitas baterai disebabkan oleh berbagai faktor seperti penurunan air elektrolit, pengisian dan pengosongan yang berlebihan, serta penggunaan arus yang tinggi. Oleh karena itu, monitoring baterai diperlukan untuk mengatasi masalah tersebut [11].

2.3 Baterai Kereta Rel Diesel Prambanan Ekspres

Baterai yang digunakan pada kereta prameks yaitu baterai akumulator atau Aki. Baterai atau aki merupakan perangkat yang mampu menerima, menyimpan, dan melepaskan energi listrik melalui reaksi kimia [8]. Salah satu bagian penting dari baterai jenis akumulator adalah elemen sekunder berupa sel yang berfungsi sebagai media untuk mengubah sumber arus DC dari energi kimia menjadi energi listrik. Elemen elektrokimia mempengaruhi zat pereaksi yang digunakan. Pada akumulator, kutub positif menggunakan lempeng oksida, sedangkan kutub negatif menggunakan lempeng timbal. Untuk akumulator tipe basah, larutan elektrolit yang digunakan adalah H_2SO_4 (Kosasih, 2018) Prinsip kerja baterai berdasarkan proses pengisian dan pengosongan energi listrik yang ada di dalamnya. Pada baterai jenis basah yang menggunakan larutan H_2SO_4 sebagai elektrolit, saat baterai digunakan, energi listrik akan mengalami pengosongan dan kedua elektroda akan berubah menjadi timbal sulfat. Perubahan ini terjadi karena kedua elektroda bereaksi dengan larutan asam sulfat. Selama reaksi ini, elektroda timbal melepaskan sejumlah besar elektron, menyebabkan aliran listrik dari timbal dioksida [8].

2.4 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak pengembangan yang digunakan untuk menulis, mengelola, dan mengunggah kode ke perangkat keras mikrokontroler. Software ini memungkinkan pengguna untuk menulis kode menggunakan bahasa pemrograman C/C++, yang kemudian dapat dijalankan pada papan mikrokontroler.

Arduino IDE menggunakan program penulisan yang dikenal sebagai sketch. Bahasa pemrograman sketch telah dimodifikasi dari bahasa Processing untuk memudahkan pemula dalam pemrograman. Sketch ditulis menggunakan editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi .ino. Di dalam tampilan sketch terdapat beberapa tools, seperti verify untuk memeriksa kode, upload untuk mengompilasi program, new untuk membuat sketch baru, open untuk membuka sketch yang sudah ada, save untuk menyimpan sketch yang telah dibuat, dan serial monitor untuk menampilkan data yang dikirimkan antara Arduino dan sketch melalui port serial [12].

2.5 ThingsBoard

ThingsBoard adalah platform open-source untuk Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pengguna mengelola dan memantau perangkat IoT, mengumpulkan data dari berbagai sumber, dan mengendalikan perangkat secara real-time. Platform ini mendukung berbagai protokol seperti MQTT, CoAP, dan HTTP, sehingga memudahkan integrasi dengan berbagai perangkat dan sistem [13].

3. Perancangan Alat

rancangan dalam proses membuat rancang bangun sistem telemetri untuk monitoring baterai kereta rel diesel prambanan ekspres. Berikut ini adalah diagram alir penelitian yang terdiri dari Analisa kebutuhan, perancangan, pembuatan dan pengujian.

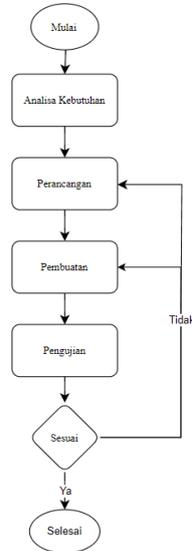


Fig. 1. Diagram Alir Penelitian

Analisis kebutuhan merupakan tahap yang mengkaji urgensi pembuatan alat. Proses analisis kebutuhan ini dilakukan melalui observasi lapangan serta studi literatur. Observasi lapangan dilakukan pada pemeliharaan rutin baterai jenis akumulator pada kereta api prambanan ekspres oleh PT. KAI DAOP 6 Yogyakarta. *Monitoring* baterai aki secara manual menggunakan selang untuk mengukur ketinggian air elektrolit dan multimeter untuk arus serta tegangan dianggap kurang efektif karena tidak bisa diamati secara *real-time*. Oleh karena itu, diperlukan sistem telemetri untuk *monitoring* baterai yang mampu mengukur parameter penting seperti tegangan, arus, dan ketinggian air elektrolit. Sementara itu, studi literatur dilakukan untuk mencari solusi atas masalah tersebut dengan mengacu pada berbagai referensi, termasuk artikel dari jurnal-jurnal yang relevan.

3.1 Diagram Alir Sistem

Berikut ini merupakan *flowchart* sistem rancang bangun sistem telemetri untuk monitoring baterai kereta rel diesel prambanan ekspres.

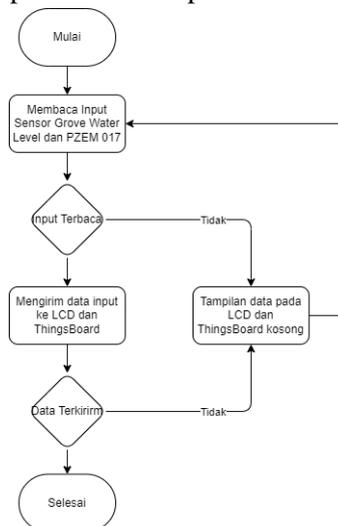


Fig. 2. Diagram Alir Sistem

Gambar 2 di atas menunjukkan flowchart dari sistem telemetry untuk pemantauan baterai kereta Prameks. Sistem ini dimulai dengan input dari Grove Water Level Sensor dan sensor PZEM 017. Sensor-sensor ini membaca nilai ketinggian air elektrolit, arus, dan tegangan untuk menentukan apakah parameter tersebut terdeteksi atau tidak. Jika parameter terdeteksi, data akan diproses untuk mendapatkan nilai ketinggian air elektrolit, tegangan, dan arus, yang kemudian akan dikirim ke LCD I2C 20x4 dan platform ThingsBoard. Namun, jika input tidak terdeteksi, data tidak akan dikirim, dan sistem akan kembali melakukan pengecekan terhadap nilai parameter input. Setelah data berhasil dikirim, informasi tersebut akan ditampilkan pada LCD dan ThingsBoard. Sebaliknya, jika data gagal dikirim, LCD dan ThingsBoard tidak akan menampilkan informasi, dan sistem akan kembali memeriksa nilai parameter input.

3.2 Desain dan Perancangan *Hardware*

Tahap mendesain dan merancang perangkat keras dilakukan setelah penyusunan alur kerja alat. Ada dua jenis tahapan desain yang perlu dilakukan, yaitu desain elektrik dan desain mekanikal. Desain elektrik meliputi pembuatan wiring diagram kelistrikan, sedangkan desain mekanikal mencakup perancangan bentuk fisik alat serta komponen mekaniknya. Berikut merupakan hasil pembuatan desain *hardware*.

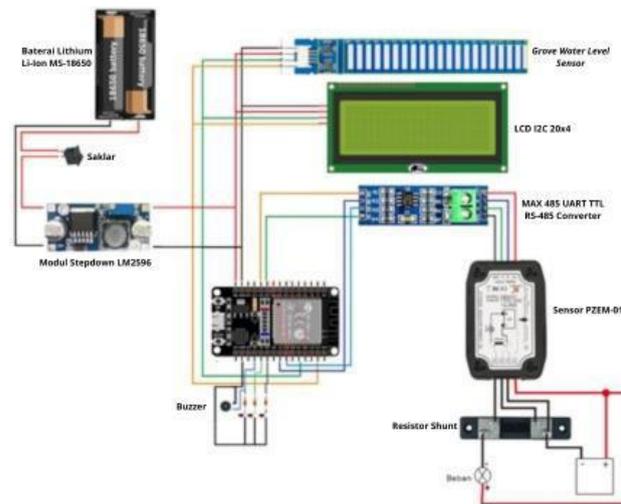


Fig. 3. Wiring Komponen

Gambar 3 menunjukkan desain wiring yang memudahkan pengembang dalam mengatur pin untuk setiap komponen. Komponen utama sistem telemetry untuk *monitoring* baterai kereta api prameks yang digunakan berdasarkan gambar diatas adalah sensor tegangan dan arus PZEM-017, *Grove Water Level Sensor*, LCD I2C 20x4, serta mikrokontroler NodeMCU ESP32.

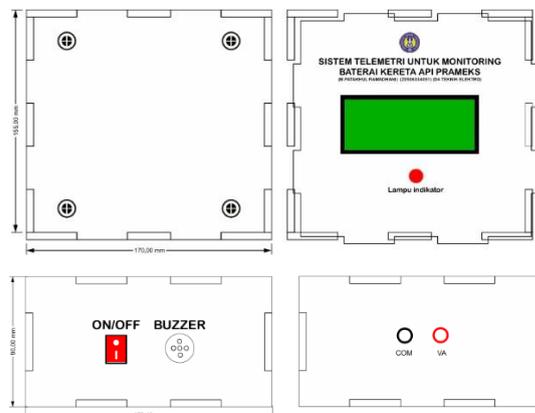


Fig. 4. Desain Alat



Fig. 7. Program Arduino IDE

Gambar 7 merupakan program untuk mikrokontroler NodeMCU ESP32 menggunakan aplikasi Arduino IDE. Mikrokontroler diprogram agar mampu menerima input berupa nilai parameter yang dibaca oleh sensor, mengolah data tersebut, kemudian mengirimkannya ke *platform* ThingsBoard. Berikut ini adalah hasil tampilan *platform* ThingsBoard yang telah berhasil dibuat.

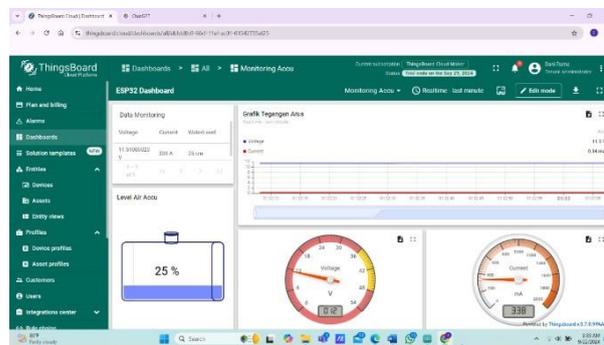


Fig. 8. Platform ThingsBoard

4.3 Hasil Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja dilakukan untuk mengetahui keakuratan parameter pada sistem dibandingkan dengan alat ukur konvensional. Parameter yang di ambil datanya meliputi tegangan, arus, suhu, ketinggian minyak. Kemudian hasil perbandingan dengan alat ukur dibandingkan dengan *IEC (International Electrotechnical Commission) 13B-23* tentang *electrical measuring instruments*. Berikut merupakan hasil pengujian keakuratan sistem monitoring yang berhasil dilakukan.

Table 1. Hasil Uji Keakuratan Sistem Ketinggian Air Elektrolit

No.	Kategori Konduktif	Pengujian		Selisih Pembacaan (%)	Presentase Error (%)	Nyala Led
		Sensor <i>Grove Water Level</i> (%)	Penggaris (%)			
1	5	0	0	0	0	Merah
2	10	25	25	0	0	Merah
3	15	50	50	0	0	Kuning
4	20	75	75	0	0	Kuning
5	25	80	80	0	0	Kuning
6	30	100	100	0	0	Hijau

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian akurasi pengukuran jarak menggunakan *grove water level sensor*, yang diuji 6 kali dengan 6 variasi berbeda dan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan Penggaris. Hasil rata-rata error yang didapatkan berada di bawah 5%, sehingga masih sesuai dengan standar *IEC 13B-23*. Ini menunjukkan bahwa akurasi sensor masih dalam kondisi baik. Hasil pengujian menunjukkan nilai error terbesar sebesar 0,0%, dan perbandingan nilai error terkecil juga sebesar 0,0%. Lampu LED akan berwarna merah ketika ketinggian air elektrolit berada

pada ketinggian 0 - 25%, berwarna kuning ketika ketinggian 50% - 80% dan berwarna hijau ketika ketinggian air elektrolit berwarna hijau.

Table 2. Hasil Uji Keakuratan Sistem Tegangan

Waktu	Baterai Akumulator (V)	Pengujian		Selisih Pembacaan (V)	Presentase Error (%)
		Sensor PZEM- 017 (V)	Multimeter (V)		
23.29.25	12	12,95	12,85	0,12	1
23.29.30	12	12,96	12,84	0,12	0,9
23.29.35	12	12,96	12,93	0,23	2,4
23.29.40	12	12,97	12,85	0,12	0,8
00.29.45	24	24,97	24,86	0,11	0,6
00.29.50	24	24,98	24,82	0,16	0,9
00.29.55	24	24,97	24,71	0,26	2
00.30.00	24	24,96	24,83	0,13	1
Rata-Rata Error					1,2%

Tabel 2 menunjukkan hasil uji kinerja sensor tegangan menggunakan sensor PZEM-017. Pengujian dilakukan delapan kali dengan dua variasi tegangan akumulator yang berbeda dan dibandingkan dengan pengukuran voltmeter multimeter merek Sanwa. Rata-rata error yang diperoleh berada di bawah 5%, sehingga sesuai dengan standar IEC 13B-23. Ini menandakan bahwa akurasi sensor masih dalam kondisi baik. Hasil pengujian menunjukkan error terbesar sebesar 2,4% saat pengukuran pada tegangan 14V, sedangkan error terkecil sebesar 0,6%.

Table 3. Hasil Uji Keakuratan Sistem Arus

Waktu	Baterai Akumulator (V)	Variasi Beban (Ω)	Pengujian		Selisih Pembacaan (mA)	Presentase Error (%)
			Sensor PZEM- 017 (mA)	Ampere Meter (mA)		
22.29.25	12	20 W 33	363	350	13	3
22.29.30	12	20 W 33	362	360	2	0,5
22.29.35	12	20 W 33	367	360	7	1
22.29.40	12	20 W 33	366	330	6	1
22.29.45	12	20 W 27	446	430	16	3
22.29.50	12	20 W 27	440	430	10	2
22.29.55	12	20 W 27	444	440	4	0,7
22.30.00	12	20 W 27	449	440	9	1
Rata-Rata Error						1,5

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian akurasi pembacaan arus menggunakan sensor PZEM-017 yang diuji delapan kali dengan variasi beban, dan dibandingkan dengan ampere meter analog. Rata-rata error yang diperoleh berada di bawah 5%, yang masih memenuhi standar IEC 13B-23. Hal ini menandakan bahwa akurasi sensor masih dalam kondisi baik. Pengujian mencatat error terbesar sebesar 3% saat mengukur arus 446 mA dengan beban resistor 20W 33 Ω dan 20 W 27 Ω , sementara error terkecil tercatat hanya 0,5%.

Table 4. Hasil Uji kinerja alat parameter tegangan

Waktu	Hasil	Hasil	Selisih	Hasil
	Pembacaan	Pembacaan		
	LCD	Platform		
	V (V)	V (V)		
23.29.25	12,9	12,9	0	Normal
23.29.30	12,9	12,9	0	
23.29.35	12,9	12,9	0	
23.29.40	12,9	12,9	0	
00.29.45	24,9	24,9	0	
00.29.50	24,9	24,9	0	
00.29.55	24,9	24,9	0	
00.30.00	24,9	24,9	0	

Tabel 4 merupakan hasil sampel pengujian kinerja alat parameter tegangan. Hasil pengujian didapatkan dengan menguji langsung alat yang dibuat menggunakan akumulator. Waktu yang dilakukan dalam pengujian tersebut selama 15 detik akumulator pertama dan 15 detik akumulator kedua dengan pengambilan data setiap 5 detik. Nilai parameter yang diambil yaitu nilai tegangan. Berdasarkan tabel 4. 11 diatas, nilai hasil parameter yang ditampilkan pada platform ThingsBoard dan LCD nilainya sama.

Table 5. Perbandingan Pengujian LCD dengan Aplikasi Android

Waktu	Hasil	Hasil	Selisih	Hasil
	Pembacaan	Pembacaan		
	LCD	Platform		
	I (A)	I (A)		
09.00.35	220	220	0	Normal
09.00.40	270	270	0	
09.00.45	310	310	0	
09.00.50	363	363	0	
09.00.55	456	456	0	
09.01.00	652	652	0	
09.01.05	734	734	0	
09.01.10	937	937	0	

Tabel 5 merupakan hasil sampel pengujian kinerja alat parameter arus. Hasil pengujian didapatkan dengan menguji langsung alat yang dibuat menggunakan power supply. Waktu yang dilakukan dalam pengujian tersebut selama 35 detik dengan pengambilan data setiap 5 detik. Nilai parameter yang diambil meliputi nilai tegangan, arus, dan ketinggian air elektrolit. Berdasarkan tabel 5 diatas, nilai hasil parameter yang ditampilkan pada platform ThingsBoard dan LCD nilainya sama.

Table 6. Perbandingan Pengujian LCD dengan Aplikasi Android

Hasil	Hasil	Hasil LED	Selisih	Hasil
Pembacaan	Pembacaan			
LCD	Platform			
Ketinggian (%)	Ketinggian (%)			
0	0	Merah	0	Normal
25	25	Merah	0	

Hasil Pembacaan LCD Ketinggian (%)	Hasil Pembacaan <i>Platform</i> Ketinggian (%)	Hasil LED	Selisih	Hasil
25	25	Merah	0	
50	50	Merah	0	
75	75	Kuning	0	
80	80	Kuning	0	
80	80	Kuning	0	
100	100	Hijau	0	

Tabel 6 merupakan hasil sampel pengujian kinerja alat sistem monitoring baterai KA Prameks. Hasil pengujian didapatkan dengan menguji langsung alat yang dibuat menggunakan Akumulator. Nilai parameter yang diambil meliputi nilai tegangan, arus, dan ketinggian air elektrolit. Berdasarkan tabel 4. diatas, nilai hasil parameter yang ditampilkan pada platform ThingsBoard dan LCD nilainya sama.

5. Kesimpulan

Proyek akhir berjudul “Rancang Bangun Sistem Telemetri untuk Monitoring Baterai Kereta Rel Diesel Prambanan Ekspres” bertujuan memantau parameter baterai kereta api prameks, seperti tegangan, arus, dan ketinggian air elektrolit secara *real-time*. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan menggunakan sensor PZEM-017, sementara ketinggian air elektrolit diukur menggunakan sensor *Grove Water Level Sensor*. Data hasil pengukuran diolah oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32, kemudian dikirimkan dan ditampilkan melalui *Platform ThingsBoard* serta LCD I2C 20x4 menggunakan koneksi WiFi..

Hasil uji kinerja dari rancang bangun monitoring baterai kereta api rel diesel menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik, karena rata-rata kesalahan antara pengukuran sistem dan alat ukur kurang dari 5%. Berdasarkan standar IEC 13B-23, akurasi pengukuran sistem alat ini dinyatakan akurat. Sistem ini juga berhasil menampilkan notifikasi hasil pengukuran pada platform ThingsBoard. Pengujian kinerja alat menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan perencanaan, yaitu menampilkan data monitoring melalui platform ThingsBoard dan ditampilkan pada LCD I2C 20x4.

References

- [1] N. K. Hamidah and Haeril, “Nur Khusnul; Kualitas Pelayanan... Jurnal Komunikasi dan Kebudayaan ISSN,” 2020.
- [2] A. Harsono and F. Herni Mustofa, “Usulan Kebijakan Perawatan Lokomotif Jenis CC201 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance,” 2014.
- [3] D. Fitria and M. Pamuji, “SISTEM TRANSMISI ELEKTRIK PADA LOKOMOTIF CC201 DI LUBUK LINGGAU,” 2015.
- [4] A. F. R. Fajari, M. Fahmi Arsyad, and P. H. Prasteyo, “Effects of Preventive Maintenance Lifetime Battery Lead Acid for Signaling Electric Train,” vol. 2, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://jtt.itltrisakti.ac.id>
- [5] N. A. Ariyanto and M. K. Usman, “ANALISIS PENGARUH VARIASI AMPERE TERHADAP PENGISIAN BATERAI MOBIL LISTRIK HABE EV-2 YANG DIRANGKAI SERI,” *Nozzle : Journal Mechanical Engineering*, vol. 9, no. 1, 2020.
- [6] I. Prasetyo and I. Saputro, “PERBAIKAN DAN PERAWATAN AKI BASAH,” 2018.
- [7] E. Camargo, N. Visairo, C. Núñez, J. Segundo, J. Cuevas, and D. Mora, “Detection of low electrolyte level for vented lead-acid batteries based on electrical measurements,” *Energies (Basel)*, vol. 12, no. 23, Nov. 2019, doi: 10.3390/en12234435.
- [8] I. Setiono, “AKUMULATOR, PEMAKAIAN DAN PERAWATANNYA,” 2015.

-
- [9] A. B. Putro and D. Suryono, "RANCANG BANGUN SISTEM TELEMETRI UNTUK MONITORING GAS KARBON MONOKSIDA MENGGUNAKAN JARINGAN WIFI," 2016.
- [10] H. Azwar, M. Diono, and R. S. Darwis, "Hamid+Azwar-Sistem+Telemetri+Nirkabel+Menggunaka+Long+Range+LoRa+untuk+Deteksi+Dini+Kebakaran+Hutan," *ELEMENTER*, 2023.
- [11] K. W. E. Cheng, B. P. Divakar, H. Wu, K. Ding, and H. F. Ho, "Battery-management system (BMS) and SOC development for electrical vehicles," *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 60, no. 1, pp. 76–88, Jan. 2011, doi: 10.1109/TVT.2010.2089647.
- [12] Sarimuddin, *CARA MUDAH KUASAI MIKROKONTROLER ARDUINO TEORI DAN PRAKTEK*. CV.EUREKA MEDIA AKSARA , 2023.
- [13] Y. E. Windarto, B. M. W. Samosir, and M. R. Assariy, "Monitoring Ruangn Berbasis Internet of Things Menggunakan Thingsboard dan Blynk," *Journal of Infomation Technology*, vol. 2, 2020.