



**SIMULASI SISTEM MONITORING SUHU DAN TEKANAN INTERNAL
PADA TRANSFORMATOR DAYA BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN
*WEBSITE***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pada Program
Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri
Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Disusun Oleh :

Dinar Salsabiela

40040622650024

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

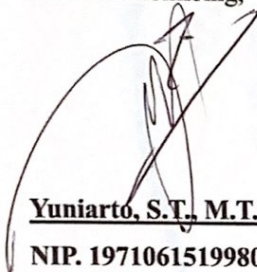
**SIMULASI MONITORING SUHU DAN TEKANAN INTERNAL PADA
TRANSFORMATOR DAYA BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN *WEBSITE***

Nama : Dinar Salsabiela

NIM : 40040622650024

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH :

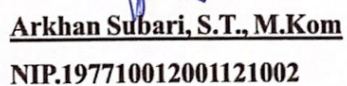
Dosen Pembimbing,



Yuniarto, S.T., M.T.
NIP. 197106151998021001

Tanggal 28 September 2026

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Teknik Listrik Industri
Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP.197710012001121002

Tanggal 28 September 2026

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

SIMULASI SISTEM MONITORING SUHU DAN TEKANAN INTERNAL PADA TRANSFORMATOR DAYA BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN WEBSITE

Diajukan Oleh : Dinar Salsabiela

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada :

Hari : Senin

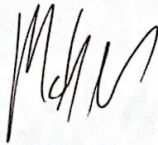
Tanggal : 28 September 2026

Penguji I



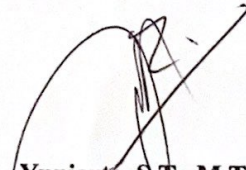
Dista Yoel Tadeus, S.T., M.T
NIP. 198812282015041002

Penguji II



Fakhruddin Mangkusamito, S.T., M.T
NIP. 198908202019031012

Penguji III



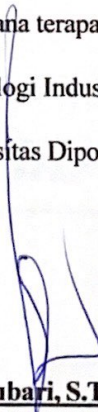
Yuniarto, S.T., M.T
NIP. 197106151998021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi sarjana terapan Teknik Listrik Industri

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :Dinar Salsabiela

NIM :40040622650024

Program Studi :Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Judul Tugas Akhir :Simulasi Sistem Monitoring Suhu dan Tekanan Internal
Pada Transformator Daya Berbasis ESP32 Menggunakan
Website

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 28 September 2026

Yang Membuat Pernyataan



Dinar Salsabiela

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Tuhan yang Maha Esa, yang senantiasa memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang telah menjadi dukungan penulis untuk segera menyelesaikan laporan ini.
3. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom. selaku Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Yuniarto, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan dukungan dalam penyusunan laporan hingga menyetujui laporan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan staff Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Informasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
7. Kepada teman-teman yaitu Amanda, Andien, Hanifah, Anan, Keyla, dan Hanun yaitu teman dekat penulis pada masa kuliah. Terimakasih untuk perjuangan serta dukungannya selama ini.
8. Kepada kerabat moehi yaitu Nirina, Aisyah, Artha, Galih, Faza dan yang merupakan rekan semasa menengah atas hingga saat ini, terimakasih untuk setiap doa dan semangat bagi penulis dalam menghadapi tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan menengah pertama, Fathimah, Aisyah, Hasna, Septi, dan Fanny. Terimakasih untuk segala dukungan bagi penulis selama tugas akhir ini disusun.
10. Kepada teman-teman baru yang saya kenal dan temui di masa penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala bantuan, diskusi berharga, dan kebersamaan yang membuat proses pengerjaan alat maupun laporan ini terasa jauh lebih ringan.

11. Diri Sendiri, terima kasih karena tidak menyerah, meskipun keadaan tidak selalu mendukung. Terima kasih karena tetap melangkah, walaupun perlahan. Setiap langkah kecil yang diambil merupakan bagian dari pencapaian yang patut dihargai. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat bahwa setiap perjuangan, sekecil apa pun, akan selalu membuahkan hasil ketika dijalani dengan kesabaran, doa, dan keyakinan.

ABSTRAK

Transformator daya rentan mengalami kegagalan operasi akibat peningkatan suhu dan tekanan internal. Mengingat sistem perlindungan mekanis bawaan hanya bekerja secara reaktif, penelitian ini bertujuan merancang simulasi sistem deteksi dini dan pemantauan tangki secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor termokopel tipe K, dan sensor tekanan. Data pembacaan diproses untuk mengendalikan aktuator pengaman (*buzzer*, *relay heater*, dan *solenoid valve*) melalui tiga batas kondisi: AMAN, WARNING, dan DANGER. Sistem juga memvisualisasikan data pemantauan pada *website* Node-RED dan mencatat riwayat secara otomatis melalui *Google Spreadsheet*. Hasil pengujian menunjukkan simulasi sistem berhasil merespons perubahan kondisi sesuai rancangan. Saat status WARNING, *buzzer* aktif sebagai peringatan dini. Pada kondisi DANGER, mikrokontroler secara otomatis mematikan *heater* dan membuka *solenoid valve* untuk menurunkan tekanan. Uji validasi mencatat rata-rata persentase kesalahan (*error*) pembacaan yang sangat rendah, yakni sebesar 0,83% untuk suhu dan rata-rata selisih 1,46 psi untuk tekanan terhadap alat ukur pembanding. Secara keseluruhan, simulasi sistem ini berhasil menjalankan fungsi monitoring dan proteksi jarak jauh dengan tingkat keakuratan yang baik.

Kata Kunci: Transformator Daya, ESP32, Termokopel Tipe K, *Internet Of Things*, Node-RED, Sistem Monitoring.

ABSTRACT

Power transformers are susceptible to operational failure caused by an increase in internal temperature and pressure. Considering that the built-in mechanical protection system only operates reactively, this research aims to design an Internet of Things (IoT)-based simulation of an early detection and real-time tank monitoring system. The system was developed utilizing an ESP32 microcontroller, a Type-K thermocouple sensor, and a pressure sensor. The sensor data is processed to control safety actuators (buzzer, heater relay, and solenoid valve) based on three condition thresholds: SAFE, WARNING, and DANGER. Furthermore, the system visualizes the monitoring data on a Node-RED website dashboard and automatically logs the historical data into Google Spreadsheet. The test results indicate that the simulated system successfully responded to the changing conditions as designed. During the WARNING state, the buzzer is activated as an early alert. In the DANGER state, the microcontroller automatically deactivates the heater and opens the solenoid valve to release excess pressure. Validation tests recorded a very low average reading error of 0.83% for temperature and a deviation of 1.46 psi for pressure compared to the reference measuring instruments. Overall, this system simulation successfully executed the remote monitoring and protection functions with high accuracy.

Keywords: *Power Transformer, ESP32, Type-K Thermocouple, Internet Of Things, Node-RED, Monitoring System.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Simulasi Sistem Monitoring Suhu dan Tekanan Internal Pada Transformator Daya Berbasis ESP32 Menggunakan *Website*” dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, kesehatan, kekuatan, serta kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, pengorbanan, dukungan, serta semangat yang tiada henti diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Yuniarto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, saran, dan bimbingan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta pelayanan akademik kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri angkatan 2022 yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, dan saling memberikan semangat selama menjalani perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir.

8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga proses penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi salah satu referensi bagi pembaca, khususnya dalam pengembangan sistem kendali, *Internet Of Things* (IoT), dan teknologi monitoring suhu dan tekanan pada transformator.

Semarang , 10 September 2026



Dinar Salsabiela

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.5 Pembatasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penyusunan Tugas Akhir	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori.....	9
2.2.1 Transformator Daya.....	9
2.2.2 Minyak Transformator.....	10

2.2.3 Suhu minyak transformator	11
2.2.4 Tekanan Internal transformator	13
2.2.5 Mikrokontroler ESP32.....	15
2.2.6 Sensor Termokopel Tipe K.....	17
2.2.7 Modul MAX6675	18
2.2.8 Sensor Tekanan.....	19
2.2.9 <i>Relay</i>	21
2.2.10 <i>Solenoid Valve</i>	22
2.2.11 <i>Pressure Gauge</i>	23
2.2.12 <i>Dimmer AC</i>	24
2.2.13 LCD 12C.....	25
2.2.14 <i>Heater</i>	26
2.2.15 <i>Internet Of Things (IoT)</i>	26
2.2.16 Node Red	27
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR.....	29
3.1 Metode penyusunan	29
3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	30
3.2.1 Diagram Blok Sistem.....	30
3.2.2 Perancangan 3D Desain Konstruksi	32
3.2.3 Wiring Diagram	36
3.2.4 Rangkaian Skematik Sistem	38
3.2.5 <i>Flowchart</i> Sistem.....	44
BAB IV PROSES PEMBUATAN ALAT	48
4.1 Pembuatan Perangkat Keras	48

4.2 Alat dan Bahan	48
4.3 Pembuatan Perangkat Elektrik.....	51
4.4 Pembuatan Perangkat Mekanik	52
4.5 Pembuatan Perangkat Lunak	56
4.5.1 Pembuatan Template dan Konfigurasi Node Red	57
4.5.2 Konfigurasi MQTT pada Node-RED	59
4.5.3 Perancangan Tampilan Monitoring	60
4.5.4 Inisialisasi Sistem	61
4.5.5 Perancangan Integrasi Google <i>Spreadsheet</i> dengan ESP32	68
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT	71
5.1 Prosedur Pengujian	71
5.1.1 Validasi Sensor Suhu.....	72
5.1.2 Validasi Sensor Tekanan	73
5.1.3 Uji Sistem Secara Keseluruhan	73
5.2 Pengujian dan Analisa Validasi Sensor Suhu Terhadap Alat Ukur Thermometer	75
5.3 Pengujian dan Analisa Validasi Sensor <i>Pressure</i> Terhadap Alat Ukur <i>Pressure Gauge</i>	79
5.4 Pengujian dan Analisa Keseluruhan Sistem	83
BAB VI KESIMPULAN	91
6.1 Kesimpulan.....	91
6.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator Daya	9
Gambar 2.3 ESP32	15
Gambar 2.4 Pinout ESP32	16
Gambar 2.5 Sensor Termokopel Tipe K	17
Gambar 2.6 Modul MAX6675	18
Gambar 2.7 Sensor Tekanan	19
Gambar 2.8 Relay.....	21
Gambar 2.9 Selenoid Valve	22
Gambar 2.10 Pressure Gauge	23
Gambar 2.11 Dimmer AC	24
Gambar 2.12 LCD 12C	25
Gambar 2.13 Heater	26
Gambar 2.14 Alur Kerja Internet Of Things.....	27
Gambar 2.15 Website Node Red.....	27
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	31
Gambar 3.2 Desain 3D Konstruksi Sistem	33
Gambar 3.3 Tampilan Sisi Panel Kontrol Sistem	33
Gambar 3.4 Wiring Diagram.....	36
Gambar 3.5 Diagram Skematik.....	38
Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Suhu dan MAX6675.....	39
Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Tekanan	40
Gambar 3.8 Rangkaian Sistem Kendali Output Beban	42
Gambar 3.9 Flowchart Sistem Bagian 1	44
Gambar 3.10 Flowchart Sistem Bagian 2	45
Gambar 4.1 Inisialisasi Sistem.....	62
Gambar 5.1 Grafik Validasi Sensor Suhu	77
Gambar 5.2 Grafik Validasi Sensor Tekanan	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Spesifikasi Minyak Transformator	11
Tabel 2.2 Parameter Suhu	13
Tabel 2.3 Spesifikasi ESP32	17
Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor Termokopel Tipe K	18
Tabel 2.5 Spesifikasi Modul MAX6675	19
Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor Tekanan	20
Tabel 2.7 Pin I/O Sensor Tekanan	20
Tabel 3.1 Hubungan pin antara sensor suhu dan max6675.....	40
Tabel 3.2 Hubungan pin antara max6675 dan ESP32.....	40
Tabel 3.3 Hubungan pin antara sensor dengan ESP32	41
Tabel 3.4 Hubungan pin antara aktuator utama dengan ESP32.....	43
Tabel 4.1 Daftar Alat yang Digunakan	49
Tabel 4.2 Daftar Bahan yang Digunakan.....	49
Tabel 4.3 Konfigurasi MQTT pada Node-RED.....	59
Tabel 5. 1 Parameter Pengujian	74
Tabel 5.2 Skenario Pengujian	75
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Validasi Sensor Suhu.....	76
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Validasi Sensor Tekanan	80
Tabel 5.5 Uji Keseluruhan Sistem	86