

Sistem *monitoring* beban listrik dan perbaikan faktor daya menggunakan PZEM004T dan *dashboard* Adafruit berbasis IoT

Irgi Surya^{1*}, Jaja Kustija², Roer Eka Pawinanto³, Resa Pramudita⁴,
Muhammad Adli Rizqulloh⁵, Didin Wahyudin⁶, Erik Haritman⁷

^{1,2,6}Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia

^{3,4,5,7}Program Studi Pendidikan Teknik Otomasi Industri dan Robotika, Universitas Pendidikan Indonesia

Jalan Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

^{1*}irgi.surya@upi.edu, ²jaja.kustija@upi.edu, ³roer_eka@upi.edu, ⁴resa.pd@upi.edu,

⁵muhammad.adli.riz@upi.edu, ⁶deewahyu@upi.edu, ⁷erikharitman@upi.edu

ABSTRAK

Graphic User Interface (GUI) pada suatu sistem *Internet of Things* (IoT) salah satunya dipengaruhi oleh monitor yang mudah diakses, fleksibel, serta efisien dalam penggunaannya. Hal ini sudah banyak didiskusikan namun masalah tersebut masih belum dapat ditingkatkan. Salah satu solusi dari masalah tersebut adalah dengan diadakannya MQTT Adafruit, yang mana dengan menggunakan MQTT Adafruit GUI untuk memonitor suatu sistem IoT dapat mempermudah kontrol dan kendali jarak jauh. Penelitian ini bertujuan untuk menghadirkan sistem *monitoring* beban listrik dan perbaikan faktor daya menggunakan PZEM004T berbasis IoT yang sudah menggunakan MQTT Adafruit sebagai *user interface*-nya. Metode yang digunakan melalui pendekatan *analysis, design, development, implementation, evaluation* (ADDIE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini layak digunakan karena berdasarkan hasil percobaan faktor daya yang sebelumnya 0,35 menjadi 0,89 setelah dilakukan perbaikan faktor daya. Sistem ini juga memberikan kemudahan bagi pengguna dan dapat melakukan *monitoring* secara *real time* arus, tegangan, faktor daya, daya nyata, daya semu, dan daya reaktif baik hanya dengan menggunakan *smartphone*, laptop, tablet, maupun komputer. Berdasarkan hasil uji reliabilitas alat ini memiliki selisih yang kecil antara setiap hasil percobaan.

Kata kunci: PZEM004T, *monitoring*, beban listrik, IoT, Adafruit

ABSTRACT

The *Graphic User Interface* (GUI) in an *Internet of Things* (IoT) system is influenced by a monitor that is easy to access, flexible and efficient in use. This has been discussed a lot but the problem still cannot be improved. One solution to this problem is the presence of MQTT Adafruit, where using the MQTT Adafruit GUI to monitor an IoT system can make control and remote control easier. This research aims to present an electrical load monitoring system and power factor improvement using the IoT-based PZEM004T which already uses Adafruit's MQTT as its user interface. The method used is the *analysis, design, development, implementation, evaluation* (ADDIE) approach. The research results show that this system is suitable for use because based on experimental results the power factor was previously 0.35 to 0.89 after improving the power factor. This system also makes it easy for users and can monitor current, voltage, power factor, real power, apparent power and reactive power in real time using just a *smartphone*, laptop, tablet or computer. Based on the results of the reliability test, this tool has a small difference between each experimental result.

Keywords: PZEM004T, *monitoring*, electrical load, IoT, Adafruit

1. PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep di mana benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti sensor dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung dengan internet [1], [2]. IoT adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer [3]. Perkembangan IoT dapat dilihat mulai dari tingkat konvergensi teknologi nirkabel, *microelectromechanical* (MEMS), internet, dan QR (*Quick Responses*) Code [4]. IoT juga sering

diidentifikasi dengan [5] RFID (*Radio Frequency Identification*) sebagai metode komunikasi [6]. Pada perkembangannya *internet of things* banyak memodernisasi peralatan-peralatan elektronik yang masih memiliki sistem konvensional dirubahnya menjadi sistem yang ditanam [7] suatu program dengan algoritma tertentu untuk dapat dikendalikan, dipantau, atau dipantau dari jarak jauh [8].

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat *open source* [9]. Terdiri dari perangkat keras berupa sistem *on chip* ESP32 buatan Espressif System [10]. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai *board* arduino yang terkoneksi dengan ESP32 [11], [12]. Mikrokontroler ESP32 dibuat oleh perusahaan bernama Espressif Systems [13]. Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh ESP32 yaitu sudah terdapat Wi-Fi dan Bluetooth di dalamnya, sehingga akan sangat memudahkan ketika kita belajar membuat sistem IoT yang memerlukan koneksi *wireless* [6], [14]. Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan yaitu sistem berbiaya rendah, dan juga berdaya rendah dengan modul WiFi yang terintegrasi dengan *chip* mikrokontroler serta memiliki bluetooth dengan mode ganda dan fitur hemat daya menjadikannya lebih fleksibel [15].

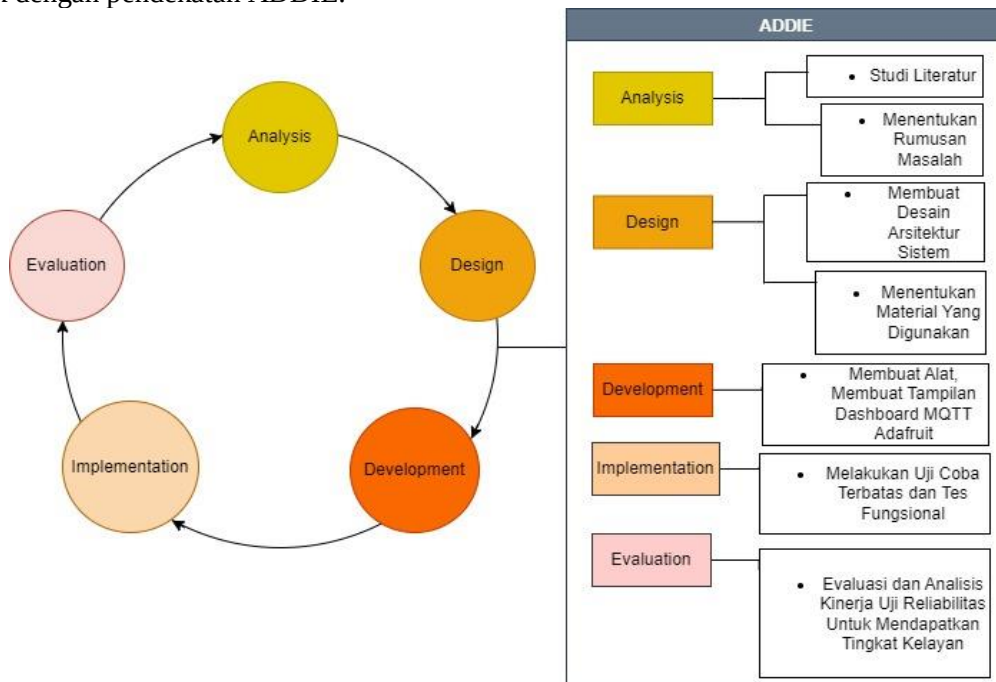
Adafruit merupakan penyedia layanan MQTT *server* untuk IoT [16], layanan ini dapat digunakan untuk membuat NodeMCU ESP32 dapat dikendalikan secara *remote* dengan menggunakan fasilitas *subscribe* dan *publish* [12], [17]. Tanpa perlu menggunakan aplikasi atau *software* lain pengguna hanya perlu melakukan pengaksesan di website yang tersedia [18]. Kelebihan dari Adafruit yakni pengguna tidak dikenakan biaya pada saat akan membuat akun dan menggunakannya sebagai *server* yang akan dihubungkan dengan NodeMCU ESP32 [19].

Penelitian sejenis yang sudah ada sebelumnya seperti pada penelitian [20] masih belum memanfaatkan teknologi IoT, hanya menggunakan Arduino yang digunakan untuk membaca hasil parameter pengukuran sensor-sensor yang nantinya akan ditampilkan pada LCD *display*, sedangkan pada penelitian ini sudah menggunakan ESP32 yang sudah memungkinkan hasil pengukuran ditampilkan pada *dashboard* Adafruit sehingga lebih mempermudah pengguna dalam memonitor hasil pengukuran, pengguna dapat memonitoring hasil melalui *smartphone* atau *computer*. Penelitian sejenis lainnya seperti pada penelitian [21] sudah menggunakan teknologi IoT, hasil parameter pengukuran sensor-sensor sudah dapat ditampilkan pada *dashboard* Blink, perbedaan antara penelitian ini dengan yang sebelumnya, pada penelitian ini menggunakan *dashboard* Adafruit yang memiliki keunggulan kecepatan pengiriman data yang lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan *dashboard* Blink. Penelitian ini menghadirkan sistem *internet of things* yang mampu melakukan *monitoring* beban listrik dan perbaikan faktor daya [22]-[24] dimulai dari arsitekturnya secara global kemudian dikembangkan menjadi prototipe dan direalisasikan dalam bentuk sistem yang dapat digunakan sebagai alat untuk mengontrol dan melakukan *monitoring* penggunaan beban listrik dan perbaikan faktor daya secara *real time* dengan menggunakan NodeMCU ESP32 [25] dan server Adafruit yang nantinya pengguna dapat mengontrol dan melakukan *monitoring* penggunaan alat-alat elektronik di rumah hanya dengan menggunakan *smartphone* yang dimilikinya [26]. Kemudian sistem ini diuji cobakan dan diukur performanya baik dari segi *delay*, *respon server*, dan tampilan *monitoring* dari sistem ini.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, mengontrol, serta mengevaluasi sebuah *prototype* yang bisa membuat sebuah sistem dapat mengontrol beban-beban listrik dan dapat melakukan *monitoring* secara *real-time* bahkan dapat juga dikontrol dari jarak jauh dengan menggunakan internet. [27]. Metode yang digunakan melalui pendekatan *analysis, design, development, implementation, evaluation* (ADDIE) yaitu dengan mempelajari literatur [28] untuk menganalisis objek penelitian, kemudian merancang dan mengembangkan hasil desain dan mengimplementasikan hasil desain dan kemudian mengimplementasikannya pada objek penelitian, semua saran perbaikan digunakan sebagai evaluasi untuk perbaikan sistem ini [29], [30]. Kebaruan dari penelitian ini adalah membantu pengguna dapat mengontrol dan melakukan *monitoring* beban-beban listrik secara *real time* serta tanpa perlu menggunakan aplikasi atau *software* yang harus diunduh terlebih dahulu [31], pengguna hanya perlu masuk ke website AdaFruit hal ini tentu jauh lebih mudah dan fleksibel dalam penggunaannya [1], tidak seperti dalam penelitian-penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan pengguna harus mengunduh sebuah *software* atau aplikasi terlebih dahulu serta sistem ini juga dilengkapi dengan penggunaan sensor-sensor agar sistem ini dapat bekerja dengan lebih efisien [32].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan pendekatan ADDIE seperti pada Gambar 1 [33]. Metode ini merupakan metode yang banyak digunakan untuk menghasilkan suatu produk atau alat industri [17], [10]. Produk yang dibuat dalam hal ini adalah berupa alat sehingga penelitian ini akan cocok dengan pendekatan ADDIE.



Gambar 1. Metode Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 1 menjelaskan metode penelitian sebagai berikut:

1. Tahapan analisis

Tahapan analisis merupakan langkah awal pada penelitian ini, yakni dengan melakukan studi literatur mengobservasi, membandingkan dan mengkaji hasil-hasil riset terdahulu yang sebelumnya sudah pernah dibuat dan dipublikasikan di jurnal-jurnal nasional dan internasional [34]-[36], pada penelitian ini tahapan studi literatur dibantu dengan menggunakan bantuan *software* Vosviewer yang mana hasil dari analisis pada Vosviewer dijadikan rujukan dan rekomendasi untuk menentukan gap penelitian dan kebaharuan penelitian, berdasarkan hasil analisis pada *software* vosviewer menunjukkan bahwa pada beberapa penelitian sejenis belum adanya sebuah penelitian yang menggunakan MQTT Adafruit yang digunakan sebagai user *interface* untuk pemanfaatannya pada *monitoring* beban listrik dan perbaikan faktor daya. Selanjutnya menentukan rumusan masalah yang akan menjadi acuan dan penindakan lanjutan dari penelitian ini [37].

2. Tahapan desain

Tahapan desain merupakan tahapan lanjutan dari hasil studi literatur dan hasil dari rumusan masalah yang sudah ditentukan sebelumnya, pada tahapan ini dibuat suatu arsitektur sistem yang menghubungkan setiap komponen inti dari alat yang akan dibuat, terdapat tiga bagian inti pada arsitektur sistem yakni pertama komponen user atau pengguna, kedua komponen cloud dan MQTT, dan terakhir ketiga komponen pada beban. Selanjutnya menentukan material apa saja yang akan digunakan pada penelitian ini, beberapa material inti yang memiliki peran utama pada sistem ini yakni modul PZEM-004T, NodeMCU ESP32, *relay*, dan kapasitor koreksi faktor daya [38]-[40].

3. Tahapan pengembangan

Tahapan pengembangan ini merupakan lanjutan proses dari tahap desain, yang mana hasil dari tahapan desain selanjutnya akan dieksekusi dengan melakukan pembuatan alat, pada tahap awal pembuatan alat ini dilakukan percobaan hanya dengan menggunakan satu buah *relay* saja diperuntukan hanya untuk satu buah beban saja tetapi setelah berhasil menggunakan satu buah *relay* selanjutnya ditambah menjadi empat buah *relay* diperuntukan untuk empat beban.

4. Tahapan implementasi

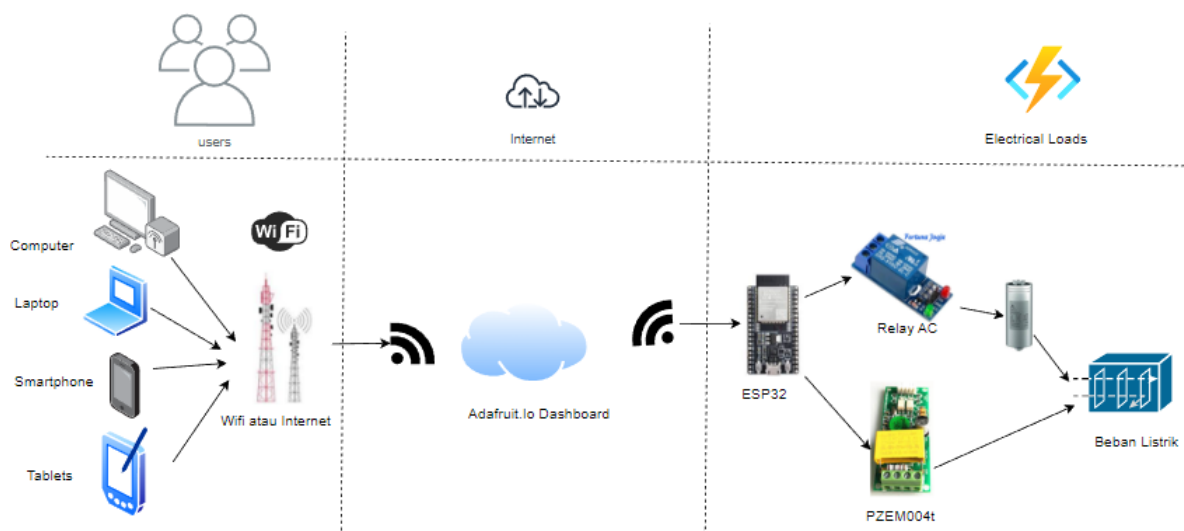
Tahapan implementasi ini merupakan tahapan selanjutnya setelah sebelumnya dilakukan tahapan pengembangan, alat yang sudah sebelumnya dibuat masuk pada tahapan implementasi untuk diuji cobakan dan diimplementasikan pada beban listrik. Tahap uji coba ini penting dilakukan karena untuk mengetahui apakah alat sudah dapat bekerja dan berfungsi sesuai dengan harapan atau belum, kemudian dilakukan juga uji coba user *interface* apakah sudah dapat ditampilkan pada *dashboard* MQTT Adafruit sehingga apakah hasil pengukuran dari modul PZEM-004T sudah dapat menampilkan hasil pengukuran tegangan, arus, daya nyata, daya semu, daya reaktif, dan faktor daya atau belum, juga diuji cobakan pada beban yang bersifat induktif dan memiliki faktor daya yang kurang dari 0,85 maka akan diperbaiki dengan memasang kapasitor pada beban agar faktor daya naik mendekati satu.

5. Tahapan evaluasi

Tahapan terakhir adalah melakukan evaluasi yakni melakukan analisis dan perhitungan dengan instrumentasi pengujian alat, instrumentasi pengujian dilakukan dengan melakukan uji coba alat dengan beban yang sama tetapi dilakukan perbandingan hasil pengukuran antara hasil pengukuran dari alat ini dan hasil pengukuran dari alat standar pabrik yang umum digunakan, hasil yang sudah didapat selanjutnya dianalisis apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan, serta memberikan rekomendasi dan saran untuk penelitian selanjutnya.

2.1 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur sistem

Berdasarkan pada Gambar 2 menjelaskan komponen arsitektur sistem:

1. Komponen pada pengguna

Komponen pada bagian *user* atau pengguna dapat juga disebut bagian *user interface* yang mana pada komponen ini pengguna dapat melakukan *monitoring* atau perbaikan faktor daya dapat dengan menggunakan komputer, laptop, *smartphone* atau tablet yang dimilikinya selama dapat terhubung dengan akses internet yang baik maka hal tersebut dapat dilakukan sehingga teknisi tidak perlu mendatangi panel kontrol dan *monitoring* tetapi dapat dilakukan dimana saja hanya dengan bantuan perangkat yang dimiliki oleh user atau penggunanya saja, sehingga hal tersebut dapat memudahkan dan meningkatkan efisiensi bagi teknisi untuk melakukan *monitoring* dan melakukan perbaikan faktor daya.

2. Komponen pada internet sistem

Komponen pada internet sistem merupakan salah satu komponen inti yang mana perannya dalam hal ini adalah menghubungkan antara komponen user dan komponen beban listrik, dengan menggunakan MQTT Adafruit nantinya user atau pengguna dapat melakukan *monitoring* beban listrik

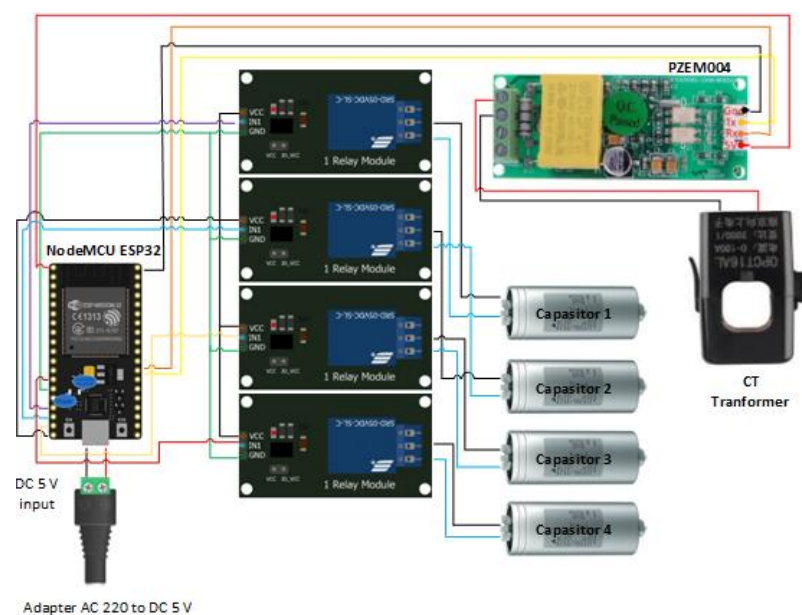
seperti tegangan, arus, daya nyata, daya semu, daya reaktif, dan faktor daya melalui *dashboard* tampilan, juga dapat melakukan perbaikan faktor daya dengan menyalakan *relay* yang sudah terhubung dengan kapasitor koreksi faktor daya dari jarak jauh dengan pushbutton yang tersedia di *dashboard*.

3. Komponen pada bagian beban listrik

Komponen pada bagian beban terdiri dari material-material inti dari alat ini yakni NodeMCU ESP32 yang menjadi mikrokontroler dan juga bertindak sebagai penghubung yang nantinya mengirimkan dari pengukuran modul PZEM-004T ke *dashboard* Adafruit agar dapat ditampilkan pada user *interface*. Modul PZEM-004T merupakan sensor multi fungsi yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya nyata, daya semu, daya reaktif, dan faktor daya. *Relay* AC 220V merupakan material yang digunakan untuk menyalakan dan atau mematikan kapasitor koreksi faktor daya yang sudah dihubungkan dengan *relay*.

2.2 Pengawatan Alat

Rangkaian pada perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 3.

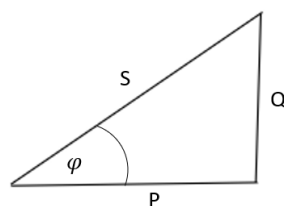


Gambar 3. Pengawatan alat

Berdasarkan Gambar 3 untuk pengawatan alat terlihat digunakan 4 buah *relay* yang nantinya terhubung paralel dengan kapasitor koreksi faktor daya, 4 buah *relay* tersebut diperuntukan untuk 4 buah kapasitor dengan ukuran yang berbeda-beda yakni 15 VAR, 45 VAR, 60 VAR dan untuk 75 VAR tergantung kebutuhan dari beban yang terpasang nantinya. NodeMCU ESP32 digunakan sebagai penghubung antara hasil pembacaan sensor modul PZEM004T dengan *dashboard* yang sudah dibuat. Besaran nilai sensor modul PZEM004T akan dikirimkan oleh NodeMCU ESP32 melalui MQTT dan serial pin.

2.3 Segitiga Daya

Gambar 4 menunjukkan faktor daya atau faktor kerja adalah rasio antara daya aktif (watt) dan daya semu/daya total (VA), atau kosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total.



Gambar 4. Segitiga daya

Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut tersebut dan akibatnya faktor daya akan lebih rendah. Faktor daya yang baik berkisar antara 0,85 hingga mendekati sempurna atau satu. Secara teori, jika semua beban listrik yang disuplai oleh perusahaan listrik negara (PLN) memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistem distribusi. Dengan demikian, dengan adanya beban induksi jika faktor daya berkisar antara 0,2 sampai 0,5 maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan dan arus akan semakin tinggi akibatnya peralatan PLN menjadi tidak efektif karena arus yang tinggi ini merupakan kerugian bagi PLN sehingga PLN akan membebankan biaya daya reaktif (VAR) bagi perusahaan atau industri yang memiliki faktor daya di bawah 0,85 yang disyaratkan PLN [41]. Jadi daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk *output* kW yang sama untuk meminimalkan kebutuhan daya total (VA) dan menurunkan arus listrik. Faktor daya atau faktor kerja menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah akan merugikan karena menghasilkan arus beban yang tinggi. Perbaikan faktor daya ini menggunakan kapasitor VAR [28]. Kapasitor untuk memperbaiki faktor daya dapat dilakukan dengan memparalelkan kapasitor VAR untuk memperbaiki faktor daya pada beban listrik [4], [42], [20].

$$S = V \cdot I \quad (1)$$

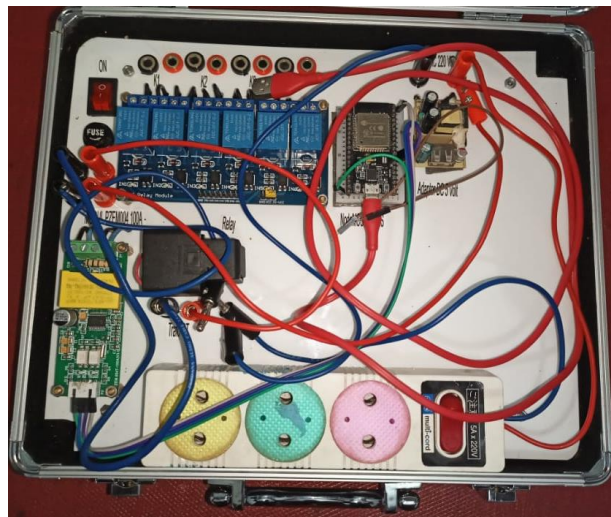
$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan alat

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat tampilan dari alat yang sudah dibuat, pada penelitian ini alat dibuat pada suatu papan akrilik yang kemudian dimasukkan pada sebuah koper yang ukurannya sudah disesuaikan, hal ini dimaksudkan agar menghindari adanya percikan air yang mungkin dapat masuk pada alat, atau kotoran debu yang dikhawatirkan akan berpengaruh pada hasil pengukuran yang dilakukan. Kekurangan dari alat yang sudah dibuat ini yakni kabel *jumper* penghubung masih menggunakan kabel yang temporer karena pada tahap pengujian masih dimungkinkan adanya sedikit perubahan baik dari segi desain alat maupun dari dimensi alat.

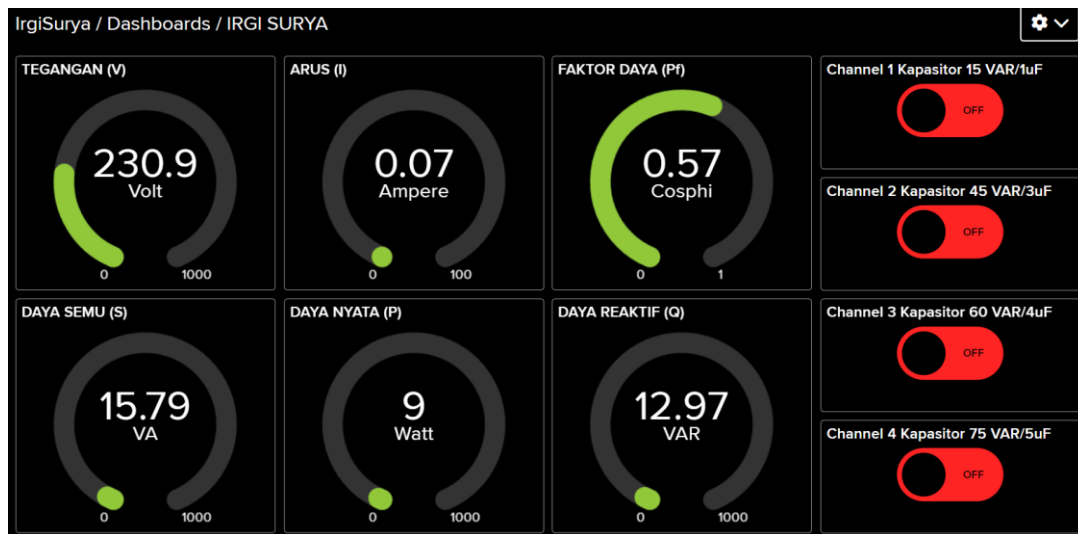


Gambar 5. Alat yang sudah dibuat

3.2 Dashboard Monitoring

Gambar 6 merupakan *dashboard* tampilan *monitoring* yang sudah dibuat dengan menggunakan Adafruit. Adafruit adalah penyedia layanan *server* MQTT untuk IoT, layanan ini dapat digunakan untuk membuat NodeMCU ESP32 dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan fasilitas *subscribe* dan *publish*. Tanpa perlu menggunakan aplikasi atau *software* lain, pengguna hanya perlu

mengakses *website* yang tersedia, kelebihan Adafruit adalah pengguna tidak dikenakan biaya saat membuat akun dan menggunakannya sebagai *server* yang dapat terhubung dengan NodeMCU ESP32.



Gambar 6. GUI tampilan *dashboard* MQTT Adafruit

3.3 Uji Reliabilitas Alat

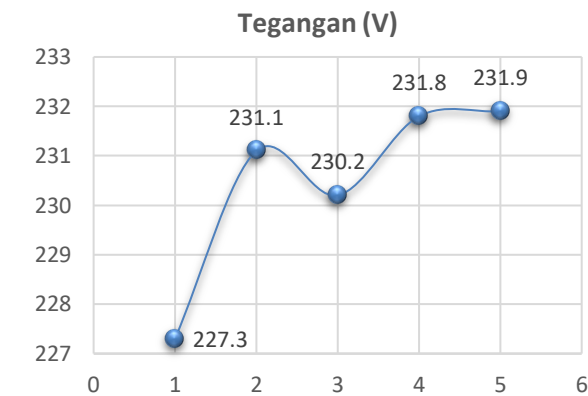
Uji reliabilitas alat adalah pengujian yang menunjukkan sejauh mana suatu alat pengukur dapat dipercaya atau diandalkan untuk mengukur sesuatu yang diinginkan. Uji reliabilitas dapat digunakan untuk mengetahui konsistensi alat ukur, apakah alat ukur tetap konsisten jika pengukuran tersebut diulang. Uji reliabilitas juga dapat menunjukkan apakah suatu instrumen yang digunakan untuk memperoleh informasi dapat dipercaya untuk mengungkapkan informasi di lapangan sebagai alat pengumpulan data. Pada pengujian ini dilakukan lima kali percobaan dengan masing-masing selisih waktu percobaan adalah 10 menit persatu kali percobaan. Pada setiap percobaan dilakukan dengan memasang beban yang sama yakni satu buah lampu TL yang diukur secara konsisten dalam lima kali percobaan. Dapat dilihat pada Tabel 1 perbandingan hasil rata-rata uji reliabilitas alat.

Tabel 1. Perbandingan antara hasil pengukuran menggunakan alat yang sudah dibuat dengan alat standar dan perhitungan manual

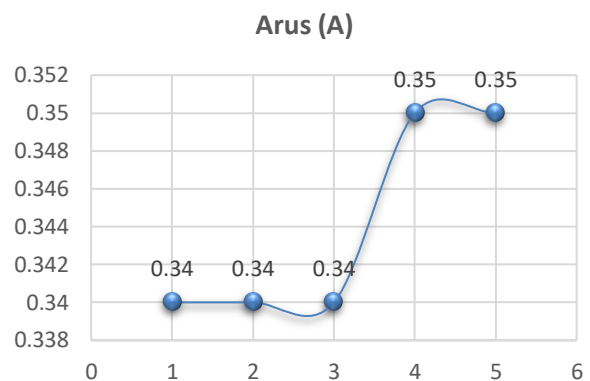
No	Pengukuran	Rata-rata 5 kali percobaan dengan alat yang dibuat	Pengukuran alat standar	Hasil perhitungan manual
1	Tegangan (V)	230,46	228,7	220
2	Arus (A)	0,34	0,34	0,31
3	Faktor Daya (φ)	0,38	0,35	0,35
4	Daya Semu (VA)	78,69	77	68,2
5	Daya Nyata (W)	29,74	27	23,87
6	Daya Reaktif (VAR)	72,85	72	63,42

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa adanya peningkatan nilai tegangan terhadap waktu yang dilakukan pada lima kali percobaan masing-masing dilakukan setiap 10 menit. Hal tersebut diakibatkan dari tegangan PLN yang fluktuatif tidak stabil setiap waktunya. Berdasarkan Gambar 8 pada grafik uji reliabilitas arus menunjukkan adanya peningkatan arus pada percobaan 4 dan percobaan 5, tetapi peningkatan arus masih dalam rentang toleransi karena peningkatannya yang kecil. Berdasarkan Gambar 9 grafik uji reliabilitas daya nyata menunjukkan adanya peningkatan yang gradual dan bertahap setiap kali percobaannya. Berdasarkan Gambar 10 grafik uji reliabilitas daya reaktif menunjukkan adanya peningkatan diawal dan setelahnya terjadi penurunan yang signifikan namun tetap terjadi peningkatan yang gradual. Berdasarkan Gambar 11 grafik uji reliabilitas daya

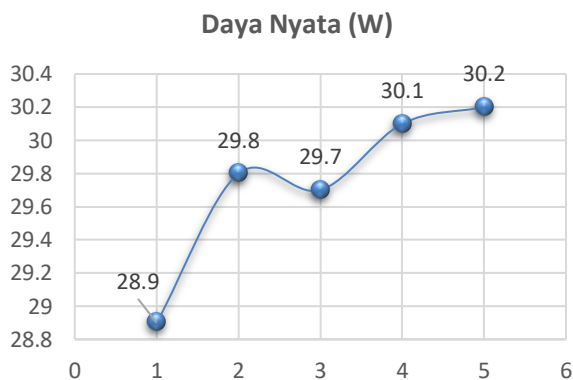
semu menunjukkan adanya reaksi yang sama seperti pada Gambar 9 namun pada grafik daya semu selisih antara percobaan tidak terlalu jauh dan signifikan. Berdasarkan Gambar 12 menunjukkan adanya sedikit penurunan diawal tetapi setelahnya terjadi konsistensi nilai uji reliabilitas faktor daya.



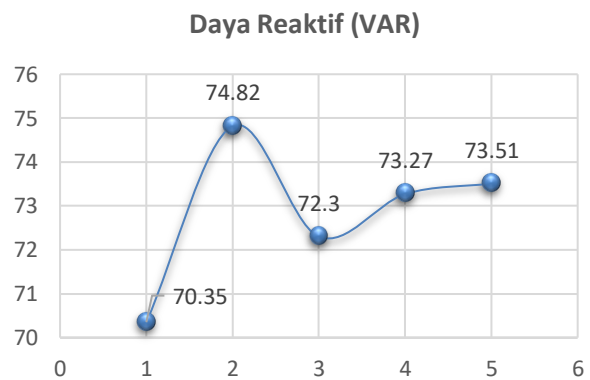
Gambar 7. Grafik uji reliabilitas tegangan



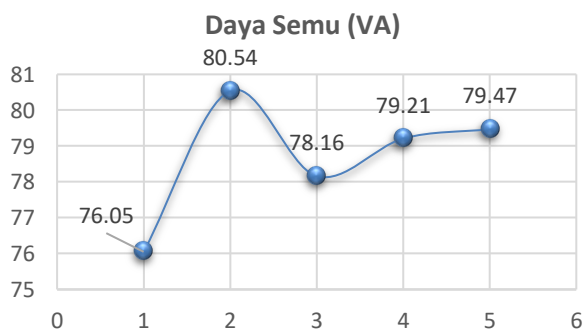
Gambar 8. Grafik uji reliabilitas arus



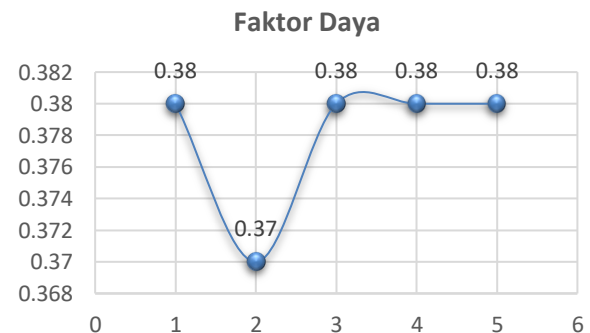
Gambar 9. Grafik uji reliabilitas daya nyata



Gambar 10. Grafik uji reliabilitas daya reaktif



Gambar 11. Grafik uji reliabilitas daya semu



Gambar 12. Grafik uji reliabilitas faktor daya

3.4 Uji Kelayakan Alat

Pada penelitian ini dilakukan uji kelayakan terbatas dengan memasang beban lampu TL yang kemudian dihubungkan pada alat yang sudah dibuat untuk mengetahui sejauh mana tingkat efektivitasnya serta dilakukan pula perbandingan dengan menggunakan perhitungan manual.

Diketahui berdasarkan spesifikasi yang tertera pada beban lampu TL merek Philips :

Tegangan : 220 Volt
 Arus : 0,31 A
 Daya : 20 Watt
 Faktor Daya (φ) : 0,35 cosphi

Ditanyakan:

- Daya semu (S)
- Daya nyata (P)
- Daya Reaktif (Q)

Daya semu (S)	Daya nyata (P)	Daya Reaktif (Q)
$S = V \cdot I$	$P = S \cdot \cos \varphi$	$\cos \varphi = 0,35$
$S = 220 \cdot 0,31$	$P = 68,2 \cdot 0,35$	$\arccos(0,35) = 69,5^\circ$
$S = 68,2 \text{ VA}$	$P = 23,87 \text{ W}$	$\sin 69,5^\circ = 0,93$
		$Q = S \cdot \sin \varphi$
		$Q = 68,2 \cdot 0,93$
		$Q = 63,42 \text{ VAR}$

Dilakukan perbaikan faktor daya dengan memasang kapasitor dengan nilai masing-masing $1\mu F$, $3\mu F$, $4\mu F$ dan $5\mu F$ untuk menentukan faktor daya yang paling ($>0,85$) sesuai agar Q pada beban sama dengan atau mendekati Q pada kapasitor, dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Dengan menggunakan persamaan : $x_c = \frac{V^2}{Q_c}$ sedangkan $x_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$

maka $\frac{1}{2\pi f C} = \frac{V^2}{Q_c}$ didapat $Q_c = 2\pi f C V^2$

karena C yang digunakan menggunakan satuan mikro Farad

maka $Q_c = 2\pi f C \cdot 10^{-6} V^2$

- Menggunakan kapasitor $1\mu F$

$$Q_c = 2\pi f C \cdot 10^{-6} V^2$$

$$Q_c = 2(3,14) \cdot 50 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot (220)^2$$

$$Q_c = 15,19 \text{ VAR}$$

- Menggunakan kapasitor $3\mu F$

$$Q_c = 2\pi f C \cdot 10^{-6} V^2$$

$$Q_c = 2(3,14) \cdot 50 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot (220)^2$$

$$Q_c = 45,59 \text{ VAR}$$

- Menggunakan kapasitor $4\mu F$

$$Q_c = 2\pi f C \cdot 10^{-6} V^2$$

$$Q_c = 2(3,14) \cdot 50 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot (220)^2$$

$$Q_c = 60,79 \text{ VAR}$$

- Menggunakan kapasitor $5\mu F$

$$Q_c = 2\pi f C \cdot 10^{-6} V^2$$

$$Q_c = 2(3,14) \cdot 50 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot (220)^2$$

$$Q_c = 75,98 \text{ VAR}$$

Berdasarkan hasil perhitungan manual didapat Q_c yang paling mendekati untuk $Q_{beban} = 63,42 \text{ VAR}$ adalah kapasitor $4\mu F$ dengan $Q_c = 60,79 \text{ VAR}$, maka faktor daya yang didapat setelah dipasang kapasitor dapat dihitung

$$Q_c = S \cdot \sin \varphi$$

$$60,79 = 68,2 \cdot \sin \varphi$$

$$\sin \varphi = \frac{60,79}{68,2} = 0,89$$

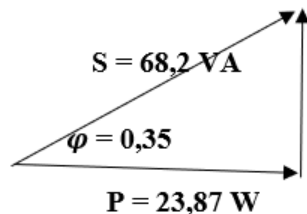
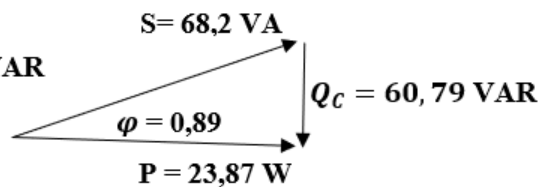
$$\arcsin 0,89 = 62,3^\circ$$

$$\cos 62,3^\circ = 0,86$$

Faktor daya sebelum dipasang kapasitor adalah 0,35 dan setelah dipasang kapasitor menjadi 0,86.

Tabel 2. Perbandingan sesudah dilakukan perbaikan faktor daya dengan menggunakan alat ukur yang sudah dibuat dan hasil perhitungan manual

No	Pengukuran	Sebelum dilakukan perbaikan	Sesudah dilakukan perbaikan	Hasil perhitungan manual
1	Faktor Daya	0,35 φ	0,89 φ	0,86 φ

**Gambar 13. Sebelum dilakukan perbaikan****Gambar 14. Sesudah dilakukan perbaikan**

Berdasarkan Gambar 13 dan Gambar 14 dapat dilihat segitiga daya sebelum dilakukannya perbaikan faktor daya dan sesudah dilakukan perbaikan faktor daya, hasilnya menunjukkan bahwa adanya penurunan daya reaktif yang sebelumnya 63,42 VAR menjadi 60,79 VAR yang diakibatkan dari faktor daya yang sudah diperbaiki dengan memasang kapasitor yang diparalel dengan beban hal tersebut berimplikasi pada peningkatan $\cos\phi$ yang naik pula dari yang sebelumnya 0,35 menjadi 0,89.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari alat yang sudah dibuat dan pengujian terbatas dapat disimpulkan bahwa hasil percobaan terbatas menunjukkan bahwa sistem ini layak digunakan karena berdasarkan hasil percobaan sistem ini mampu bekerja dengan baik serta memberikan kemudahan bagi pengguna dan dapat melakukan *monitoring* secara *real time* arus, tegangan, faktor daya, daya nyata, daya semu, dan daya reaktif baik hanya dengan menggunakan *smartphone*, laptop, tablets, maupun komputer, serta berdasarkan hasil uji reliabilitas alat ini memiliki selisih yang kecil antara setiap hasil percobaan, berdasarkan hasil uji coba pula menunjukkan bahwa alat ini dapat bekerja secara *real time* asalkan dapat selalu terhubung dengan jaringan internet yang memadai dan baik. *Dashboard* tampilan MQTT Adafruit sebagai display user *interface* sudah dapat bekerja dengan baik dan mudah untuk digunakan, tampilan yang menarik untuk dilihat juga dapat digunakan pada perangkat digital yang mendukung akses internet yang baik seperti *smartphone*, laptop, komputer atau tablet. Pengguna tidak perlu direpotkan dengan *software* atau aplikasi yang harus diunduh terlebih dahulu karena hanya cukup mengakses website Adafruit untuk melakukan *monitoring*nya, sehingga dapat memudahkan pengguna. Hasil percobaan menunjukkan bahwa adanya penurunan daya reaktif yang sebelumnya 63,42 VAR menjadi 60,79 VAR yang diakibatkan dari faktor daya yang sudah diperbaiki dengan memasang kapasitor yang diparalel dengan beban hal tersebut berimplikasi pada peningkatan faktor daya yang naik dari yang sebelumnya 0,35 menjadi 0,89.

REFERENSI

- [1] P. W. Rusimanto, "Implementation of arduino pro mini and ESP32 cam for temperature monitoring on automatic thermogun IoT-based," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 23, no. 3, pp. 1366–1375, 2021.
- [2] A. Sumardiono, S. Rahmat, E. Alimudin, and N. A. Ilahi, "Sistem Kontrol-Monitoring Suhu dan Kadar Oksigen pada Kolam Budidaya Ikan Lele," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 5, no. 2, p. 231, 2020.
- [3] G. Ilieva, "IoT in Distance Learning during the COVID-19 Pandemic," *TEM J.*, vol. 9, no. 4, pp. 1669–1674, 2020.
- [4] J. Kustija, I. Surya, and D. Fahrizal, "ELECTRICAL ENERGY SAVINGS BY UTILIZING INTERNET-BASED AUTOMATIC," *Int. J. Eng. Appl. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 10, pp. 144–150, 2023.
- [5] R. E. Pawinanto, J. Yunas, and A. M. Hashim, "Design optimization of active microfluidic mixer incorporating micropillar on flexible membrane," *Microsyst. Technol.*, vol. 25, no. 4, pp. 1203–1209, 2019.
- [6] F. Jonathan, "Prototype of Home Power Monitoring Tool for Electrical Outlet Using ESP32," *8th*

- International Conference on ICT for Smart Society: Digital Twin for Smart Society, ICISS 2021 - Proceeding*. 2021.
- [7] Z. Chen, "Real time object detection, tracking, and distance and motion estimation based on deep learning: Application to smart mobility," *2019 8th International Conference on Emerging Security Technologies, EST 2019*. 2019.
 - [8] S. Anand, "Study and design of smart embedded system for remote health monitoring using internet of things," *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 511. pp. 409–414, 2019.
 - [9] A. Škraba, "Prototype of Group Heart Rate Monitoring with ESP32," *2019 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2019 - Proceedings*. 2019.
 - [10] N. A. Afifie, "Evaluation Method of Mesh Protocol over ESP32 and ESP8266," *Baghdad Sci. J.*, vol. 18, no. 4, pp. 1397–1405, 2021.
 - [11] P. Megantoro, "IoT-based weather station with air quality measurement using ESP32 for environmental aerial condition study," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.)*, vol. 19, no. 4, pp. 1316–1325, 2021.
 - [12] N. Nikolov, "Research of Secure Communication of Esp32 IoT Embedded System to.NET Core Cloud Structure using MQTTS SSL/TLS," *2019 28th International Scientific Conference Electronics, ET 2019 - Proceedings*. 2019.
 - [13] T. Swati, "Industrial process monitoring system using Esp32," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 7, no. 6, pp. 290–294, 2019.
 - [14] Y. H. Lin, "Novel smart home system architecture facilitated with distributed and embedded flexible edge analytics in demand-side management," *Int. Trans. Electr. Energy Syst.*, vol. 29, no. 6, 2019.
 - [15] R. B. Salikhov, "Internet of things (IoT) security alarms on ESP32-CAM," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2096, no. 1. 2021.
 - [16] N. Fujii and N. Koike, "IoT remote group experiments in the cyber laboratory: A FPGA-based remote laboratory in the hybrid cloud," *Proc. - 2017 Int. Conf. Cyberworlds, CW 2017 - Coop. with Eurographics Assoc. Int. Fed. Inf. Process. ACM SIGGRAPH*, vol. 2017-Janua, pp. 162–165, 2017.
 - [17] M. Ansari, "Peak Power Management to Meet Thermal Design Power in Fault-Tolerant Embedded Systems," *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 30, no. 1, pp. 161–173, 2019.
 - [18] D. Wahyudin, S. Hasegawa, and A. Kamaludin, "Students' viewpoint of computer game for training in Indonesian universities and high schools," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 22, no. 4, pp. 1927–1945, 2017.
 - [19] M. Babiuch, "Creating a Mobile Application with the ESP32 Azure IoT Development Board Using a Cloud Platform," *2021 22nd International Carpathian Control Conference, ICC 2021*. 2021.
 - [20] U. Muhammad and F. Azis, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Cos Phi Meter Dan Wattmeter Berbasis Arduino," *J. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 54–56, 2020.
 - [21] I. Abed and H. Naser, "ESP32 Microcontroller Based Smart Power Meter System Design and Implementation," *Al-Rafidain Eng. J.*, vol. 25, no. 2, pp. 137–145, 2020.
 - [22] J. Kustija, K. S. Nur Adillawati, and D. Fauziah, "Smart home system to support Bandung smart city programme," *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 25, no. S, pp. 77–88, 2017.
 - [23] J. Kustija, I. Purnama, I. Surya, and D. Fahrizal, "Wireharness continuity test equipment design microcontroller-based aircraft module and atmega328p NRF24I01 + Wireless," *Int. J. Sci. Technol. Res. Arch.*, vol. 04, no. 2, pp. 1–11, 2023.
 - [24] I. Surya and J. Kustija, "Dashboard for Industrial Load Control and Remote Power Factor Correction Based on Adafruit 's MQTT," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 76–85, 2023.
 - [25] M. A. Rahman, "Remote monitoring of heart rate and ECG signal using ESP32," *Proceedings - 2021 4th International Conference on Advanced Electronic Materials, Computers and Software Engineering, AEMCSE 2021*. pp. 604–610, 2021.
 - [26] J. Kustija and N. Dwi Jayanto, "IoT Implementation for Development of Remote Laboratory (Case Study on Microscope Practice)," *Reka Elkomika*, vol. 3, no. 1, pp. 20–29, 2022.
 - [27] J. Kustija and Purnawan, "Solutions To Overcome Inequality in Laboratory Facilities and Laboratory Sharing in Similar Institutions Remote Laboratory Based," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 17, no. 3, pp. 1792–1809, 2022.
 - [28] J. Kustija and F. Andika, "Control - Monitoring System Of Oxygen Level, Ph, Temperature And Feeding in Pond Based on Iot," *REKA ELKOMIKA J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2021.
 - [29] T. Vince, "IoT implementation in remote measuring laboratory VMLab analyses," *J. Univers. Comput. Sci.*, vol. 26, no. 11, pp. 1402–1421, 2020.
 - [30] J. Kustija and A. N. G. S, "SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) as A Solution to Overcome Traffic Congestion in Big Cities," vol. 3, no. May, pp. 1–14, 2023.
 - [31] N. D. Jayanto and J. Kustija, "Remote desktop system in IoT and HTML 5-based virtual laboratory for HMI (Human Machine Interface) practicum and hydraulic simulation," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 830, no. 4, 2020.

-
- [32] J. Kustija, A. Ana, and N. D. W. I. Jayanto, "Web-based and thinvnc remote laboratory implementation to support students skills in mechatronics course to face the industrial revolution 4.0," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 2, pp. 1800–1813, 2021.
- [33] I. Surya and J. Kustija, "Implementation of the Electricity Load Monitoring Trainer and Internet of Things-based Power Factor Improvement," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 12, no. 11, pp. 206–215, 2022.
- [34] C. Palmer, "Virtual reality based digital twin system for remote laboratories and online practical learning," *Advances in Transdisciplinary Engineering*, vol. 15, pp. 277–283, 2021.
- [35] C. Mammas, "The VITO (pn 20150100457, 2015): Novel Training Kit to Limit Down the Learning Curve of the Upper GI Endoscopy Operations," *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1026, pp. 370–376, 2020.
- [36] E. Madrigal, "Going remote: Maintaining normalcy in our pathology laboratories during the COVID-19 pandemic," *Cancer Cytopathology*, vol. 128, no. 5, pp. 321–322, 2020.
- [37] A. Benali, M. Khat, and M. Denai, "Voltage profile and power quality improvement in photovoltaic farms integrated medium voltage grid using dynamic voltage restorer," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 11, no. 3, pp. 1481–1490, 2020.
- [38] M. D. Tobi and V. N. Van Harling, "Prototype Design of Wireless Electric Energy Transmission System and Distance Electric Recording Record System Using PZEM004T and NRF24L01 Module," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1783, no. 1, 2021.
- [39] made adi surya antara and W. A. Suteja, "Analisis Arus, Tegangan, Daya, Energi, Dan Biaya Pada Sensor Pzem-004T Berbasis Nodemcu Esp8266," *Patria Artha Technol. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 76–84, 2021.
- [40] P. Roy, S. Karmakar, P. Basak, S. Das, and S. Khatua, "Designing of a device for checking the polarity and continuity of any electrical and electronics circuit," *Irjet*, vol. 3, no. 7, pp. 170–172, 2016.
- [41] E. Haritman, Y. Somantri, D. Wahyudin, and E. Mulyana, "A Remote PLC Laboratory (RLab) for Distance Practical Work of Industrial Automation," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 306, no. 1, 2018.
- [42] J. Kustija, I. Surya, and D. Fahrizal, "Design of automated power factor monitoring and repair tool for industry in real time based on Internet of Things," *Int. J. Sci. Technol. Res. Arch.*, vol. 02, no. 03, pp. 0–7, 2022.