

Research Article

Open Access (CC-BY-SA)

Monitoring Realtime Suhu dan Tekanan Transformator Traksi dengan ESP32 dan Ubidots

Eko Cahyono^{*1}, Freddy Artadima Silaban²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

e-mail: ¹41422110111@student.mercubuana.ac.id, ²freddy.artadima@mercubuana.ac.id,

Abstrak

Transformator traksi memainkan peran penting dalam menyediakan tegangan listrik yang stabil dan aman untuk sistem catu daya. Gangguan seperti peningkatan suhu dan tekanan gas nitrogen dapat mengganggu kinerjanya. Penelitian ini mengusulkan sistem IoT menggunakan pendekatan Design Research Method (DRM) untuk memantau transformator traksi, termasuk suhu belitan, suhu oli, dan tekanan gas N₂. ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler yang terhubung dengan sensor. Hasil pengujian menunjukkan akurasi yang baik dengan rata-rata nilai error suhu belitan 0,93%, suhu oli 0,64%, dan tekanan gas N₂ 4,53%. Modul relay memicu alarm saat kondisi kritis, dan Ubidots memberikan notifikasi SMS kepada teknisi lapangan. Pendekatan DRM efektif dalam menghasilkan solusi yang relevan dan dapat diimplementasikan dalam memantau dan menjaga kinerja transformator traksi.

Kata kunci—Transformator Traksi, *Internet of Things* (IoT), Monitoring suhu dan tekanan, Ubidots

Abstract

The traction transformer plays a crucial role in providing stable and safe electrical voltage for the power supply system. Disruptions such as temperature increases and nitrogen gas pressure can affect its performance. This study proposes an IoT system using the Design Research Method (DRM) approach to monitor the traction transformer, including winding temperature, oil temperature, and N₂ gas pressure. ESP32 is utilized as the microcontroller connected to sensors. Test results demonstrate good accuracy with average error values of 0.93% for winding temperature, 0.64% for oil temperature, and 4.53% for N₂ gas pressure. The relay module triggers an alarm during critical conditions, and Ubidots sends SMS notifications to field technicians. The DRM approach is effective in generating relevant and implementable solutions for monitoring and maintaining the performance of traction transformers.

Keywords—Traction Transformer, *Internet of Things* (IoT), Temperature and Pressure Monitoring, Ubidots

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem tenaga listrik, sebuah transformator merupakan perangkat listrik yang menyediakan transisi tegangan akhir dalam sisi distribusi tenaga listrik yang menurunkan tegangan yang digunakan dalam saluran distribusi menjadi tegangan yang akan digunakan oleh konsumen [1]. Transformator traksi adalah transformator daya yang dirancang khusus untuk digunakan dalam sistem transportasi, seperti jaringan kereta api, trem, atau sistem transportasi lainnya. Transformator traksi berfungsi untuk mengubah tegangan listrik dari tingkat tegangan tinggi, yang biasanya ditemukan di stasiun pembangkit atau sub-stasiun, menjadi tegangan yang lebih rendah yang dapat digunakan oleh kendaraan atau sistem transportasi elektrik [2].

Degradasi kesehatan transformator disebabkan oleh pemantauan yang tidak optimal. Saat ini, personel teknis secara manual memeriksa transformator di lokasi. Pemeliharaan preventif rutin dan pengujian dilakukan secara teratur. Namun, beberapa indikator kondisi vital, misalnya, suhu minyak belitan, tidak dipantau secara *real-time* [3]. Seiring dengan meningkatnya jumlah pembebanan maka transformator akan mengalami kenaikan suhu yang tidak dapat diketahui [4]. Pendekatan ini dapat menghasilkan keterlambatan dalam mendeteksi masalah, meningkatkan risiko kegagalan transformator, dan mengganggu operasi perkeretaapian. Maka dari itu, perlu adanya tindakan preventif dengan mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT untuk transformator traksi. Sistem Monitoring adalah sistem yang sangat diperlukan dalam sebuah aplikasi. Sistem monitoring disini berperan sebagai pemberi data yang nantinya akan diproses lebih lanjut setelah data terkirim dari sebuah sistem monitoring [5]. Sistem mempunyai input yang dibutuhkan sistem untuk proses dan akan menghasilkan keluaran atau output berupa informasi [6]. Perkembangan teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk mengimplementasikan sistem monitoring kondisi transformator adalah *Internet of Things* (IoT). IoT merupakan paradigma telekomunikasi nirkabel yang memanfaatkan objek seperti perangkat bergerak, sensor atau perangkat lain untuk saling berkomunikasi dan mendapatkan data melalui jaringan internet [7].

Dengan penerapan sistem monitoring berbasis IoT diharapkan mampu memberikan informasi secara *real-time* tentang kondisi transformator traksi, memungkinkan deteksi dini terhadap kondisi abnormal, dan mendukung tindakan perawatan yang proaktif sehingga dapat menjaga kelancaran operasi perkeretaapian dan meningkatkan keselamatan penumpang. Kemampuan untuk mendeteksi segera kondisi yang tidak normal memungkinkan teknisi mengambil tindakan dengan cepat, termasuk penjadwalan perawatan dan investigasi masalah potensial.

Literature Review

1. Riset oleh [1] Hanafi, D., & Aziz, Z. Dengan judul “Health Monitoring System for Transformer by using Internet of Things (IoT)”. Membuat sistem yang memantau transformator melalui sensor suara, suhu, dan arus. Dengan platform ESP32 dan Blynk. Implementasi IoT memberikan pemantauan yang cepat dan dapat diandalkan untuk transformator.

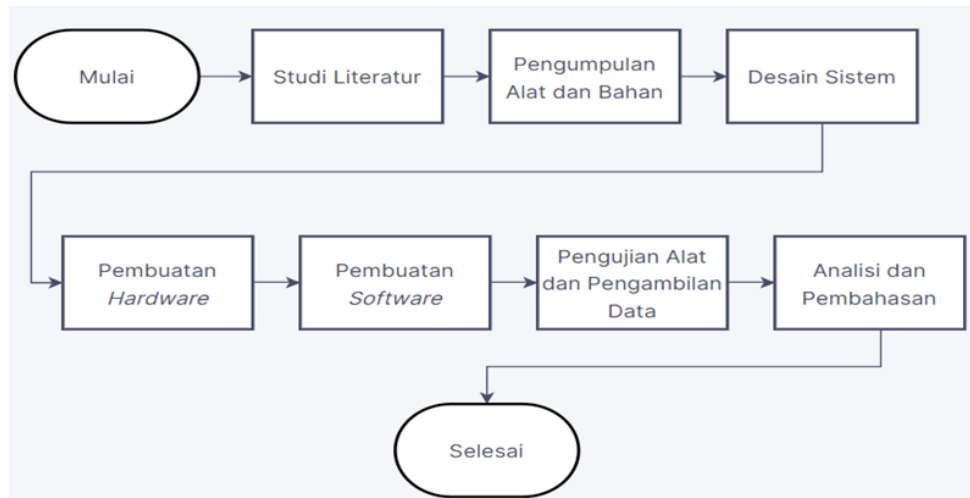
2. Riset oleh [3] Sahrani, S., Ahmad, N. D., Mohamed, R., Talib, M. A., & Kit, C. J. Dengan judul “Real-Time Monitoring of Oil Temperature in Distribution Power Transformer by Using Internet of Things”. Membuat sistem IoT untuk pemantauan suhu minyak pada transformator daya. Sistem juga memberi peringatan jika suhu melebihi +40°C.
3. Riset oleh [4] Widodo, H. A., Bima, M., Mudjiono, U., & Kristiawan, I Dengan judul “Pembuatan Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu Gardu Trafo dengan Internet Of Things”. Membuat alat untuk memantau dan mengendalikan suhu udara ambien dan ruang gardu trafo sesuai dengan set point yang ditentukan.
4. Riset oleh [5] Pahlevi, Moh. R. D., Amir, A., Solli, T. S., & Indrajaya, Muh. A. Dengan judul “Sistem Monitoring Kenaikan Suhu Pada Transformer Berbasis IoT”. Membuat sistem monitoring suhu pada transformator menggunakan sensor DS18B20 yang terhubung dengan modul mikrokontroler ESP32. Sistem ini juga dilengkapi dengan *Manual Call Point* (MCP) sebagai input untuk memicu pengukuran suhu.
5. Riset oleh [6] Baharudin, A. M., Suhada, K., & Yudiana, Y. Dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Trafo Online Menggunakan Aplikasi Whatsapp Berbasis Iot Studi Kasus Pada Gardu Induk PLN 150KV Mekarsari”. Merancang Sistem Monitoring Suhu Trafo Online Menggunakan Aplikasi Whatsapp untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemantauan suhu trafo.
6. Riset oleh [7] Prasetyo, B. E., Hayuhardhika, W., Putra, N., Syauqy, D., & Bhawiyuga, A. Dengan judul “Sistem Monitoring Trafo Distribusi PT. PLN (Persero) Berbasis IoT”. Membuat sistem untuk memantau kondisi trafo distribusi secara real-time untuk mencegah kerusakan dan mengurangi biaya perawatan.

Berdasarkan peninjauan literatur yang telah dilakukan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem *Internet of Things* (IoT) untuk memantau secara *real-time* suhu belitan, suhu oli, dan tekanan gas nitrogen (N₂) pada transformator traksi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan Design Research Method (DRM) dengan fokus pada pengembangan sistem atau produk sebagai solusi terhadap tantangan yang dihadapi atau untuk memenuhi kebutuhan yang telah diidentifikasi. Dalam konteks ini, pendekatan DRM melibatkan pembuatan model atau prototipe yang dapat diimplementasikan untuk menguji dan memvalidasi konsep yang telah dirancang.

Prototipe tersebut dirancang untuk menunjukkan bagaimana sistem IoT dapat diintegrasikan dengan transformator traksi guna meningkatkan pemantauan dan deteksi dini terhadap potensi masalah. Selanjutnya, prototipe tersebut akan diuji dan dievaluasi untuk menilai kinerja dan keberhasilannya dalam memenuhi tujuan yang telah ditetapkan. Pendekatan ini sejalan dengan metodologi prototype yang sering digunakan dalam pengembangan teknologi baru atau sistem kompleks, memastikan bahwa solusi yang dihasilkan dapat diimplementasikan secara efektif dan efisien, serta memenuhi kebutuhan pengguna.



Gambar 1. Tahapan Perancangan

Langkah-langkah perancangan sistem dijelaskan pada Gambar 1. Perancangan dilaksanakan berdasarkan studi literatur dengan menggunakan teori-teori yang telah didapatkan dari penelitian-penelitian terdahulu. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan perangkat keras (*hardware*) yang diperlukan untuk implementasi sistem. Ini melibatkan pemilihan komponen, perakitan, dan pengujian perangkat keras yang dirancang. Selain perangkat keras, perangkat lunak (*software*) juga perlu dikembangkan untuk mengontrol dan mengoperasikan sistem. Langkah ini melibatkan pemrograman dan pengembangan kode program yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Setelah perangkat keras dan perangkat lunak selesai dibuat, alat yang telah dirancang akan diuji coba. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi kinerja, keandalan, dan fungsionalitas alat dan sistem. Hasil dari uji coba akan dibandingkan dan dianalisis untuk mengevaluasi kelayakan dan keefektifan desain yang telah dibuat.

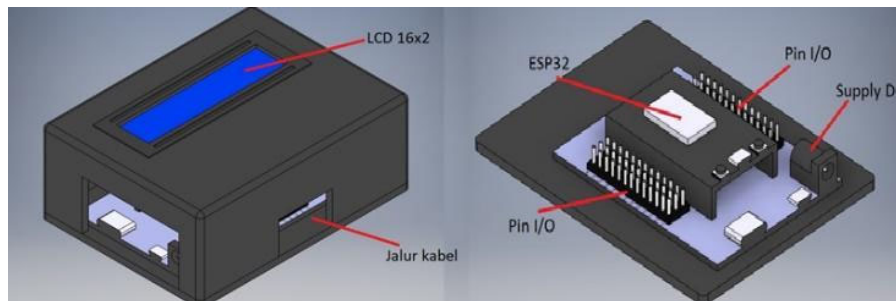
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian pembahasan, peneliti mengulas dan menganalisa hasil yang telah diperoleh dengan tujuan menjelaskan makna dari hasil tersebut, serta mengartikan hasil berdasarkan landasan teori atau literatur terkait. Di bagian ini, peneliti juga dapat mengemukakan saran atau rekomendasi untuk penelitian atau pengembangan selanjutnya berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras adalah langkah penting dalam mengembangkan sistem elektronik, yang menggabungkan berbagai komponen untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam proses ini, pemilihan dan integrasi perangkat keras menentukan kinerja, kehandalan, dan fungsionalitas sistem. Penggunaan mikrokontroler ESP32, sensor suhu dengan modul Max6675, sensor tekanan, modul relay, dan LCD 16x2 memungkinkan

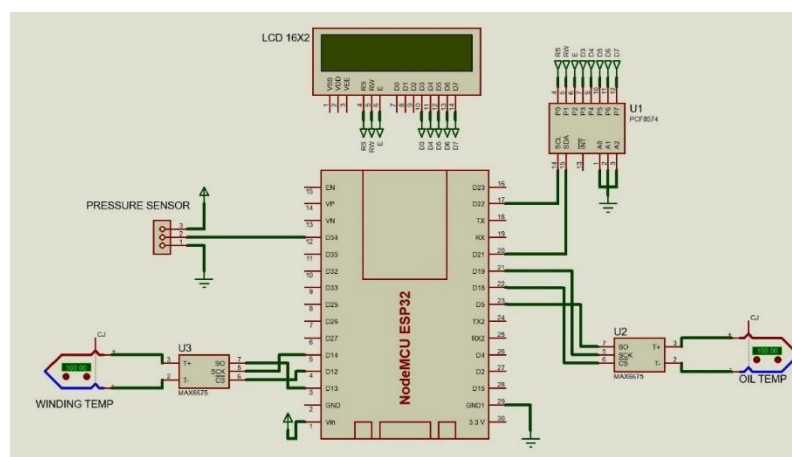
implementasi pengukuran suhu belitan, suhu oli, dan pemantauan tekanan gas N₂ pada transformator traksi.



Gambar 2. Desain Alat

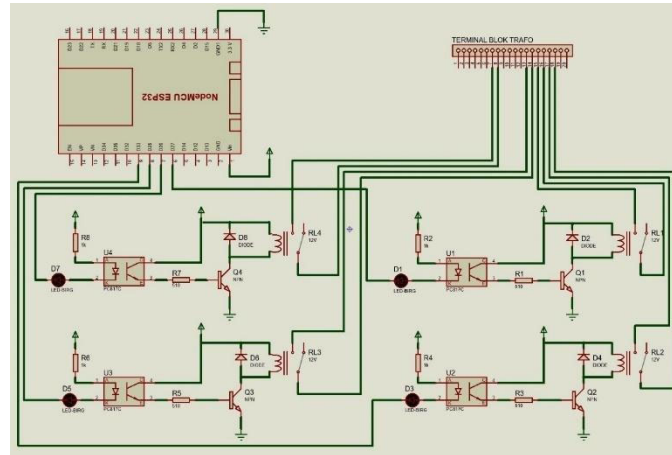
2. Perancangan Elektrikal

Gambar 3 menggambarkan integrasi ESP32 dengan dua sensor thermocouple, sensor pressure transmitter, dan LCD 16x2 dalam rangkaian elektrikal.



Gambar 3. Rangkaian Elektrikal ESP32 dengan Sensor dan LCD

Modul I2C ditempatkan di bagian belakang LCD 16x2, dengan pin SDA dan SCL terhubung ke pin D21 dan D22 pada ESP32 secara berurutan. Pin VCC dari Module I2C terhubung ke sumber tegangan 5V, sedangkan pin GND terhubung ke ground. Pada sensor pressure transmitter, kabel merah terhubung ke supply 5V, kabel hitam terhubung ke ground, dan kabel kuning terhubung ke pin D34 pada ESP32. Kedua sensor thermocouple terhubung dengan ESP32 dengan pengkabelan yang berbeda. Untuk sensor suhu belitan, koneksi antara pin SCK ke D14, pin CS ke D12, dan pin DO ke D13. Sedangkan untuk sensor suhu oli, koneksi adalah pin SCK ke D19, pin CS ke D18, dan pin DO ke D5. Rangkaian antara ESP32 dan Module relay 4 channel dijelaskan dalam Gambar 4, menunjukkan koneksi dan kontrol dari mikrokontroler ke modul relay.



Gambar 4 Rangkaian Elektrikal ESP32 dengan Module Relay 4 Channel

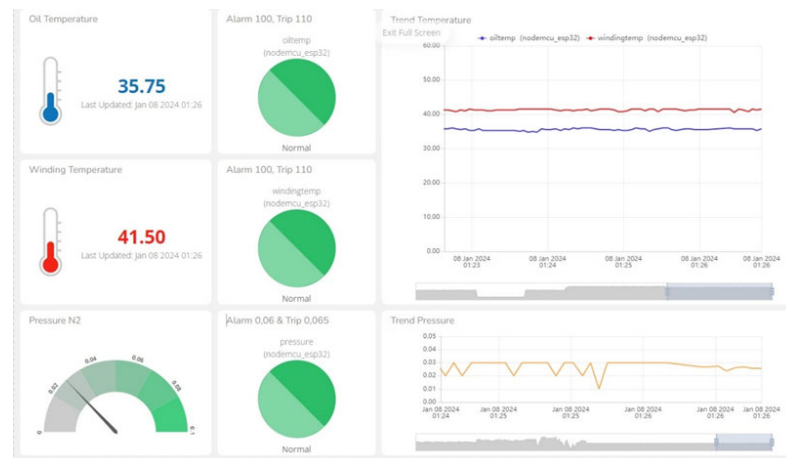
Module relay 4 channel digunakan untuk mengendalikan pemacu alarm atau trip ke panel masuk trafo saat terjadi gangguan pada suhu belitan, suhu oli, atau tekanan gas N₂ dalam transformator traksi. Pasokan daya ke modul relay terhubung langsung ke sumber tegangan 5V dan ground. Setiap channel pada modul relay terhubung ke pin ESP32 untuk memberikan kontrol terpisah.

1. Channel 1: D33 ESP32 ke terminal blok trafo 2TA1 (common) dan 2TA2 (NO).
2. Channel 2: D25 ESP32 ke terminal blok trafo 2TA3 (common) dan 2TA4 (NO).
3. Channel 3: D26 ESP32 ke terminal blok trafo 1TA1 (common) dan 1TA2 (NO).
4. Channel 4: D27 ESP32 ke terminal blok trafo 1PA1 (common) dan 1PA2 (NO).

Dalam konfigurasi ini, setiap channel pada modul relay terhubung ke terminal blok khusus pada trafo traksi. Saat ESP32 mengirim sinyal ke pin yang terhubung dengan saluran tertentu, kontak pada NO (*Normally Open*) akan terhubung dengan common, memicu alarm atau trip ke panel incoming trafo sebagai respons terhadap kondisi abnormal pada transformator traksi.

3. Pengujian Dashboard Ubidots

Perangkat terkoneksi ke Wi-Fi sesuai konfigurasi program dan mengirim data sensor ke Ubidots. Ubidots menampilkan data secara real-time, memungkinkan pemantauan langsung atau melihat riwayat pengukuran. Ini memungkinkan teknisi untuk efisien memantau dan menganalisis data sensor melalui Ubidots.



Gambar 5 Ubidots Menampilkan Data Dari ESP32

4. Pengujian Sensor Suhu Belitan

Pada saat pengujian tercatat nilai suhu belitan transformator traksi stabil sekitar 41°C-41,5°C pada metering WTI (*Winding Temperature Indicator*) suhu yang terpasang. Hasil pembacaan pada WTI kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor suhu belitan trafo dari platform Ubidots, seperti yang terperinci dalam Tabel 1. Perhitungan nilai error dilakukan dengan rumus mencari nilai persen error absolut (APE) dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut :

$$APE = \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

N o	Waktu	WTI (°C) (variable X)	Ubidots (°C) (variable Y)	APE (%)
1	2023-12-15 03:43:20	41,5	41	1,2
2	2023-12-15 03:43:17	41,5	41	1,2
3	2023-12-15 03:43:13	41	40,75	0,61
4	2023-12-15 03:43:05	41,5	41	1,2
5	2023-12-15 03:43:02	41,5	41	1,2
6	2023-12-15 03:42:59	41,5	41	1,2
7	2023-12-15 03:42:54	41,5	41	1,2
8	2023-12-15 03:42:51	41	40,25	1,83
9	2023-12-15 03:42:47	41,5	41	1,2

Suhu WTI pada error nilai	10	2023-12-15 03:42:44	41	40,75	0,61
	11	2023-12-15 03:42:40	41	40,75	0,61
	12	2023-12-15 03:42:37	41	40,75	0,61
	13	2023-12-15 03:42:33	41,5	41,25	0,6
	14	2023-12-15 03:42:30	41	40,75	0,61
	15	2023-12-15 03:42:26	41	40,75	0,61
	16	2023-12-15 03:42:22	41,5	41	1,2
	17	2023-12-15 03:42:19	41,5	41,25	0,6
	18	2023-12-15 03:42:16	41,5	41,25	0,6
	19	2023-12-15 03:42:12	41,5	41	1,2
	20	2023-12-15 03:42:08	41,5	41,25	0,6
<i>n</i>=20			$\Sigma X = 826,5$	$\Sigma Y = 818,75$	$MAPE=0,93$

Tabel 1
Perbandingan
Pengukuran
Belitan Pada
dan Ubidots
Dari data
Tabel 1,
tercatat
MAPE atau
rata-rata nilai
sebesar
0,93%.
error dapat
diperkecil
dengan
regresi linier
sederhana
dimana

$$Y = 8,0137 + 0,7967x$$

Berdasarkan nilai Y tersebut maka dapat disimulasikan semisal nilai $X = 41^\circ\text{C}$, maka $Y = 8,0137 + 0,796(41) = 40,678^\circ\text{C}$. Sehingga mengurangi persentase error (APE) yang semula rata-rata 0,93% menjadi 0,78%.

5. Pengujian Sensor Suhu Oli

Pada saat pengukuran suhu transformator traksi, tercatat nilai suhu oli transformator traksi stabil 38°C - 39°C pada metering *Oil Temperature Indicator* (OTI) yang terpasang. Hasil pembacaan metering OTI kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor suhu belitan trafo dari platform Ubidots, seperti yang terperinci dalam Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Pengukuran Suhu Oli Pada OTI dan Ubidots

N o	Waktu	OTI ($^\circ\text{C}$) (variable X)	Ubidots ($^\circ\text{C}$) (variable Y)	<i>APE</i> (%)
1	2023-12-15 03:43:20	39	38,5	1,28
2	2023-12-15 03:43:17	39	38,5	1,28
3	2023-12-15 03:43:13	38	38	0
4	2023-12-15 03:43:05	39	38,5	1,28
5	2023-12-15 03:43:02	38	38	0
6	2023-12-15 03:42:59	39	38,5	1,28
7	2023-12-15 03:42:54	38,5	38,25	0,65
8	2023-12-15 03:42:51	38	38	0

9	2023-12-15 03:42:47	38,5	38,25	0,65
10	2023-12-15 03:42:44	38,5	38,25	0,65
11	2023-12-15 03:42:40	38	37,75	0,66
12	2023-12-15 03:42:37	38	38	0
13	2023-12-15 03:42:33	38,5	38,25	0,65
14	2023-12-15 03:42:30	38	38	0
15	2023-12-15 03:42:26	38,5	38,25	0,65
16	2023-12-15 03:42:22	39	38,5	1,28
17	2023-12-15 03:42:19	39	38,5	1,28
18	2023-12-15 03:42:16	38,5	38,25	0,65
19	2023-12-15 03:42:12	38,5	38,25	0,65
20	2023-12-15 03:42:08	38	38	0
<i>n</i>=20		$\Sigma X = 769,5$	$\Sigma Y = 764,5$	MAPE=0,64

Dari data pada Tabel 2, tercatat MAPE atau rata-rata nilai error sebesar 0,64%. nilai error dapat diperkecil dengan regresi linier sederhana dimana $Y=17,576+0,536x$. Berdasarkan nilai Y tersebut maka dapat disimulasikan semisal nilai $X=38^{\circ}\text{C}$, maka $Y=17,576+0,536(38)=37,944^{\circ}\text{C}$. Sehingga mengurangi persentase error (APE) yang semula rata-rata 0,64% menjadi 0,15%.

6. Pengujian Sensor Tekanan Gas N2

Pengujian sensor tekanan gas N2 dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan mendeteksi suhu dengan benar, jika sensor tidak bekerja maka nilai suhu yang terbaca adalah angka random. Pada saat pengukuran tekanan gas N2 transformator traksi, tercatat nilai tekanan gas N2 transformator traksi stabil di 0,027 MPa-0,028 MPa pada pressure gauge yang terpasang. Hasil pembacaan pressure gauge kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor tekanan gas N2 trafo dari platform Ubidots, seperti yang terperinci dalam Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Pengukuran Tekanan Gas N2 Pada *Pressure Gauge* dan Ubidots

No	Waktu	<i>Pressure Gauge</i> (MPa (variable X))	Ubidots ($^{\circ}\text{C}$ (variable Y))	<i>APE</i> (%)
1	12/15/2023 3:43:21	0,028	0,02819	0,67
2	12/15/2023 3:43:17	0,0275	0,026725	2,8
3	12/15/2023 3:43:13	0,0275	0,026358	4,1
4	12/15/2023 3:43:06	0,028	0,02819	0,67
5	12/15/2023 3:43:02	0,028	0,027823	0,63

6	12/15/2023 3:42:59	0,0275	0,026725	2,8
7	12/15/2023 3:42:55	0,028	0,028922	3,2
8	12/15/2023 3:42:51	0,028	0,028556	1,9
9	12/15/2023 3:42:48	0,0275	0,026358	4,1
10	12/15/2023 3:42:44	0,028	0,02819	0,67
11	12/15/2023 3:42:41	0,028	0,027091	3,2
12	12/15/2023 3:42:38	0,028	0,02819	0,67
13	12/15/2023 3:42:34	0,028	0,028922	3,2
14	12/15/2023 3:42:30	0,028	0,028922	3,2
15	12/15/2023 3:42:26	0,028	0,028922	9,8
16	12/15/2023 3:42:23	0,028	0,030753	9,8
17	12/15/2023 3:42:19	0,028	0,030387	8,5
18	12/15/2023 3:42:16	0,028	0,030753	9,8
19	12/15/2023 3:42:12	0,028	0,030753	9,8
20	12/15/2023 3:42:08	0,028	0,031119	11,1
$n=20$		$\Sigma X = 0,558$	$\Sigma Y = 0,572$	MAPE=4,53

Dari data pada Tabel 3, tercatat MAPE atau rata-rata nilai error sebesar 4,53%. nilai error dapat diperkecil dengan regresi linier sederhana dimana $Y=0,004545+0,862x$. Berdasarkan nilai Y tersebut maka dapat disimulasikan semisal nilai $X=38^{\circ}\text{C}$, maka $Y=17,576+0,536(38)=37,944^{\circ}\text{C}$. Sehingga mengurangi persentase error (APE) yang semula rata-rata 0,64% menjadi 0,15%.

7. Pengujian Module Relay Untuk *Trigger* Alarm dan Trip

Respons perpindahan koil relay dari NO ke NC, serta aktivasi alarm atau trip pada panel Incoming Trafo, dicatat dalam Tabel 4. Hal ini memberikan pemahaman yang jelas mengenai kinerja relay dalam menanggapi kondisi gangguan dan aktivasi alarm yang sesuai untuk keamanan transformator.

Tabel 4 Status Kondisi Relay Berdasarkan Jenis Gangguan

No	Suhu Belitan (°C)	Suhu Oli (°C)	Pressure Gas N2 (MPa)	Relay 1	Relay 2	Relay 3	Relay 4	Alarm	Trip
1	< 100	< 100	> 0,01 or < 0,05	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2	> 100	< 100	> 0,01 or < 0,05	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
3	> 110	< 100	> 0,01 or < 0,05	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
4	< 100	> 100	> 0,01 or < 0,05	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF
5	< 100	< 100	< 0,01 or > 0,05	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF

8. Pengiriman SMS Saat Terjadi Gangguan dan Kembali Normal

Ketika nilai parameter transformator traksi melewati batas normal, module relay akan memicu alarm atau trip pada panel incoming trafo. Ubidots akan mengirimkan notifikasi SMS ke nomor yang terdaftar, memungkinkan teknisi untuk cepat merespons dan menangani masalah transformator traksi. Dan pada saat parameter yang diukur sudah kembali dalam batas normal maka ubidots akan mengirimkan SMS notifikasi yang berisi bahwa trafo sudah kembali normal. Tampilan SMS pada *handphone* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan SMS Ketika Gangguan dan Kembali Normal

4. KESIMPULAN

1. Sistem monitoring real-time menggunakan Ubidots berhasil dibangun, memungkinkan pemantauan efisien dan analisis data sensor suhu belitan, suhu oli, dan tekanan gas nitrogen pada transformator traksi secara instan dan historis.
2. Sensor suhu belitan dan suhu oli berfungsi baik, dengan nilai error rendah dibandingkan dengan indikator konvensional (WTI dan OTI). Setelah dilakukan regresi linier, nilai error turun menjadi lebih rendah, menunjukkan akurasi yang memadai untuk pemantauan secara real-time. Trigger alarm dan trip dapat menjaga keamanan trafo, mencegah kerusakan, dan memperpanjang umur transformator.
3. Monitoring real-time memberikan manfaat signifikan bagi teknisi lapangan, memungkinkan teknisi untuk cepat mengambil tindakan saat terjadi anomali pada transformator traksi. Notifikasi SMS gangguan dari Ubidots meningkatkan responsabilitas dan keamanan transformator secara keseluruhan.

5. SARAN

1. Tingkatkan integrasi dengan Ubidots untuk memastikan pemantauan data sensor berjalan lancar.
2. Kembangkan fungsionalitas perangkat dengan penambahan sensor yang relevan.
3. Tetapkan jadwal pemeliharaan rutin untuk memastikan kinerja optimal perangkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Freddy Artadima Silaban, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan dukungan yang tak ternilai selama penyelesaian penelitian ini. Terima kasih juga kepada rekan-rekan Mahasiswa Universitas Mercu Buana atas dukungan dan kerjasama yang diberikan. Tak lupa, terima kasih kepada keluarga yang senantiasa memberikan doa dan semangat dalam setiap langkah penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Semua bantuan dan doa tersebut sangat berarti bagi kelancaran dan kesuksesan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hanafi, D., & Aziz, Z., "Health Monitoring System for Transformer by using Internet of Things (IoT)", *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 19–23, 2022. doi: 10.31258/ijeepse.5.1.19-23
- [2] IEC 60076-1, "Power transformers – Part 1: General", 2011.
- [3] Sahrani, S., Ahmad, N. D., Mohamed, R., Talib, M. A., & Kit, C. J., "Real-Time Monitoring of Oil Temperature in Distribution Power Transformer by Using Internet of Things", *Pertanika Journal of Science and Technology*, vol. 31, no. 1, pp. 1–16, 2023. doi: 10.47836/pjst.31.1.01

- [4] Widodo, H. A., Bima, M., Mudjiono, U., & Kristiawan, I., “Pembuatan Sistim Monitoring dan Pengendalian Suhu Gardu Trafo dengan Internet Of Things”, *Seminar Master 2018 PPNS*, 1509, pp.123–132, 2018.
- [5] Pahlevi, Moh. R. D., Amir, A., Solli, T. S., & Indrajaya, Muh. A., “Sistem Monitoring Kenaikan Suhu Pada Transformer Berbasis IoT”, *Jurnal Ilmiah Foristek*, vol. 11, no. 2, 2021. doi: 10.54757/fs.v11i2.108
- [6] Baharudin, A. M., Suhada, K., & Yudiana, Y., “Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Trafo Online Menggunakan Aplikasi Whatsapp Berbasis Iot Studi Kasus Pada Gardu Induk PLN 150KV Mekarsari”, *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, vol. 17, no. 3, pp. 135–145, 2022. doi: 10.35969/interkom.v17i3.263
- [7] Prasetyo, B. E., Hayuhardhika, W., Putra, N., Syauqy, D., & Bhawiyuga, A., “Sistem Monitoring Trafo Distribusi PT. PLN (Persero) Berbasis IoT”, *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 7, no. 1, pp. 205-210, 2020. doi: 10.25126/jtiik.202071951
- [8] Abd El-Gawad, A. F., “Suggested Temperature Monitoring System For Distribution Transformers By Using Microcontroller Scheme”, *Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 10, no. 5, pp. 2099–2104, 2015. doi: 10.5370/JEET.2015.10.5.2099
- [9] Durgesh, Beri & Reddy, Gurusundar & Reddy, M & Manoz, K & Reddy, Kumar & Ijmtst, Editor, “Design and Implementation of Transformer Health Monitoring using IOT”, *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, vol. 8, pp. 99-104, 2022. doi: 10.46501/IJMTST0812016
- [10] Andriana, A., Zulkarnain, Z., & Herpuji, S. B., “Monitoring dan Kendali Jarak Jauh Kebocoran Gas LPG Berbasis Android”, *JURNAL TIARSIE*, vol. 15, no. 2, 2018. doi: 10.32816/tiarsie.v15i2.32no.
- [11] Fadlilah. U., & Saniya. N., “Monitoring Suhu Kabel Trafo melalui Tampilan LCD dan SMS”, *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 17, no. 2, pp. 42–49, 2017. doi: 10.23917/emitor.v17i2.6229
- [12] Madjid. A. R., & Suprianto. B, “Prototype Monitoring Arus , Dan Suhu Pada Transformator Distribusi Berbasis Internet Of Things (IoT)”, *Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya*, Vol 8, pp. 111–119, 2019.
- [13] Medina-Santiago, A., Azucena, A. D. P., Gomez-Zea, J. M., Jesus-Magana, J. A., De La Luz Valdez-Ramos, M., Sosa-Silva, E., & Falcon-Perez, F. “Adaptive Model IoT for Monitoring in Data Centers”, *IEEE Access*, 8, 5622–5634, 2020. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2963061
- [14] Afriansyah. N, “Rancang Bangun Monitoring Suhu Minyak Transformator Ibt (Inter-Bus Trafo) Dengan Wireless Sensor Network”, Skripsi, Program Studi Teknik Elektro. Universitas Mercu Buana. Jakarta, 2022.
- [15] Munir. K, & Misriana, “Sistem Monitoring Transformator Distribusi Berbasis XBEE PRO”, *JURNAL LITEK : Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, vol. 15, no. 2, pp. 29–37, 2018.