



**ANALISIS KUALITAS ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA 60
MVA BERDASARKAN PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI,
TANGEN DELTA DAN *BREAKDOWN VOLTAGE* DI GARDU
INDUK 150kV CIBABAT**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Lodovikus Aryanto Nggeta Ndetu
41423120049**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**



**ANALISIS KUALITAS ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA 60
MVA BERDASARKAN PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI,
TANGEN DELTA DAN *BREAKDOWN VOLTAGE* DI GARDU
INDUK 150kV CIBABAT**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

NAMA : Lodovikus Aryanto Nggeta Ndetu
NIM : 41423120049
PEMBIMBING : Yudhi Gunardi, S.T., M.T., Ph.D

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Lodovikus Aryanto Nggeta Ndetu
NIM : 41423120049
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : ANALISIS KUALITAS ISOLASI TRANSFORMATOR
DAYA 60 MVA BERDASARKAN PENGUJIAN TAHANAN
ISOLASI, TANGEN DELTA DAN *BREAKDOWN VOLTAGE* DI
GARDU INDUK 150kV CIBABAT

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

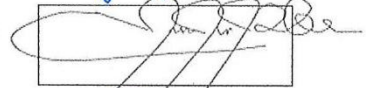
Disahkan oleh:

Tanda Tangan

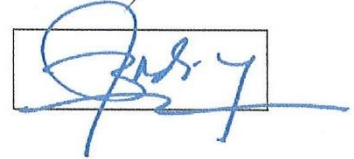
Pembimbing : Yudhi Gunardi, S.T., M.T., Ph. D
NIDN/NIDK/NIK : 3162747648130103



Ketua Penguji : Triyanto Pangaribowo, S.T., M.T.
NIDN/NIDK/NIK : 1240756657130123



Anggota Penguji : Budi Yanto Husodo, S.T., M.Sc
NIDN/NIDK/NIK : 1044747648130173



Jakarta, 6 Agustus 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NIDN: 0307037202

Kaprodi S1 Teknik Elektro



Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc
NIDN: 0314089201

HALAMAN PERNYATAAN *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : Lodovikus Aryanto Nggeta Ndetu

NIM : 41423120049

Program Studi : Teknik Elektro

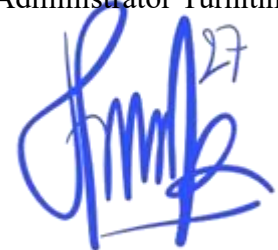
**Judul Tugas Akhir / Tesis : ANALISIS KUALITAS ISOLASI TRANSFORMATOR
/ Praktek : DAYA 60 MVA BERDASARKAN PENGUJIAN
Keinsinyuran TAHANAN ISOLASI, TANGEN DELTA DAN
BREAKDOWN VOLTAGE DI GARDU INDUK 150kV
CIBABAT**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Selasa, 12 Agustus 2025** dengan hasil presentase sebesar **18 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 12 Agustus 2025

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lodovikus Aryanto Nggeta Ndetu
N.I.M : 41423120049
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KUALITAS ISOLASI TRANSFORMATOR
DAYA 60 MVA BERDASARKAN PENGUJIAN
TAHANAN ISOLASI, TANGEN DELTA DAN
BREAKDOWN VOLTAGE DI GARDU INDUK 150kV
CIBABAT

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 19 Agustus 2025



Lodovikus Aryanto Nggeta Ndetu

ABSTRAK

Ketersediaan pasokan listrik yang andal adalah fondasi peradaban modern, esensial untuk mendukung pertumbuhan populasi dan perkembangan teknologi yang pesat. Transformator daya merupakan komponen krusial dalam sistem kelistrikan, dan kegagalannya dapat menyebabkan kerugian signifikan, termasuk pemadaman dan biaya perbaikan tinggi. Kualitas isolasi transformator menjadi penentu utama keandalan dan umur operasionalnya, karena isolasi yang buruk dapat mengakibatkan kebocoran arus, hubung singkat, dan kegagalan fungsi. Oleh karena itu, pengujian isolasi secara berkala sangat vital untuk memastikan kondisi transformator tetap optimal. Studi ini didasari oleh kasus kegagalan transformator 60 MVA di Gardu Induk (GI) Cibabat yang disebabkan oleh degradasi isolasi, menekankan perlunya pemantauan dan pemeliharaan isolasi yang komprehensif guna menjaga keandalan sistem kelistrikan.

Penelitian ini menganalisis kualitas isolasi transformator daya 60 MVA di Gardu Induk 150 kV Cibabat melalui serangkaian pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi tahanan isolasi, indeks polarisasi, tangen delta, dan tegangan tembus (*Breakdown Voltage*/BDV) minyak isolasi. Hasil pengujian ini kemudian dibandingkan dengan standar yang berlaku untuk menilai kondisi isolasi. Standar yang digunakan antara lain IEEE C57 untuk indeks polarisasi, CIGRE TB 455 untuk nilai tangen delta, dan IEC 60422 tahun 2013 untuk standar tegangan tembus minyak isolasi, memastikan validitas dan komparabilitas hasil. Berbagai mode pengujian tangen delta, seperti GST dan UST, juga diterapkan untuk mendapatkan gambaran menyeluruh.

Berdasarkan hasil pengujian, Trafo 1 di GI Cibabat menunjukkan kondisi isolasi terbaik dengan semua nilai pengujian yang masih memenuhi standar. Sementara itu, Trafo 2 memiliki nilai indeks polaritas primer-ground yang berada di bawah standar. Kondisi paling memprihatinkan ditemukan pada Trafo 3, di mana nilai tahanan isolasi, indeks polaritas, tegangan tembus, dan tangen delta secara signifikan tidak sesuai dengan standar PLN, dengan nilai tangen delta mencapai 1,56% yang mengindikasikan kondisi buruk. Oleh karena itu, penelitian ini merekomendasikan dilakukannya pengujian karakteristik lebih lanjut pada Trafo 3 dan implementasi pemeliharaan rutin yang lebih intensif untuk mencegah kegagalan dan menjaga kontinuitas pasokan listrik.

Kata Kunci: *Breakdown Voltage*, Index Polaritas, Tahanan Isolasi, Tangen Delta, Transformator Daya

ABSTRACT

Reliable electricity supply is the foundation of modern civilization, essential for supporting rapid population growth and technological development. Power transformers are crucial components in electrical systems, and their failure can cause significant losses, including blackouts and high repair costs. The quality of transformer insulation is the primary determinant of its reliability and operational lifespan, as poor insulation can result in current leakage, short circuits, and functional failures. Therefore, regular insulation testing is vital to ensure the transformer remains in optimal condition. This study is based on the case of a 60 MVA transformer failure at the Cibabat Substation caused by insulation degradation, emphasizing the need for comprehensive insulation monitoring and maintenance to maintain the reliability of the electrical system.

This study analyzes the insulation quality of a 60 MVA power transformer at the 150 kV Cibabat Substation through a series of tests. The tests conducted include insulation resistance, polarization index, tangent delta, and breakdown voltage (BDV) of the insulating oil. The test results are then compared with applicable standards to assess the insulation condition. The standards used include IEEE C57 for the polarization index, CIGRE TB 455 for the tangent delta value, and IEC 60422 2013 for the breakdown voltage standard of insulating oil, ensuring the validity and comparability of the results. Various tangent delta testing modes, such as GST and UST, were also applied to obtain a comprehensive overview.

Based on the test results, Transformer 1 at GI Cibabat showed the best insulation condition with all test values still meeting the standards. Meanwhile, Transformer 2 has a primary-ground polarity index value below the standard. The most concerning condition was found in Transformer 3, where the insulation resistance, polarity index, breakdown voltage, and tangent delta values significantly deviate from PLN standards, with the tangent delta value reaching 1.56%, indicating poor condition. Therefore, this study recommends conducting further characteristic testing on Transformer 3 and implementing more intensive routine maintenance to prevent failures and ensure the continuity of electricity supply.

Keywords: *Breakdown Voltage, Delta Tangent, Insulation Resistance, Polarity Index, Power Transformer*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "ANALISIS KUALITAS ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA BERDASARKAN PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI, TANGEN DELTA DAN *BREAKDOWN VOLTAGE* DI GARDU INDUK 150kV CIBABAT".

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada;

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan serta kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua Orang Tua yang senantiasa mendoakan, memberi nasihat, perhatian dan motivasi sehingga proposal skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr.Eng. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Yudhi Gunardi, S.T., M.T., Ph.D sebagai Dosen Pembimbing yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman seperjuangan (Syntha, Litha, Aldo dan Alen) yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta dorongan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan dan pengembangan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN <i>SIMILARITY</i>	iv
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu (Review Paper)	6
2.2 Transformator Daya	8
2.2.1 Jenis Trafo	9
2.2.2 Bagian – Bagian Trafo dan Fungsinya	11
2.3 Tahanan Isolasi	13
2.4 Index Polaritas	15
2.5 Tengen Delta Transformator	16
2.6 Tegangan Tembus (BDV)	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2 Data	23
3.3 Diagram Alir	24
3.4 Prosedur Pengujian	25

3.5 Standar Acuan Pengujian	29
3.6 Metode Penelitian	31
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Data Hasil Pengujian.....	32
4.1.1 Hasil Pengujian Tahanan Isolasi	32
4.1.2 Hasil Pengujian Tangen Delta	36
4.1.3 Hasil Pengujian Breakdown Voltage Minyak Isolasi.....	45
4.2 Analisis Hasil Pengujian	46
4.2.1 Analisis Kualitas Isolasi Berdasarkan Index Polaritas	46
4.2.2 Analisis Kualitas Isolasi Berdasarkan Tangen Delta	47
4.2.3 Analisis Kualitas Isolasi Berdasarkan Breakdown Voltage	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Hukum Elektromagnetik.....	8
Gambar 2.2 Elektromagnetik Pada Trafo	9
Gambar 2.3 Inti Besi Trafo	12
Gambar 2.4 Belitan Trafo	12
Gambar 2.5 Alat Uji Tahanan Isolasi	13
Gambar 2.6 Alat Uji Tahanan Delta.....	17
Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen Isolasi.....	17
Gambar 2.8 Komponen Arus Menurut Rangkaian Ekuivalen Isolasi.....	20
Gambar 2.9 Alat Uji Tegangan Tembus	22
Gambar 4.1 Hasil Pengujian Index Polaritas	46
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Tahanan Delta Trafo 1	48
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Tahanan Delta Trafo 2	48
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Tahanan Delta Trafo 3	49
Gambar 4.5 Hasil Pengujian <i>Breakdown Voltage</i>	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengamatan Umum Nilai Tahanan Isolasi	14
Tabel 2.2 Standar Pengujian Index Polarisasi	16
Tabel 2.3 Standar Pengujian Tangen Delta	21
Tabel 2.4 Standar Pengujian BDV	22
Tabel 3.1 Standar Tangen Delta	30
Tabel 3.2 Standar Index Polarisasi	30
Tabel 3.3 Standar BDV	30
Tabel 4.1 Pengujian Tahanan Isoalsi Trafo	33
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tangen Delta Trafo 1	36
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Tangen Delta Trafo 2	40
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Tangen Delta Trafo 3	42
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Breakdown Voltage Minyak Isolasi Trafo	45