



YAYASAN PERGURUAN CIKINI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640
Telp. 021-7270090 (hunting), Fax 021-7866955, hp: 081291030024
Email: humas@istn.ac.id Website: www.istn.ac.id

SURAT PENUGASAN TENAGA PENDIDIK

Nomor : 091-IV/03.1-F/IX/2025

SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2025/2026

Nama	: Ariman, ST, MT	Status Pegawai	: Dosen Tetap
NIK/ NIDN/ NIDK	: 313026703	Program Studi	: Teknik Elektronika
Jabatan Akademik	: Lektor		

Bidang	Perincian Kegiatan	Tempat	Jam	Kredit (SKS)	Hari
I. PENDIDIKAN & PENGAJARAN	1. Pengajaran di kelas termasuk laboratorium				
	1. Dasar Tenaga Listrik	0	20:00 s.d 21:00	2	Selasa
	2. Fisika 1	R-D4	18:40 s.d 20:20	2	Kamis
	3. Sistem Instrumentasi Elektronik	MTE1	13:00 s.d 14:20	2	Sabtu
	4. Teknologi MEMS - NEMS	R-D5	18:00 s.d 19:00	2	Selasa
	2. Pembimbing				
	1. Seminar				
	2. Kerja Praktek				
	3. Tugas Akhir/Tesis			1	
	4. Pembimbing Akademik			1	
	3. Penguji				
	1. Tugas Akhir/Tesis			1	
	2. Kerja Praktek				
	4. Tugas Tambahan				
	1. Menjabat Sebagai Ka. Prodi Teknik Elektronika D3			1	
II. PENELITIAN	1. Penelitian Ilmiah			1	
	2. Penulisan Karya Ilmiah				
	3. Penulisan Diktat Kuliah				
	4. Menerjemahkan Buku Kuliah				
	5. Pengembangan Program Kuliah Kurikulum				
	6. Pengembangan Bahan Ajar			1	
III. PENGABDIAN PADA MASYARAKAT	1. Menduduki jabatan di Pemerintahan				
	2. Pengembangan Hasil Pendidikan dan Penelitian				
	3. Memberikan penyuluhan/pelatihan/penataran/ceramah			1	
	4. Memberikan Pelayanan Kepada Masyarakat				
	5. Menulis karya Pengmas yang tidak dipublikasikan				
	6. Pengelolaan Jurnal Ilmiah				
IV. PENUNJANG	1. Menjadi anggota/panitia pada badan/lembaga suatu PT				
	2. Menjadi anggota Badan Lembaga Pemerintah				
	3. Menjadi anggota organisasi profesi				
	4. Mewakili PT/lembaga pemerintah, duduk dalam panitia antar lembaga				
	5. Menjadi anggota delegasi nasional ke pertemuan internasional				
	6. Berperan Serta Aktif dalam pertemuan ilmiah/seminar			1	
	7. Anggota dalam tim layanan pendidikan				
Jumlah Total				16	

Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji/honorarium sesuai dengan peraturan penggajian yang berlaku di Institut Sains dan Teknologi Nasional. Penugasan ini berlaku dari tanggal 01 September 2025 sampai dengan 28 Februari 2026

Tembusan :

1. Wakil Rektor 1 - ISTN
2. Wakil Rektor 2 - ISTN
3. Ka. Biro Sumber Daya Manusia - ISTN
4. Arsip



Jakarta, 01 September 2025
Dekan FST

Dr. Ir. Kun Wardana Abyoto, M.T.
NIDN: 0311086903



**YAYASAN PERGURUAN CIKINI
INSTITUTSAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL**

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640

Telp. 021-7270090 (hunting), Fax. 021-7866955, hp: 081291030024

Email : humas@istn.ac.id Website : www.istn.ac.id

SURAT TUGAS DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

Nomor : 40 - TA/02.1-Gse/X/2025

Semester : Ganjil 2025/2026

Ketua Program Studi S-1 Teknik Elektro – Fakultas Sains Teknik Dan Terapan – Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta, memberikan tugas kepada :

Nama dan gelar dosen : Ariman,ST,MT
NIDN/NUPTK : 1545745646130062
Program Studi : Teknik Elektro S1
Jabatan Akademik : Dosen
Sebagai : Dosen Pembimbing 1

Nama dan gelar dosen : M.Ikrar Yamin,ST,MT
NIK/NUPTK : 5360761662130213
Program Studi : Teknik Elektro S1
Jabatan Akademik : Dosen
Sebagai : Dosen Pembimbing 2

Sebagai Pembimbing Skripsi atas nama :

Nama : Mohammad Rafi
NIM : 24224705
Judul Skripsi : Analisis Dan Optimasi Proses Verifikasi Isolator Thermocouple Menggunakan Media Uji Panel Modular

Surat Tugas ini berlaku selama 1 (satu) semester, terhitung mulai :

Semester/Tahun Akademik : Ganjil 2025/2026

Periode Bulan : Oktober 2025 – Februari 2026

Kepada mahasiswa diberikan hak untuk melakukan konsultasi bimbingan minimal 6 x sepanjang semester yang telah ditetapkan, dengan jadwal yang telah disepakati dengan mengisi formulir bimbingan yang disediakan dan mematuhi seluruh ketentuan yang berlaku.

Kepada dosen pembimbing wajib memberikan bimbingan sesuai dengan bidang keilmuan yang dimilikinya dan waktu yang telah disepakati, dengan menjaga kode etik profesional dosen, mengisi formulir bimbingan yang telah disediakan pada setiap kunjungan, menandatangani lembar pengesahan dan mendokumentasikan karya ilmiah mahasiswa dalam soft file yang telah dibimbingnya.

Demikian, Surat Tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dengan penuh tanggungjawab.

Dikeluarkan di : Jakarta Pada
Tanggal : Oktober 2025
a.n Ketua Program Studi,

Ir. Irmayani, MT

NUPTK/NIK: 6342743644230203

Tembusan Yth. :

1. Mahasiswa Ybs.;
2. Arsip;

Note:

1. Surat Tugas diserahkan ke Pembimbing
2. Sebelum diserahkan ke Pembimbing Surat Tugas di *Photocopy* dan disimpan untuk syarat daftar sidang



ANALISIS DAN OPTIMASI PROSES VERIFIKASI ISOLATOR
THERMOCOUPLE MENGGUNAKAN MEDIA UJI
PANEL MODULAR

Oleh :
Muhammad Rafi
24224705

PROGRAM STUDI SARJANA
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
INSITUT SAINS & TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA
JANUARI 2026

ANALISIS & OPTIMASI PROSES VERIFIKASI ISOLATOR
THERMOCOUPLE MENGGUNAKAN MEDIA UJI
PANEL MODULAR

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)

Oleh:

Muhammad Rafi

24224705



PROGRAM STUDI S1
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
INSITUT SAINS & TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA
JANUARI 2026

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rafi
NIM : 24224705
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis dan Optimasi Proses Verifikasi Isolator Thermocouple Menggunakan Media Uji Panel Modular

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis ini merupakan hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Pernyataan ini dibuat secara sukarela dan tanpa paksaan dari pihak manapun. Jika dikemudian hari pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya memahami sepenuhnya bahwa pihak Fakultas memiliki hak untuk memberlakukan sanksi.

Jakarta, 26 Januari 2026

Muhammad Rafi

24224705

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Rafi

NIM : 24224705

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi Analisis dan Optimasi Proses Verifikasi Isolator
Thermocouple Menggunakan Media Uji Panel Modular

Tesis ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana Teknik Elektro (S1) Fakultas Sains Terapan dan Teknologi.

Jakarta, 26 Januari 2026

Menyetujui

Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

Dr. (Han), Dipl.-Ing. Hj. Lilly S. Wasitova, M.PM.

LEMBAR PERSETUJUAN

Nama : Muhammad Rafi

NIM : 24224705

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Tesis Analisis dan Optimasi Proses Verifikasi Isolator
Thermocouple Menggunakan Media Uji Panel Modular

Tesis ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana Teknik Elektro (S1) Fakultas Sains Terapan dan Teknologi.

Jakarta, 26 Januari 2025

Pembimbing 1,

Pembimbing 2

Ariman, ST, MT

M. Ikrar Yamin, ST, MT

HALAMAN PERNYATAAN NON PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Rafi

NPM : 24224705

Program Studi : Teknik Elektro

Tahun Akademik :

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan Tugas Akhir yang berjudul Analisis & Optimasi Proses Verifikasi Isolator Thermocouple Menggunakan Media Uji Panel Modular.

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Jakarta, Januari 2026

Muhammad Rafi

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Muhammad Rafi
NPM : 24224705
Program Studi : Sarjana
Judul Skripsi : Analisis dan Optimasi Proses Verifikasi
Isolator Thermocouple Menggunakan Media
Uji Panel Modular

Telah berhasil dipertanggung jawabkan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Program Studi Sarjana Fakultas Teknik Elektro Institut Sains Teknologi Nasional.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ariman,.ST,MT
Pembimbing : M. Ikrar Yamin,ST,.MT
Penguji :
Penguji :
Penguji :

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : 26 Januari 2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini yang berjudul **“Analisis dan Optimasi Proses Verifikasi Isolator Thermocouple Menggunakan Media Uji Panel Modular”** dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan skripsi ini merupakan bagian dari tugas akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan studi jenjang Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya akurasi dan efisiensi dalam sistem pengukuran suhu industri, khususnya pada perangkat thermocouple yang sering digunakan karena keandalannya dalam berbagai kondisi ekstrem. Dalam sistem tersebut, isolator sinyal memiliki peran krusial untuk menjaga integritas data yang dikirimkan ke perangkat pengendali. Tanpa kerja yang dapat mengganggu keseluruhan sistem kontrol.

Media uji berbasis panel modular dikembangkan sebagai solusi praktis untuk menyederhanakan proses verifikasi isolator thermocouple, sekaligus meningkatkan akurasi, keamanan, dan efisiensi teknis dalam pelaksanaannya. Panel ini dirancang agar dapat merepresentasikan kondisi operasional nyata secara modular, fleksibel, dan sistematis. Dengan pendekatan eksperimen dan analisis data kuantitatif, penelitian ini bertujuan memberikan kontribusi terhadap praktik verifikasi peralatan instrumentasi dalam skala laboratorium maupun industri kecil.

Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan metode verifikasi sensor suhu yang lebih efektif dan aplikatif. Selain itu, diharapkan juga mampu memberikan gambaran teknis tentang pentingnya integrasi antara keandalan perangkat keras dan efisiensi proses dalam sistem kontrol modern.

Jakarta, Januari 2026

Muhammad Rafi

24224705

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik tanpa adanya dukungan, bantuan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak/Ibu Dosen Pembimbing, yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang konstruktif selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai.
2. Dosen dan Staf Pengajar Teknik Elektro ISTN, atas ilmu dan pengetahuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
3. Orang tua dan keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan semangat yang tak ternilai selama penulis menempuh pendidikan.
4. Rekan-rekan seangkatan dan teman seperjuangan, atas kebersamaan, diskusi, dan bantuan yang diberikan selama proses studi dan penyusunan skripsi.
5. Seseorang yang sangat ingin saya gapai karena menjadi motivasi lebih untuk saya meningkatkan kualitas diri.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan karya tulis ini

Semoga segala bentuk bantuan dan kebaikan yang telah diberikan menjadi amal yang bermanfaat dan mendapatkan balasan yang setimpal. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu di bidang teknik elektro.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Institut Sains Dan Teknologi Nasional, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Rafi

Program Studi : Sarjana

Fakultas : Teknik Elektro

Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Sains dan Teknologi Nasional Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non exclusive Royalty- Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul Analisis & Optimasi Proses Verifikasi Isolator Thermocouple Dengan Media Uji Panel Modular.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Sains dan Teknologi Nasional berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) soft copy dan hard copy, merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal: 26 Januari 2026

Yang Menyatakan

(Muhammad Rafi)

ABSTRAK

Nama : Muhammad Rafi
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis dan Optimasi Proses Verifikasi Isolator Thermocouple Menggunakan Media Uji Panel Modular

Dalam sistem instrumentasi industri, thermocouple banyak digunakan sebagai sensor suhu karena kemampuannya dalam mengukur suhu tinggi serta kestabilannya terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Namun, keakuratan pembacaan suhu sangat bergantung pada kondisi sinyal yang dikirimkan ke sistem kendali. Salah satu komponen penting yang berperan menjaga kualitas sinyal tersebut adalah isolator. Isolator berfungsi untuk melindungi sinyal dari gangguan listrik seperti noise, ground loop, serta perbedaan potensial antar perangkat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan proses verifikasi isolator thermocouple menggunakan media uji berbasis panel modular. Panel ini dirancang agar memudahkan teknisi dalam melakukan pengujian dan kalibrasi isolator secara praktis tanpa membongkar sistem secara keseluruhan. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan kuantitatif, yaitu membandingkan hasil pengujian input-output sinyal thermocouple melalui isolator dalam dua kondisi: sistem konvensional dan sistem menggunakan panel modular.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan panel modular mampu menurunkan deviasi sinyal, mengurangi waktu verifikasi, serta meminimalkan risiko kesalahan teknis. Dengan demikian, panel modular terbukti dapat mengoptimalkan proses verifikasi isolator thermocouple secara lebih efisien dan akurat.

Kata Kunci: Thermocouple, Isolator, Verifikasi, Panel Modular, Instrumentasi, Kalibrasi

ABSTRACT

Nama : Muhammad Rafi
Program Studi : Sarjana
Judul : Analisis dan Optimasi Proses Verifikasi Isolator
Thermocouple Menggunakan Media Uji Panel Modular

In industrial instrumentation systems, thermocouples are widely used as temperature sensors due to their ability to measure high temperatures and their stability in extreme environmental conditions. However, the accuracy of temperature readings greatly depends on the quality of the signal transmitted to the control system. One critical component that ensures signal reliability is the isolator. Isolators function to protect signals from electrical disturbances such as noise, ground loops, and potential differences between devices.

This study aims to analyze and optimize the verification process of thermocouple isolators using a modular panel-based test media. The panel is designed to facilitate technicians in conducting verification and calibration tasks more efficiently, without the need to disassemble the entire system. The research method used is experimental with a quantitative approach, comparing the input-output signal performance of thermocouples through isolators under two conditions: conventional systems and systems utilizing the modular panel.

The results indicate that the use of a modular panel reduces signal deviation, shortens verification time, and minimizes technical errors. Therefore, the modular panel proves to be effective in optimizing the thermocouple isolator verification process in a more practical, accurate, and efficient manner.

Keywords: Thermocouple, Isolator, Verification, Modular Panel, Instrumentation, Calibration

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN	2
1.4. MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.5. BATASAN MASALAH	4
1.6. METODOLOGI PENELITIAN	4
1.7. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. PENELITIAN YANG RELEVAN	7
2.2. THERMOCOUPLE	8
2.2.1 THERMOCOUPLE TIPE B	9
2.2.2 THERMOCOUPLE TIPE E	10
2.2.3 THERMOCOUPLE TIPE J	10
2.2.4 THERMOCOUPLE TIPE K.....	11
2.2.5 THERMOCOUPLE TIPE N	11
2.2.6 THERMOCOUPLE TIPE R	12
2.2.7 THERMOCOUPLE TIPE S.....	12
2.2.8 THERMOCOUPLE TIPE T	13
2.2.9 GRAFIK PERBANDINGAN THERMOCOUPLE	13
2.3. THERMOCOUPLE TIPE K.....	14
2.3.1 PRINSIP KERJA	15
2.3.2 TANTANGAN DAN GANGGUAN.....	15
2.3.3 STRATEGI PENGENDALIAN	16
2.3.4 RELEVANSI DENGAN MEDIA UJI.....	16
2.4. ISOLATOR SINYAL	17
2.4.1 PENGERTIAN ISOLATOR SINYAL	17
2.4.2 JENIS JENIS ISOLATOR.....	17
2.4.3 PERAN ISOLATOR	18
2.4.4 TANTANGAN VERIFIKASI ISOLATOR.....	18
2.4.5 MEDIA UJIA PANEL MODULAR.....	19
2.5. PANEL MODULAR SEBAGAI MEDIA UJI	19
2.5.1 PENGERTIAN PANEL MODULAR	19
2.5.2 FUNGSI PANEL MODULAR	20
2.5.3 KOMPONEN UMUM PANEL MODULAR.....	21
2.5.4 KEUNTUNGAN PANEL MODULAR.....	21
2.5.5 RELEVANSI DUNIA INDUSTRI & PENDIDIKAN	22

2.6. PROSES VERIFIKASI & KALIBRASI	22
2.6.1 METODE KALIBRASI.....	23
2.6.2 TANTANGAN DALAM PROSES KALIBRASI.....	23
2.6.3 PENERAPAN PADA ISOLATOR	23
2.6.4 INTEGRASI PANEL MODULAR	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1. JENIS PENELITIAN	25
3.2. OBJEK PENELITIAN	25
3.3. VARIABEL PENELITIAN	25
3.4. LOKASI & WAKTU PENELITIAN.....	26
3.5. ALAT & BAHAN.....	26
3.6. LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN	26
3.7. DIAGRAM ALUR PENELITIAN	28
3.8. PENJABARAN TAHAP PENELITIAN	29
3.9. PROSEDUR PENELITIAN	30
3.10. KRITERIA KEBERHASILAN PENELITIAN.....	32
3.11. PENUTUP.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 HASIL PENELITIAN.....	34
4.2 PERBANDINGAN DATA	36
4.3 KESIMPULAN ANALISIS PENGUJIAN.....	37
4.4 KONTRIBUSI HASIL PENELITIAN	37
4.4.1 KONTRIBUSI TEKNIS	37
4.4.2 KONTRIBUSI OPERASIONAL.....	38
4.4.3 PENERAPAN & PENGEMBANGAN SISTEM	38
4.4.4 KESIMPULAN PENERAPAN	38
4.5 EVALUASI KETIDAK SESUAIAN HASIL	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1 KESIMPULAN.....	40
5.2 SARAN	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

2.1. THERMOCOUPLE	8
2.2. WIRING THERMOCOUPLE	9
2.3. THERMOCOUPLE TIPE B	9
2.4. THERMOCOUPLE TIPE E	10
2.5. THERMOCOUPLE TIPE J	10
2.6. THERMOCOUPLE TIPE K	11
2.7. THERMOCOUPLE TIPE N	11
2.8. THERMOCOUPLE TIPE R	12
2.9. THERMOCOUPLE TIPE S	12
2.10. THERMOCOUPLE TIPE T	13
2.11. GRAFIK PERBANDINGAN THERMOCOUPLE	13
2.12. MATERIAL LOGAM THERMOCOUPLE	14
2.13. ISOLATOR SINYAL	17
2.14. INTEGRASI ISOLATOR	18
2.15. WIRING PANEL MODULAR	19
2.16. PANEL MODULAR	20
2.17. PROSES VERIFIKASI ISOLATOR	21

DAFTAR TABEL

2.1. SPESIFIKASI THERMOCOUPLE TIPE K.....	15
2.2. KEUNTUNGAN PANEL MODULAR.....	21
3.1. ALAT & BAHAN.....	26

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri modern, akurasi pengukuran suhu menjadi aspek penting yang sangat diperhatikan dalam menjamin kestabilan dan keamanan proses produksi. Salah satu sensor suhu yang paling umum digunakan dalam sistem instrumentasi adalah thermocouple, karena keandalannya dalam mendeteksi perubahan suhu yang cepat, ketahanannya terhadap suhu ekstrem, serta kemampuannya untuk diterapkan dalam berbagai sektor industri seperti pembangkit listrik, pengolahan kimia, makanan dan minuman, serta manufaktur logam.

Agar data suhu yang diperoleh thermocouple dapat digunakan secara akurat oleh sistem kontrol, diperlukan isolator sinyal sebagai pengaman dan penstabil sinyal. Isolator berfungsi untuk mencegah gangguan listrik seperti *ground loop*, *electromagnetic interference (EMI)*, atau *noise* yang dapat mengganggu atau bahkan merusak perangkat kontrol. Namun, isolator sendiri dapat mengalami degradasi performa seiring waktu atau kesalahan instalasi. Oleh karena itu, diperlukan proses verifikasi dan kalibrasi secara berkala untuk memastikan isolator tetap bekerja sesuai standar.

Dalam praktik di lapangan, proses verifikasi isolator thermocouple seringkali dilakukan secara manual menggunakan peralatan terpisah yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga berisiko terhadap kesalahan teknis, terutama dalam hal penarikan ulang kabel, penanganan sinyal, dan interpretasi hasil pengukuran. Situasi ini menunjukkan kebutuhan akan media uji yang modular, efisien, dan lebih aman digunakan, baik di lingkungan laboratorium maupun semi-industri.

Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan dan menganalisis penggunaan media uji berbasis panel modular yang dirancang khusus untuk memverifikasi isolator. Media ini bertujuan untuk menyederhanakan proses pengujian, meningkatkan efisiensi waktu, dan mengurangi kemungkinan kesalahan

teknisi saat melakukan verifikasi atau troubleshooting sistem suhu. Panel modular ini bersifat fleksibel, dapat dirangkai ulang sesuai kebutuhan, dan mampu merepresentasikan kondisi kerja aktual di lapangan dalam skala terbatas.

Melalui penelitian ini, dilakukan analisis dan optimasi terhadap proses verifikasi isolator thermocouple dengan membandingkan performa antara metode konvensional dan penggunaan media panel modular, baik dari sisi akurasi pengukuran, deviasi sinyal, efisiensi waktu kerja, maupun kemudahan operasional. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi praktis terhadap proses pengujian dan pemeliharaan perangkat instrumentasi di lingkungan industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik sinyal output dari isolator thermocouple yang diverifikasi menggunakan media uji panel modular?
2. Seberapa besar peningkatan efisiensi proses verifikasi yang dapat dicapai dengan menggunakan media uji panel modular dibandingkan metode konvensional?
3. Apakah media uji panel modular mampu mengurangi tingkat kesalahan teknis (human error) dalam proses verifikasi isolator thermocouple?
4. Faktor-faktor teknis apa saja yang memengaruhi performa media uji panel modular dalam mendukung akurasi dan keandalan sistem verifikasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Menganalisis karakteristik sinyal output isolator thermocouple yang diuji menggunakan media panel modular.
2. Mengukur peningkatan efisiensi waktu dan kemudahan dalam proses verifikasi isolator menggunakan media uji panel modular.

3. Menilai efektivitas media panel modular dalam mengurangi kesalahan teknis (human error) yang umum terjadi pada metode verifikasi konvensional.
4. Mengidentifikasi faktor-faktor teknis yang memengaruhi performa sistem verifikasi berbasis panel modular dan memberikan rekomendasi optimasi untuk penerapan di lingkungan industri maupun laboratorium.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dari sisi praktis maupun akademis, antara lain :

1. Bagi dunia industri, penelitian ini dapat menjadi acuan dalam merancang media verifikasi sensor yang efisien, praktis, dan mudah dioperasikan di lapangan, khususnya dalam sistem pengukuran suhu menggunakan thermocouple.
2. Bagi akademisi dan peneliti, hasil penelitian ini dapat menjadi kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode pengujian isolator sinyal berbasis pendekatan panel modular, serta menambah referensi dalam bidang instrumentasi dan sistem pengukuran suhu.
3. Bagi teknisi dan mahasiswa, media uji yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai sarana pembelajaran atau pelatihan teknis yang lebih aplikatif, mudah digunakan, dan representatif terhadap kondisi kerja sesungguhnya di lapangan.
4. Bagi pengembangan teknologi uji kalibrasi, penelitian ini membuka peluang integrasi panel modular ke dalam sistem pengujian terstandar dan berkelanjutan, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan industri berskala kecil hingga menengah.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak melebar ke luar konteks, maka ruang lingkup pembahasan dibatasi pada beberapa hal berikut :

1. Penelitian ini hanya memfokuskan pada verifikasi isolator sinyal analog yang digunakan dalam sistem pengukuran suhu dengan sensor thermocouple tipe K.
2. Media uji yang digunakan berupa panel modular rakitan yang dirancang sebagai alat bantu simulasi dan verifikasi sinyal, bukan sistem komersial siap pakai.
3. Pengujian dilakukan dalam skala laboratorium, bukan pada sistem industri aktual, namun mengacu pada kondisi dan parameter teknis yang menyerupai kondisi lapangan.
4. Aspek yang dianalisis meliputi akurasi output sinyal isolator, efisiensi waktu verifikasi, serta kemudahan operasional dari media panel modular.
5. Penelitian ini tidak membahas aspek perangkat lunak seperti pemrograman HMI, PLC, atau akuisisi data digital secara mendalam, kecuali sebagai bagian pendukung pengukuran sinyal.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Tahapan penelitian dimulai dengan perancangan dan perakitan media uji panel modular yang berfungsi sebagai alat bantu dalam proses verifikasi isolator thermocouple. Panel dirancang agar mampu menyimulasikan kondisi pengukuran suhu menggunakan thermocouple tipe K dan memperlihatkan keluaran sinyal setelah melalui isolator. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan karakteristik output isolator antara dua kondisi, yaitu:

1. Sistem verifikasi menggunakan metode konvensional (tanpa panel modular), dan
2. Sistem verifikasi menggunakan panel modular sebagai media uji.

Data yang diukur meliputi:

- Sinyal output dari isolator thermocouple
- Waktu yang dibutuhkan dalam proses verifikasi
- Deviasi hasil pengukuran
- Kemudahan penggunaan media uji

Data yang diperoleh akan dianalisis secara numerik untuk mengetahui sejauh mana penggunaan media panel modular mampu mengoptimalkan proses verifikasi. Hasil analisis ini akan menjadi dasar dalam memberikan rekomendasi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran secara sistematis mengenai pembahasan penelitian yang berjudul “Analisis Optimasi Proses Verifikasi Isolator Thermocouple Menggunakan Media Uji Berbasis Panel Modular”. Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi singkat, serta sistematika penulisan secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang relevan, seperti prinsip kerja thermocouple, konsep isolator sinyal, teknik verifikasi dan kalibrasi, serta studi literatur dari penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan secara rinci tahapan penelitian, mulai dari perancangan media uji panel modular, prosedur pengujian, parameter yang diamati, alat dan bahan yang digunakan, hingga metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil pengujian, analisis kuantitatif terhadap kinerja isolator thermocouple, perbandingan antara metode konvensional dan penggunaan panel modular, serta pembahasan mendalam terhadap temuan penelitian.

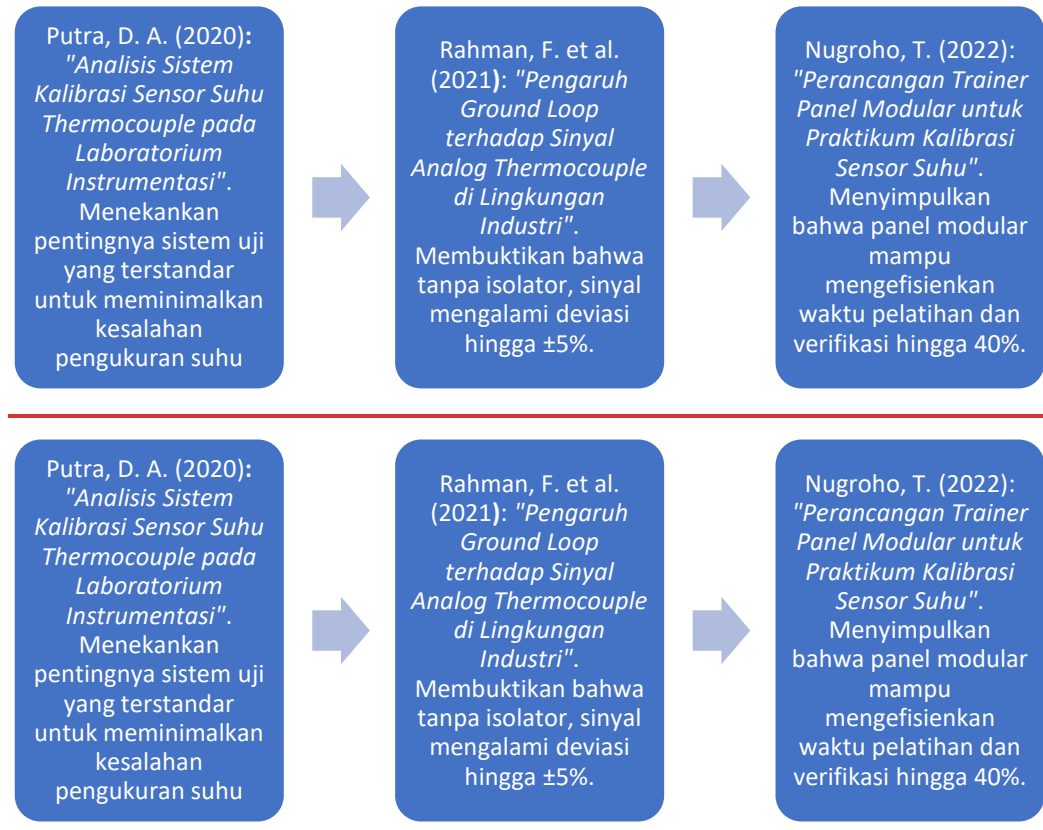
BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut baik dari segi teknis maupun penerapan di lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Relevan



Penelitian ini memiliki pendekatan yang berbeda dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada pengukuran atau verifikasi isolator thermocouple menggunakan alat ukur konvensional atau transmitter sebagai pembanding. Dalam penelitian sebelumnya, proses verifikasi dilakukan secara manual tanpa media bantu yang sistematis, sehingga berisiko terjadi kesalahan sambungan dan membutuhkan waktu yang relatif lebih lama.

Sementara itu, penelitian ini menghadirkan inovasi berupa penggunaan media uji berbasis panel modular yang dirancang khusus untuk mempercepat dan menstandarkan proses verifikasi isolator thermocouple. Dengan adanya panel

modular ini, proses pengujian menjadi lebih efisien, aman, dan akurat karena mengurangi potensi kesalahan wiring serta memudahkan proses dokumentasi dan analisis data. Selain itu, penelitian ini tidak hanya menitikberatkan pada hasil keluaran dari isolator, tetapi juga membandingkan efektivitas waktu, kestabilan sinyal, dan kemudahan dalam pengujian secara keseluruhan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi yang bersifat praktis dan dapat diterapkan secara langsung dalam lingkungan industri maupun pendidikan.

2.2 Thermocouple

Thermocouple merupakan sensor temperatur yang bisa digunakan mengukur suhu dengan nilai yang tinggi. sehingga sensor suhu thermocouple ini banyak digunakan untuk industri. Sensor suhu thermocouple memiliki nilai output yang kecil dengan noise yang tinggi, sehingga memerlukan rangkaian pengkondisi sinyal agar nilai output tersebut dapat dibaca dengan baik.(Effendrik et al., n.d.)

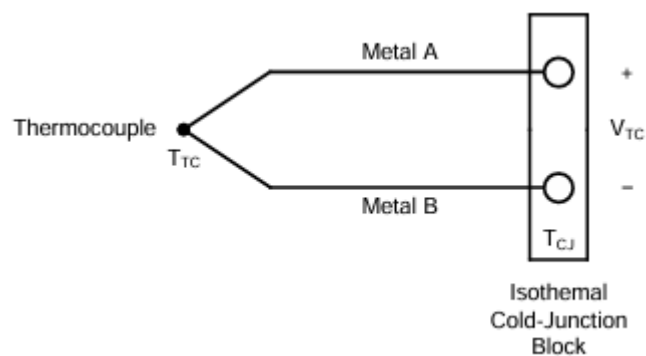


Gambar 2.1 Thermocouple

Thermocouple merupakan sensor pengukuran suhu yang menghasilkan tegangan yang berubah seiring suhu. Thermocouple terbuat dari dua ujung kawat yang terbuat dari logam berbeda. Ujung-ujung kawat tersebut dilas bersama untuk

membentuk sambungan. Saat suhu berubah dari sambungan ke ujung-ujung kawat, tegangan akan muncul di sambungan tersebut.

Kombinasi berbagai logam menghasilkan respons tegangan yang beragam. Hal ini menghasilkan berbagai jenis thermocouple yang digunakan untuk rentang suhu dan akurasi yang berbeda. Pemilihan thermocouple seringkali bergantung pada rentang suhu pengukuran yang dibutuhkan dalam aplikasi. Pertimbangan lain meliputi akurasi suhu, daya tahan, kondisi penggunaan, dan masa pakai yang diharapkan.(Wu, 2018)



Gambar 2.2 Wiring Thermocouple

Dari jenisnya, banyak sekali jenis thermocouple yang dapat digunakan, ini disesuaikan dengan kebutuhan, dan harga, diantaranya :

2.2.1 Thermocouple Tipe B

(Campuran Platinum / Rhodium): dapat mengukur sampai suhu yang sangat tinggi, yaitu 100°C sampai 1800°C . Tapi tidak dapat mengukur suhu dibawah 50°C , karena dibawah temperature itu tidak sensitive. Artinya setelah temperature 50° celcius baru terbaca.

B Type



Gambar 2.3 Thermocouple Tipe B

2.2.2 Thermocouple Tipe E

(Campuran Chrome / Constantan): thermocouple ini digunakan untuk temperature rendah, -270°C sampai $+790^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2.4 Thermocouple Tipe E

2.2.3 Thermocouple Tipe J

(Campuran Iron / Constantan): thermocouple ini digunakan untuk temperature rendah, -40°C sampai $+750^{\circ}\text{C}$. Tipe J ini tidak bisa digunakan lebih dari $+760^{\circ}\text{C}$, hal ini karena akan merusak sensor ini. Tipe ini sekarang jarang sekali digunakan pada aplikasinya.



Gambar 2.5 Thermocouple Tipe J

2.2.4 Thermocouple Tipe K

(Campuran Crome / Alumel): Sensor tipe ini banyak digunakan, karena harganya murah, peka dan jangkauan temperature yang luas yaitu dari -200°C sampai $+1200^{\circ}\text{C}$



Gambar 2.6 Thermocouple Tipe K

2.2.5 Thermocouple Tipe N

(Campuran Nicrosil /Nisil): Sensor ini akan sangat stabil dan tahan terhadap panas yang tinggi, -260°C sampai $+1300^{\circ}\text{C}$. Akan tetapi tipe N ini kurang peka.



Gambar 2.7 Thermocouple Tipe N

2.2.6 Thermocouple Tipe R

(Campuran Platinum / Rhodium): Tipe ini kurang sensitif terhadap masukan, tetapi bisa mencapai suhu 1600°C.



Gambar 2.8 Thermocouple Tipe R

2.2.7 Thermocouple Tipe S

(Campuran Platinum / Rhodium): Sensor ini sangat peka, harganya juga lumayan mahal. Suhu yang diukur antara -50°C sampai 1760°C.



Gambar 2.9 Thermocouple Tipe S

2.2.8 Thermocouple Tipe T

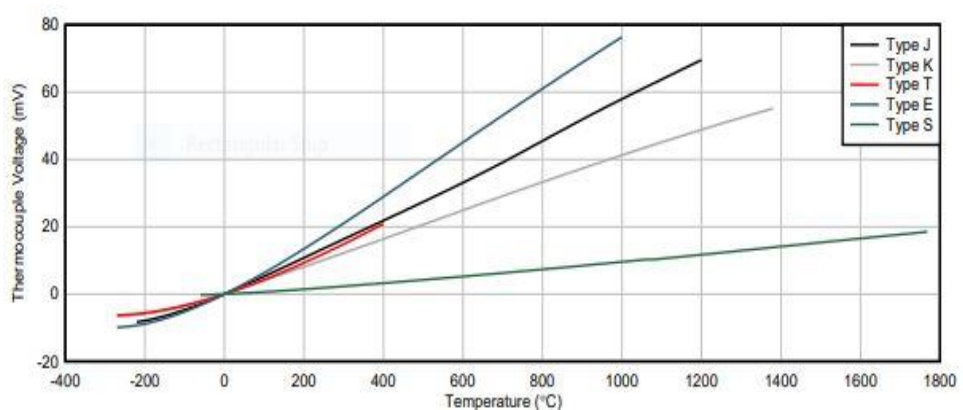
Merupakan sensor dengan suhu yang diukur antara 0°C sampai 350°C.(Effendrik et al., n.d.)



Gambar 2.10 Thermocouple Tipe T

2.2.9 Grafik Perbandingan Thermocouple

Institut Nasional Standar dan Teknologi (NIST) telah melakukan penelitian tentang pengeluaran suhu dan tegangan untuk berbagai jenis thermocouple dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 2.11 Hasil Penelitian NIST

Salah satu jenis material termokopel dikenal sebagai termokopel berselubung logam, seperti ditunjukkan pada Gambar dibawah ini. Termokopel ini memiliki tabung luar (selubung) yang terbuat dari logam yang dipilih khusus agar tahan terhadap kerusakan dan sesuai dengan kondisi lingkungan pengujian.



Gambar 2.12 Material Logam Thermocouple

Di dalam tabung ini terdapat bubuk keramik (oksida logam) yang dipadatkan. Bubuk ini berfungsi untuk menopang dan mengisolasi kabel termokopel agar tetap stabil. Sensor ini dirancang kuat dan fleksibel, sehingga bisa dibengkokkan tanpa rusak.

Selama proses pembuatannya, material di dalam selubung dibuat murni dan kering, lalu kedua ujungnya disegel secara rapat. Segel ini sangat penting karena berfungsi menjaga bubuk keramik tetap kering. Jika kelembapan masuk ke dalam, masa pakai sensor bisa menjadi lebih pendek. (1347065903, n.d.)

2.3 Thermocouple Tipe K

Thermocouple tipe K (Chromel–Alumel) merupakan salah satu jenis yang paling umum digunakan di industri, karena rentang suhu operasionalnya yang luas (-200°C hingga $+1260^{\circ}\text{C}$), sensitivitas tinggi ($\sim 41 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$), serta ketahanannya terhadap oksidasi dan korosi . Namun demikian, output tegangan tipe K bersifat non-linier dan rentan terhadap drift pada suhu tinggi, sehingga memerlukan metode kompensasi dan kalibrasi yang tepat . (Alfonso Ortega, 2002)

2.3.1 Prinsip Kerja Thermocouple Tipe K

Thermocouple bekerja berdasarkan efek Seebeck, yaitu munculnya tegangan listrik di antara dua logam berbeda yang disambung, ketika terdapat perbedaan suhu pada sambungan. (D J L Tucker, 2022)

Thermocouple tipe K (Chromel–Alumel) merupakan salah satu jenis yang paling umum digunakan di industri, karena rentang suhu operasionalnya yang luas (-200°C hingga $+1260^{\circ}\text{C}$), sensitivitas tinggi ($\sim 41 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$), serta ketahanannya terhadap oksidasi dan korosi. Namun demikian, output tegangan tipe K bersifat non-linier dan rentan terhadap drift pada suhu tinggi, sehingga memerlukan metode kompensasi dan kalibrasi yang tepat.

Tabel 2.1 Spesifikasi Thermocouple Tipe K

Parameter	Nilai
Rentang suhu	-200°C hingga $+1260^{\circ}\text{C}$
Sensitivitas	$\sim 41 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
Akurasi	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ atau $\pm 0.75 \%$ (IEC toleransi)
Tegangan output	$\pm 6.4 \text{ mV}$ pada sekitar 150°C
Kompensasi junction	Diperlukan, baik otomatis maupun manual

2.3.2 Tantangan dan Gangguan Thermocouple Tipe k

1. Noise dan interferensi listrik

Thermocouple menghasilkan tegangan sangat kecil ($\sim 10 \text{ mV}$), sehingga sangat sensitif terhadap noise 50/60 Hz dari kabel power atau peralatan industri. (John R. Gyorki, 2005)

2. Ground Loop

Terjadi saat ada perbedaan potensial ground antar perangkat, menambah noise pada sinyal suhu.

3. Drift Jangka Panjang

Thermocouple tipe K mengalami drift di suhu tinggi ($> 500^{\circ}\text{C}$), akibat oksidasi sheath dan perubahan sifat material. (D J L Tucker, 2022)

4. Pengaruh Medan Magnet

Medan magnet dapat memicu tegangan noise tambahan dan memengaruhi koefisien Seebeck. (S, 2014)

5. Non linearity

Karakter output tidak linear memerlukan pemrosesan tambahan seperti linearisasi dan kompensasi junction dingin .

2.3.3 Strategi Pengendalian Gangguan

1. Shielding & Twisted pair

Menggunakan kabel terpilih dan twisted-shielded wire untuk meminimalkan magnetic dan electrostatic noise

2. Grounding Terpusat

Ground shield hanya di satu titik (biasanya cold junction) untuk mencegah ground loop.

3. Filtering Sinyal

Pemasangan filter low pass (pasif untuk aktif) menghilangkan noise diatas frekuensi kerja thermocouple ($\sim < 50\text{ Hz}$). (Alfonso Ortega, 2002)

4. Pemeliharaan rutin & Annealing

Melakukan annealing sebelum penggunaan dan mengganti thermocouple aged untuk mengurangi drift

2.3.4 Relevansi dengan Media Uji Panel Modular

Karena tipe K sangat rentan terhadap gangguan seperti noise, ground loop, dan drift, penggunaan media uji panel modular sangat relevan

1. Memudahkan verifikasi sinyal output sebelum dipasang ke sistem industri
2. Menghadirkan kondisi pengujian yang terisolasi dan dapat dikontrol
3. Mempermudah perbandingan antara metode verifikasi konvensional dan verifikasi menggunakan panel modular

2.4 Isolator Sinyal

2.4.1 Pengertian Isolator Sinyal

Isolator sinyal berfungsi untuk memisahkan jalur input dan output secara galvanik, mencegah gangguan seperti ground loop dan noise elektromagnetik. National Instruments menyatakan, isolator menjaga stabilitas sinyal dalam lingkungan instrumentasi yang penuh gangguan.



Gambar 2.13 Isolator Thermocouple

2.4.2 Jenis Teknologi Isolasi

Berikut Jenis – jenis dari Isolator :

1. Optocoupler (isolator optik): menggunakan LED dan fototransistor, cocok untuk sinyal analog dan digital, efektif menghilangkan ground loop.

2. Transformer isolation: cocok untuk sinyal AC, namun tidak efektif untuk noise frekuensi tinggi.
3. Capacitive isolation: digunakan di isolator cepat, namun kurang menahan gangguan frekuensi rendah dibanding optocoupler.(Chapter 8: Ground Loops and Opto-Isolation, n.d.)

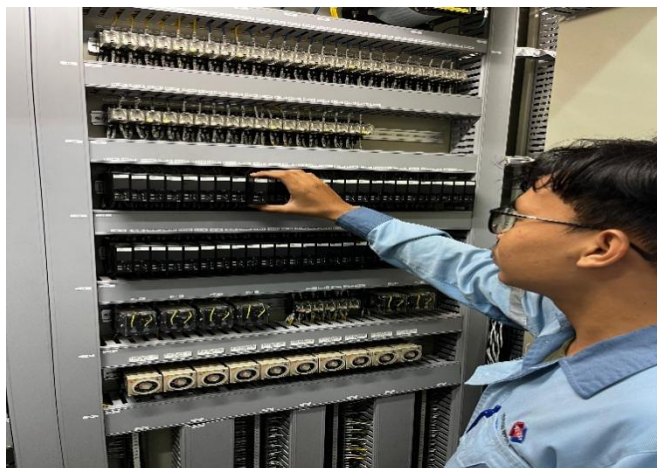
2.4.3 Peran Isolator Dalam Thermocouple

Sinyal thermocouple sangat kecil (μV – mV), rentan terhadap gangguan seperti Ground loop, EMI dari peralatan Industri, dan Noise Frekuensi Tinggi.

Isolator mampu menekan deviasi dari gangguan tersebut. Studi Rahman et al. (2021) menunjukkan isolator dapat mengurangi deviasi hingga $\pm 5\%$.

2.4.4 Tantangan Verifikasi Isolator

1. Akses input-output yang sulit karena isolator terintegrasi dalam sistem.
2. Tanpa media bantu, proses uji memerlukan bongkar pasang dan pengkabelan ulang yang rawan error.



Gambar 2.14 Integrasi Isolator

2.4.5 Media Uji Panel Modular

Panel modular memungkinkan:

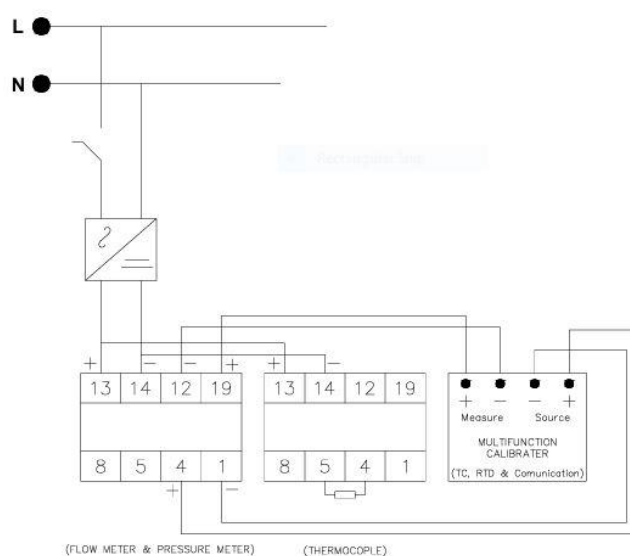
1. Hubungkan thermocouple atau simulator sinyal langsung ke isolator.
2. Ukur output isolator secara praktis menggunakan DMM atau osiloskop.
3. Uji beberapa isolator tanpa bongkar pasang sistem nyata.

(Swapan Basu, 2019)

2.5 Panel Modular Sebagai Media Uji

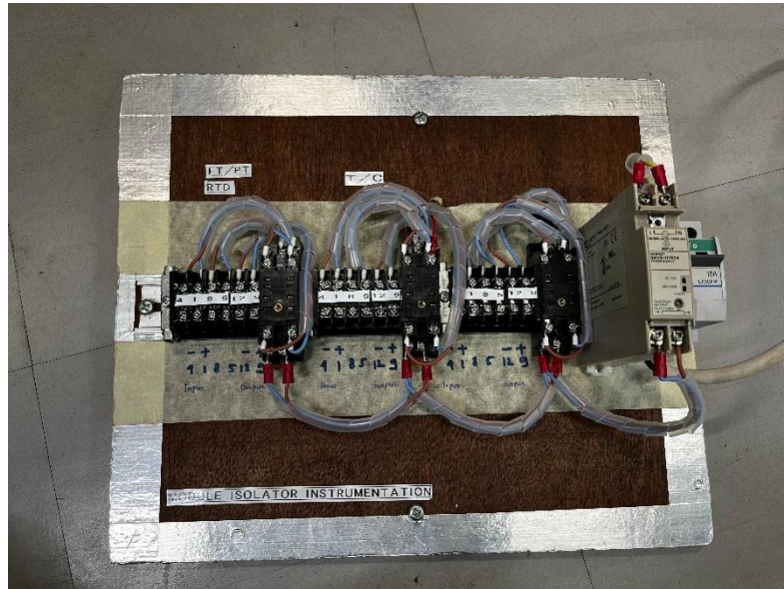
2.5.1 Pengertian Panel Modular

Panel modular adalah sistem rangkaian uji yang dirancang dengan struktur fleksibel, terdiri dari berbagai modul (komponen) yang dapat diatur ulang sesuai kebutuhan pengujian. Media ini umum digunakan untuk pelatihan teknisi, simulasi sistem instrumentasi, maupun pengujian peralatan secara terpisah sebelum dipasang ke sistem utama. (Ibrahim A. Elgendy; Wei-Zhe Zhang; Chuan-Yi Liu; Ching-Hsien Hsu, 2021)



Gambar 2.15 Wiring Panel Modular

Pada penelitian ini, panel modular dirancang khusus untuk menguji performa isolator thermocouple, dengan menyediakan jalur input/output yang dapat dikonfigurasi ulang, sakelar pemilih, titik pengukuran, serta port koneksi standar.



Gambar 2.16 Panel Modular

2.5.2 Fungsi Panel Modular dalam Verifikasi Isolator

Dalam sistem thermocouple industri, pengujian isolator biasanya memerlukan pembongkaran kabel dan peralatan. Hal ini tidak hanya menyita waktu, tetapi juga rawan kesalahan teknis. Panel modular hadir sebagai solusi karena:

1. Mempermudah koneksi antara sinyal simulasi thermocouple ke input isolator.
2. Memisahkan isolator dari sistem utama untuk uji independen.
3. Menampilkan titik pengukuran langsung di input dan output isolator.
4. Menghemat waktu verifikasi, tanpa perlu menyentuh wiring sistem plant.

2.5.3 Komponen Umum dalam Panel Modular

1. Socket input thermocouple: menerima sinyal dari thermocouple atau simulator.
2. Jalur sinyal isolator: koneksi input dan output terpisah untuk pengujian.
3. Terminal monitoring: tempat pengukuran menggunakan multimeter atau oscilloscope.
4. Sakelar pemilih / rotary switch: untuk memilih isolator mana yang diuji.
5. Power supply internal: memberi tegangan kerja ke perangkat uji ($\pm 24V$, 5V, dll).

2.5.4 Keuntungan Panel Modular Dibanding Verifikasi Konvensional

Pada penelitian sebelum nya yang telah dilakukan oleh Skibinski et al. (2021), Nugroho (2022), Rahman et al. (2021). Diperoleh data tentang kelebihan dan kekurangan dari proses verifikasi konvensional & panel modular, sebagai berikut:

Tabel 2.2 Keuntungan Panel Modular

Aspek	Verifikasi Konvensional	Panel Modular
Akses sinyal	Sulit, perlu bongkar	Mudah, via terminal uji
Waktu uji	Lama (~20–30 menit)	Cepat (~5–10 menit)
Potensi error	Tinggi	Minim, sistem modular tertutup
Fleksibilitas	Rendah	Tinggi, bisa diuji ulang dengan mudah
Pelatihan Teknisi	Terbatas	Bisa digunakan sebagai media belajar

2.5.5 Relevansi dalam Dunia Industri dan Pendidikan

Di dunia industri, panel modular menjadi alat penting untuk:

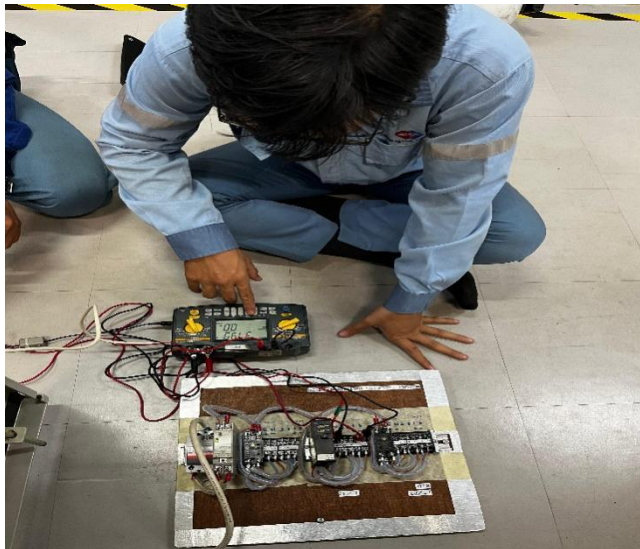
1. Uji pra-instalasi sensor dan isolator baru
2. Troubleshooting sistem tanpa menghentikan proses utama
3. Simulasi sinyal suhu saat sistem dalam perawatan

Di dunia pendidikan dan pelatihan:

1. Menjadi media praktikum instrumentasi suhu
2. Melatih teknisi memahami jalur sinyal dan troubleshooting
3. Meningkatkan pemahaman prinsip dasar thermocouple dan isolasi sinyal

2.6 Proses Verifikasi & Kalibrasi Sensor

Verifikasi adalah proses memastikan perangkat bekerja sesuai spesifikasi pabrikan tanpa melakukan pengaturan ulang. Dan penyesuaian output alat dengan acuan standar suhu untuk memperkecil deviasi, dilakukan secara berkala.



Gambar 2.17 Proses Verifikasi Isolator

2.6.1 Metode Kalibrasi Thermocouple

1. Blackbody comparator yaitu proses kalibrasi yang menggunakan pembanding antara thermocouple dan pemancar radiasi (radiation thermometer). Metode ini memiliki ketelitian tinggi—misalnya deviasi rata-rata hanya 0.17°C pada rentang $1000\text{--}1500^{\circ}\text{C}$. (Ojanen, 2013)
2. Dry Well / Water bath yang termasuk penggunaan air termal sebagai lingkungan suhu tetap, sering digunakan untuk kalibrasi suhu menengah. Kusumawardani et al. (2020) melaporkan error hanya $0.2\text{--}2.44\%$. (Yanti Kusumawardani, 2020)
3. Heating furnace + VI (Virtual Instrument) yaitu proses kalibrasi yang merancang sistem berbasis LabVIEW untuk kalibrasi thermocouple dengan stabilitas suhu hingga $\pm 0.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$. (Bing Zhou, 2013)

2.6.2 Tantangan dalam Proses Kalibrasi

Pada proses kalibrasi terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan berupa tegangan yang sangat kecil rentan terhadap noise dan ground loop, kemudian kestabilan suhu diperlukan agar deviasi tidak muncul saat pengambilan data. Dan Akses ke junction dingin dan panas harus dipastikan untuk keakuratan tanda suhu.

2.6.3 Penerapan Pada Isolator

Isolator menjamin sinyal thermocouple tetap bersih selama proses pengiriman. Namun, isolator sendiri memerlukan verifikasi untuk:

Menilai degradasi performa, mengecek linearitas output, dan menghindari noise dan ground loop.

2.6.4 Integrasi Panel Modular Dalam Verifikasi

- Mensimulasikan input suhu (melalui generator sinyal atau dry-well)
- Mengukur output isolator secara langsung menggunakan multimeter atau osiloskop
- Membandingkan hasil secara kuantitatif antara metoda konvensional dan modular.

Hasil dari penggunaan panel ini:

- Waktu verifikasi berkurang hingga 40% (Nugroho, 2022)
- Akurasi meningkat berkat eliminasi noise sistem utama
- Proses menjadi lebih berulang dan terstandar.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental kuantitatif, yang bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan proses verifikasi isolator thermocouple menggunakan media bantu berupa panel modular. Hasil verifikasi akan diukur dan dibandingkan berdasarkan akurasi sinyal, waktu pengujian, serta konsistensi pengukuran antara metode konvensional dan metode menggunakan panel.

3.2 Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah isolator sinyal analog yang digunakan dalam sistem thermocouple tipe K, khususnya pada jalur pengukuran suhu industri yang membutuhkan kestabilan dan pemisahan sinyal secara galvanik.

3.3 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa variabel yang digunakan untuk mendukung proses analisis dan optimasi, yaitu:

- **Variabel bebas** dalam penelitian ini adalah metode verifikasi isolator yang digunakan, yaitu metode konvensional (tanpa media bantu) dan metode menggunakan panel modular sebagai media uji.
- **Variabel terikat** adalah hasil kinerja isolator yang diukur melalui tiga indikator utama, yaitu akurasi sinyal output, waktu yang dibutuhkan untuk proses verifikasi, dan stabilitas pengukuran yang ditunjukkan oleh tingkat deviasi atau fluktuasi sinyal.
- **Variabel kontrol** dalam penelitian ini meliputi jenis thermocouple yang digunakan (tipe K), tegangan kerja dari isolator, dan kondisi lingkungan uji yang dijaga agar tetap konstan selama proses pengujian berlangsung.

3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

- Lokasi: Ruang Kontrol Elektrik – PT Krakatau X
- Waktu Penelitian: Agustus – Desember 2025

3.5 Alat & Bahan

Pada Penelitian kali ini diperlukan beberapa alat sebagai pendukung jalan nya penelitian / pekerjaan. Alat – alat yang dibutuhkan antara lain:

Tabel 3.1 Alat & Bahan

No	Nama Alat & Bahan	Fungsi
1.	Thermocouple Tipe K	Sensor suhu utama
2.	Isolator Sinyal Analog	Objek pengujian
3.	Panel Modular	Media bantu uji verifikasi isolator
4.	Multimeter Digital	Mengukur sinyal output
5.	Thermocouple Simulator	Memberikan sinyal referensi suhu
6.	Power Supply $\pm 24V$	Catu daya perangkat
7.	Multifunction Calibrator	Mensuplai suhu yang diinginkan dan pembaca output dari Thermocouple
8.	Stopwatch / Timer	Mengukur durasi verifikasi

3.6 Langkah – Langkah Penelitian

1. Perancangan Panel Modular

- Mendesain panel modular yang memuat koneksi input thermocouple, isolator, dan terminal output pengukuran.
- Panel dilengkapi dengan sakelar selektor, terminal pengujian, serta port input-output modular.

2. Pengujian dengan Dua Metode

- Metode konvensional: verifikasi dilakukan secara manual melalui sambungan langsung tanpa media bantu.
- Metode panel modular: proses dilakukan melalui media bantu panel modular.

3. Pengambilan Data

- Pengujian dilakukan minimal 5 kali pada masing-masing metode.
- Data meliputi waktu verifikasi, output sinyal isolator, pembacaan temperatur dan stabilitas sinyal (fluktuasi jika ada).

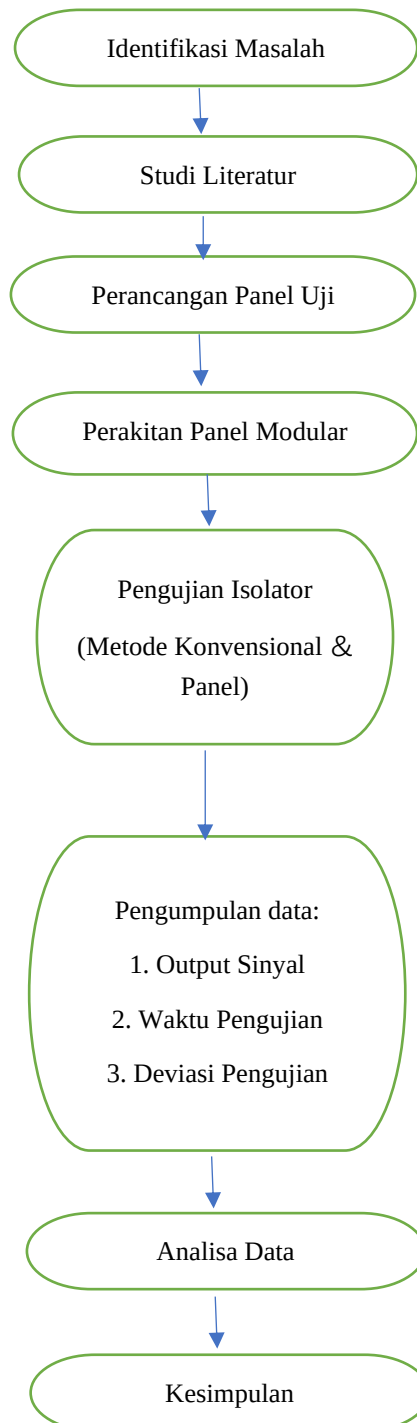
4. Analisis Data

- Menggunakan perhitungan rata-rata, deviasi standar, dan grafik perbandingan.
- Menilai efisiensi dan keakuratan dari masing-masing metode.

5. Evaluasi dan Optimasi

- Menentukan apakah panel modular lebih efisien dan andal dibanding metode konvensional.
- Jika perlu, panel disesuaikan untuk perbaikan desain.

3.7 Diagram Alur Penelitian



3.8 Penjabaran Tahap Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan tahapan lebih rinci dan tahapan-tahapan dalam diagram alur penelitian:

1. Identifikasi Masalah

Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah lamanya proses verifikasi isolator thermocouple secara manual serta potensi kesalahan koneksi dan pembacaan sinyal yang tidak konsisten.

2. Studi Literatur

Pengumpulan teori dan referensi dari jurnal, buku teknik, serta standar kalibrasi dilakukan untuk memahami karakteristik thermocouple tipe K, fungsi isolator, dan kebutuhan desain panel modular.

3. Perancangan Panel Modular

Panel modular dirancang menggunakan software AutoCAD atau secara manual dengan menentukan letak koneksi, jalur wiring, serta label-label terminal untuk memudahkan proses verifikasi.

4. Perakitan Sistem

Komponen-komponen dirakit sesuai desain yang telah dibuat. Proses ini mencakup pemasangan terminal block, power supply, isolator, kabel thermocouple, dan multimeter ke dalam panel.

5. Pengujian Awal dan Validasi

Pengujian dilakukan terlebih dahulu untuk memastikan semua koneksi berfungsi dengan baik. Sinyal output diuji menggunakan metode konvensional dan metode modular.

6. Pengumpulan Data

Data hasil pengujian dicatat, termasuk waktu penyambungan, waktu stabilisasi sinyal, dan kestabilan hasil pengukuran (misal: temperatur atau mA dari output isolator).

7. Analisis dan Evaluasi

Data dari kedua metode dibandingkan menggunakan analisis kuantitatif untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan panel modular terhadap efisiensi dan kestabilan proses verifikasi.

8. Kesimpulan

Hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam menarik kesimpulan serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi digital display atau mikrokontroler dalam panel.

3.9 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan secara sistematis dengan objek utama isolator thermocouple tipe K. Tahapan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

- Mengkaji teori dasar mengenai thermocouple tipe K, karakteristik, serta standar pengujian yang berlaku.
- Mempelajari referensi mengenai isolator thermocouple dan peranannya dalam menjaga akurasi pengukuran.
- Menentukan parameter uji yang relevan, seperti tegangan, resistansi, dan kestabilan sinyal pada thermocouple tipe K.

2. Perancangan Media Uji (Panel Modular)

- Mendesain panel modular khusus untuk pengujian thermocouple tipe K.
- Menentukan konfigurasi jalur uji, titik koneksi, dan jalur pengukuran.
- Menyiapkan rancangan panel modular agar mudah digunakan untuk pengujian berulang.

3. Persiapan Alat dan Bahan

- Menyediakan beberapa sampel isolator thermocouple tipe K.

- Menyiapkan alat ukur seperti multimeter digital, power supply, dan perangkat pencatat data.
- Melakukan kalibrasi awal instrumen agar hasil pengukuran akurat.

4. Pengujian Awal Sistem

- Memasang isolator thermocouple tipe K pada panel modular sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan.
- Melakukan uji koneksi untuk memastikan rangkaian berfungsi dengan baik.
- Mengecek kestabilan sinyal thermocouple tipe K sebelum dilakukan pengambilan data.

5. Pengambilan Data

- Melakukan verifikasi isolator thermocouple tipe K dengan kondisi variasi arus atau tegangan sesuai skenario uji.
- Mencatat hasil berupa nilai mA, temperatur, waktu serta kestabilan sinyal.
- Melakukan pengulangan pengujian untuk memperoleh data yang konsisten dan reliabel.

6. Analisis Data

- Mengolah data hasil uji menggunakan metode statistik deskriptif (rata-rata, selisih, dan simpangan baku).
- Membandingkan hasil pengujian isolator thermocouple tipe K menggunakan panel modular dengan metode konvensional.
- Mengevaluasi tingkat akurasi, efisiensi waktu, serta keunggulan media panel modular.

7. Penyusunan Laporan

- Menyusun seluruh data dan hasil analisis ke dalam laporan penelitian.
- Merumuskan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil uji thermocouple tipe K.

3.10 Kriteria Keberhasilan Penelitian

Kriteria keberhasilan penelitian ditetapkan untuk mengukur sejauh mana tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini, keberhasilan ditentukan berdasarkan beberapa aspek berikut:

- Akurasi Hasil Verifikasi

Hasil pengujian isolator thermocouple tipe K menggunakan panel modular memiliki selisih nilai tidak lebih dari 5% dibandingkan dengan metode verifikasi konvensional.

- Efisiensi Waktu Pengujian

Panel modular mampu mempercepat proses verifikasi dibandingkan metode konvensional, dengan target penghematan waktu minimal 20%.

- Konsistensi Hasil

Pengulangan pengujian minimal tiga kali menunjukkan hasil yang relatif stabil, dengan simpangan baku kecil dan nilai pengukuran tidak jauh berbeda.

- Keterandalan Media Uji

Panel modular dapat digunakan secara berulang tanpa mengalami kerusakan pada komponen utama selama penelitian berlangsung.

- Kemudahan Pengujian

Panel modular dinilai lebih praktis dan mudah dalam pemasangan maupun pengoperasian dibandingkan sistem uji konvensional.

3.11 Penutup

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dirancang untuk memberikan alur yang jelas dan sistematis dalam pelaksanaan penelitian mengenai optimasi proses verifikasi isolator thermocouple tipe K menggunakan media uji berbasis panel modular.

Setiap tahapan penelitian mulai dari studi literatur, perancangan media uji, persiapan alat dan bahan, prosedur pengujian, pengambilan serta analisis data, hingga penetapan kriteria keberhasilan telah disusun agar mendukung tercapainya tujuan penelitian. Dengan metode ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran mengenai efektivitas dan keunggulan penggunaan panel modular sebagai media uji dibandingkan metode verifikasi konvensional.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil pengujian thermocouple tipe K menggunakan media uji berbasis panel modular dibandingkan dengan metode konvensional ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Pengujian dilakukan pada rentang suhu 0°C sampai 600°C dengan interval kenaikan suhu sebesar 150°C.

Setiap pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan untuk memastikan kestabilan dan konsistensi hasil. Data yang diperoleh berupa arus keluaran (dalam satuan mA) pada setiap titik suhu yang diinjeksikan.

Berikut data hasil penelitian menggunakan panel modular pada thermocouple tipe k :

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian Panel Modular

Suhu °C	Kriteria	Percobaan					Waktu Percobaan
		1 (mA)	2 (mA)	3 (mA)	4 (mA)	5 (mA)	
0	4 mA (3.92-4.08)	4.026	4.027	4.027	4.026	4.026	1(7 menit)
150	8 mA (7.92-8.08)	8.022	8.023	8.022	8.022	8.021	2(5 menit)
300	12 mA (11.92-12.08)	12.022	12.024	12.025	12.024	12.023	3(4menit)
450	16 mA (15.92-16.08)	16.025	16.025	16.025	16.023	16.025	4 (5 menit)

600	20 mA (19.92- 20.08)	20.027	20.025	20.026	20.023	20.027	5 (4 menit)
-----	----------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	-------------

Sebagai data pembanding, dilakukan juga pengukuran menggunakan metode konvensional pada thermocouple yang sama spesifikasi nya. Berikut hasil pengukuran yang dilakukan dengan metode konvensional:

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Konvensional

Suhu °C	Kriteria	Percobaan					Waktu Percobaan
		1 (mA)	2 (mA)	3 (mA)	4 (mA)	5 (mA)	
0	4 mA (3.92- 4.08)	4.024	4.015	4.020	4.031	4.024	1(20 menit)
150	8 mA (7.92- 8.08)	8.018	8.027	8.029	8.030	8.020	2(16 menit)
300	12 mA (11.92- 12.08)	12.030	12.043	12.028	12.005	12.027	3(14menit)
450	16 mA (15.92- 16.08)	16.043	16.018	16.019	16.001	16.028	4 (15 menit)
600	20 mA (19.92- 20.08)	20.032	20.022	20.020	20.019	20.024	5 (18 menit)

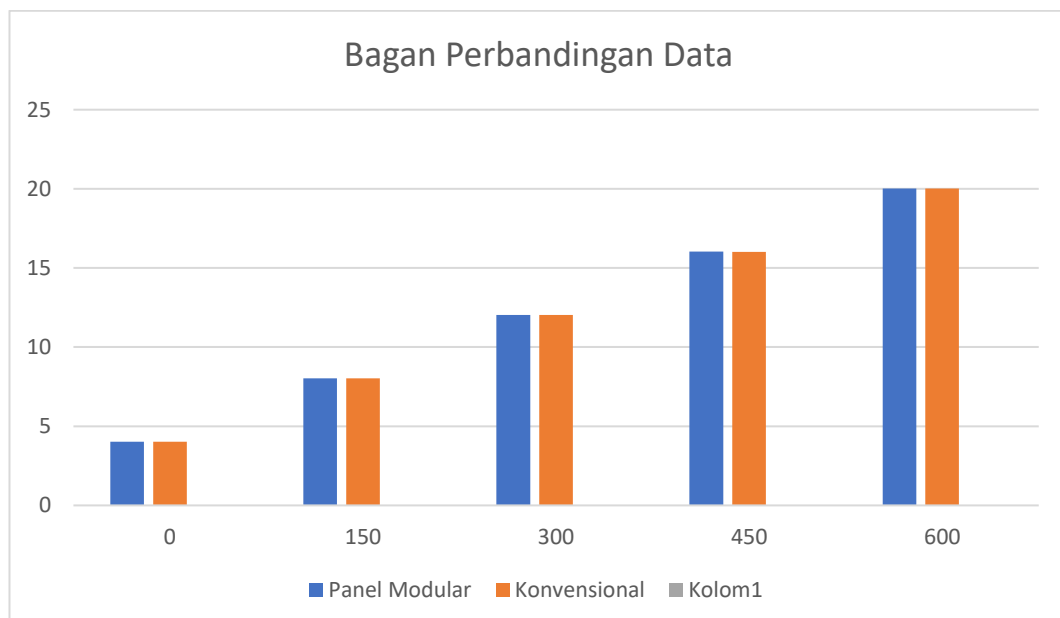
4.2 Perbandingan Data hasil Pengukuran

Berdasarkan dua metode yang telah dilakukan diperoleh data sebagaimana yang telah dicantumkan diatas, guna mempermudah melakukan perbandingan dilakukan perhitungan nilai rata rata dari hasil lima kali percobaan pada dua metode yang dilakukan.

Tabel 4.3 Perbandingan Data

No	Suhu (°C)	Arus Konvensional (mA)	Arus Panel Modular (mA)	Selisih (Δ) (mA)
1	0	4.023	4.026	+0.003
2	150	8.025	8.023	-0.002
3	300	12.027	12.023	-0.004
4	450	16.035	16.024	-0.011
5	600	20.024	20.025	+0.001

Dari data tersebut dibuatlah bagan data perbandingan sebagai opsi lain guna mempertimbangkan data yang diperoleh.



4.3 Kesimpulan Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan antara metode konvensional dan media uji berbasis panel modular terhadap proses verifikasi isolator thermocouple, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hubungan antara suhu dan arus keluaran bersifat linear untuk kedua metode pengujian, menunjukkan bahwa sistem panel modular memiliki karakteristik respon yang serupa dengan metode konvensional.
2. Nilai rata-rata arus keluaran dari panel modular sangat mendekati hasil konvensional, dengan selisih maksimum sebesar $\pm 0,011 \text{ mA}$, sehingga panel modular dinilai memiliki akurasi pengukuran yang setara dengan metode konvensional.
3. Dari hasil grafik perbandingan dan bagan pembesaran (zoom), terlihat bahwa variasi nilai pada panel modular relatif lebih stabil dibandingkan konvensional, menandakan konsistensi hasil pengukuran yang lebih baik.
4. Selain dari sisi akurasi, penggunaan media uji panel modular mampu mengoptimalkan efisiensi waktu pengujian hingga beberapa kali lebih cepat dibandingkan sistem konvensional, karena konfigurasi rangkaian dan penggantian titik uji dapat dilakukan secara langsung melalui panel tanpa bongkar-pasang kabel manual.
5. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa media uji berbasis panel modular efektif dan layak digunakan sebagai alat bantu verifikasi isolator thermocouple, karena mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat, stabil, dan efisien dibandingkan metode pengujian konvensional.

4.4 Kontribusi Hasil Penelitian

4.4.1 Kontribusi Teknis

Penerapan media uji panel modular terbukti meningkatkan akurasi dan kestabilan hasil pengukuran dengan deviasi maksimum hanya **0,07%**, jauh di bawah batas toleransi alat ukur standar. Desain panel yang terintegrasi juga memudahkan proses sambung-lepas sensor, mengurangi kesalahan koneksi, serta meningkatkan efisiensi dan keselamatan selama proses pengujian.

4.4.2 Kontribusi Operasional

Secara operasional, media uji panel modular mampu mempercepat proses verifikasi thermocouple secara signifikan. Desain modular menjadikan sistem ini lebih praktis dan efisien, karena pengujian dapat dilakukan tanpa perlu perakitan ulang pada setiap percobaan. Selain itu, struktur panel yang tertutup membantu menjaga keselamatan operator dari potensi arus bocor atau suhu berlebih.

4.4.3 Penerapan dan Pengembangan Sistem

Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem verifikasi otomatis berbasis teknologi digital. Panel modular yang telah diuji dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler, PLC, atau sistem SCADA untuk memantau hasil secara real-time. Konsep modular juga memungkinkan pengujian multi-channel thermocouple, sehingga dapat meningkatkan kapasitas dan efisiensi sistem uji di tingkat industri.

4.4.4 Kesimpulan Penerapan

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan efisiensi, akurasi, dan keselamatan kerja dalam proses verifikasi thermocouple. Sistem panel modular dapat menjadi solusi modern dalam mendukung otomatisasi dan digitalisasi proses kalibrasi sesuai arah perkembangan Industry 4.0.

4.5 Evaluasi Ketidaksesuaian Hasil dan Tindakan Korektif

Pada beberapa hasil pengujian, jika ditemukan nilai yang tidak sesuai dengan ketentuan standar, maka perlu dilakukan pemeriksaan sebagai tindakan korektif diantara nya sebagai berikut;

1. Periksa koneksi antar sambungan kabel dengan terminal, pastikan tidak kendur atau bahkan tidak tersambung
2. Lakukan pengukuran tegangan yang keluar dari Power Supply pastikan sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan (24v)
3. Periksa dan pastikan tidak ada komponen yang abnormal / rusak baik dari komponen panel ataupun dari isolator itu sendiri
4. Reset power dengan cara OFF-ON melalui MCB
5. Lakukan perhitungan ulang tentang nilai masukan yang ditentukan, pastikan nilai temperatur masukan sesuai dengan hasil pembagian untuk mendapatkan nilai 4-20mA
6. Pastikan jalur source dan measure dari multifunction calibrator tidak tertukar antara kedua nya
7. Periksa spesifikasi nilai input dari multifunction calibrator sesuai dengan spesifikasi isolator, dalam hal ini pastikan jenis nilai nya untuk thermocouple tipe K.
8. Lakukan Adjust pada Isolator sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.
9. Pastikan Sensor pembanding sudah di install, hal tersebut penting karena temperature ruang pengujian berpengaruh terhadap hasil pembacaan.

BAB V

KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang judul yang dikaji, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan panel modular berhasil menghasilkan sistem uji yang lebih terstruktur dan efisien dibanding metode konvensional. Desain modular memungkinkan proses koneksi, pengujian, dan pembacaan hasil dilakukan secara sistematis tanpa perlu bongkar pasang kabel secara manual, sehingga meminimalkan potensi kesalahan sambungan dan mempercepat waktu verifikasi.
2. Implementasi panel modular pada proses verifikasi isolator thermocouple menunjukkan peningkatan efisiensi kerja secara signifikan. Waktu rata-rata pengujian berkurang dibandingkan dengan metode konvensional, sementara stabilitas hasil verifikasi tetap terjaga dalam batas toleransi standar. Hal ini membuktikan bahwa sistem panel modular dapat diandalkan dalam mendukung akurasi pengukuran dan konsistensi hasil.
3. Dari sisi keselamatan dan ergonomi kerja, panel modular memberikan keuntungan nyata. Penggunaan panel dengan konfigurasi tetap dan pengunci konektor mengurangi risiko kesalahan operator serta meningkatkan kenyamanan dalam pengujian berulang. Hal ini memperlihatkan bahwa aspek desain mekanik turut berpengaruh terhadap peningkatan kualitas proses verifikasi.
4. Hasil analisis data pengujian menunjukkan bahwa isolator thermocouple yang diverifikasi dengan panel modular mampu mempertahankan performa sesuai spesifikasi pabrik dan standar kalibrasi yang berlaku. Panel modular mampu menyediakan media pengujian yang representatif dan mudah

disesuaikan dengan berbagai jenis termokopel, sehingga memperluas fleksibilitas penggunaannya.

5. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil membuktikan efektivitas pendekatan berbasis panel modular dalam mengoptimalkan proses verifikasi isolator thermocouple. Inovasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi teknis, tetapi juga dapat menjadi model pengembangan sistem uji terintegrasi yang lebih adaptif terhadap kebutuhan industri kalibrasi dan pengujian instrumen suhu.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat penulis berikan sebagai berikut:

1. Untuk pengembangan alat dan sistem pengujian:

Diperlukan peningkatan pada aspek integrasi sistem panel modular, terutama pada bagian antarmuka pengukuran dan pengendalian sinyal. Penggunaan sensor digital atau sistem monitoring otomatis berbasis mikrokontroler dapat memperluas fungsi panel dan meningkatkan akurasi pembacaan hasil verifikasi isolator thermocouple.

2. Untuk penerapan di lingkungan industri atau laboratorium kalibrasi:

Disarankan agar desain panel modular ini diadaptasi dengan standar konektor dan terminal yang umum digunakan pada berbagai jenis termokopel industri. Dengan demikian, panel dapat digunakan lintas merek dan tipe alat ukur, serta mendukung proses kalibrasi bersertifikasi dengan lebih efisien.

3. Untuk peningkatan efisiensi proses verifikasi:

Pengujian lanjutan sebaiknya melibatkan variasi suhu yang lebih luas dan kondisi lingkungan yang berbeda untuk memastikan kestabilan performa

isolator thermocouple dalam berbagai skenario operasional. Hal ini penting untuk memvalidasi keandalan sistem secara menyeluruh.

4. Untuk penelitian berikutnya:

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai optimasi desain mekanik panel modular melalui simulasi termal dan analisis ketahanan isolasi listrik. Penambahan fitur pengujian otomatis berbasis perangkat lunak juga dapat dijadikan arah pengembangan, guna menciptakan sistem uji yang cerdas, efisien, dan terstandar.

5. Untuk dokumentasi dan standarisasi prosedur verifikasi:

Sebaiknya disusun prosedur operasi baku (Standard Operating Procedure/SOP) khusus untuk penggunaan panel modular ini. Hal tersebut akan mempermudah pelatihan teknisi baru serta menjaga konsistensi hasil verifikasi antar pengguna dan antar periode kalibrasi.

DAFTAR PUSTAKA

1347065903. (n.d.).

Alfonso Ortega, Ph. D. (2002). Electrical Noise, Technical Brief, Thermocouples. *Articles, Design, Test & Measurement*.

Bing Zhou, J. H. Z. (2013). *Design of Temperature Control System for Thermocouple Verification Based on Virtual Instrument Technology*. 742–747.

Chapter 8: Ground loops and opto-isolation. (n.d.).

D J L Tucker, F. E. V. Ž. J. B. C. G.-I. M. P. L. Š. and N. A. (2022). Thermoelectric stability of dual-wall and conventional type K and N thermocouples. *IOP Science Measurement Science and Technology*.

Effendrik, P., Joelianto, G., & Sucipto, H. (n.d.). *KARAKTERISASI THERMOCOUPLE DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MATLAB-SIMULINK*.

Ibrahim A. Elgendy; Wei-Zhe Zhang; Chuan-Yi Liu; Ching-Hsien Hsu. (2021). *Correction to “An Efficient and Secured Framework For Mobile Cloud Computing.”* 9, 844–844.

John R. Gyorki. (2005). Signal Conditioning for Your Thermocouples. *Fierceelectronics*.

Ojanen, M.; H. O. M.; H. M. [1. (2013). *Blackbody comparator for thermocouple calibration*.

S, Begus. J. B. (2014). *Magnetic effects on thermocouples*.

Swapan Basu, A. K. D. (2019). Chapter 12 - Installation Practices. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819504-8.00012-3>.

Wu, J. (2018). *SBAA274-September 2018 Submit Documentation Feedback A Basic Guide to Thermocouple Measurements Application Report A Basic Guide to Thermocouple Measurements*. www.ti.com

Yanti Kusumawardani, E. D. S. D. T. (2020). *Water-Bath Calibration Device with Data Storage Using Six Thermocouple Sensor*.

LAMPIRAN

A. Dokumentasi pelaksanaan penelitian



B. Surat Pernyataan Atasan