

Analisis Eksperimental Sistem Pengukuran Daya Perangkat Elektronik Rumah Tangga Menggunakan Sensor HLW8012

Tiper Korneles Muwarberto Uniplaita

Teknik Elektro, Universitas Cenderawasih, Indonesia
E-mail: tiperuniplaita68@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.38043/telsinas.v7i2.5572	Received: 18 April 2024	Accepted: 22 June 2024	Publish: 25 September 2024
--	-----------------------------------	----------------------------------	---

ABSTRAK: Pengembangan sistem pengukuran digital daya listrik dari peralatan rumah tangga dapat memberikan manfaat untuk penghematan konsumsi energi, karena nilai daya dapat direkam dalam bentuk grafik dan dipantau oleh pengguna. Namun, sistem-sistem terdahulu masih memiliki akurasi pengukuran daya listrik dibawah 90%, sehingga dapat memberikan kerugian ekonomi jika diterapkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem digital untuk mengukur daya listrik perangkat elektronik rumah tangga dengan akurasi diatas 90%. Terdapat tiga langkah untuk mengembangkan sistem ini, yaitu perancangan, implementasi, dan kalibrasi. Sensor HLW8012 digunakan untuk mendeteksi arus bolak-balik, tegangan, dan daya dari beban, kemudian diproses dan ditampilkan pada monitor serial menggunakan mikrokontroler ESP8266. Selanjutnya, dilakukan uji eksperimental untuk mengkalibrasi sistem menggunakan beberapa beban yang dihubungkan secara seri dengan multimeter. Berdasarkan hasil eksperimen, akurasi pengukuran arus dan daya listrik adalah 95%, sedangkan, akurasi pengukuran tegangan adalah 100%. Dengan demikian, tujuan penelitian terkait sistem pengukuran digital dengan akurasi pengukuran diatas 90% dapat terealisasi. Namun, sistem ini tidak dapat digunakan untuk pengukuran beban dengan daya di bawah 20 Watt. Kedepannya, sistem dapat dikembangkan untuk memantau penggunaan daya listrik secara *real time*.

Kata Kunci: Daya Elektrik; *ESP8266*; *HLW8012*; *Perangkat Elektronik Rumah Tangga*; *Sistem Pengukuran*;

ABSTRACT: The development of a digital electrical power measurement system for household appliances can provide benefits in terms of energy consumption savings, as the value of electric power can be recorded in graph form and monitored by users. However, previous systems had power measurement accuracy below 90%, which could lead to economic losses if applied. Therefore, this study aims to develop a digital system to measure the electrical power of household electronic devices with an accuracy above 90%. There are three steps to developing this system: design, implementation, and calibration. The HLW8012 sensor is used to detect alternating current, voltage, and power from the load, which is then processed and displayed on a serial monitor using the ESP8266 microcontroller. An experimental test is then conducted to calibrate the system using several loads connected in series with a multimeter. Based on the experimental results, the accuracy of current and power measurements is 95%, while the voltage measurement accuracy is 100%. Thus, the research goal of developing a digital measurement system with an accuracy above 90% has been realized. However, this system cannot be used to measure loads with power below 20 Watts. In the future, the system could be developed to monitor electricity usage in real time.

Keyword: *Electrical Power*; *ESP8266*; *HLW8012*; *Household Electronics*; *Measurement System*;

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi elektronik, khususnya semikonduktor, sangat pesat. Berbagai perangkat elektronik telah dikembangkan untuk mendukung aktivitas manusia, seperti komputer, smartphone, mobil listrik, dan berbagai jenis lainnya yang kini terintegrasi dengan kecerdasan buatan. Peningkatan jumlah perangkat elektronik ini juga berdampak pada peningkatan permintaan energi listrik. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS)[1], konsumsi listrik masyarakat di Indonesia terus meningkat selama 10 tahun terakhir, dengan rata-rata peningkatan sekitar 0,039 MWh per kapita per tahun.

Di sisi lain, Indonesia masih bergantung pada energi fosil untuk pembangkit listrik. Energi fosil memiliki dua kelemahan utama, yaitu emisi karbon yang dihasilkan serta keterbatasan cadangan.

Ketergantungan ini dapat menyebabkan kegagalan dalam memenuhi kebutuhan listrik di beberapa daerah di Indonesia di masa mendatang, serta memperburuk kondisi pemanasan global. Oleh karena itu, pengelolaan konsumsi listrik secara efektif sangat diperlukan.

Kelompok pelanggan listrik terbesar di Indonesia adalah rumah tangga, yang menyerap 45% dari total distribusi listrik pada tahun 2021 [2]. Pemborosan energi listrik yang paling umum terjadi di tingkat rumah tangga berasal dari penggunaan perangkat seperti lampu, *rice cooker*, dispenser, dan AC yang menyala selama 24 jam sehari, sering kali tanpa disadari. Padahal, *rice cooker*, dispenser, dan AC merupakan perangkat elektronik rumah tangga dengan konsumsi daya listrik terbesar.

Penelitian yang dilakukan oleh Amri, K. [3], Hendrawati, T. D., dkk. [4], Darmanto, T. & Krisma, H. [5], Santoso, I., dkk. [6], Alamin, S. H. [7], serta Ichsanuddin, M. & Ferdiansyah, F. [8] telah menghasilkan sistem otomatisasi yang memungkinkan pengguna untuk memantau status perangkat elektronik rumah tangga dan mengontrolnya melalui smartphone. Namun, sistem-sistem ini hanya dapat digunakan dalam area jaringan yang sama dan tidak bisa diakses saat pengguna berada jauh dari rumah. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menggunakan jaringan komunikasi seperti SMS, seperti yang diterapkan pada sistem yang dikembangkan oleh Adrianto, H. & Saputra, G. I. [9], di mana perangkat elektronik terhubung ke jaringan 2G menggunakan modul GSM, sehingga pengguna dapat mengontrolnya melalui SMS. Sistem lain yang dikembangkan oleh Prihatmoko, D. [10], Endra, R. Y., dkk. [11], serta Ilhami, F., dkk. [12] menggunakan internet untuk memberikan akses kontrol melalui situs web, yang lebih ramah pengguna dibandingkan dengan sistem berbasis SMS, karena akses dapat dilakukan hanya dengan sekali klik.

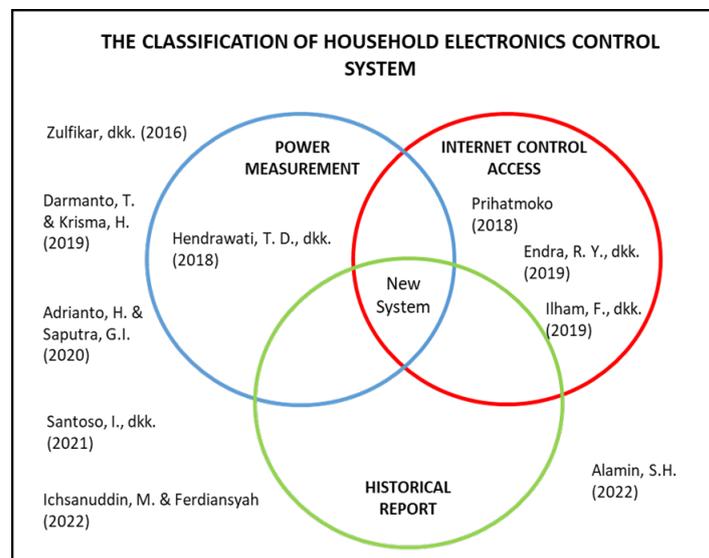
Namun, sebagian besar sistem ini tidak mengukur daya listrik yang dikonsumsi oleh perangkat. Padahal, pengukuran ini dapat memberikan wawasan yang berguna bagi pengguna untuk mengevaluasi konsumsi listrik mereka dalam jangka waktu tertentu. Sementara Hendrawati, T. D., dkk. [4] telah mengembangkan sensor untuk mendeteksi arus listrik dan menghitung daya, data yang dihasilkan memiliki akurasi rendah, dan situs web hanya menampilkan pembacaan daya terbaru tanpa memberikan laporan historis.

Permasalahan pengembangan sistem pengukuran daya listrik pada penelitian sebelumnya yang telah dijelaskan menjadi dasar pengembangan sistem pengukuran daya listrik pada penelitian ini. Penelitian berfokus pada pengembangan sistem pengukuran arus, tegangan, dan daya listrik yang dikonsumsi oleh peralatan elektronik rumah tangga, dimana akurasi pengukuran sistem terhadap nilai faktual yang diukur lebih dari 90%. Nilai akurasi lebih dari 90% dapat mengurangi kerugian pembayaran energi listrik akibat perbedaan pengukuran sistem terhadap daya faktual yang dikonsumsi oleh peralatan elektronik. Namun, penelitian ini tidak berfokus pada penjabaran aspek ekonomi tersebut. Jika sebelumnya Hendrawati, T. D., dkk. [4] hanya mengukur arus listrik, sistem ini juga akan mengukur tegangan dan daya listrik menggunakan sensor HLW 8012. Di masa mendatang, hasil penelitian ini dapat diolah lebih lanjut dan ditampilkan dalam bentuk grafik historis pada situs web, sehingga pengguna dapat mengelola konsumsi daya perangkat elektronik masing-masing. Selain itu, sistem ini dapat dilengkapi dengan kecerdasan buatan untuk menganalisis pola konsumsi daya listrik dan memberikan saran untuk mengoptimalkan penggunaan daya berdasarkan laporan historis.

II. LANDASAN TEORI

Gambar 1 menunjukkan klasifikasi 10 penelitian tentang sistem kontrol dan pengukuran perangkat elektronik dari tahun 2016 hingga 2022, berdasarkan fitur sistem yang mengukur daya listrik, dapat dikontrol menggunakan internet, dan memberikan laporan historis pengukuran. Hendrawati, T. D., dkk. [4], Darmanto, T. & Krisma, H. [5], Santoso, I., dkk. [6], Alamin, S. H. [7], serta Ichsanuddin, M. & Ferdiansyah, F. [8] menggunakan jaringan WiFi rumah sebagai akses untuk kontrol sistem. Jaringan WiFi pada sistem-sistem ini bersifat lokal dan tidak terhubung ke internet. Sementara itu,

Prihatmoko, D. [10], Endra, R. Y., dkk. [11], dan Ilhami, F., dkk. [12] menggunakan jaringan internet untuk mengontrol perangkat elektronik, sehingga kontrol dapat dilakukan dari jarak jauh, sedangkan Adrianto, H. & Saputra, G. I. [9] menggunakan SMS.



Gambar 1. Klasifikasi Sistem Kontrol Perangkat Elektronik Rumah Tangga.

Sistem-sistem ini juga dilengkapi dengan sensor untuk mengukur kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Hasil keluaran sensor digunakan sebagai acuan untuk mengontrol pendingin ruangan (AC), kipas angin, dan lampu. Selain itu, terdapat sensor gerak untuk mendeteksi keberadaan penghuni rumah, serta sensor gas untuk mendeteksi kebocoran gas atau asap dari kebakaran [6, 9, 10].

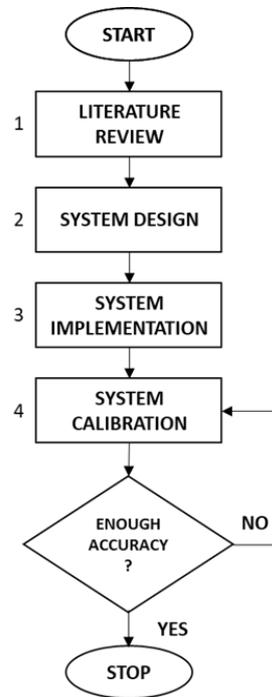
Informasi terkait daya listrik dan tombol kontrol perangkat elektronik disajikan melalui aplikasi smartphone, halaman web, dan SMS. Aplikasi yang digunakan pada smartphone adalah Blynk. Blynk memudahkan pengguna untuk membuat tampilan sesuai kebutuhan mereka. Aplikasi pada penelitian Hendrawati, T. D., dkk. [4], Darmanto, T. & Krisma, H. [5], Santoso, I., dkk. [6], Alamin, S. H. [7], serta Ichanuddin, M. & Ferdiansyah, F. [8] menampilkan tombol kontrol dan status aktif perangkat elektronik. Sementara itu, informasi yang ditampilkan oleh Prihatmoko, D. [10], Endra, R. Y., dkk. [11], dan Ilhami, F., dkk. [12] sama dengan sistem yang disebutkan sebelumnya, namun ditampilkan dalam bentuk halaman web. Sedangkan, Adrianto, H. & Saputra, G. I. [9] menampilkan informasi dan akses kontrol melalui SMS.

Sistem dalam penelitian ini dikembangkan berdasarkan kekurangan dari beberapa fitur dalam sistem sebelumnya, yaitu pengukuran daya, antarmuka pengguna (GUI) aplikasi yang informatif, serta penggunaan internet untuk mengontrol dan memantau perangkat elektronik. Kebaruan dari sistem ini dijelaskan pada Gambar 1, yang mampu menampilkan pengukuran lengkap dari tegangan listrik, arus, dan daya, menyajikan laporan pengukuran dari masing-masing perangkat elektronik, memberikan akses kontrol terjadwal pada perangkat elektronik, serta notifikasi peringatan.

III. METODE PENELITIAN

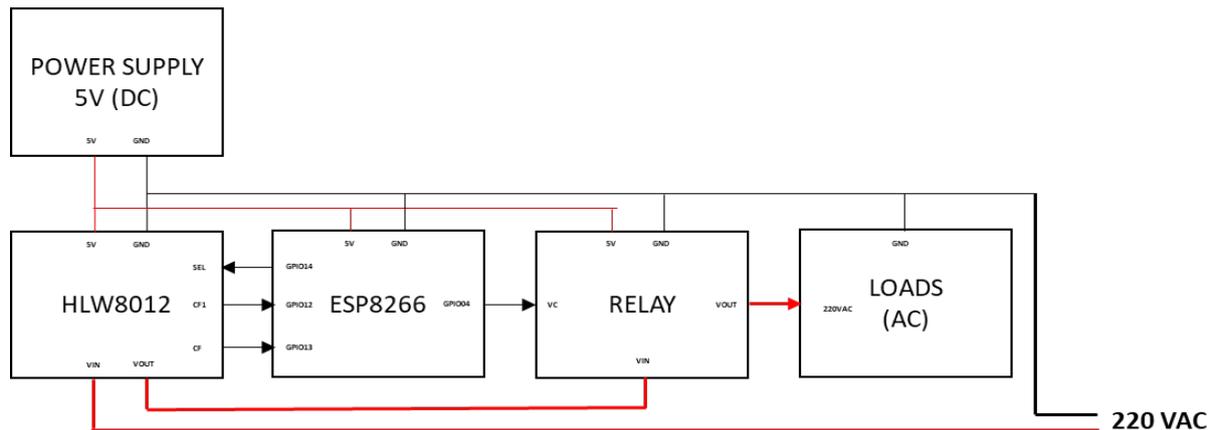
Penelitian ini dilakukan melalui empat tahap yang ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu tinjauan literatur, perancangan sistem, implementasi sistem, dan kalibrasi sistem. Tinjauan literatur berkaitan dengan pemetaan posisi penelitian ini dibandingkan dengan kekuatan dan kelemahan penelitian lain. Terdapat 10 sistem pengukuran dan pengendalian perangkat elektronik rumah tangga yang ditinjau. Hasilnya menunjukkan bahwa ada dua aspek yang masih perlu ditingkatkan. Pertama, penggunaan

sensor yang ringkas untuk mengukur daya listrik perangkat elektronik secara langsung. Kedua, pengembangan sistem informasi untuk melaporkan konsumsi daya listrik selama periode waktu tertentu yang ditetapkan oleh pengguna. Penelitian ini berfokus pada aspek pertama.



Gambar 2. Alur Penelitian

Desain sistem ditunjukkan pada Gambar 3. Bagian utama dari sistem ini adalah sensor HLW8012 yang digunakan untuk mengukur daya listrik. Sensor ini tidak hanya mampu mengukur daya listrik, tetapi juga arus dan tegangan. Pengukuran yang dilakukan oleh sensor ini dikeluarkan dalam bentuk nilai digital berupa frekuensi. Nilai yang dideteksi oleh sensor kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP8266 untuk dikonversi menjadi nilai sebenarnya. ESP8266 juga menyediakan koneksi ke internet, sehingga data hasil pengukuran dapat ditampilkan dari jarak jauh [13]. Internet juga memberikan peluang untuk menyimpan data di cloud, sehingga tidak mempengaruhi sistem secara langsung. Keuntungan lain dari penggunaan internet adalah pengguna memiliki kesempatan untuk menyalakan dan mematikan perangkat elektronik dari jarak jauh. Pengguna akan mengirimkan instruksi ke ESP8266, kemudian mikrokontroler tersebut akan mengontrol relay sesuai instruksi untuk menghubungkan atau memutuskan perangkat elektronik dari jaringan 220 VAC. Tabel 1 menunjukkan fungsi dan spesifikasi dari setiap komponen sistem berdasarkan datasheet.

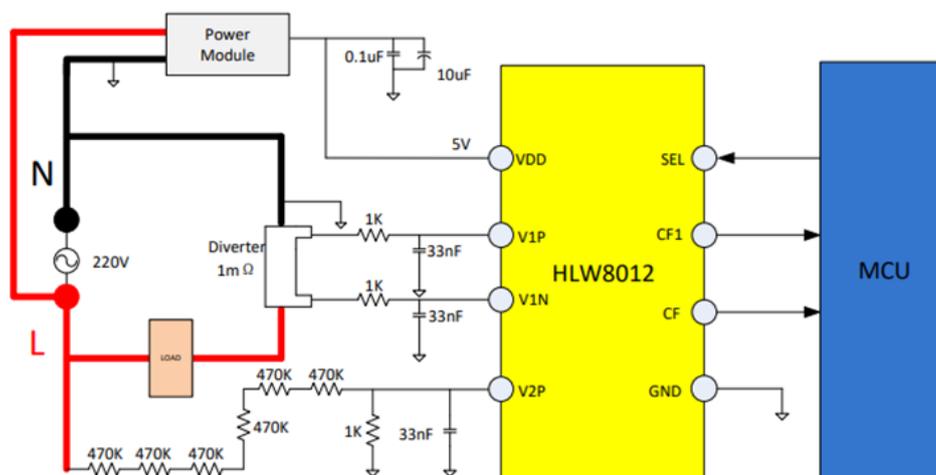


Gambar 3. Desain Sistem

Tabel 1. Spesifikasi dan Fungsi Komponen [13,14,15]

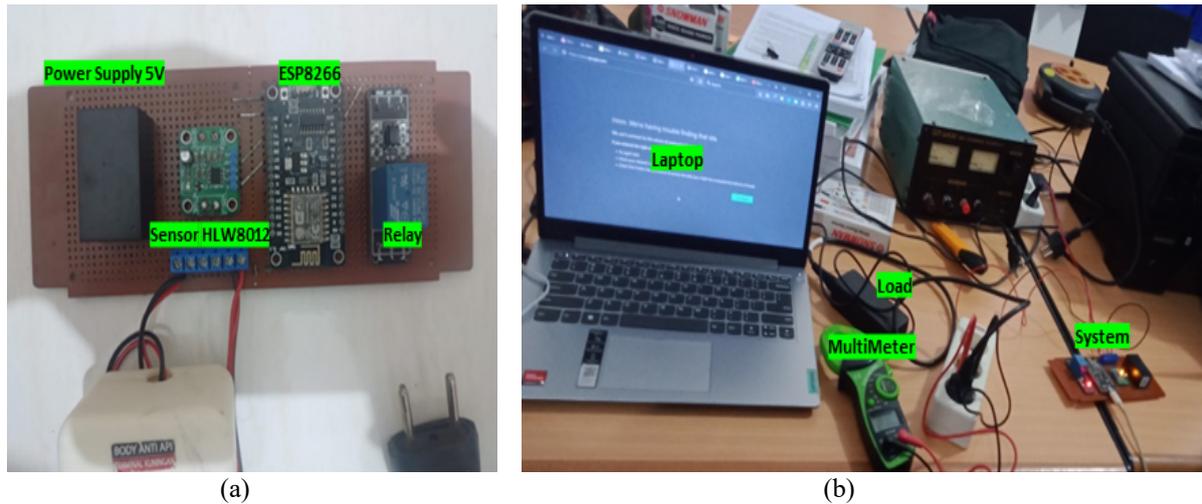
No.	Komponen	Fungsi	Spesifikasi
1	Power Suplai	Menyuplai daya pada sistem	Tegangan: 5V Arus Maksimum: 0,6A
2	HLW8012	Mengukur Arus, Tegangan, dan Daya	Tegangan Kerja: 5V Arus Kerja: 3mA Konsumsi Daya: 15mW
3	ESP8266	Membaca data dari sensor dan mengontrol relay	Tegangan Kerja: 5V Arus Kerja: 80mA
4	Relay	Memutus dan menghubungkan beban dengan tegangan AC 220 Volt	Tegangan Kerja: 5V Arus Kerja: 70mA Konsumsi Daya: 15 mA Tengan Beban Maksimum: 250VAC Arus Beban Maksimum: 10A

Skema sensor HLW8012 berdasarkan datasheet ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skematik Rangkaian Ssensor HLW8012 untuk Mengukur Arus, Tegangan, dan Daya [14]

Rangkaian komponen seperti yang ditunjukkan Gambar 4 menghasilkan sinyal dengan frekuensi F_{CF} , F_{CF1} , dan F_{CFU} pada masing-masing pin CF dan CF1 yang mewakili daya aktif, arus (rms), dan tegangan (rms). Ketiga nilai ini dikonversi menjadi nilai perhitungan arus listrik, daya, dan tegangan oleh ESP8266 menggunakan nilai kalibrasi. F_{osc} dan V_{Ref} adalah nilai konstan sekitar 3,579 MHz dan



Gambar 6. Implementasi sistem (a) dan Pengaturan Rangkaian Untuk Kalibrasi (b)

Sebuah stacker digunakan untuk menghubungkan sistem dengan jalur 220VAC. Terdapat juga terminal untuk menghubungkan perangkat elektronik dengan sistem. Sistem mulai mengukur ketika terhubung ke jalur 220VAC, dan menampilkan nilai tegangan, arus, serta daya yang dideteksi oleh sensor. Tabel 2 menunjukkan perbandingan antara pengukuran tegangan oleh multimeter dan sistem. Tegangan dari jalur 220VAC yang diukur oleh multimeter sekitar 216V, dan sistem mengukur hal yang sama serta menghasilkan nilai yang sama sebesar 216V. Tidak ada perbedaan antara kedua pengukuran ini. Dengan kata lain, sistem memiliki akurasi 100% dalam pengukuran tegangan. Pengukuran tidak banyak berubah untuk variasi beban. Hal ini disebabkan oleh terminal dan beban yang diatur secara paralel dengan jalur 220VAC. Perubahan nilai tegangan hanya terjadi karena penurunan tegangan pada jalur.

Tabel 2. Akurasi Pengukuran Tegangan oleh Sistem

No.	Perangkat Elektronik	Pengukuran Tegangan Dengan Multimeter (V)	Pengukuran Tegangan Oleh Sistem (V)	Akurasi (%)
1	Tegangan Jala-Jala 220 VAC	216	216	100

Pengukuran arus listrik oleh sistem dan multimeter ditunjukkan pada Tabel 3. Terdapat beberapa jenis beban yang digunakan dalam eksperimen ini, dan setiap beban memiliki konsumsi arus yang berbeda. Pengujian menggunakan charger laptop dan solder gun sebagai dua beban dengan konsumsi arus yang lebih tinggi. Tabel juga menunjukkan bahwa akurasi sistem bervariasi selama pengukuran. Pengukuran sistem untuk charger handphone bahkan menunjukkan output 0 A, sedangkan multimeter menunjukkan nilai 0,06 A untuk hal yang sama. Tampaknya akurasi lebih stabil pada pengukuran arus dengan tingkat yang lebih tinggi. Semua lima pengukuran arus di atas 0,1A memiliki akurasi lebih dari 90%.

Tabel 3. Akurasi Pengukuran Arus oleh Sistem

No.	Perangkat Elektronik	Pengukuran Arus Dengan Multimeter (A)	Pengukuran Arus Oleh Sistem (A)	Akurasi (%)
1	Cas Laptop	0,31	0,30	97
2	Lampu 25W	0,11	0,11	100
3	Solder Gun (Stand by)	0,23	0,21	91
4	Solder Gun (Fire)	0,35	0,34	97

5	Solder 30W	0,14	0,15	93
6	Cas Handphone 12W	0,06	0	0
7	Solder 25W dan Cas Handphone 12W	0,18	0,19	94

Tabel 4. Akurasi Pengukuran Daya oleh Sistem

No.	Perangkat Elektronik	Spesifikasi Daya Perangkat (W)	Pengukuran Daya Oleh Sistem (W)	Akurasi (%)
1	Cas Laptop	65	62	95
2	Lampu 25W	25	25	100
3	Solder Gun (Stand by)	50	45	90
4	Solder Gun (Fire)	80	82	98
5	Solder 30W	30	29	97
6	Cas Handphone 12W	12	0	0
7	Solder 25W dan Cas Handphone 12W	37	40	92

Masalah akurasi yang sama juga terjadi pada pengukuran daya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Pengukuran untuk charger handphone dengan konsumsi daya terendah mencatat nilai 0W, yang tidak sesuai dengan spesifikasi charger tersebut. Meskipun demikian, charger tersebut tetap berfungsi dan mengisi daya handphone selama percobaan.

Kalibrasi yang dilakukan pada hasil uji eksperimental menunjukkan variasi akurasi, yang dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok, yaitu objek yang dikalibrasi, objek dengan konsumsi terendah, dan objek yang berbeda dari dua sebelumnya. Semua nilai pengukuran untuk lampu 25W memiliki akurasi 100%, yang wajar untuk objek yang dikalibrasi. Namun, pengukuran sistem untuk charger handphone dengan output 0A dan 0W menimbulkan keraguan. Kasus ini terjadi pada konsumsi arus dan daya terendah, yaitu 0,06A dan 12W menurut pengukuran multimeter dan spesifikasi perangkat. Datasheet sensor HLW8012 tidak menunjukkan nilai minimum yang dapat terdeteksi. Berdasarkan skema papan sensor pada Gambar 4, serta persamaan 1, persamaan 2, dan persamaan 3 yang digunakan untuk menghitung nilai yang terdeteksi, arus beban dan daya yang diukur oleh sistem bergantung pada arus yang melewati resistor diverter $1m\Omega$. Jadi, wajar untuk berasumsi bahwa sistem mengeluarkan pengukuran 0A dan 0W karena level arus beban yang lebih rendah, yaitu 0,06A, menghasilkan level V_{IP} dan V_{IN} yang rendah yang terdeteksi sebagai nilai 0 oleh HLW8012. Asumsi ini didukung oleh pengukuran solder 25W dan charger handphone 12W secara bersamaan. Beban ini mengonsumsi total arus 0,18A, diukur oleh multimeter. Arus ini melewati resistor diverter $1m\Omega$ dan menghasilkan tegangan yang cukup pada V_{IP} dan V_{IN} untuk dideteksi oleh HLW8012, yang menghasilkan pengukuran sebesar 0,19A dan 37W. Hal ini menunjukkan bahwa HLW8012 mampu mendeteksi perubahan arus sebesar 0,06A selama total arus yang terdeteksi oleh sistem lebih dari 0,06A.

Tabel 5. Rata-rata Akurasi Pengukuran Arus, Tegangan, dan Daya oleh Sistem

No.	Perangkat Elektronik	Akurasi Pengukuran Tegangan (%)	Akurasi Pengukuran Arus (%)	Akurasi Pengukuran Daya (%)
1	Cas Laptop	100	97	95
2	Solder Gun (Stand by)		91	90
3	Solder Gun (Fire)		97	98

4	Solder 30W	93	97
5	Solder 25W and Cas Handphone 12W	94	92
Rata-rata Akurasi Setiap Pengukuran		100	95

Tabel 5 menunjukkan akurasi untuk setiap pengukuran tegangan listrik, arus, dan daya tanpa menggunakan hasil pengukuran dari objek yang dikalibrasi, yaitu lampu 25W, serta objek dengan konsumsi rendah seperti charger handphone 12W. Rata-rata akurasi untuk masing-masing tegangan, arus, dan daya adalah 100%, 95%, dan 95%. Pengukuran tegangan, yang tidak bergantung pada arus resistor diverter $1\text{m}\Omega$, memiliki akurasi lebih tinggi, diikuti oleh pengukuran arus dan daya dengan akurasi yang sama, yang bergantung pada arus resistor diverter $1\text{m}\Omega$.

Berdasarkan hasil tersebut, HLW8012 tidak cocok untuk mengukur perangkat elektronik dengan konsumsi arus di bawah 0,1A. Masalahnya, sistem tidak dapat mendeteksi nilai minimum dari arus dan daya. Meskipun daya yang digunakan pada saat tertentu rendah, dalam jangka waktu yang lama total energi yang digunakan akan jauh lebih tinggi. Hal ini menjadi kerugian untuk aplikasi pemantauan, karena sistem mendeteksi dan mengukur bahwa tidak ada konsumsi daya, padahal perangkat elektronik sudah mengambil sejumlah energi dalam kenyataannya.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang, mengimplementasikan, dan mengkalibrasi sistem pengukuran daya listrik menggunakan HLW8012, dengan akurasi pengukuran arus, tegangan, dan daya listrik diatas 90% seperti yang ditargetkan pada awal penelitian, dimana akurasi pengukuran sistem terhadap arus dan daya listrik adalah 95%, sedangkan, akurasi pengukuran sistem terhadap tegangan listrik adalah 100%. Namun, sistem ini tidak cocok untuk pengukuran di bawah 0,1 A atau 12 W karena level tersebut terlalu rendah untuk dideteksi oleh sensor. Hal ini membatasi penerapan sistem hanya pada pengukuran total di atas 0,1 A atau 12 W. Eksperimen serupa perlu dilakukan untuk rentang pengukuran yang lebih luas, yang mencakup spesifikasi arus dan daya dari semua perangkat elektronik rumah tangga. Penelitian selanjutnya juga harus mengembangkan sistem informasi untuk memantau konsumsi energi perangkat elektronik rumah tangga secara *real time*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS. (2020). Konsumsi Listrik Per Kapita (MWH/Kapita) [online], <https://www.bps.go.id/indicator/7/1156/1/konsumsi-listrik-per-kapita.html>. [accessed at June 5th 2023]
- [2] BPS. (2021). Pelanggan Perusahaan Listrik Negara Tahun 2019-2021 [online], <https://www.bps.go.id/indicator/7/317/1/pelanggan-perusahaan-listrik-negara.html>. [accessed at June 5th 2023]
- [3] K. Amri, “Desain sistem kontrol penyalaaan lampu dan perangkat elektronik untuk meniru keberadaan penghuni rumah”. Jurnal Nasional Teknik Elektro, vol. 5, no. 1, pp. 56-63, 2016.
- [4] T. D. Hendrawati, Y. D. Wicaksono, dan E. Andika, “Internet of Things: Sistem kontrol-monitor daya perangkat elektronik”, JTERA (Jurnal Teknologi dan Rekayasa), vol. 3, no. 2, pp. 177-184, 2018.
- [5] T. Darmanto dan H. Krisma, “Implementasi teknologi IoT untuk pengontrolan peralatan elektronik rumah tangga berbasis android”, Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas, vol. 4, no. 1, pp 1-12, 2019.

- [6] I. Santoso, M. F. Adiwisastra, B. K. Simpony, D. Supriadi, dan D. S. Purnia, “Implementasi Nodemcu dalam home automation dengan sistem kontrol aplikasi Blynk”, Swabumi (Suara Wawasan Sukabumi) Ilmu Komputer, Manajemen, dan Sos., vol. 9, no. 1, pp. 32-40, 2021.
- [7] S. H. Alamin, “Rancang bangun pengendali perangkat elektrik rumah menggunakan Fuzzy Logic berbasis Raspberry Pi dan Web”, Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer, vol. 2, no. 2, pp. 366-369, 2020.
- [8] M. Ichsanuddin dan F. Ferdiansyah, “Rancangan prototype Smart Home untuk kontrol jarak jauh pada perangkat rumah dengan mikrokontroler ESP32”. In Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI), vol. 1, no. 1, pp. 1287-1296, 2022.
- [9] H. Adrianto dan G. I. Saputra, “Smart home system berbasis IoT dan SMS Smart Home System based on IoT and SMS”, 2020.
- [10] D. Prihatmoko, “Perancangan system monitoring perangkat elektronik rumah menggunakan internet”, Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer, vol. 9, no. 1, pp. 279-286, 2018.
- [11] R. Y. Endra, A. Cucus, F. N. Affandi, dan D. Hermawan, “Implementasi sistem control berbasis web pada smart room dengan menggunakan konsep Internet of Things”, Explore: Jurnal Sistem Informasi dan Telematika (Telekomunikasi, Multimedia dan Informatika), vol. 10, no. 2, 2019.
- [12] F. Ilham, P. Sokibi, dan A. Amroni, “Perancangan dan implementasi prototype kontrol peralatan elektronik berbasis internet of things menggunakan nodemcu”, Jurnal Digit, vol. 9, no. 2, pp. 143-155, 2019.
- [13] Adafruit. (2016). ESP8266EX Datasheet [online], https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266_Datasheet_EN_v4.3.pdf. [accessed at October 20th 2023]
- [14] LCSC Electronics. (2017). HLW8012 Datasheet REV 1.4 [online], https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2307261436_Hiliwei-Tech-HLW8012_C83804.pdf. [accessed at October 20th 2023]
- [15] Mybotic. (2014). Single channel active h/l 5v optocoupler relay module [online], <https://www.mybotic.com.my/single-channel-active-h-l-5v-optocoupler-relay-module>. [accessed at October 20th 2023]