

**PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI PADA TRAFORMATOR DAYA  
60MVA DENGAN METODE TANGEN DELTA DI ULTG  
BORANG PT PLN UIP3B SUMATERA**



**LAPORAN AKHIR**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Diploma III  
Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik  
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**OLEH :**

**Aulia Putri Dwi Maharani**

**0617 3031 1337**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

**PALEMBANG**

**2020**

**PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI PADA TRAFORMATOR DAYA 60  
MVA DENGAN METODE TANGEN DELTA DI ULTG BORANG  
PT PLN P3B SUMATERA**



Oleh:  
**Aulia Putri Dwi Maharani**  
0617 3031 1337

**Pembimbing I**

**Carlos, R.S., S.T., M.T.**  
NIP.196403011989031003

**Palembang, Juni 2020**  
**Pembimbing II**

**Mohammad Noer, S.ST., M.T**  
NIP. 1965051219955021001

**Ketua Jurusan  
Teknik Elektro**

**Ir. Iskandar Lutfi, M.T.**  
NIP.196501291991031002

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi  
Teknik Listrik**

**Anton Firmansyah, S.T.,M.T.**  
NIP. 197509242008121001



**PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI PADA TRAFORMATOR DAYA 60  
MVA DENGAN METODE TANGEN DELTA DI ULTG BORANG  
PT PLN P3B SUMATERA**



Oleh:  
**Aulia Putri Dwi Maharani**  
0617 3031 1337

**Pembimbing I**

**Palembang, Juni 2020**  
**Pembimbing II**

**Carlos. RS., S.T, M.T.**  
NIP.196403011989031003

**Mohammad Noer, S.ST., M.T**  
NIP. 1965051219955021001

**Ketua Jurusan**  
**Teknik Elektro**

**Mengetahui,**  
**Ketua Program Studi**  
**Teknik Listrik**

**Ir. Iskandar Lutfi, M.T.**  
NIP.196501291991031002

**Anton Firmansyah, S.T.,M.T.**  
NIP. 197509242008121001

*MOTTO :*

- *“Allah SWT, tidak akan menguji hambanya di luar batas kemampuannya”*
- *“Dimana ada kemauan di situ ada jalan”*
- *“Nikmati prosesnya, semua akan indah pada waktunya”*

*Ku persembahkan untuk:*

- *Kedua orang tuaku tercinta yang senantiasa mendo'akan dan memberikan dukungan baik moril maupun materil*
- *Saudara-saudaraku, M. Iqbal Farabi, Muthia Salsabilla Firdausa yang senantiasa memberikan semangat motivasi*
- *Tim HAR ULTG Borang*
- *Teman yang setia menemani proses dari awal sampai sekarang*
- *Teman-teman D3K PLN angkatan 2017*
- *Teman-teman jurusan Teknik Elektro khususnya Teknik Listrik*
- *ALmamaterku*

**ABSTRAK**  
**PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI PADA TRAFORMATOR DAYA**  
**60 MVA DENGAN METODE TANGEN DELTA DI**  
**ULTG BORANG PT PLN P3B SUMATERA**

(2020 : XV + 82 Halaman + Daftar Pustaka + Lampiran)

---

**Aulia Putri Dwi Maharani**

**061730311337**

**Program Studi Teknik Listrik**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang**

*Isolasi transformator merupakan salah satu bagian yang kritis pada transformator daya, pemburukan atau kegagalan isolasi dapat menyebabkan kegagalan operasi atau bahkan kerusakan pada transformator. Salah satu metode untuk mengetahui kondisi isolasi adalah dengan melakukan pengujian tangen delta. Pengujian tangen delta transformator dapat dilakukan dengan beberapa mode yaitu GST, UST, GSTg dan Hot Collar. Pada laporan ini dilakukan studi pengujian tahanan isolasi menggunakan metode tangen delta pada beberapa spesimen uji. Hasil uji tangen delta pada transformator memiliki batasan standar yaitu  $>1\%$ , akan tetapi pada beberapa kondisi didapatkan hasil uji yang tidak memenuhi standar, hal ini sebabkan terjadinya kebocoran pada isolasi, fenomena ini dapat dijelaskan dengan teori rangkaian listrik. Berdasarkan hasil studi, hasil uji yang didapatkan dari hasil pengujian masih dalam batasan standar yang ditetapkan, akan tetapi terdapat pula hasil uji yang melewati standar pengujiannya, dan hasil perhitungan yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan hasil pengujian yang didapat.*

**Kata Kunci** : *Tahanan isolasi, Pemeliharaan Transformator, Tangen Delta, Metode pengujian, Disipasi Faktor.*

**ABSTRACT**  
**ISOLATION RESISTANCE TESTING ON 60 MVA POWER**  
**TRANSFORMERS WITH THE TANGEN DELTA METHOD**  
**IN ULTG BORANG PT PLN P3B SUMATERA**

**(2020 : XV + 82 Pages + References + Appendix)**

---

**Aulia Putri Dwi Maharani**  
**061730311337**  
**Electrical Engineering Study Program**  
**Electro Majoring Department**  
**State Polytechnic of Sriwijaya Palembang**

*Transformer insulation is a critical part of the power transformer, deterioration or isolation failure can cause operation failure or even damage to the transformer. One method to see the isolation condition is to test the tangent delta. Tangent delta transformer testing can be done in several modes, namely GST, UST, GSTg and Hot Collar. In this report, an isolation resistance test study was conducted using the tangent delta method on several test specimens. Tangent delta test results on the transformer standard value limit is  $>1\%$ , but in some conditions the test results do not meet the standard, this is due to a leak in the insulation, this phenomenon can be applied to the theory of electric circuits. Based on the study results, the test results obtained from the test results are still within the specified standard limits, but there are also test results that pass the test standards, and the calculation results obtained are not much different from the test results obtained.*

**Key Word :** *Insulation resistance, Transformer Maintenance, Delta Tangent, Test method, Dissipation factor.*

## **KATA PENGHANTAR**

Puji dan syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir ini yang berjudul **“Pengujian Tahanan Isolasi pada Transformator Daya 60MVA dengan Metode Tangen Delta di ULTG Borang PT PLN UIP3B Sumatera.”** Laporan akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik di Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.

Pada kesempatan ini pula penulis menyampaikan rasa terima kasih, hormat dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

**Bapak Carlos RS., S.T., M.T. sebagai pembimbing I.**  
**Bapak Mohammad Noer, S.ST., M.T. sebagai pembimbing II.**

Karena dengan kebaikan dan kemurahan hati, arahan dan juga bimbingannya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir ini dengan tepat waktu.

Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Iskandar Lutfi, M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Herman Yani, S.T., M.Eng., Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Anton Firmansyah, S.T., M.T., Ketua Program Studi Teknik Listrik.
5. Bapak Rahadian Rasyid, Manager ULTG Borang dan Mentor.
6. Bapak Fatkhur Rokhman, Supervisor HAR GI dan CoMentor.
7. Seluruh Dosen Teknik Listrik yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama menimba ilmu di Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
8. Mama, Papa, Adek Mumut dan Bang Tebi yang tak henti – hentinya men-doakan dan memberikan semangat kepada penulis.
9. Kakak – kakak staff ULTG Borang terkhusus Kak Hafis dan Kak Gusti yang tak henti – hentinya membantu penulis dalam pengumpulan data serta memberikan ilmu yang banyak.



10. Teman – teman Tim ULTG Borang (Anis, Aurel, Artita, Dwi, Malinda, Dinda, Ega, Arya dan Bima) yang selalu senantiasa menemani dalam proses 6 bulan magang dan OJT.
11. Teman-teman seperjuangan D3K PLN 2017 terkhusus kelas 6 LE yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Akhir ini.
12. Yoza Risti, Dwi Utari, dan Eka Rania yang telah menemani penulis selama masa perkuliahan.
13. Sahabat saya Laila Tryda Okisaputri dan Betteria Dwi Nusa yang telah memberikan banyak support kepada penulis.
14. Orang yang membantu dibalik layar, yang selalu membantu di setiap kesempatan, memberikan support yang tak ada habisnya, menemani dari awal pembuatan laporan sampai dengan selesai, juga memberikan saran yang sangat berguna untuk penulis.

Semoga Allah SWT dapat melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada semua pihak yang ikut serta dalam membantu penulis menyelesaikan Laporan Akhir ini.

Penulis Menyadari banyak kekurangan dalam Laporan Akhir ini, oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar kedepannya dapat lebih baik lagi.

Akhir kata penulis berharap semoga nantinya Laporan Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak orang khususnya bagi ilmu kelistrikan.

Palembang, Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>10ii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.3.1 Tujuan .....	3
1.3.2 Manfaat .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metode Penulisan .....	4
1.5.1 Metode Referensi.....	4
1.5.2 Metode Observasi .....	4
1.5.3 Metode Konsultasi .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Transformator Daya.....	7

2.2	Jenis Transformator .....	9
2.3	Bagian – bagian Transformator dan Fungsinya .....	9
2.3.1	Electromagnetic Circuit (Inti Besi) .....	9
2.3.2	Current Carrying Circuit (Winding) .....	10
2.3.3	Bushing .....	11
2.3.4	Pendingin.....	15
2.3.5	Oil Preservation & Expantion (Konservator).....	18
2.3.6	Dielektrik (Minyak Isolasi Trafo & Isolasi Kertas) .....	48
2.3.7	Tap Changer .....	21
2.3.8	NGR (Neutral Grounding Resistor) .....	23
2.3.9	Proteksi Transformator .....	24
2.3.7	Tap Changer .....	21
2.4	Pengujian Tangen Delta .....	27
2.4.1	Mengapa Pengujian Tangen Delta Diperlukan .....	28
2.4.2	Mode yang Sering Digunakan .....	28
2.4.3	Pengujian Tangen Delta pada Isolasi Trafo .....	30
2.4.4	Perhitungan Tangen Delta.....	31
2.4.5	Analisa Hasil Pengujian Tangen Delta .....	33

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 35**

3.1	Tempat dan Waktu Pengambilan Data .....	35
3.2	Peralatan yang Digunakan pada Penelitian .....	35
2.4.1	Tangen Delta Meter .....	36
3.3	Data Transformator .....	39
3.3.1	Transformator 2 Gardu Induk Borang .....	39
3.3.2	Transformator 3 Gardu Induk Talang Kelapa .....	40
3.3.3	Transformator 2 Gardu Induk Gandus .....	41
3.3.4	Transformator 1 Gardu Induk Sekayu .....	42
3.4	Rangkaian Percobaan Penelitian .....	43
3.5	Prosedur Percobaan Penelitian (Prosedur Pengukuran) .....	45
3.5.1	Pengujian pada Belitan Trafo .....	45

3.5.2	Pengujian pada Bushing Trafo .....	48
3.5.3	Mode pada Pengujian Tangen Delta .....	50
3.6	Flowchart Penelitian .....	51

## **BAB IV PEMBAHASAN ..... 52**

4.1	Pengukuran Tangen Delta .....	52
4.1.1	Gardu Induk 150kV Borang.....	54
4.1.2	Gardu Induk 150kV Talang Kelapa .....	55
4.1.3	Gardu Induk 150kV Gandus .....	56
4.1.4	Gardu Induk 150kV Sekayu .....	57
4.2	Perhitungan Tangen Delta .....	58
4.2.1	Gardu Induk 150kV Borang.....	60
4.2.2	Gardu Induk 150kV Talang Kelapa .....	64
4.2.3	Gardu Induk 150kV Gandus .....	69
4.2.3	Gardu Induk 150kV Sekayu .....	74
4.3	Pembahasan .....	79

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... 81**

5.1	Kesimpulan .....	81
5.2	Saran .....	81

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

### BAB II TINJAUAN UMUM

Gambar 2.1	Transformator Daya .....	7
Gambar 2.2	Prinsip Hukum Elektromagnetik .....	8
Gambar 2.3	Elektomagnetik pada Transformator .....	9
Gambar 2.4	Inti Besi .....	9
Gambar 2.5	Belitan Transformator .....	10
Gambar 2.6	Bushing .....	11
Gambar 2.7	Bagian – Bagian pada Bushing .....	13
Gambar 2.8	Kertas Isolasi pada Bushing (Oil Impregnated Bushing) .....	13
Gambar 2.9	Konduktor Bushing dilapisi Kertas Isolasi .....	14
Gambar 2.10	Belitan Transformator .....	15
Gambar 2.11	Konservator .....	18
Gambar 2.12	Silica Gel .....	19
Gambar 2.13	Konstruksi Konservator dengan Rubber Bag .....	19
Gambar 2.14	Dehydrating Breather .....	20
Gambar 2.15	Minyak Isolasi Trafo .....	21
Gambar 2.16	Kertas Isolasi Trafo .....	21
Gambar 2.17	OLTC pada Transformator .....	22
Gambar 2.18	Kontak Switching pada Diverter Switch .....	23
Gambar 2.19	Pentanahan Langsung dan Pentanahan melalui NGR .....	24
Gambar 2.20	Rele Bucholz .....	25
Gambar 2.21	Rele Jansen .....	25
Gambar 2.22	Rele Sudden Pressure .....	26
Gambar 2.23	Bagian – Bagian dari Rele Thermal .....	27
Gambar 2.24	Skema Pengujian Hot Collar .....	30
Gambar 2.25	Rangkaian Ekuivalen Isolasi Trafo .....	31
Gambar 2.26	Rangkaian ekuivalen isolasi dan diagram phasor arus pengujian tangen delta .....	31

### **BAB III METODOLOGI PENULISAN**

Gambar 3.1	Megger TRAX .....	38
Gambar 3.2	Transformator Daya 2 Gardu Induk Borang .....	40
Gambar 3.3	Transformator Daya 3 Gardu Induk Talang Kelapa .....	41
Gambar 3.4	Transformator Daya 2 Gardu Induk Gandus .....	42
Gambar 3.5	Transformator Daya 1 Gardu Induk Sekayu .....	43
Gambar 3.6	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Belitan Primer .....	43
Gambar 3.7	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Belitan Sekunder .....	44
Gambar 3.8	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Belitan Tersier .....	44
Gambar 3.9	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Bushing C1 .....	44
Gambar 3.10	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Bushing C2 .....	45
Gambar 3.11	Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	51

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar 4.1	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Belitan Primer .....	53
Gambar 4.2	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Belitan Sekunder .....	53
Gambar 4.3	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Belitan Tersier .....	53
Gambar 4.4	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Bushing C1 .....	54
Gambar 4.5	Rangkaian Pengujian Tangen Delta pada Bushing C2 .....	54
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Perhitungan GI Borang .....	64
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Perhitungan GI Talang Kelapa .....	69
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Perhitungan GI Gandus .....	74
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Perhitungan GI Sekayu .....	79

## DAFTAR TABEL

### BAB II TINJAUAN UMUM

Tabel 2.1	Macam – Macam Pendingin pada Transformator .....	7
Tabel 2.2	Batas Nilai Maksimum Tangen Delta Belitan .....	33
Tabel 2.3	Batasan Nilai Maksimum Tangen Delta Bushing .....	33
Tabel 2.4	Batasan Nilai Maksimum Kapasitansi Bushing Trafo .....	34

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tabel 3.1	Spesifikasi Umum .....	36
Tabel 3.2	Spesifikasi <i>Input</i> .....	37
Tabel 3.3	Spesifikasi <i>Output</i> .....	37
Tabel 3.1	Spesifikasi Transformator 2 Gardu Induk Borang .....	39
Tabel 3.2	Spesifikasi Transformator 3 Gardu Induk Talang Kelapa .....	40
Tabel 3.3	Spesifikasi Transformator 2 Gardu Induk Gandus .....	41
Tabel 3.4	Spesifikasi Transformator 1 Gardu Induk Sekayu .....	42

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1	Batas Nilai Maksimum Tangen Delta .....	53
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Tangen Delta Gardu Induk Borang .....	54
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Tangen Delta Gardu Induk Talang Kelapa .....	55
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Tangen Delta Gardu Induk Gandus .....	56
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Tangen Delta Gardu Induk Sekayu .....	58
Tabel 4.6	Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Perhitungan GI Borang .....	63
Tabel 4.7	Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Perhitungan GI Talang Kelapa .....	78
Tabel 4.8	Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Perhitungan GI Gandus ....	73
Tabel 4.9	Perbandingan Hasil Pengujian dan Hasil Perhitungan GI Sekayu ....	78

## **DAFTAR LAMPIRAN**

### **LAMPIRAN**

- Lampiran 1. Alur Langkah Kerja Pengujian Tangen Delta pada Belitan Transformator
- Lampiran 2. Alur Langkah Kerja Pengujian Tangen Delta pada Bushing Transformator
- Lampiran 3. Single Line Diagram Gardu Induk 150kV Borang
- Lampiran 4. Single Line Diagram Gardu Induk 150kV Talang Kelapa
- Lampiran 5. Single Line Diagram Gardu Induk 150kV Gandus
- Lampiran 6. Single Line Diagram Gardu Induk 150kV Sekayu
- Lampiran 7. Data Hasil Pengujian Tangen Delta Transformator Gardu Induk 150kV Borang
- Lampiran 8. Data Hasil Pengujian Tangen Delta Transformator Gardu Induk 150kV Talang Kelapa
- Lampiran 9. Data Hasil Pengujian Tangen Delta Transformator Gardu Induk 150kV Gandus
- Lampiran 10. Data Hasil Pengujian Tangen Delta Transformator Gardu Induk 150kV Sekayu