

Sistem Monitoring dan Kendali Tegangan 3 Phase Pompa Air PDAM Berbasis ESP32

Herwin Piter^{1*}, Muhammad Zainal², A. Muhammad Syafar³

^{1*2 3}*Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*

*Email : herwinpiter@gmail.com

ABSTRACT: Currently PDAM 3-phase water pump voltage monitoring is still manual, handling problems such as damage, loss of phase voltage, is difficult to detect quickly. However, this research aims to make it easier and save time in monitoring the voltage and current on the panel, especially when the voltage on one of the phases does not match the specified parameters. This research uses an experimental method, by testing the function of a series of tools using ESP32, PZEM 004T Sensor, I2C LCD Module, SSR Module, Buzzer, and the Telegram Bot application as data receivers. The research results show that this tool can identify problems that occur on the panel. The results of the measurement data for voltage readings on measuring instruments and sensors show an error rate in the R phase = 0.34%, S phase = 0.32%, T phase = 0.52% and comparison results in the current phase R = 6.7%, S phase = 2.3% T phase=3.56%. The sensors used to read voltage and current have a low error rate and are good to use.

Keywords: 3 Phase Electrical Monitoring System, ESP32, PZEM004T, Telegram Bot.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman telah mempengaruhi kemajuan teknologi yang saat ini terdapat pada berbagai produk dan peralatan listrik (Pawelloi et al., 2021). Salah satu penerapan perkembangan teknologi di era modern yang saat ini sedang menjadi tren adalah teknologi pemantauan jarak jauh (Athallah Muh Yazid dkk, 2022). Dalam dunia industri dan komersial, sistem tenaga listrik tiga fasa merupakan tulang punggung penyedia energi yang andal dan efisien (Budi Yanto dkk, 2018). Sistem ini banyak digunakan karena kemampuannya untuk menyediakan daya yang lebih besar dengan stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan sistem satu phase (Alauddin et al., 2023). Tegangan yang tidak stabil atau fluktuatif dapat menyebabkan berbagai masalah, mulai dari kerusakan peralatan, penurunan efisiensi, hingga gangguan operasi yang dapat berakibat pada kerugian finansial yang signifikan (Rizal & Prasetyo, 2021).

ESP32 adalah sebuah modul mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, terkenal karena kemampuannya dalam *konektivitas nirkabel*, termasuk *Wi-Fi* dan *Bluetooth* (Yuniarto et al., 2023). Dengan *prosesor dual-core* yang kuat dan dukungan untuk berbagai antarmuka seperti GPIO, SPI, I2C, dan UART, ESP32 menawarkan fleksibilitas tinggi untuk proyek-proyek elektronik dan *Internet of Things (IoT)* (Nurhadi et al., 2021). Kemampuannya untuk mengelola banyak tugas secara bersamaan membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan komunikasi *nirkabel*

yang handal dan performa tinggi. Selain itu, ESP32 didukung oleh komunitas yang aktif dan berbagai sumber daya perangkat lunak yang membuat pengembangan menjadi lebih mudah dan cepat (Muttaqi, 2023).

PZEM-004T adalah modul sensor multifungsi yang dirancang untuk mengukur berbagai parameter listrik seperti tegangan, arus, daya aktif, dan energi pada sistem AC (Rijanto & Leksono, 2020). Modul ini menggunakan komunikasi serial RS485 untuk mentransfer data dengan presisi tinggi ke mikrokontroler atau sistem pemantauan, menjadikannya alat yang sangat berguna dalam aplikasi pemantauan energi dan manajemen daya (Zainal et al., 2023). Dengan akurasi tinggi dan kemudahan integrasi, PZEM-004T memungkinkan pengguna untuk memantau dan menganalisis konsumsi listrik secara *real-time*, sehingga membantu dalam pengelolaan energi yang lebih efisien dan pengurangan biaya operasional (Diponegoro,dkk. 2023).

Sistem kendali menggunakan Telegram adalah solusi yang efisien untuk mengelola dan mengontrol berbagai perangkat dan aplikasi melalui antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan. Dengan memanfaatkan Telegram bot dan API-nya, pengguna dapat mengakses fungsionalitas canggih dan berinteraksi dengan sistem secara langsung (Mulyanto, 2020). Meskipun memiliki banyak kelebihan, penting untuk mempertimbangkan aspek keamanan dan memastikan bahwa sistem dirancang dengan mempertimbangkan proteksi data dan akses yang tepat.

Berdasarkan literatur diatas maka penelitian ini berfokus pada perancangan sistem monitoring tegangan tiga phase, dimana sensor akan membaca nilai dari tegangan dan arus ketiga phase, kemudian mengirimkan data hasil pembacaan melalui aplikasi telegram bot. Bengitupuan juga untuk kendali *on/off* pada pompa, perintah akan dikirim melalui apalikasi telegram bot.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang menggunakan metode eksperimen untuk menguji fungsi rangkaian alat sesuai dengan referensi dari studi pustaka yang telah dikumpulkan. Penelitian dilakukan selama 3 bulan pada tahun 2024 di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare, dan Sumur Dalam PAM Tirta Karajae. Mencakup kegiatan yaitu perancangan alat, pengadaan alat dan bahan, pemasangan dan instalasi alat, pengujian, serta penyusunan laporan akhir.

2.2. Alat Dan Bahan

Dalam pembuatan sistem monitoring tegangan tiga phase dan kendali *on/off* pompa di butuhkan beberapa alat dan bahan yang telah dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu *hardware* dan *software*.

2.2.1. Perangkat Keras (*Hardware*)

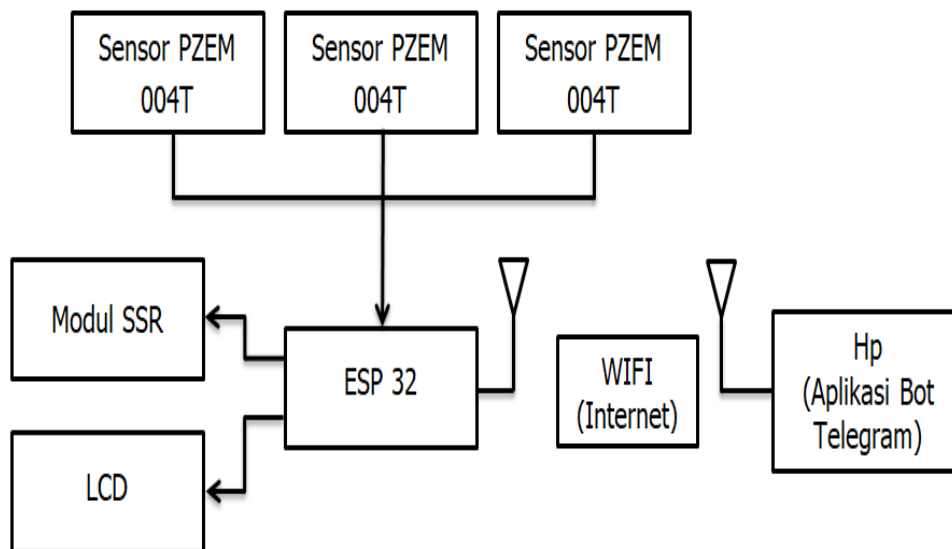
Perangkat keras (*hardwere*) yang terdiri dari beberapa komponen dan modul elektronik, yaitu ESP32, Kontaktor Maknet, Sensor PZEM 004T, Power Supply Hi-link

HLK-10M05, MCB, Modul LCD dan IIC/I2C, Modul SSR (*Solid state Relay*), UPS Mini 5V, *Buzzer*, dan *Pilot lamp*.

2.2.2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan pada penelitian ini, yaitu aplikasi arduino IDE yang berfungsi untuk membuat program pada ESP32, aplikasi telegram yang berfungsi sebagai penerima data dan sebagai kontrol on/off pada panel.

2.3. Perancangan Sistem



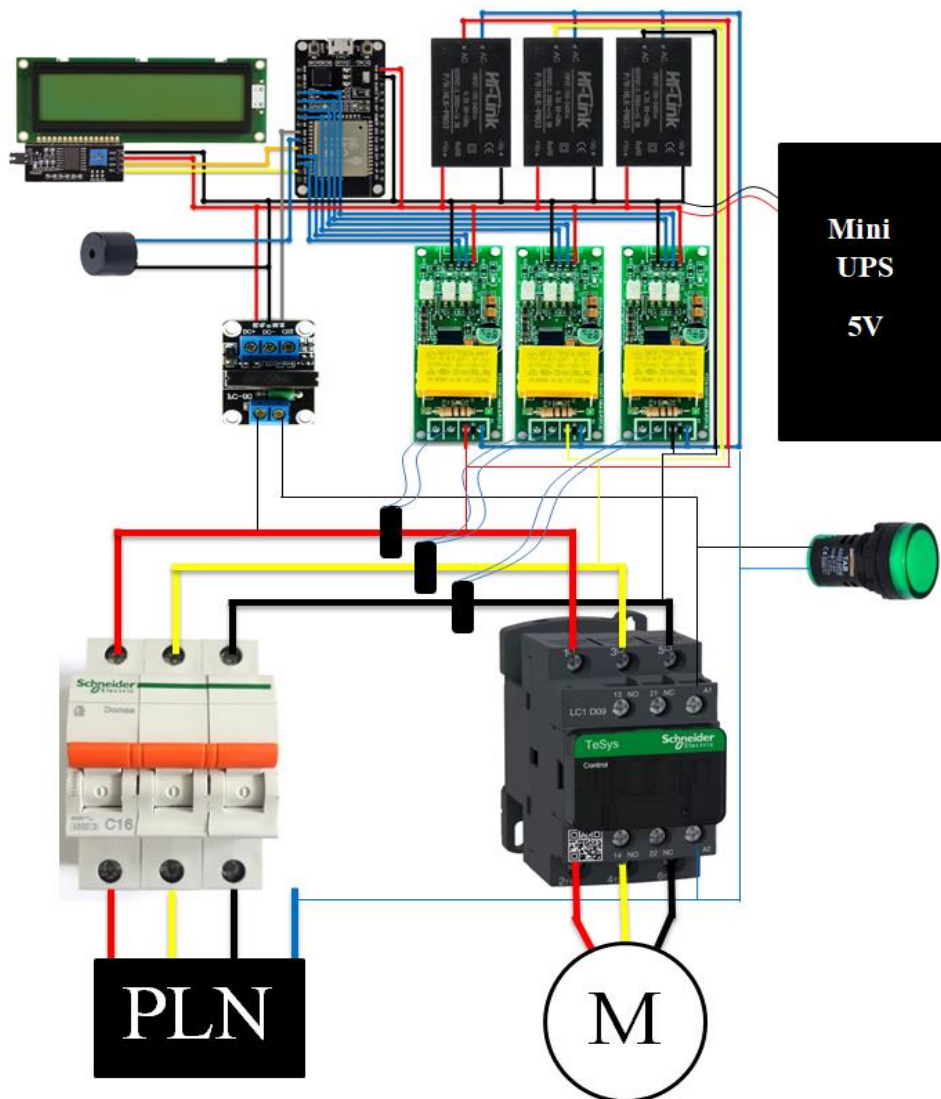
Gambar 1. Blok Diagram Sistem Monitoring Tegangan 3 phase

Blok diagram di atas menggambarkan sistem monitoring tegangan 3 phase. Sistem ini menggunakan sensor PZEM-004T sebagai input untuk mengukur tegangan dan arus pada listrik 3 phase. Data yang dibaca oleh sensor akan diproses oleh ESP32. ESP32 kemudian mengirimkan hasil pengukuran ke LCD dan aplikasi Telegram di handphone. Untuk mengontrol panel pompa, bot Telegram akan mengirimkan perintah *On/Off* ke ESP32. ESP32 memproses perintah tersebut dan mengirimkan sinyal ke modul SSR untuk mengendalikan aliran listrik ke koil kontaktor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Berikut adalah desain skematik pada keseluruhan rangkaian sistem monitoring tegangan tiga phase dan kendali *On/Off* pompa:



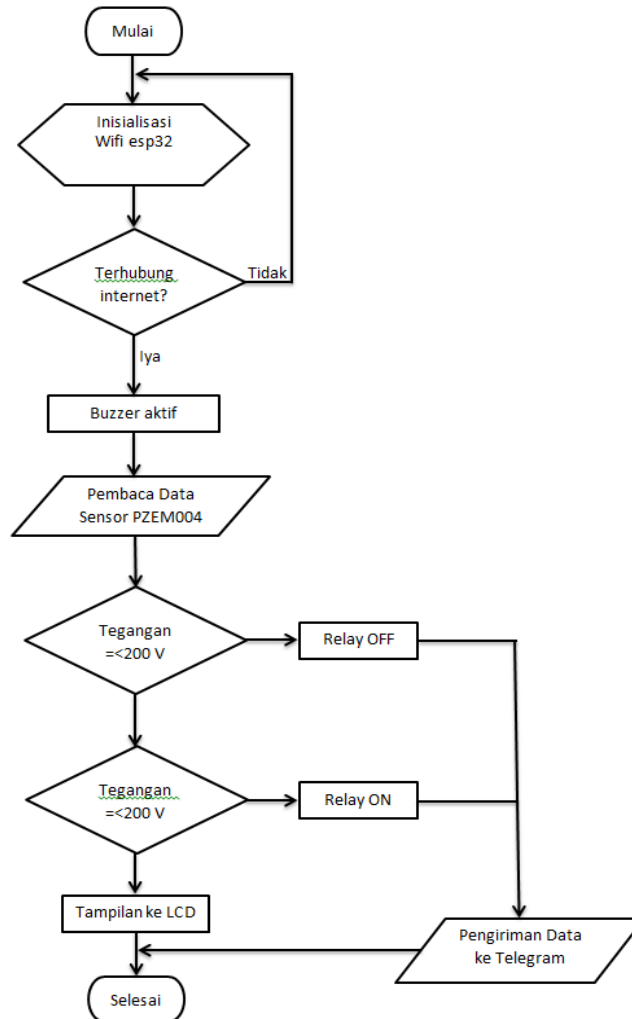
Gambar 2. Rangkaian Sistem Monitoring Tegangan Tiga Phase

Komponen perangkat keras yang digunakan pada gambar 2. terdiri dari:

1. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama dalam memberi perintah pada sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan, pada relay yang digunakan untuk memutus arus listrik, dan pengiriman data ke aplikasi telegram.
2. Sensor PZEM04T berfungsi sebagai pengukur tegangan dan arus
3. Modul SSR (*Solid state Relay*) berfungsi sebagai pemutus arus ke koil kontaktor.
4. Modul LCD dan IIC/I2C berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan tegangan dan arus.
5. Power Supply Hi-link HLK-10M05 berfungsi untuk merubah tegangan AC ke DC 5v.
6. *Buzzer* berfungsi sebagai penanda ketika jaringan internet telah terhubung ke alat.

7. Kontaktir maknet berfungsi sebagai pemutus arus listrik tiga fasa yang mengalir ke pompa.
8. Mini UPS berfungsi sebagai penyuplai tegangan ke alat ketika terjadi pemadaman listrik PLN.
9. Pilot lamp berfungsi sebagai indikator bahwa pompa aktif atau menyala.

3.2. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)



Gambar 3. *Flowchat* Sistem Monitoring Tegangan Tiga Phase dan Kendali *On/Off* Pompa

Gambar 3. menunjukan alur program, yang diawali dengan mulai sistem, kemudian inisialisasi *wifi* ESP32, apabila tidak terdeteksi maka akan kembali keproses sebelumnya, karena sistem ini menggunakan koneksi local IP. Setelah *wifi* terhubung dengan ESP32 maka *buzzer* akan aktif. Kemudian pembacaan data sensor PZEM004, jika hasil tegangan yang dibaca oleh sensor lebih kecil dari 200V maka *relay* akan *off*, tetapi jika pembacaan tegangan pada sensor lebih besar dari 200V maka *relay on*, kemudian kondisi pada *relay* akan dikirimkan ke aplikasi telegram. Hasil dari pembacaan sensor akan di tampilkan pada LCD dan selesai.

3.3 Pengujian Sistem

Pada bagian ini membahas hasil pengujian dan analisa dari sistem monitoring tegangan tiga phase dan kendali *on/off* pompa air PDAM berbasis ESP32 menggunakan telegram, guna mengetahui kinerja ataupun kendala sistem yang telah dirancang. Pengujian dan analisa ini dilakukan, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak. Adapun bentuk pengujiannya yang dilakukan pada sistem monitoring dan kontrol meliputi pengujian sensor tegangan AC, pengujian sensor arus AC, dan pengujian kendali *on/off* pompa yang di kontrol melalui telegram.

3.3.1. Pengujian Tegangan Tiga Phase

Pengujian tegangan tiga phase ini dilakukan dengan cara mengukur besar tegangan disetiap phasanya menggunakan alat ukur multimeter dan akan dibandingkan dengan hasil dari pembacaan sensor.

Tabel 1. Pengujian Tegangan Tiga Phase

No.	Pembacaan Sensor (V)			Pembacaan Alat Ukur (V)			Persentase Error (%)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1.	230	229	228	230,8	229,8	228,9	0,3	0,3	0,4
2.	233	232	230	233,3	232,4	231,4	0,1	0,2	0,6
3.	224	220	222	225,6	221	223,2	0,7	0,5	0,5
4.	225	226	222	225,4	226,6	223	0,2	0,3	0,5
5.	220	231	214	220,9	231,8	215,4	0,4	0,3	0,6
Error Minimum							0,1	0,2	0,4
Error Maksimum							0,7	0,5	0,6
Rata-rata Error							0,34	0,32	0,52

Berdasarkan tabel diatas, perhitungan persentase *error* dan presentase rata – rata *error* didapat pada persamaan berikut ini :

$$Error(\%) = \frac{(V_{Input} - V_{output})}{V_{Input}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$Rata - rata Error(\%) = \frac{Jumlah\ Nilai\ Error}{Banyaknya\ Error\ yang\ Terjadi} \dots \dots \dots (2)$$

Dari pengujian diatas didapat *error* minimum pada phase R yaitu 0,1%, *error* maksimum sebesar 0,7% dan rata – rata *error* sebesar 0,34%. Pada phase S didapat minimumnya 0,2%, *error* maksimumnya sebesar 0,5% dan rata – rata *error* sebesar 0,32%. Pada phase T didapat minimumnya 0,4%, *error* maksimumnya sebesar 0,6% dan rata – rata *error* sebesar 0,52%. Sehingga pada pengujian sensor tegangan AC

yang terdapat pada setiap phase R, S, dan T cukup baik digunakan untuk mengukur tegangan AC.

3.3.2. Pengujian Arus Listrik Tiga Phase

Pengujian arus listrik tiga phase ini dilakukan dengan cara mengukur arus listrik yang mengalir pada phase R, S, dan T menggunakan clam meter, hasil yang didapat akan dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor yang di kirim ke apalikasi telegram.

Tabel 2. Pengujian Arus 3 Phase

No.	Pembacaan Alat Ukur (A)			Pembacaan Sensor (A)			Persentase Error (%)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1.	0,84	0,8	0,72	0,8	0,8	0,7	4,8	0	2,8
2.	0,64	0,61	0,61	0,6	0,6	0,6	6,3	1,6	1,6
3.	0,96	0,91	0,84	0,9	0,9	0,8	6,3	1,1	4,8
4.	0,77	0,74	0,72	0,7	0,7	0,7	9,1	5,4	2,8
5.	1,29	1,45	1,38	1,2	1,4	1,3	7	3,4	5,8
Error Minimal							4,8	0	1,6
Error Maksimum							9,1	5,4	5,8
Rata-rata Error							6,7	2,3	3,56

Berdasarkan tabel diatas, perhitungan persentase *error* dan presentase rata – rata *error* didapat pada persamaan berikut ini :

$$Error(\%) = \frac{(V_{Input} - V_{Output})}{V_{Input}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$Rata - rata Error(\%) = \frac{Jumlah\ Nilai\ Error}{Banyaknya\ Error\ yang\ Terjadi} \dots \dots \dots (2)$$

Dari pengujian arus AC diatas didapat *error* minimum pada phase R yaitu 4,8%, *error* maksimum sebesar 9,1% dan rata – rata *error* sebesar 6,7%. Pada phase S didapat minimumnya 0%, *error* maksimumnya sebesar 5,4% dan rata – rata *error* sebesar 2,3%. Pada phase T didapat minimumnya 1,6%, *error* maksimumnya sebesar 5,8% dan rata – rata *error* sebesar 3,56%. Sehingga pada pengujian sensor arus AC yang terdapat pada setiap phase R, S, dan T cukup baik digunakan untuk mengukur arus AC.

3.3.3. Pengujian Kendali *On/Off* Pompa

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan perintah *on/off* ke alat guna mengetahui apakah alat dapat menerima dan menjalankan perintah yang dikirimkan melalui aplikasi telegram.

Tabel 3. Kendali *On/Off* Pompa

Perintah Relay	Percobaan	Kondisi Relay	Perintah Relay	Percobaan	Kondisi Relay
Perintah /relayON	Ke-1	ON	Perintah /relayOFF	Ke-1	OFF
	Ke-2	ON		Ke-2	OFF
	Ke-3	ON		Ke-3	OFF
	Ke-4	ON		Ke-4	OFF
	Ke-5	ON		Ke-5	OFF

Pada pengujian tabel diatas dilakukan sebanyak lima kali percobaan. Pada saat *relay* diberikan perintah */relayON* melalui aplikasi telegram maka kondisi *relay* akan *On* seperti pada tabel diatas, dan pada saat relay di berikan perintah */relayOFF* melalui aplikasi telegram maka kondisi *relay* akan *Off* sesuai dengan perintah yang diberikan.

3.3.4. Pengujian Respon *Relay* Terhadap Kehilangan Phase

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *relay* akan bekerja ketika terjadi masalah pada satu phasanya. Berikut adalah hasil pengujian kehilangan satu phase.

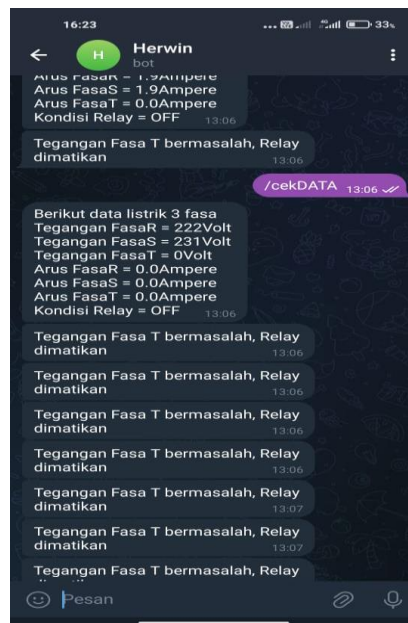
Tabel 4. Pengujian Kehilang Phase

Pengujian kehilangan phase	Tegangan Listrik			Arus Listrik			Respon Relay
	R	S	T	R	S	T	
R	219	228	213	1,2	1,4	1,3	ON
	0	228	213	0	0	0	OFF
S	220	227	212	1,2	1,4	1,3	ON
	220	0	212	0	0	0	OFF
T	222	230	216	1,2	1,4	1,3	ON
	222	230	0	0	0	0	OFF

Pengujian kehilangan satu phase di atas menjelaskan bahwa kondisi pada pompa *on* dengan nilai teganga phase R=219V, S=228V, dan T=213V adapun arus yang mengalir pada phase R=1,2A, S=1,4A, dan T=1,3A. Apabila terjadi kehilangan tegangan atau tegangan di bawah 200V pada phase R maka secara otomatis *relay* akan mematikan pompa, arus yang mengalir pada phase R, S, dan T akan bernilai 0 dan esp32 akan mengirimkan pesan ke telegram "Tegangan Fasa R bermasalah, *Relay* dimatikan".

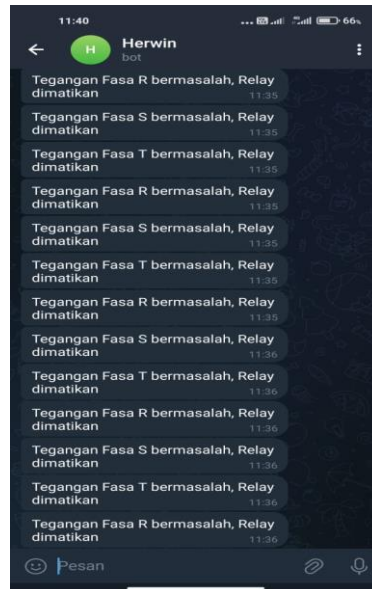
Pengujian yang kedua apabila pompa dalam kondisi *on* dengan nilai tegangan pada phase R=220V, S=227V, dan T=212V dengan nilai arus phase R=1,2A, S=1,4A, dan T=1,3A. Apabila terjadi kehilangan tegangan atau tegangan di bawah 200V pada phase S maka secara otomatis *relay* akan mematikan pompa, arus yang mengalir pada phase R, S, dan T akan bernilai 0 dan esp32 akan mengirimkan pesan ke telegram "Tegangan Fasa S bermasalah, *Relay* dimatikan".

Pengujian yang ketiga apabila pompa dalam kondisi *on* dengan nilai tegangan pada phase R=222V, S=230V, dan T=216V dengan nilai arus phase R=1,2A, S=1,4A, dan T=1,3A. Apabila terjadi kehilangan tegangan atau tegangan di bawah 200V pada phase T maka secara otomatis *relay* akan mematikan pompa, arus yang mengalir pada phase R, S, dan T akan bernilai 0 dan esp32 akan mengirimkan pesan ke telegram "Tegangan Fasa T bermasalah, *Relay* dimatikan". Berikut adalah gambar tampilan aplikasi telegram ketika terjadi masalah pada phasanya.



Gambar 4. Tampilan Aplikasi Telegram Ketika Terjadi Masalah pada Satu Phase

Pada sistem monitoring tegangan tiga phase ini telah terpasang UPS Mini. Ketika terjadi pemadaman listrik dari PLN maka UPS Mini akan berfungsi sebagai penyuplai tegangan ke alat sistem monitoring tegangan tiga phase agar dapat mengirimkan pesan ke aplikasih telegram.



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Telegram Ketika Semua Tegangan Bermasalah

Dapat dilihat pada gambar diatas, esp32 akan mengirimkan pesan berurutan ketika terjadi masalah pada ketiga phase atau terjadi pemadaman listrik dari PLN.

4. KESIMPULAN

Setelah melalui berbagai tahapan pengujian, perangkat keras pada panel kontrol listrik tiga phase menunjukkan kinerja yang memuaskan. Pembacaan sensor tegangan dibandingkan dengan alat ukur menunjukkan tingkat *error* yang rendah, phase R=0,34%, S=0,32%, dan T=0,52%. Untuk pembacaan arus, tingkat *error* pada phase R=6,7%, S=2,3%, dan T=3,56%, yang juga tergolong rendah. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem relay dirancang untuk mematikan pompa secara otomatis apabila tegangan yang terdeteksi berada di bawah 200V atau mencapai 0V, sehingga melindungi peralatan dari kerusakan akibat tegangan rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alauddin, Y., Amir, A., & Sahidin, S. (2023). *Analisis Potensi Energi Listrik Di Gedung Umpar Menggunakan Panel Surya 100Wp* *Analysis of Electricity Potential in Umpar Building Using Solar Panel 100Wp*. 10(1), 1–6.
- Athallah Muhammad Yazid, Y., & Agung Permana, R. (2022). Rancang Bangun Prototype Monitoring Lampu Jalan Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Dan Api Bot Telegram. *Jurnal Teknik Informatika*, 8(1), 12–19. <https://doi.org/10.51998/jti.v8i1.477>
- Budi Yanto Husodo, & Ridwan Effendi. (2018). Perancangan Sistem Kontrol Dan Pengaman Motor Pompa Air Terhadap Gangguan Tegangan Dan Arus Berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, 4(2), 1–81.
- Mulyanto, A. D. (2020). Pemanfaatan Bot Telegram Untuk Media Informasi Penelitian. *Matics*, 12(1), 49. <https://doi.org/10.18860/mat.v12i1.8847>

- Muttaqi, A. (2023). *Desain Dan Implementasi Monitoring Dan Controlling Panel Pompa 3 Phase Berbasis Iot Studi Kasus Perumdam Kabupaten Madiun*. 10(1), 242–248.
- Nurhadi, A. A., Darlis, D., & Murti, M. A. (2021). Implementasi Modul Komunikasi LoRa RFM95W Pada Sistem Pemantauan Listrik 3 Fasa Berbasis IoT. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, 13(1), 17–21. <https://doi.org/10.31937/sk.v13i1.2065>
- Pawelloi, A. I., Amir, A., & Pratama, A. (2021). Perancangan Sistem Buka Tutup Pintu Gerbang Dengan Menggunakan Kode Klakson Berbasis Arduino. *Jurnal Mosfet*, 1(1), 20–23. <https://doi.org/10.31850/jmosfet.v1i1.691>
- Rijanto, T., & Leksono, J. W. (2020). *Perancangan Sistem Kendali dan Monitoring Tegangan Motor 3 Fasa Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk*. 3(1).
- Rizal, T., & Prasetyo, T. (2021). *Analisa Perubahan Sumber Tegangan Terhadap Temperatur Motor Induksi Satu Fasa Pada Pompa Air*. <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/93333>
- Yuniarto, W., Diponegoro, M., Studi, P., Elektro, T., Pontianak, P. N., & Barat, K. (2023). *Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Energi Listrik pada Beban 3 Fasa Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of Things (IoT)*. 22(1), 30–38.
- Zainal, M., Tri Putra, K., & Amri, U. (2023). Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Vertical Axis Wind Turbin. *Jurnal Mosfet*, 3(2), 17–22. <https://doi.org/10.31850/jmosfet.v3i2.2673>