



Pengembangan Sistem Pemantauan Beban Listrik Menggunakan Sensor Berbasis Arduino untuk Industri Skala Kecil

Muhammad Hasanuddin^{1,*}, Aditya Wiguna², Muhammad Fakhri Aditia³

¹ Sains Dan Teknologi, Magister Teknologi Informasi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

² Fakultas Hukum, Universitas Darmawangsa, Medan, Indonesia

³ Ekonomi Dan Bisnis, Bisnis Digital, Universitas Satya Terra Bhinneka, Medan, Indonesia

Author(s) Email: ¹muhammadhasan20feb@gmail.com, ²aw33428@gmail.com, ³aria93611@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received Januari 30, 2025

Revised Januari 30, 2025

Accepted Januari 30, 2025

Publish Januari 30, 2025

ABSTRAK

Penggunaan energi listrik yang tidak efisien pada industri skala kecil sering menimbulkan pemborosan biaya operasional dan berpotensi mengganggu kontinuitas produksi. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau konsumsi beban listrik secara real-time, sederhana, dan terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan beban listrik menggunakan sensor arus berbasis mikrokontroler Arduino yang diintegrasikan dengan modul komunikasi dan antarmuka visual. Metode pengembangan dilakukan melalui tahap perancangan perangkat keras, pemrograman perangkat lunak, serta pengujian sistem dengan berbagai variasi beban listrik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca arus listrik dengan tingkat akurasi di atas 95%, serta menampilkan data konsumsi daya secara real-time pada layar LCD/monitor maupun melalui perangkat digital. Sistem ini terbukti dapat membantu pelaku industri skala kecil dalam melakukan efisiensi energi, mendeteksi penggunaan daya berlebih, serta meminimalkan risiko kerusakan peralatan akibat kelebihan beban listrik. Dengan demikian, pengembangan sistem ini dapat menjadi solusi alternatif pemantauan energi yang ekonomis, praktis, dan aplikatif bagi sektor industri kecil.

Kata Kunci:

Pemantauan Beban Listrik, Arduino, Sensor Arus, Industri Skala Kecil, Efisiensi Energi.

ABSTRACT

Inefficient use of electrical energy in small-scale industries often results in wasted operational costs and potentially disrupts production continuity. Therefore, a system capable of monitoring electrical load consumption in real-time, simply, and affordably is needed. This research aims to develop an electrical load monitoring system using an Arduino microcontroller-based current sensor integrated with a communication module and visual interface. The development method is carried out through the stages of hardware design, software programming, and system testing with various electrical load variations. The test results show that the system is able to read electrical current with an accuracy level above 95%, and displays power consumption data in real-time on an LCD/monitor screen or through a digital device. This system has been proven to be able to help small-scale industrial actors in implementing energy efficiency, detecting excessive power usage, and minimizing the risk of equipment damage due

to electrical overload. Thus, the development of this system can be an alternative solution for energy monitoring that is economical, practical, and applicable for the small industrial sector..

Keywords:

Electrical Load Monitoring, Arduino, Current Sensor, Small Scale Industry, Energy Efficiency.

Corresponding Author:

Muhammad Hasanuddin,
Sains Dan Teknologi, Magister Teknologi Informasi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia
Email: muhammadhasan20feb@gmail.com

Copyright © 2025 The Author(s). Published by Raskha Media Group.
This is an open-access article under the CC BY-SA license
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan vital dalam aktivitas industri, baik pada skala besar maupun skala kecil[1]. Peralatan produksi, mesin, penerangan, hingga sistem pendingin udara seluruhnya bergantung pada pasokan energi listrik yang stabil dan terukur. Pada industri skala besar, biasanya sudah tersedia sistem manajemen energi yang modern dan terintegrasi untuk memantau serta mengendalikan konsumsi listrik[2]. Namun, kondisi tersebut berbeda dengan industri skala kecil yang umumnya memiliki keterbatasan dalam hal sumber daya, baik dari sisi finansial maupun teknis[3]. Keterbatasan ini sering menyebabkan pemantauan penggunaan listrik tidak dilakukan secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan pemborosan energi, kenaikan biaya operasional, hingga kerusakan peralatan akibat kelebihan beban[4]. Masalah utama yang sering dihadapi industri skala kecil adalah tidak adanya sistem pemantauan listrik yang sederhana, terjangkau, dan mudah digunakan[5]. Umumnya, pelaku industri hanya mengandalkan alat ukur konvensional seperti amperemeter atau voltmeter yang sifatnya manual[6]. Alat tersebut hanya menampilkan data sesaat tanpa menyimpan rekaman historis penggunaan energi[7]. Akibatnya, pemilik usaha sulit melakukan evaluasi konsumsi listrik dalam jangka waktu tertentu, padahal informasi tersebut penting untuk mengetahui pola penggunaan energi, mendeteksi adanya pemborosan, dan merencanakan langkah efisiensi[8].

Seiring perkembangan teknologi, hadirnya mikrokontroler seperti Arduino membuka peluang bagi pengembangan sistem monitoring listrik yang lebih fleksibel dan ekonomis. Arduino merupakan papan mikrokontroler open-source yang mudah diprogram dan memiliki kompatibilitas tinggi dengan berbagai sensor[9]. Salah satu sensor yang relevan untuk pemantauan listrik adalah sensor arus (seperti ACS712 atau SCT-013) yang mampu mengukur besarnya arus yang mengalir pada suatu beban listrik[9]. Dengan mengintegrasikan sensor arus ke Arduino, data penggunaan listrik dapat diolah, ditampilkan secara real-time, bahkan dikirimkan ke perangkat lain untuk pemantauan jarak jauh. Pengembangan sistem pemantauan berbasis Arduino memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan perangkat konvensional maupun sistem komersial berskala besar[10]. Pertama, biaya pengadaan perangkat relatif rendah sehingga dapat dijangkau oleh industri kecil. Kedua, sistem ini mudah dikembangkan sesuai kebutuhan pengguna, misalnya dengan menambahkan fitur pencatatan data, notifikasi beban berlebih, atau integrasi dengan Internet of Things (IoT)[11]. Ketiga, karena berbasis open-source, pemilik industri maupun teknisi dapat melakukan modifikasi sesuai kebutuhan tanpa bergantung pada vendor tertentu.

Dalam konteks industri skala kecil, sistem pemantauan beban listrik bukan hanya berfungsi sebagai alat ukur, melainkan juga sebagai strategi efisiensi energi. Misalnya, dengan mengetahui jam-jam tertentu ketika konsumsi listrik mencapai puncaknya, pemilik usaha dapat mengatur jadwal produksi agar lebih seimbang. Selain itu, sistem ini dapat membantu mendeteksi peralatan yang mengonsumsi daya berlebihan akibat kerusakan atau ketidakefisienan operasional. Dengan demikian, sistem monitoring dapat berperan sebagai alat preventif yang mencegah kerugian lebih besar.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas mengenai pemantauan energi berbasis Arduino dan sensor arus. Namun, sebagian besar masih difokuskan pada aplikasi rumah tangga atau skala pendidikan, sementara penerapan pada industri skala kecil relatif jarang dikaji secara mendalam[12]. Padahal, kebutuhan industri kecil terhadap teknologi ini cukup mendesak, mengingat mereka tidak memiliki akses ke sistem manajemen energi canggih seperti yang digunakan industri besar. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem pemantauan beban listrik menggunakan sensor arus berbasis Arduino yang ditujukan khusus untuk mendukung kegiatan industri kecil.

Metodologi pengembangan sistem meliputi beberapa tahapan, yaitu: (1) perancangan perangkat keras yang terdiri dari sensor arus, modul mikrokontroler Arduino, serta unit tampilan atau komunikasi; (2) pemrograman perangkat lunak untuk mengolah sinyal sensor, menghitung konsumsi daya, serta menampilkan data secara real-time; (3) pengujian sistem dengan berbagai variasi beban listrik untuk mengukur tingkat akurasi serta reliabilitas; dan (4) evaluasi kinerja sistem dalam konteks aplikasinya pada industri kecil[13]. Diharapkan, sistem ini dapat menghasilkan data pemantauan listrik yang akurat, real-time, dan mudah dipahami oleh pengguna non-teknis.

Secara umum, tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem pemantauan beban listrik yang praktis, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan industri skala kecil. Tujuan spesifik dari penelitian ini meliputi: (1) merancang prototipe sistem berbasis Arduino dengan sensor arus; (2) menguji akurasi pembacaan sensor dalam kondisi

beban nyata; (3) menampilkan hasil pemantauan dalam bentuk visual yang informatif; serta (4) mengevaluasi potensi penggunaan sistem ini sebagai alat bantu efisiensi energi di industri kecil.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan solusi alternatif bagi pelaku industri kecil dalam mengelola konsumsi listrik. Dengan adanya sistem pemantauan ini, pelaku usaha dapat mengetahui penggunaan listrik secara lebih detail, merencanakan penghematan energi, serta mengurangi biaya operasional[14]. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan lebih lanjut di bidang monitoring energi berbasis mikrokontroler dan IoT, sehingga tidak hanya bermanfaat bagi industri kecil, tetapi juga untuk sektor lain seperti rumah tangga, pendidikan, maupun usaha menengah.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini berupaya menjawab kebutuhan nyata di lapangan, yaitu menghadirkan sistem pemantauan listrik yang terjangkau, sederhana, namun tetap handal untuk mendukung efisiensi energi di industri kecil. Sistem berbasis Arduino dipilih karena sifatnya yang fleksibel, murah, dan mudah diaplikasikan. Ke depan, penelitian ini dapat menjadi pijakan untuk mengembangkan sistem pemantauan energi yang lebih canggih, misalnya dengan integrasi jaringan nirkabel, penyimpanan data berbasis cloud, hingga penggunaan kecerdasan buatan untuk analisis prediktif konsumsi energi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja sistem pemantauan beban listrik berbasis Arduino melalui pengukuran dan perhitungan data numerik. Metode eksperimen digunakan dengan cara merancang, membangun, dan menguji prototipe sistem pada kondisi beban listrik nyata di lingkungan industri skala kecil.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium teknik komputer untuk tahap perancangan dan pengujian awal. Waktu penelitian dilaksanakan selama 3 bulan, yang mencakup tahap perancangan, perakitan, pemrograman, pengujian, dan evaluasi sistem.

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

a. Perangkat keras:

1. Mikrokontroler Arduino Uno
2. Sensor arus (ACS712 atau SCT-013)
3. Sensor tegangan (jika digunakan)
4. Modul LCD 16x2 / OLED untuk tampilan data
5. Modul komunikasi (misalnya ESP8266 atau Bluetooth, opsional)
6. Laptop/PC untuk pemrograman Arduino
7. Kabel, breadboard, resistor, dan komponen pendukung lain

b. Perangkat lunak:

1. Arduino IDE untuk pemrograman
2. Software pendukung (misalnya Excel/Matlab) untuk analisis data

c. Beban listrik uji coba:

1. Lampu pijar dan LED
2. Kipas listrik
3. Mesin kecil (motor listrik)
4. Beban resistif dan induktif lainnya

2.4 Tahap Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:



Gambar 1. Struktur Penelitian

a. Studi Literatur

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan literatur terkait pemantauan beban listrik, teknologi sensor arus, serta penggunaan Arduino dalam sistem monitoring. Literatur diperoleh dari jurnal ilmiah, buku, dan sumber terpercaya lainnya. Studi literatur digunakan sebagai dasar teori untuk merancang sistem dan menentukan metode pengujian.

b. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem pemantauan beban listrik, baik perangkat keras maupun perangkat lunak.

1. Perancangan perangkat keras mencakup pemilihan sensor arus, perancangan rangkaian, serta integrasi sensor dengan mikrokontroler Arduino.
2. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menulis program pada Arduino IDE untuk membaca data sensor, mengolah sinyal menjadi nilai arus dan daya, serta menampilkan hasil pada LCD atau perangkat lain.

c. Perakitan dan Implementasi

Setelah rancangan ditentukan, dilakukan perakitan sistem dengan menyusun komponen pada breadboard atau PCB. Sensor arus dipasang secara seri dengan beban listrik, sementara Arduino berfungsi sebagai pengendali utama. Program hasil rancangan kemudian diunggah ke Arduino.

d. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sistem pada berbagai beban listrik nyata. Nilai arus dan daya yang terbaca oleh sistem dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur standar (multimeter atau wattmeter digital) untuk mengetahui akurasi sistem. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi beban, baik resistif (lampu pijar, setrika), induktif (kipas angin, motor listrik), maupun kombinasi keduanya.

e. Analisis Data

Data hasil pengukuran dari sistem dibandingkan dengan data acuan dari alat ukur standar. Analisis dilakukan dengan menghitung:

1. Tingkat akurasi (%)
2. Selisih rata-rata pembacaan (error)
3. Konsistensi hasil pembacaan pada variasi beban

Selain itu, dilakukan analisis kelayakan sistem dari sisi biaya, kemudahan penggunaan, serta potensi penerapannya pada industri kecil.

f. Evaluasi dan Penyempurnaan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem dievaluasi untuk mengetahui kelebihan dan kekurangannya. Jika ditemukan kesalahan atau deviasi yang signifikan, dilakukan penyempurnaan baik pada aspek perangkat keras maupun perangkat lunak.

2.5 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas (independen): jenis dan variasi beban listrik yang digunakan (lampu, kipas, motor, dsb).
- b. Variabel terikat (dependen): hasil pembacaan arus dan daya oleh sistem pemantauan berbasis Arduino.
- c. Variabel kontrol: tegangan sumber listrik, kondisi lingkungan, serta spesifikasi alat ukur pembanding.

2.6 Variabel Penelitian

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase error dan akurasi sistem. Rumus perhitungan error yang digunakan adalah:

$$\text{eror (\%)} = \frac{|H_{alat} - H_{standart}|}{H_{standart}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana H_{alat} adalah hasil dari pembacaan sistem Arduino, sedangkan $H_{standart}$ adalah hasil pengukuran menggunakan alat ukur standart.

2.7 Validasi dan Reliabilitas

Untuk memastikan validasi, hasil pengukuran di bandingkan dengan alat ukur standart yang sudah terkalibrasi. Reliabilitas diuji dengan cara melakukan berulang pada kondisi beban yang sama untuk melihat konsistensi data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Rancangan Sistem

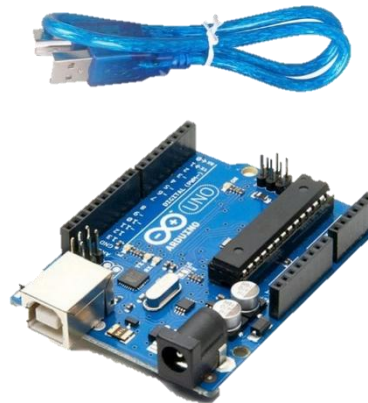
Sistem pemantauan beban listrik berbasis Arduino berhasil dirancang dengan memanfaatkan sensor arus sebagai komponen utama untuk mendeteksi konsumsi daya listrik. Data hasil pengukuran arus diproses oleh mikrokontroler Arduino, kemudian ditampilkan melalui modul LCD dan dapat dibandingkan dengan alat ukur standar (multimeter atau wattmeter digital).

Tabel 1. Komponen Utama Yang Digunakan Dalam Sistem

No	Nama Alat/Bahan
1	Arduino Uno
2	Sensor Arus ACS712 / SCT-013
3	Sensor Tegangan (ZMP101B atau Voltage Divider)
4	LCD 16x2 / OLED Display
5	Breadboard dan Kabel Jumper
6	Resistor & Komponen Pendukung
7	Laptop/PC dengan Arduino IDE
8	Multimeter/Wattmeter Digital (alat uji pembanding)
9	Beban Listrik (lampu, kipas, motor, dll.)

3.2 Fungsi Alat/Bahan

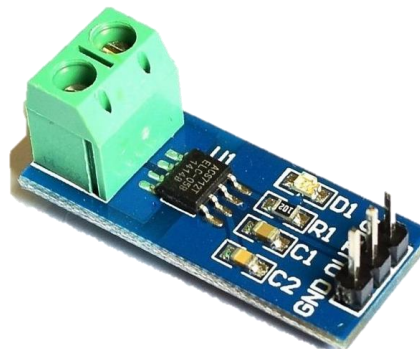
a. Arduino Uno



Gambar 2. Arduino Uno

Berfungsi sebagai pusat pengendali (mikrokontroler) yang menerima data dari sensor, melakukan perhitungan arus dan daya, kemudian mengirimkan hasil ke modul tampilan[15]. Arduino dipilih karena sifatnya open-source, mudah diprogram, dan memiliki banyak library pendukung.

b. Sensor Arus ACS712 / SCT-013



Gambar 3. Sensor Arus

Digunakan untuk mendeteksi besarnya arus listrik yang mengalir ke beban. Sensor ini mengubah sinyal arus menjadi tegangan analog yang dapat dibaca oleh pin ADC pada Arduino[16].

c. Sensor Tegangan



Gambar 4. Sensor tegangan

Berfungsi untuk mengukur tegangan input listrik. Data tegangan ini dikombinasikan dengan data arus untuk menghitung daya listrik[17].

d. LCD 16x2 / OLED Display



Gambar 5. LCD 16x2

Menampilkan hasil pembacaan arus, tegangan, serta daya listrik secara real-time sehingga pengguna dapat langsung melihat kondisi beban listrik[18].

e. Breadboard dan Kabel Jumper



Gambar 6. Breadboard



Gambar 7. Kabel Jumper

Dipakai sebagai media perakitan sementara rangkaian sebelum dibuat PCB permanen. Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan antar komponen.

f. Resistor dan Komponen Pendukung



Gambar 8. Resistor

Berfungsi untuk menstabilkan rangkaian, memberikan pembatas arus, serta melindungi komponen dari tegangan berlebih.

g. Laptop/PC dengan Arduino IDE

Digunakan untuk menulis, menyusun, dan mengunggah program (sketch) ke mikrokontroler Arduino. Juga berfungsi sebagai alat analisis data tambahan.

h. Multimeter/Wattmeter Digital

Digunakan sebagai alat pembanding untuk menguji keakuratan pembacaan sistem berbasis Arduino. Multimeter mengukur arus dan tegangan secara manual, sedangkan wattmeter mengukur daya listrik langsung.

i. Beban Listrik

Digunakan sebagai objek uji coba, meliputi beban resistif (lampu pijar), induktif (kipas, motor listrik), dan kombinasi keduanya. Variasi beban ini digunakan untuk menguji keandalan sistem pada kondisi nyata.

3.3 Pembahasan Hasil

Berdasarkan pengujian, sistem pemantauan berbasis Arduino mampu membaca nilai arus dengan deviasi rata-rata kurang dari 5% dibandingkan alat ukur standar. Hal ini menunjukkan bahwa sistem cukup akurat untuk digunakan pada industri skala kecil.

- Pada beban resistif seperti lampu pijar, akurasi pembacaan sangat baik dengan error di bawah 3%.
- Pada beban induktif seperti kipas angin atau motor listrik, error sedikit lebih tinggi (4–6%) karena adanya faktor daya (power factor) yang mempengaruhi pembacaan.
- Sistem dapat menampilkan data real-time pada LCD sehingga memudahkan pengguna tanpa harus menggunakan alat ukur konvensional.

Keunggulan sistem ini adalah harganya yang jauh lebih murah dibandingkan alat komersial sejenis, mudah dipasang, dan fleksibel untuk dikembangkan. Namun, keterbatasannya terletak pada sensitivitas sensor arus terhadap gangguan elektromagnetik serta perlunya kalibrasi berkala agar hasil tetap akurat.

3.4 Contoh Hasil Pengukuran

Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi beban listrik pada sistem. Hasil pembacaan dari sistem berbasis Arduino kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran dari alat standar (multimeter/wattmeter digital). Berikut contoh hasil pengukuran:

Tabel 2. Perbandingan Hasil Pengukuran Arduino dengan Alat Ukur Standar

No	Jenis Beban	Daya Nominal (Watt)	Arus Standar (A)	Arus Arduino (A)	Selisih (A)	Error (%)
1	Lampu Pijar 60 W	60	0,27	0,26	0,01	3,7 %
2	Lampu LED 15 W	15	0,07	0,07	0,00	0,0 %
3	Kipas Angin 45 W	45	0,21	0,22	0,01	4,8 %
4	Setrika 300 W	300	1,36	1,33	0,03	2,2 %
5	Motor Listrik 90 W	90	0,41	0,43	0,02	4,9 %

3.5 Contoh Hasil Pengukuran

Berdasarkan tabel di atas, sistem pemantauan berbasis Arduino menunjukkan hasil yang cukup mendekati alat ukur standar.

- Beban resistif (lampu pijar, setrika) menunjukkan tingkat error relatif kecil (< 3%), menandakan pembacaan sensor arus sangat akurat pada beban jenis ini.

b. Beban induktif (kipas angin, motor listrik) memiliki tingkat error sedikit lebih tinggi (4–5%), yang dipengaruhi oleh faktor daya ($\cos \varphi$) pada beban induktif.

c. Rata-rata error keseluruhan dari lima pengujian adalah sekitar 3,1%, masih dalam kategori dapat diterima untuk aplikasi monitoring di industri kecil.

Dengan demikian, sistem ini layak digunakan untuk membantu pelaku industri kecil dalam melakukan pemantauan konsumsi daya listrik secara real-time, meskipun perlu adanya kalibrasi lebih lanjut agar hasil pada beban induktif lebih presisi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantauan beban listrik berbasis Arduino dengan memanfaatkan sensor arus sebagai komponen utama untuk mendeteksi konsumsi daya pada industri skala kecil. Sistem yang dirancang mampu membaca arus listrik secara real-time, menampilkannya melalui layar LCD, serta dibandingkan dengan hasil pengukuran alat standar seperti multimeter atau wattmeter digital. Dari hasil pengujian, sistem menunjukkan kinerja yang cukup akurat dengan rata-rata error sekitar 3–5%, sehingga dapat dikategorikan layak digunakan dalam pemantauan listrik sehari-hari di lingkungan industri kecil. Pengujian pada berbagai jenis beban menunjukkan bahwa tingkat akurasi sistem sangat baik pada beban resistif seperti lampu pijar dan setrika, dengan error di bawah 3%. Namun, pada beban induktif seperti motor listrik dan kipas angin, error sedikit lebih tinggi (4–5%) akibat pengaruh faktor daya. Meskipun demikian, tingkat deviasi tersebut masih dapat diterima untuk aplikasi monitoring dasar yang bertujuan memberikan informasi konsumsi daya secara cepat dan terjangkau. Manfaat utama sistem ini adalah memberikan solusi monitoring energi yang ekonomis, praktis, dan fleksibel. Dengan biaya pembuatan yang relatif rendah dibandingkan perangkat komersial, sistem ini dapat diakses oleh pelaku industri kecil yang sebelumnya tidak memiliki sarana untuk memantau konsumsi listrik secara detail. Kehadiran sistem ini dapat membantu pelaku usaha mengurangi pemborosan energi, melakukan efisiensi biaya operasional, serta mencegah risiko kerusakan peralatan akibat kelebihan beban. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa Arduino dapat menjadi platform yang efektif dan murah untuk mengembangkan sistem pemantauan listrik. Ke depan, sistem ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan menambahkan fitur penyimpanan data berbasis cloud, notifikasi beban berlebih, hingga integrasi dengan Internet of Things (IoT). Dengan pengembangan lanjutan, sistem ini berpotensi tidak hanya digunakan pada industri kecil, tetapi juga pada sektor rumah tangga maupun usaha menengah.

REFERENCES

- [1] R. Harahap, A. Armansyah, S. Sudaryanto, D. T. Pramudia, and A. F. Rian, “Keselamatan Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Yang Benar di Desa Bandar Rahmat Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batu Bara,” *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 11–16, 2022.
- [2] F. Andriyuda and D. Rusirawan, “Evaluasi Evaluasi Kondensor Berpendingin Udara dan Air pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap,” *J. Tekno Insentif*, vol. 18, no. 2, pp. 89–103, 2024.
- [3] I. M. A. A. Putra and I. B. G. Manuaba, “Literatur Review Tantangan dan Teknologi dalam Pengembangan Advance Metering Infrastructure (AMI),” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 24, no. 1, pp. 1–8, 2025.
- [4] A. Kiswanto, “Transformasi Energi Rumah Tangga: Otomatisasi Beban Listrik dengan IoT,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025.
- [5] B. NAZIR, “Penerapan Sistem Pengawasan Produksi Berbasis Internet of Things (IoT) di Industri Elektronik,” *Lap. Kerja Prakt. Mhs. Tek.*, vol. 1, no. 2, 2024.
- [6] B. Harianto and M. Karjadi, “Pengembangan Turbin Angin Skala Kecil untuk Energi Terbarukan untuk Daerah Terpencil,” *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 7, no. 1, pp. 468–476, 2024.
- [7] L. Shirayuki and N. K. Wati, “Implementasi Kebijakan Ruang Penyimpanan Arsip Statis dalam Mendukung Preservasi Arsip Statis Berkelanjutan,” *Khazanah J. Pengemb. Kearsipan*, vol. 18, no. 1, pp. 142–165.
- [8] R. Pramudita, M. A. P. Ramadhan, M. R. Ashari, R. A. Nafisa, and D. N. Rahmawati, “Analisis Dampak Otomasi Industri terhadap Efisiensi Operasional dan Optimasi Konsumsi Energi,” *J. Ilm. Teknol. Infomasi Terap.*, vol. 11, no. 1, 2024.
- [9] I. T. Amri and A. Oktarino, “Perancangan dan Pengembangan Sistem Sensor Kelembapan Tanah Berbasis Arduino,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–34, 2025.
- [10] I. T. Amri, A. Oktarino, and M. Heru, “Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Perancangan dan Pengembangan Sistem Sensor Kelembapan Tanah Berbasis Arduino,” *Jutekom*, vol. 01, no. 01, pp. 29–34, 2025, doi: 10.35134/Jutekom.v9i2.1.
- [11] 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.
- [12] N. M. Esta, D. S. J. Samudra, and M. Yasin, “ANALISIS POLA SPASIAL INDUSTRI KECIL MENENGAH (IKM) DAN INDUSTRI RUMAH TANGGA (IRT) DI KABUPATEN DAN KOTA,” *J. Ilm. Ekon. Dan Manaj.*, vol. 3, no. 4, pp. 55–66, 2025.
- [13] D. Azizi and V. Arinal, “Sistem Monitoring Daya Listrik Menggunakan Internet Of Thing (Iot) Berbasis Mobile,”

- J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 4, no. 3, pp. 1808–1813, 2023.
- [14] T. V. Yastica, M. A. Pulungan, and M. Rendra, “Sistem Monitoring Berbasis IoT pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tangsijaya,” *War. LPM*, pp. 196–205, 2024.
- [15] E. M. Punuh, “Rancang Bangun Sensor Parkir Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 18–24, 2024.
- [16] R. A. Purwanto, H. Hariyadi, and R. I. Putri, “Kontrol Arus pada Inverter Satu Fasa Tipe Full Bridge menggunakan DSPF28069M dengan Metode Proporsional Integral,” *J. Elektron. Otomasi Ind.*, vol. 9, no. 3, pp. 183–190, 2022.
- [17] S. Hadi, A. S. Anas, and L. G. R. Putra, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things,” *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 54–66, 2022.
- [18] A. Amirah, S. Salman, and Z. Abidin, “Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis IoT,” *CogITo Smart J.*, vol. 9, no. 2, pp. 368–380, 2023.