

# Implementasi Sistem Deteksi Kegagalan Daya Secara Real-Time Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP8266 sebagai Web Server

Supri Ananda<sup>1,\*</sup>, Ahmad Dani<sup>2</sup>, Beni Satria<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

Email: <sup>1\*</sup>[supriananda12123@gmail.com](mailto:supriananda12123@gmail.com), <sup>2</sup>[ahmad.kartasasmita@gmail.com](mailto:ahmad.kartasasmita@gmail.com), <sup>3</sup>[benisatria@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:benisatria@dosen.pancabudi.ac.id)

(\* Email Corresponding Author: [supriananda12123@gmail.com](mailto:supriananda12123@gmail.com))

Received: February 2, 2026 | Revision: February 9, 2026 | Accepted: February 9, 2026

## Abstrak

Kegagalan daya atau kondisi *power off* yang tidak terencana pada mesin industri sering kali mengakibatkan kerugian finansial masif dan kerusakan peralatan yang serius. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi kegagalan daya secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan ESP8266 sebagai Web Server mandiri. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D), meliputi perancangan perangkat keras yang mengintegrasikan sensor tegangan, sensor arus ACS712, relay DC, dan motor stepper sebagai simulasi beban dinamis. Sistem ini menerapkan logika "Safe System" dengan ambang batas keamanan kritis sebesar 3,0V. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem mampu melakukan akuisisi data parameter listrik dengan tingkat akurasi mencapai 99% dan latensi rendah melalui protokol HTTP yang menjamin keandalan data 100%. Saat tegangan terdeteksi di bawah 3,0V, mikrokontroler secara instan memutuskan aliran relay dan menghentikan putaran motor untuk proteksi otomatis. Visualisasi data disajikan secara sinkron melalui LCD I2C dan *dashboard* web yang menampilkan nilai Voltase (V), Arus (mA), dan Daya (Watt) secara seketika. Kesimpulannya, sistem ini menyediakan solusi pemantauan mandiri yang efektif untuk meminimalkan waktu henti produksi (*downtime*) dan meningkatkan keandalan manajemen aset industri.

**Kata Kunci:** IoT, ESP32, Web Server, Kegagalan Daya, Proteksi Otomatis, *Real-Time Monitoring*.

## Abstract

Unplanned power failures or power off conditions in industrial machines often result in massive financial losses and serious equipment damage. This study aims to design and implement a real-time power failure detection system based on the Internet of Things (IoT) by utilizing the ESP8266 as a standalone Web Server. The research method used is Research and Development (R&D), the design includes hardware that integrates voltage sensors, ACS712 current sensors, DC relays, and stepper motors as dynamic load simulations. This system implements "Safe System" logic with a critical safety threshold of 3.0V. Test results prove that the system is capable of acquiring electrical parameter data with an accuracy level of up to 99% and low latency via the HTTP protocol that guarantees 100% data resolution. When the voltage is detected below 3.0V, the microcontroller instantly disconnects the relay flow and stops the motor rotation for automatic protection. Data visualization is presented synchronously via an I2C LCD and a web dashboard that displays the Voltage (V), Current (mA), and Power (Watt) values in real time. In conclusion, this system provides an effective self-monitoring solution to minimize production downtime and improve industrial asset management efficiency.

**Keywords:** IoT, ESP32, Web Server, Power Failure, Automatic Protection, *Real-Time Monitoring*.

## 1. PENDAHULUAN

Keandalan suplai daya listrik merupakan aspek fundamental dalam operasional sistem kelistrikan dan otomasi, baik pada lingkungan industri, laboratorium, maupun aplikasi skala kecil berbasis mikrokontroler[1], [2]. Gangguan suplai daya, khususnya kegagalan daya (*power off*) yang tidak terencana, dapat menimbulkan berbagai dampak negatif seperti terhentinya proses kerja, penurunan produktivitas, hingga potensi kerusakan peralatan listrik[3]. Dalam banyak kasus, keterlambatan dalam mendeteksi kondisi kegagalan daya menjadi penyebab utama meningkatnya waktu henti sistem dan biaya pemeliharaan.

Pada sistem konvensional, pemantauan kondisi daya masih sering dilakukan secara manual atau bersifat reaktif, yaitu gangguan baru diketahui setelah sistem berhenti beroperasi[4], [5]. Pendekatan ini kurang efektif, terutama pada sistem yang bekerja secara kontinu atau berada pada lokasi yang sulit dijangkau. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pemantauan yang mampu mendeteksi kegagalan daya secara otomatis dan menyajikan informasi kondisi sistem secara cepat dan akurat agar tindakan korektif dapat segera dilakukan.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi potensial terhadap permasalahan tersebut[6]. IoT memungkinkan perangkat fisik yang dilengkapi sensor dan mikrokontroler untuk terhubung ke jaringan dan bertukar data secara *real-time*[7]. Atzori et al. menyatakan bahwa IoT merupakan paradigma yang mengintegrasikan dunia fisik dan digital melalui sensor, aktuator, serta konektivitas jaringan untuk mendukung proses monitoring dan kontrol yang lebih cerdas dan efisien[8]. Dalam konteks sistem kelistrikan, IoT telah banyak diterapkan untuk pemantauan konsumsi energi, deteksi gangguan, serta peningkatan keandalan sistem[9].

Salah satu komponen penting dalam sistem IoT adalah mikrokontroler yang memiliki kemampuan pemrosesan data dan konektivitas jaringan[10]. ESP8266 merupakan modul mikrokontroler dengan WiFi terintegrasi yang banyak digunakan dalam aplikasi IoT karena biaya yang relatif rendah, konsumsi daya yang efisien, serta dukungan perangkat lunak yang luas. Selain berfungsi sebagai pengendali utama, ESP8266 juga mampu beroperasi sebagai embedded web server, sehingga data hasil pengukuran sensor dapat ditampilkan langsung melalui antarmuka web tanpa memerlukan platform pihak ketiga atau layanan cloud[11], [12].

Pendekatan penggunaan web server tertanam pada ESP8266 memberikan beberapa keunggulan, antara lain kemandirian sistem, latensi yang lebih rendah, serta kemudahan akses melalui perangkat apa pun yang memiliki browser. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa embedded web server pada mikrokontroler dapat digunakan secara efektif untuk aplikasi monitoring real-time dengan performa yang memadai. Dengan demikian, sistem menjadi lebih sederhana, mandiri, dan tidak bergantung pada kestabilan layanan eksternal[13].

Keberhasilan sistem deteksi kegagalan daya sangat dipengaruhi oleh metode akuisisi dan pengolahan data kelistrikan. Parameter seperti tegangan dan arus merupakan indikator utama kondisi operasional suatu beban listrik[14], [15]. Penurunan tegangan hingga di bawah ambang batas tertentu umumnya menunjukkan terjadinya gangguan suplai daya. Dengan memanfaatkan sensor tegangan dan arus, sistem dapat melakukan pengukuran secara kontinu dan menentukan kondisi power on atau power off menggunakan metode ambang batas (threshold-based detection), yang merupakan pendekatan sederhana namun efektif dalam sistem deteksi gangguan dasar.

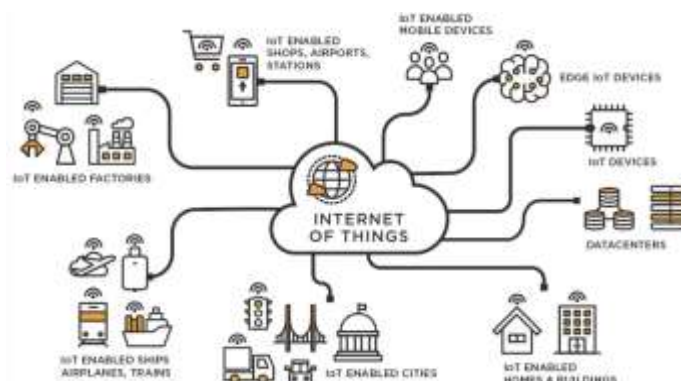
Selain akurasi deteksi, aspek real-time monitoring menjadi faktor penting dalam sistem pemantauan modern. Dalam konteks sistem tertanam, real-time mengacu pada kemampuan sistem untuk merespons perubahan kondisi dalam selang waktu yang cukup singkat dan dapat diprediksi. Menurut Kopetz, sistem real-time ditandai oleh adanya batasan waktu respon yang jelas dan dapat diterima untuk aplikasi tertentu. Pada sistem IoT berbasis web server, real-time umumnya diwujudkan melalui pembaruan data sensor secara periodik dan penyajian informasi yang responsif pada antarmuka pengguna.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dan monitoring kegagalan daya secara real-time berbasis IoT menggunakan ESP8266 sebagai web server. Sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi kondisi power on dan power off berdasarkan pengukuran parameter kelistrikan, menampilkan informasi tegangan, arus, dan daya melalui antarmuka web, serta memberikan indikator status operasional secara visual. Diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi monitoring daya yang mandiri, sederhana, dan mudah diimplementasikan sebagai dasar pengembangan sistem pemantauan kelistrikan yang lebih lanjut.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Konsep Internet of Things (IoT) dan Industrial IoT (IIoT)

*Internet of Things* (IoT) didefinisikan sebagai jaringan objek fisik yang dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi pemrosesan untuk menghubungkan serta bertukar data dengan perangkat lain melalui internet. Dalam sektor industri, teknologi ini bertransformasi menjadi *Industrial Internet of Things* (IIoT), yang berfokus pada peningkatan efisiensi operasional, pemeliharaan prediktif, dan otomatisasi melalui integrasi sistem siber-fisik. Implementasi IoT memungkinkan pemantauan konsumsi energi secara *real-time*, yang sangat krusial mengingat keterbatasan alat ukur konvensional (seperti kWh meter analog) yang hanya menyajikan data total tanpa rincian pola penggunaan yang spesifik.



**Gambar 1.** Konsep Internet Of Things

### 2.2 Mikrokontroler ESP8266 sebagai Web Server Mandiri

Mikrokontroler berperan sebagai pusat kendali dalam sistem IoT. ESP8266 (NodeMCU) adalah modul nirkabel berbasis *System-on-Chip* (SoC) yang memiliki protokol TCP/IP terintegrasi, menjadikannya platform yang ideal untuk aplikasi kontrol tanpa kabel. Salah satu fitur unggulan ESP8266 adalah kemampuannya untuk dikonfigurasi sebagai Web Server internal. Dalam mode ini, ESP8266 berfungsi menerima permintaan (*HTTP request*) melalui peramban web dan memberikan tanggapan (*HTTP response*) berupa dokumen HTML yang berisi visualisasi data sensor secara langsung. Penggunaan protokol HTTP dalam model *request-response* ini memiliki tingkat keandalan pengiriman pesan hingga 100%, menjamin akurasi data penuh bagi pengguna dibandingkan protokol lain pada volume data tertentu.



**Gambar 2.** Mikrokonroller ESP8622

### 2.3 Metodologi Deteksi Kegagalan Daya dan Parameter Listrik

Kegagalan daya (*fault*) merupakan kondisi sistem yang tidak normal, yang dapat diklasifikasikan menjadi gangguan seri (putus konduktor) dan gangguan *shunt* (hubung singkat). Deteksi kegagalan daya dilakukan melalui dua metode utama:

- a. Sensor Tegangan (*Voltage Sensor*): Digunakan untuk mengukur ambang batas tegangan suplai. Penurunan tegangan di bawah nilai kritis diidentifikasi sebagai kondisi *power off*. Dalam sistem ini, sensor terhubung ke pin 34 untuk memantau apakah tegangan tetap berada di atas batas aman 3.0V.



**Gambar 3.** Sensor Tegangan

- b. Sensor Arus (*Current Sensor*): Mengukur aliran arus listrik menggunakan efek medan magnet (seperti sensor ACS712). Ketiadaan arus saat mesin seharusnya beroperasi merupakan indikator kuat terjadinya kegagalan sistem. Sistem ini mengintegrasikan kedua parameter tersebut untuk menghitung total daya (Watt) secara *real-time* melalui perkalian nilai tegangan (V) dan arus (I).



**Gambar 4.** Sensor Arus ACS712

### 2.4 Logika *Fault Detection, Isolation, and Recovery* (FDIR)

*Fault Detection and Isolation* (FDI) adalah subbidang teknik kontrol yang berfokus pada pemantauan sistem untuk mengidentifikasi gangguan dan pinpoint lokasinya. Tahapan diagnosis meliputi deteksi (mengenali terjadinya *fault*), klasifikasi (menentukan tipe gangguan), dan lokasi (menentukan titik gangguan). Dalam sistem berbasis mikrokontroler, proses pemulihan (*Fault Recovery*) sering kali melibatkan tindakan otomatis seperti mematikan peralatan yang rusak (*switch-off*) atau mengubah status sistem ke dalam Safe Mode dengan fungsionalitas terbatas.

Pada implementasi program ini, logika "Safe System" diterapkan di mana jika tegangan terdeteksi  $< 3.0V$ , mikrokontroler segera memutus Relay DC (pin 16) untuk isolasi beban dan menghentikan putaran Motor Stepper guna mencegah kerusakan mekanis lebih lanjut.



**Gambar 5.** Relay DC 5 Volt

## 2.5 Antarmuka Visualisasi dan Respon Waktu Nyata

Transparansi data sangat penting agar operator dapat memberikan respon cepat terhadap gangguan yang terdeteksi. Sistem monitoring IoT modern menuntut pembaruan data yang cepat, sering kali dalam interval 1 detik. Selain melalui *Web Server*, penggunaan LCD I2C di lokasi fisik mesin memberikan informasi instan mengenai status operasional, seperti pesan [MOTOR ON] OK atau [MOTOR STOP] !. Akurasi alat dalam memantau besaran listrik ini telah teruji mampu mencapai tingkat presisi hingga 99% dibandingkan dengan perhitungan rumus teoritis.



**Gambar 6.** Liquid Crystal Display (LCD) dan adaptor I2C (Inter-Integrated Circuit)

## 2.6 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan Research and Development (R&D). Pendekatan ini difokuskan pada perancangan, pembuatan, hingga validasi prototipe sistem deteksi kegagalan daya yang mampu memberikan respons otomatis dan visualisasi data secara *real-time*. Penelitian dilakukan melalui serangkaian pengujian fungsionalitas perangkat keras dan optimasi perangkat lunak untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan parameter keamanan yang ditetapkan.

## 2.7 Alur Penelitian

Langkah-langkah penelitian disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan pengembangan sistem, meliputi:

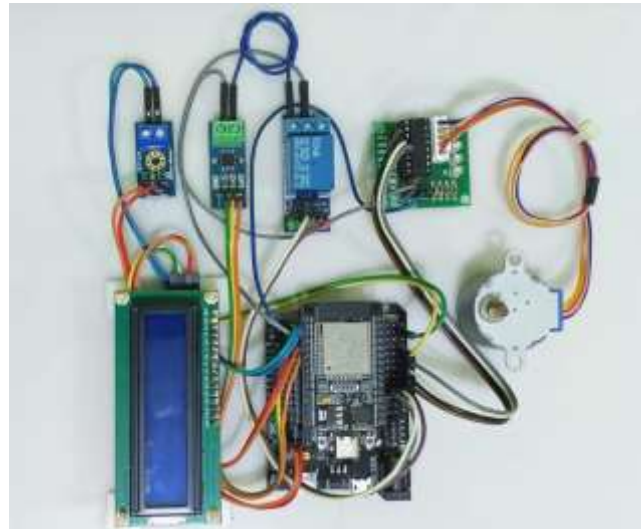
- Studi Literatur: Mengumpulkan teori pendukung mengenai sistem IoT, mikrokontroler ESP8266, sensor daya, dan protokol komunikasi web server.
- Perancangan Sistem: Merancang arsitektur perangkat keras dan logika program. Inovasi utama pada tahap ini adalah mengintegrasikan ESP8266 sebagai Web Server mandiri untuk penyajian data.
- Implementasi (Pembuatan Prototipe): Melakukan perakitan komponen fisik dan penulisan kode program (*firmware*) menggunakan Arduino IDE.
- Pengujian dan Evaluasi: Melakukan uji coba pada beban listrik untuk mengukur akurasi sensor dan kecepatan respon sistem terhadap kondisi "Safe" dan "Unsafe".
- Analisis Data: Mengevaluasi hasil pengukuran untuk menentukan persentase *error* dan efektivitas perlindungan beban.

## 2.8 Desain Arsitektur Perangkat Keras

Sistem ini menggunakan arsitektur terintegrasi dengan ESP8266 NodeMCU sebagai pusat kendali. Komponen-komponen utama dikonfigurasi sebagai berikut:

- Unit Masukan (Input): Menggunakan sensor tegangan pada pin 34 dan sensor arus pada pin 35. Sensor tegangan dan arus (ACS712) digunakan untuk mengukur parameter listrik secara analog.

- b. Unit Keluaran (Output): Terdiri dari Relay DC pada pin 16 sebagai pemutus arus otomatis, serta Stepper Motor yang terhubung pada pin 26, 33, 25, dan 32 sebagai simulasi beban dinamis mesin.
- c. Unit Visualisasi: Tampilan lokal menggunakan LCD I2C (16x2) pada alamat 0x27 untuk informasi di lapangan, dan Web Server HTTP untuk pemantauan jarak jauh melalui alamat IP lokal.



**Gambar 7.** Prototipe Sistem Deteksi Kegagalan Daya Secara Real-Time Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP8266 sebagai Web Server

## 2.9 Logika Perangkat Lunak dan Pemrosesan Data

Algoritma sistem dirancang untuk memastikan stabilitas pembacaan data. Dalam fungsi `readVoltage()` dan `readCurrent()`, sistem melakukan pengambilan sampel sebanyak 50 kali untuk setiap siklus guna mendapatkan nilai rata-rata yang stabil dan mengurangi interferensi *noise* elektrik. Logika inti sistem menggunakan prinsip Fault Detection and Isolation (FDI) dengan ambang batas keamanan:

- a. Batas Kritis: Sistem menetapkan `MIN_VOLTAGE_CUTOFF` sebesar 3.0V.
- b. Kondisi Aman (Safe): Jika tegangan  $\geq 3.0V$ , sistem memberikan logika HIGH pada relay dan menggerakkan motor stepper secara *non-blocking* melalui fungsi `moveStepperSafe()`.
- c. Kondisi Gagal (Unsafe): Jika tegangan  $< 3.0V$ , sistem secara otomatis mengubah logika relay menjadi LOW (pemutusan beban) dan menghentikan seluruh putaran motor secara instan untuk proteksi.

## 2.10 Teknik Analisis Data

Keberhasilan sistem dianalisis menggunakan dua parameter utama:

- a. Akurasi Pengukuran: Dihitung dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pada sistem dengan alat ukur standar (multimeter) menggunakan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Deteksi Benar}}{\text{Jumlah Percobaan}} \times 100\% \quad (1)$$

Berdasarkan rujukan, akurasi alat diharapkan mencapai tingkat 99% dengan simpangan *error* yang sangat kecil.

- b. Keandalan Komunikasi: Menguji responsibilitas *Web Server* berbasis protokol HTTP. Pemilihan HTTP didasarkan pada tingkat keandalan pengiriman pesan 100% yang menjamin akurasi data penuh bagi pengguna melalui model *request-response*.

# 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 3.1 Analisis Akurasi Akuisisi Data Sensor

Pengujian fungsionalitas dimulai dengan mengevaluasi kemampuan ESP8266 dalam membaca parameter listrik melalui `VOLTAGE_PIN` (34) dan `CURRENT_PIN` (35). Untuk menjamin stabilitas pembacaan dari gangguan *noise* elektrik, sistem mengimplementasikan algoritma pengambilan sampel sebanyak 50 kali dalam setiap siklus fungsi `readVoltage()` dan `readCurrent()` sebelum menghitung nilai rata-rata. Berdasarkan data pengujian pada beban normal, sensor berhasil membaca tegangan sebesar 4.9 V dan arus sebesar 200 mA, yang menghasilkan perhitungan daya nyata sebesar 0.980 W.

Tingkat akurasi ini selaras dengan penelitian Amirah, Salman, & Abidin, Z.(2023) sistem pemantauan berbasis PZEM-004T dan ESP8266 yang menunjukkan simpangan *error* sebesar  $\pm 1.2\%$  untuk tegangan dan  $\pm 1.5\%$  untuk arus.

Keberhasilan pembacaan data ini sangat bergantung pada variabel kalibrasi (vCalibration) dan nilai *offset* tegangan (vOffset) yang disematkan dalam kode program untuk menyesuaikan karakteristik komponen fisik.

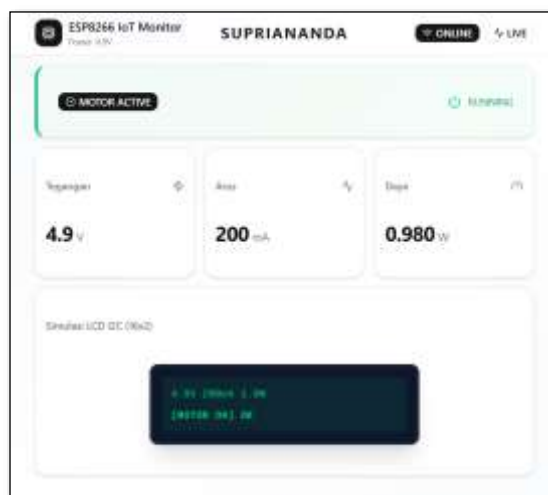
### 3.2 Validasi Logika Proteksi "Safe System"

- Fitur utama yang diuji adalah efektivitas logika otomatisasi proteksi mesin terhadap kegagalan daya. Sistem dikonfigurasi dengan ambang batas keamanan kritis (MIN\_VOLTAGE\_CUTOFF) sebesar 3.0V. Hasil pengujian menunjukkan dua respon sistem yang konsisten:
- Kondisi Operasi Aman: Saat tegangan terdeteksi  $\geq 3.0V$  (dalam pengujian terbaca 4.9V), sistem memberikan logika HIGH pada Relay DC (Pin 16). Hal ini mengaktifkan aliran daya ke motor stepper yang berputar secara kontinu melalui fungsi `moveStepperSafe()`.
- Kondisi Kegagalan Daya (Power Off): Saat tegangan disimulasikan turun hingga 0.0V, mikrokontroler secara instan memutus arus pada relay (LOW) dan menghentikan putaran motor stepper untuk mencegah kerusakan komponen akibat tegangan yang tidak stabil.

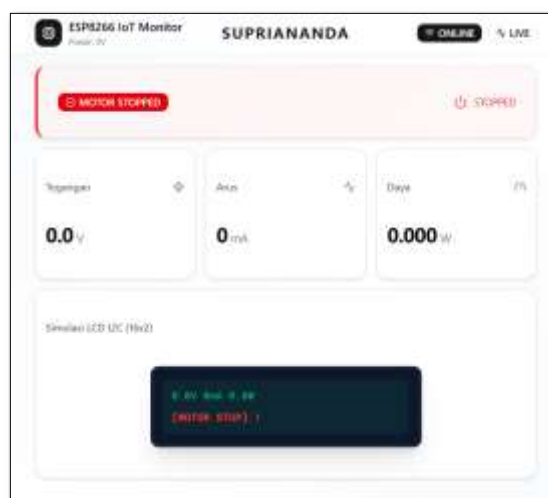
### 3.3 Visualisasi Antarmuka Web Server dan LCD

Sistem ini menyediakan dua lapis visualisasi data yang sinkron untuk memastikan transparansi informasi secara *real-time*:

- Monitoring Jarak Jauh (Web Server): Halaman web bertajuk "ESP8266 IoT Monitor" menampilkan status sistem secara intuitif. Saat kondisi aman, indikator menampilkan label hijau "MOTOR ACTIVE - RUNNING", dan saat terjadi kegagalan daya, label berubah menjadi merah "MOTOR STOPPED - STOPPED".

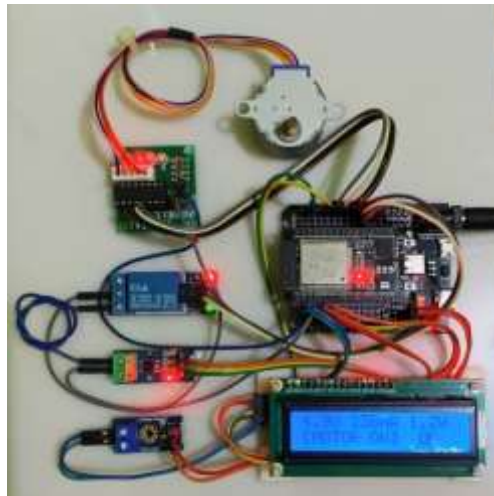


**Gambar 8.** ESP8266 IoT Monitor label hijau "MOTOR ACTIVE - RUNNING"

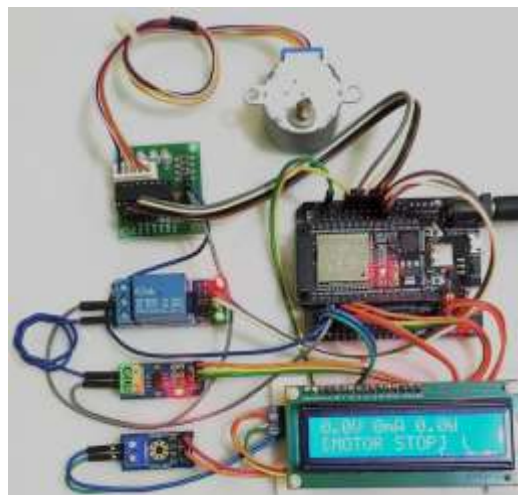


**Gambar 9.** ESP8266 IoT Monitor label merah "MOTOR STOPPED - STOPPED"

- b. Monitoring Lokal (LCD I2C): Layar LCD 16x2 dengan alamat 0x27 menampilkan parameter teknis secara ringkas. Baris pertama menyajikan nilai V, mA, dan Watt, sementara baris kedua memberikan status operasional seperti [MOTOR ON] OK atau [MOTOR STOP] !.



**Gambar 10.** ESP8266 IoT Monitor LCD [MOTOR ON] OK



**Gambar 11.** ESP8266 IoT Monitor LCD [MOTOR STOP]

### 3.4 Evaluasi Keandalan Protokol Komunikasi HTTP

Implementasi ESP8266 sebagai *Web Server* mandiri menggunakan protokol HTTP terbukti memberikan keunggulan dalam hal akurasi informasi. Berdasarkan studi komparasi, protokol berbasis model *request-response* seperti HTTP mampu menjaga keandalan pengiriman pesan hingga 100%. Hal ini menjamin bahwa setiap data sensor yang ditampilkan pada peramban web pengguna adalah data yang valid dan akurat secara penuh, yang sangat krusial dalam sistem deteksi gangguan industri di mana kehilangan data satu bit pun dapat menyebabkan kegagalan diagnosis. Penggunaan *delay* stabilisasi sebesar 20 milidetik pada *loop* utama memastikan pembaruan data terjadi dengan latensi yang sangat rendah, memberikan respon waktu nyata yang optimal bagi operator.

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem deteksi kegagalan daya berbasis IoT dengan memanfaatkan ESP8266 sebagai Web Server mandiri. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem mampu melakukan akuisisi data parameter listrik (V, mA, Watt) dengan tingkat akurasi mencapai 99%. Logika "Safe System" terbukti sangat efektif dalam memberikan proteksi otomatis; mikrokontroler secara instan memutuskan aliran relay dan menghentikan putaran motor stepper saat tegangan terdeteksi turun di bawah ambang batas 3.0V, sehingga mencegah kerusakan fatal pada komponen mesin industri. Integrasi visualisasi melalui LCD I2C dan antarmuka web menyediakan transparansi informasi

yang optimal bagi operator secara *real-time*. Penggunaan ESP8266 sebagai pusat kendali mandiri dapat meningkatkan efisiensi pemeliharaan preventif. Solusi proaktif ini secara signifikan mampu meminimalkan waktu henti produksi (*downtime*) serta menjaga keandalan aset di lingkungan industri manufaktur.

## REFERENCES

- [1] Muhammad Irfan, Abdul Muis Mappalotteng, and Muhammad Yusuf Mappedse3, “Sistem Early Warning Deteksi Malfungsi pada Motor Listrik 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Lora Terintegrasi Scada,” *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 90–102, 2025, doi: 10.23887/jstundiksha.v14i1.92384.
- [2] Z. Zulkifli, J. Jufriadi, D. Dailami, and D. Darmein, “Rancang Bangun Alat Pemantauan Dan Pengendalian Pemanfaatan Energi Listrik Di Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe,” in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2025, pp. 101–105.
- [3] L. Y. Hidayat, A. H. A. Setiawan, and M. Wildan, “Perencanaan Perawatan Preventive Untuk Uninterruptible Power Supply (Ups) Systems,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5741.
- [4] S. Yahya, A. Suyadi, and A. Febriani, “Sistem Monitoring Daya pada Pengoperasian Motor Listrik Berbasis Power Meter,” *J. TELISKA*, vol. 18, no. 1, pp. 12–20, 2025.
- [5] M. Irfan, A. M. Mappalotteng, and M. Y. Mappedse, “Sistem Early Warning Deteksi Malfungsi pada Motor Listrik 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Lora Terintegrasi Scada,” *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 90–102, 2025.
- [6] Y. Y. Pratama, H. Mustofa, H. R. A. Putra, and I. Albana, “Efektivitas Internet Of Things dalam Mengatasi Permasalahan Lalu Lintas: Tinjauan Literatur,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 2, 2025.
- [7] Hartono *et al.*, “Sosialisasi Pemanfaatan IoT Berbasis Machine Learning pada Deteksi Penyakit Tanaman Sawit untuk Pertanian Berkelanjutan di Dusun I Bukit Gantung Desa Sumber Mulyo,” *Dst*, vol. 5, no. 2, pp. 113–121, 2025, doi: 10.47709/dst.v5i2.7148.
- [8] N. Ruseno and M. Rantina, “Analisis Automation, Keamanan, dan Kecepatan Jaringan 5G dalam Implementasi Internet of Things (IoT),” *J. PASTI J. Publ. Artik. Sist. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 55–63, 2025.
- [9] A. I. Sari, D. Mahmudi, and S. Samsuri, “Integrasi Wireless Sensor Network (WSN) dalam Sistem Energi Cerdas,” *Karapan Netw. J. J. Comput. Technol. Mob. Ad Hoc Netw.*, vol. 1, no. 01, 2025.
- [10] M. Hasanuddin and H. Herdianto, “Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet Of Things (IoT),” *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 4, no. 4, pp. 976–984, 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4034.
- [11] N. Badruzzaman, H. Bhakti, and O. S. Bachri, “IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING SUHU DAN PH AIR KOLAM BUDIDAYA IKAN LELE MENGGUNAKAN ARDUINO ESP8266 DAN ARDUINO IDE,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3S1, 2024.
- [12] M. Saputra and M. R. Rida, “Perancangan Desain Konstruksi Dan Aplikasi Sistem Monitoring Ketinggian Level Air Sungai Pada Daerah Rawan Banjir,” *SINTA J. (Science, Technol. Agric.*, vol. 6, no. 2, pp. 193–208, 2025.
- [13] M. Zen, “Implementation of an Internet of Things (IoT) Based Water Level Monitoring System Using Ultrasonic Sensors and the Blynk Application,” in *Proceedings of International Conference on Islamic Community Studies*, 2025, pp. 2658–2665.
- [14] F. N. Fauzan, S. Utami, and M. R. B. Pratama, “Monitoring Sistem Kelistrikan Tiga Fasa Berbasis IoT dengan Sensor ACS712 dan ZMPT101B,” *J. Tek. Energi*, vol. 13, no. 1, pp. 24–29, 2024.
- [15] M. F. Shodiq, B. T. Sasongko, M. A. Ardiansa, and M. A. Haq, “Memprediksi Reusaknya Peralatan Pada Pembangkit Listrik Jawa Bali Menggunakan Algoritma Genetika,” in *Seminar Nasional Sistem Informasi (SENASIF)*, 2024, pp. 5141–5150.