

PERBAIKAN FAKTOR DAYA OTOMATIS PADA JARINGAN 3 FASA BERBASIS IoT

Altezza Monterra Alfaterano; Hasyim Asy'ari, S.T., M.T

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Faktor daya adalah nilai perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu atau daya total (VA), atau bisa juga disebut nilai cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu. Pada dunia industri ini sangat diperhatikan karena ada sebuah peraturan dari PLN mengenai standar nilai faktor daya yang digunakan pada industri yaitu minimal 0,85 hingga mendekati 1. Penelitian ini bertujuan untuk membantu para industri kalangan bawah hingga atas untuk menyelesaikan masalah faktor daya yang telah diatur oleh PT. PLN. Kurang baiknya nilai faktor daya diakibatkan oleh beban induksi contohnya seperti motor listrik 3 fasa, apabila nilai faktor daya pada industri dibawah dari standar nilai yang ditentukan maka industri tersebut akan mendapatkan sebuah denda. Cara yang digunakan untuk memperbaiki faktor daya ini menggunakan kapasitor untuk membantu memenuhi nilai KVAR yang dibutuhkan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah memperbaiki faktor daya secara otomatis menggunakan sebuah sensor PZEM-004T untuk membaca nilai tegangan, arus, daya, dan faktor daya. Sensor pembacaan yang digunakan sebagai parameter nilai yang ditampilkan dan sebagai perbandingan untuk standar nilai perbaikan faktor dayanya. Cara membaca nilai arus pada jaringan listrik nya maka *microcontroller* yang mendapatkan informasi dari sensor akan mengaktifkan relay sebagai kontak bantu mengaktifkan kapasitornya. Kapasitor yang tersambung dalam satu jaringan otomatis memperbaiki KVAR pada jaringan listrik tersebut sehingga menghasilkan nilai faktor daya yang baik dan sesuai dengan keinginan. Hasil tersebut akan membantu industri terhindar dari denda yang diakibatkan dari kurang baiknya faktor daya yang dihasilkan. Selain itu alat ini juga bisa dipantau dari jarak jauh menggunakan bantuan Thingier.io sebagai platform monitoring IoT.

Kata Kunci: Motor induksi 3 fasa, faktor daya, kapasitor, PZEM-004T, *Internet of Things (IoT)*.

Abstract

Power factor is the comparison value between active power (watts) and apparent power or total power (VA), or it can also be called the cosine value of the angle between active power and apparent power. In the industrial world, this is very important because there is a regulation from PLN regarding the standard power factor value used in industry, namely a minimum of 0.85 to close to 1. This research aims to help lower to upper level industries to solve power factor problems that have been regulated by PT. PLN. Poor power factor values are caused by induction loads, for example 3-phase electric motors. If the power factor value in an industry is below the specified standard value, the industry will receive a fine. The method used to improve this power factor uses capacitors to help meet the required KVAR value. The method used in this research is to improve the power factor automatically using a PZEM-004T sensor to read voltage, current, power and power factor values. Sensor readings are used as parameter values displayed and as a comparison to standard power factor improvement values. The way to read the current value in the electrical network is that the microcontroller that gets information from the

sensor will activate the relay to help activate the capacitor. Capacitors connected to a network automatically improve the KVAR in the electrical network so that it produces a good power factor value that is in accordance with your wishes. These results will help the industry avoid fines caused by poor power factors produced. Apart from that, this tool can also detect remotely using the help of Thinger.io as an IoT monitoring platform.

Keywords: 3 phase induction motor, power factor, capacitor, PZEM-004T, Internet of Things (IoT).

1. PENDAHULUAN

Faktor daya merupakan sebuah perbandingan antara daya reaktif dengan daya semu. Nilai faktor daya dikatakan baik apabila nilainya diatas 0,85 dan paling tinggi mendekati 1 apabila faktor daya kurang dari nilai yang ditentukan maka daya yang digunakan oleh konsumen tidak bisa maksimal dan membuat kerugian untuk konsumen dan pemasok kerugian ini bisa berupa material(Malengret & Gaunt, 2020)(Hajar et al., 2020).

Dasar dari penelitian ini tentunya berdasarkan dari segitiga daya. Segitiga daya adalah segitiga trigonometri yang berfungsi untuk menghitung nilai daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Nilai dari daya aktif, daya reaktif, dan daya semu tentunya saling berhubungan pastinya nilai yang dihasilkan dari penilitan tentunya harus sama dengan dasar teori untuk mempermudah penelitian ini(Narang & Ingram, n.d.,2021)(Barlian et al., 2020).

Cara untuk memperbaiki faktor daya bisa dilakukan pemasangan beban kapasitif yaitu berupa kapasitor sebuah beban kapasitif murni karena pada dasarnya kapasitor adalah beban kapasitif murni yang bersifat *leading* dimana arus mendahului dari tegangannya. Sedangkan yang membuat faktor daya buruk itu adalah beban induktif *lagging* dimana tegangan mendahului arus nya. Contoh beban yang membuat faktor daya buruk yaitu ada motor listrik, koil, dan selenoida. Intinya beban induktif ada karena perubahan KVAR menjadi elektromagnetik(Bourgès et al., 2020)(Panggei et al., 2023)(Yanie & Matondang, 2022).

Pada penelitian ini ingin mengetahui bagaimana cara memperbaiki faktor daya secara otomatis dan mampu dipantau dari jarak jauh dengan manggunakan *IoT(Internet of Think)*. Penelitian ini dibuat untuk mengetahui dari hasil dasar teori yang telah ada dan mampu mendukung para industri memnuhi persyaratan dari PLN untuk mendapatkan nilai faktor daya pada minimal nilai 0,85 dengan perhitungan yang telah ditentukan. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Teknik Elektro UMS yang bertempat pada Lab STL (Sistem Tenaga Listrik) dengan pembuatan prototype yang dibuat bertujuan supaya menyelesaikan masalah faktor daya yang buruk dengan menggunakan percobaan beban motor listrik 3 fasa(Burhanudin Baharsah et al., n.d., 2023)(Baiyere et al., n.d.).

Sesor PZEM-004T adalah sebuah sensor untuk mendeteksi tegangan, arus, daya, dan faktor daya. Alat inilah yang nantinya menjadi sebuah parameter pengambilan nilai perbaikan faktor daya sebelum melakukan pembacaan dilakukan pengaturan pembacaan serta kalibrasi pada alat menggunakan alat

perbandingan *Clampmeter* 3 fasa standar pabrik. Karena pembacaan sensor ini dalam satu fasa perlu pembuatan rumus pada program supaya pembacaannya bisa menjadi 3 fasa(Jannah, n.d., 2022)(Amalia et al., 2021).

Metode yang digunakan untuk penelitian ini meliputi studi literatur, percobaan, perancangan, dan pengambilan data. Percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor daya yang baik dan mendapatkan nilai maksimal sebaik mungkin supaya penelitian ini mampu mewujudkan dari solusi permasalahan yang ada.

Dalam penentuan kapasitor juga perlu diperhitungkan dengan beban yang ada tentunya beban sebaik mungkin dibuat sama rata nilainya supaya dalam penentuan kapasitor bisa didapat dengan baik dan maksimal. Perhitungan kapasitor digunakan berfungsi untuk perbaikan faktor daya mampu memperbaiki secara maksimal dan beban tidak menjadi leading atau melebihi 1 dari standart maksimalnya(Pothisarn et al., 2023)(Toba et al., n.d., 2023).

Manfaat penelitian ini dibuat tentunya memperbaiki faktor daya pada industri selain itu meminimalisir kerugian dari konsumen dan pemasok. Kerugian yang diterima dari konsumen apabila faktor daya kurang dari standarnya maka mendapatkan denda dari PLN dan daya yang kurang maksimal menyebabkan tagihan listrik membengkak. Sedangkan dari pemasok akan mengalami kerugian alat yaitu trafo yang seharusnya bisa digunakan oleh banyak konsumen maka bisa digunakan hanya sedikit karena faktor daya yang kurang baik dari konsumen selain itu membuat pasokan listrik semakin boros karena banyak daya yang tidak bisa digunakan yang telah dikonsumsi oleh konsumen(Rudito et al., n.d., 2019)(Rahayu Kuwat Lestari et al., 2021).

2. METODE

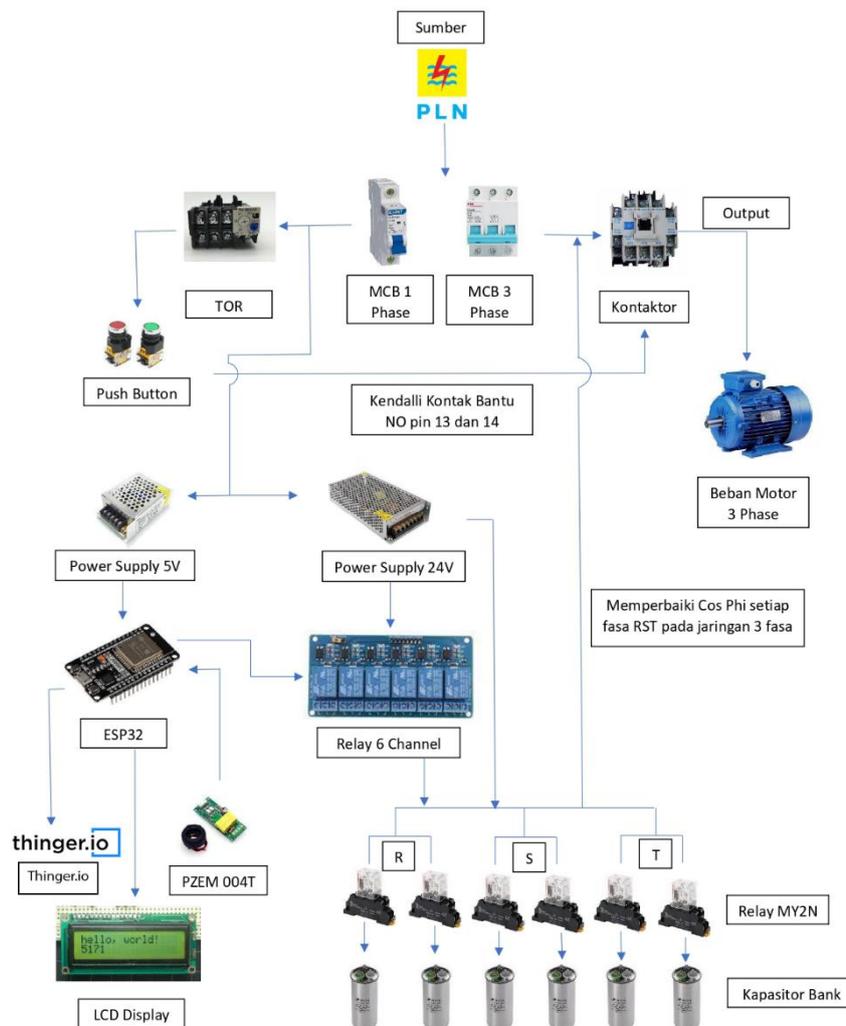
2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat dan bahan

Alat dan Bahan	Jumlah	Alat dan Bahan	Jumlah
Esp 32 Wemos D1	1	Terminal Listrik isi 6	3
PZEM-004T	3	Kapasitor 20 uF	1
Kontaktor	3	Kapasitor 12 uF	1
MCB 3 Fasa	1	Kapasitor 8 uF	1
MCB 1 Fasa	1	Kapasitor 5 uF	3
NYAF 4 x 2.5 mm (3 Meter)	1	Konektor Fasa	3 1

NYAF 1 x 2.5 mm (1 Rol)	1	LCD Display 20 x 4	1
TOR	1	Push Button	6
Relay Channel	6	LED Indikator	6
Relay Omron MY2N	6	Kabel Adaptor	1
PSU 24V	1	Motor 3 Fasa	3
Terminal Listrik isi 12	3		

2.2 Perancangan Diagram Alir Sistem

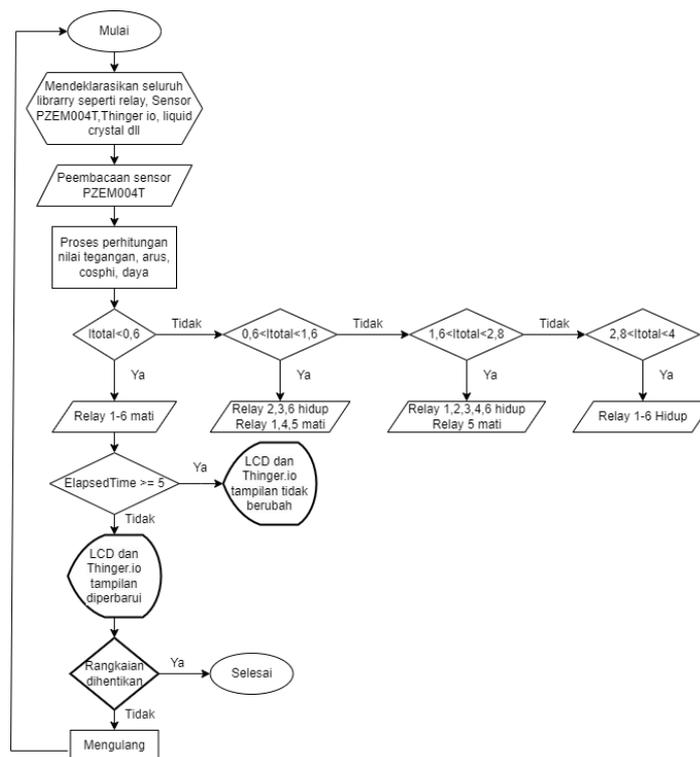


Gambar 1. Diagram Alir Sistem

Gambar mengenai alur rangkaian bekerja dimulai pada sumber PLN yang menggunakan sumber 3 fasa. Pertama akan dijelaskan pada rangkaian kontrol yang menggunakan salah satu fasa

pada sumber 3 fasa dihubungkan dengan *TOR (Thermal Overload Relay)* yang disambungkan pada pin 95 dan 96 menuju ke *button* setelah itu disambungkan dengan kontaktor pada pin 13 dan 14 yang dimana ini akan menjadi kontrol untuk mengaktifkan atau mengoperasikan motor 3 fasa. Lalu untuk sensor dan kontrol otomatisnya menggunakan sumber satu fasa yang dihubungkan ke sumber 5 V dan 24 V, dihubungkan dengan *PSU (Power Supply)* supaya aliran listrik mampu diturunkan tegangannya dari 220 V turun hingga 5V dan 24 V hal ini dilakukan supaya beban mampu beroperasi sesuai dengan kapasitasnya. Sumber 5V digunakan untuk memberikan daya untuk *microcontroller* Wemos D1 ESP 32, setelah itu beberapa beban dihungkan dengan *microcontroller* seperti PZEM-004T sebagai sensor pembaca tegangan, arus, daya, dan faktor daya. Setelah itu dihubungkan dengan relay 6 channel sebagai alat bantu untuk mengatur kontrol otomatis pada kapasitornya, sisa pin lainnya digunakan untuk pembacaan LCD Display 20 x 4. Untuk pembacaan hasil keluaran nilai sensornya, mikrokontroler juga dihubungkan secara online dengan WiFi untuk memberikan penampilan pemantauan secara online pembacaan nilai dari sensornya. Relay 6 *channel* dan Relay MY2N diberikan pemicu tegangan 24 V untuk mengaktifkan Relay MY2N untuk mengoperasikan kontrol otomatis pada kapasitornya. Pada listrik 3 fasa dihubungkan pada pin 1, 3, 5 kontaktor sebagai pasokan daya untuk motor 3 fasa sebagai beban

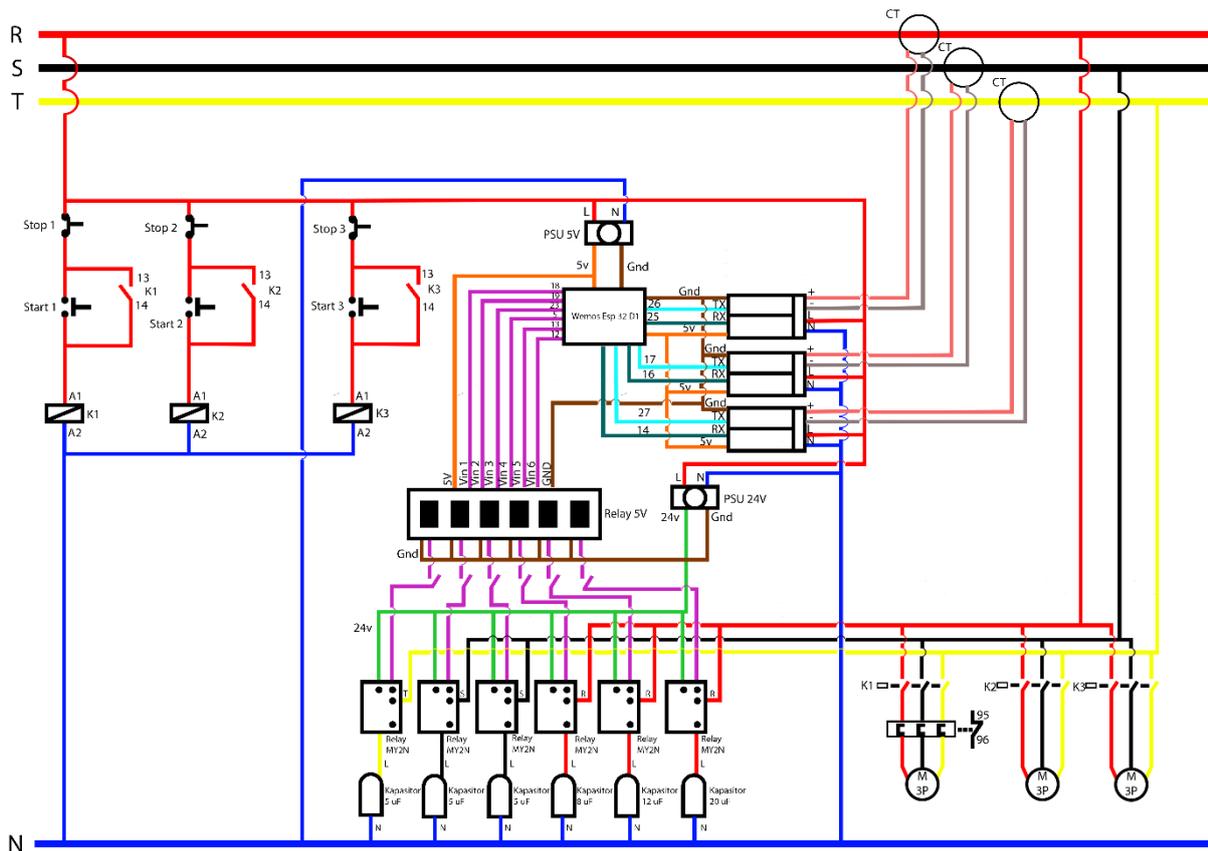
2.3 Perancangan Software (Flowchart)



Gambar 2. Flowchart ESP32 Wemos D1 dan Monitoring Thingier.io IoT

Diagram alur logika pemrograman kontrol otomatis dan pemantauan *IoT* yang digunakan. Percobaan membuat program untuk pembacaan sensor PZEM-004T dan membuat kalibrasi perhitungan supaya nilai yang didapat sesuai dengan hasil nilai kalibrasi dengan alat Clampmeter 3 fasa. Setelah terbaca, terproses, dan mendapatkan nilai yang sesuai program akan menjalankan percabangan untuk membaca golongan nilai arus yang nantinya penggolongan ini berfungsi untuk mengaktifkan berapa nilai kapasitor yang diinginkan untuk menyesuaikan hasil nilai faktor dayanya. Setelah beberapa hal tersebut berhasil akan menampilkan nilainya pada *LCD Display* dan *Thinger.io monitoring IoT*. Program akan berjalan terus berulang hingga rangkaian diberhentikan maka sistem juga akan berhenti.

2.4 Wiring Diagram



Gambar 3. Wiring Diagram

Alur pemasangan jalur untuk merangkai dan menjalankan rangkaian pada alat ini. Terdapat beberapa rangkaian dengan alur kabel yang sudah digunakan untuk memudahkan pembacaan dan pemasangan, selain itu juga sudah ada keterangan untuk memberikan detail bagian pin yang saling terhubung nantinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 PENGOLAHAN DATA

Dari data yang didapat dari sensor PZEM-004T hendak langsung diproses oleh program pengolah data untuk mendapatkan hasil keluaran dari motor listrik tiga fasa yaitu :

3.1.1 Pengolahan Data Daya Motor

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos(\varphi). \quad (1)$$

Keterangan :

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

$\cos(\varphi)$ = Faktor Daya

3.1.2 Pengolahan Data Faktor Daya

$$\cos(\varphi) = P / (\sqrt{3} \times V \times I). \quad (2)$$

Keterangan :

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

$\cos(\varphi)$ = Faktor Daya

3.1.3 Pengolahan Data Arus

$$I = P / (\sqrt{3} \times V \times \cos(\varphi))$$

Keterangan :

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

$\cos(\varphi)$ = Faktor Daya

3.1.4 Pengolahan Data Kebutuhan Kapasitor

$$\text{Sin}_1 = \sqrt{(1-\text{Cos}\varphi_1^2)} \quad (3)$$

$$\text{Tan } \varphi_1 = \text{Sin}\varphi_1 / \text{Cos}\varphi_1 \quad (4)$$

$$\text{Sin}_2 = \sqrt{(1-\text{Cos}\varphi_2^2)} \quad (5)$$

$$\text{Tan } \varphi_2 = \text{Sin}\varphi_2 / \text{Cos}\varphi_2 \quad (6)$$

$$\text{Qr} = P \times (\text{Tan } \varphi_1 - \text{Tan } \varphi_2) \quad (7)$$

$$\text{Qc} = (\text{Vc}^2 / \text{V}^2) \times \text{Qr} \quad (8)$$

Keterangan :

P = Daya Aktif

Sin₁ = Nilai sinus awal

Sin₂ = Nilai sinus yang dituju

Cos φ_1 = Cosinus Awal

Cos φ_2 = Cosinus yang dituju

Tan φ_1 = Tangen Awal

Tan φ_2 = Tangen yang dituju

Qr = Daya reaktif yang harus dipenuhi

Qc = Daya reaktif kapsaitor berdasarkan tegangan kerja

Vc = Tegangan kapasitor

V = Tegangan kerja listrik

3.1.5 Pengolahan Data Merubah KVAR ke uF

$$C = Q / (2 \times 3.14 \times F \times \text{V}^2). \quad (9)$$

Keterangan :

C = Kapsitor dalam satuan uF

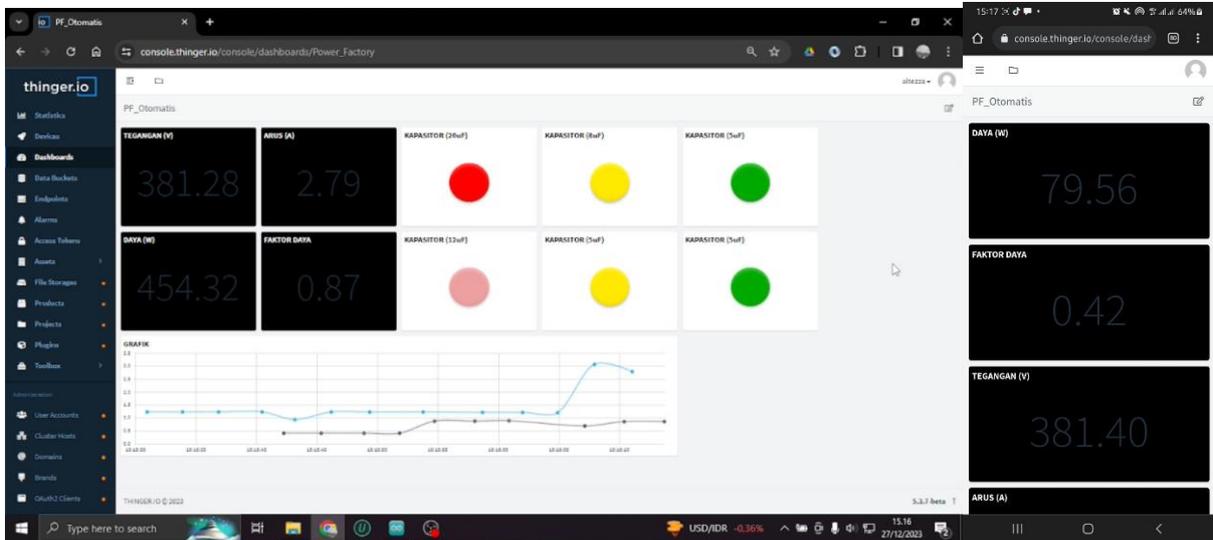
Q = Daya Reaktif (Dalam satuan kVAR)

F = Frekuensi

V = Tegangan

3.2 Pengaplikasian Alat Pada Motor Listrik Laboratorium Teknik Elektro

Pengaplikasian alat perbaikan faktor daya ini dilakukan pada Laboratorium Sistem Tenaga Listrik Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta tentunya percobaan ini dilakukan dengan pengawasan penuh dan dilakukan dengan hati-hati dan *safety*. Percobaan alat pada tempat yang dekat dengan sumber tiga fasa dekat trainer PMLDI.



Gambar 4. Tampilan Pemantauan Pada *Dashboard Desktop* dan *Smartphone*



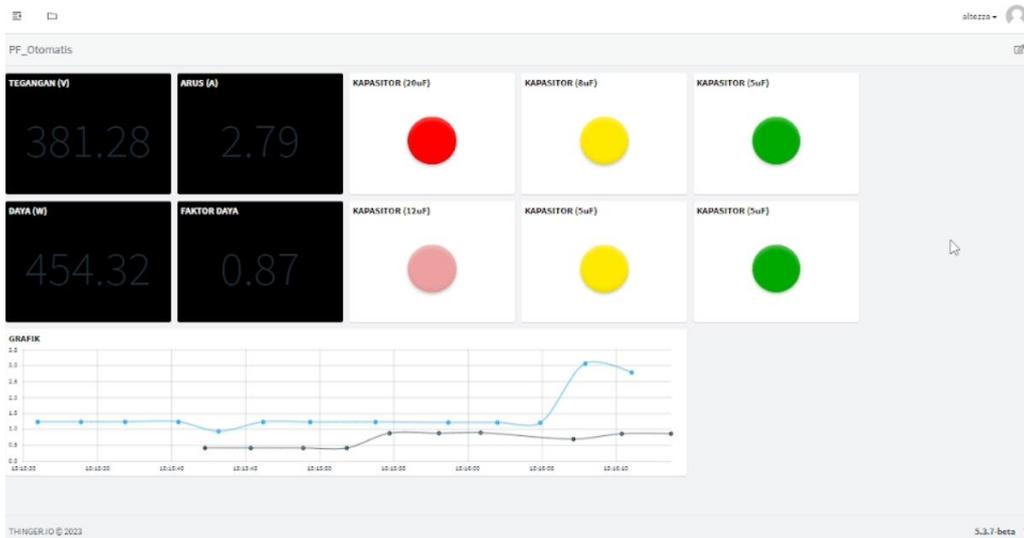
Gambar 5. *Hardware & Pengaplikasian alat pada Motor Listrik*

3.3 Pengujian dan Pembahasan

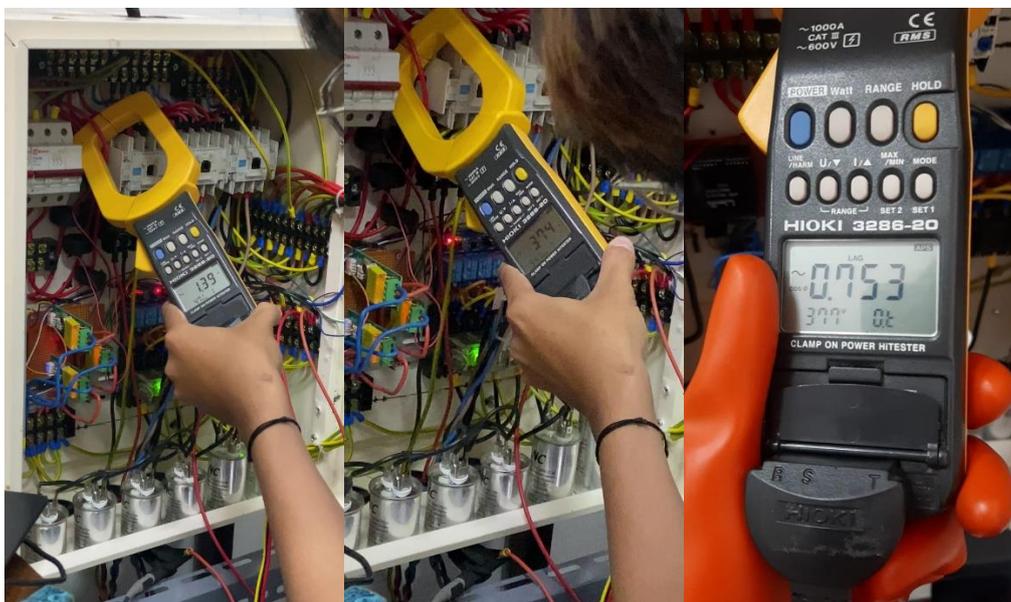
3.3.1 Pengujian Sensor

Uji coba sensor pada alat ini bertujuan untuk mengukur nilai tegangan, arus, faktor daya, dan daya pada motor listrik secara akurat. Supaya hasil pengukuran akurat disini membuat perbandingan pengukuran dari sensor PZEM-004T dengan alat ukur pabrikan Clampmeter 3 fasa.

Nilai *error* yang terdapat pada uji coba sensor merupakan nilai perbedaan pembacaan dari sensor PZEM-004T dengan hasil pembacaan alat ukur pabrikan Clampmeter 3 fasa. Setelah itu nilai *error* yang didapat pada hasil pembacaan masing-masing alat akan dihitung rata-ratanya



Gambar 6. Pengukuran dengan sensor PZEM-004T

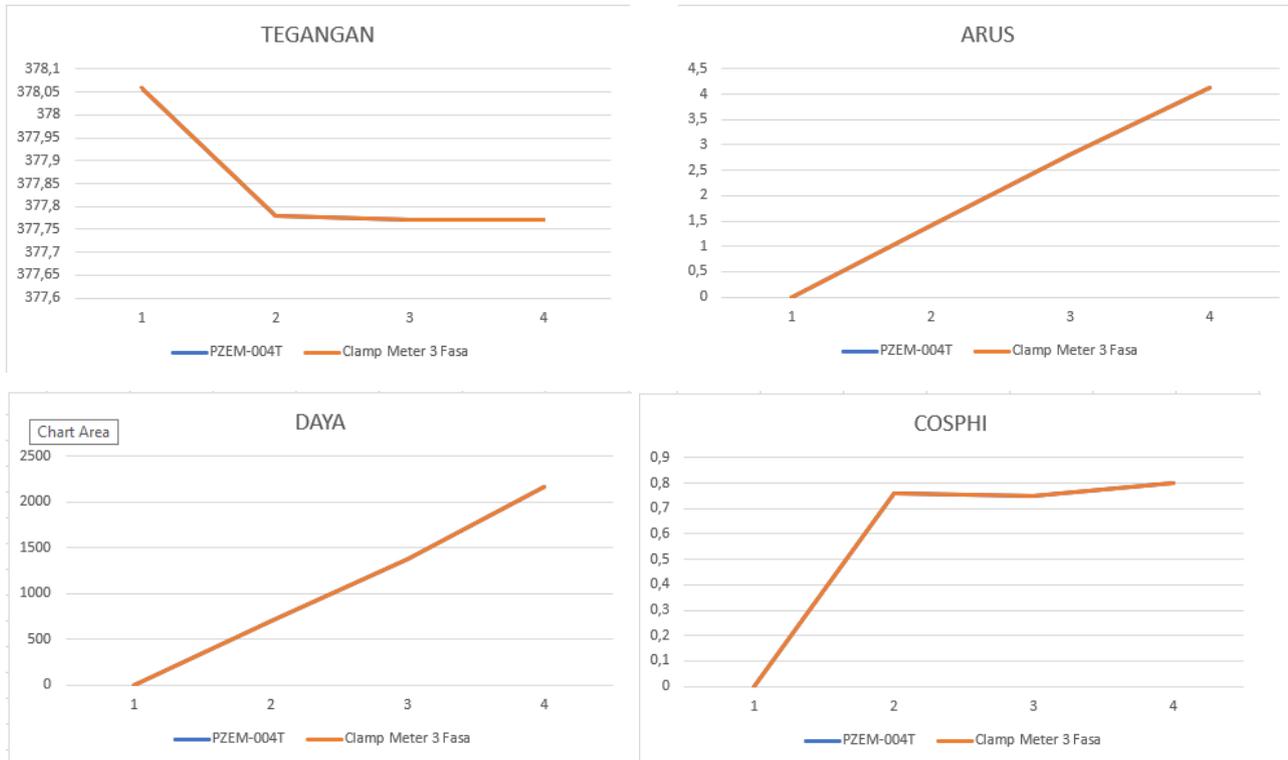


Gambar 7. Pengukuran dengan alat pengukur Clampmeter 3 fasa pabrikan

Tabel 2. Hasil Pengukuran sebelum perbaikan faktor daya dengan sensor PZEM-004T dengan alat pengukur Clampmeter 3 fasa pabrikan

NO	PZEM-004T	Clamp Meter 3 Fasa
----	-----------	--------------------

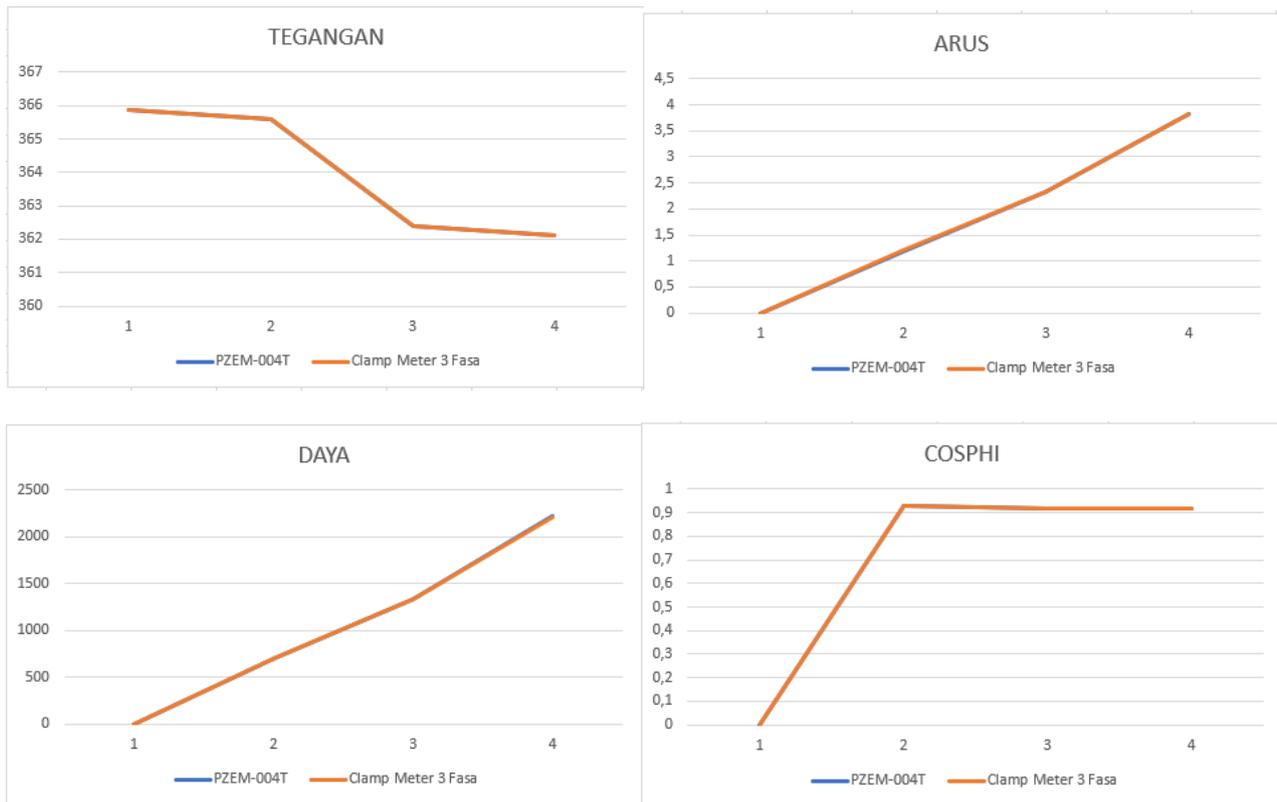
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Cos(ϕ)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Cos(ϕ)
1	378,06	0	0	0	378,06	0	0	0
2	377,78	1,42	706,15	0,76	377,78	1,41	701,18	0,76
3	377,77	2,80	1374,06	0,75	377,77	2,81	1374,06	0,75
4	377,77	4,13	2161,86	0,80	377,77	4,13	2161,86	0,80



Gambar 8. Grafik hasil pengukuran sebelum perbaikan menggunakan sensor PZEM-004T dengan alat ukur pabrik Clampmeter 3 fasa

Tabel 3. Hasil pengukuran setelah perbaikan dengan sensor PZEM-004T dengan alat pengukur Clampmeter 3 fasa pabrik

NO	PZEM-004T				Clamp Meter 3 Fasa			
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Cos(ϕ)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Cos(ϕ)
1	365,86	0	0	0	365,86	0	0	0
2	365,6	1,19	699,99	0,93	365,6	1,2	706,69	0,93
3	362,4	2,32	1339,92	0,92	362,4	2,32	1339,75	0,92
4	362,1	3,82	2217,1	0,92	362,1	3,83	2205,91	0,92



Gambar 9. Grafik hasil pengukuran setelah perbaikan menggunakan sensor PZEM-004T dengan alat ukur pabrik Clampmeter 3 fasa

Tabel 4. Hasil penggunaan kebutuhan kapasitor untuk perbaikan

NO	Kapasitor (uF)	Cos(ϕ) Awal	Cos(ϕ) Akhir
1	0	0	0
2	25	0,76	0,93
3	50	0,75	0,92
4	55	0,8	0,92

Tabel 5. Kesimpulan kinerja antara sensor PZEM-004T dengan alat ukur pabrik Clampmeter 3 fasa

Hasil	Hasil Rata-rata PZEM-004T				Hasil Rata-rata Clamp Meter 3 Fasa			
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Cos(ϕ)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Cos(ϕ)
Rata-rata	363,99	1,83	1064,25	0,69	363,99	1,83	1063,08	0,69

Error Tegangan (V)	0
Error Arus (A)	0
Error Daya (W)	1,165
Error Cos(φ)	0
Error Rata-rata(%)	0,29

Dari hasil uji perbandingan nilai pengukuran sensor PZEM-004T dengan alat pengukur pabrik Clampmeter 3 fasa telah didapatkan hasil rata-rata error sebesar 0,29% hal ini disebabkan karena perbedaan nilai yang diakibatkan perbedaan nilai pada arus yang berpengaruh kepada nilai daya namun hasil *error* ini tidak terlalu besar juga hasilnya.

4. PENUTUP

Berdasarkan pada pengambilan data dan percobaan pada Tugas Akhir kali ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dalam proses pembuatan pemecahan jaringan listrik tiga fasa ke satu fasa untuk perbaikan faktor daya ini ketika dipasang paralel rangkaian kapasitornya ketika masuk jaringan motor hasil arusnya akan tetap sama dikarenakan pada rangkaian motor telah dipasang seri sehingga menambah nilai tegangan sedangkan arusnya sama.
2. Setiap harinya terdapat perubahan daya dan nilai harinya dipengaruhi oleh penggunaan beban lain seperti kalau lab sedang ramai maka akan berpengaruh kerangkaian dan menyebabkan jatuh tegangan dan arusnya.
3. Pemasangan posisi CT pada sensor PZEM-004T mempengaruhi hasil nilai yang dibacanya
4. Dalam perancangan pembacaan 3 sensor PZEM-004T dalam satu *microcontroller* WEMOS D1 ESP 32 sekaligus tidak langsung terbaca semua sehingga harus mampu memodifikasi pembacaan RX TX nya secara manual
5. Pemantauan alat menggunakan IoT memerlukan jaringan internet yang benar-benar lancar dan bagus

PERSANTUNAN

Puja dan puji syukur yang saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penelitian yang saya kerjakan dapat dikerjakan hingga selesai dengan lancar. Selain itu juga saya tak lupa berterima kasih kepada :

1. Orang tua yang telah mendukung, mendoakan, dan memberikan saya fasilitas penuh selama berkegiatan. Semoga dengan selesainya tugas akhir ini bisa menjadi jalan untuk saya meraih kesuksesan dan impian saya yang nantinya kebaikan orang tua bisa saya balaskan.
2. Saudara, teman, dan keluarga yang telah memberika saya dukungan penuh kepada saya sampai detik ini juga.
3. Bapak Hasyim Asy'ari, S.T., M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir saya yang senantiasa telah memberikan bimbingan, semangat, serta dukungan kepada saya hingga tugas akhir ini bisa saya buat dan selesaikan dengan baik. Atas kebaikan bapak saya doakan keberkahan selalu untuk hidup bapak dan keluarga
4. Seluruh asisten laboratorium teknik elektro yang telah menyediakan tempat dan dukungannya sampai detik ini

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S., Andari, R., & Nofrizal, Y. (2021). *Sistem Monitoring Penggunaan Beban Pada Proses Pengosongan Baterai 100WP Menggunakan Sensor PZEM-004T*. *Jurnal Amplifier Mei*, 11. <http://dx.doi.org/10.36275/stsp.v22i1.461>
- Baiyere, A., Topi, H., Venkatesh, V., Wyatt, J., Design, R., & Donnellan, B. (n.d.). *C ommunications of the A I S ssociation for nformation ystems Internet of Things (IoT)-A Research Agenda for Information Systems*. <https://ssrn.com/abstract=3844214>
- Barlian, T., Apriani, Y., Savitri, N., & Hurairah, M. (2020). *Analisis Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan*. *JURNAL SURYA ENERGY*, 4(2). <https://doi.org/10.32502/jse.v4i2.2562>
- Bourgès, C., Sato, N., Baba, T., Baba, T., Ohkubo, I., Tsujii, N., & Mori, T. (2020). *Drastic power factor improvement by Te doping of rare earth-free CoSb₃-skutterudite thin films*. *RSC Advances*, 10(36), 21129–21135. <https://doi.org/10.1039/d0ra02699a>
- Burhanudin Baharsah, R., Budimansyah Purba, A., Mulyana, J., & Indra Grahana, C. (n.d.). *Jipaktif Nusantara Jurnal Inovasi Pengembangan Aplikasi dan Keamanan Informasi Nusantara Penerapan Teknologi Internet Of Think (IoT) Untuk Smart Green House Berbasis Web Server dan Android Controller*. In *JIPAKIF* (Vol. 1). <http://jurnal.edunovationresearch.org/>
- Hajar, I., Megi Rahayuni, S., & Artikel, I. (2020). *Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Unit Citeureup*. *Jurnal Ilmiah Setrum*, 9(1), 8–16. <http://dx.doi.org/10.36055/setrum.v9i1.8111>

- Jannah, M. (n.d.). *Electrical Energy Monitoring and Control System in Boarding Rooms Based on The Internet of Things*. <https://doi.org/10.52088/ijesty.v1i4.335>
- Malengret, M., & Gaunt, C. T. (2020). *Active Currents, Power Factor, and Apparent Power for Practical Power Delivery Systems*. *IEEE Access*, 8, 133095–133113. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010638>
- Narang, D., & Ingram, M. (n.d.). *Topic Refresher: The Power Triangle*. www.standards.doe.gov/standards-documents/1000/1011-bhdbk-
- Panggei, Y., Rombe Pasalli, Y., Yudo, F., Paisey, S., & Rehiara, A. B. (2023). *Power factor correction for energy efficient at public hospital of Manokwari*. *JIMESE*, 1(1), 20–34. <https://doi.org/10.61511/jimese.v1i1>
- Pothisarn, C., Lertwanitrot, P., & Ngaopitakkul, A. (2023). *A phase diagram approach to the detection and location of faulty capacitor units in A 115-kV capacitor bank based on unbalanced current arguments*. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14589>
- Rahayu Kuwat Lestari, T., Nugroho, B., Kristiyono, R., Teknik Elektronika, J., Tinggi Teknologi, S., Jl Raya Solo Baki Km, S., & Grogol SoloBaru, K. (2021). *Purwarupa Perbaikan Faktor Daya Listrik Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Untuk Listrik Rumah Tangga dan Home Industri*. 2021–2084. *Jurnal Teknika* <https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte>
- Rudito, H., Bini, T., Elektro, J. T., Negeri, P., & Pandang, U. (n.d.). *Alat Koreksi Faktor Daya Pada Instalasi Listrik Rumah Tinggal 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535*. 16(1). <http://dx.doi.org/10.31963/elekterika.v3i1.2011>
- Toba, F., Suoth, V. A., Kolibu, S., Paulus Pandara A A Program, D., Fisika, S., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (n.d.). *Analisis Perbandingan Daya Listrik saat Sebelum dan Sesudah Variasi Kapasitor pada Beban listrik Rumah Tangga*. In *JURNAL MIPA* (Vol. 13, Issue 1). <https://doi.org/10.35799/jm.v13i1.48968>
- Yanie, A., & Matondang, I. (2022). *Pengaruh Beban Induktif Terhadap Sistem Tenaga Listrik*. In *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol. 17, Issue 2). Online. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but>