

Perancangan Alat Pemantauan Konsumsi Listrik Multipoint Berbasis IOT untuk Meningkatkan Efisiensi Energi

¹Charlie William, ²Hugeng, ³Lamto Widodo

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara (UNTAR)

Email: ¹charlie.525210007@stu.untar.ac.id, ²hugeng@ft.untar.ac.id, ³lamtow@ft.untar.ac.id

Abstract - Inefficient electrical energy consumption can lead to power waste and increased operational costs. This study aims to design and implement a multipoint electricity consumption monitoring device based on the Internet of Things (IoT) capable of wirelessly transmitting real-time power usage data. The system was developed using a PZEM-004T (Closed CT) sensor for power measurement, an ESP32 microcontroller as the main processing unit, an NRF24L01 radio module for inter-node communication, and a WiFi module for connectivity to Google Spreadsheet, which functions as an online database and user interface. The research methodology included hardware design, software programming, system integration, and performance testing under two load scenarios involving laptop chargers and a 3D printer. Experimental results show that the system successfully monitored electrical parameters—voltage, current, active power, energy, and power factor—with high accuracy and low latency. In the first test, Node 1 recorded an average of 212.42 V and 21.64 W, while Node 2 recorded 211.81 V and 35.59 W. In the second test, Node 1 recorded an average power of 35.55 W, and Node 2 recorded 85.10 W. The system operated stably for multipoint monitoring without additional wiring, providing automated data logging and online accessibility. The results indicate that this design offers an effective IoT-based energy monitoring solution to support energy efficiency and electrical power management in both household and industrial environments.

Keywords — *Electricity Monitoring, NRF Radio Module, WiFi, Online Spreadsheet, Energy Efficiency*

Abstrak— Konsumsi energi listrik yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan daya dan peningkatan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat pemantauan konsumsi listrik multipoint berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengirimkan data penggunaan daya secara nirkabel dan real-time. Sistem dirancang menggunakan sensor PZEM-004T (Closed CT) sebagai pengukur daya, mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama, modul NRF24L01 sebagai media komunikasi antar node, serta WiFi untuk konektivitas ke Google Spreadsheet sebagai basis data dan antarmuka pengguna daring. Proses penelitian meliputi tahapan perancangan perangkat keras, pemrograman sistem, integrasi modul, serta pengujian fungsionalitas pada dua skenario beban, yaitu kombinasi charger laptop dan 3D printer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau parameter listrik—tegangan, arus, daya aktif, energi, dan faktor daya—dengan akurasi tinggi dan latensi rendah. Pada pengujian pertama, Node 1 mencatat rata-rata 212,42 V dan 21,64 W, sedangkan Node 2 mencatat 211,81 V dan 35,59 W. Pada pengujian kedua, Node 1 menunjukkan daya

rata-rata 35,55 W, sementara Node 2 sebesar 85,10 W. Sistem terbukti dapat bekerja stabil untuk pemantauan multipoint tanpa kabel tambahan, dengan kemampuan pencatatan data otomatis dan akses daring. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rancangan alat ini efektif digunakan sebagai solusi monitoring energi berbasis IoT untuk mendukung efisiensi dan manajemen energi listrik di lingkungan rumah tangga maupun industri.

Kata Kunci— *Pemantauan Listrik, Modul Radio NRF, WiFi, Spreadsheet Online, Efisiensi Energi*

I. Pendahuluan

Energi listrik telah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan modern, mendukung berbagai aktivitas mulai dari rumah tangga, perkantoran, hingga sektor industri. Perkembangan teknologi yang pesat telah menyebabkan peningkatan jumlah perangkat elektronik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, yang pada akhirnya turut meningkatkan permintaan energi listrik. Seiring dengan itu, muncul tantangan dalam pengelolaan daya listrik agar tetap efisien dan berkelanjutan. Jika konsumsi listrik tidak dikelola dengan baik, hal ini dapat menyebabkan pemborosan daya yang berujung pada tingginya biaya operasional serta dampak negatif terhadap lingkungan akibat meningkatnya emisi karbon dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Oleh karena itu, penting untuk memiliki sistem manajemen daya yang efektif guna mengoptimalkan konsumsi energi listrik serta mengurangi pemborosan yang tidak perlu.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan dalam mengelola konsumsi listrik adalah sistem pemantauan real-time yang memungkinkan pengguna untuk mengakses data penggunaan listrik kapan saja. Dengan adanya sistem pemantauan ini, pengguna dapat mengidentifikasi pola konsumsi listrik, mendeteksi lonjakan daya yang tidak wajar, serta mengelola penggunaan listrik secara lebih efisien. Namun, di banyak rumah tangga dan industri, metode pemantauan listrik yang digunakan masih bersifat konvensional, di mana pengguna hanya mengetahui total konsumsi listrik melalui tagihan bulanan yang diberikan oleh penyedia layanan listrik. Metode ini memiliki banyak keterbatasan, seperti kurangnya informasi detail mengenai konsumsi listrik harian, tidak adanya data mengenai perangkat dengan konsumsi daya tertinggi, serta ketidakmampuan dalam mendeteksi anomali daya secara cepat [1]. Akibatnya, banyak pengguna yang tidak menyadari adanya

pemborosan energi hingga menerima tagihan listrik yang tinggi di akhir bulan.

Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi energi listrik, salah satunya adalah penggunaan smart metering yang memungkinkan pencatatan data konsumsi listrik secara otomatis. Smart metering merupakan sistem pemantauan listrik canggih yang dapat mengukur konsumsi daya secara real-time dan memberikan laporan mengenai pola penggunaan listrik. Namun, penerapan teknologi ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti biaya pemasangan yang tinggi, ketergantungan pada infrastruktur kabel, serta keterbatasan dalam akses data secara fleksibel [2]. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan listrik yang lebih fleksibel, mudah diterapkan, dan dapat diakses kapan saja melalui jaringan internet [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan konsumsi listrik multipoint berbasis modul radio NRF dan WiFi, yang dapat mengirimkan data secara nirkabel ke spreadsheet online. Sistem ini terdiri dari beberapa stop kontak yang dilengkapi dengan sensor pengukur daya dan modul NRF sebagai transceiver. Setiap stop kontak bertugas untuk membaca konsumsi listrik pada titik tertentu dan mengirimkan data tersebut ke receiver melalui komunikasi NRF. Receiver, yang berfungsi sebagai pusat penerimaan data, kemudian meneruskan informasi tersebut ke internet dengan bantuan modul WiFi. Setelah terkirim, data konsumsi listrik akan tersimpan dalam spreadsheet online yang dapat diakses oleh pengguna melalui perangkat yang terhubung ke internet [4].

Keunggulan utama sistem ini adalah kemampuannya untuk melakukan pemantauan konsumsi listrik dari beberapa titik tanpa memerlukan kabel tambahan untuk proses transmisi data. Dengan demikian, sistem ini lebih fleksibel dan dapat digunakan di berbagai skenario, baik di lingkungan rumah tangga, kantor, maupun industri. Selain itu, sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengetahui pola konsumsi listrik secara lebih rinci, mendeteksi anomali atau lonjakan daya yang tidak wajar, serta mengidentifikasi perangkat dengan konsumsi listrik tinggi sehingga langkah-langkah efisiensi dapat segera diterapkan.

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi pengukuran daya listrik, keandalan sistem dalam mengirimkan data konsumsi listrik secara real-time, serta latensi yang terjadi dalam proses transmisi data dari transceiver ke receiver hingga ke spreadsheet online. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan akurasi tinggi dan latensi yang rendah. Selain itu, penggunaan spreadsheet online sebagai antarmuka tampilan memberikan kemudahan akses bagi pengguna tanpa memerlukan perangkat tambahan [5].

Dengan adanya sistem pemantauan ini, pengguna dapat memperoleh wawasan lebih mendalam mengenai pola konsumsi listrik. Sebagai contoh, konsumen dapat mengetahui perangkat mana yang paling boros daya dan mengambil langkah-langkah yang tepat untuk mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu. Selain itu, sistem ini juga dapat membantu

dalam mendeteksi potensi masalah listrik, seperti korsleting atau lonjakan daya yang berbahaya, sehingga tindakan pencegahan dapat segera dilakukan untuk menghindari kerusakan peralatan atau bahkan bahaya kebakaran [6], [7].

Di sektor industri dan komersial, sistem ini memiliki manfaat yang lebih luas dalam meningkatkan efisiensi energi. Dengan adanya data konsumsi listrik yang dapat diakses secara real-time, manajer energi dapat mengidentifikasi area atau peralatan yang menggunakan daya listrik secara berlebihan. Dengan demikian, langkah-langkah optimasi dapat segera dilakukan untuk mengurangi konsumsi energi yang tidak diperlukan, yang pada akhirnya akan mengurangi biaya operasional. Implementasi sistem ini tidak hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga mendukung upaya keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi penggunaan listrik yang tidak efisien [8].

Selain manfaat dalam hal efisiensi energi dan penghematan biaya, sistem ini juga berkontribusi pada peningkatan keamanan listrik. Dengan pemantauan yang lebih baik, deteksi dini terhadap kondisi berbahaya, seperti beban listrik yang berlebihan atau gangguan listrik lainnya, dapat dilakukan dengan lebih cepat. Hal ini memungkinkan langkah pencegahan diambil sebelum terjadi gangguan yang lebih serius atau risiko kecelakaan akibat kelistrikan [9].

Teknologi pemantauan listrik berbasis Internet of Things (IoT) ini juga berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan berbagai fitur tambahan. Misalnya, integrasi dengan kecerdasan buatan (AI) dapat meningkatkan kemampuan analisis data konsumsi listrik serta memberikan rekomendasi otomatis untuk mengoptimalkan penggunaan energi. Selain itu, pengembangan aplikasi seluler sebagai antarmuka pengguna juga dapat memberikan kenyamanan lebih dalam mengakses data konsumsi listrik secara langsung dari perangkat genggam [10].

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya efisiensi energi, diharapkan sistem ini dapat diterapkan secara luas untuk memberikan dampak positif bagi rumah tangga, industri, dan pemerintah dalam pengelolaan listrik. Penyedia energi listrik dan regulator juga dapat memanfaatkan teknologi ini untuk meningkatkan efisiensi dalam distribusi daya serta mengurangi beban jaringan listrik yang berlebihan. Dengan sistem pemantauan yang lebih baik, risiko pemadaman listrik akibat beban berlebih dapat dikurangi, sehingga stabilitas pasokan listrik dapat lebih terjaga.

Dalam jangka panjang, sistem ini dapat dikembangkan lebih jauh dengan berbagai fitur tambahan, seperti analisis prediktif untuk memproyeksikan konsumsi listrik berdasarkan pola historis, integrasi dengan sistem otomatisasi rumah pintar, serta pengendalian perangkat listrik dari jarak jauh. Dengan terus berkembangnya teknologi, sistem pemantauan listrik berbasis NRF dan WiFi ini dapat menjadi lebih canggih dan memberikan manfaat yang lebih besar dalam mendukung efisiensi energi serta keberlanjutan lingkungan [11].

Secara keseluruhan, penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan sistem pemantauan listrik yang lebih

modern, fleksibel, dan terjangkau. Dengan menerapkan sistem berbasis NRF dan WiFi, pengguna dapat memperoleh akses yang lebih mudah dan cepat terhadap informasi konsumsi listrik, sehingga dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dalam mengelola penggunaan energi listrik secara efisien. Harapannya, sistem ini dapat digunakan secara luas dan membantu menciptakan lingkungan yang lebih hemat energi serta mendukung upaya global dalam pengurangan konsumsi energi yang berlebihan [12], [13].

Survei dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara alat yang akan dirancang dengan alat yang sudah ada sebelumnya. Metode yang digunakan dalam survei ini adalah studi pustaka, yaitu dengan meneliti sumber ilmiah yang relevan. Studi ini penting untuk memahami teknologi yang telah dikembangkan, melihat kelebihanannya, serta menemukan peluang untuk melakukan inovasi yang lebih baik.

Survei pertama berjudul "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik kWh Meter Berbasis IoT". Pada hasil survei penelitian yang dilakukan oleh Andra Eka Karuniawan berfokus pada pengembangan sistem monitoring konsumsi listrik berbasis Internet of Things (IoT) untuk rumah tangga. Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, yang berfungsi untuk mengolah data dari sensor PZEM-004T yang digunakan untuk membaca besaran listrik seperti tegangan, arus, daya, dan frekuensi. Data yang diperoleh kemudian ditampilkan melalui LCD 20x4 serta dapat diakses melalui aplikasi Blynk di perangkat Android. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, dengan selisih pengukuran yang kecil dibandingkan dengan alat ukur standar. Estimasi biaya listrik juga dapat dihitung berdasarkan tarif dasar yang telah ditentukan oleh PLN. Realisasi Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik kWh Meter Berbasis IoT. Realisasi Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik kWh Meter Berbasis IoT [12]. Survei kedua berjudul "Rancang Bangun Alat Pembaca kWh Meter Berbasis Arduino Uno dan IoT". Pada hasil survei penelitian yang dilakukan oleh M. Ruinaldi Pratama dkk. berfokus untuk mengembangkan alat pembaca kWh meter berbasis Arduino Uno yang dapat mengirimkan data pemakaian listrik melalui Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan sensor ZMPT101B untuk membaca tegangan AC dan sensor ACS712 untuk membaca arus beban. Data yang diperoleh diproses oleh mikrokontroler ATmega328 dan ditampilkan pada LCD serta dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui modul WiFi ESP8266. Penelitian ini menekankan pentingnya sistem pemantauan yang dapat menghitung estimasi biaya pemakaian listrik secara real-time [14]. Dengan sistem ini, pengguna dapat mengetahui besaran daya yang digunakan dan jumlah biaya yang harus dibayarkan setiap bulannya. Selain itu, sistem ini juga dirancang agar dapat menampilkan informasi pemakaian listrik dalam bentuk nilai rupiah, yang memudahkan pengguna dalam memahami konsumsi daya. [15]. Survei ketiga berjudul "Rancang Bangun kWh Meter Digital Berbasis Arduino UNO R3". Pada hasil survei penelitian yang dilakukan oleh M. Ilham Ludya Wahyu dkk mengembangkan

sistem kWh meter digital yang dapat menampilkan informasi konsumsi daya listrik secara lebih akurat dibandingkan dengan meteran listrik analog konvensional. Sistem ini menggunakan sensor ZMPT101B sebagai sensor tegangan dan ACS712 sebagai sensor arus, yang dikendalikan oleh Arduino UNO R3 sebagai mikrokontroler utama. Sistem ini mampu menampilkan berbagai informasi penting seperti beban daya, energi listrik yang terpakai, tegangan listrik, serta biaya yang harus dikeluarkan pengguna dalam satuan rupiah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini memiliki tingkat akurasi sekitar 95%, dengan tingkat kesalahan sekitar 5%. Selain itu, konsumsi daya sistem ini cukup rendah, hanya sekitar 2 watt, sehingga tidak memberikan beban tambahan yang signifikan pada sistem listrik rumah tangga [13]. Setelah dilakukan survei, perbandingan alat yang sudah dirancang dengan yang dirancang dapat dibuat. Perbandingan dibuat untuk mengetahui perbedaan dari alat yang ada disurvei dengan alat yang dirancang.

II. Metode Penelitian

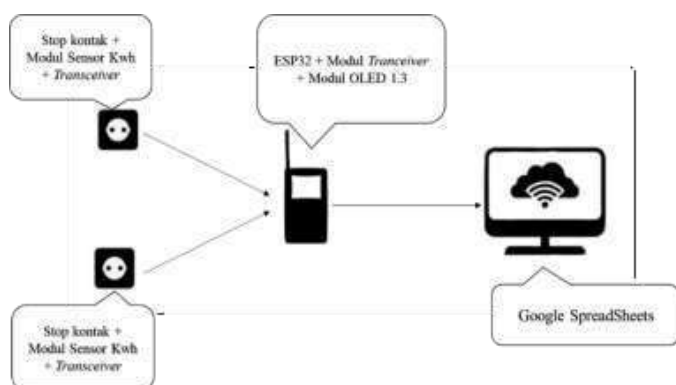
Metode yang digunakan dalam survei ini adalah studi pustaka, yaitu dengan meneliti sumber ilmiah yang relevan. Studi ini penting untuk memahami teknologi yang telah dikembangkan, melihat kelebihanannya, serta menemukan peluang untuk melakukan inovasi yang lebih baik.

A. Deskripsi Konsep

Alat yang dirancang dalam penelitian ini merupakan sistem pemantauan konsumsi listrik multipoint yang memungkinkan pengguna untuk mengawasi penggunaan daya listrik di beberapa titik secara real-time. Sistem ini terdiri dari beberapa modul utama, yaitu modul sensor kWh meter, modul Transceiver, modul pemrosesan, modul penampil data, dan modul DataBase. Modul sensor kWh meter berfungsi untuk mengukur konsumsi daya listrik pada perangkat yang terhubung dengan stop kontak. Data yang diperoleh kemudian dikirim melalui modul Transceiver, yang menggunakan teknologi NRF untuk komunikasi nirkabel dan WiFi untuk konektivitas dengan Google Spreadsheet. Modul pemrosesan bertanggung jawab mengolah data sebelum diteruskan ke modul penampil data, yang menyajikan informasi. Selain itu, sistem juga memiliki modul DataBase, yang berfungsi untuk menyimpan dan mengelola informasi konsumsi listrik agar dapat diakses kapan saja. Modul sensor kWh meter berperan sebagai komponen utama dalam mendeteksi jumlah daya listrik yang dikonsumsi oleh perangkat yang terhubung dengan sistem pemantauan. Sensor ini bekerja dengan mengukur arus dan tegangan yang mengalir melalui stop kontak, kemudian menghitung daya yang digunakan dalam satuan watt-hour (Wh). Modul Transceiver dalam sistem ini bertugas untuk menghubungkan komunikasi antar komponen. Modul pemrosesan berfungsi sebagai pusat kendali dari sistem pemantauan konsumsi listrik ini. Modul ini menerima data dari sensor, mengolahnya, dan memastikan bahwa informasi yang dikirimkan ke Google Spreadsheet serta modul penampil data. Modul penampil data berperan dalam menyajikan informasi yang telah diproses dalam bentuk yang lebih mudah dipahami

oleh pengguna. Modul ini dapat berupa tampilan pada perangkat keras seperti layar LCD atau berupa antarmuka digital yang dapat diakses melalui perangkat lain, seperti komputer atau smartphone.

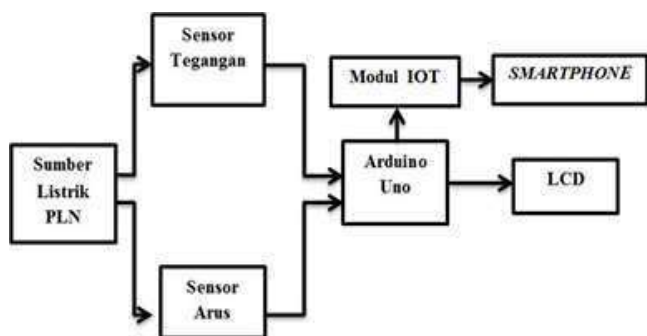
Dengan alat ini, pengguna dapat memantau konsumsi listrik secara sistematis. Cara kerja dari alat ini adalah Modul sensor membaca konsumsi listrik kemudian data dikirim ke modul pemroses melalui NRF dan Modul pemroses akan mengolah data dan mengirim ke database online melalui WiFi setelah data diterima di spreadsheet online, data akan tersimpan dan modul penampil akan menampilkan data konsumsi listrik secara real-time. Untuk ilustrasi alat yang akan dirancang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Pemantauan Konsumsi Listrik Multipoint Dengan Modul Radio NRF Dan WiFi Ke Spreadsheets Online

B. Diagram Blok Rancangan

Diagram blok perancangan alat pemantauan konsumsi listrik multipoint dengan modul radio nrf dan WiFi ke spreadsheets online ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Perancangan Alat Pemantauan Konsumsi Listrik Multipoint Dengan Modul Radio Nrf Dan WiFi Ke Spreadsheets Online

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengujian dan Analisis Modul Hardware

Pengujian dan analisis modul hardware dilakukan untuk memastikan setiap komponen pada sistem pemantauan konsumsi listrik multipoint bekerja sesuai dengan fungsinya.

Pengujian ini meliputi beberapa modul utama, yaitu modul sensor kWh meter, modul pemroses, modul penampil data, modul pencatatan data, dan keseluruhan sistem.

Pengujian dan Analisis Modul sensor kWh Meter
Pengujian modul sensor kWh meter dilakukan untuk memastikan bahwa modul dapat membaca dan menghitung konsumsi daya listrik secara akurat. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan sensor PZEM-004T (Closed CT) ke stopkontak, kemudian membebani sistem dengan beberapa perangkat listrik yang memiliki spesifikasi daya berbeda. Pengujian kWh meter dilakukan agar modul kWh meter dapat mengetahui voltage, current, power, energi, dan power factor. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap jenis beban guna memastikan konsistensi pembacaan data oleh sensor

Tabel 1. Pengujian Modul Sensor kWh Meter

Pengujian	Alat yang terhubung	Keterangan Hasil Baca Sensor kWh Meter pada Serial monitor
1		Voltage: 213.40 Current: 0.37 Power: 71.00 Energy: 0.03 Power Factor: 0.90
2		Voltage: 214.40 Current: 0.11 Power: 12.00 Energy: 0.04 Power Factor: 0.53
3	 	Voltage: 214.80 Current: 0.41 Power: 77.00 Energy: 0.04 Power Factor: 0.87

B. Pengujian dan Analisis Modul Pemroses

Pengujian modul pemroses bertujuan untuk memastikan modul pemroses dapat bekerja dengan baik. Pengujian modul pemroses dilakukan dengan cara menghubungkan sebuah light emitting diode (LED) sebagai output dari mikrokontroler. Modul pemroses diprogram untuk menyalakan LED tersebut. Jika lampu menyala sesuai dengan program yang dijalankan, maka modul pemroses disimpulkan dapat bekerja dengan baik. Data pengujian modul pemroses dapat dilihat pada Tabel 3, dan untuk potongan program modul pemroses dapat dilihat pada gambar 4. Berdasarkan pengujian ini, modul pemroses dapat bekerja dengan baik sesuai dengan program yang dijalankan.

Tabel 2. Pengujian Modul Pemroses

Input	Output
High	Menyala
Low	Tidak Menyala

C. Pengujian dan Analisis Modul Penampil Data

Pengujian modul penampil data bertujuan untuk memastikan bahwa modul ini dapat menerima dan menampilkan data yang telah diproses oleh modul pemroses secara akurat dan real-time. Modul penampil yang digunakan dalam perancangan ini adalah layar OLED 1.3 inch, yang dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 melalui jalur komunikasi I2C. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan dua informasi dari modul pemroses ke modul penampil, yaitu tegangan (V), daya (W), energi (kWh), dan faktor daya (PF).

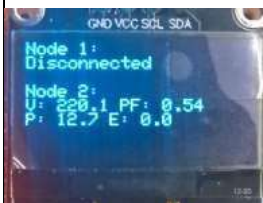
Tabel 3. Pengujian Modul Penampil Data

Pengujian	Pengirim Data dari	Keterangan (Foto)
1	Node 1	
2	Node 2	
3	Node 1, dan Node 2	

Pengujian dan Analisis Modul Pencatatan Data
Pengujian modul pencatatan data bertujuan untuk memastikan bahwa data hasil pengukuran konsumsi listrik dari modul pemroses dapat dikirim dan tersimpan secara akurat di

platform Google Spreadsheet melalui koneksi internet. Modul pencatatan data ini bekerja secara cloud- based, di mana ESP32 mengirimkan data secara berkala menggunakan koneksi WiFi. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan beberapa data konsumsi listrik secara bertahap dari mikrokontroler ke Google Spreadsheet. Data yang dicatat meliputi waktu pencatatan, tegangan (V), arus (A), daya (W), energi (kWh), dan faktor daya (PF).

Tabel 4. Pengujian Modul Pencatatan Data

Pengujian	Node	OLED	Google Spreadsheet		
			Node1 V	Node1 I	Node1 P
1	1		218.8	0.33	63
			Node1 E	Node1 pF	
			0.01	0.88	
			Node1 V	Node1 I	Node1 P
			1	0	0
			Node1 E	Node1 pF	
2	2		0	0	0
			Node1 E	Node1 pF	
			0	1	
			Node2 V	Node2 I	Node2 P
			220.1	0.08	12.7
			Node2 E	Node2 pF	
3	1 & 2		0	0.46	
			Node1 V	Node1 I	Node1 P
			218.4	0.33	63
			Node1 E	Node1 pF	
			0.1	0.88	
			Node1 V	Node1 I	Node1 P
			218	0.15	14.1
			Node1 E	Node1 pF	
			0.01	0.55	

D. Pengujian dan Analisis Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan sebanyak dua kali dengan kondisi yang berbeda. Kondisi pertama yaitu saat pada node 1, dan node 2 masing masing hanya terhubung 1 charger laptop dengan merek yang berbeda. Kondisi kedua yaitu pada saat node 1 terhubung 2 charger laptop, dan node 2 terhubung dengan 3d printer. Hasil pengujian keseluruhan sistem kondisi pertama dapat dilihat pada Tabel 6, dan Hasil pengujian keseluruhan sistem kondisi kedua dapat dilihat pada Tabel 7. Untuk grafik pengujian Keseluruhan Sistem Kondisi Pertama dapat dilihat pada grafik (a) Volt, (b) Arus, (c) Power, (d) Energi, dan (e) Powerfactor. Untuk grafik pengujian Keseluruhan Sistem Kondisi Keduaa dapat dilihat pada grafik (f) Volt, (g) Arus, (h) Power, (i) Energi, dan (j) Powerfactor

Tabel 5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Kondisi Pertama

Time stamp (V)	Node1	Node1	Node1 P	Node1 E	Node1 pF	Node2 V	Node2 I	Node2 P	Node2 E	Node2 pF
5/27/2025	210.4	0.28	36.7	0.07	0.62	209.2	0.38	71.1	0.01	0.89
5/27/2025	213.6	0.2	26.2	0.07	0.62	213	0.27	50.7	0.02	0.87
5/27/2025	212.4	0.17	21.9	0.07	0.6	211.6	0.23	41.5	0.02	0.84
5/27/2025	214.4	0.27	35.9	0.08	0.62	214.1	0.21	35.2	0.02	0.8
5/27/2025	216.1	0.16	20.8	0.08	0.59	215.6	0.19	32.3	0.03	0.78
5/27/2025	213.8	0.23	30.8	0.08	0.63	213.5	0.18	29.1	0.03	0.76
5/27/2025	213.1	0.16	21.1	0.08	0.6	211.9	0.17	27	0.03	0.75
5/27/2025	209.9	0.13	14.7	0.08	0.53	208.9	0.2	32.5	0.03	0.79
5/27/2025	210	0.13	14.5	0.08	0.53	209.4	0.17	27.3	0.04	0.76
5/27/2025	211	0.12	11.8	0.09	0.48	211.1	0.17	27.5	0.04	0.75
5/27/2025	212.6	0.12	12.8	0.09	0.5	212.4	0.17	26.3	0.04	0.74
5/27/2025	211.7	0.11	12.5	0.09	0.53	211	0.17	26.6	0.04	0.74
Rata-Rata	212.42	0.17	21.64	0.08	0.57	211.81	0.21	35.59	0.03	0.79

Node 1 dan Node 2 yang masing-masing terhubung pada perangkat elektronik berbeda, yaitu charger laptop ASUS untuk Node 1 dan charger laptop Lenovo untuk Node 2. Berdasarkan data yang tercatat dalam tabel, dapat dilihat bahwa Node 1 secara konsisten menunjukkan tegangan sekitar 210–216 volt dengan arus berkisar antara 0.12 hingga 0.28 ampere. Daya aktif (P) tercatat berada di kisaran 11.8 hingga 36.7 watt, sedangkan energi (E) meningkat stabil dengan nilai awal 0.07 hingga mencapai 0.09 kWh. Faktor daya (power factor) berkisar 0.48–0.63. Untuk rata-rata dari masing-masing jenis nya adalah sebagai berikut; tegangan 212.42 Volt, Arus 0,17 A, Daya Aktif 21,64 Watt, energi 0,08 kWh, dan powerfactor 0,57 Pf. Nilai-nilai ini mencerminkan karakteristik konsumsi daya dari charger laptop ASUS yang cenderung lebih dinamis tergantung pada kondisi pengisian daya laptop saat pengujian. Sementara itu, Node 2 menunjukkan hasil pengukuran yang lebih tinggi dalam konsumsi daya. Tegangan stabil di kisaran 208–215 volt, dengan arus mencapai 0.38 ampere. Daya aktif (P) berkisar antara 26.3 hingga 71.1 watt, sedangkan nilai energi (E) secara bertahap meningkat dari 0.01 ke 0.04 kWh. Faktor daya pada node ini lebih tinggi dan cenderung stabil, yaitu antara 0.74–0.89. dan terlihat bahwa nilai daya aktif (P) pada kedua node mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu.

Untuk rata-rata dari masing-masing jenis nya adalah sebagai berikut; tegangan 211.81 Volt, Arus 0,21 A, Daya Aktif 35,59 Watt, energi 0,03 kWh, dan powerfactor 0,79 Pf. Fenomena naik-turunnya daya aktif ini disebabkan oleh perubahan konsumsi daya yang dinamis dari perangkat yang dipantau. Pada charger laptop, konsumsi daya tidak bersifat konstan karena dipengaruhi oleh kondisi baterai dan aktivitas penggunaan perangkat. Ketika baterai hampir penuh atau laptop berada dalam kondisi idle, arus yang ditarik oleh charger akan berkurang, menyebabkan penurunan nilai daya aktif. Sebaliknya, ketika laptop digunakan untuk aktivitas berat atau saat pengisian baterai berada pada fase awal, arus yang masuk akan meningkat, sehingga nilai daya aktif juga naik.

Tabel 6. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Kondisi Kedua

Time stamp (V)	Node1	Node1 I	Node1 P	Node1 E	Node1 pF	Node2 V	Node2 I	Node2 P	Node2 E	Node2 pF
5/27/2025	210.8	0.26	40.2	0.09	0.74	210.2	0.44	81.7	0.05	0.88
5/27/2025	210.7	0.23	36.8	0.1	0.75	210	0.61	96.4	0.06	0.75
5/27/2025	211.5	0.2	31	0.1	0.71	210	0.74	103.7	0.07	0.67
5/27/2025	210.2	0.22	32.8	0.1	0.73	209.4	0.85	134.1	0.08	0.75
5/27/2025	212.1	0.19	28.8	0.11	0.7	212.4	0.55	84.3	0.09	0.73
5/27/2025	216.7	0.27	43.7	0.11	0.74	216.3	0.12	10.4	0.09	0.4
Rata-rata	212.00	0.23	35.55	0.10	0.73	211.38	0.55	85.10	0.07	0.70

Pengujian sistem dilakukan dengan dua titik pemantauan konsumsi listrik, yaitu node 1 yang terhubung pada dua charger laptop, dan node 2 yang digunakan untuk memantau konsumsi daya dari perangkat 3d printer. Berdasarkan data yang terekam, node 1 menunjukkan tegangan listrik yang stabil antara 210.2 hingga 216.7 volt dengan arus berkisar antara 0.19 hingga 0.27 ampere. Nilai daya aktif (p) berkisar dari 28.8 watt hingga 43.7 watt, dengan energi yang tercatat antara 0.09 hingga 0.11 kWh. Faktor daya (pf) berada dalam rentang 0.71 hingga 0.75. Untuk rata-rata dari masing-masing jenis nya adalah sebagai berikut; tegangan 212 Volt, Arus 0,23 A, Daya Aktif 35,55 Watt, energi 0,10 kWh, dan powerfactor 0,73 Pf. Fluktuasi ini mencerminkan karakteristik penggunaan dari dua charger laptop yang bekerja secara bersamaan, di mana konsumsi dayanya tidak tetap karena tergantung pada status pengisian baterai masing-masing laptop serta aktivitas yang sedang dijalankan.

Sementara itu, node 2 menunjukkan konsumsi daya yang relatif lebih besar dan bervariasi. Tegangan tercatat antara 209.4 hingga 216.3 volt, dengan arus tertinggi mencapai 0.85 ampere. Daya aktif (p) juga mengalami perubahan signifikan, mulai dari 10.4 watt hingga 134.1 watt. Nilai energi (e) tercatat meningkat secara bertahap dari 0.05 hingga 0.09 kWh. Namun, faktor daya pada node 2 mengalami fluktuasi, yang berada pada kisaran 0.4 hingga 0.88. Untuk rata-rata dari masing-masing jenis nya adalah sebagai berikut; tegangan 211.38 Volt, Arus 0,55 A, Daya Aktif 85,10 Watt, energi 0,07 kWh, dan powerfactor 0,70 Pf. Nilai ini mencerminkan karakteristik beban dari 3d printer, yang di mana konsumsi daya berubah-ubah tergantung pada tahapan proses pencetakan, seperti pemanasan nozzle, gerakan motor, atau pencetakan aktual. Aktivitas motor stepper, pemanas ekstruder, dan kipas

pendingin yang bekerja bergantian juga turut memengaruhi variasi arus dan daya aktif selama proses berlangsung. Naik turunnya daya aktif (p) yang tercatat pada kedua node merupakan respons langsung dari perubahan konsumsi daya perangkat yang dipantau. Secara keseluruhan, sistem pemantauan konsumsi listrik multipoint yang dirancang dapat menampilkan informasi konsumsi daya dari dua jenis perangkat berbeda. Sistem ini juga mampu mencatat fluktuasi yang terjadi.

IV. Kesimpulan

Sistem pemantauan konsumsi listrik multipoint berbasis IoT yang dirancang berhasil direalisasikan dan bekerja sesuai tujuan.

1. Sistem ini mampu mengukur tegangan, arus, daya aktif, energi, dan faktor daya dari dua titik pemantauan. Data dikirim setiap 5 menit secara nirkabel ke Google Spreadsheet untuk pencatatan dan juga ditampilkan secara langsung melalui OLED.
2. Sistem ini mudah dipasang tanpa perlu kabel tambahan dan dapat diakses kapan saja. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat memantau konsumsi daya secara akurat dan merekam fluktuasi beban perangkat. Pada pengujian pertama, Node 1 (charger laptop ASUS) menunjukkan rata-rata tegangan 212.42 V, arus 0.17 A, daya 21.64 W, energi 0.08 kWh, dan faktor daya 0.57. Node 2 (charger laptop Lenovo) mencatat rata-rata tegangan 211.81 V, arus 0.21 A, daya 35.59 W, energi 0.03 kWh, dan faktor daya 0.79.
3. Fluktuasi daya terjadi akibat status pengisian baterai dan aktivitas laptop. Pada pengujian kedua, Node 1 (dua charger laptop) mencatat rata-rata tegangan 212 V, arus 0.23 A, daya 35.55 W, energi 0.10 kWh, dan faktor daya 0.73. Node 2 (3D printer) menunjukkan rata-rata tegangan 211.38 V, arus 0.55 A, daya 85.10 W, energi 0.07 kWh, dan faktor daya 0.70.
4. Fluktuasi pada 3D printer disebabkan proses pencetakan yang dinamis. Secara keseluruhan, sistem ini efektif untuk memantau konsumsi listrik dari berbagai perangkat secara real-time, membantu pengguna dalam mengelola efisiensi energi

V. Daftar Pustaka

- [1] W. Sanya, G. Bajpai, O. Kombo, and E. Twahirwa, "Real-Time Data Analytics for Monitoring Electricity Consumption Using IoT Technology," *Tanzania J. Eng. Technol.*, vol. 41, no. 1, pp. 28–37, 2022, doi: 10.52339/tjet.vi.770.
- [2] A. A. Pradana, P. Yuliantoro, and S. Indriyanto, "Perancangan Sistem Monitoring Daya Listrik 1 Fasa Pada Rumah Tangga Berbasis Internet of Things," *J. SINTA Sist. Inf. dan Teknol. Komputasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.61124/sinta.v1i1.13.
- [3] H. B. SANTOSO, S. PRAJOGO, and S. P. MURSID, "Pengembangan Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT)," *Elkomika*, vol. 6, no. 3, 2018, doi: <https://doi.org/10.26760/elkomika.v6i3.357>.
- [4] E. L. d. Sousa *et al.*, "Development a Low-Cost Wireless Smart Meter with Power Quality Measurement for Smart Grid Applications," *Sensors*, vol. 23, no. 16, 2023, doi: 10.3390/s23167210.
- [5] A. W. Mahmoud, R. Abdulla, M. E. Rana, and H. K. Tripathy, "IoT Based Energy Management Solution for Smart Green Buildings," in *ASSIC 2022 - Proceedings: International Conference on Advancements in Smart, Secure and Intelligent Computing*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2022. doi: 10.1109/ASSIC55218.2022.10088306.
- [6] M. I. Joha, M. S. Nazim, and M. I. Zubair, "Smart Energy Metering, Control, and Protection System for Making a Smart Home Using IoT," in *2023 26th International Conference on Computer and Information Technology, ICCIT 2023*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2023. doi: 10.1109/ICCIT60459.2023.10441201.
- [7] S. A. Panjaitan, P. Gunoto, and M. Algusri, "RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI DAN MONITORING PENGGUNAAN PEMBATAAN ARUS LISTRIK BERBASIS IoT (INTERNET OF THINGS)," *Sigma Tek.*, vol. 7, no. 2, 2024, doi: [ps://doi.org/10.33373/sigmateknika.v7i2.6899](https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v7i2.6899).
- [8] S. Mischos, E. Dalagdi, and D. Vrakas, "Intelligent energy management systems: a review," 2023. doi: 10.1007/s10462-023-10441-3.
- [9] P. K. Dutta, S. M. El-kenawy, G. Ali, and K. Dhoska, "An Energy Consumption Monitoring and Control System in Buildings using Internet of Things," *Babylonian J. Internet Things*, vol. 2023, pp. 38–47, 2023, doi: 10.58496/bjiot/2023/006.
- [10] M. B. Yusuf, L. Rosyidi, and H. Saptono, "Implementasi Sistem IoT untuk Monitoring Konsumsi Energi Listrik di Rumah Pintar," *DBESTI J. Digit. Bus. Technol. Innov.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–34, 2025, doi: 10.54914/dbesti.v2i1.1354.
- [11] R. S. Hariharan, R. Agarwal, M. Kandamuru, and H. A. Gaffar, "Approches de modélisation mathématique pour Blockchain Technologie POUR," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1085, no. 1, p. 12026, 2022, doi: 10.1088/1757.
- [12] A. E. Karuniawan, "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik kWh Meter Secara Real Time pada Rumah Tangga Berbasis IoT," 2024. doi: 10.24176/elkon.v4i1.10951.
- [13] M. Ilham Ludya Wahyu and M. Saleh, "Rancang Bangun kWh Meter Digital Sebagai Penghitung Biaya

-
- Pemakaian Energi Listrik Berbasis Arduino UNO R3,” 2018. [Online]. Available: www.pln.go.id
- [14] I. Irvandi, M. Mursyidin, and F. Fathiah, “Perancangan Prototype Alat Monitoring Peralatan Listrik pada Rumah Tangga Berbasis IoT (Internet Of Things),” 2023. doi: 10.25273/jupiter.v8i1.16058.
- [15] M. Ruinaldi Pratama, A. Bachri, and U. Ilmi, “Rancang Bangun Alat Pembaca Kwh Meter Berbasis Arduino Uno Dan Kirim Data Via Internet Of Things,” *Semin. Nas. Fortei Reg.*, vol. 7, pp. 1–7, 2020.