

Rancang Bangun Sistem Monitoring Kontrol Tegangan dan Arus Listrik Pada X-Ray Berbasis Web Server Dengan Menggunakan Mikrokontroler di Bandara Soekarno Hatta

Rusman^{1*}, Bayu Purbo Wartoyo², dan Muhammad Rizki Faatin³
Politeknik Penerbangan Makassar
Corresponding Author: Rusman, rusmanatkpmks@gmail.com.

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Sistem Monitoring, Web Server, Real-Time Monitoring, X-Ray, Tegangan dan Arus Listrik.

ABSTRAK

Sistem monitoring kontrol tegangan dan arus listrik pada perangkat X-ray berbasis web server menggunakan mikrokontroler dikembangkan untuk memastikan bahwa perangkat X-ray beroperasi dalam kondisi optimal serta mencegah kerusakan yang disebabkan oleh fluktuasi tegangan dan arus listrik. Dengan memanfaatkan teknologi berbasis web, informasi mengenai kinerja X-ray dapat diakses secara langsung oleh teknisi tanpa kehadiran fisik di lokasi. Ini memungkinkan respons yang cepat terhadap perubahan kondisi atau masalah pada X-ray, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat untuk menjaga keselamatan operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memantau tegangan dan arus listrik dengan akurasi yang tinggi dan memberikan peringatan dini jika terjadi anomali. Implementasi sistem ini meningkatkan efisiensi waktu dalam pemantauan dan penanganan masalah, karena akses data dan kendali dari jarak jauh melalui web server.

PENDAHULUAN

Pada bulan Desember tahun 2023 di Bandara Soekarno-Hatta terjadi kerusakan pada X-ray berupa overcurrent dikarenakan tidak ada monitoring untuk X-ray di kargo Bandara Soekarno-Hatta. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan keamanan dan keandalan dalam sistem penerbangan, pengembangan sistem pemantauan X-ray berbasis web menggunakan mikrokontroler menjadi sebuah solusi penting, karena memberikan kemampuan untuk memantau parameter kritis secara real-time, seperti tegangan, dan arus listrik, dengan akurasi tinggi serta memungkinkan akses data jarak jauh melalui teknologi web, yang akan meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional di bandara.

Implementasi sistem ini juga akan membantu mengatasi tantangan dalam pemantauan manual yang rentan terhadap kekurangan informasi dan waktu yang diperlukan, dengan menyediakan solusi yang efisien dan otomatis untuk pengumpulan data kinerja X-ray. Dengan demikian, penggunaan teknologi mikrokontroler sebagai bagian integral dari sistem monitoring ini memperkuat infrastruktur keamanan bandara, dan memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan penerbangan yang ditetapkan oleh otoritas penerbangan sipil internasional seperti ICAO (International Civil Aviation Organization).

Selain itu, dengan memanfaatkan teknologi berbasis web, informasi mengenai kinerja X-ray dapat diakses secara langsung oleh teknisi, tanpa memerlukan kehadiran fisik di tempat. Hal ini memungkinkan respons yang cepat terhadap perubahan kondisi atau masalah yang mungkin terjadi pada X-ray, serta memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu untuk menjaga keselamatan operasional, merupakan langkah penting dalam meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan keamanan sistem pemeriksaan keamanan di Bandara Soekarno-Hatta.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Monitoring dan Kontrol

Konsep monitoring dan kontrol merujuk pada proses pengamatan dan pengendalian terhadap suatu sistem atau proses. Monitoring didefinisikan sebagai siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, pengajuan ulang, pelaporan dan tindak atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan (Mercy, 2005).

Monitoring melibatkan pemantauan terus-menerus terhadap parameter parameter yang relevan dari suatu sistem. Pemantauan dilakukan dengan menggunakan sensor-sensor atau perangkat lain yang dapat mendeteksi perubahan dalam sistem. Kontrol melibatkan penggunaan informasi dari monitoring untuk mengatur atau mempengaruhi perilaku sistem. Monitoring dan kontrol sering kali saling terkait dan berjalan secara bersamaan dalam suatu sistem. Pada umumnya, proses monitoring dan kontrol bersifat iteratif, di mana informasi yang diperoleh dari monitoring digunakan untuk mengatur tindakan kontrol, yang kemudian menghasilkan data baru untuk dimonitor.

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip berupa IC (Integrated Circuit) dan dirancang untuk melakukan tugas atau

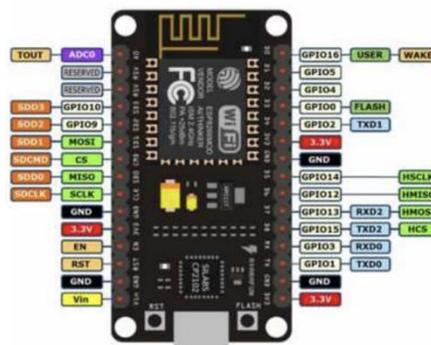
operasi tertentu seperti menerima sinyal input, mengolahnya, kemudian memberikan sinyal output sesuai dengan program yang telah diprogram ke mikrokontroler tersebut. Pada umumnya, sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat melakukan suatu tindakan.

Mikrokontroler adalah sebuah system microprocessor dimana didalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, Clock dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi (teralamati) dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai. Sehingga kita tinggal memprogram isi ROM sesuai aturan penggunaan oleh pabrik yang membuatnya menurut Winoto (2008:3).

NodeMCU ESP 8266

NodeMCU merupakan papan pengembangan produk Internet of Things (IoT) yang berbasiskan Firmware eLua dan y (SoC) ESP8266-12E. ESP8266 sendiri merupakan chip WiFi dengan protocol stack TCP/IP yang lengkap. NodeMCU dapat dianalogikan sebagai board arduino-nya ESP8266. Program ESP8266 sedikit sulit karena diperlukan beberapa teknik wiring serta tambahan modul USB to serial untuk mengunduh program. Namun NodeMCU telah me-package ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler kapabilitas akses terhadap Wifi juga chip komunikasi USB to serial. Sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data USB persis yang digunakan charging smarphone. Alasan penulis memilih NodeMCU ESP8266 ialah karena mikrokontroler ini lebih stabil dibandingkan NodeMCU ESP 32, memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan Internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi WiFi. Spesifikasi dari NodeMCU sebagai berikut

1. 10 Port Pin GPIO
2. Fungsionalitas PWM
3. Interface 12C dan SPI
4. Interface I Wire



Gambar 1. Kaki Pin Pada Node MCU ESP8266

Sensor PZEM -004T

Sensor PZEM-004T merupakan modul sensor yang multifungsi contohnya digunakan untuk pengukuran daya aktif, tegangan AC, frekuensi, energi aktif, dan arus yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Penggunaan sensor ini khusus untuk penggunaan di dalam ruangan, selain itu beban yang terpasang tidak boleh melebihi daya yang sudah ditetapkan. Sensor PZEM 004T data dibaca melalui interface TTL dari modul ini adalah interface pasif, membutuhkan catu daya eksternal 5v artinya jika berkomunikasi keempat port (5V, RX, TX, GND) harus terhubung. Sensor PZEM004T mempunyai dimensi fisik dari papan sensor PZEM-004T $3,1 \times 7,4$ cm selain itu sensor PZEM-004T dibundel dengan sebuah kumparan trafo arus diameter 3 mm digunakan untuk mengukur arus maksimal rentang pengukuran 100A untuk External Transformator, dan rentang pengukuran 10A untuk Built-in Shunt. Karakteristik PZEM-004T yaitu :

1. Power button clear / reset energy.
2. Power down data storage function (cumulative power down before saving).
3. Pengukuran daya 0 ~ 9999 kW.
4. Pengukuran tegangan 80 ~ 260 VAC.
5. Pengukuran arus 0 ~ 100 A



Gambar 2. Sensor Tegangan dan Arus PZEM -004T

Web Server dan Aplikasi Web

Web server adalah perangkat lunak atau perangkat keras yang menyediakan layanan hosting untuk situs web dan aplikasi web. Ini bertanggung jawab untuk menerima permintaan HTTP dari klien (seperti browser web) dan mengirimkan konten yang diminta kembali kepada klien melalui internet. Web server juga dapat mengelola basis data, menjalankan skrip, dan melakukan berbagai fungsi lainnya tergantung pada konfigurasi dan kebutuhan spesifik.

Aplikasi web, adalah program perangkat lunak yang diakses melalui web browser dan beroperasi di atas platform web server. Aplikasi web ini dapat menyediakan berbagai fungsi, mulai dari aplikasi bisnis yang rumit hingga aplikasi sederhana seperti email atau media sosial. Mereka biasanya dibangun dengan menggunakan berbagai teknologi web seperti HTML, CSS, dan JavaScript untuk tampilan dan interaksi pengguna, serta bahasa pemrograman

seperti PHP, Python, atau Java untuk logika bisnis dan komunikasi dengan basis data.

Secara umum, aplikasi web di-hosting pada sebuah web server dan dapat diakses melalui alamat URL. Ketika pengguna mengakses aplikasi web tersebut melalui browser mereka, permintaan dikirimkan ke web server, yang kemudian memproses permintaan tersebut dan mengirimkan kembali hasilnya kepada pengguna. Inilah yang membuat aplikasi web menjadi sangat mudah diakses dan digunakan oleh pengguna dari berbagai perangkat dan lokasi yang berbeda.

UPS (*Uninterruptible Power System*)

UPS merupakan kepanjangan atau singkatan dari Uninterruptible Power System atau sering juga disebut dengan Uninterruptible Power Supply. Uninterruptible Power Supply (UPS) adalah perangkat elektronik yang mampu menyediakan cadangan listrik sementara ketika arus listrik utama terputus. UPS ini juga merupakan perangkat elektronik yang dapat melindungi segala jenis peralatan elektronik yang rentan terhadap ketidakstabilan arus atau tegangan (Agung, 2020). Untuk dapat menjalankan fungsinya UPS menggunakan sumber energi yang berasal dari baterai kemudian diubah ke tegangan AC dengan memanfaatkan atau menggunakan rangkaian inverter, karena terbatasnya kapasitas pada baterai maka UPS tidak dapat menggantikan listrik dari PLN maupun CTG secara penuh. Secara umum UPS mempunyai tiga komponen utama diantaranya adalah rectifier (penyearah), baterai dan inverter. Prinsip kerja UPS secara umum terdiri atas dua mode, mode yang pertama yaitu mode normal dan yang kedua mode back up (Afif, 2015)

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian Design & Development (D&D). Metode ini merupakan suatu pendekatan sistematis yang digunakan untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi produk atau sistem baru, khususnya dalam bidang pendidikan. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk menghasilkan produk atau sistem yang efektif dan efisien dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

Tahapan dalam Metode Design & Development (D&D) meliputi yaitu :

1. Analisa Kebutuhan : Permasalahan yang ditemukan yaitu terdapat kerusakan pada x-ray berupa overcurrent dikarenakan tidak ada sistem monitoring pada Bandara Soekarno-Hatta. Sehingga pada analisa ini dibutuhkan memastikan bahwa perangkat X-ray beroperasi dalam kondisi optimal serta mencegah kerusakan yang disebabkan oleh fluktuasi tegangan dan arus Listrik.
2. Perancangan : Merancang sistem monitoring dengan memadukan *hardware* dan *software* yang digunakan pada penelitian ini.
3. Pengembangan : Proses desain dari website yang akan di tampilkan pada halaman website dan upload skrip data yang ditulis pada mikrokontroller dan website.
4. Implementasi : Mensimulasikan Sistem Monitoring Kontrol Tegangan dan Arus Listrik Pada X-Ray Berbasis Web Server.

5. Evaluasi : Melakukan evaluasi dan perbaikan dari hasil implementasi Sistem Monitoring Kontrol Tegangan dan Arus Listrik Pada X-Ray Berbasis Web Server.

Komponen Instrumen/Alat

A. Perangkat Keras

1. NodeMCU ESP 8266
2. Modul Relay
3. Sensor PZEM-004T
4. Kabel Tembaga

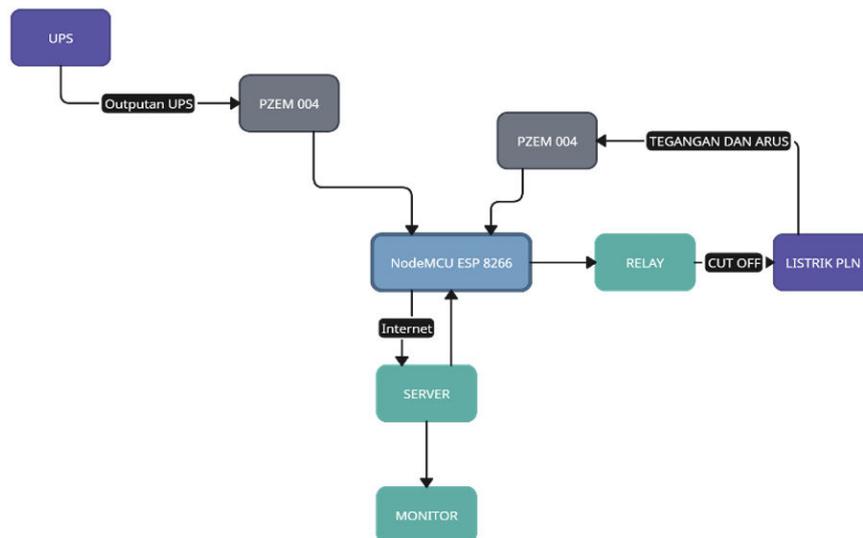
B. Perangkat Lunak

1. XAMPP
2. Sublime
3. Bootstrap
4. Arduino IDE

Cara Kerja Instrumen/Alat

Dalam operasi X-ray di Bandara Soekarno-Hatta, monitoring dan kontrol tegangan dan arus memiliki peran penting dalam menjaga kinerja perangkat X-ray. Konsistensi daya listrik yang tepat diperlukan agar perangkat X-ray dapat beroperasi secara efisien dan akurat, sehingga memastikan keamanan x-ray, sistem monitoring dan kontrol yang efektif sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa tegangan dan arus listrik tetap berada dalam batas yang aman dan optimal selama operasi di Bandara Soekarno-Hatta.

Sensor tegangan dan arus akan dipasang pada sirkuit listrik yang mengalir ke perangkat X-ray. Sensor ini akan secara terus-menerus memantau nilai tegangan dan arus yang diterapkan pada perangkat. Ketika sensor membaca bahwa tegangan dan arus listrik berada di luar batas parameter yang di tentukan maka NodeMCU ESP 8266 akan mengirimkan sinyal kepada relay untuk cut off tegangan dari PLN. Supplay tegangan pada x-ray di supplay oleh UPS. UPS akan di monitoring outputnya oleh sensor PZEM-004T. Jika tegangan dan arus listrik PLN Kembali normal maka NodeMCU ESP 8266 akan mengirimkan sinyanya untuk close circuit dan x-ray Kembali menggunakan supplay dari PLN.



Gambar 3. Blokdiagram Cara Kerja

Teknik Pengujian

Pengujian end-to-end adalah untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sebagaimana mestinya dan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan (Palmér, T, H, dkk, 2015: 1). Uji keandalan alat sangat penting untuk menjamin akurasi dan konsistensi hasil pengukuran. Setiap alat ukur harus diuji secara teratur untuk memastikan bahwa alat tersebut masih dapat memberikan hasil yang akurat, konsisten, dan benar.

Teknik pengujian yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan 2 Power supply sebagai pengganti tegangan dan arus 29 dari PLN dan UPS pada rancangan. Dilakukan pengujian terhadap pengoprasian kontrol pada X-ray. Web yang akan dirancang melalui Xampp, Sublime text, dan Bootstrap akan menampilkan monitoring tegangan dan arus listrik yang masuk pada X-ray. Keberhasilan perancangan ini ditentukan oleh konektivitasnya web dengan mikrokontroler yang telah dirancang. Pada tahapan selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap website dengan melakukan pengujian terhadap database dan tampilan pada website, apakah rancangan pada website mampu bekerja sesuai dengan keinginan peneliti.

Teknik Analisis Data

Setelah melakukan pengujian dan mendapatkan hasil, Kemudian dilakukan analisa data dengan cara membandingkan nilai input dan nilai output rancangan peralatan pada saat overvoltage dan normal. Data yang di gunakan oleh peneliti hasil analisa tegangan input ke peralatan X-ray dari tegangan input dari PLN dan UPS. Hasil analisa dari peralatan mengatasi fluktuasi tegangan dan arus pada peralatan X-ray.

HASIL PENELITIAN

Hasil Sistem Monitoring Kontrol Tegangan dan Arus Listrik Pada X-Ray Berbasis Web Server

Halaman utama adalah halaman yang muncul setelah admin melakukan login. Pada halaman ini terdapat tampilan yaitu judul halaman website, pembuat website, course pembuat website, data inputan PLN, data status PLN, data outputan UPS, data status UPS. Gambar antarmuka halaman utama admin dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Halaman Utama Website

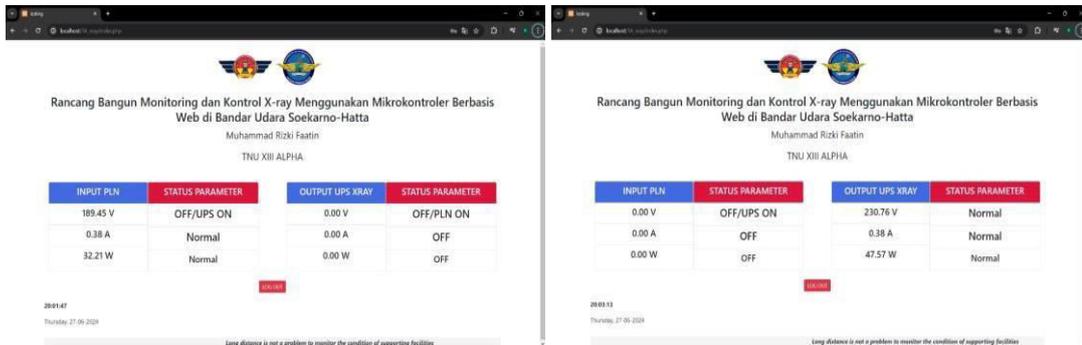
Setelah pengujian komponen dan kalibrasi sudah dilakukan dan dipastikan komponen bekerja dengan baik, pengujian selanjutnya adalah pengujian sistem sesuai dengan penelitian ini dimana X-Ray tidak diperbolehkan dalam keadaan *under voltage* atau *over current*. Jika terjadi *under voltage* maka perlu dilakukan *switching* sumber. Sedangkan jika terjadi *over current* akan ada indikaor yang tampil pada website. Ketentuan *trigger switching under voltage* adalah sebagai berikut. Sedangkan dikatakan *over current* jika arus X-Ray melebihi dari 10 ampere.

Tabel 1. Switching Tegangan PLN dan UPS

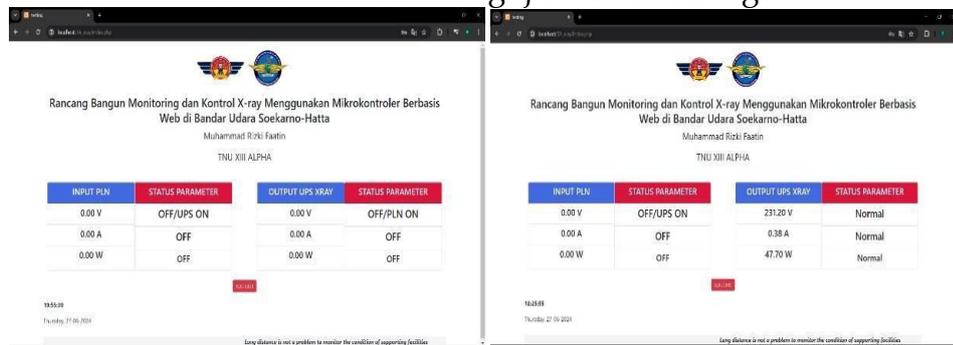
SUMBER	PZEM PLN (V)	HASIL YANG DIHARAPKAN PADA RELAY	HASIL
PLN	$\geq 198V$	OFF	Berhasil
UPS	$< 198 V$	ON	Berhasil
PLN	$\leq 242V$	OFF	Berhasil
UPS	$> 242V$	ON	Berhasil
PLN	$= 0V$	OFF	Berhasil
UPS	$= 0V$	ON	Berhasil

Ketentuan diatas menjadi pedoman untuk relay bekerja sehingga dilakukan input pada coding pemograman ESP8266. Pengujian menggunakan dua *power supply* sebagai pengganti sumber Listrik dari PLN dan UPS dimana untuk memberikan trigger seolah-olah tegangan berada dibawah ambang batas adalah dengan cara memutuskan sumber *power supply* yang sebagai pengganti

sumber PLN. Pada saat hal tersebut dilakukan maka relay akan bekerja dan beban X-Ray disupply oleh *power supply* sebagai pengganti UPS. Berikut merupakan hasil pengujiannya.



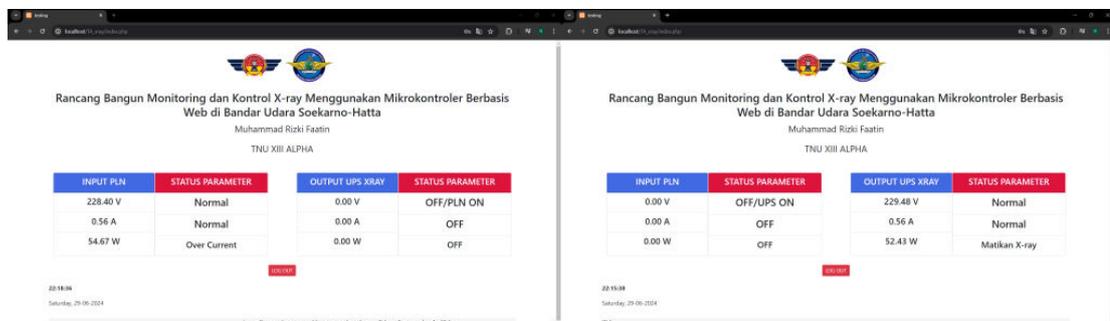
Gambar 4. Hasil Pengujian Over Voltage



Gambar 5. Hasil Pengujian Ketentuan Sumber Daya PLN Mati

Tabel 2. Ketentuan Switching Daya Pada PLN dan UPS

PZEM PLN (W)	Power Supply		Relay	HASIL
	PLN	UPS		
$\geq 50W$	OFF	ON	ON	Berhasil
$\leq 50W$	ON	OFF	OFF	Berhasil



Gambar 6. Pengujian Ketentuan Switching PLN dan UPS

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu sistem proteksi pada x-ray yang berbasis Web pada Bandara Suekarno-Hatta, dengan tujuan mencegah

terjadinya over current dan merusak komponen-komponen x-ray di bandara Suekarno-Hatta. Sistem ini dirancang menggunakan beberapa komponen elektronik, yaitu NodeMCU ESP8266, Modul Relay, dan, PZEM-004t.

NodeMCU ESP8266 berperan sebagai otak dari sistem ini, yang dimana dapat mengendalikan atau mengatur seluruh operasi berdasarkan data yang telah dibaca oleh sensor PZEM-004, memberi perintah kepada relay untuk bekerja. Sensor tersebut dipasang untuk membaca tegangan dan arus listrik yang masuk ke x-ray. Pembacaan sensor akan dikirim secara berulang ke NodeMCU ESP8266, yang kemudian diproses untuk menentukan apakah sensor tersebut nilai arus ataupun tegangan yang melebihi parameter yang ditentukan. Jika mendeteksi nilai yang tidak sesuai dengan batas parameter yang ditentukan, maka pembacaan dari sensor tersebut akan diproses oleh NodeMCU dan mengirimkan data pembacaan tersebut pada Website sehingga pembacaan pada parameter atau nilai sensor akan berubah. Jika nilai tidak melebihi parameter yang ditentukan maka sumber power di supply dari PLN maka akan terbaca "PLN ON, UPS OFF" , jika nilai melebihi parameter yang telah ditentukan maka akan terbaca "UPS ON, PLN OFF".

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dimulai dari pengujian komponen, pengujian sistem, dan pengujian website, didapatkan hasil penelitian ini sebagai berikut.

a. Pengujian Komponen

Komponen dapat bekerja dengan baik yaitu PZEM, Relay dan ESP8266 sebagai mikrokontroler. PZEM dapat membaca data elektrik dan memiliki persentase error pembacaan tegangan sebesar $\pm 5\%$ dan arus $\pm 5\%$ jika dibandingkan dengan alat ukur sebenarnya multimeter. Relay dapat bekerja dengan baik tanpa ada delay sebagai switching supply X-Ray dari PLN atau UPS.

b. Pengujian Sistem

Sistem dikatakan dapat bekerja sesuai dengan dilihat dari relaynya bekerja atau tidak sesuai dengan ketentuan yang telah dibuat. Hasil pengujiannya sistem dapat bekerja dengan baik . Relay bekerja saat hasil pembacaan tegangan PZEM PLN dibawah ambang batas sehingga X-Ray mendapatkan supply dari UPS, dan Kembali tidak bekerja saat tegangan Kembali diatas ambang batas (supply dari PLN). Selain itu saat terjadi over current terdapat indikator yang tampil pada website.

c. Pengujian Website

Website digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan elektrik PZEM yang dikirim oleh mikrokontroler serta kesimpulan setiap parameter dan disimpan pada database MySQL. Hasil pengujiannya data berhasil terkirim, tersimpan pada database dan ditampilkan pada halaman website.

d. Implementasi Alat

Pemasangan dua sensor PZEM-004T dilakukan pada sistem UPS, di mana satu sensor dipasang pada jalur bypass UPS dan satu lagi pada jalur baterai. Implementasi kedua sensor ini pada kedua jalur tersebut memungkinkan sistem monitoring untuk mengukur tegangan dan arus

pada input PLN dan output UPS secara simultan. Hasil pengukuran ini akan ditampilkan secara real-time melalui antarmuka web server, memastikan pemantauan yang akurat dan efisien terhadap performa UPS.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Merancang sistem monitoring kontrol yang efisien untuk memantau tegangan, dan arus listrik pada X-ray agar terhindar dari risiko kerusakan pada X-ray, Rancangan alat pada penelitian ini dapat melindungi x-ray dari kerusakan yang diakibatkan oleh *over current* di Bandara Soekarno-Hatta. Implementasi alat sistem monitoring ini telah berhasil terintegrasi dengan web server, memungkinkan pemantauan secara real-time oleh para teknisi. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu dalam pemantauan secara *real time*, dan juga mempercepat respons teknisi dalam menanggapi potensi masalah yang timbul.

PENELITIAN LANJUTAN

Perlu ditambahkan buzzer sebagai indikator tambahan pada saat terjadi proses switching dan *over current* selain ditampilkan melalui website. Kemudian dapat diberikan fuse tambahan pada X-Ray sebelum mendapatkan supply PLN atau UPS sebagai tambahan proteksi untuk menghindari kerusakan akibat terjadi *over current*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua yang telah memberikan dukungan, baik secara materi maupun non-materi, dalam menyelesaikan penelitian ini. Tanpa bantuan dan kontribusi kalian, pencapaian ini tidak akan mungkin terwujud. Saya sangat menghargai setiap saran, masukan, dan dukungan finansial yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Muhammad. F. R., Kurniawan, E., & Yuwono, S. (2020). Perancangan UPS Berbasis Sumber Energi Listrik Terbarukan Dan Pln Termonitor Perangkat Iot. *E-Proceeding of Engineering*, 7(3), 8730.
- Afif, M. T., Ayu, I., & Pratiwi, P. (2015). Analisis Perbandingan Baterai Lithium Ion, LithiumPolymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik. *Review. Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), 95–99.
- Ardi Winoto, 2008, Mikrokontroler AVR Atmega8/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR, Bandung : Informatika
- Aprilia, I., Nugroho, P. I., & Ferdiana, R. (2015). Pengujian Usability Website Menggunakan System Usability Scale. *JURNAL IPTEKKOM : Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Informasi*, 17(1), 31. <https://doi.org/10.33164/iptekkom.17.1.2015.31-38>
- B. G. Melipurbowo, "Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus ACS712," *Orbith*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2016
- Dawood, R., Qiana, F.A., & Muchallil, S. 2014. "Kelayakan Raspberry Pi sebagai Web Server: Perbandingan Kinerja Nginx, Apache, dan Lighttpd pada PlatForm Raspberry Pi". *Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 11, No. 1*.

- Fitzgerald, A.E. (1984). Dasar-dasar Elektro Teknik. Jakarta: Erlangga. Rizzoni, Giorgio, 2005. Principles and Applications of Electrical Engineering edition, McGraw-Hill Companies, Inc., USA.
- Garcia, A. (2013). UX Research | Standardized Usability Questionnaire. [https://Chaione.Com/Blog/Ux-Research-Standardizing-Usability Questionnaires](https://Chaione.Com/Blog/Ux-Research-Standardizing-Usability-Questionnaires), 1-7. <https://chaione.com/blog/category/user-research/>
- Hendrawan, M. (2023) RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS WEB SERVER UNTUK MENGETAHUI PENGGUNAAN JUMLAH LISTRIK RUMAH TANGGA SECARA REALTIME. Available at: http://repository.um-palembang.ac.id/id/eprint/3285/1/212015045_BAB%20I_DAFTAR%20P_U_STAKA.pdf (Accessed: 28 February 2024).
- Istiyanto, J. E. (2014). Pengantar Elektronika dan Instrumen. In Pendekatan Project Arduino dan Android. Yogyakarta: Andi.
- Nurkamiden, M. R., Najoan, M. E. I., & Putro, M. D. (2017). Rancang bangun sistem pengendalian perangkat listrik berbasis web server menggunakan mini PC Raspberry Pi Studi kasus Gedung Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Jurnal Teknik Informatika/Jurnal Teknik Informatika, 11(1). <https://doi.org/10.35793/jti.11.1.2017.15980>
- Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). SISTEM MONITORING BEBAN LISTRIK BERBASIS ARDUINO NODEMCU ESP8266. 4
- Sauro, J. (2011). Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS). Measuring U. <https://measuringu.com/sus/>
- Sugiyono. (2013). METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF, DAN R&D. Alfabeta.
- Sutarsi Suhaeb, S.T., M. P., Yasser Abd Djawad, S.T., M.Sc., P. D., Dr. Hendra Jaya, S.Pd., M. T., Ridwansyah, S.T., M. T., Drs. Sabran, M. P., & Ahmad Risal, A. M. (2017). Mikrokontroller Dan Interface.
- Thomas Hamilton And Hamilton, T. (2024) Apa Itu Pengujian End-To-End? Contoh E2e, Guru99. Available At: <https://Www.Guru99.Com/Id/End-To-End-Testing.Html> (Accessed: 17 March 2024).
- Turang. 2015. "Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile". Jurnal. Sekolah Tinggi Teknologi Bontang. Teknik Informatika. Yogyakarta.
- Wiesesha, A., & Ridhoi, A. (2023). RANCANG BANGUN MONITORING LISTRIK PADA RUMAH BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32. TEKNIKA, 1(1), 105 - 113. Retrieved from <https://jurnal.untagsby.ac.id/index.php/teknika/article/view/8801>