



3-Phase Automatic Transfer Switch Panel Prototype as an IoT- Based Household Backup System

Prototipe Panel Sakelar Transfer Otomatis 3 Fase sebagai Sistem Cadangan Rumah Tangga Berbasis IoT

Achmad Novan Mei Rivandy¹⁾, Ir. Arief Wisaksono, MM., IPM²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: ariefwicaksono@umsida.ac.id

Abstract. *study aims to design and build a prototype of a 3-phase Automatic Transfer Switch (ATS) panel based on the Internet of Things (IoT) as a backup power system for households, which is increasingly in demand to ensure a stable energy supply, especially since the electricity supply from PLN still frequently experiences disruptions or outages, which can interfere with operations and damage electronic equipment. The ESP32 microcontroller serves as the control center for the ATS system, and the PZEM-004T voltage sensor is intergrates to monitor voltage and current conditions on each phase. Using relays and contactors, the power source is automatically transferred between PLN as the primary source and a generator as the backup source. The blynk IoT application is also installed on this system to display conditions remotely. This applied research was conducted using an applied approach through the stages of design, assembly, testing, and system performance analysis. The research results are expected to demonstrate that the ATS prototype is capable of switching power sources quickly, safely, and stably, thereby enhancing the reliability of residential electrical systems and providing users with efficient and sustainable IoT-based monitoring capabilities for future needs.*

Keywords - Automatic Transfer Switch, IoT, ESP32, Backup Power System, Three-Phase electrical syste

Abstrak. *Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat prtotype panel Automatic Transfer Swicth (ATS) 3 fasa berbasis Internet of Things (IoT) sebagai sistem cadangan daya listrik rumah tangga yang terus meningkat untuk ketersediaan sumber energi yang stabil, sementara pasokan Listrik PLN masih sering mengalami gangguan atau pemadaman, yang dapat mengganggu operasi dan merusak peralatan elektronik. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat control sistem ATS, dan sensor tegangan PZEM-004T terintegrasi untuk memantau kondisi tegangan dan arus pada setiap fasa. Dengan menggunakan relay dan kontaktor, sumber Listrik ditransfer secara otomatis antara PLN sebagai sumber utama dan genset sebagai sumber Cadangan. Aplikasi blynk IoT juga dipasang pada sistem ini untuk menampilkan kondisi secara jarak jauh. Penelitian terapan dilakukan menggunakan pendekatan terapan melalui tahapan perancangan, perakitan, pengujian dan analisis kinerja sistem. Hasil penelitian diharapkan menunjukan bahwa prototype ATS mampu melakukan perpindahan sumber daya secara cepat, aman, dan stabil sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem kelisrikan rumah tangga serta memberikan kemudahan pemantauan berbasis teknologi IoT bagi pengguna secara efisien dan berkelanjutan untuk kebutuhan masa.*

Kata Kunci - Automatic Transfer Swicth, IoT, ESP32, Sistem Cadangan Daya, Sistem Listrik Tiga Fasa

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah kebutuhan pokok untuk kehidupan manusia jaman sekarang, terutama dirumah tangga Hampir semua alat elektronik yang ada dirumah seperti lampu, pompa air, dan sistem keamanan yang bergantung pada listrik[1]. Sistem distribusi listrik harus stabil dan aman Namun, gangguan pemadaman terjadi tiba-tiba, tegangan turun, atau masalah jaringan yang sering terjadi bisa mengganggu kegiatan sehari-hari dan dapat merusak peralatan elektronik yang sensitif[2].

Untuk mengatasi masalah ini adalah dengan sistem cadangan otomatis untuk mengganti sumber listrik utama Alat yang disebut *Automatic Transfer Switch* (ATS) dapat beralih secara langsung dari sumber PLN utama ke Cadangan genset tanpa operasi manual ATS dapat meningkatkan keandalan listrik dan mengurangi waktu listrik padam[3].

Teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang untuk memperbaiki ATS fitur pantau dan kendali lansung via internet Dengan mikrokontroler nirkabel, ATS tidak hanya otomatis, tapi juga bisa kirim info kondisi listrik ke pengguna dari jarak yang cukup jauh[4]. Sistem ini memudahkan pengawasan dan membuat operasi cadangan lebih efisien[5].

Penelitian sebelumnya sudah membuat ATS berbasis mikrokontroler untuk industri atau rumah tangga, tapi masih terbatas pada pantau lokal dan belum maksimal menggunakan IoT untuk sistem tiga fasa[6]. Sistem tiga fasa umum dirumah tangga degan kebutuhan listrik tinggi, sehingga membutuhkan sistem alih daya yang lebih handal[7].

Penelitian ini dirancang untuk membuat prototype panel ATS tiga fasa berbasis IoT untuk cadangan listrik rumah tangga[8]. Sistem ini untuk mendeteksi kondisi listrik sumber utama otomatis, alih sumber cepat dan aman, dan mempunyai fitur sistem pantau online[9]. Dengan prototype ini, diharapkan pasokan listrik rumah tangga lebih andal dan pengelolaan cadangan lebih praktis[10]

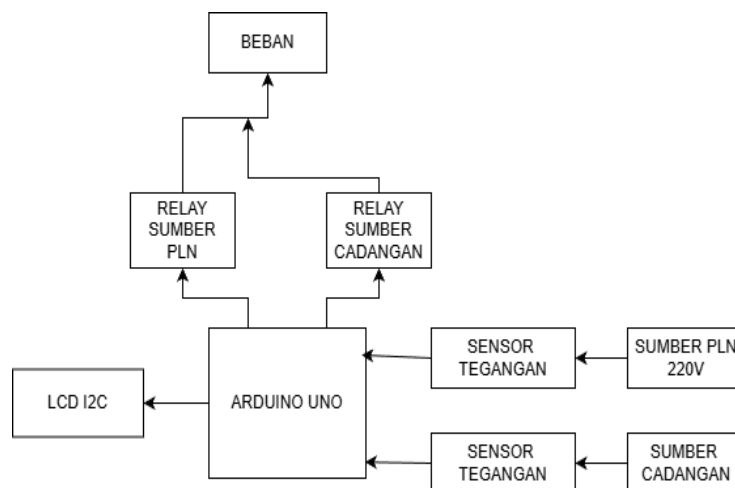
II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan dengan pendekatan eksperimen yang bertujuan untuk merancang serta menguji kinerja prototype panel *Automatic Transfer Swicth* (ATS) tiga fasa berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai system cadangan rumah tangga. Penelitian terapan dipilih karena berfokus pada penerapan konsep dan teori sistem kendali kelistrikan ke dalam bentuk perangkat nyata yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh pengguna. Pendekatan eksperimen ini dilakukan melalui tahapan perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, pengujian, dan analisis kinerja sistem.

2.1. Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dilakukan dengan menyusun konsep kerja ATS tiga fasa yang mampu mengalihkan sumber daya listrik secara langsung antara sumber PLN utama dan cadangan genset. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler sebagai pusat pengendali yang bertugas membaca kondisi tegangan dan arus dari masing-masing fasa, kemudian menentukan logika perpindahan sumber daya berdasarkan parameter tegangan yang telah di tentukan. sistem ini dirancang agar mampu menampilkan informasi kondisi sumber listrik secara lokal maupun melalui jaringan internet.

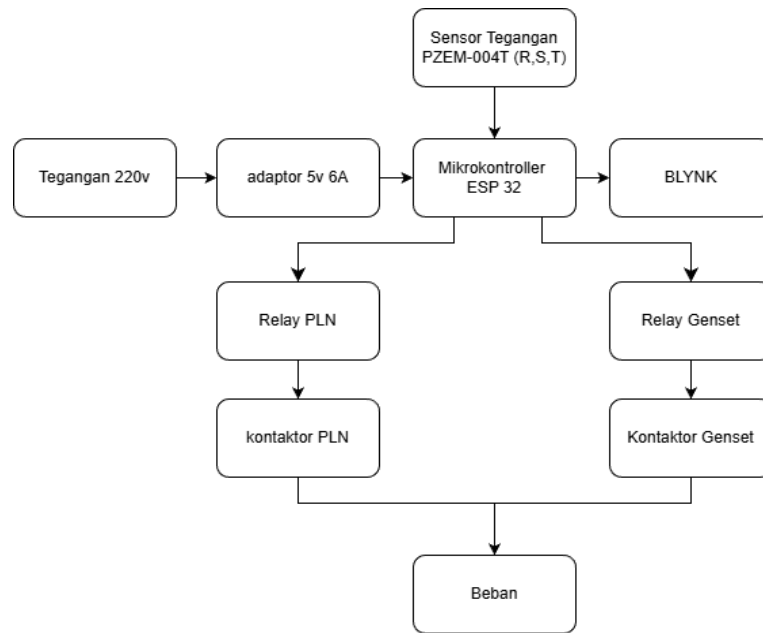
2.1.1. Blok Diagram



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Terdahulu

Pada gambar diatas menunjukkan rancangan blok diagram sistem terdahulu, *Automatic Transfer Switch* (ATS) berbasis arduino sistem yang dirancang untuk mengalihkan sumber daya listrik yang stabil untuk beban. Tegangan dari kedua sumber dideteksi oleh sensor tegangan 1 untuk PLN dan sensor tegangan 2 untuk sumber cadangan, dengan hasil yang dideteksi dikirimkan ke arduino sebagai unit pengendali utama. Jika PLN aktif dengan tegangan normal, arduino mengaktifkan relay 1 sehingga beban menerima pasokan daya dari PLN, sementara relay 2 tidak aktif.

Sebaliknya, jika PLN padam atau tegangan turun, arduino secara otomatis mematikan relay 1 dan mengaktifkan relay 2, memungkinkan beban beralih ke sumber cadangan tanpa gangguan. LCD I2C berfungsi untuk menampilkan status sumber daya seperti tegangan sumber PLN dan sumber cadangan dan kondisi sistem secara langsung. Power supplay menyediakan tegangan kerja yang diperlukan untuk arduino dan sensor, sedangkan beban menerima pasokan daya dari salah satu sumber berdasarkan hasil deteksi dan pengendalian secara otomatis oleh arduino.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Sekarang.

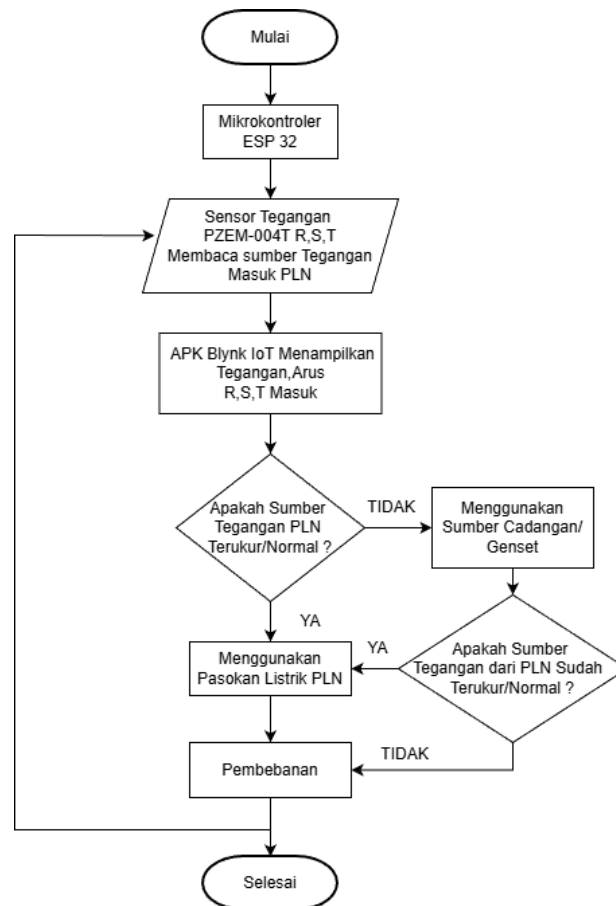
Sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) tiga fasa berbasis IoT ini dirancang sebagai solusi cadangan daya untuk rumah tangga, memanfaatkan modul relay 2 kanal untuk mengelola dua sumber daya listrik PLN sebagai sumber daya utama dan genset sebagai sumber cadangan. Proses dimulai ketika tegangan input 220v AC dari PLN di alirkan ke adaptor 5v DC, menyediakan energi stabil untuk esp32 dan komponen pendukung lainnya. Esp32 berfungsi sebagai inti pengendalian, menerima data dari sensor PZEM-004T yang terpasang pada masing-masing fasa R, S, T untuk memantau kondisi Listrik PLN secara langsung. Data pembacaan sensor ini kemudian dikirimkan ke aplikasi blynk IoT, memberikan informasi status sumber daya aktif kepada pengguna.

Berdasarkan analisis data tersebut esp32 mengatur operasi relay, relay 1 diaktifkan untuk mengoperasikan kontaktor PLN jika tegangan terdeteksi normal, sementara relay 2 dinonaktifkan. Sebaliknya apabila tegangan PLN turun dibawah ambang batas atau padam, esp32 akan mematikan relay 1 dan menghidupkan relay 2, beban rumah tangga beralih otomatis ke sumber cadangan. Desain ini memastikan kelancaran pasokan Listrik, meningkatkan keandalan sistem rumah tangga melalui teknologi IoT yang memungkinkan pemantauan jarak jauh.

2.1.2. Flowchart Sistem

Alur digambarkan pada gambar 3. Kerja sistem pemantauan dan perpindahan sumber listrik yang dikendalikan oleh mikrokontroler esp32 sebagai unit utama. Proses dimulai esp32 mempersiapkan semua komponen untuk beroperasi dan sensor PZEM-004T mengukur parameter listrik tiga fasa R, S, T dari sumber utama PLN, termasuk tegangan dan arus, untuk menilai stabilitas pasokan. Informasi yang diperoleh dikirimkan secara langsung ke aplikasi blynk IoT, memungkinkan pengguna memantau data melalui aplikasi. Sistem selanjutnya mengevaluasi apakah tegangan PLN dalam kondisi stabil. Jika ya, beban rumah tangga menggunakan pasokan dari PLN.

Sebaliknya, jika terdeteksi gangguan atau ketidaknormalan pada tegangan PLN sistem secara otomatis beralih ke sumber cadangan seperti genset. Selama cadangan, pemantauan terhadap kondisi PLN dilakukan terus-menerus. Ketika tegangan PLN kembali normal, sistem akan memindahkan pasokan kembali ke sumber utama.



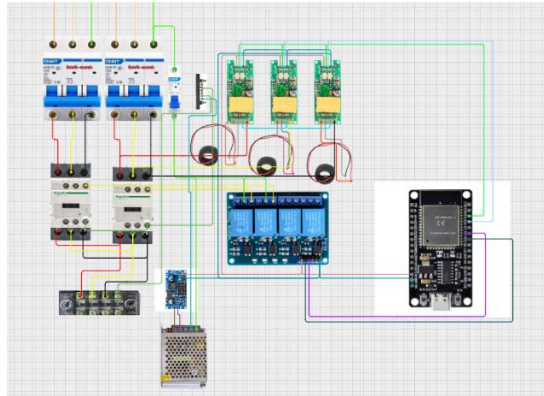
Gambar 3. Menunjukkan Alur Kerja Sistem

2.1.3. Kontruksi Perangkat Keras

Sistem ini merupakan panel control perpindahan sumber listrik tiga fasa yang beroperasi baik secara otomatis maupun manual, dengan mikrokontroler esp32 sebagai inti pengendali utama. Tiga unit sensor PZEM-004T, yang dilengkapi transformator arus (CT), diterapkan untuk mengukur tegangan pada setiap fasa dari R, S, dan T sumber utama PLN. Informasi pengukuran tersebut di teruskan ke mikrokontroler untuk diproses, kemudian disajikan melalui aplikasi pemantau berbasis internet, sehingga kondisi kelistrikan dapat diawasi dari jarak jauh secara langsung.

Dalam mode otomatis, sistem secara terus menerus mengawasi stabilitas tegangan dari sumber utama. Jika salah satu fasa mengalami penurunan tegangan melebihi batas amabang atau mengalami pemadaman sumber PLN, sistem akan secara mandiri memutuskan sumber utama dan mengaktifkan sumber alternatif melalui aktivasi relay serta kontaktor pengganti.

Begitu sumber utama pulih ke kondisi normal, sistem akan memindahkan Kembali pasokan Listrik ke sumber utama PLN. Sistem ini juga menyediakan mode manual yang memungkinkan pengoprasi mengatur kontaktor sumber utama atau Cadangan menggunakan tombol start dan stop sesuai dengan keperluan operasional. Untuk memperkuat aspek keamanan, terdapat tombol emergency yang dapat memadamkan seluruh sistem secara langsung jika muncul situasi beresiko atau masalah teknis. Melalui integrasi fitur-fitur ini.



Gambar 4. Menunjukkan Kontruksi Perangkat Keras

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk menganalisis dan mengidentifikasi Tingkat akurasi yang dimiliki oleh sistem monitoring tegangan yang diaplikasikan pada prototype panel Automatic Transfer Switch (ATS) tiga fasa. Dalam proses pengukuran, dilaksanakan dua metode pengukuran auto dan manual. Metode yang pertama yaitu pengukuran manual dilakukan dengan memanfaatkan alat ukur standart berupa multimeter digital berkualitas tinggi yang telah dikalibrasi, dimana nilai yang diperoleh dari multimeter tersebut dijadikan sebagai nilai referensi standar dalam proses validasi.

Metode kedua yaitu pengukuran otomatis dilaksanakan melalui pembacaan tegangan oleh sistem dengan sensor tegangan PZEM-004T yang terhubung secara langsung dengan mikrokontroler esp32 sebagai unit pemrosesan data, kemudian hasil pembacaan tersebut ditampilkan melalui sistem monitoring yang telah dirancang.

Setelah kedua mode pengukuran selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan antara nilai pengukuran manual dan auto untuk menghitung dan menganalisis besar kesalahan pembacaan sensor (error) yang terjadi pada sistem menggunakan persamaan berikut:

$$Error(\%) = \frac{|V_{manual} - V_{auto}|}{V_{manual}} \times 100\%$$

Keterangan:

1. V_{manual} = Tegangan hasil pengukuran multimeter.
2. V_{auto} = Tegangan hasil pembacaan sistem ATS

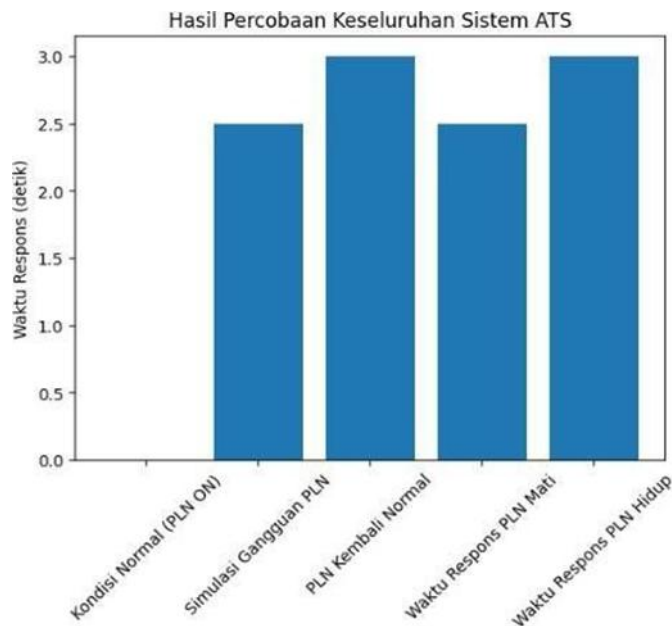
Tabel 1. Hasil pengujian sensor tegangan dan multimeter

V	V m	V a	selisih	Error(%)
R	220	218	2	0,91
S	220	221	1	0,45
T	220	219	1	0,45
R	220	219	1	0,45
S	220	222	2	0,91
T	220	218	2	0,91
R	220	221	1	0,45
S	220	220	0	0,00
T	220	219	1	0,45

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 1, dilakukan pengukuran tegangan pada tiga fasa yaitu R, S, dan T dengan membandingkan nilai tegangan hasil pengukuran manual dan pembacaan otomatis dari sistem monitoring. Tegangan acuan yang digunakan pada seluruh pengujian sebesar 220 v

hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan kecil antara nilai tegangan manual dan otomatis dengan selisih berkisar antara 0 hingga 2 volt. Pada fasa R, tegangan otomatis berada pada rentang 218v-221v dengan nilai *error* antara 0,45% hingga 0,91% fasa S menunjukkan hasil pengukuran yang stabil dengan nilai tegangan 220v-222v dan bahkan terdapat kondisi tanpa selisih sehingga *error* bernilai 0%. Sementara itu, pada fasa T diperoleh tegangan otomatis antara 218v-219v dengan nilai *error* maksimum sebesar 0,91%.

Untuk menghitung kesalahan, perbedaan tegangan manual dan otomatis dibandingkan dengan tegangan referensi manual. Nilai kesalahan total di bawah 1% menunjukkan bahwa sistem pengawasan sangat akurat dalam membaca kondisi tegangan tiga fasa. Perbedaan kecil yang muncul dapat disebabkan oleh toleransi sensor atau frekuensi tegangan jaringan. Selain itu, sistem bekerja secara stabil dan dapat digunakan sebagai alat pemantauan tegangan secara *real-time*.



Gambar 1. Grafik Waktu Respon

Berdasarkan grafik pada gambar 1, pengujian kinerja menyeluruh (*comprehensive testing*) sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) tiga fasa yang dilakukan dalam berbagai kondisi operasi sistem. Parameter utama yang menjadi fokus pengukuran adalah waktu respon sistem (*system response time*) pada saat terjadi perubahan kondisi sumber Listrik, baik dari sumber utama (*primary source*) ke sumber Cadangan (*standby source*) maupun sebaliknya.

Hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh temuan bahwa sistem ATS tiga fasa ini mampu melakukan perpindahan sumber daya (*power source transfer*) secara otomatis dengan Tingkat respon yang konsisten dan stabil. Waktu perpindahan yang terjaga dalam rentang optimal menunjukkan bahwa sistem memiliki keandalan (*reability*) yang tinggi dalam menjaga kontinuitas pasokan Listrik (*power supply continuity*).

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan perancangan dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe panel *Automatic Transfer switch* tiga phase sebagai sistem Cadangan rumah tangga berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang dan beroperasi sesuai dengan tujuan penelitian. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem, dan sensor PZEM - 004T terintegrasi dengannya untuk memantau kondisi tegangan dan arus pada setiap fassa secara langsung. Selain itu, aplikasi blynk dapat menampilkan informasi tersebut.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa mekanisme perpindahan sumber daya PLN sebagai sumber utama dan genset sebagai sumber cadangan dapat dilakukan secara otomatis saat terjadi gangguan atau pemadaman. Proses perpindahan ini berlangsung dengan waktu respons yang konsisten dan stabil, sehingga tanpa intervensi operator, kontinuitas pasokan listrik pada beban tetap bekerja.

Validasi akurasi sistem dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran otomatis terhadap multimeter digital, menghasilkan rata-rata kesalahan pembacaan sebesar 0,82%. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem monitoring memiliki tingkat akurasi tinggi yang sangat layak untuk digunakan dalam sistem pemantauan kelistrikan rumah tangga. Selain meningkatkan keandalan pasokan listrik, integrasi teknologi IoT memberikan kemudahan bagi pengguna untuk melakukan pemantauan kondisi sistem dari jarak jauh secara efisien. Sistem ATS yang dirancang dilengkapi dengan

tiga mode oprasi, yaitu auto, manual, dan darurat (emergency), yang tidak hanya meningkatkan kontinuitas energi listrik tetapi juga mendukung aspek keamanan dan kemudahan pengoprasian. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa penerapan ATS tiga fasa berbasis IoT merupakan Solusi efektif sebagai sistem cadangan daya listrik rumah tangga modern yang membutuhkan, keandalan, serta kemampuan monitoring secara real-time.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta atas doa dan dukungannya, kepada Bapak Arief Wisaksono selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi, kepada teman-teman dekat yang selalu memberikan semangat dan bantuan, serta kepada istri tercinta yang senantiasa mendampingi dengan penuh kasih, kesabaran, dan motivasi hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] B. Internet et al., "Impression : Jurnal Teknologi dan Informasi Penerapan Media Pembelajaran Sistem Monitoring Energi Listrik," vol. 4, no. 3, 2025.
- [2] W. Persada et al., "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Real-Time Berbasis ESP32 , Sensor PZEM 004T dan INA 219 Dengan Interface LabVIEW," vol. 8, no. 1, pp. 25–29, 2025.
- [3] A. M. Sutopo, N. Prastomo, P. Gandhi, and A. Bayuntara, "IJIE IoT-Based Automatic Transfer Switch System Design on Solar Home System," vol. 16, no. 5, pp. 265–274, 2024.
- [4] I. S. Tsauri and D. Hendarto, "Rancang Bangun Perangkat Automatic Transfer Switch (Ats) Genset 1 . 200 Va Sebagai Energi Listrik Cadangan," J. Tek. Elektro Univ. Ibn Khaldun Bogor, vol. 4, no. 2, pp. 1–10, 2017.
- [5] D. T. Laksono, R. Afrianti, M. W. Fatma, M. Prasafitri, and H. Alchudri, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN ENERGI," vol. 13, no. 1, 2025.
- [6] S. Monitoring, D. Kontrol, M. Listrik, and I. Menggunakan, "Monitoring And Control System Of Industrial Electric Motors Using The Internet Of Things," vol. 7, no. 1, 2023.
- [7] Y. izzah Sutita and H. Irwan, "Perancangan Arduino Uno pada Design Mesin Pick and Place Sorting Colour Automation untuk Meningkatkan Produktivitas," J. Manuf. Ind. Eng. Technol., vol. 3, no. 2, pp. 72–82, 2024, doi: 10.30651/mine- tech.v3i2.23987.
- [8] A. Arif, D. Prasetyo, and A. H. Falah, "Merampingkan Distribusi Listrik Menggunakan Panel LVMDP di Indonesia," Procedia Eng. Life Sci., vol. 7, pp. 586–591, 2024.
- [9] Alamsyah Alamsyah and Ilham Akbar Darmawan, "Pembuatan Panel Automatic Transfer Switch – Automatic Main Failure (ATS – AMF) di PT. Tiga Kreasi Indonesia," Jupiter Publ. Ilmu Keteknikan Ind. Tek. Elektro dan Inform., vol. 2, no. 2, pp. 289–304, 2024, doi: 10.61132/jupiter.v2i2.173.
- [10] R. Sulistyowati and A. Fadholi, "Optimalisasi Panel Surya Untuk Skala Rumah Tangga," SNESTIK Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform., pp. 11–20

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.