

PROTOTYPE SISTEM MONITORING INSTALASI DAYA LISTRIK KWH METER BERBASIS ARDUINO

¹Dimas eko firmansyah, ²Riny Sulistyowati, ³Nariyah Silviana Erwanti

¹Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya
¹dimaseko081198@gmail.com, ²riny.971073@itats.ac.id, ²nariyahse@gmail.com

Abstract - Efficient use of electrical energy is essential to minimize waste and reduce operational costs, especially in industrial and commercial environments. This study designs and develops a prototype of an Arduino-based electrical power monitoring system capable of real-time measurement of electrical parameters including voltage, current, active power, apparent power, reactive power, power factor, and energy (kWh). The system integrates voltage and current sensors, and features real-time electricity cost estimation based on a configurable kWh tariff. The methodology comprises literature review, hardware and software development, and system testing under various electrical loads. Experimental results indicate that the voltage sensor exhibited a maximum error of 1.99%, while current measurements yielded an average error of 1.56%, peaking at 3.12%. In active power testing, the system demonstrated reliable accuracy within the range of 126.22 W to 151.27 W, and energy consumption between 1167.75 kWh and 1815.24 kWh over a 31-day observation period. Despite the circuit breaker being recorded as “Inactive,” the system maintained stable performance under voltage fluctuations. Overall, the system provides accurate, reliable energy consumption data and power quality monitoring, with strong resilience to voltage variability.

Keywords — *Power Monitoring System, Arduino, KWH Meter, Power Factor, Active Power.*

Abstrak—Efisiensi penggunaan energi listrik menjadi krusial dalam mengurangi pemborosan dan menekan biaya operasional, khususnya di lingkungan industri dan komersial. Penelitian ini merancang dan mengembangkan prototipe sistem monitoring instalasi daya listrik berbasis Arduino yang mampu memantau parameter kelistrikan secara real-time, termasuk tegangan, arus, daya aktif, daya semu, daya reaktif, faktor daya, dan energi (kWh). Sistem ini dilengkapi sensor arus dan tegangan, serta fitur kalkulasi biaya listrik berdasarkan tarif per kWh. Metodologi meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras dan lunak, serta pengujian eksperimental dengan berbagai beban. Hasil menunjukkan bahwa sensor tegangan memiliki kesalahan maksimum sebesar 1,99% dan rata-rata kesalahan pengukuran arus sebesar 1,56%, dengan puncaknya 3,12%. Pada pengujian daya aktif, sistem menunjukkan akurasi dengan kisaran nilai 126,22 W–151,27 W, sementara energi tercatat antara 1167,75 kWh–1815,24 kWh selama 31 hari. Meskipun sirkuit pemutus dinyatakan tidak aktif, sistem mampu mempertahankan stabilitas terhadap fluktuasi tegangan. Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan performa monitoring yang andal, memberikan informasi akurat terhadap konsumsi energi dan kualitas daya, serta ketahanan terhadap variasi tegangan.

Kata Kunci—*Sistem Monitoring Daya Listrik, Arduino, KWH Meter, Faktor Daya, Daya Aktif.*

I. PENDAHULUAN

Pemantauan konsumsi energi listrik secara akurat merupakan aspek krusial dalam menjamin efisiensi operasional sistem kelistrikan, khususnya pada sektor industri dan komersial yang memiliki tingkat konsumsi daya tinggi dan beban bervariasi. Perangkat ukur konvensional seperti kWh meter analog maupun digital umumnya hanya menyediakan informasi kumulatif energi tanpa kapabilitas pemantauan parameter kelistrikan secara real-time, sehingga menyulitkan dalam deteksi dini terhadap anomali sistem dan menyebabkan rendahnya efisiensi manajemen energi [1], [2]. Kondisi ini dapat memicu pemborosan energi, menurunkan usia pakai perangkat, serta meningkatkan risiko gangguan pada sistem distribusi internal.

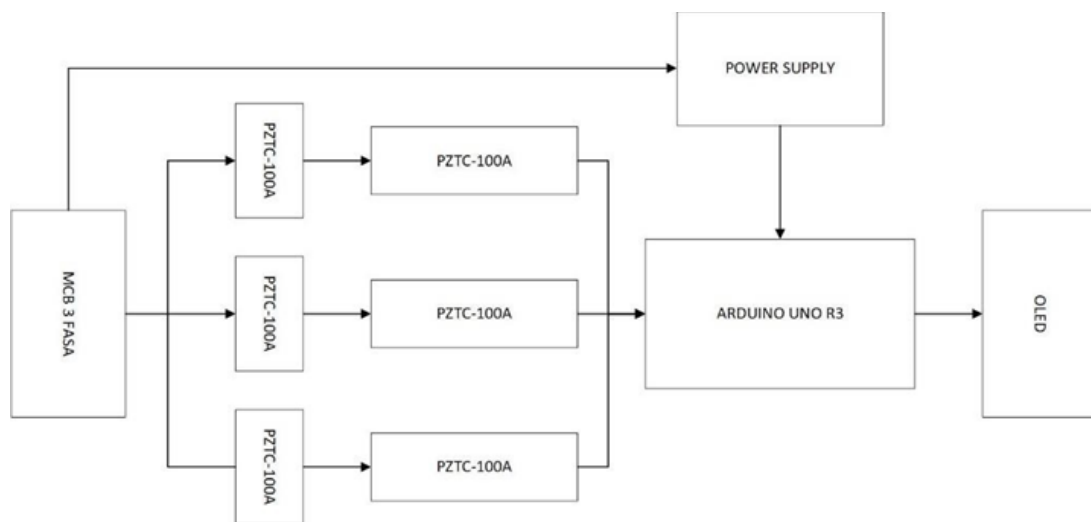
Dengan meningkatnya penetrasi perangkat elektronik dan sistem berbasis embedded, dibutuhkan suatu sistem monitoring energi yang mampu mengukur parameter listrik secara menyeluruh, meliputi tegangan, arus, daya aktif, serta energi dalam satuan kilowatt-jam secara presisi [2], [3], [4]. Dalam konteks ini, pemanfaatan mikrokontroler berbasis open-source seperti Arduino Uno menjadi alternatif yang menjanjikan karena memiliki fleksibilitas tinggi,

biaya implementasi rendah, serta dukungan luas terhadap integrasi berbagai sensor arus dan tegangan. Melalui pengolahan data secara real-time, sistem ini dapat menyajikan informasi kelistrikan baik secara lokal maupun melalui pemantauan jarak jauh (remote monitoring) [5], [6], [7], [8].

Pengembangan prototipe sistem monitoring energi berbasis Arduino ini ditujukan untuk menghasilkan solusi yang efisien, ekonomis, dan adaptif terhadap kebutuhan rumah tangga maupun unit usaha berskala kecil. Selain sebagai alat bantu teknis, sistem ini juga berperan dalam meningkatkan kesadaran pengguna terhadap perilaku konsumsi energi, sekaligus menjadi instrumen preventif terhadap potensi kelebihan beban (overload) dan kerusakan peralatan[9], [10].

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem monitoring daya listrik berbasis mikrokontroler, dengan pendekatan modular yang terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu input, proses, dan output. Sistem dirancang untuk memantau parameter kelistrikan secara real-time, termasuk tegangan, arus, daya aktif, serta energi listrik dalam satuan kilowatt-jam (kWh). Guna mendukung akurasi dan efisiensi pemantauan, seluruh komponen sistem dikonfigurasi secara terpadu sebagaimana ditunjukkan pada blok diagram pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem monitoring daya listrik berbasis Arduino Uno.

Pada tahap input, sistem menggunakan sensor PZEM-004T sebagai akuisisi data utama yang bertugas membaca parameter tegangan dan arus dari beban listrik secara langsung. Sensor ini terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno melalui jalur komunikasi serial (TTL), memungkinkan transmisi data digital secara efisien dan minim interferensi. Pada tahap proses, mikrokontroler Arduino Uno mengolah data mentah dari sensor menjadi nilai yang dapat dianalisis, seperti daya aktif (active power) dan energi listrik kumulatif. Perhitungan dilakukan menggunakan pustaka (library) khusus yang sesuai dengan karakteristik sensor PZEM-004T, serta dikendalikan dalam loop program dengan interval waktu tertentu guna menjamin pembaruan data yang kontinu dan adaptif terhadap perubahan beban. Tahap output dilakukan melalui modul tampilan visual berupa layar OLED atau LCD. Informasi tegangan, arus, daya, dan energi listrik ditampilkan dalam format digital agar dapat dipantau secara langsung oleh pengguna. Selain sebagai sarana informasi lokal, sistem juga dapat dikembangkan untuk monitoring jarak jauh melalui antarmuka komunikasi serial atau nirkabel untuk aplikasi skala industri atau rumah pintar.

Seluruh sistem dirancang untuk bekerja dalam interval waktu monitoring tertentu yang dapat disesuaikan, sehingga memungkinkan pembacaan dan pembaruan data secara dinamis mengikuti kondisi aktual beban listrik. Dengan integrasi ketiga tahapan tersebut, sistem ini mampu memberikan informasi kelistrikan yang akurat, real-time, dan aplikatif untuk mendukung efisiensi energi dan pemantauan operasional perangkat elektronik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui serangkaian pengujian terstruktur, dilakukan evaluasi akurasi sistem monitoring energi dengan membandingkan nilai energi listrik yang tercatat oleh sistem terhadap nilai energi standar yang diperoleh dari alat ukur terkalibrasi. Tabel 1 menyajikan data hasil pengujian yang mencakup durasi pengukuran, daya aktif rata-rata (W), energi standar (kWh), energi yang dicatat oleh sistem (kWh), serta persentase kesalahan (% error). Masing-masing sesi pengujian dilakukan selama 60 menit dengan beban bervariasi, menghasilkan daya aktif antara 126,22 W hingga 139,5 W. Energi standar yang terukur berkisar antara 1,12622 kWh hingga 1,1395 kWh, sedangkan energi yang tercatat oleh sistem berada sedikit di atas nilai acuan, mengindikasikan adanya deviasi sistemik. Persentase kesalahan yang tercatat konsisten berada dalam rentang 0,87% hingga 0,88%, dengan rata-rata sebesar 0,88%. Nilai ini menunjukkan tingkat akurasi sistem yang sangat baik, mengingat toleransi kesalahan dalam aplikasi monitoring energi umumnya berada dalam kisaran $\pm 1\%$. Dengan daya aktif rata-rata sebesar 131,48 W, serta deviasi energi sebesar $\pm 0,01$ kWh per sesi, sistem ini dapat disimpulkan memiliki tingkat presisi yang tinggi dan dapat diandalkan dalam aplikasi monitoring konsumsi energi pada skala kecil hingga menengah.

Table 1 Pengujian Akurasi Perhitungan Energi oleh Sistem Monitoring

No	Durasi (menit)	Daya Aktif (W)	Energi Standar (kWh)	Energi Sistem (kWh)	% Error (%)
1	60	129.75	1.12975	1.13975	0.88
2	60	126.63	1.12663	1.13663	0.88
3	60	131.34	1.13134	1.14134	0.88
4	60	126.95	1.12695	1.13695	0.88
5	60	126.22	1.12622	1.13622	0.88
6	60	128.4	1.1284	1.1384	0.88
7	60	134.68	1.13468	1.14468	0.87
8	60	139.5	1.1395	1.1495	0.87
9	60	137.22	1.13722	1.14722	0.87
10	60	134.08	1.13408	1.14408	0.87
Rata-rata		131.48	1.13148	1.14148	0.88

Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap estimasi biaya penggunaan energi listrik harian yang dikalkulasikan berdasarkan data konsumsi energi sistem. **Tabel 2** menyajikan estimasi biaya harian dengan mempertimbangkan daya aktif selama 10 jam operasional per hari, tarif tetap sebesar Rp3.500,00/kWh, serta energi listrik yang dicatat oleh sistem monitoring. Total energi yang dikonsumsi selama 14 hari pengujian mencapai 111,4 kWh, menghasilkan total biaya sebesar Rp424.900,00, dengan rata-rata biaya harian sebesar Rp30.350,00. Nilai biaya tertinggi tercatat pada hari ke-12 dengan konsumsi 11,2 kWh (Rp39.200,00), sedangkan nilai terendah terjadi pada hari ke-10 dengan konsumsi 6 kWh (Rp21.000,00). Fluktuasi konsumsi energi ini sejalan dengan variasi daya aktif yang digunakan, mengindikasikan hubungan linier antara konsumsi daya terhadap beban aktual dan biaya operasional. Hasil ini menegaskan bahwa sistem tidak hanya mampu mencatat konsumsi energi secara akurat, tetapi juga dapat digunakan untuk estimasi biaya energi secara real-time, yang sangat relevan dalam pengelolaan efisiensi energi di sektor komersial maupun pendidikan.

Table 2 Perhitungan Biaya Pemakaian Energi Listrik per Hari

Hari	Durasi (Jam)	Daya Aktif (W)	Energi Sistem (kWh)	Tarif kWh (Rp)	Biaya perHari (Rp)
1	10	750	7.5	Rp3,500.00	Rp 26,250.00
2	10	820	8.2	Rp3,500.00	Rp 28,700.00
3	10	680	6.8	Rp3,500.00	Rp 23,800.00
4	10	910	9.1	Rp3,500.00	Rp 31,850.00
5	10	790	7.9	Rp3,500.00	Rp 27,650.00
6	10	1050	10.5	Rp3,500.00	Rp 36,750.00
7	10	980	9.8	Rp3,500.00	Rp 34,300.00
8	10	890	8.9	Rp3,500.00	Rp 31,150.00
9	10	710	7.1	Rp3,500.00	Rp 24,850.00
10	10	600	6	Rp3,500.00	Rp 21,000.00
11	10	845	8.45	Rp3,500.00	Rp 29,575.00
12	10	1120	11.2	Rp3,500.00	Rp 39,200.00
13	10	975	9.75	Rp3,500.00	Rp 34,125.00
14	10	1020	10.2	Rp3,500.00	Rp 35,700.00
Total		938.57	111.4		Rp424,900.00
Rata-rata					Rp 30,350.00

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring energi yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang sangat baik dan layak untuk diimplementasikan dalam skala aplikatif. Persentase kesalahan perhitungan energi yang berada pada kisaran 0,87% hingga 0,88% mengindikasikan bahwa sistem mampu merekam dan menghitung konsumsi energi dengan deviasi yang sangat rendah dibandingkan alat ukur standar terkalibrasi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kapabilitas yang andal dalam pengukuran energi listrik, yang merupakan indikator penting dalam pengembangan perangkat monitoring berbasis mikrokontroler dan sensor terintegrasi.

Di sisi lain, analisis estimasi biaya konsumsi energi yang ditampilkan dalam Tabel 2 memperkuat relevansi sistem ini untuk aplikasi praktis di lingkungan yang memerlukan pemantauan biaya energi secara berkelanjutan, seperti laboratorium pendidikan, gedung perkantoran, atau fasilitas skala menengah. Kemampuan sistem dalam mencatat fluktuasi daya aktif dan mengonversinya menjadi data energi serta biaya secara harian menjadi keunggulan tersendiri dalam mendukung efisiensi energi dan perencanaan anggaran listrik. Selain itu, sistem ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi fitur Internet of Things (IoT) untuk pemantauan jarak jauh, pencatatan berbasis cloud, serta peringatan dini terhadap lonjakan konsumsi energi.

Secara keseluruhan, hasil pembahasan menunjukkan bahwa sistem monitoring energi ini tidak hanya unggul dari segi akurasi teknis, tetapi juga relevan dalam konteks efisiensi operasional dan potensi implementasi di berbagai skenario penggunaan nyata. Penelitian ini membuka peluang lebih lanjut dalam pengembangan sistem monitoring berbasis mikrokontroler yang ekonomis, akurat, dan adaptif terhadap kebutuhan energi di era digitalisasi industri dan smart environment.

IV. KESIMPULAN

Sistem monitoring daya listrik yang dikembangkan menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi dalam perhitungan energi listrik (kWh), dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar 0,88%. Capaian ini membuktikan bahwa sistem memiliki reliabilitas yang baik dalam memantau konsumsi energi secara presisi, mengingat nilai energi yang dicatat sangat mendekati nilai acuan dari alat ukur standar yang telah terkalibrasi. Selain itu, analisis terhadap estimasi biaya listrik harian menunjukkan bahwa fluktuasi daya aktif secara langsung memengaruhi besarnya konsumsi energi dan total pengeluaran. Dengan menggunakan tarif tetap sebesar Rp3.500,00 per kWh, konsumsi energi sebesar 111,4 kWh selama masa pengamatan menghasilkan total biaya sebesar Rp424.900,00, atau rata-rata Rp30.350,00 per hari. Temuan ini menegaskan bahwa sistem monitoring tidak hanya akurat dari sisi teknis, tetapi juga efektif dalam menyediakan data yang komprehensif dan transparan mengenai pola konsumsi energi serta dampak finansial yang ditimbulkan. Dengan demikian, sistem ini layak digunakan sebagai alat bantu dalam manajemen energi, baik untuk kebutuhan edukatif maupun operasional skala kecil dan menengah.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Sauri, W. S. Pambudi, R. A. Firmansyah, And S. Muharom, "Pengenalan Jenis Beban Listrik Menggunakan Fast Fourier Transform Dan Neural Network," No. X, Pp. 1–12, 2012, Doi: 10.22146/Ijeis.Xxxx.
- [2] E. Kurniawan, D. S. Pangaudi, And E. N. Widjatmoko, "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android," *Cyclotron*, Vol. 5, No. 1, 2022.
- [3] S. I. Haryudo, R. D. Alfian, And N. Kholis, "Rancang Bangun Alat Monitoring Pemakaian Tarif Listrik Dan Kontrol Daya Listrik Pada Rumah Kos Berbasis Internet Of Things," *J. Tek. Elektro*, Vol. 10, No. 3, Pp. 661–670, 2021.
- [4] F. Pandansari, H. Prasetyo, And Y. T. Tularsih, "Analisa Pengembangan Sistem Pemantau Daya Listrik Berbasis Iot," *J. Tek.*, Vol. 19, No. 2, Pp. 120–129, 2021.
- [5] A. O. Putri, T. Tohir, And F. A. S. Putra, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Rumah 900va Berbasis Arduino Uno Dan Node Mcu Esp32 Melalui Aplikasi Blynk," In *Prosiding Industrial Research Workshop And National Seminar*, 2024, Pp. 514–520.
- [6] R. Sulistyowati, R. S. Wibowo, D. C. Riawan, And M. Ashari, "Optimum Placement Of Measurement Devices On Distribution Networks Using Integer Linear K-Means Clustering Method," *Prz. Elektrotechniczny*, Vol. 96, No. 10, 2020.
- [7] R. Sulistyowati, M. N. Ramadhan, T. Suheta, N. P. U. Putra, N. H. Rohiem, And I. Masfufiah, "Keandalan Sistem Distribusi 20kv Pada Penyulang Sistem Distribusi Pt. Pln Up3 Surabaya Utara Dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach (Rnea)," In *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 2022.
- [8] M. F. Amrullah, "Implementasi Perancangan Sistem Kontrol Dan Monitoring Instalasi Otomasi Panel Listrik Industri Menggunakan Iot Berbasis Mobile," *Krisnadana J.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 331–343, 2023.
- [9] G. Herandy And B. Suprianto, "Monitoring Biaya Dan Pengukuran Konsumsi Daya Listrik Berbasis Arduino Mega2560 Menggunakan Web," *J. Tek. Elektro*, Vol. 8, No. 3, 2019.
- [10] M. N. Hidayah, R. Alfita, And K. Aji, "Implementasi Internet Of Thing Untuk Kontrol Dan Monitoring Kwh Meter Pascabayar," *J. Pendidik. Tek. Elektro Undiksha*, Vol. 9, No. 3, Pp. 161–170, 2020.