

IMPLEMENTASI PERANCANGAN PENGUMPUL DATA KONSUMSI ENERGI LISTRIK DARI SHOWCASE CHILLER

Rakhmad Rafi¹, M. Nur Sulaiman², Nyaris Untung Samodro³

Teknik Elektro, Universitas Gajayana Malang, Malang

E-mail: [*rakhmadrafi32@gmail.com](mailto:rakhmadrafi32@gmail.com)¹, mnsلمان@unigamalang.ac.id², samodro@unigamalang.ac.id³

ABSTRAK

Kabut Pelaku usaha dan konsumen memiliki hubungan saling bergantung, di mana kebutuhan konsumen yang terus berkembang mendorong pelaku usaha untuk meningkatkan efisiensi dalam penyediaan produk dan jasa. Salah satu sektor yang mengalami perkembangan pesat adalah Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), khususnya pada bidang penjualan minuman dingin yang sangat bergantung pada peralatan pendingin seperti *showcase chiller*. Penggunaan *showcase chiller* secara terus-menerus menyebabkan konsumsi energi listrik yang tinggi dan dapat meningkatkan biaya operasional apabila tidak dilakukan pemantauan secara efisien. Penelitian ini merancang sistem pemantauan konsumsi daya listrik berbasis sensor PZEM-004T yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP8266 untuk memantau penggunaan energi secara *real-time*. Sistem ini mampu mengirimkan data secara nirkabel dan dilengkapi dengan *relay timer* untuk mengatur pemutusan serta penyambungan daya listrik sesuai kebutuhan pengguna. Pengujian dilakukan menggunakan *smart plug* selama periode Februari hingga Juni dengan hasil penghematan listrik berkisar antara 16% hingga 50%. Analisis dilakukan selama 7 hari dengan parameter tegangan (VAC), arus (A), daya (WH), dan frekuensi (F). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *smart plug* dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik serta menekan biaya operasional bagi pelaku UMKM di bidang minuman dingin

Kata kunci

Smart Plug, Efisiensi Energi, Monitoring Daya Listrik, UMKM

ABSTRACT

Business actors and consumers have a mutually dependent relationship, where the continuously evolving needs of consumers drive businesses to improve efficiency in providing products and services. One rapidly developing sector is Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs), particularly in the cold beverage sales sector, which relies heavily on cooling equipment such as showcase chillers. Continuous use of showcase chillers leads to high electricity consumption and may increase operational costs if energy monitoring is not performed efficiently. This study designs an electrical power consumption monitoring system based on the PZEM-004T sensor integrated with the ESP8266 microcontroller to monitor energy usage in real-time. The system can transmit data wirelessly and is equipped with a relay timer to control the disconnection and reconnection of power according to user needs. Testing was conducted using a smart plug from February to June, resulting in electricity savings ranging from 16% to 50%. The analysis was carried out over seven days with parameters including voltage (VAC), current (A), power (WH), and frequency (F). The results show that the smart plug system can improve energy efficiency and reduce operational costs for MSME actors in the cold beverage sector.

Keywords

Smart Plug, Energy Efficiency, Power Monitoring, MSMEs

1. PENDAHULUAN

Badan UMKM merupakan sektor yang memiliki kontribusi signifikan terhadap perekonomian, khususnya pada bidang penjualan minuman dingin yang mengandalkan peralatan pendingin seperti *showcase chiller*. Perangkat ini berfungsi menjaga kualitas serta kesegaran produk melalui sistem pendinginan yang terdiri dari proses kompresi, kondensasi, ekspansi, dan evaporasi, serta didukung oleh sirkulasi udara untuk menjaga distribusi suhu yang merata (Ahmad et al., 2024). Meskipun krusial bagi operasional, penggunaan *showcase chiller* secara berkelanjutan menimbulkan konsumsi energi listrik yang tinggi. Hal ini menjadi tantangan bagi pelaku UMKM yang umumnya belum memiliki sistem pemantauan atau pengelolaan energi yang memadai (Muslihi, 2025). Kondisi tersebut diperburuk oleh kenaikan tarif dasar listrik (TDL), sehingga efisiensi energi menjadi kebutuhan penting dalam menjaga daya saing usaha.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem monitoring dan otomatisasi mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Reza Muthia (2016) menemukan bahwa metode *peak clipping* dan *strategic conservation* dapat menurunkan konsumsi energi hingga 43,99%. Sementara itu, Vidy Masinambow (2019) mengembangkan sistem pengendalian saklar listrik berbasis ponsel pintar, meskipun implementasinya memerlukan biaya yang relatif tinggi. Penerapan *smart plug* pada penelitian lainnya juga menghasilkan penghematan energi antara 16% hingga 50% dalam periode pengamatan Februari hingga Juni.

Sejalan dengan perkembangan teknologi IoT, perangkat berbasis mikrokontroler menjadi solusi yang semakin mudah diakses. NodeMCU ESP8266 merupakan *development board* dengan memori 4 MB dan *clock* 80–160 MHz yang mendukung konektivitas nirkabel, sehingga cocok digunakan untuk sistem monitoring energi. Pada penelitian ini, NodeMCU diintegrasikan dengan sensor PZEM-004T, yaitu sensor multifungsi yang mampu mengukur tegangan AC, arus, daya, frekuensi, dan energi dengan akurasi tinggi. Sensor ini bekerja melalui antarmuka TTL dan dilengkapi trafo arus (CT) eksternal hingga 100A, sehingga memungkinkan pengukuran konsumsi energi secara real-time.

Sistem yang dirancang juga dilengkapi *relay timer* untuk mengatur pemutusan dan penyambungan arus listrik sesuai kebutuhan. Kombinasi fitur pemantauan dan pengendalian ini menjadikan perangkat berfungsi sebagai *smart plug* yang praktis serta mudah diterapkan di lingkungan UMKM (Noya & Hafidz, 2023). Dengan adanya sistem ini, pelaku usaha dapat memonitor konsumsi energi secara akurat, mengurangi pemborosan, dan menekan biaya operasional dalam menjalankan usahanya.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini mencakup bahan, peralatan, prosedur kerja, serta teknik pengumpulan dan pengolahan data. Bahan dalam penelitian mencakup material elektronik, data hasil pengukuran, serta referensi dari penelitian sebelumnya. Peralatan mencakup instrumen laboratorium, perangkat keras, perangkat lunak, teori pendukung, persamaan, serta variabel-variabel yang digunakan dalam perancangan dan pengujian sistem.

2. 1 Studi Literatur

Metode studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi terkait teori dan penelitian sebelumnya mengenai komponen serta teknologi yang digunakan. Kajian

dilakukan terhadap ESP8266, sensor suhu NTC, sensor daya PZEM-004T, modul LCD I2C, dan modul SD Card. Selain itu, dilakukan survei kebutuhan untuk mengetahui parameter yang relevan pada proses monitoring showcase chiller.

2. 2 Analisis Kebutuhan Sistem

Tahap ini bertujuan mengidentifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk merancang serta mengimplementasikan alat monitoring showcase chiller berbasis ESP8266. Analisis ini mencakup pemilihan komponen, integrasi perangkat, serta penentuan platform pengembangan.

2. 2. 1 Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- ESP8266 NodeMCU: Development board mikrokontroler dengan konektivitas WiFi.
- Sensor Arus AC PZEM-004T: Digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi listrik.
- Sensor Suhu NTC Thermistor: Berfungsi mengukur suhu dalam ruang showcase chiller.
- Modul LCD I2C 16x2: Menampilkan data pengukuran secara langsung.
- Modul SD Card Reader: Menyimpan data hasil pengukuran dalam bentuk file.
- Catu Daya Portabel: Menggunakan baterai 18650, modul TP4056 untuk pengisian ulang, dan step-up converter 5V.
- Adaptor 5V 2A: Digunakan sebagai sumber daya tambahan untuk pengisian baterai.

2. 2. 2 Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak yang digunakan terdiri dari:

- Arduino IDE: Platform utama untuk pemrograman dan pengunggahan kode ke ESP8266.
- Library Tambahan Arduino:
 - *PZEM004Tv30.h* untuk komunikasi sensor daya
 - *Wire.h* dan *LiquidCrystal_I2C.h* untuk LCD I2C
 - *SPI.h* dan *SD.h* untuk penyimpanan data ke SD Card
- Serial Monitor / Tools Debugging: Arduino Serial Monitor, PuTTY, atau CoolTerm sebagai alat pemantauan data dan debugging.
- Web Browser (Chrome/Mozilla): Digunakan untuk akses dokumentasi online dan referensi teknis.

2. 2. 3 Blok Diagram Sistem

Pada sistem monitoring showcase chiller berbasis ESP8266 ini, blok diagram disusun untuk menggambarkan hubungan antar komponen utama yang digunakan. Blok diagram terdiri dari:

- Sensor arus PZEM-004T
- Sensor suhu NTC
- Mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat pemrosesan
- Modul LCD I2C sebagai tampilan data
- Modul SD Card sebagai penyimpanan
- Sistem catu daya (baterai dan adaptor)

Setiap komponen terhubung dalam satu sistem terintegrasi yang berfungsi untuk membaca parameter listrik dan suhu, menampilkan informasi secara real-time, serta menyimpan data pengukuran untuk analisis lebih lanjut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Hasil uji NTC dan alat ukur suhu ruang

NO	SUHU DI ALAT	SUHU ALAT UKUR
1.	21,9	23,8
2.	23,0	24,0
3.	22,8	24,0
4.	24,6	24,2
5.	24,4	24,0
6.	24,1	23,7
7.	22,4	23,7
8.	24,6	24,0
9.	23,6	24,0
10.	23,4	24,0
	23.48	23.94

- Sensor NTC mampu mengikuti tren suhu ruang dengan cukup baik, dengan selisih rata-rata $<0,5^{\circ}\text{C}$.
- Untuk monitoring suhu ruang, NTC dapat digunakan, tetapi perlu kalibrasi offset $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ agar lebih mendekati alat analog.
- Variasi yang lebih besar pada NTC dapat dianggap sebagai keunggulan dalam mendeteksi perubahan cepat, namun untuk stabilitas jangka panjang termometer analog lebih tenang.

Tabel 2 Hasil uji NTC dan alat ukur suhu showcase

NO	SUHU DI ALAT	SUHU ALAT UKUR
1.	3,7	3,2
2.	3,7	3,0
3.	3,7	3,0
4.	4,2	3,5
5.	3,9	3,2
6.	3,8	3,1
7.	3,7	2,7
8.	3,2	2,5
9.	3,3	2,5
10.	3,3	3,5
	3.65	3.02

- Untuk monitoring umum, nilai ini masih bisa diterima. Namun untuk kebutuhan presisi tinggi (misalnya standar penyimpanan makanan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), disarankan dilakukan kalibrasi sensor.
- NTC unggul dalam konsistensi dan pencatatan kontinu, sedangkan analog lebih merepresentasikan kondisi aktual meski fluktuatif.
- Sensor NTC membaca lebih tinggi rata-rata $0,63^{\circ}\text{C}$ dibanding analog.
- MAE dan RMSE sama-sama di kisaran $0,7^{\circ}\text{C}$, artinya selisih pembacaan konsisten.

Tabel 3 Hasil uji Arus PZEM 004T dan alat ukur pada showcase

NO	ARUS ALAT	ARUS MULTIMETER
1	1,60	1,51
2	1,60	1,52
3	1,60	1,50
4	1,60	1,50
5	1,60	1,50
6	1,60	1,49
7	1,60	1,50
8	1,60	1,52
9	1,60	1,52
10	1,60	1,53
	1.60	1.51

- Modul PZEM-004T cenderung membaca arus lebih tinggi dibandingkan multimeter digital dengan selisih rata-rata sekitar 0,09 A ($\pm 6\%$).
- Nilai MAE (0,09 A) dan RMSE (0,091 A) relatif kecil sehingga masih dalam batas wajar untuk monitoring arus showcase.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, berikut adalah beberapa kesimpulan utama:

- Pada pengukuran daya listrik, PZEM menunjukkan hasil sedikit lebih tinggi dibandingkan perhitungan manual (tegangan $\times$ arus), dengan rata-rata selisih sekitar 15–20 W, namun tetap representatif untuk memantau konsumsi energi showcase.
- Nilai faktor daya (PF) rata-rata sebesar 0,87, menunjukkan bahwa beban showcase bersifat induktif akibat penggunaan kompresor.
- Pengukuran frekuensi menunjukkan bahwa PZEM cenderung lebih tinggi (+1 Hz) dibandingkan multimeter digital yang konsisten pada standar PLN 50 Hz, sehingga akurasi frekuensi PZEM masih perlu ditingkatkan.
- Sensor suhu berbasis NTC memberikan hasil pengukuran yang cukup dekat dengan termometer analog, baik pada suhu ruangan (selisih rata-rata 0,46 °C) maupun suhu showcase (selisih rata-rata 0,63 °C), sehingga dapat digunakan sebagai sensor monitoring suhu.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, W., Widiatmoko, D., & Kholid, F. (2024). *Perancangan Sistem Monitoring Energi Listrik Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan PZEM-004T untuk Pengendalian Penggunaan Daya*. Jurnal FORTECH, 5(1), 10–18.
- Muslihi, M. T. (2025). *Pengembangan dan Evaluasi Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis IoT dengan Sensor PZEM-004T dan ESP8266*. JURNAL FASILKOM.
- Noya, D. B., & Hafidz, M. S. (2023). *Rancang Bangun Aplikasi untuk Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik pada Peralatan Elektronik Berbasis PZEM-004T*. Prosiding Seminar Nasional.
- Adiwiranto, M. N., et al. (2022). *Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan PZEM-004T*. Jurnal Edukasi Elektro.

- Muthia, R., Nurhalim, & Sukma, D. Y. (2016). *Penghematan Konsumsi Energi Listrik Rumah Tangga dengan Penerapan Peak Clipping dan Strategic Conservation di Kota Pekanbaru*. JOM Bidang Teknik dan Sains, 3(1).
- Masinambow, V. (2019). *Pengendalian Saklar Listrik Melalui Ponsel Pintar Menggunakan Sistem Otomasi Berbasis IoT*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi.