

Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Motor Listrik 3 Fasa Dan Kendali *On/Off* Berbasis IoT di Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Taman Kota Bontang

Ahmad Rido Wardana¹, Marson Ady Putra², Abdul Rahman³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
marson@polnes.ac.id

Abstrak- Salah satu permasalahan yang dihadapi Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumdam) Tirta Taman Kota Bontang adalah pengawasan dan pengendalian kinerja motor listrik tiga fasa yang belum efektif. Sistem pengawasan konvensional umumnya belum menyediakan kendali jarak jauh dan informasi real-time yang dibutuhkan dalam operasional motor. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pengawasan motor listrik tiga fasa dan kendali ON/OFF berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini memanfaatkan sensor PZEM-004T untuk memantau parameter kelistrikan, sensor DS18B20 untuk memantau suhu motor, ESP32 sebagai mikrokontroler, serta ThingsBoard sebagai platform pemantauan real-time. Hasil pengujian menunjukkan sensor PZEM-004T memiliki rata-rata error sebesar 0,98% dibandingkan Three Phase Power Meter dan Multimeter SANWA, sedangkan sensor DS18B20 memiliki rata-rata error sebesar 0,55% dibandingkan thermocouple type-K. Fitur kendali ON/OFF jarak jauh melalui ThingsBoard mampu mengaktifkan dan menonaktifkan motor melalui relay yang terhubung ke kontaktor. Sistem proteksi juga bekerja sesuai set point, yaitu undervoltage di bawah 198 V, overvoltage di atas 231 V, dan overheat di atas 55°C. Dengan demikian, sistem mampu melakukan pengawasan, pengendalian, dan proteksi motor listrik tiga fasa secara real-time.

Kata kunci: *Monitoring*, Kendali *ON/OFF*, *Internet of things*, dan *Perumdam Tirta Taman Kota Bontang*.

I. PENDAHULUAN

Pengoperasian motor listrik di Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Taman Kota Bontang seringkali menghadapi sejumlah tantangan yang menghambat efisiensi dan produktivitas. Permasalahan utama adalah proses pengoperasian motor listrik masih sangat manual. Operator harus keluar masuk ruang kendali secara berkala untuk menghidupkan atau mematikan mesin, kegiatan ini tidak hanya menyita waktu dan tenaga, namun juga dapat menimbulkan resiko kecelakaan kerja, apalagi jika lingkungan kerja tidak sesuai atau terdapat kecelakaan kerja dengan potensi bahaya listrik.

Selain itu, memantau kondisi mesin secara real time juga menjadi tantangan tersendiri. Tanpa sistem pemantauan yang tepat, sulit mengetahui kondisi mesin secara akurat dan mendeteksi tanda-tanda kerusakan sejak dini. Akibatnya, mesin

dapat bekerja melebihi kapasitasnya atau mengalami kerusakan yang tidak terdeteksi sejak dini, sehingga dapat mengakibatkan waktu henti yang tidak terduga dan kerugian finansial.

Pada Penelitian yang dilakukan oleh Wendhi Yuniarto, Irman, Suparno, Rusman, Muhammad Diponegoro, Edi. dengan judul “*Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Energi Listrik pada Beban 3 Fasa Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of things (IoT)*” Dimana pemantauan dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengambilan data [1]. Sistem pemantauan energi berbasis *Internet of things* (IoT) hadir sebagai jawaban atas tantangan tersebut. Memanfaatkan teknologi IoT, sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi mesin secara *real-time*, kontrol mesin otomatis, dan pengumpulan data yang lebih akurat dan andal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Daya Listrik

Daya listrik dapat didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam bentuk rangkaian listrik. Pada jaringan listrik AC (Alternating Current) dengan bentuk gelombang sinusoidal dikenal beberapa jenis bentuk daya, diantaranya adalah, daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya semu (S) [2]. Berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per-satuan waktu atau lebih singkatnya adalah jumlah energi listrik yang digunakan per-detik [3]. Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah:

$$P=E/t \quad (1)$$

Dimana:

P	= Daya Listrik (W)
E	= Energi dalam satuan Joule
T	= Waktu dalam satuan detik

Daya Semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan RMS (*Root Mean Square*) dan arus RMS dalam suatu jaringan listrik atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri dari daya aktif (*active power*) dan daya reaktif (*reactive power*).

Persamaan untuk 1 fasa.

$$S = V_p \times I_p \text{ (VA)} \quad (2)$$

Persamaan untuk 3 fasa.

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \text{ (VA)} \quad (3)$$

Dimana:

S	= Daya Semu (VA)
V _p	= Tegangan <i>Line-to-Neutral</i> (V)
I _p	= Arus <i>Line-to-Neutral</i> (A)
V _L	= Tegangan <i>Line-to-Line</i> (V)
I _L	= Arus <i>Line-to-Line</i> (A)

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Daya aktif juga merupakan jenis daya dalam sistem listrik yang melakukan pekerjaan nyata atau yang menghasilkan energi yang digunakan untuk melakukan pekerjaan mekanis, termal, atau listrik. Adapun persamaan dalam daya aktif sebagai berikut:

Untuk satu fasa:

$$P = V_p \times I_p \times \cos \phi \text{ (W)} \quad (4)$$

Untuk tiga fasa:

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \phi \text{ (W)} \quad (5)$$

Dimana:

P	= Daya Aktif (W)
V _p	= Tegangan <i>Line-to-Neutral</i> (V)
I _p	= Arus <i>Line-to-Neutral</i> (A)
V _L	= Tegangan <i>Line-to-Line</i> (V)
I _L	= Arus <i>Line-to-Line</i> (A)
φ	= Sudut Fasa

Daya Reaktif adalah daya yang disebabkan karena beda fase antara arus dan tegangan. Definisi umum lainnya dari daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet akan terbentuk fluks medan magnet.

Persamaan daya Reaktif pada sistem tegangan satu fasa, adalah:

$$Q = V_p \times I_p \times \sin \phi \text{ (VAR)} \quad (6)$$

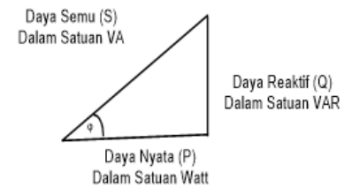
Untuk daya Reaktif pada sistem tegangan 3 fasa, adalah:

$$Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \phi \text{ (VAR)} \quad (7)$$

Dimana:

Q	= Daya Reaktif (VAR)
V _p	= Tegangan <i>Line-to-Neutral</i> (V)
I _p	= Arus <i>Line-to-Neutral</i> (A)
V _L	= Tegangan <i>Line-to-Line</i> (V)
I _L	= Arus <i>Line-to-Line</i> (A)
φ	= Sudut Fasa

Segitiga Daya adalah suatu hubungan antara daya nyata, daya semu, dan daya reaktif, yang dapat digambarkan dalam bentuk vektor segitiga. Segitiga Daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda antara daya semu (*Apparent Power*), daya aktif (*Active Power*), dan daya reaktif (*Reactive Power*) berdasarkan prinsip trigonometri pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Segitiga daya

Hubungan ketiga daya tersebut dapat dijelaskan melalui persamaan:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (VA)} \quad (8)$$

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} \text{ (W)} \quad (9)$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ (VAR)} \quad (10)$$

Dimana:

S	= Daya Semu (VA)
P	= Daya Aktif (W)
Q	= Daya Reaktif (VAR)

Faktor daya ($\cos \phi$) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya semu (VA) yang digunakan dalam listrik arus bolak balik (AC) atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam $\cos \phi$.

$$\text{Faktor Daya} = (P)/S = (V.I.\cos \phi)/(V.I) = \cos \phi \quad (11)$$

Dimana:

P	= Daya Aktif (W)
S	= Daya Semu (VA)
V	= Tegangan (V)
I	= Arus (A)
φ	= Sudut Fasa

B. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of things* [4]. pada [Gambar 2](#) merupakan bentuk fisik dari ESP32.



Gambar 2. Mikrokontroler ESP32[1]

C. PZEM 004T

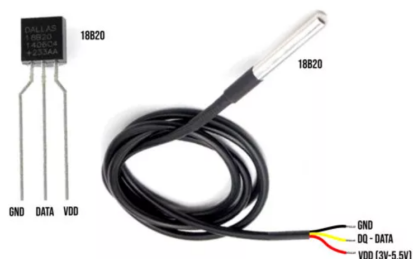
Sensor PZEM-004T dapat digunakan untuk mengukur arus, tegangan, daya, dan energi dari listrik AC. Ini memiliki kemampuan untuk mengeluarkan output melalui komunikasi serial, sehingga dapat dihubungkan dengan perangkat seperti Arduino. Modulnya dilengkapi dengan kumparan trafo arus berdiameter 3 milimeter yang dapat digunakan untuk mengukur arus maksimal 100A [5]. [Gambar 3](#) menunjukkan sensor PZEM-004T.



Gambar 3. Sensor PZEM 004T[5]

D. Sensor DS18B20

Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk melacak suhu kondisi mesin atau peralatan yang dapat berubah-ubah. DS18B20 memiliki tiga pin kaki, yang mencakup *ground*, *Vs*, dan data *input/output*. Tegangan sensor DS18B20 berkisar antara 3V dan 5,5V, tetapi *Vs* sendiri memberikan tegangan 5V kepada mikrokontroler karena kaki tanah dihubungkan ke tanah pada rangkaian [6]. Bentuk fisik sensor DS18B20 seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor DS18B20[6]

E. Liquid Cristal Display (LCD)

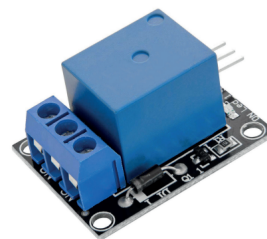
Modul *Liquid Crystal Display* (LCD) adalah monitor yang dibuat dari material kristal cair dan dioperasikan dengan sistem dot matrix. Ada dua jenis utama LCD, LCD teks yang menampilkan tulisan dan LCD yang menampilkan gambar. Modul LCD masing-masing memiliki kemampuan untuk menampilkan teks, simbol, dan karakter dengan kualitas tinggi [7]. Dapat dilihat pada Gambar 5 adalah bentuk fisik LCD I2C



Gambar 5. LCD I2C[7]

F. Modul Relay 5V

Relay berfungsi sebagai saklar untuk mengatur *ON/OFF* berbagai peralatan elektronik. Setelah nilai *output* sensor yang digunakan dihitung, mikrokontroler akan memberikan instruksi kepada *relay* agar untuk melakukan perintah *ON/OFF*. *Relay* adalah saklar elektronik yang bekerja dengan arus listrik. Pada dasarnya, *relay* adalah tuas saklar yang terikat pada *solenoid* (batang besi) di dekatnya [8]. Bentuk fisiknya terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Modul relay 5V[8]

G. AC DC Converter

HLK-PM01 adalah modul catu daya kecil yang dapat memasok 5V DC/0,6A dari 120VAC atau 230VAC. HLK-PM01 digunakan untuk membantu proyek kecil yang membutuhkan pasokan 5 Volt dari listrik dan membuat simpel tanpa menggunakan adaptor eksternal [9]. Gambar 7 menunjukkan bentuk dari HLK-PM01.



Gambar 7. Hi-Link HLK-PM01[9]

H. ThingsBoard

ThingsBoard merupakan sebuah *platform Internet of things* (IoT) yang bersifat *open source*. ThingsBoard merupakan *web server* yang dapat digunakan sebagai *platform* manajemen *device*, pengumpulan data, dan visualisasi data berbasis *website*. Data yang sudah dibaca oleh sensor kemudian dikirimkan ke *web server* ThingsBoard [10].

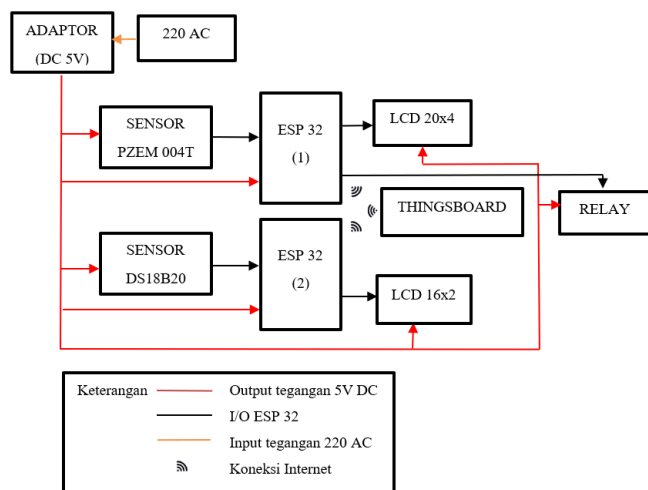


Gambar 8. ThingsBoard[10]

III. METODE PENELITIAN

A. Gambaran Umum Sistem

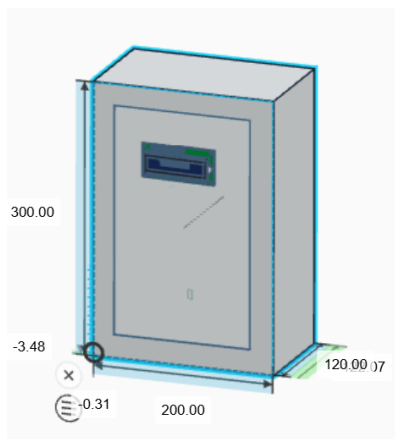
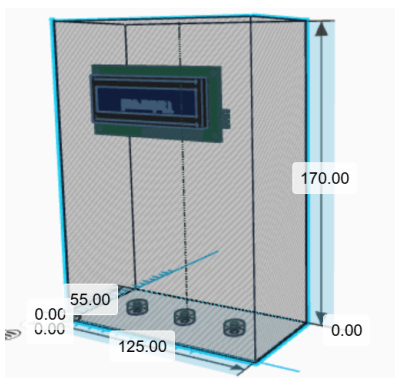
Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini adalah sebuah representasi dari bagaimana sistem monitoring 3 fasa dan kendali *on/off* motor listrik akan beroperasi dan terhubung dengan infrastruktur IoT di Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Taman Kota Bontang. Sistem ini dirancang untuk memantau kinerja motor listrik 3 fasa dan mengendalikannya dari jarak jauh dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) [Gambar 9] akan menunjukkan Gambaran umum dari Sistem Monitoring dan Kendali.



Gambar 9. Gambaran umum sistem

B. Desain Alat

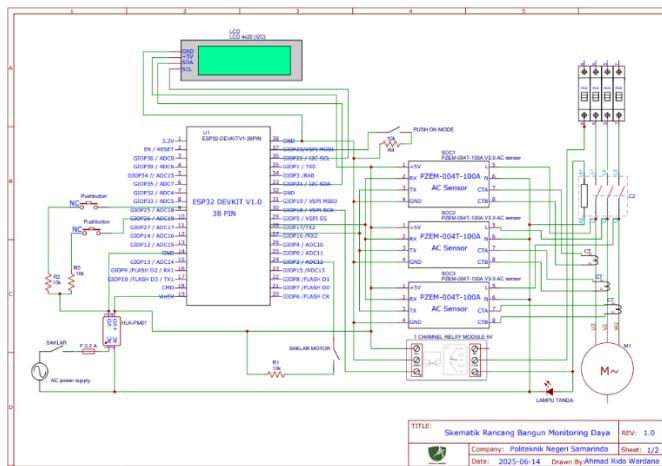
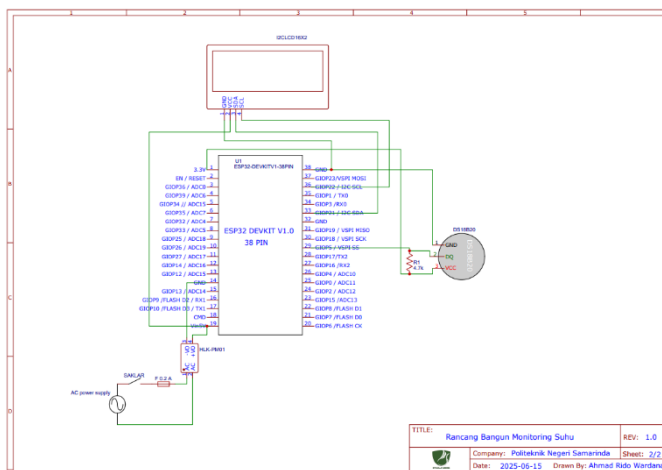
Desain alat dibuat menggunakan *website tinkercad* yang ditunjukkan pada [Gambar 10](#). Desain panel *monitoring* daya dan [Gambar 11](#) adalah desain box untuk *monitoring* suhu dengan satuan milimeter (mm).

Gambar 10. Desain panel *monitoring* dayaGambar 11. Box *monitoring* suhu

C. Perancangan Sistem

Pada proses perancangan sistem ini dibuat dengan tujuan agar mempermudah pada saat ingin merangkai alat secara langsung pada komponen. Berikut skematik untuk untuk

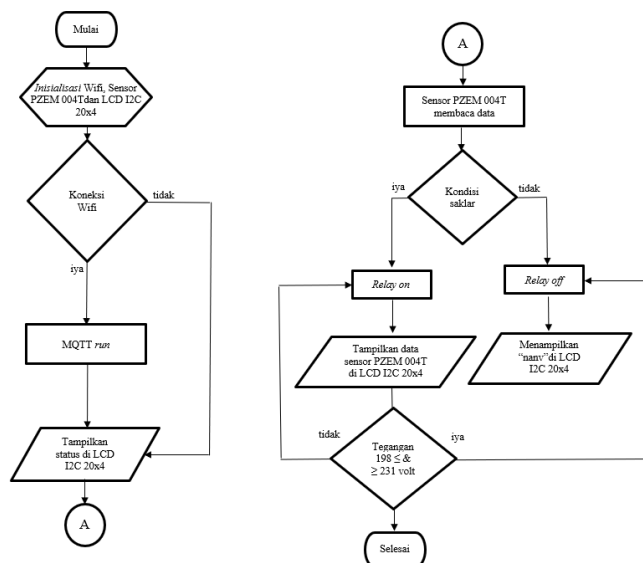
monitoring daya dan *monitoring* suhu ditunjukkan pada [gambar 12](#) dan [Gambar 13](#).

Gambar 12. Skematik Sistem *monitoring* dayaGambar 13. Skematik sistem *monitoring* suhu

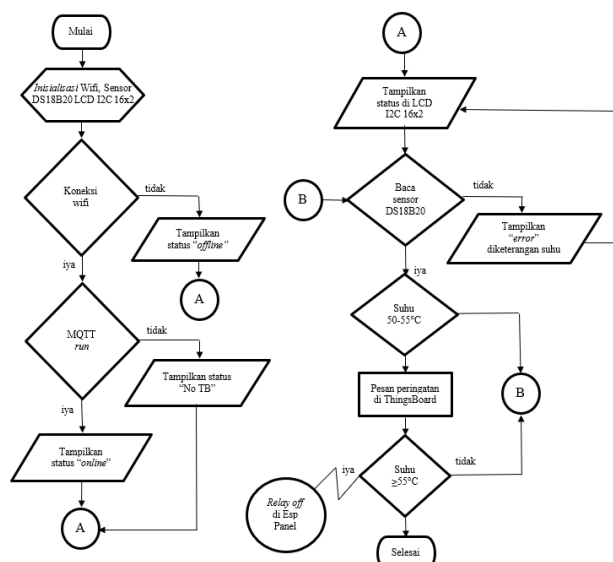
D. Diagram Alir Pembacaan Sensor

Diagram ini menggambarkan proses bagaimana program membaca data dari sensor-sensor yang digunakan. Pada diagram ini akan menjelaskan 2 program alir pembacaan sensor dikarenakan pada lokasi penelitian jarak antara panel dan motor tidak cukup dekat sehingga masing-masing sensor menggunakan Esp32 yang berbeda dapat dilihat pada [Gambar 14](#) dan 15.

Pada [Gambar 14](#) sistem monitoring daya dimulai dengan inisialisasi ESP32 dan komunikasi dengan sensor PZEM-004T. ESP32 kemudian membaca parameter diantaranya tegangan, arus, daya, faktor daya, frekuensi, dan energi, serta menampilkannya pada LCD 20x4. Secara bersamaan, data dikirim ke Thingsboard melalui koneksi WiFi menggunakan protokol MQTT. Sistem juga membandingkan hasil nilai tegangan dengan setpoint overvoltage dan undervoltage sebagai proteksi dan memutuskan kontaktor melalui modul relay dan mengirimkan notifikasi ke ThingsBoard.



Gambar 14. Flowchart sistem monitoring daya Esp32 Panel



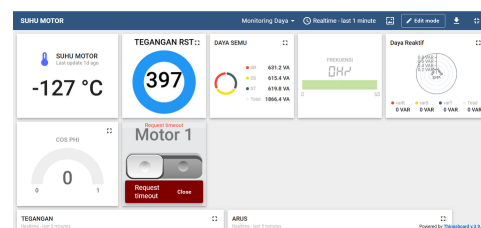
Gambar 15. Flowchart sistem monitoring suhu Esp32 Box

Pada [Gambar 15](#) menunjukkan alur kerja sistem monitoring suhu menggunakan ESP32. Pertama yaitu melakukan inisialisasi sensor DS18B20 dan modul ESP-NOW. Suhu motor dibaca secara periodik dan dibandingkan dengan dua setpoint, yaitu batas peringatan dan batas darurat. Jika suhu melewati batas peringatan, sistem mengirim notifikasi ke ThingsBoard. Apabila suhu mencapai batas darurat, ESP32 Box mengirim data ke ESP32 Panel melalui ESP-NOW untuk memutuskan relay sebagai proteksi *overheat*. Mekanisme ini memungkinkan sistem proteksi bekerja secara cepat tanpa bergantung pada koneksi internet.

E. Perencanaan ThingsBoard

Saat menggunakan ThingsBoard, ThingsBoard meminta untuk mendaftarkan akun pada *platform* ThingsBoard, baik melalui layanan *cloud* maupun server lokal. Pengguna dapat menambahkan berbagai *widget* seperti grafik, *gauge*, atau

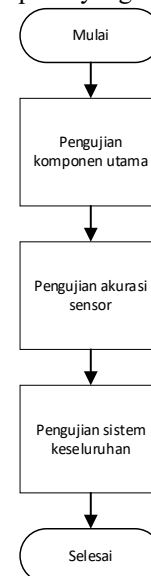
indikator lain sesuai kebutuhan *monitoring*, sehingga data yang diperoleh dapat dipantau dengan mudah dan interaktif. Untuk tampilan *dashboard* pada ThingsBoard dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Dashboard ThingsBoard

F. Metode Pengujian

Metode pengujian dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari pengujian komponen utama, pengujian akurasi sensor, hingga pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian komponen utama dilakukan untuk memastikan LCD, relay, sensor PZEM-004T, sensor DS18B20, ESP32, dan koneksi ThingsBoard dapat bekerja sesuai fungsinya. Selanjutnya, pengujian akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur pembading. Setelah seluruh komponen dan sensor bekerja dengan baik, dilakukan pengujian sistem keseluruhan pada motor listrik tiga fasa untuk memastikan fungsi pengawasan, kendali ON/OFF, dan proteksi dapat berjalan sesuai set point yang telah ditentukan.



Gambar 17. Flowchart metode pengujian sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian LCD I2C 20x4 dan 16x2

Dalam penelitian ini, LCD 20x4 diuji dalam sistem pemantauan menggunakan ESP32 dan menggunakan *library* bawaan dari LCD I2C. LCD digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan beberapa parameter 1 fasa, 3 fasa dan status koneksi. Sedangkan LCD 16x2 digunakan untuk memantau suhu motor secara langsung. ESP32 diprogram untuk mengirim data ke LCD dan memastikan tampilan teks

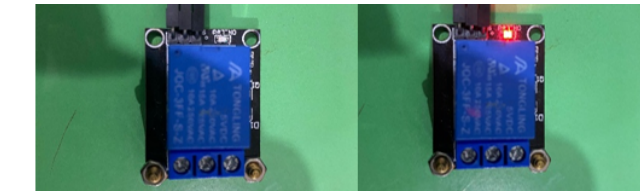
yang jelas, cerah, dan kontras. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan keakuratan tampilan data dan *update* sinkronisasi dengan kondisi alat *monitoring* daya dan [Gambar 18](#) menunjukkan pengujian LCD I2C.



Gambar 18. Pengujian LCD I2C

B. Pengujian Modul Relay 5V

Penelitian ini menguji modul *relay* 5V pada sistem monitoring dengan ESP32. Modul *relay* 5V ini digunakan untuk menghidupkan atau mematikan motor melalui kontaktor, *relay* 5V ini juga dapat difungsikan melalui internet dan manual menggunakan tombol. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan *relay* berfungsi dengan baik, dengan posisi led mati menandakan motor *off* dan begitupun sebaliknya seperti ditunjukkan pada [Gambar 19](#).



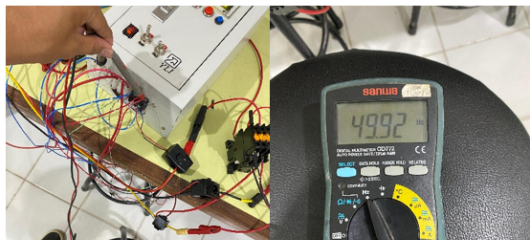
Gambar 19. Pengujian modul relay 5V

C. Pengujian Sensor PZEM 004T

Hasil pengujian sensor dibandingkan dengan pengukuran menggunakan *Three Phase Power Meter* kecuali untuk frekuensi perbandingannya menggunakan Multimeter SANWA ditunjukkan pada [Gambar 20](#). Sensor PZEM 004T diuji pada output motor 3 fasa dan hasil pengujian ditunjukkan pada [Gambar 21](#), dan [Tabel 1](#) menunjukkan hasil pengujian sensor dibandingkan dengan pengukuran menggunakan *Three Phase Power Meter* dan Multimeter SANWA.



Gambar 20. Pengujian Sensor PZEM 004T menggunakan *three phase power meter*.



Gambar 21. Pengujian frekuensi motor listrik menggunakan multimeter SANWA.

TABEL 1

Data Perbandingan Motor Listrik 3 Fasa									
Sensor PZEM 004T				Three Phase Power Meter				Presentase Nilai Error	
Satuan	Jenis Fasa	Fasa	Nilai	Satuan	Jenis Fasa	Fasa	Nilai	Selisih	Error (%)
(V)	L- N	R	203,8	(V)	L-N	R	205	1,2	0,59
		S	196,6			S	197	0,4	0,20
		T	201,1			T	202	0,9	0,45
	Σ Tegangan		345,75		Σ Tegangan		347	1,25	0,36
(A)	L- N	R	1,28	(A)	L-N	R	1,29	0,01	0,78
		S	1,31			S	1,29	0,02	1,55
		T	1,35			T	1,34	0,01	0,75
	Σ Arus		1,3		Σ Arus		1,3	0	0
(VA)	L-N	R	261,68	(VA)	L-N	R	263	1,32	0,50
		S	257,55			S	254	3,55	1,40
		T	271,49			T	270	1,49	0,55
	Σ VA		779,17		Σ VA		779	0,17	0,02
(W)	L- N	R	20,93	(W)	L-N	R	23,3	2,37	10,17
		S	30,91			S	30,6	0,31	1,01
		T	35,29			T	36,3	1,01	2,78
	Σ Watt		83,29		Σ Watt		85,9	2,61	3,04
(VAR)	L- N	R	260,84	(VAR)	L-N	R	262	1,16	0,44
		S	255,68			S	252	3,68	1,46
		T	269,18			T	267	2,18	0,82
	Σ VAR		774,54		Σ VAR		774	0,54	0,07
Pf	L- N	R	0,08	Pf	L-N	R	0,08	0	0
		S	0,12			S	0,12	0	0
		T	0,13			T	0,13	0	0
	Σ Pf		0,11		Σ Pf		0,11	0	0
				Multimeter SANWA					
(Hz)	L- N	R	50	(Hz)	L-N	R	49,93	0,07	0,14
		S	50			S	49,94	0,06	0,12
		T	50			T	49,92	0,08	0,16
	Σ Hz		50		Σ Hz		49,93	0,07	0,14
Rata-rata error (%)									0,98

D. Pengujian Sensor DS18B20

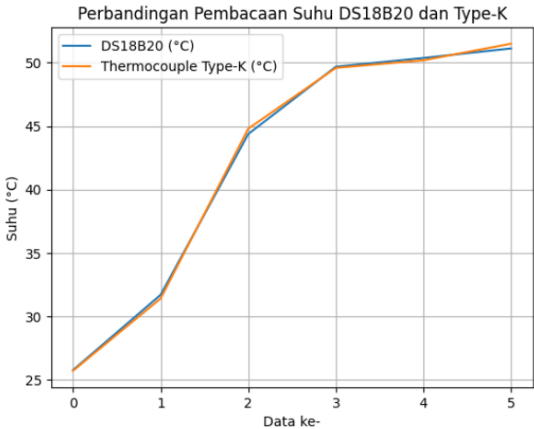
Penelitian ini menggunakan sensor ds18b20 yang terintegrasi dengan ESP32. Sensor ini mengukur suhu pada *housing* motor listrik 3 fasa, namun dalam proses kalibrasi menggunakan solder sebagai media yang diukur dan dibandingkan dengan sensor suhu *thermocouple type-k* pada Multimeter FLUKE. [Gambar 22](#) menampilkan hasil pembacaan sensor ds18b20 dibandingkan dengan sensor *type-k* pada Multimeter FLUKE. Hasil data pengujian ini juga tercantum dalam [Tabel 2](#).



Gambar 22. Perbandingan suhu antara sensor ds18b20 dengan *thermocouple type-k*

TABEL 2
DATA PERBANDINGAN ANTARA SENSOR DS18B20 DENGAN
THERMOCOUPLE TYPE-K

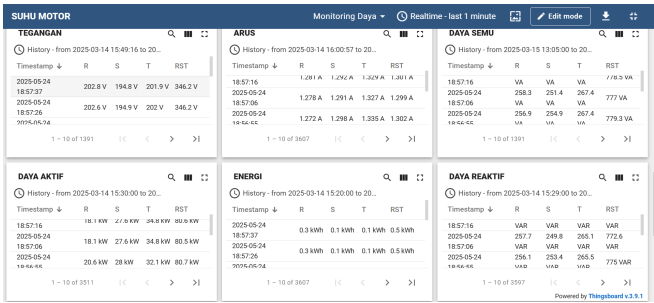
Sensor		Selisih	Error (%)
DS18B20 (°C)	Type-k (°C)		
25,75	25,7	0,05	0,19
31,69	31,4	0,29	0,92
44,38	44,8	0,42	0,94
49,69	49,6	0,09	0,18
50,38	50,2	0,18	0,36
51,13	51,5	0,37	0,72
rata rata error			0.55



Gambar 23 Grafik perbandingan sensor suhu dan type-K

E. Pengujian ThingsBoard

Pengujian ThingsBoard adalah pengujian yang memastikan bahwa semua data dapat terkirim dari mikrokontroler ke ThingsBoard. Pengujian ini dilakukan dengan mengirim data dari Esp32 Panel dan Esp32 Box dengan koneksi WiFi. [Gambar 24](#) yang memastikan bahwa semua data terbaca dan dapat terkirim ke ThingsBoard.



Gambar 24. Pengujian dan pengiriman data ke ThingsBoard

F. Pengujian Espnow Untuk Proteksi Suhu (*overheat*)

Pengujian espnw merupakan pengujian yang memastikan bahwa kondisi suhu yang telah diatur (*setpoint*) pada Esp32 Box dapat mengirim data ke Esp32 Panel. Ketika suhu *emergency* (*setpoint*) sudah di tentukan maka *relay* pada Esp32 Panel akan bekerja. Namun, Sebelum terjadi trip dikarenakan *overheat*, pemberitahuan dalam bentuk pesan di thingsboard akan lebih dulu memberikan peringatan apabila suhu mendekati ambang batas atau *setpoint* yang ditentukan. [Gambar 25](#) menunjukkan bahwa data berhasil dikirim antar Esp32 ketika terjadi *overheat* dan [Gambar 26](#) menunjukkan tampilan pesan peringatan di ThingsBoard dan menunjukkan tampilan ketika terjadi *overheat*.



Gambar 25. Esp32 Box mengirim data ketika terjadi *overheat*.

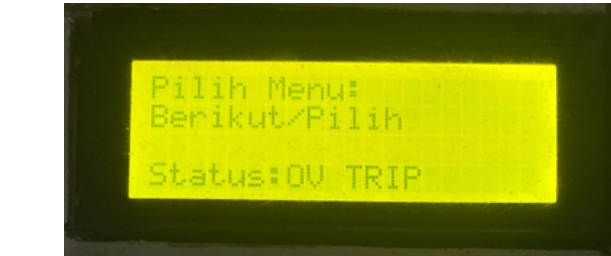
Timestamp ↓	message	emergency_status
2025-06-30 12:24:31	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 12:23:16	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 12:23:15	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 12:22:50	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 12:22:48	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 12:22:47	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 12:22:46	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 00:56:37	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 00:56:36	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 00:56:35	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	
2025-06-30 00:41:08	Suhu mencapai 55C, hampir melewati ambang batas!	

Gambar 26. Tampilan pesan ketika mendekati *overheat* di ThingsBoard.

G. Pengujian Proteksi Tegangan Berlebih (*overvoltage*) dan Jatuh Tegangan (*undervoltage*)

Pada pengujian proteksi tegangan ini menjelaskan bahwa alat *monitoring* juga memiliki proteksi tegangan AC untuk mengamankan motor dari lonjakan tegangan dan jatuh tegangan, berdasarkan SPLN No.1:1978 *undervoltage* yaitu $\pm 10\%$ dari 220 Volt yaitu 198 Volt, sedangkan untuk *overvoltage* ± 5 dari 220 Volt yaitu 231 Volt, maka dari itu

dibuat *setpoint* untuk proteksi tegangan yaitu 198 Volt dan 231 Volt. ketika sensor PZEM 004T mendeteksi *under/overvoltage* disalah satu sensor PZEM 004T maka *relay* akan mati atau dalam kondisi aman. Namun, *Relay* dapat dihidupkan kembali ketika di *reswitch*. [Gambar 27](#) menunjukkan tampilan pemberitahuan ketika terjadi *under/overvoltage* dan [Gambar 28](#) menunjukkan tampilan *under/overvoltage* di ThingsBoard.



Gambar 27. Tampilan pemberitahuan *overvoltage*



Gambar 28. Tampilan *under/overvoltage* di ThingBoard.

H. Hasil dan Analisis Pengujian

Pengujian ini dilakukan di Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Taman Kota Bontang. Pengujian ini memantau parameter tegangan, arus, daya, faktor daya, energi dan suhu secara langsung. Untuk pengukuran fasa-netral diukur langsung oleh sensor PZEM 004T sedangkan untuk pengukuran 3 fasanya adalah perhitungan yang di masukkan didalam program. Data akan langsung dapat dilihat atau dipantau menggunakan ThingsBoard, data sensor dapat ditampilkan secara visual melalui grafik dan indikator. [Gambar 29](#) menampilkan gambar pada saat pengambil data di PERUMDAM dan Beban yang digunakan adalah Motor listrik 3 fasa dengan spesifikasi yang di tunjukkan oleh [Tabel 3](#).



Gambar 29. Pengambilan data di PERUMDAM

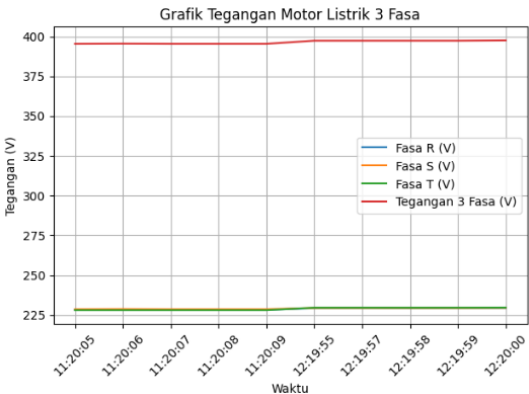
TABEL 3
SPESIFIKASI MOTOR LISTRIK

Spesifikasi	Nilai
Merek	TECO
HP	2 HP
Daya	1,5 Kw
Tegangan	220V/380V
Arus	5,9A/3,8A
Frekuensi	50 Hz
Putaran	1400 RPM
Fasa	3 Fasa
Kelas Isolasi	F
Suhu Lingkungan	40°C
Rating	IP 55

Dalam proses penelitian ini, dilakukan pengukuran sejumlah parameter kelistrikan secara *real-time* dan dikirim ke ThingsBoard untuk mendapatkan informasi yang akurat mengenai kondisi sistem pada waktu tertentu. Parameter yang dipantau meliputi tegangan, arus, daya aktif, daya semu, daya rekatif, energi, frekuensi, faktor daya dan suhu. Serta waktu pengambilan data yang terdiri dari tanggal dan jam. Seluruh hasil pengukuran diambil dari data yang terkirim ke ThingsBoard dan dibuat dalam bentuk tabel. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 02 Juni 2025 mulai dari pukul 11.20 hingga pukul 12.19 pada kondisi *ON*. [Tabel 4](#) hingga menunjukkan hasil pengukuran parameter tegangan.

TABEL 4
DATA TEGANGAN MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

No	Waktu	R (V)	S (V)	T (V)	3~ (V)
1	11:20:05	228,3	228,6	228,0	395,4
2	11:20:06	228,3	228,7	228,0	395,5
3	11:20:07	228,3	228,6	228,0	395,4
4	11:20:08	228,2	228,6	228,0	395,4
5	11:20:09	228,2	228,6	228,0	395,4
6	12:19:55	229,3	229,4	229,6	397,4
7	12:19:57	229,4	229,4	229,6	397,4
8	12:19:58	229,3	229,4	229,6	397,4
9	12:19:59	229,4	229,4	229,6	397,4
10	12:20:00	229,4	229,5	229,7	397,6



Gambar 30. Grafik tegangan motor listrik 3 fasa 11:20 – 12:20

[Tabel 3](#) menunjukkan bahwa tegangan motor listrik 3 fasa pada kedua waktu pengukuran berada dalam rentang yang stabil dan sesuai standar.

Setelah data dari parameter tegangan, Selanjutnya yaitu data dari parameter arus yang diukur dan ditunjukkan pada [Tabel 5](#).

TABEL 5
DATA ARUS MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

No	Waktu	R (A)	S (A)	T (A)	3~ (A)
1	11:20:05	2,693	2,647	2,709	2,683
2	11:20:06	2,694	2,647	2,710	2,684
3	11:20:07	2,693	2,647	2,711	2,684
4	11:20:08	2,694	2,647	2,709	2,683
5	11:20:09	2,694	2,645	2,709	2,683
6	12:19:55	2,746	2,671	2,740	2,719
7	12:19:57	2,748	2,672	2,741	2,720
8	12:19:58	2,747	2,673	2,741	2,720
9	12:19:59	2,750	2,672	2,742	2,721
10	12:20:00	2,751	2,676	2,744	2,724

Berdasarkan data pada [Tabel 5](#), arus listrik yang mengalir pada masing-masing fasa motor 3 fasa menunjukkan kestabilan dan keseimbangan antara fasa R, S, dan T, baik pada pengukuran pukul 11.20 maupun 12.19. Nilai arus pada pukul 11.20 berada di kisaran 2,64–2,72 A, sedangkan pada pukul 12.19 mengalami sedikit kenaikan menjadi sekitar 2,67–2,75 A. Meskipun terjadi kenaikan arus pada pengukuran kedua, nilai tersebut masih dalam batas aman dan sesuai dengan spesifikasi motor yang tertera pada *nameplate*.

Selanjutnya ada parameter daya semu yang dikirim ke ThingsBoard lalu dibuat dalam bentuk tabel dan parameter daya semu di tunjukkan pada [Tabel 6](#).

TABEL 6
DATA DAYA SEMU MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

No	Waktu	R (VA)	S (VA)	T (VA)	3~ (VA)
1	11:20:05	614,8	605,1	617,7	1837,6
2	11:20:06	615,0	605,4	617,9	1838,3
3	11:20:07	614,8	605,1	618,1	1838,0
4	11:20:08	614,8	605,1	617,7	1837,5
5	11:20:09	614,8	604,6	617,7	1837,1
6	12:19:55	629,7	612,7	629,1	1871,5
7	12:19:57	630,4	613,0	629,3	1872,7
8	12:19:58	629,9	613,2	629,3	1872,4
9	12:19:59	630,9	613,0	629,6	1873,4
10	12:20:00	631,1	614,1	630,3	1875,5

Berdasarkan [Tabel 6](#), daya semu (VA) motor listrik 3 fasa pada pukul 11.20 dan 12.19 mengalami sedikit peningkatan, sejalan dengan kenaikan arus dan tegangan yang telah dianalisis sebelumnya. Nilai daya semu pada masing-masing fasa dan total (RST) tetap stabil dan seimbang antar fasa, mencerminkan distribusi beban yang baik.

Untuk mengetahui besarnya daya aktif yang digunakan oleh motor listrik 3 fasa pada waktu tertentu, hasil pengukuran dapat dilihat pada [Tabel 7](#). Tabel ini menyajikan data daya aktif masing-masing fasa, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai penggunaan daya aktif secara aktual motor selama periode pengujian.

TABEL 7
DATA DAYA AKTIF MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

No	Waktu	R (W)	S (W)	T (W)	3~ (W)
1	11:20:05	184,4	181,5	191,5	557,4
2	11:20:06	184,5	181,6	197,7	563,8
3	11:20:07	184,4	187,6	197,8	569,8
4	11:20:08	184,4	187,6	197,6	569,7
5	11:20:09	184,4	187,4	197,6	569,5
6	12:19:55	176,3	177,7	195,0	549,0
7	12:19:57	176,5	177,8	195,1	549,4
8	12:19:58	176,4	177,8	195,1	549,3
9	12:19:59	176,6	177,8	195,2	549,6
10	12:20:00	176,7	178,1	189,1	543,9

Berdasarkan data arus, tegangan, dan faktor daya pada [Tabel 8](#), dapat dianalisis bahwa daya aktif motor listrik 3 fasa pada pukul 11.20 dan 12.19 dipengaruhi oleh kombinasi ketiga parameter tersebut. Daya aktif (P) dihitung dari hasil perkalian arus (I), tegangan (V), dan faktor daya ($\cos \phi$). Pada pukul 11.20, arus dan tegangan cenderung sedikit lebih tinggi dibandingkan pukul 12.19, sementara faktor daya pada kedua waktu relatif rendah dan bahkan sedikit menurun pada pukul 12.19 (sekitar 0,30 menjadi 0,29). Faktor daya yang rendah ini menyebabkan daya aktif yang dihasilkan juga tidak maksimal, meskipun arus dan tegangan cukup stabil. Penurunan faktor daya pada pukul 12.19 turut berkontribusi terhadap penurunan daya aktif yang tercatat pada waktu tersebut dan Tabel faktor daya ditunjukkan pada [Tabel 8](#).

TABEL 8
DATA POWER FAKTOR MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

No	Waktu	R	S	T	3~
1	11:20:05	0,30	0,30	0,31	0,30
2	11:20:06	0,30	0,30	0,32	0,31
3	11:20:07	0,30	0,31	0,32	0,31
4	11:20:08	0,30	0,31	0,32	0,31
5	11:20:09	0,30	0,31	0,32	0,31
6	12:19:55	0,28	0,29	0,31	0,29
7	12:19:57	0,28	0,29	0,31	0,29
8	12:19:58	0,28	0,29	0,31	0,29
9	12:19:59	0,28	0,29	0,31	0,29
10	12:20:00	0,28	0,29	0,30	0,29

Faktor daya motor berada pada nilai yang cukup rendah (di bawah 0,85) yang mengindikasikan efisiensi daya yang kurang optimal. Meskipun nilai antar fasa cukup seimbang dan stabil, rendahnya faktor daya ini mengakibatkan daya aktif yang

dapat dimanfaatkan menjadi lebih kecil dibandingkan daya semunya.

Untuk mengetahui besarnya daya reaktif yang terjadi pada motor listrik 3 fasa, dilakukan pengukuran pada pukul 11.20 dan 12.19. Data hasil pengukuran daya reaktif per fasa dan total (RST) ditampilkan pada [Tabel 9](#) berikut ini.

TABEL 9
DATA DAYA REAKTIF MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

No	Waktu	R (VAR)	S (VAR)	T (VAR)	3~ (VAR)
1	11:20:05	586,5	577,2	587,2	1751,0
2	11:20:06	586,7	577,5	585,4	1749,6
3	11:20:07	586,5	575,3	585,6	1747,4
4	11:20:08	586,5	575,3	585,2	1746,9
5	11:20:09	586,5	574,9	585,2	1746,5
6	12:19:55	604,5	586,4	598,1	1789,0
7	12:19:57	605,2	586,6	598,3	1790,1
8	12:19:58	604,7	586,8	598,3	1789,9
9	12:19:59	605,6	586,6	598,5	1790,8
10	12:20:00	605,8	587,8	601,3	1794,9

Berdasarkan [Tabel 9](#), daya reaktif motor listrik 3 fasa menunjukkan peningkatan dari waktu pertama ke waktu kedua. Pada pukul 11.20, total daya reaktif (RST) berkisar antara 1746,5 VAR hingga 1752,1 VAR, dengan distribusi yang cukup merata antar fasa yakni sekitar 575-588 VAR per fasa. Kemudian pada pukul 12.19, terjadi kenaikan total daya reaktif menjadi 1789,0 VAR hingga 1796,5 VAR, dengan nilai per fasa berkisar 586-606 VAR.

Pengukuran frekuensi pada motor listrik 3 fasa dilakukan untuk mengetahui kestabilan sistem. Data hasil pengukuran frekuensi per fasa dan total (RST) pada pukul 11.20 dan 12.19 ditampilkan pada [Tabel 10](#) berikut ini.

TABEL 10
DATA FREKUENSI MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

No	Waktu	R (Hz)	S (Hz)	T (Hz)	3~ (Hz)
1	11:20:05	50,00	49,90	50,00	50,00
2	11:20:06	50,00	50,00	50,00	50,00
3	11:20:07	50,00	50,00	50,00	50,00
4	11:20:08	50,00	50,00	50,00	50,00
5	11:20:09	50,00	50,00	49,90	50,00
6	12:19:55	49,90	49,90	49,90	49,90
7	12:19:57	49,90	49,90	49,90	49,90
8	12:19:58	49,90	49,90	49,90	49,90
9	12:19:59	49,90	49,90	49,90	49,90
10	12:20:00	49,90	49,90	49,90	49,90

Berdasarkan data pada [Tabel 10](#), terjadi sedikit penurunan frekuensi antara dua waktu pengukuran. Pada pukul 11.20, frekuensi stabil di angka 50,00 Hz untuk semua fasa dengan beberapa variasi kecil di fasa S dan T yang sempat mencapai 49,90 Hz. Kemudian pada pukul 12.19, frekuensi mengalami penurunan konsisten menjadi 49,90 Hz di semua fasa.

Pengukuran energi pada motor listrik 3 fasa dilakukan untuk mengetahui penggunaan energi sistem. Data hasil pengukuran energi per fasa dan total (RST) pada pukul 11.20 dan 12.19 ditampilkan pada [Tabel 11](#) berikut ini.

TABEL 11
DATA ENERGI MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

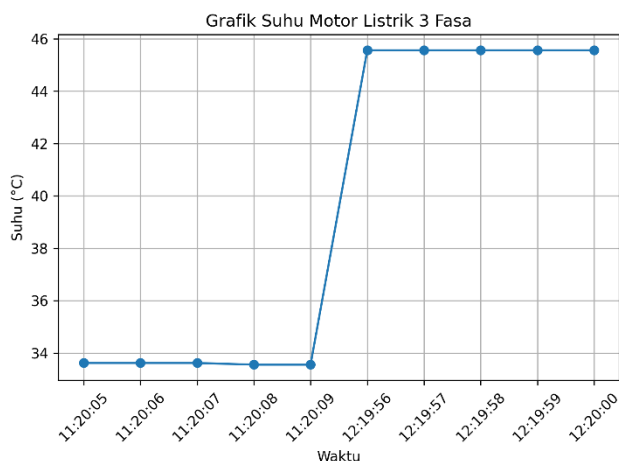
No	Waktu	R (kWh)	S (kWh)	T (kWh)	3~ (kWh)
1	11:20:05	0	0	0	0
2	11:20:06	0	0	0	0
3	11:20:07	0	0	0	0
4	11:20:08	0	0	0	0
5	11:20:09	0	0	0	0
6	12:19:55	0,2	0,2	0,2	0,6
7	12:19:57	0,2	0,2	0,2	0,6
8	12:19:58	0,2	0,2	0,2	0,6
9	12:19:59	0,2	0,2	0,2	0,6
10	12:20:00	0,2	0,2	0,2	0,6

Berdasarkan data pada [Tabel 7](#), daya aktif motor listrik 3 fasa selama periode pengukuran berada pada kisaran 544–571 watt untuk total tiga fasa (RST). Dengan waktu pengamatan selama satu jam, energi listrik yang secara teori diperoleh dari daya aktif ini adalah sekitar 0,54–0,57 kWh. Sementara itu, pada [Tabel 4.17](#), energi listrik yang tercatat pada alat ukur selama periode yang sama adalah sebesar 0,6 kWh.

Pengukuran suhu pada motor listrik 3 fasa sangat penting untuk memantau kondisi operasional motor serta mencegah terjadinya *overheating* yang dapat mengganggu kinerja dan mempercepat kerusakan komponen. [Tabel 12](#) berikut menyajikan data suhu motor pada dua waktu pengukuran, yaitu pukul 11.20 dan 12.19.

TABEL 12
DATA SUHU MOTOR LISTRIK 3 FASA PADA PUKUL 11.20 DAN 12.19

No	Waktu	Suhu (°C)
1	11:20:05	33,625
2	11:20:06	33,625
3	11:20:07	33,625
4	11:20:08	33,56
5	11:20:09	33,56
6	12:19:56	45,56
7	12:19:57	45,56
8	12:19:58	45,56
9	12:19:59	45,56
10	12:20:00	45,56



Gambar 31. Grafik suhu motor listrik 3 fasa

Berdasarkan data pada tabel, terdapat peningkatan suhu yang cukup signifikan dari pukul 11.20 ke 12.19. Pada pukul 11.20, suhu motor berada di kisaran 33,5°C hingga 33,625°C, sedangkan pada pukul 12.19 suhu meningkat menjadi sekitar 45,5°C hingga 45,56°C. Kenaikan suhu sekitar 12°C ini menunjukkan adanya peningkatan beban kerja motor atau penurunan efisiensi pendinginan. Jika suhu terus meningkat tanpa penanganan, dapat menyebabkan kerusakan pada isolasi motor dan menurunkan umur pakai motor.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan motor listrik 3 fasa dengan kontrol *ON/OFF* berbasis IoT ini berhasil memenuhi tujuan penelitian. Beberapa temuan utama meliputi.

1. Fungsi kendali jarak jauh melalui platform ThingsBoard mampu mengaktifkan dan menonaktifkan motor listrik melalui relay yang terhubung ke kontaktor sesuai perintah *ON/OFF* yang diberikan. Perubahan status motor juga dapat dipantau secara real-time melalui dashboard ThingsBoard, sehingga operator dapat melakukan pengendalian dan pemantauan tanpa harus berada langsung di ruang kendali;
2. Sistem mampu dalam melakukan pengukuran parameter operasional motor secara *real-time* meliputi tegangan, arus, daya, dan suhu dengan tingkat akurasi tinggi (*error* < 1%). Konsistensi hasil pengujian dengan alat referensi *Three Phase Power Meter* dan *thermocouple type-k* mengonfirmasi keandalan sistem sebagai alat diagnostik operasional;
3. Sistem ini tidak hanya berperan sebagai pemantau, tetapi juga memiliki untuk mendeteksi tindakan protektif otomatis terhadap kondisi abnormal seperti jatuh tegangan (<198) dan lonjakan tegangan (>231V) atau suhu berlebihan (>55°C). Respons cepat ini secara signifikan mengurangi potensi kerusakan motor, memperpanjang *lifespan*

peralatan, dan mengoptimalkan biaya pemeliharaan jangka panjang.

B. Saran

Selama pengerjaan skripsi ini tentunya tidak lepas dari berbagai kekurangan dan kelemahan, adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan pada penelitian mengenai rancang bangun sistem monitoring motor listrik 3 fasa untuk mengoptimalkan kinerja motor listrik adalah:

1. Uji sistem terhadap beban disarankan dilakukan dengan memastikan bahwa beban yang diukur berada dalam rentang kapasitas sensor. Sistem monitoring ini dirancang untuk memantau daya hingga 23 kW, sehingga penggunaannya lebih sesuai untuk aplikasi dengan beban maksimal 23 kW. Untuk kebutuhan industri dengan beban di atas 23 kW, diperlukan penyesuaian atau penggunaan alat dengan spesifikasi sensor yang lebih tinggi.
2. Perlu dilakukan uji coba dalam jangka waktu yang lebih lama untuk memastikan kestabilan pembacaan data serta daya tahan komponen terhadap panas, getaran, dan gangguan listrik

REFERENSI

- [1] W. Yuniarto, I. Suparno, Rusman, M. Diponegoro dan Edi, "Rancang bangun sistem monitoring dan kontrol energi listrik pada beban 3 fasa menggunakan ESP32 berbasis internet of things (IoT)," *Jurnal Poli-Teknologi*, vol. 22, no. 1, 2024.
- [2] E. Yadie, M. A. Putra, dan M. Z. Aqmal, "Multifunction meter 3 fase menggunakan sensor PZEM-004t berbasis Nodemcu Esp8266", *PoliGrid*, vol. 6, no. 1, Jun. 2025.
- [3] M. B. R. Huda dan W. D. Kurniawan, "Analisa sistem pengendalian temperatur menggunakan sensor DS18B20 berbasis mikrokontroler Arduino," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 07, no. 02, Jul. 2025, doi: <https://doi.org/10.26740/jrm.v7i02.47897>
- [4] Y. E. Windarto, B. M. W. Samosir, dan M. R. Assariy, "Monitoring ruangan berbasis internet of things menggunakan ThingsBoard dan Blynk," *.wjit .walisongo .j .of .inf .Technology*, vol. 2, no. 2, hlm. 145, Des 2020, doi: 10.21580/wjit.2020.2.2.5798.
- [5] Rusdiansyah, C. Sarri, dan Toyib, "Analisis perbaikan faktor daya untuk efisiensi pembebanan pada RSUD I.A. Moeis Samarinda," *Mutiara: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, vol. 1, no. 1, pp. 130-133, Jul. 2023.
- [6] A. Syafi'i, A. H. Kurniawan, dan Rusda, "Rancang bangun alat penyiram tanaman otomatis berbasis ESP32 Desa Purwajaya", *PoliGrid*, vol. 5, no. 2, Dec. 2024.
- [7] M. I. Ibrahim, R. A. Wijaya, R. A. Susilo, dan P. Murdiyat, "Rancang bangun rele diferensial berbasis Arduino", *PoliGrid*, vol. 5, no. 1, Jun. 2024.
- [8] M. D. Abdillah, M. A. Putra, dan Rusda, "Rancang bangun miniature solar tracking system pada penerangan jalan bertenaga surya berbasis Arduino", *PoliGrid*, vol. 5, no. 2, Dec. 2024.
- [9] B. A. Wijaya, A. Ihsandi, O. Nainggolan, dan P. Murdiyat, "Rancang bangun rele arus lebih tipe inverse time dengan time multiplier setting 0,05 detik berbasis Arduino", *PoliGrid*, vol. 5, no. 1, Jun. 2024.
- [10] R. Wicaksono, R. J. K. Haryo, A. R. D. Santoso, E. D. Wibowo, dan P. R. Hanafi, "Perancangan time synchronization sebagai alat bantu pengujian intertrip relay distance," *jeetech*, vol. 5, no. 2, pp. 151-163, Oct. 2024, doi: 10.32492/jeetech.v5i2.5206.