

PROTOTYPE *MONITORING* DAN KONTROL LISTRIK BERBASIS WEB MENGGUNAKAN ESP8266 DAN PZEM-004T PADA DOCTOP

Danang Dwi Prastianto¹, Windarto^{2*}

^{1,2} Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

Email: ¹2011501232@student.budiluhur.ac.id, ^{2*}windarto@budiluhur.ac.id

(* : corresponding author)

Abstrak- Perkembangan teknologi *Internet of things* (IoT) telah membuka peluang baru dalam manajemen energi dan keamanan operasional, terutama di lingkungan teknis seperti jasa servis laptop. PT Doctop Global Tekno, sebagai penyedia layanan servis laptop, menghadapi tantangan dalam pemantauan dan kontrol penggunaan listrik yang efisien dan aman selama proses perbaikan. Pemantauan manual sering kali tidak efektif dan rentan terhadap kelalaian manusia, yang dapat mengakibatkan pemborosan energi dan risiko keamanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem pemantauan dan kontrol penggunaan listrik berbasis web yang menggunakan modul ESP8266 dan sensor PZEM-004T. Metode prototyping digunakan untuk menciptakan sistem yang dapat memantau parameter listrik secara *real-time* dan mengontrol aliran listrik dari jarak jauh. Prototipe dikembangkan melalui tahapan pengumpulan kebutuhan, perancangan, evaluasi, pengujian, dan implementasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memantau tegangan, arus, dan daya dengan akurasi 99%, dan dapat mengontrol aliran listrik melalui *relay* dengan keterlambatan rata-rata 5 detik. Terbukti bahwa sistem ini meningkatkan efisiensi energi dan keamanan operasional dalam lingkungan servis laptop di PT Doctop Global Tekno. Sistem ini memungkinkan pemantauan penggunaan listrik yang lebih baik dan kontrol aliran listrik dari jarak jauh, meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional.

Kata Kunci: *Internet of things*, PZEM-004T, ESP8266, Aplikasi Web

WEB-BASED ELECTRICITY USAGE MONITORING DEVICE PROTOTYPE USING ESP8266 MODULE AND PZEM-004T SENSOR

Abstract- The development of *Internet of things* (IoT) technology has opened new opportunities in energy management and operational security, especially in technical environments such as laptop repair services. PT Doctop Global Tekno, as a laptop service provider, faces challenges in efficient and safe monitoring and control of electricity usage during the repair process. Manual monitoring is often ineffective and prone to human error, which can result in energy waste and security risks. This research aims to develop a web-based prototype system for monitoring and controlling electricity usage using the ESP8266 module and PZEM-004T sensor. The prototyping method was used to create a system capable of monitoring electrical parameters in real-time and controlling electricity flow remotely. The prototype was developed through stages of requirement gathering, design, evaluation, testing, and implementation. Test results show that the system can accurately monitor voltage, current, and power with 99% accuracy, and can control electricity flow through a relay with an average delay of 5 seconds. It has been proven that this system enhances energy efficiency and operational safety in the laptop service environment at PT Doctop Global Tekno. The system enables better monitoring of electricity usage and remote control of electricity flow, improving operational safety and efficiency.

Keywords: *Internet of things*, PZEM-004T, ESP8266, Web Application

1. PENDAHULUAN

Dalam era digital saat ini, *Internet of things* (IoT) telah menjadi teknologi kunci dalam mengembangkan sistem pemantauan dan kontrol yang efisien [1]. Khususnya dalam dunia penyediaan layanan jasa servis laptop, pemantauan dan pengukuran tegangan dan arus listrik menjadi hal yang penting untuk menjaga kestabilan dan keamanan sistem kelistrikan. PT Doctop Global Tekno, sebagai perusahaan penyedia layanan yang bergerak dalam jasa servis laptop, memerlukan pemantauan dan kontrol terhadap listrik yang efisien pada saat melakukan perbaikan laptop.

Pemantauan dan kontrol manual pada saat melakukan servis di PT Doctop Global Tekno seringkali membuang waktu dan rentan terhadap kelalaian manusia. Oleh karena itu diperlukan sebuah prototipe yang dapat memantau parameter listrik seperti arus, daya, tegangan dan serta mengontrol perangkat listrik secara otomatis [2]. Penggunaan energi listrik yang tidak efisien dan berlebihan seringkali menjadi masalah di PT Doctop Global

Tekno, terutama di saat sedang melakukan pengerjaan servis laptop. Hal ini menimbulkan masalah seperti beban yang berlebih pada listrik, dan terkadang alat servis yang lupa dimatikan saat sudah selesai melakukan pengerjaan servis dan menyala sepanjang malam. Situasi ini mengakibatkan pemborosan listrik dan juga berpotensi menimbulkan ancaman lain seperti kebakaran [3].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas penggunaan teknologi IoT dalam pemantauan dan pengendalian penggunaan listrik. Pengembangan sistem *monitoring* daya listrik rumah tangga menggunakan NodeMCU ESP32 dan sensor PZEM004T, menunjukkan hasil akurasi pengukuran yang tinggi dan bekerja dengan normal [4]. Sementara itu, penelitian lain mendemonstrasikan keberhasilan dalam pengendalian jarak jauh peralatan listrik rumah tangga melalui web menggunakan sensor SCT-013 untuk mengukur arus listrik [5].

Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, yakni mempunyai kontrol secara jauh melalui *website* menggunakan teknologi serupa pada skala industri, khususnya di PT Doctop Global Tekno, yang membutuhkan pemantauan yang lebih rumit dan skala yang lebih besar [6]. Penelitian ini juga berkonsentrasi pada penggabungan sistem pemantauan dengan *platform* berbasis web yang memungkinkan seseorang mengakses data secara *real-time* dari mana saja, sejalan dengan tren terkini dalam pengembangan sistem smart home [7][8].

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan sebuah perangkat yang dapat memantau penggunaan daya listrik secara *real-time* di PT Doctop Global Tekno. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor PZEM-004T [9]. Sistem ini tidak hanya akan memantau parameter listrik, tetapi juga akan mengintegrasikan kontrol jarak jauh dan analisis data untuk optimalisasi penggunaan energi [10].

Penerapan teknologi IoT dalam pemantauan dan kontrol listrik telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi energi dan keamanan operasional di berbagai sektor. Putra et al. [11] mendemonstrasikan efektivitas penggunaan NodeMCU ESP8266 dalam sistem pemantauan daya listrik berbasis IoT, yang menunjukkan peningkatan akurasi dan efisiensi dalam pengukuran konsumsi energi. Sistem berbasis IoT memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan responsif terhadap fluktuasi penggunaan listrik, yang sangat penting dalam lingkungan operasional yang dinamis seperti jasa servis laptop.

Wicaksono et al. [12] lebih lanjut mengeksplorasi integrasi sistem *monitoring* dan kontrol daya listrik berbasis web dalam konteks rumah pintar, yang dapat diadaptasi untuk lingkungan bisnis seperti PT Doctop Global Tekno. Penelitian mereka menunjukkan bahwa sistem berbasis web dapat meningkatkan aksesibilitas dan kemudahan pengelolaan energi.

Dengan mengintegrasikan sensor PZEM-004T dan modul ESP8266, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan solusi yang dapat memberikan visibilitas *real-time* terhadap penggunaan listrik, memungkinkan kontrol jarak jauh, dan mengoptimalkan konsumsi energi di PT Doctop Global Tekno. Junaidi dan Prabowo [13] menekankan pentingnya sistem *monitoring* dan kontrol energi listrik berbasis IoT dalam konteks bangunan, yang dapat diaplikasikan pada lingkungan servis laptop. Sistem ini diharapkan dapat mengurangi risiko pemborosan energi dan potensi bahaya yang terkait dengan penggunaan listrik yang tidak terkontrol dalam lingkungan servis laptop.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Doctop Global Tekno, perusahaan jasa servis laptop yang berlokasi di Jl. H. Mencong No.71, RT.002/RW.011, Paninggilan Utara, Kec. Ciledug, Kota Tangerang, Banten 15153. Fokus penelitian adalah pada penggunaan listrik di ruang servis perusahaan tersebut.

Sumber utama data penelitian adalah sensor PZEM004T, sebuah perangkat yang mampu mengukur berbagai parameter listrik dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sensor ini digunakan untuk membaca dan mencatat beberapa parameter kunci penggunaan listrik pada ruangan servis PT Doctop Global Tekno, termasuk arus, voltase, dan daya, Berikut untuk spesifikasi dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi PZEM-004T

Parameter	Rentang Pengukuran	Akurasi
Tegangan	80-260V	±0.5%
Arus	0-100A	±0.5%
Daya	0-23kW	±0.5%

Data yang dikumpulkan mencakup penggunaan listrik dari berbagai alat servis yang umum digunakan dalam perbaikan laptop. Parameter listrik yang diukur meliputi arus listrik yang mengalir melalui peralatan, tegangan yang digunakan, daya yang dikonsumsi, serta total energi yang digunakan selama periode waktu tertentu. Data-data ini memberikan gambaran komprehensif tentang pola konsumsi listrik di ruang servis.

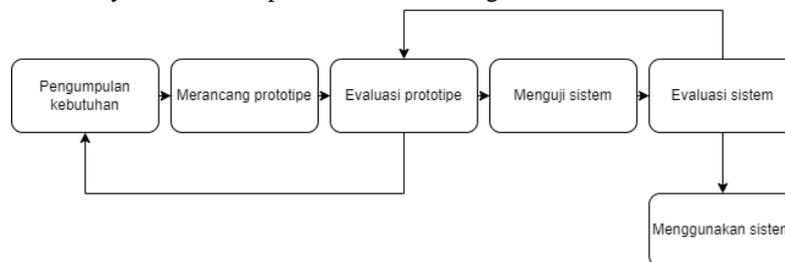
Penelitian ini juga mengumpulkan data waktu penggunaan alat-alat servis. Informasi ini sangat berharga untuk menganalisis pola konsumsi listrik selama jam operasional PT Doctop Global Tekno. Dengan memahami kapan alat-alat ini paling sering digunakan dan berapa lama penggunaannya, penelitian ini dapat memberikan wawasan mendalam tentang efisiensi penggunaan energi dan potensi penghematan. Proses pengumpulan data dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan menggunakan sensor PZEM004T. Data yang terkumpul kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP8266, sebuah perangkat yang memiliki kemampuan konektivitas Wi-Fi. Mikrokontroler ini berperan penting dalam mengirimkan data yang telah dikumpulkan ke database pusat. Penyimpanan data dalam database memungkinkan untuk analisis lebih lanjut, termasuk visualisasi pola penggunaan listrik, identifikasi periode puncak konsumsi energi, dan perhitungan efisiensi penggunaan listrik. Dengan menggunakan data yang komprehensif ini, penelitian bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* dan kontrol listrik yang efektif, yang dapat meningkatkan efisiensi energi dan keamanan operasional di lingkungan servis laptop PT Doctop Global Tekno. Analisis data ini dapat memberikan wawasan penting tentang pola penggunaan listrik dan membantu menemukan tempat untuk meningkatkan efisiensi.

PT Doctop Global Tekno berharap dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya listrik, dan meningkatkan keselamatan di tempat kerja dengan menerapkan sistem ini. Data yang dikumpulkan juga dapat digunakan dalam perencanaan kapasitas masa depan dan pengambilan keputusan strategis tentang manajemen energi. Selain itu, penelitian ini membuka jalan untuk pengembangan lebih lanjut dalam integrasi teknologi *Internet of things* di industri jasa dan menunjukkan potensi untuk aplikasi yang lebih luas di berbagai industri.

2.2 Penerapan Metode Prototyping

Penelitian ini menggunakan metode prototyping untuk mengembangkan sistem pemantauan dan kontrol listrik berbasis *Internet of things* di PT Doctop Global Tekno. Metode ini memungkinkan untuk melihat bagaimana sistem bekerja dalam lingkungan operasionalnya sebelum proses konstruksi sebenarnya dimulai [7].

Untuk metode *prototype* yang digunakan dalam penelitian ini di PT Doctop Global Tekno, langkah-langkah berikut diambil dan ilustrasinya bisa dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Metode *Prototyping*

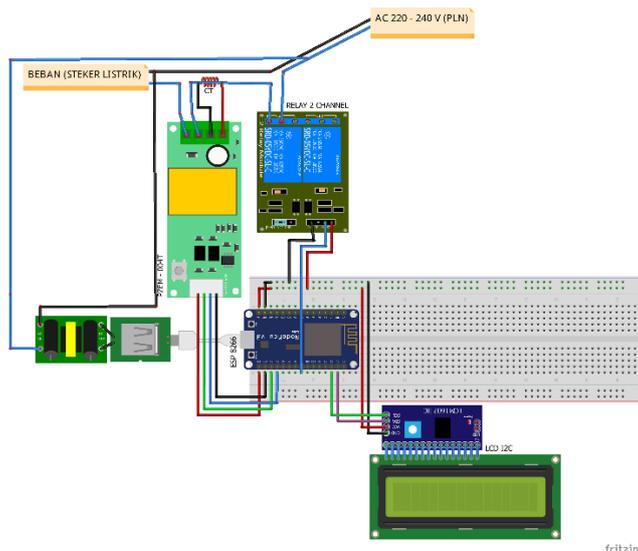
- Pengumpulan kebutuhan, Studi kelayakan dan kebutuhan pemakai dilakukan di PT Doctop Global Tekno. Studi ini mencakup model interface, metode prosedur, dan teknologi yang akan digunakan dalam lingkungan servis laptop perusahaan.
- Merancang prototipe, Model awal sistem dibuat untuk menunjukkan rancangan dan fungsi sistem yang diinginkan di PT Doctop Global Tekno. Dengan cara ini, analisis cara kerja sistem dan alurnya memungkinkan untuk memastikan keselarasannya dengan tujuan perusahaan.
- Evaluasi prototipe. Setelah prototipe dibuat, analisis dilakukan untuk menemukan kesalahan atau ruang untuk perbaikan dalam sistem. Hasil penilaian ini akan menjadi dasar dalam penyempurnaan untuk membuat prototipe berikutnya yang lebih sesuai dengan kebutuhan PT Doctop Global Tekno.
- Menguji sistem. Setelah uji coba, evaluasi menyeluruh dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai harapan dalam lingkungan operasional PT Doctop Global Tekno. Jika ada masalah, proses kembali ke tahap pengujian untuk penyempurnaan.
- Evaluasi sistem. Tahapan ini adalah mengevaluasi sistem untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai seperti tujuan awal setelah tahapan pengujian di PT Doctop Global Tekno. Pada tahapan ini jika tahapan belum selesai atau masih ada perbaikan maka akan dilakukan tahapan pengujian untuk memperbaiki sistem.
- Menggunakan sistem. Pada tahap akhir, sistem diterapkan di PT Doctop Global Tekno, setelah melalui berbagai proses pengembangan, pengujian, dan perbaikan. Ini membuat sistem siap digunakan tanpa ada masalah sesuai dengan tujuan awal perancangan dan kebutuhan perusahaan.

2.3 Rancangan Alat

Dalam pengembangan prototipe *monitoring* dan kontrol pada PT.Doctop Global Tekno peneliti menggunakan beberapa komponen yang dapat di lihat pada Tabel 2 yaitu, NodeMCU ESP8266, Kabel *Jumper*, *Relay*, Sensor PZEM-004T, LCD I2C 16x2, dengan system yang akan dikendalikan dan melakukan *monitoring* melalui *website* yang bisa di lihat pada Gambar 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Rancangan Alat

No	Komponen	Keterangan
1	ESP8266	Berfungsi untuk mikroprosesor dan pusat untuk menghubungkan alat dan sensor, dan juga terdapat modul wifi untuk mengirim data
2	Sensor PZEM-004T	Modul untuk mengukur parameter pada listrik dan mengirim datanya ke mikrokontroler
3	<i>Relay</i>	Berfungsi untuk memutus atau mengalirkan listrik saat di beri sinyal
4	Kabel <i>Jumper</i>	Digunakan untuk menghubungkan Node MCU ESP8266, <i>Relay</i> Module, LCD , dan juga sensor PZEM-004T
4	LCD I2C 16x2	Digunakan untuk menampilkan informasi antara mikrokontroler dan penggunanya
5	<i>Breadboard</i>	Digunakan untuk menghubungkan antara modul dan mikrokontroler



Gambar 2. Desain Rancangan Prototipe

2.4 Rancangan Pengujian

Pada tahap ini, peneliti sudah menyiapkan sebuah model yang dapat terhubung dengan *website*. *Website* ini bisa memantau dan juga mengontrol model dari jauh dengan fungsi atau perintah yang telah di program. Ketika menjalankan *website*, sistem akan mengeluarkan *output* sesuai dengan yang ditentukan sebelumnya, yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Rancangan Pengujian

No	Komponen	Rencana Pengujian	Target
1	PZEM-004T Sensor	Menguji Pembacaan Parameter listrik AC	Sensor dapat membaca parameter listrik seperti: arus, voltase, daya secara tepat sesuai dengan listrik yang di salurkan
2	LCD I2C 16x2	Menguji tampilan informasi antara alat dan penggunanya	LCD I2C 16x2 dapat menampilkan informasi parameter listrik yang telah di baca
3	<i>Relay</i> 2 Channel	Menguji fungsi On/Of pada <i>relay</i> ketika di beri perintah	Mampu memutus atau menyambung aliran listrik jika di beri batasan pada parameter listrik ataupun jika diperintah langsung menggunakan <i>website</i>

No	Komponen	Rencana Pengujian	Target
4	Website Monitoring & Kontrol	Menguji tampilan data dan fungsi kontrol yang sudah disesuaikan	Melakukan pengujian terhadap kemampuan data yang dikirim oleh sensor apakah sesuai, serta dapat mengontrol alat sesuai dengan sistem yang di berikan
5	Terminal Colokan	Menguji sambungan arus listriknya	Terminal Colokan dapat mengaliri listrik kepada alat-alat yang nantinya akan dicolok ke terminal
6	Alat Keseluruhan	Menguji semua bagian komponen dalam sistem	Mampu menjalankan keseluruhan perintah untuk semua komponen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

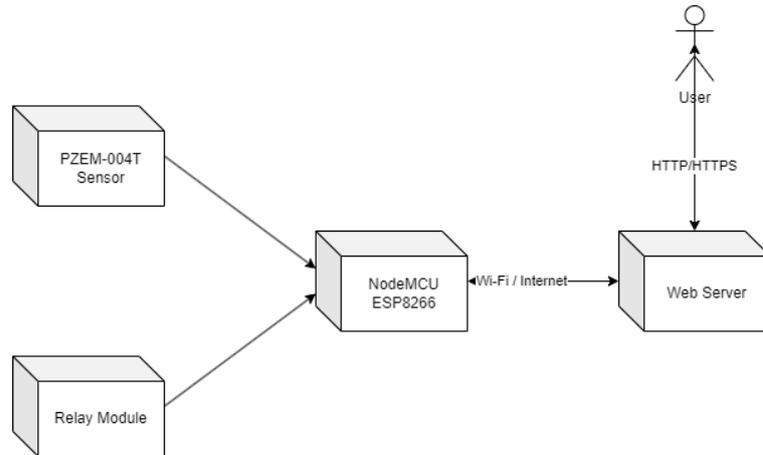
Untuk memastikan bahwa desain yang dibuat memenuhi harapan pengguna dengan sebaik mungkin, penulis menggunakan metode prototyping yang komprehensif selama proses membuat prototipe alat. Metode ini dimulai dengan pembuatan rangkaian perangkat keras (*hardware*) dengan hati-hati sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya. Proses ini mencakup perakitan komponen perangkat keras secara akurat untuk memastikan bahwa semua komponen bekerja sesuai dengan desain yang diinginkan. Untuk meng-*upload* program yang dibutuhkan, rangkaian perangkat keras harus diselesaikan dan NodeMCU ESP8266 harus dihubungkan ke laptop menggunakan kabel microUSB. Pada titik ini, sangat penting untuk memastikan bahwa koneksi WiFi atau *tethering* dengan smartphone berfungsi dengan baik, memastikan bahwa SSID dan kata sandi telah diatur dengan benar. Agar komunikasi data antara perangkat dan *server* berjalan lancar, diperlukan konektivitas yang stabil.

Setelah kode di-*upload* ke NodeMCU ESP8266, langkah berikutnya adalah menguji kinerja sensor dan modul lainnya. Untuk memastikan bahwa setiap komponen beroperasi sesuai dengan spesifikasi dan memberikan hasil yang optimal, test kinerja dilakukan. Sebelum penggunaan perangkat yang lebih luas, pengujian ini sangat penting untuk menemukan dan memperbaiki masalah yang mungkin terjadi. Selain itu, penulis melakukan pengecekan pada web *server* untuk memastikan bahwa data yang dikirim dari sensor dapat diterima dan diproses dengan benar. Pengecekan ini melibatkan verifikasi bahwa proses pengiriman data dari sensor berjalan lancar dan bahwa informasi yang diperlukan tersedia di *server*.

Setelah kode di-*upload* ke NodeMCU ESP8266, langkah berikutnya adalah menguji kinerja sensor dan modul lainnya. Untuk memastikan bahwa setiap komponen beroperasi sesuai dengan spesifikasi dan memberikan hasil yang optimal, test kinerja dilakukan. Sebelum penggunaan perangkat yang lebih luas, pengujian ini sangat penting untuk menemukan dan memperbaiki masalah yang mungkin terjadi. Selain itu, penulis melakukan pengecekan pada web *server* untuk memastikan bahwa data yang dikirim dari sensor dapat diterima dan diproses dengan benar. Pengecekan ini melibatkan verifikasi bahwa proses pengiriman data dari sensor berjalan lancar dan bahwa informasi yang diperlukan tersedia di *server*.

3.2 Deployment Diagram

Untuk menggambarkan implementasi komponen perangkat lunak pada infrastruktur fisik seperti *server*, gunakan *deployment diagram*. *Diagram* ini menunjukkan hubungan antar node dan komponen serta interaksi yang terjadi di seluruh jaringan. Ini membantu dalam desain sistem dan rencana sumber daya yang dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Deployment Diagram

3.3 Hasil Pengujian

Fase pengujian prototipe pemantauan dan kontrol listrik berbasis web di PT.Doctop Global Tekno mencakup beberapa aspek sebagai berikut:

3.3.1 Pengujian Kontrol Relay

Tahap ini akan memperlihatkan hasil pengujian terhadap kontrol *relay* sebagai pemutus aliran listrik yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Kontrol Relay

Pengujian	Kondisi	Delay	Keterangan
1	ON	3 detik	Relay aktif
2	OFF	4 detik	Relay non-aktif
3	ON	5 detik	Relay aktif
4	OFF	3 detik	Relay non-aktif

Pada tabel 3 dapat terlihat bahwa kontrol *relay* melalui *website* menunjukkan keterlambatan antara 3-5 detik, yang dapat diterima untuk sebagian besar aplikasi di lingkungan servis laptop PT Doctop Global Tekno.

3.3.2 Pengujian Sensor PZEM-004T dan Tampilan LCD I2C

Tahap ini akan memberikan hasil pengujian yang bisa dilihat pada Tabel 5 untuk pengukuran sensor PZEM-004T dan menampilkan parameter pembacaan ke LCD I2C 16x2.

Tabel 5. Pengujian sensor PZEM-004T dan Tampilan LCD I2C 16x2

Tahap Pengujian	PZEM-004T	LCD I2C 16x2	Keterangan
1	Voltase : 224 V Arus : 0.580 A Daya : 129.9 W	Dapat menampilkan parameter listrik	Berhasil menampilkan ke LCD I2C 16x2, dan membaca parameter
2	Voltase : 226 V Arus : 0.578 A Daya : 130.0 W	Dapat menampilkan parameter listrik	Berhasil menampilkan ke LCD I2C 16x2, dan membaca parameter
3	Voltase : 225 V Arus : 0.227A Daya : 135 W	Dapat menampilkan parameter listrik	Berhasil menampilkan ke LCD I2C 16x2, dan membaca parameter
4	Voltase : 223 V Arus : 0.585 A Daya : 130.4 W	Dapat menampilkan parameter listrik	Berhasil menampilkan ke LCD I2C 16x2, dan membaca parameter

Tahap Pengujian	PZEM-004T	LCD I2C 16x2	Keterangan
5	Voltase : 227 v Arus : 0.573 A Daya : 130.0 W	Dapat menampilkan parameter listrik	Berhasil menampilkan ke LCD I2C 16x2, dan membaca parameter

Pada Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-004T berhasil mengukur tegangan, arus, dan daya peralatan servis di PT Doctop Global Tekno dengan akurasi tinggi, menampilkan data secara tepat pada layar LCD.

3.3.3 Pengujian Otomasi Relay Jika Daya Berlebih

Tahap ini akan menguji *relay* diman jika sensor PZEM-004T membaca parameter daya yang telah di tentukan maka *relay* akan memutus secara otomatis yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Sensor PZEM-004T dan Tampilan LCD I2C

Tahap Pengujian	PZEM-004T	Status Relay	Keterangan
1	Voltase : 220 V Arus : 0.582 A Daya : 127 W	Mati	Relay Mati, Listrik Menyala
2	Voltase : 225 V Arus : 4.553 A Daya : 1023 W	Mati	Relay Mati, Listrik Menyala
3	Voltase : 223 V Arus : 6.022 A Daya : 1342 W	Mati	Relay Mati, Listrik Menyala
4	Voltase : 222 V Arus : 6.762 A Daya : 1501 W	Menyala	Relay Menyala, Listrik Mati
5	Voltase : 224 v Arus : 6.833 A Daya : 1530 W	Menyala	Relay Menyala, Listrik Mati

Pada Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-004T berhasil mengukur tegangan berlebih lalu memutus arus listrik menggunakan *relay* dengan batas tegangan yang telah di tentukan sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada pengembangan sistem di PT Doctop Global Tekno yang menggunakan ESP8266 dan PZEM-004T untuk memonitor dan mengontrol listrik, dapat disimpulkan bahwa sistem telah mencapai tujuan yang diharapkan. Salah satu kontribusi penting dari penelitian ini adalah penerapan sistem pemantauan listrik berbasis *Internet of things (IoT)* yang dapat diakses secara *real-time* melalui *platform web*. Sistem ini dimaksudkan untuk mengatasi masalah efisiensi energi di lingkungan operasi laptop. Sistem ini meningkatkan efisiensi energi dan memungkinkan kontrol jarak jauh yang lebih baik, menjadikannya solusi yang bagus untuk industri yang membutuhkan pengawasan energi yang ketat. Pengembangan lebih lanjut akan memungkinkan sistem ini diterapkan pada skala yang lebih luas, memberikan manfaat yang lebih besar dalam hal penghematan energi dan pengoptimalan penggunaan sumber daya listrik.

Untuk meningkatkan sistem ini di masa mendatang, fitur notifikasi otomatis dapat ditambahkan ke aplikasi mobile. Fitur ini akan memberikan peringatan kepada pengguna secara *real-time* ketika terjadi anomali dalam penggunaan listrik. Selain itu, penggunaan teknologi pembelajaran mesin dapat digunakan untuk mengevaluasi pola penggunaan listrik dan memberikan saran tambahan untuk menghemat energi. Salah satu langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan efisiensi energi dan mendukung keberlanjutan lingkungan adalah mengadopsi teknologi energi hijau, seperti panel surya, yang dapat diintegrasikan dengan sistem ini. Terakhir, manfaat sistem dapat diperluas jika *platform* ini dikembangkan untuk berfungsi di berbagai lokasi atau diterapkan pada industri lain di luar servis laptop.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hermawan, “Pemanfaatan Teknologi Internet of things pada Alarm Sepeda Motor Menggunakan NodeMcu LoLiN V3 dan Media Telegram,” *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 5, no. 2, pp. 58-67, 2020.
- [2] Zakaria, B. (2023). Pengendali Alat Listrik Jarak Jauh Guna Memonitor Energi Listrik Berbasis IoT Pada Cluster Smart Home. ” *Jurnal Ikraith-Teknologi*, 7(1), 38-45.
- [3] S. Nor, “Penerapan Internet of things (IoT) Sebagai Pengendali Peralatan Listrik dan Pemantau Daya Listrik Berbasis Web,” *Jurnal EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, vol. 2, no. 2, pp. 22-28, 2019.
- [4] R. Rizky, Z. Hakim, A. M. Yunita, dan N. N. Wardah, “Implementasi Teknologi IoT (Internet of things) pada Rumah Pintar Berbasis Mikrokontroler ESP 8266,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, vol. 4, no. 2, pp. 278-281, 2020.
- [5] Windarto, A. Julian, dan I. N. Abdullah, “Purwarupa Alat Pendekteksi Dini Gejala Kebakaran dan Pengendali Listrik Menggunakan Mikrokontroler Berbasis ATmega 328P, Sensor DHT11, Sensor MQ2, dan Relay Board,” *Jurnal Ticom*, vol. 4, no. 3, pp. 109-113, 2016.
- [6] A. Alfian, P. Murdiyati, dan L. H. Gunanto, “Rancang Bangun Sensor Node untuk Sistem Monitoring Energi Listrik Nirkabel pada Gedung dalam Kampus Politeknik Negeri Samarinda,” *PoliGrid*, vol. 2, no. 1, pp. 1-6, 2021.
- [7] B. A. N. Maslyawan, S. Murtono, dan A. Ari, “Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik pada Kamar Kost serta Estimasi Biaya Keluaran Berbasis IoT (Internet of things),” *Jurnal Elkolind*, vol. 8, no. 4, pp. 76-83, 2021.
- [8] I. Surya, S. Syafaruddin, dan M. Tajuddin, “Sistem Monitoring Beban Listrik dan Perbaikan Faktor Daya Menggunakan PZEM004T dan Dashboard Adafruit Berbasis IoT,” *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 3, no. 3, pp. 133-142, 2023.
- [9] P. A. Sukarno, S. Prasetyo, dan A. N. Wardhana, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik pada Smart Classroom,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 35-42, 2021.
- [10] S. Hadi, P. Dewi, R. P. M. D. Labib, dan P. D. Widayaka, “Sistem Rumah Pintar Menggunakan Google Assistant dan Blynk Berbasis Internet of things,” *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 21, no. 3, pp. 667-676, 2022.
- [11] R. Putra, R. A. Primadini, dan M. Subchan, “Sistem Pemantauan Penggunaan Daya Listrik Menggunakan NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of things,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 321-328, 2021.
- [12] M. F. Wicaksono, M. I. Habibi, dan F. H. Rohmah, “Implementasi Internet of things dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Daya Listrik Rumah Pintar Berbasis Web,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 134-143, 2020.
- [13] A. Junaidi dan A. A. Prabowo, “Sistem Monitoring dan Kontrol Penggunaan Energi Listrik pada Bangunan Berbasis Internet of things,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 55-62, 2021.