STUDI HUBUNGAN ANTARA TAHANAN DAN TANGENT DELTA ISOLASI PADA BUSHING DAN KUMPARAN TRANSFORMATOR 150 KV

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

GUMARA DWINANTA

NIM. D1021201027

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

STUDI HUBUNGAN ANTARA TAHANAN DAN TANGENT DELTA ISOLASI PADA BUSHING DAN KUMPARAN TRANSFORMATOR 150 KV

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Skripsi Diajukan Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Sarjana

Dalam Bidang Teknik Elektro

Oleh :

GUMARA DWINANTA

NIM. D1021201027

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan skripsi yang berjudul **"Studi Hubungan Antara Tahanan dan Tangent Delta Isolasi Pada Bushing dan Kumparan Transformator 150 kV"** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura :

Nama	: Gumara Dwinanta
NIM	: D1021201027
Jurusan	: Teknik Elektro
Prodi	: Sarjana Teknik Elektro
Konsentrasi	: Tegangan Tinggi

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Dr. Ir. Usman A. Ghani, S.T., M.T., IPM.	Prof. Dr.Eng. Ir.Rudi Kurnianto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197002161995011001	NIP. 196705271995011001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gumara Dwinanta

NIM : D1021201027

Menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "**Studi Hubungan Antara Tahanan Dan Tangent Delta Isolasi Pada Bushing dan Kumparan Transformator 150 kV**" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis mengacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum dikemudian hari apabila pernyataan ini dibuat tidak benar.

Pontianak, 18 Februari 2025

Penulis,



Gumara Dwinanta

NIM. D102120102

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI HUBUNGAN ANTARA TAHANAN DAN TANGENTDELTA ISOLASI PADA BUSHING DAN KUMPARAN TRANSFORMATOR 150 KV

Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Oleh :

Gumara Dwinanta
D1021201027

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 18 Februari 2025
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Usman A. Ghani, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197002161995011001

Dosen Pembimbing Kedua : Prof. Dr. Eng. Ir. Rudi Kurnianto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 196705271995011001

Dosen Pengujia Utama : Ir. Managam Rajagukguk, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197211162000031001

Dosen Pengujia Kedua : Ir. Danial, M.T., IPM.
NIP. 196202121992031002

Pontianak, 18 Februari 2025

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Usman A. Ghani, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197002161995011001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kepada kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Tak lupa shalawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Yang telah membawa kita dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang benderang dengan ilmu pengetahuan.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Heru Jasadi dan Ibu Mistiah, untuk kasih sayangnya yang luar biasa, serta berbagai bentuk dukungan Baik materil maupun emosinal. Kepada Saudara dan saudari saya, Zeldi Raditya dan Reva Hestriviani Atas cinta dan arahannya.

Terima kasih kepada keluarga besar HME FT-Untan, Tim kapal, dan Remaja Masjid Al-Muhajirin yang menjadi keluarga yang menemani saya berproses di bangku perkuliahan.

Terima kasih kepada teman teman dan rekan rekan Teknik Elektro Angkatan 2020, anak anak KKN, serta sahabat sahabat saya Agim, Iksan, dekri, ikbal, Risna dan Cantika yang sedari kecil sudah bersama saya hingga sekarang.

Saya sampaikan terima kasih kepada pembimbing saya, Bapak Usman A. Ghani dan Bapak Rudi Kurnianto yang telah dengan tulus membimbing memberikan saran, masukan, serta motivasi dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini. Tak lupa, saya ucapkan terima kasih kepada Bapak Managam Rajagukguk dan Bapak Danial yang telah berkenan menjadi penguji Tugas Akhir saya serta memberikan masukan dan saran yang sangat berharga dalam penyelesaian tugas akhir ini

PRAKATA

Puji syukur kepada tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis masih diberikan Kesehatan dalam menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "**STUDI HUBUNGAN ANTARA TAHANAN DAN TANGENT DELTA ISOLASI PADA BUSHING DAN KUMPARAN TRANSFORMATOR 150 KV**" bertujuan untuk memenuhi syarat tugas akhir di Universitas Tanjungpura.

Dalam penulisan Skripsi ini, Penulis juga menerima saran dan masukan dari berbagai pihak untuk menyelesaikan penulisan Skripsi ini. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang selalu memberikan bannyak dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas proposal ini
2. Bapak Dr. Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
3. Bapak Prof. Dr. Ing. Seno D. Panjaitan, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
4. Bapak Elang Derdian Marindani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
5. Bapak Dr. Ir. Usman A. Gani, S.T., M.T., IPM. Selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan dalam menyelesaikan proposal penelitian ini
6. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Rudi Kurnianto, S.T., M.T., IPM. Selaku dosen pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan dalam menyelesaikan proposal penelitian ini
7. Bapak Ir. Managam Rajagukguk, S.T., M.T., IPM. Selaku dosen penguji utama yang telah meluangkan waktu, serta mau saran dan masukan dalam menyelesaikan proposal penelitian ini
8. Bapak Ir. Danial, M.T., IPM. Selaku dosen penguji pendamping yang telah meluangkan waktu, serta mau saran dan masukan dalam menyelesaikan proposal penelitian ini

9. Segenap Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang sudah memberikan ilmunya kepada penulis.
10. Kawan – kawan Teknik Elektro angkatan 2020 yang sudah banyak menolong selama masa perkuliahan.
11. Seluruh civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang sudah memberikan dukungan moril kepada penulis

Penulis menyadari adanya keterbatasan dalam penulisan Skripsi ini, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangum sangatlah diperlukan bagi penulis. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 18 Februari 2025

Penulis,

Gumara Dwinanta

NIM. D102120102

ABSTRAK

Transformator tenaga merupakan peralatan utama dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengkonversi tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah, atau sebaliknya. Untuk memastikan keandalan operasi dan mendeteksi potensi kerusakan, dilakukan pengujian tahanan isolasi secara berkala. Pelaksanaan pengujian isolasi dilakukan pada Gardu Induk Singkawang menggunakan metode pengujian tangen delta. Pengujian tangent delta dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien rugi-rugi dari bahan isolasi. Tangent delta yang lebih rendah biasanya berkolerasi dengan tahanan isolasi yang tinggi, namun pada pengujian ini hubungan tersebut tidak selalu sejalan dikarenakan ada factor lain seperti kapasitansi dan arus kapasitif yang mempengaruhi arus resistif dan tahanan isolasi. Pengujian dilakukan pada 12 titik dengan hasil pengujian tangent delta nya yaitu titik H+HL (Hight Voltage – Ground) = 0,1893% , H (Hight Voltage) = 0,301%, HL (Hight Voltage – Low Voltage) = 0,144% , L + LT (Low Voltage – Ground) = 0,1702% , L (Low Voltage) = 0,1688% , dan LT (Low Voltage – Tersier) = 0,2557% , T+TH (Tersier – Ground) = 0,1505% , T (Tersier) = 0,1383% , TH (Tersier – Hight Voltage) = 0,1501% , Bushing Fasa R = 0,2721% , Fasa S = 0,2821% , dan Fasa T = 0,2804%. Hasil pengujian pada tiap titik rata rata bernilai dibawah 0,5% yang menunjukan isolasi masih dalam kondisi yang baik. Dikarenakan sesuai dengan standar IEEE62 – 1995 yaitu nilai tangen delta transformator baru < 0,5%, transformator operasi < 1%.

Kata kunci : Transformator, Tangent Delta, Tahanan Isolasi, Kumparan, Bushing

ABSTRACT

Power transformers are primary components in the electrical power system that function to convert electrical energy from high voltage to low voltage, or vice versa. To ensure operational reliability and detect potential damage, insulation resistance test. The insulation testing was performed at the Singkawang Substation using the tangent delta testing method. Tangent delta testing is carried out to determine the loss coefficient of the insulation material. A lower tangent delta value usually correlates with higher insulation resistance; however, in this testing, the relationship does not always align due to other factors, such as capacitance and capacitive current, which affect resistive current and insulation. The testing was conducted at 12 points, yielding the following tangent delta result, H+HL (Hight Voltage – Ground) = 0,1893% , H (Hight Voltage) = 0,301%, HL (Hight Voltage – Low Voltage) = 0,144% , L + LT (Low Voltage – Ground) = 0,1702% , L (Low Voltage) = 0,1688% , dan LT (Low Voltage – Tertiary) = 0,2557% , T+TH (Tertiary – Ground) = 0,1505% , T (Tertiary) = 0,1383% , TH (Tertiary – Hight Voltage) = 0,1501% , bushing phase R = 0,2721% , phasae S = 0,2821% , dan phase T = 0,2804%.. The test results at each point showed an average value below 0.5%, indicating that the insulation is still in good condition. This aligns with the IEEE62–1995 standard, which states that the tangent delta value for new transformers should be < 0.5%, and for operational transformers < 1%.

Keywords : Transformer, Tangent Delta, Insulation Resistance, Winding, Bushing

DAFTAR ISI

PRAKATA v
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Pembatasan Masalah 3
1.5 Sistematika Penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Kajian Terdahulu 5
2.2 Transformator 7
2.2.1 Kumparan 7
2.2.2 Bushing 8
2.3 Isolasi 10
2.4 Tahanan Isolasi 11
2.5 Pengujian Tangent Delta (δ) Pada Kumparan 12
2.6 Pengujian Tangent Delta (δ) Pada Bushing 15
2.7 Tahanan dan Tangent Delta (δ) Pada Isolasi 16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 17
3.1 Data Penelitian 17
3.2 Lokasi Penelitian 19
3.3 Alat dan Bahan Penelitian 19
3.4 Metode Penelitian 20
3.4.1 Uraian Rincian Instruksi Kerja 20
3.4.2 Panduan Penggunaan CPC 100 + CP TD + CP TOOL 23
3.5 Metode Analisa 26
3.6 Analisa Hasil 27
3.7 Diagram Alir Penelitian 27

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA 29
4.1 Tahanan Isolasi Pada Kumparan 29
4.2 Tahanan Isolasi Pada Bushing 34
4.3 Nilai Minimum Tahanan Isolasi Pada Kumparan dan Busing 36
4.4 Analisa 41
BAB V PENUTUP 43
5.1 Kesimpulan 43
5.2 Saran 43
DAFTAR REFERENSI 44
LAMPIRAN 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Bushing 8
Gambar II. 2 Indikator level minyak bushing 10
Gambar II. 3 Gasket/seal antara flage bushing dengan body trafo dan tap pengujian 10
Gambar II. 4 Rangkaian ekivalen isolasi dan diagram phasor arus pengujian tangent delta 13
Gambar II. 5 Struktur bushing 16
Gambar III. 1 Diagram pengujian tangent delta C1 pada bushing 18
Gambar III. 2 Diagram pengujian tangent delta C2 pada bushing 19
Gambar III. 3 Pengujian Tangen Delta Sisi Primer 24
Gambar III. 4 Tampilan pengujian pada display LCD CPC 100 24
Gambar III. 5 Pengaturan Suhu dan kelembaban udara 25
Gambar III. 6 Pengujian Tangen Delta Dengan Injeksi pada sekunder 25
Gambar III. 7 Pengujian Tangen Delta Dengan Injeksi pada tersier 26
Gambar III. 8 Diagram alir 28
Gambar IV. 1 Grafik Tahanan isolasi pengujian 10 kV 37
Gambar IV. 2 Grafik tangent delta pengujian 10 kV 38
Gambar IV. 3 Grafik Tahanan isolasi pengujian 5 kV 39
Gambar IV. 4 Grafik Tangent delta pengujian 5 kV 39
Gambar IV. 5 Grafik hasil tahanan dan tangent delta isolasi pengujian pada kumparan 40
Gambar IV. 6 Grafik hasil tahanan dan tangent delta isolasi pengujian pada bushing 41

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Daftar tabel Konstanta Oil-Filled Transformator 15
Tabel III. 1 Data Pengujian Tan Delta Kumparan..... 17
Tabel III. 2 Standar Pengujian Tan Delta..... 18
Tabel III. 3 Data Pengujian Tan Delta Bushing 18
Tabel IV. 1 Hasil Perhitungan Pada Kumparan..... 33
Tabel IV. 2 Hasil Perhitungan Pada Bushing 36

BAB 1
PENDAHULUAN

Gardu Induk adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, dan peralatan pengaman serta peralatan kontrol. Gardu induk berfungsi untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi yang satu ke saluran transmisi yang lain, mendistribusikannya ke konsumen, sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi dengan frekuensi tetap, sebagai tempat kontrol dan pengaman operasi sistem [1].

Dalam operasi penyaluran tenaga listrik, transformator dapat dikatakan jantung dari sistem transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal. Mengingat kerja keras dari suatu transformator, pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu tranformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat. untuk meminimalisir adanya kegagalan transformator pada saat beroperasi, ada banyak metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kondisi transformator, mulai dari pengujian kualitas minyak, kadar air, kadar asam, partial discharge, tahanan isolasi, tangen delta dan masih banyak lagi, semua metode ini mempunyai tujuan sama yaitu menghasilkan diagnosa yang akurat, ada banyak sekali faktor yang mempengaruhi akurasi hasil pengujian mulai dari kondisi alat ukur, kondisi lingkungan, kemampuan dari operator, prosedur pengujian dan lain sebagainya, kesalahan data data pengujian dapat menyebabkan kerugian baik segi matrial dan inmaterial [2].

Tahanan isolasi merupakan tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran (kabel) yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground). Tahanan isolasi adalah sebagai suatu yang diukur dari isolasi antara belitan dan inti besi pada trafo, tahanan isolasi mengukur resistansi bahan isolasi dalam trafo. Nilai ini diperoleh dari pengukuran resistansi antara komponen aktif (konduktor) dan komponen yang diisolasi (biasanya tanah atau casing trafo). Tahanan isolasi bertujuan untuk membatasi aliran arus antara belitan

dan inti besi. Semakin besar nilai tahanan isolasi yang didapat maka semakin baik kualitas isolasi tersebut [3].

Tangent delta merupakan jenis metode pegujian untuk mengetahui kondisi isolasi dari transformator. Pengujian Tangent Delta sering digunakan sebagai bagian dari kontrol kualitas untuk memastikan bahwa bahan isolasi memenuhi standar yang ditetapkan. Mengingat transformator adalah pusat dari suatu sistem dristribusi dan transmisi, kondisi isolasi yang baik juga termasuk ke bagian penting dalam pengoprasian sebuah transformator, nilai kualitas isolasi pada transformator dapat menentukan lamanya penggunaan transformator. Isolasi pada transformator ini sangat penting perannya sebagai pemisah antara beberapa belitan atau penghantar yang dililit dalam inti transformator bertegangan agar antar penghantar tersebut tidak terjadi loncatan listrik atau percikan. Jika sebuah isolasi dalam keadaan yang tidak baik, kerja transformator akan terhambat dan dapat menyebabkan bahaya untuk perangkat listrik lainnya. Maka dari itu peneliti melakukan analisis hasil pengujian tangen delta pada transformator untuk mengetahui apakah isolasi tersebut dalam kondisi baik atau tidak [4].

Penelitian dilakukan untuk menganalisis hasil pengujian tahanan isolasi menggunakan metode tangen delta pada trafo 150 kV Type NYNAS LIBRA berkapasitas 30 MVA yang dilakukan oleh Unit Layanan Transmisi Gardu Induk (ULTG) Singkawang. Pengujian Berdasarkan SK DIR 0520 pemeliharaan transformator dilakukan secara berkala tiap dua tahunan, salah satu pemeliharaan tersebut adalah melakukan pengujian tangen delta pada transformator 150 kV untuk mengetahui kondisi isolasi dari transformator apakah masih layak digunakan atau tidak. Nilai tangen delta transformator baru < 0,5%, transformator operasi < 1% (Standar IEEE62-1995), dan untuk tahanan nilai tahanan isolasi pada trafo baru idealnya memiliki nilai di atas 100 MΩ sedangkan transformator operasi memiliki nilai 10 MΩ, namun idealnya tetap diatas 100 MΩ untuk memastikan keandalan (Standar IEEE).

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini untuk mengetahui bagaimana hubungan antara tahanan dan tangent delta isolasi pada bushing dan kumparan pada transformator 150 kV.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut tujuan dilakukannya penelitian ini :

1. Mengetahui hasil pengujian tangent delta dan perhitungan tahanan isolasi pada kumparan dan bushing transformator 150 kV.
2. Mengetahui hubungan antara tahanan dan tangent delta isolasi pada kumparan dan bushing transformator 150 kV.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan tidak menyimpang dari pokok pembahasan yang ingin disampaikan. Maka berikut pembatasan masalah dalam penelitian ini :

1. Melakukan perhitungan berdasarkan Standar (IEEE62-1995).
2. Metode Pengujian menggunakan metode *Grounded Specimen test with guard* (GST-g) (pengukuran diperoleh dari perangkat dengan ground) dan *Ungrounded Specimen Test* (UST) (pengukuran diperoleh dari perangkat yang sejenis).
3. Pengujian menggunakan alat CP-TD1 dan CPC100 Omicron.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penulisan penelitian tugas akhir ini sistematis, maka penulisan dibagi dalam beberapa bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan kajian terdahulu, yang dijadikan sebagai referensi penelitian mengenai pengujian tan delta pada bushing dan kumparan trafo, serta menjelaskan tentang tan delta dan pengujian tan delta pada bushing dan kumparan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan data penelitian, lokasi penelitian, alat dan bahan penelitian, metode penelitian, metode analisa, analisa hasil dan diagram alir penelitian.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Bab ini membahas tentang perhitungan dan analisis mengenai tahanan isolasi yang menggunakan data hasil pengujian tangent delta pada kumparan dan bushing fasa R, S, dan T. Menentukan kondisi isolasi pada trafo apakah masih layak untuk digunakan atau perlu adanya perbaikan serta analisa terhadap hubungan antara tahanan dan tangent delta isolasi.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran, yaitu merupakan inti dari keseluruhan serta persoalan yang dibahas pada bab-bab sebelumnya dan beberapa saran yang diusulkan.