

Rancang Bangun Aplikasi Augmented Reality Sebagai Alat Bantu Monitoring Kondisi Relay Dan Baterai Pada Smart DC Home System

Raihan Muhammad Rabani^{1*}, Novan Akhiriyanto¹, Wasis Waskito Adi¹

¹ Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas
Jl. Gajah Mada No.38 Cepu – Blora – Jawa Tengah, 58311, INDONESIA

*Corresponding Author: raihanmuhamadrabani@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.53026/inhardware.v3i2.55>

Article Info

Received: 11st June 2025
Accepted: 15th Dec. 2025
Available online: 22th Dec. 2025

Keywords

Augmented Reality, Monitoring, Relay, Baterai, Smart DC Home System, ESP32, Firebase

Abstrak

Pemantauan dan pemeliharaan sistem kelistrikan pada Smart DC Home System (S-DCHS) merupakan aspek penting guna menjaga efisiensi dan keandalan perangkat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) sebagai alat bantu dalam memonitor kondisi relay dan baterai secara real-time. Sistem ini mengintegrasikan sensor PZEM-017, mikrokontroler ESP32, serta Google Firebase sebagai basis data *cloud*, yang memungkinkan akuisisi dan visualisasi data arus serta tegangan. Teknologi AR dikembangkan menggunakan platform Unity 3D dan Vuforia SDK untuk menampilkan informasi parameter kelistrikan melalui marker visual secara langsung pada lingkungan nyata. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kondisi normal, abnormal, dan darurat dari perangkat secara cepat dan efisien. Selain itu, sistem juga mampu mengevaluasi kesehatan baterai berdasarkan nilai tahanan dalam menggunakan pendekatan matematis eksponensial. Dengan pendekatan ini, pengguna dapat melakukan tindakan preventif terhadap kerusakan peralatan listrik.

Abstract

Monitoring and maintaining the electrical system in the Smart DC Home System (S-DCHS) is a crucial aspect to ensure device efficiency and reliability. This study aims to design and develop an Augmented Reality (AR)-based application as a tool to monitor the real-time condition of relays and batteries. The system integrates the PZEM-017 sensor, an ESP32 microcontroller, and Google Firebase as a cloud database, enabling the acquisition and visualization of current and voltage data. The AR technology is developed using the Unity 3D platform and Vuforia SDK to display electrical parameter information through visual markers directly within the real environment. The implementation results show that the system can quickly and efficiently identify normal, abnormal, and emergency conditions of the devices. In addition, the system is capable of evaluating battery health based on internal resistance values using an exponential mathematical approach. With this method, users can perform preventive actions against potential electrical equipment failures.

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license.



1. PENDAHULUAN

Kegiatan pemeliharaan merupakan aspek vital dalam menjaga kinerja dan keandalan sistem, termasuk pada perangkat kelistrikan rumah tangga berbasis Smart DC Home System (S-DCHS). Pemeliharaan yang tepat dapat memperpanjang umur peralatan, mengurangi potensi kerusakan, serta meminimalkan biaya operasional yang tidak terduga [1] [2]. Dalam konteks ini, S-DCHS merupakan konsep rumah pintar yang menggunakan sumber daya energi terbarukan dan sistem kelistrikan berbasis arus searah (DC), yang mendukung efisiensi dan keberlanjutan energi.

Seiring dengan kompleksitas peralatan dalam sistem ini, kebutuhan akan sistem pemantauan dan pemeliharaan yang efisien menjadi semakin krusial [3]. Pengawasan konvensional terhadap parameter kelistrikan seperti arus dan tegangan seringkali tidak cukup fleksibel dan membutuhkan waktu serta biaya yang lebih besar. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi terkini seperti *Augmented Reality* (AR) menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan efektivitas pemantauan peralatan listrik.

Teknologi AR memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi kondisi peralatan secara real-time melalui perangkat mobile, tanpa perlu membuka panel fisik atau memasang alat ukur tambahan. Informasi mengenai tegangan dan arus dapat divisualisasikan langsung di lingkungan nyata melalui antarmuka interaktif, sehingga memudahkan deteksi dini terhadap kondisi abnormal [4] [5]. Beberapa studi telah menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pemeliharaan industri dapat mengurangi beban kerja teknisi dan meningkatkan akurasi dalam pengambilan keputusan [6] [7].

Dalam penelitian ini, dirancang sebuah sistem yang mengintegrasikan sensor PZEM-017, mikrokontroler ESP32, serta Firebase sebagai penyimpanan data berbasis cloud. Sistem ini ditujukan untuk memonitor arus dan tegangan pada baterai dan relay di dalam S-DCHS, serta menampilkannya melalui aplikasi berbasis AR menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK. Informasi yang ditampilkan tidak hanya mencakup parameter kelistrikan, tetapi juga estimasi kondisi dan kesehatan baterai berdasarkan nilai resistansi internal [8] [9].

Melalui pendekatan ini, diharapkan pengguna dapat mengambil keputusan secara cepat dan tepat dalam menangani kondisi peralatan listrik, serta meningkatkan efektivitas perawatan preventif dalam sistem rumah pintar berbasis DC.

2. METODA

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan rekayasa sistem yang terdiri atas perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) untuk membangun sistem monitoring berbasis *Augmented Reality* (AR). Sistem dirancang untuk memantau parameter kelistrikan, khususnya arus dan tegangan, pada komponen relay dan baterai dalam *Smart DC Home System* (S-DCHS). Perangkat keras utama yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-017, yang mampu mengukur tegangan hingga 300 VDC dan arus hingga 300 A dengan akurasi $\pm 1\%$ [10]. Komunikasi antar perangkat dilakukan melalui konverter UART TTL to RS485 yang menghubungkan sensor dengan mikrokontroler secara serial [11].

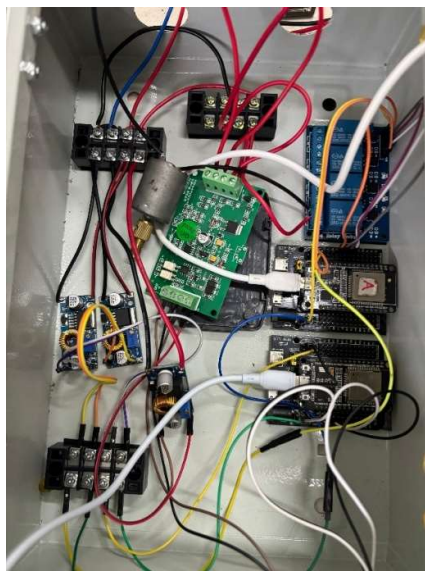
ESP32 berperan sebagai pusat kontrol sistem yang membaca data dari sensor dan mengirimkannya secara real-time ke Google Firebase, sebuah *cloud-hosted database* yang memungkinkan sinkronisasi data instan antar platform [12]. Data dari Firebase kemudian diakses oleh aplikasi AR yang dibangun dengan menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK. Aplikasi ini memanfaatkan *marker-based tracking* untuk menampilkan informasi kondisi relay dan baterai secara visual dalam lingkungan nyata [13] [4].

Untuk mengukur dan menganalisis kesehatan baterai, digunakan parameter resistansi internal dan nilai *State of Health* (SOH), yang dihitung berdasarkan selisih tegangan saat tanpa beban dan saat diberi beban sesuai prinsip hukum Ohm [8] [9]. Nilai ini kemudian dikonversi menjadi persentase kesehatan menggunakan rumus eksponensial berbasis konstanta degradasi. Evaluasi sistem dilakukan melalui serangkaian pengujian terhadap waktu respons pembacaan data, stabilitas pengenalan marker AR, serta analisis performa baterai pada dua kondisi umur berbeda (baru dan lama).

Secara keseluruhan, metode ini menggabungkan pengukuran parameter listrik, transmisi data berbasis IoT, dan visualisasi interaktif berbasis AR untuk mendukung kegiatan pemantauan dan pemeliharaan preventif dalam S-DCHS dengan lebih efisien dan informatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem monitoring berbasis *Augmented Reality* (AR) dalam penelitian ini dilakukan dengan merakit perangkat keras dan lunak secara terintegrasi. Komponen utama yang digunakan adalah sensor PZEM-017, mikrokontroler ESP32, relay, baterai VRLA SOL12-50, dan panel surya sebagai sumber daya [10] [14]. Sensor PZEM-017 digunakan untuk membaca parameter arus dan tegangan pada berbagai titik dalam sistem, yang kemudian dikirim ke ESP32 melalui protokol komunikasi RS485 dan dikonversi menjadi data TTL [11]. Rangkaian koneksi perangkat keras ditunjukkan pada Gambar dibawah



Gambar 1. Perangkat Keras

Mikrokontroler ESP32 kemudian memproses data dari sensor dan mengirimkannya ke *cloud database* Google Firebase. Data ini mencakup tegangan, arus, daya, serta perhitungan resistansi internal baterai, yang digunakan untuk menentukan status *State of Health* (SOH). Dalam hal ini, SOH dihitung dengan rumus eksponensial yang mempertimbangkan nilai tahanan dalam baterai [8] [9]. Misalnya, baterai baru dengan resistansi 0,008 ohm memiliki SOH sebesar 100%, sementara baterai lama dengan resistansi 0,031 ohm menunjukkan SOH sebesar 94,6%, yang menunjukkan adanya degradasi walau masih dalam batas wajar.

Sistem kemudian menampilkan data real-time tersebut dalam bentuk visualisasi AR menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK. Lima marker AR berbeda dibuat untuk menampilkan kondisi relay 1 hingga 4 dan kondisi baterai. Marker yang digunakan diatur dengan konfigurasi optimal agar dapat dikenali oleh perangkat meskipun dalam pencahayaan normal. Visualisasi kondisi relay dalam bentuk indikator digital dapat dilihat pada gambar dibawah. Dalam pengujian, sistem menunjukkan *latency* sebesar 4 detik dari sensor ke tampilan AR, yang masih tergolong responsif untuk aplikasi pemantauan [6].



Gambar 2. Tampilan Monitoring System

Pengujian dilakukan dalam dua kondisi: dengan beban dan tanpa beban, serta menggunakan dua jenis baterai (baru dan lama). Data hasil pengujian menunjukkan bahwa baterai lama mengalami penurunan tegangan lebih signifikan saat diberi beban dibandingkan baterai baru. Selisih tegangan digunakan untuk menghitung resistansi internal yang berfungsi sebagai indikator degradasi baterai, seperti ditampilkan dalam tabel dibawah

ini. Selain itu, resistansi internal juga dapat dihitung menggunakan prinsip hukum Ohm, berdasarkan perbedaan tegangan saat berbeban dan tidak berbeban serta besar arus yang mengalir [8].

Tabel 1. Tabel Pengujian Sistem

Parameter	Dengan Beban		Tanpa Beban	
	Baterai Baru	Baterai Lama	Baterai Baru	Baterai Lama
Tegangan (V)	12.53	9.47	12.56	9.48
Arus (A)	1.31	1.31	0.00	0.00
Daya (W)	16.42	12.41	0.00	0.00
Tahanan Dalam (Ohm)	0.008	0.031	0.00	0.00
Kesehatan Baterai	100%	95%	0%	0%

Secara keseluruhan, sistem ini berhasil memonitor parameter listrik secara real-time dan menampilkannya secara interaktif melalui teknologi AR. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melakukan tindakan pemeliharaan atau penggantian perangkat secara lebih cepat dan tepat. Penerapan teknologi AR dalam sistem monitoring terbukti efektif meningkatkan kemudahan akses informasi dan akurasi dalam pengambilan keputusan pemeliharaan [7].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring berbasis *Augmented Reality* (AR) untuk memantau kondisi relay dan baterai pada *Smart DC Home System* (S-DCHS). Sistem ini mengintegrasikan sensor PZEM-017, mikrokontroler ESP32, serta Google Firebase sebagai basis data real-time, sehingga mampu mengakuisisi dan menyimpan data tegangan, arus, dan daya secara kontinu. Data yang diperoleh kemudian divisualisasikan secara interaktif melalui teknologi AR dengan menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi perangkat secara efisien dan intuitif.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu respons yang cepat, akurasi pembacaan yang memadai, serta mampu menampilkan visualisasi kondisi perangkat secara real-time. Evaluasi terhadap kesehatan baterai menunjukkan bahwa sistem ini juga efektif dalam mendeteksi degradasi performa baterai berdasarkan nilai resistansi internal, sehingga memungkinkan dilakukannya tindakan preventif sebelum terjadi kerusakan. Dengan demikian, teknologi AR terbukti dapat meningkatkan efektivitas dan kemudahan dalam kegiatan pemeliharaan sistem kelistrikan rumah berbasis energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Baety, B. Rahardjo and H. Harun, "Manajemen Pemeliharaan Peralatan dalam Sistem Energi," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 10(1), 20–27, vol. 10, no. 1, p. 20–27, 2019.
- [2] R. Widjaja, H. Saputra and D. Sari, "Efektivitas Program Pemeliharaan dalam Menekan Biaya Operasional Sistem," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 14(1), 37–43, vol. 14, no. 1, pp. 37 - 43, 2022.
- [3] L. Azara, "Strategi Pemeliharaan Sistem Kelistrikan dalam Smart Home," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 2, p. 45–51, 2020.
- [4] R. D. Prasetya, R. Fajri and N. A. Wahyuni, "Augmented Reality Sebagai Alat Bantu Pembelajaran Interaktif," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 9, no. 1, pp. 22 - 30, 2018.
- [5] M. Mikúsová, J. Buleca and J. Kapustová, "Augmented Reality and Mixed Environments for Maintenance Engineering," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 3, p. 1456, 2024.
- [6] A. Seeliger, A. Lorenz and M. Mühlhäuser, "Augmented reality for industrial quality inspection: An experiment assessing task performance and human factors.," *Computers in Industry*, vol. 149, p. 103820, 2023.
- [7] R. Palmarini, J. A. Erkoyuncu, R. Roy and H. Torabmostaedi, "A systematic review of augmented reality applications in maintenance.," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 49, p. 215–228, 2018.
- [8] A. F. Farizy, *Manajemen Pengisian dan Pemakaian Baterai dalam Sistem Elektronik*, Yogyakarta: Andi Offset, 2016.
- [9] H. J. Bergveld, W. S. Kruijt and P. H. L. Notten, *Battery Management Systems: Design by Modelling*, Boston: Springer, 2002.

- [10] R. Mubarak 'aafi, N. Lestari and D. Wicaksono, "Perancangan Sistem Monitoring Listrik Menggunakan Sensor PZEM-017 dan Firebase.," *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 20, no. 4, pp. 30 - 38, 2022.
- [11] M. Han and A. Mahyuddin, " Desain Sistem Komunikasi RS485 untuk Monitoring Industri," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 55 - 60, 2011.
- [12] S. Goswami, "Firebase Essentials for Real-Time Applications," *International Journal of Software Engineering & Applications*, vol. 11, no. 3, p. 18-25., 2020.
- [13] O. Anderies, R. A. Sari and E. Pramono, "Pemanfaatan Vuforia SDK untuk Pengembangan Augmented Reality pada Sistem Pemantauan Objek," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 12 - 20, 2023.
- [14] T. Yu, Y. Lin and H. Zhang, "Design and Performance Analysis of VRLA Batteries in Renewable Energy Applications.," *Renewable Energy Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 72 - 81, 2023.