

Rancang Bangun Edge Computing Untuk Pengukuran Daya Listrik Motor 1 Fasa Menggunakan Orange PI Zero 3 Dan InfluxDB

Rifky Fadillah^{1*}, Wasis Waskito Adi¹, Novan Akhiriyanto¹

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

*Corresponding Author: rifyfadillah003@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.53026/inhardware.v3i2.51>

Article Info

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

Keywords

Edge Computing, Orange Pi Zero 3, InfluxDB, Docker, Pengukuran Daya, Listrik, Motor 1 Fasa

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan *modern* yang mendukung berbagai aktivitas industri. maupun domestik. Namun, pada penggunaan energi listrik yang tidak terkontrol serta dapat menyebabkan pemborosan dan mengakibatkan peningkatan biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan yang efisien untuk mengontrol konsumsi daya secara *real-time*. Penelitian ini mengusulkan perancangan dan implementasi sistem *edge computing* untuk pengukuran daya listrik pada motor satu fasa, dengan memanfaatkan Orange Pi Zero 3 sebagai perangkat komputasi tepi dan InfluxDB sebagai *time-series database*. Seluruh komponen perangkat lunak diintegrasikan dalam kontainer Docker, yang berfungsi untuk memastikan portabilitas, efisiensi *deployment*, dan konsistensi lingkungan pada sistem. Data kelistrikan yang diperoleh dari power meter melalui protokol Modbus dikumpulkan dan diproses secara lokal pada *edge device*, kemudian disimpan ke InfluxDB dan divisualisasikan *secara real-time* melalui Grafana.

Abstract

Electrical energy is one of the most critical needs in modern life, supporting various industrial and domestic activities. However, uncontrolled electricity usage can lead to energy waste and increased operational costs. Therefore, an efficient monitoring system is required to control power consumption in real time. This study proposes the design and implementation of an edge computing system for measuring the electrical power of a single-phase motor, utilizing the Orange Pi Zero 3 as the edge computing device and InfluxDB as the time-series database. All software components are integrated into Docker containers to ensure system portability, deployment efficiency, and environmental consistency. Electrical data obtained from the power meter via the Modbus protocol is collected and processed locally on the edge device, then stored in InfluxDB and visualized in real time through Grafana.

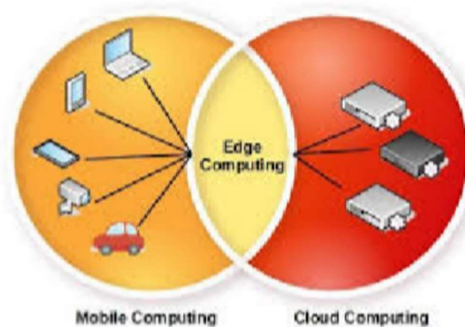
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license.



1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan modern saat ini, listrik sudah menjadi kebutuhan utama yang menunjang hampir seluruh aktivitas manusia. Namun, penggunaan listrik yang tidak terpantau dengan baik dapat menyebabkan pemborosan energi dan meningkatnya biaya operasional. Untuk itu, diperlukan sistem pemantauan daya secara *real-time* yang bertujuan untuk mengontrol konsumsi energi, meningkatkan efisiensi penggunaan, serta mencegah kerusakan peralatan akibat kelebihan beban (*overload*) [1]. Meskipun *monitoring* penting, pendekatan tradisional sering menghadapi tantangan latensi dan beban jaringan yang tinggi. Sebagai solusinya, *edge computing* menawarkan inovasi dengan memindahkan komputasi lebih dekat ke sumber data, memungkinkan pemrosesan lokal dan respons yang lebih cepat [2].

Penelitian ini bertujuan merancang sistem *edge computing* yang efisien dan *responsif* untuk pengukuran daya listrik motor 1 fasa. Sistem ini memanfaatkan Orange Pi Zero 3 untuk komputasi lokal, InfluxDB sebagai basis data *time-series*, dan Docker untuk menjamin portabilitas. Data daya dari sensor akan diproses dan disimpan langsung di perangkat *edge*, lalu ditampilkan secara *real-time*. Hasil pengujian diharapkan menunjukkan kemampuan sistem dalam membaca, memproses, dan mentransmisikan data secara akurat dan efisien, serta mengurangi latensi, menjadikannya solusi efektif untuk monitoring daya motor 1 fasa.



Gambar 1. Ilustrasi Edge Computing

Dibawah ini adalah teknologi sistem edge computing dan cloud computing yang sering diterapkan sistemnya. Tabel 1 menunjukkan bahwa edge computing memiliki keunggulan dalam hal pada latensi rendah, pemrosesan lokal, serta kemampuan untuk beroperasi tanpa koneksi internet yang stabil. Hal ini menjadi sangat relevan dalam konteks penelitian ini, di mana sistem pengukuran daya listrik membutuhkan respon cepat dan *real-time*, serta dilakukan langsung dekat dengan sumber data, yaitu menggunakan Orange Pi Zero 3. Sebaliknya, *cloud computing* menawarkan kapasitas penyimpanan yang besar dan sangat baik dalam skala luas, namun memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan respon dan ketergantungan terhadap koneksi internet. Dalam konteks pengukuran daya listrik secara *real-time* di lingkungan industri yang mungkin memiliki keterbatasan jaringan, penggunaan *cloud computing* akan mengakibatkan latensi dan potensi *bottleneck* dalam transmisi data.

Dengan demikian, penggunaan sistem *edge computing* dalam penelitian ini dipilih untuk mengatasi tantangan keterlambatan transmisi data (latensi), mengurangi beban *bandwidth*, serta meningkatkan efisiensi pemrosesan data. Penerapan *edge computing* juga sejalan dengan kebutuhan akan respon cepat, operasi independen, dan pengolahan data terdesentralisasi, sebagaimana ditunjukkan dalam proyek ini dengan integrasi antara Orange Pi Zero 3, InfluxDB, dan Grafana.

Pada penelitian Jurnal "*Implementation of a Tiered Cardiac Telemetry System: An Operational Blueprint at Mayo Clinic*" ini membahas implementasi dan evaluasi sistem telemetri jantung bertingkat di lingkungan rumah sakit. Penelitian ini memiliki tujuan utama untuk menganalisa hasil operasional serta dampak implementasi dari pemantauan telemetri jantung bertingkat, dengan memanfaatkan teknologi inovatif terkini. Dalam metodologinya, penelitian ini melakukan perbandingan cermat antara perangkat pemantau jantung nirkabel yang terhubung seluler (*InfoBionic MoMe*) dengan sistem pemantau jantung kabel standar yang lazim digunakan, pada sekelompok pasien dewasa. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi peristiwa yang sangat tinggi yang berhasil ditangkap oleh perangkat nirkabel, setara dengan model perawatan standar. Lebih lanjut, penelitian ini juga mencatat peningkatan signifikan dalam konektivitas selama periode penelitian, yang berdampak pada pengurangan latensi yang drastis, dari sebelumnya 3-5 menit menjadi hanya 30 detik. Temuan ini menyoroti potensi besar teknologi telemetri jantung nirkabel dalam meningkatkan efisiensi dan respons real-time dalam perawatan pasien [3].

Penelitian Jurnal yang berjudul "*Integration of Blockchain and Edge Computing in Internet of Things: A Survey*" ini membahas tentang integrasi Blockchain dan Edge Computing dalam konteks *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini berfokus membahas dengan bertujuan untuk meninjau mengenai bagaimana penggabungan kedua

teknologi ini dapat meningkatkan pemanfaatan sumber daya seperti jaringan, komputasi, penyimpanan, dan keamanan dalam aplikasi IoT. Dalam pembahasannya, Jurnal ini membahas dan menganalisis bagaimana Blockchain dapat memberikan manfaat bagi Edge Computing, dan sebaliknya, bagaimana *Edge Computing* dapat mendukung Blockchain. Hasil dari analisis penelitian ini yaitu merangkum tantangan yang terjadi serta mengidentifikasi potensi solusi di masa depan yang timbul dari integrasi sistem Blockchain dan Edge Computing dalam IoT [4].

Table 1. Perbandingan Antara Edge Computing dan Cloud

Fitur	Edge Computing	Cloud Computing
Lokasi Komputasi	Dekat dengan sumber data	Terpusat di pusat data yang jauh
Latensi	Sangat rendah	Relatif tinggi
Bandwidth	Mengurangi kebutuhan bandwidth ke cloud	Membutuhkan bandwidth tinggi untuk transfer data mentah
Respons Real Time	Sangat cocok untuk aplikasi real time	Dapat terpengaruh latensi jaringan
Keamanan	Data diproses secara local, perangkat tepi bisa lebih rentan terhadap serangan fisik	Keamanan data yang kuat di pusat data, namun data transit bisa menjadi target
Skalabilitas	Dapat diperluas di banyak lokasi tepi	Sangat skalabel secara vertikal dan horizontal di pusat data
Ketergantungan internet	Dapat beroperasi secara offline atau dengan koneksi intermiten	Sangat bergantung pada koneksi internet yang stabil
Kapasitas Penyimpanan	Terbatas (pada perangkat tepi)	Tidak terbatas (pada pusat data cloud)

Jurnal ini berjudul "Rancang Bangun Alat *Monitoring* Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase Dan Aplikasi Android" tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sebuah sistem yang memungkinkan pemantauan penggunaan daya listrik pada peralatan rumah tangga secara real-time melalui platform IoT. Dalam metodologinya, penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif untuk pengumpulan data. Sistem yang dikembangkan dalam studi ini menggunakan sensor PZEM-0041 untuk mendeteksi nilai tegangan dan arus listrik AC. Aliran Data: Sensor (perangkat lokal) → Internet → Firebase (cloud) → Internet → Aplikasi Android. Kecepatan dan efisiensi di sini akan sangat bergantung pada kualitas koneksi internet, performa server Firebase, dan latensi jaringan ke cloud. Meskipun Firebase cepat untuk cloud database, tetap ada perjalanan data ke dan dari cloud [5].

Jurnal yang berjudul "Monitoring Development Board based on InfluxDB and Grafana" membahas tentang perancangan sistem pemantauan data sensor dengan memanfaatkan basis data time-series dan platform visualisasi monitoring pada perangkat development board. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem yang mampu memantau data sensor secara efisien dan real-time. Metodologi yang digunakan dimulai dengan analisis kebutuhan, yang mencakup identifikasi dan persiapan perangkat keras serta perangkat lunak yang diperlukan. Selanjutnya, dilakukan perancangan arsitektur sistem yang akan diimplementasikan. Tahap pengembangan kemudian dilaksanakan berdasarkan desain tersebut, hingga akhirnya dilakukan pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem [6]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem edge computing untuk pengukuran daya listrik motor 1 fasa menggunakan orangepi zero 3 dan influxdb untuk pemantauan secara *real-time*.

2. METODA

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem dengan tujuan merancang dan mengimplementasikan sistem edge computing untuk pengukuran daya listrik motor satu fasa secara real-time. Sistem ini dikembangkan menggunakan Orange Pi Zero 3 sebagai perangkat komputasi tepi yang berperan dalam proses pengumpulan, pemrosesan, dan pengiriman data kelistrikan secara lokal. Pengambilan data dilakukan dari Power Meter Schneider DM6000H LED yang terhubung melalui komunikasi serial menggunakan protokol Modbus RTU berbasis RS485. Parameter yang diukur meliputi arus, tegangan, dan faktor daya. Nilai-nilai ini diakses dari register Modbus, dikonversi ke dalam format 32-bit floating-point decimal, kemudian digunakan untuk menghitung daya aktif dengan persamaan: $P = V \times I \times PF$. Data hasil perhitungan dikemas dalam format JSON dan dikirim ke basis data time-series InfluxDB melalui HTTP API. InfluxDB berperan sebagai penyimpan data yang terstruktur secara kronologis untuk keperluan pemantauan jangka panjang. Seluruh proses dalam sistem ini dikelola menggunakan Docker, sebuah platform kontainerisasi yang menjalankan setiap komponen-termasuk aplikasi akuisisi data, InfluxDB, dan Grafana dalam kontainer terpisah. Docker menyediakan lingkungan yang ringan, terisolasi, dan

konsisten, sehingga memudahkan proses deployment, pengujian, serta pemeliharaan sistem pada perangkat edge. Visualisasi data yang terhubung langsung ke InfluxDB. Data yang tersimpan ditampilkan dalam bentuk dashboard interaktif, memungkinkan pengguna untuk memantau parameter kelistrikan secara real-time melalui jaringan lokal. Seluruh sistem dirancang agar dapat berjalan secara otomatis, mandiri, dan terintegrasi, sesuai dengan prinsip edge computing yang mengutamakan pemrosesan data di dekat sumbernya.

2.1. Perancangan Hardware

Data konsumsi listrik dari motor satu fasa yang terukur oleh *power meter* akan ditampilkan pada panel lokal. Selanjutnya, data tersebut dibaca secara digital melalui konverter RS485 yang terhubung ke Orange Pi Zero 3. Perangkat ini berperan sebagai komputer mini pada sisi *edge*, yang memiliki fungsi penting dalam memproses data secara langsung dan menyimpannya ke dalam basis data time-series InfluxDB. Baik InfluxDB maupun Grafana-yang digunakan sebagai platform visualisasi data-dijalankan dalam lingkungan *container* menggunakan Docker di Orange Pi Zero 3. Arsitektur sistem berbasis Docker ini memastikan portabilitas, isolasi, serta kemudahan dalam pengelolaan seluruh komponen perangkat lunak. Dengan pendekatan ini, data kelistrikan dapat divisualisasikan secara real-time melalui Grafana, memungkinkan proses pemantauan berjalan secara efisien dan responsif.



Gambar 2 Rancangan Hardware

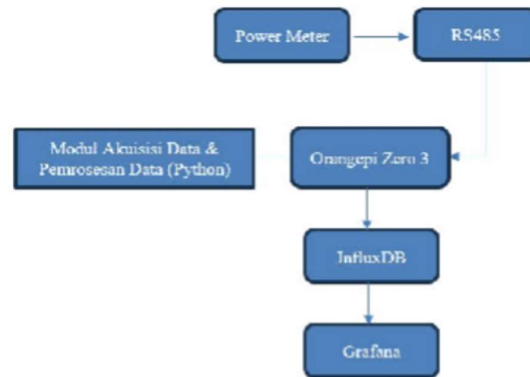
2.2. Perancangan Software

Rancangan perangkat lunak pada proyek ini bertujuan untuk memastikan integrasi yang mulus antara semua komponen sistem *edge computing*. Hal ini bertujuan untuk secara efektif mengakuisisi, mengolah, menyimpan, dan menyajikan data pengukuran daya listrik motor 1 fasa secara real-time. Arsitektur perangkat lunak yang dikembangkan akan tersusun atas beberapa modul utama, yang masing-masing akan berjalan pada perangkat edge inti, yaitu Orange Pi Zero 3, sekaligus menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif.

Detail mengenai komponen-komponen utama dan alur perancangan perangkat lunak ini disajikan sebagai berikut:

1. Modul Akuisisi dan Pembacaan data Sensor Pada Orange Pi Zero 3
 - Library RS485: Perangkat lunak atau *library* yang memungkinkan Orange Pi Zero 3 (melalui konverter RS485-to-USB untuk berkomunikasi dengan *power meter* menggunakan protokol Modbus RTU).
 - Membaca nilai tegangan (Voltage), arus (Current), daya aktif (Real Power) dan Power Faktor.
 - Menggabungkan data-data tersebut menjadi satu *payload* yang siap diproses lebih lanjut.
2. Modul Pemrosesan Data (Pada Orange Pi Zero 3)
 - Konversi Pastikan data dalam unit yang konsisten (misalnya Watt, Ampere, Volt).

- Penambahan Metadata: *Timestamp* (waktu pengukuran) dan identitas sensor pada setiap data poin.
- Basis Data Time-Series (InfluxDB)
- InfluxDB akan di-*deploy* sebagai kontainer Docker pada Orange Pi Zero 3.
- Skema Data Tentukan struktur data (misalnya, *measurement* power_monitoring, *motor_id*, *fields* voltage, current, Real_power, Power Faktor).
- Skrip pemrosesan data *client library* InfluxDB (misalnya InfluxDB-Python client) untuk menulis data ke *database*.



Gambar 3. Perancangan Software

3. Modul Visualisasi Data (Grafana)
 - Konfigurasi Grafana untuk terhubung ke InfluxDB sebagai sumber datanya.
 - Desain Dashboard: Rancang *dashboard* Grafana yang menampilkan:
 - Grafik *real-time* untuk tegangan, arus, dan daya aktif dan Power Faktor.
 - Pembacaan nilai numerik terkini.
 - Histogram atau tren historis penggunaan energi.
4. Pengelolaan Sistem (Docker)
 - Buat *Dockerfile* untuk setiap aplikasi.
 - Gunakan Docker Compose untuk mendefinisikan dan menjalankan seluruh *stack* layanan (InfluxDB, Grafana, dan skrip akuisisi/pemrosesan data) dengan satu perintah, memudahkan *deployment* dan manajemen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem edge computing yang dirancang untuk mengukur daya listrik motor satu fasa berhasil dikembangkan dan berfungsi dengan baik. Sistem ini mengintegrasikan beberapa komponen inti, yaitu Orange Pi Zero 3 sebagai perangkat komputasi tepi (edge device) yang bertugas mengelola akuisisi dan pemrosesan data secara lokal, serta power meter Schneider DM6000H sebagai sensor utama untuk mengukur parameter kelistrikan seperti arus, tegangan, dan faktor daya. Alur kerja sistem dimulai dari pembacaan data kelistrikan oleh power meter, yang kemudian dikirim melalui protokol komunikasi Modbus RTU berbasis RS485 ke Orange Pi Zero 3. Di perangkat ini, data dibaca menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka MinimalModbus. Selanjutnya, nilai-nilai kelistrikan tersebut diproses untuk menghitung daya aktif menggunakan rumus $P = V \times I \times PF$. Hasil perhitungan dikemas dalam format JSON dan dikirim ke InfluxDB menggunakan HTTP API. InfluxDB bertugas menyimpan data secara kronologis dan terstruktur sebagai basis data time-series. Untuk visualisasi, Grafana digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk dashboard interaktif yang dapat diakses melalui jaringan lokal.

Seluruh layanan dalam sistem ini—termasuk akuisisi data, InfluxDB, dan Grafana—dijalankan di dalam container Docker yang berjalan di Orange Pi Zero 3. Penggunaan Docker memberikan keuntungan besar dalam hal portabilitas, isolasi lingkungan, dan kemudahan pengelolaan layanan, karena setiap komponen berjalan secara terpisah namun tetap terintegrasi dalam satu perangkat edge. Dengan pendekatan ini, sistem mampu menjalankan proses pemantauan secara otomatis, efisien, dan real-time, tanpa ketergantungan pada server eksternal

3.1. Hasil Ujicoba

Secara garis besar, sistem ini dirancang dengan pembagian menjadi dua komponen fundamental: perangkat keras dan perangkat lunak. Pada aspek perangkat keras, inti sistem adalah Orange Pi Zero 3, yang terhubung dengan power meter menggunakan komunikasi serial RS485 dengan protokol Modbus RTU. Data kelistrikan esensial, meliputi arus, tegangan, dan faktor daya, secara langsung diolah pada perangkat Orange Pi tersebut. Untuk penyimpanan data, sistem memanfaatkan InfluxDB, dan hasil pemantauan kemudian divisualisasikan menjadi dashboard interaktif melalui Grafana. Pendekatan penggunaan Docker ini krusial untuk menjaga konsistensi dan isolasi antar proses sistem, yang pada akhirnya sangat mempermudah proses deployment dan pemeliharaan keseluruhan sistem.

Tabel 2 Data Parameter Pengukuran Motor 1 Fasa

Time	Current	Power Faktor	Real Power	Voltage
11/05/2025 11:56:44	4.57	0.30	323.66	238.89
11/05/2025 11:56:48	4.57	0.30	324.56	239.00
11/05/2025 11:56:52	4.58	0.30	323.23	239.11
11/05/2025 11:56:56	4.58	0.30	325.30	239.20
11/05/2025 11:57:00	4.59	0.30	325.80	239.20
11/05/2025 11:57:04	4.58	0.31	326.34	239.23
11/05/2025 11:57:08	4.58	0.31	326.21	239.36
11/05/2025 11:57:12	4.58	0.31	326.24	239.38
.....				
11/05/2025 12:02:00	4.57	0.31	326.36	239.16
11/05/2025 12:02:04	4.57	0.31	327.46	239.50
11/05/2025 12:02:08	4.57	0.31	326.41	239.47
11/05/2025 12:02:12	4.57	0.31	325.30	239.34
11/05/2025 12:02:16	4.57	0.31	325.74	239.20
11/05/2025 12:02:20	4.57	0.31	325.97	239.29
11/05/2025 12:02:24	4.57	0.31	325.77	239.22
11/05/2025 12:02:28	4.57	0.31	325.24	239.29

Pada tanggal 11 Mei 2025, dilakukan pencatatan parameter kelistrikan selama periode waktu antara pukul 11:56:44 hingga 12:02:28. Parameter yang direkam meliputi arus listrik (*current*), faktor daya (*power factor*), daya aktif (*real power*), dan tegangan listrik (*voltage*). Berdasarkan hasil analisis data dari perangkat pengukuran, arus listrik tercatat berada dalam rentang 4,57 hingga 4,59 Ampere. Rentang ini mencerminkan bahwa beban sistem berada dalam kondisi stabil tanpa adanya lonjakan atau fluktuasi yang signifikan. Stabilitas arus ini mengindikasikan bahwa motor yang digunakan bekerja secara konstan, tanpa perubahan mendadak dalam konsumsi daya. Pengamatan terhadap faktor daya menunjukkan nilai berkisar antara 0,30 hingga 0,31. Nilai tersebut menunjukkan karakteristik beban yang bersifat dominan induktif, seperti motor listrik atau perangkat berbasis transformator. Faktor daya yang relatif rendah ini berdampak pada penurunan efisiensi sistem distribusi daya listrik, karena sebagian energi yang tersuplai terserap oleh komponen reaktif, dan tidak semuanya dikonversi menjadi kerja aktif. Daya aktif yang tercatat selama periode tersebut berada dalam kisaran 323,26 hingga 327,46 Watt. Nilai ini tergolong stabil dan mencerminkan konsistensi penggunaan daya nyata oleh sistem, meskipun terdapat sedikit variasi pada faktor daya.

Sementara itu, tegangan listrik tercatat dalam rentang 238,89 hingga 239,57 Volt, menunjukkan bahwa suplai tegangan dari sumber utama berada dalam kondisi stabil dan tidak mengalami penyimpangan atau gangguan teknis yang signifikan. Secara keseluruhan, hasil pengamatan menunjukkan bahwa sistem interval waktu tersebut, sistem berada dalam kondisi operasi yang stabil. Nilai-nilai parameter kelistrikan yang dihasilkan dari implementasi sistem *edge computing* terbukti konsisten dan tidak menunjukkan adanya anomali yang dapat mengganggu keandalan sistem monitoring.



Gambar 4. Tampilan Grafana



Gambar 5. Data Delay InfluxDB, Delay Modbus, CPU Idle, dan Estimasi Konsumsi Daya

Berdasarkan pada gambar diatas tampilan pada grafana ini menyajikan visualisasi data deret waktu dari berbagai metrik penting dalam sistem *edge computing* yang sedang diamati selama periode waktu tertentu (ditunjukkan sebagai "Last 5 minutes").

Berikut adalah detail dari setiap panel:

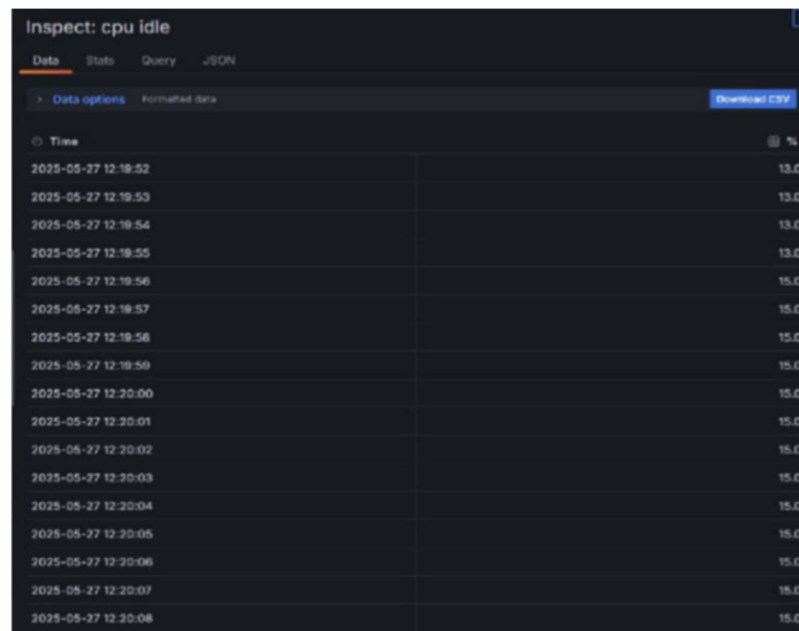
A. Delay InfluxDB:

- Grafik ini menunjukkan rata-rata waktu tulis data ke database InfluxDB per detik.
- Angka yang tertera di sebelah kanan bawah panel adalah "Rata-rata waktu tulis InfluxDB per detik: 0.0208". Ini menunjukkan bahwa rata-rata delay berada di kisaran sangat rendah, yaitu sekitar 0.0208 detik.
- Terlihat adanya fluktuasi, namun secara umum delay InfluxDB sangat rendah dan stabil, yang mengindikasikan performa penulisan data yang baik.

B. CPU Idle Running

Berdasarkan pengamatan terhadap metrik *CPU Idle* yang dilakukan pada tanggal 27 Mei 2025, dengan total 50 sampel data, diperoleh hasil bahwa nilai *CPU Idle* berada dalam kisaran 13% hingga 15%. Artinya, CPU aktif digunakan sebesar 85% hingga 87% selama periode observasi. Tingkat pemanfaatan yang tinggi ini mengindikasikan bahwa sistem beroperasi di bawah beban kerja intensif, namun tetap menunjukkan performa yang stabil dan terkontrol, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.3. Tingkat utilisasi CPU yang tinggi mencerminkan intensitas proses komputasi yang berlangsung di perangkat *edge*, termasuk akuisisi data sensor secara real-time melalui protokol Modbus RTU, perhitungan daya aktif dengan persamaan $P = V \times I \times PF$, serta penyimpanan hasil pengukuran ke basis data *time-series* InfluxDB. Di samping itu, proses visualisasi data menggunakan Grafana juga memberikan kontribusi terhadap beban CPU, khususnya pada saat merender grafik dan mengeksekusi permintaan data (*query*).

Selama pengamatan, tidak ditemukan fluktuasi ekstrem pada nilai *CPU Idle*, yang menunjukkan tidak adanya hambatan kinerja atau *bottleneck* dalam sistem. Meskipun CPU beroperasi dalam tingkat utilisasi yang tinggi, sistem tetap responsif dan stabil. Dengan demikian, nilai *CPU Idle* yang rendah dapat diinterpretasikan sebagai indikator efisiensi proses monitoring daya listrik yang berlangsung secara kontinu dan optimal. Kondisi operasional ini sesuai dengan karakteristik aplikasi *edge computing* yang membutuhkan kemampuan *soft real-time*. Selain mencerminkan efisiensi dalam penggunaan sumber daya perangkat keras, hasil ini juga membuktikan bahwa arsitektur dan konfigurasi sistem yang diimplementasikan mampu mendukung kebutuhan pemrosesan lokal secara andal tanpa mengalami kelebihan beban. Dengan demikian, pengamatan ini memberikan validasi terhadap efektivitas sistem dalam menjalankan fungsi monitoring berbasis *edge computing*.



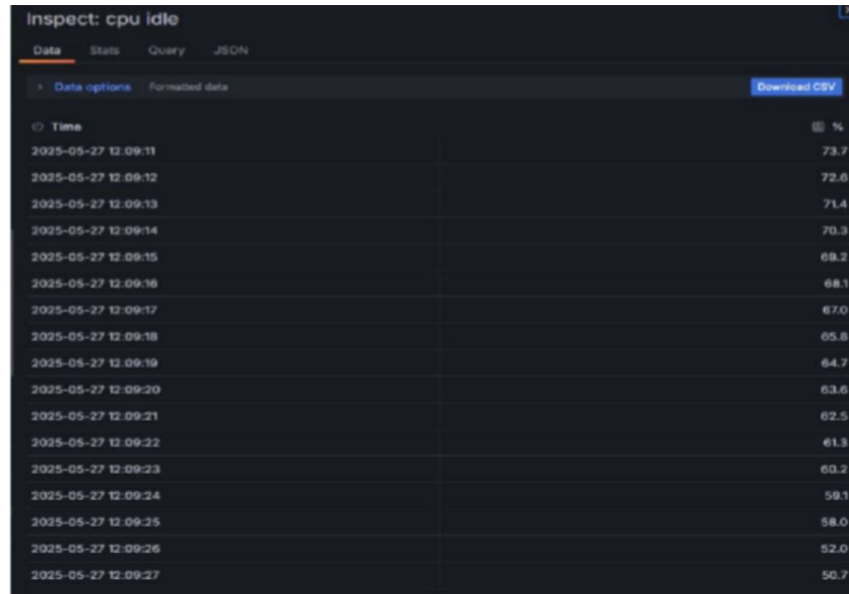
Time	%
2025-05-27 12:18:52	13.0
2025-05-27 12:18:53	13.0
2025-05-27 12:18:54	13.0
2025-05-27 12:18:55	13.0
2025-05-27 12:18:56	15.0
2025-05-27 12:18:57	15.0
2025-05-27 12:18:58	15.0
2025-05-27 12:18:59	15.0
2025-05-27 12:20:00	15.0
2025-05-27 12:20:01	15.0
2025-05-27 12:20:02	15.0
2025-05-27 12:20:03	15.0
2025-05-27 12:20:04	15.0
2025-05-27 12:20:05	15.0
2025-05-27 12:20:06	15.0
2025-05-27 12:20:07	15.0
2025-05-27 12:20:08	15.0

Gambar 6. Tampilan Data CPU Idle Running

C. CPU Idle Non Run

Pada salah satu titik waktu pengamatan, tercatat nilai *CPU idle* sebesar 73,7%, yang mengindikasikan bahwa hanya sekitar 26,3% kapasitas CPU yang digunakan untuk menjalankan proses aktif. Artinya, lebih dari dua pertiga waktu operasi CPU tidak dimanfaatkan untuk aktivitas komputasi intensif, atau dengan kata lain, sistem berada dalam kondisi tidak sibuk. Keadaan ini menunjukkan bahwa sistem hanya menjalankan layanan-layanan dasar atau proses latar belakang dengan kebutuhan sumber daya yang minimal. Secara teknis, kondisi tersebut dikategorikan sebagai fase beban rendah (*low load*), di mana aktivitas pemrosesan berada pada tingkat minimum dan sistem kemungkinan dalam keadaan siaga (*idle state*). Fenomena ini merupakan hal yang umum terjadi pada sistem *edge computing*, khususnya ketika tidak ada proses akuisisi data yang berlangsung atau saat sistem sedang menunggu pemicu (*trigger*) tertentu untuk memulai proses aktif.

Dalam konteks arsitektur *edge computing*, waktu *idle* yang tinggi dapat diartikan sebagai indikator efisiensi energi dan optimalisasi pemanfaatan sumber daya, selama sistem tetap mampu memberikan respons secara *real-time* ketika dibutuhkan. Dalam kasus ini, sistem berada dalam fase tidak sibuk dan tidak menjalankan tugas komputasi utama yang menjadi fokus operasionalnya. Dengan demikian, nilai *CPU idle* yang tinggi pada saat pengamatan mengindikasikan bahwa sistem sedang dalam kondisi siaga dan tidak tengah menjalankan proses komputasi signifikan.

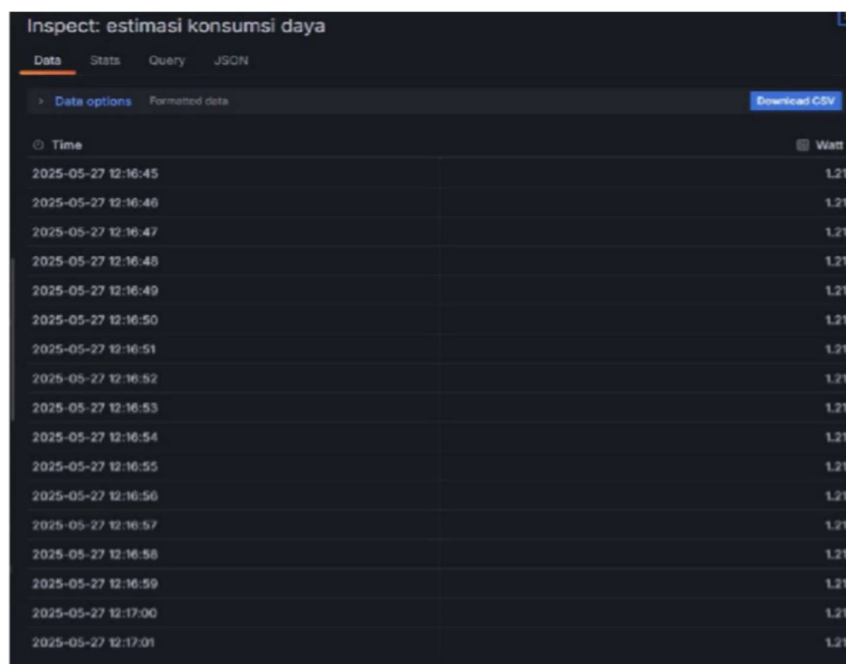


Time	%
2025-05-27 12:09:11	73.7
2025-05-27 12:09:12	72.6
2025-05-27 12:09:13	71.4
2025-05-27 12:09:14	70.3
2025-05-27 12:09:15	69.2
2025-05-27 12:09:16	68.1
2025-05-27 12:09:17	67.0
2025-05-27 12:09:18	65.8
2025-05-27 12:09:19	64.7
2025-05-27 12:09:20	63.6
2025-05-27 12:09:21	62.5
2025-05-27 12:09:22	61.3
2025-05-27 12:09:23	60.2
2025-05-27 12:09:24	59.1
2025-05-27 12:09:25	58.0
2025-05-27 12:09:26	52.0
2025-05-27 12:09:27	50.7

Gambar 7. Tampilan Data CPU Idle No Run

D. Estimasi Konsumsi Daya Running

Selama periode pengamatan dari pukul 12:16:45 hingga 12:17:01 (17 detik), konsumsi daya CPU tercatat konstan sebesar 1,21 Watt. Nilai ini tidak mengalami fluktuasi sama sekali pada setiap detik pengukuran. Nilai 1,21 Watt mencerminkan tingkat konsumsi daya CPU saat sedang berada dalam kondisi aktif (CPU usage tinggi, idle time rendah 13% hingga 15% sebagaimana pada data sebelumnya). Karena nilai ini konsisten dan stabil, bahwa tidak terjadi lonjakan beban daya (power spike) yang bisa mengindikasikan adanya gangguan atau eksekusi proses berat secara mendadak. Stabilitas konsumsi daya sistem CPU bekerja dalam kondisi termal dan performa yang stabil, meskipun beban komputasi cukup tinggi.



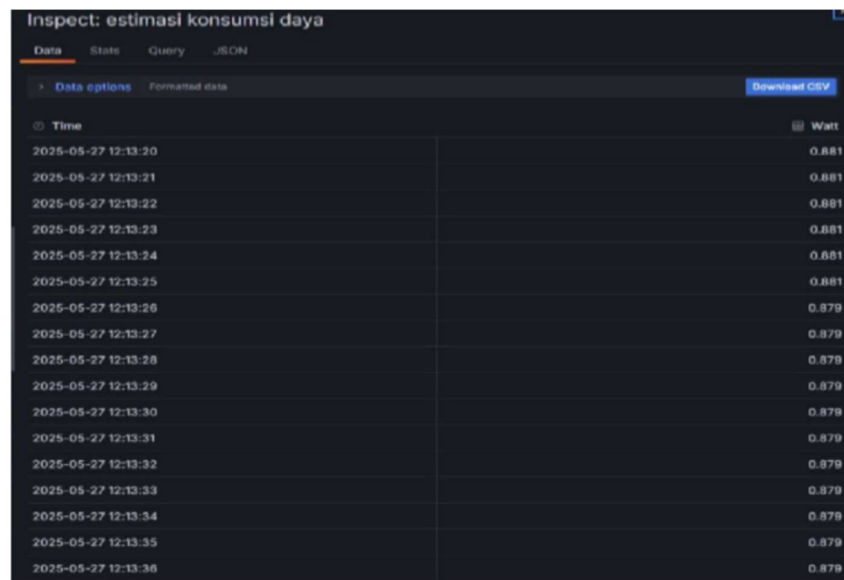
Time	Watt
2025-05-27 12:16:45	1.21
2025-05-27 12:16:46	1.21
2025-05-27 12:16:47	1.21
2025-05-27 12:16:48	1.21
2025-05-27 12:16:49	1.21
2025-05-27 12:16:50	1.21
2025-05-27 12:16:51	1.21
2025-05-27 12:16:52	1.21
2025-05-27 12:16:53	1.21
2025-05-27 12:16:54	1.21
2025-05-27 12:16:55	1.21
2025-05-27 12:16:56	1.21
2025-05-27 12:16:57	1.21
2025-05-27 12:16:58	1.21
2025-05-27 12:16:59	1.21
2025-05-27 12:17:00	1.21
2025-05-27 12:17:01	1.21

Gambar 8. Data Estimasi Konsumsi daya

Nilai konsumsi daya CPU sebesar 1,21 Watt yang tercatat secara stabil selama CPU dalam kondisi running aktif menunjukkan bahwa sistem berada dalam kondisi optimal. Tidak hanya pemrosesan berjalan intensif (CPU usage tinggi), tetapi juga efisiensi energi tetap terjaga. Ini memperkuat argumen bahwa implementasi edge computing dalam sistem pemantauan daya listrik berbasis Orange Pi Zero 3 mampu memberikan performa tinggi dengan konsumsi daya rendah.

E. Estimasi Konsumsi Daya No Run

Berdasarkan data estimasi konsumsi daya CPU pada rentang waktu 17 detik, diketahui bahwa nilai daya berkisar antara 0.879 hingga 0.881 Watt. Fluktuasi ini sangat kecil dan menunjukkan kestabilan konsumsi daya dalam kondisi idle atau tidak menjalankan proses berat. Nilai ini tergolong wajar dan menandakan bahwa CPU berada dalam kondisi normal tanpa adanya aktivitas signifikan yang membebani sistem. Dengan demikian, konsumsi daya CPU dalam keadaan tidak running dapat dikategorikan sebagai efisien dan stabil.



Time	Watt
2025-05-27 12:13:20	0.881
2025-05-27 12:13:21	0.881
2025-05-27 12:13:22	0.881
2025-05-27 12:13:23	0.881
2025-05-27 12:13:24	0.881
2025-05-27 12:13:25	0.881
2025-05-27 12:13:26	0.879
2025-05-27 12:13:27	0.879
2025-05-27 12:13:28	0.879
2025-05-27 12:13:29	0.879
2025-05-27 12:13:30	0.879
2025-05-27 12:13:31	0.879
2025-05-27 12:13:32	0.879
2025-05-27 12:13:33	0.879
2025-05-27 12:13:34	0.879
2025-05-27 12:13:35	0.879
2025-05-27 12:13:36	0.879

Gambar 9. Estimasi Konsumsi Daya No Run

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem edge computing untuk pemantauan daya listrik motor 1 fasa secara *real-time*. Sistem yang dibangun menggunakan Orange Pi Zero 3 sebagai perangkat *edge*, InfluxDB untuk penyimpanan data *time-series*, serta Grafana untuk visualisasi data. Implementasi *docker* juga memungkinkan sistem yang efisien dan portabel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca, memproses, dan menyimpan data kelistrikan secara akurat dan stabil. Konsumsi daya CPU yang rendah dalam kondisi idle dan stabil saat beban tinggi, serta latensi penulisan data ke database yang sangat rendah, menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efisien dan andal. Selain itu, delay pembacaan Modbus tetap berada dalam rentang yang sangat cepat (<0,5 detik untuk 99% pembacaan), menandakan bahwa performa sistem yang responsif. Dengan kemampuan komputasi lokal dan latensi rendah, sistem ini terbukti cocok diterapkan dalam konteks pemantauan kelistrikan berbasis edge computing, terutama pada lingkungan industri dengan kebutuhan respons cepat dan keterbatasan konektivitas internet. Sistem ini dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengelolaan energi listrik di skala lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Á. Carro-Lagoa, V. Barral, M. González-López, C. J. Escudero, and L. Castedo, "Multicamera edge-computing system for persons indoor location and tracking," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 24, no. March, p. 100940, 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100940.
- [2] E. F. Siddiqui, T. Ahmed, and S. K. Nayak, "A decision tree approach for enhancing real-time response in exigent healthcare unit using edge computing," *Meas. Sensors*, vol. 32, no. October 2023, p. 100979, 2024, doi: 10.1016/j.measen.2023.100979.
- [3] L. W. Disrud *et al.*, "Implementation of a Tiered Cardiac Telemetry System: An Operational Blueprint at Mayo Clinic," *Mayo Clin. Proc. Digit. Heal.*, vol. 2, no. December, pp. 542–547, 2024, doi: 10.1016/j.mcpdig.2024.07.003.

- [4] H. Xue, D. Chen, N. Zhang, H. N. Dai, and K. Yu, "Integration of blockchain and edge computing in internet of things: A survey," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 144, pp. 307–326, 2023, doi: 10.1016/j.future.2022.10.029.
- [5] J. W. Jokanan, A. Widodo, N. Kholis, and L. Rakhmawati, "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 47–55, 2022, doi: 10.26740/jte.v11n1.p47-55.
- [6] V. Nur Wijayaningrum, R. Wakhidah, T. Informasi, and P. Negeri Malang, "Monitoring Development Board based on InfluxDB and Grafana Monitoring Development Board pada Platform InfluxDB dan Grafana," *J. Inform. dan Teknol. Inf.*, vol. 20, no. 1, pp. 81–90, 2023, doi: 10.31515/telematika.v20i1.7643.