

**ANALISA PERBANDINGAN KELAYAKAN TAHANAN  
ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA MENGGUNAKAN  
PENGUJIAN INDEKS POLARITAS, TANGEN DELTA, BDV  
(*BREAKDOWN VOLTAGE*), DAN RASIO TEGANGAN DI  
GARDU INDUK 150 KV ULEE KARENG**

**SKRIPSI**

**Diajukan oleh:**

**KHAIRUNNISA ABABIL**

**NIM. 180211038**

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan  
Prodi Pendidikan Teknik Elektro**



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
AR-RANIRY BANDA ACEH  
2023 M / 1444 H**

## PENGESAHAN PEMBIMBING

# ANALISA PERBANDINGAN KELAYAKAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA MENGGUNAKAN PENGUJIAN INDEKS POLARISASI, TANGEN DELTA, BDV (BREAKDOWN VOLTAGE), DAN RASIO TEGANGAN DI GARDU INDUK 150 KV ULEE KARENG

### SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S1) Prodi  
Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam  
Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

KHAIRUNNISA ABABIL

NIM. 180211038

Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

جامعة الرانيري

A R R A N I R Y  
Disetujui/Disahkan

Pembimbing I



**Fathiah, M. Eng**  
NIP. 198606152019032010

Pembimbing II



**Muhammad Ikhsan, S.T., M.T**  
NIDN. 2023108602

## PENGESAHAN SIDANG

# ANALISA PERBANDINGAN KELAYAKAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA MENGGUNAKAN PENGUJIAN INDEKS POLARISASI, TANGEN DELTA, BDV (BREAKDOWN VOLTAGE), DAN RASIO TEGANGAN DI GARDU INDUK 150 KV ULEE KARENG

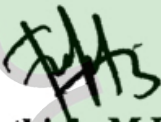
## SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi Prodi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) dalam Ilmu Pendidikan Teknik Elektro

Tanggal: 14 April 2023  
23 Ramadhan 1444

Tim Penguji

Ketua



Fathiah, M.Eng

NIP. 198606152019032010

Sekretaris



Muhammad Ikhsan, S.T., M.T

NIP. 2023108602

Penguji I



Hari Anna Lastya, S.T., M.T

NIP. 198704302015032005

Penguji II



Muhammad Rizal Fachri, M.T

NIP. 198807082019031018

Mengetahui,

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry  
Darussalam Banda Aceh



Prof. Saiful Mulana, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph.D

NIP. 1978010219997031003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khairunnisa Ababil  
NIM : 180211038  
Tempat/tgl lahir : Banda Aceh/22 Februari 2000  
Alamat : Desa Krueng Anoi, Kec. Kuta Baro, Kab. Aceh Besar  
Nomor Hp : 085211961530

Menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.


Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan keadaan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 14 April 2023

Yang membuat pernyataan,



  
Khairunnisa Ababil  
NIM. 180211038

## ABSTRAK

Nama : Khairunnisa Ababil  
NIM : 180211038  
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan/Pendidikan Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Kelayakan Tahanan Isolasi Transformator Daya Menggunakan Pengujian Indeks Polaritas, Tangen Delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan Rasio Tegangan di Gardu Induk 150 kV Ulee Kareng  
Jumlah Halaman : 78 Halaman  
Pembimbing I : Fathiah, M.Eng  
Pembimbing II : Muhammad Ikhsan, S.T., M.T.  
Kata Kunci : Tahanan Isolasi, Transformator, Indeks Polaritas, Tangen Delta, BDV (*Breakdown Voltage*), Rasio Tegangan

---

Transformator tenaga merupakan suatu peralatan utama dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengkonversi tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah ataupun sebaliknya, untuk mencegah kegagalan operasi dan kerusakan perlu dilakukan pengujian tahanan isolasi. Pelaksanaan pengujian isolasi dilakukan pada Gardu Induk Ulee Kareng menggunakan metode pengujian indeks polarisasi, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan Rasio Tegangan, kualitas tahanan isolasi ini yang akan menjadi penentu kelayakan transformator. Data-data yang diperoleh meliputi hasil dari keempat metode pengujian. Pada metode ini data yang diolah menggunakan rumus-rumus tertentu dan dianalisa dengan data pengukuran antara variabel pada sebelum dan sesudah. Hasil penelitian di Gardu Induk Ulee Kareng menunjukkan (1) Nilai indeks polarisasi masih dalam kondisi baik diatas 1,5% sesuai dengan standar IEE std 62; (2) Nilai tangen delta masih dalam kondisi baik, hanya terjadi penurunan pada *bushing C* sebesar 0,7% dan mode CHT sebesar -0,6%; (3) Nilai BDV OLTC menunjukkan kondisi baik karena sesuai dengan standar IEC 60156 yaitu diatas 50 kV; (4) Nilai perbandingan rasio tegangan pada belitan transformator masih dalam kondisi baik karena rasio pengujian menunjukkan nilai tegangan bervariasi pada setiap *tap changer* yang sesuai dengan standar IEC 60076-01 yaitu dibawah 0,5%. Sehingga trafo masih dikatakan layak pakai.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan karunia beserta rahmat-Nya kepada kita khususnya bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Sholawat beserta salam kepada Baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang akan kita nantikan syafa'atnya diakhirat kelak.

Saya mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat serta nikmat-Nya, baik nikmat jasmani maupun nikmat pikiran, sehingga saya mampu untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul **“Analisa Perbandingan Kelayakan Tahanan Isolasi Transformator Daya Menggunakan Pengujian Indeks Polarisasi, Tangen Delta, BDV (*Breakdown Voltage*) Di Gardu Induk 150 KV Ulee Kareng”**.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus di penuhi oleh Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Saya menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi tidak luput dari kerjasama, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Orang tua dan seluruh keluarga tercinta, terutama ibu saya yang telah memberikan dukungan serta mendoakan untuk kelancaran proses penyusunan skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Safrul Muluk, MA., M.Ed., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Hari Anna Lastya, S.T., M.T selaku Ketua Prodi Pendidikan Teknik Elektro.
5. Ibu Fathiah, M.Eng, Selaku pembimbing I dan Bapak Muhammad Ikhsan, S.T., M.T., selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga,

pikiran, saran dan motivasinya dalam membimbing penulis sehingga penulisan skripsi ini terselesaikan.

6. Bapak Muhammad Isa, selaku manajer ULTG Ulee Kareng yang telah memberikan izin penulis untuk melakukan penelitian.
7. Bapak Puji Santoso, selaku Supervisor Gardu dan Bapak Risqi Hartanto Ginting selaku pembimbing lapangan penulis dalam melaksanakan penelitian yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya, sehingga penelitian ini berjalan lancar.
8. Squad The Ghibers yaitu Dede akoh, yayu kitty, dan butut akoh yang sudah menemani selama 5 (lima) tahun perjalanan haha hihi saya, serta segala penderitaan, senang saya selama ini.
9. Namja Chingu yang sudah bersama selama 3 (tiga) tahun dan telah memberikan semangat nya kepada saya selama ini.
10. Babang EXO dengan lagu lagu nya yang telah merefreshingkan pikiran saya dalam pengerjaan skripsi ini disetiap malam.
11. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga perlu perbaikan, oleh karena itu segala kritik, saran dan himbauan sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini.

Banda Aceh, 14 April 2023  
Penulis,

Khairunnisa Ababil

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPEL JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN SIDANG</b>	
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN</b>	
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Penelitian Terdahulu .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Gardu Induk.....	8
1. Pengertian Gardu Induk .....	8
2. Komponen-komponen Gardu Induk .....	9
B. Transformator.....	10
1. Pengertian dan Prinsip Kerja Transformator.....	10
2. Jenis-Jenis Transformator .....	11
3. Transformator Tenaga.....	12
4. Bagian-bagian Transformator tenaga dan fungsinya .....	13
5. Pemeliharaan Transformator .....	18
6. Pedoman Pemeliharaan Transformator .....	19
C. Tahanan Isolasi.....	21
1. Pengertian Tahanan Isolasi .....	21
2. Index Polarisasi Transformator .....	22
3. Tangen Delta .....	23
4. BDV ( <i>Breakdown Voltage</i> ).....	30
5. Rasio Tegangan.....	32



### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Rancangan Penelitian .....	34
B. Waktu dan Tempat Penelitian .....	37
C. Alat dan Bahan .....	37
D. Langkah-langkah Pengujian.....	38
1. Indeks Polaritas .....	38
2. Tangen Delta .....	41
3. BDV ( <i>Breakdown Voltage</i> ).....	42
4. Rasio Tegangan .....	43
E. Instrumen Penelitian.....	43

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

A. Hasil Penelitian .....	51
1. Hasil Pengujian Indeks Polarisasi .....	51
2. Hasil Pengujian Tangen Delta.....	54
3. Hasil Pengujian BDV ( <i>Breakdown Voltage</i> ) .....	59
4. Hasil Pengujian Rasio Tegangan .....	62
B. Hasil Perbandingan Kelayakan .....	65
C. Hasil Penentuan Kondisi Transformator .....	67
D. Pembahasan.....	70

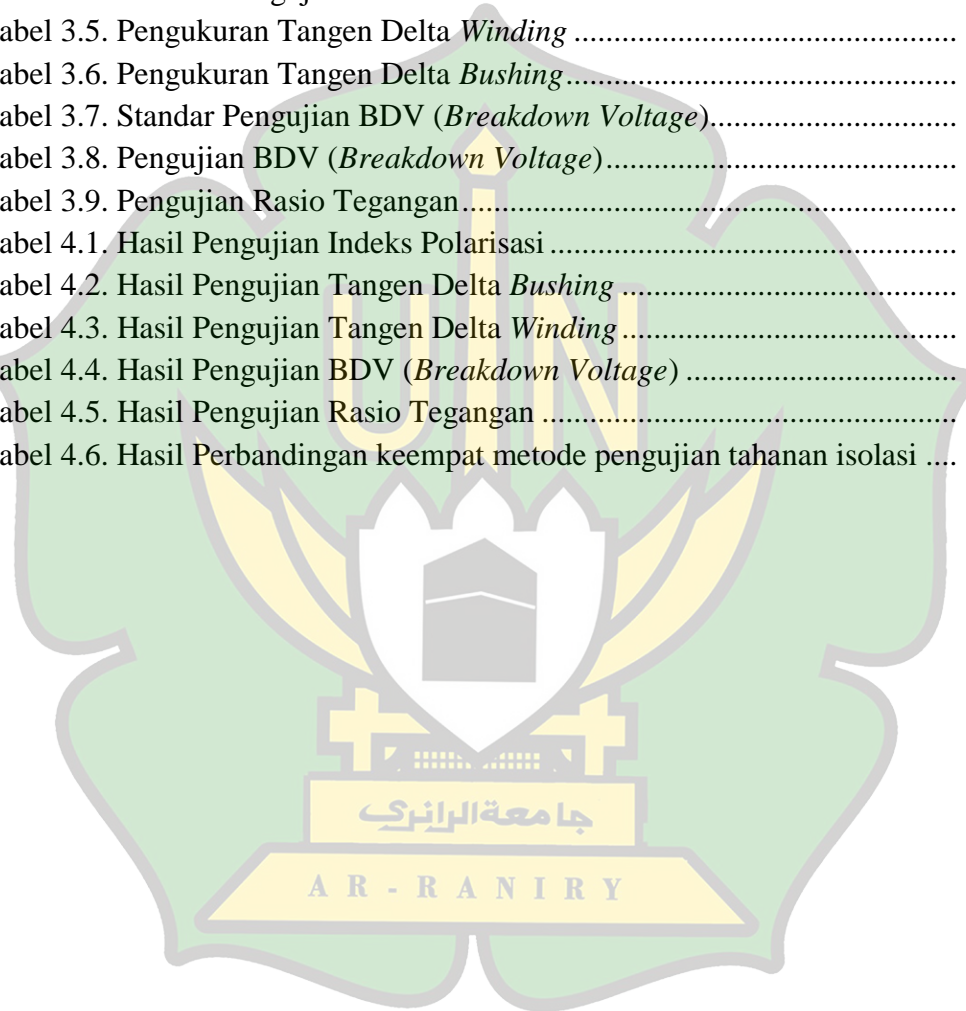
### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	73
B. Saran.....	74
1. Perusahaan.....	74
2. Peneliti.....	74

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
-----------------------------	-----------

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Penelitian Terdahulu .....	6
Tabel 3.1. Alat dan Bahan Pengujian Tahanan Isolasi.....	37
Tabel 3.2. Standar Pengujian Indeks Polarisasi .....	46
Tabel 3.3. Pengujian Indeks Polarisasi Transformator .....	46
Tabel 3.4. Standar Pengujian tan delta.....	47
Tabel 3.5. Pengukuran Tangen Delta <i>Winding</i> .....	47
Tabel 3.6. Pengukuran Tangen Delta <i>Bushing</i> .....	48
Tabel 3.7. Standar Pengujian BDV ( <i>Breakdown Voltage</i> ).....	48
Tabel 3.8. Pengujian BDV ( <i>Breakdown Voltage</i> ).....	49
Tabel 3.9. Pengujian Rasio Tegangan.....	50
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Indeks Polarisasi .....	52
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Tangen Delta <i>Bushing</i> .....	55
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Tangen Delta <i>Winding</i> .....	57
Tabel 4.4. Hasil Pengujian BDV ( <i>Breakdown Voltage</i> ) .....	60
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Rasio Tegangan .....	63
Tabel 4.6. Hasil Perbandingan keempat metode pengujian tahanan isolasi ....	66



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gardu Induk.....	8
Gambar 2.2. Prinsip Kerja Transformator.....	10
Gambar 2.3. Transformator Daya 60 MVA .....	13
Gambar 2.4. Rangkaian ekivalen isolasi sederhana .....	24
Gambar 2.5. Diagram phasor arus pengujian tangen delta .....	24
Gambar 2.6. Rangkaian ekivalen isolasi transformator .....	27
Gambar 2.7. Skema rangkaian pengujian tan delta <i>autotrafo</i> .....	28
Gambar 2.8. Struktur <i>Bushing</i> .....	28
Gambar 2.9. Diagram Pengujian Tangen Delta C1 pada <i>bushing</i> .....	29
Gambar 2.10. Diagram Pengujian Tangen Delta C2 pada <i>bushing</i> .....	29
Gambar 2.11. Diagram pengujian Tangen Delta <i>hot collar</i> pada <i>bushing</i> .....	29
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian.....	35
Gambar 3.2. Primer-(Sekunder + tersier + <i>Ground</i> ).....	39
Gambar 3.3. Sekunder-(Primer + tersier + <i>Ground</i> ).....	39
Gambar 3.4. Tersier-(Primer + Sekunder + <i>Ground</i> ).....	40
Gambar 3.5 (Primer + Sekunder + Tersier)- <i>Ground</i> .....	40
Gambar 3.6. Transformator Daya 60 MVA UNINDO .....	44
Gambar 4.1. Diagram hasil pengujian indeks polarisasi.....	53
Gambar 4.2. Diagram hasil pengujian tangen delta <i>bushing</i> .....	55
Gambar 4.3. Diagram hasil pengujian tangen delta <i>winding</i> .....	58
Gambar 4.4. Diagram hasil 6 kali percobaan tegangan tembus .....	61
Gambar 4.5. Diagram hasil pengujian rasio tegangan .....	65
Gambar 4.6. Pemeliharaan Fisik <i>Bushing</i> Transformator.....	69

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : SK Skripsi
- Lampiran 2 : Lembar Konsultasi
- Lampiran 3 : Surat Penelitian
- Lampiran 4 : Surat Pernyataan PLN
- Lampiran 5 : Nameplate Transformator Daya
- Lampiran 6 : Foto Dokumentasi Kegiatan
- Lampiran 7 : Daftar Riwayat Hidup



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pada masa perkembangan zaman saat ini tenaga listrik menjadi salah satu bagian kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia, hampir tidak ada satu aktivitas kehidupan pun yang tidak membutuhkan energi listrik. Semakin berkembangnya teknologi di Indonesia semakin meningkatnya kebutuhan energi listrik. Untuk memenuhi banyaknya kebutuhan energi listrik maka dibutuhkan sistem ketenagalistrikan yang handal, seperti transformator daya yang ada pada gardu induk. <sup>[1]</sup>

Transformator tenaga merupakan suatu peralatan utama dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengkonversi tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah ataupun sebaliknya sesuai jenis transformatornya dengan frekuensi yang sama. Dalam mengoperasikan penyaluran tenaga listrik, transformator dapat dikatakan sebagai inti dari sistem penyaluran dan distribusi. Oleh karena itu, untuk sistem tenaga listrik agar tetap terjaga, transformator tenaga diharapkan selalu dalam keadaan baik agar dapat dioperasikan secara maksimal atau dapat digunakan secara terus menerus tanpa henti, dan salah satu bagian penting dari transformator adalah bagian sistem isolasinya.

Transformator Daya 1 (TD-1) berkapasitas 60 MVA di Gardu induk Ulee Kareng telah beroperasi sekitar 2 tahun, dengan beban puncak 70%. pada tanggal

---

<sup>1</sup> Tomy adi saputro. (2018). *Analisis pengujian tahanan isolasi transformator daya berdasarkan hasil uji indeks polaritas, tangen delta, rasio tegangan, BDV (break down voltage)*. Skripsi. Surakarta : Universitas Muhammadiyah. Hlm 2

25 Agustus 2022 transformator mengalami penurunan kualitas tahanan isolasi pada bagian tangen delta *bushing* negatif sehingga perlu dilakukan pengujian ulang untuk mendapatkan informasi kondisi paling aktual pada transformator tersebut. Isolasi transformator berfungsi untuk memisahkan dua bagian yang bertegangan, yang mana mengisolasi antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan serta untuk mengisolasi bagian-bagian antara fasa yang bertegangan. <sup>[2]</sup>

Penggunaan transformator yang secara terus menerus dapat menyebabkan kualitas isolasi transformator menurun, penurunan kualitas ini tentu saja akan menimbulkan kegagalan operasi dan kerusakan pada transformator, Adanya gangguan yang terjadi pada transformator akan mengakibatkan terputusnya daya listrik yang dialirkan ke konsumen, maka dari itu perawatan pada transformator perlu dilakukan secara rutin, oleh karena itu untuk mencegah kegagalan dan kerusakan yang terjadi pada isolasi transformator adalah dengan melakukan beberapa pengujian penting yang harus lebih sering dilakukan sehingga kegagalan operasi pada transformator dapat dicegah.

Pencegahan kegagalan operasi pada transformator dapat dilakukan dengan melakukan pemeliharaan terjadwal yang biasa disebut dengan *Preventive maintenance*, *Preventive maintenance* merupakan pemeliharaan rutin yang dilakukan berdasarkan internal waktu yang telah ditetapkan dalam persyaratan atau kriteria tertentu untuk mencegah atau mengurangi suatu peralatan mengalami kondisi yang tidak diinginkan. *Preventive maintenance* pada tahanan isolasi dapat

---

<sup>2</sup> Mulyanto Bagus, dkk. (2022). Analisis kondisi tahanan isolasi transformator daya 125 MVA menggunakan indeks polarisasi tangen delta dan breakdown voltage di PLTU Tenayan Raya 2x100 MW. Jurnal Teknik Elektro UNIBA, Vol.6, No.2. hlm. 206

dilakukan dengan beberapa metode pengujian yaitu pengujian indeks polarisasi, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan rasio tegangan.

Berdasarkan uraian latar belakang dan masalah yang terjadi pada transformator seperti yang telah dijelaskan sebelumnya peneliti tertarik untuk mengkaji, menganalisa serta membandingkan hasil pengujian dengan standar pengujian untuk mengetahui ketahanan isolasi, sehingga nantinya akan menjadi penentu kualitas isolasi dan kondisi transformator daya layak untuk dioperasikan atau tidak berdasarkan beberapa metode pengujian yang telah dipaparkan. Maka penulis akan melakukan penulisan karya ilmiah dengan judul “Analisa perbandingan kelayakan tahanan isolasi transformator daya menggunakan pengujian indeks polaritas, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan Rasio Tegangan di gardu induk 150 KV Ulee Kareng”.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, adapun rumusan masalah yang akan diangkat dalam penulisan karya ilmiah ini adalah:

1. Bagaimana hasil pengujian tahanan isolasi pada transformator daya 60 MVA berdasarkan pengujian indeks polaritas, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan rasio tegangan di gardu induk 150 KV Ulee Kareng?
2. Bagaimana perbandingan kelayakan kondisi isolasi antara hasil pengujian tahanan isolasi berdasarkan metode indeks polaritas, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan rasio tegangan di gardu induk 150 KV Ulee Kareng dengan standarisasi pengujian?

3. Bagaimana menentukan kondisi transformator daya 60 MVA di gardu induk 150 KV Ulee Kareng yang layak dan baik berdasarkan perbandingan hasil uji indeks polaritas, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan rasio tegangan di gardu induk 150 KV Ulee Kareng?

### C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hasil pengujian tahanan isolasi pada transformator daya 60 MVA berdasarkan hasil uji indeks polaritas, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan rasio tegangan.
2. Menganalisa serta membandingkan kelayakan antara hasil pengujian tahanan isolasi dengan standar pengujian metode indeks polaritas, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan rasio tegangan.
3. Untuk menentukan kondisi kelayakan pada transformator daya 60 MVA di gardu induk 150 kV Ulee Kareng sesuai atau tidak dengan hasil pengujian indeks polaritas, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan rasio tegangan.

### D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan bisa diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Manfaat Teoritik
  - a) Penelitian ini diharapkan bias menjadi tambahan informasi yang dapat menambah wawasan peneliti, terutama tentang hal-hal yang berhubungan terhadap tahanan isolasi transformator.



- b) Penelitian ini diharapkan bisa dijadikan sebagai referensi pengujian tahanan isolasi transformator daya berdasarkan pengujian indeks polaritas dan tangen delta.
- c) Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang kondisi transformator daya dalam keadaan layak dioperasikan atau memerlukan pemeliharaan, serta mengenai umur transformator yang berpengaruh terhadap nilai kualitas tahanan isolasi yang mana apakah masih layak untuk diberikan tegangan atau harus dilakukan pemeliharaan lebih lanjut.
- d) Sebagai solusi untuk meningkatkan keandalan transformator daya sebagai sistem transmisi tenaga listrik, khususnya dalam pengujian tahanan isolasi.

## 2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman bagi masyarakat luas, tenaga pendidik, dan para pelajar baik mahasiswa maupun siswa tentang pentingnya pengujian tahanan isolasi pada transformator, diharapkan juga adanya penelitian ini dapat mengembangkan pertanyaan-pertanyaan baru mengenai dampak yang dapat ditimbulkan jika tidak dilakukan pemeliharaan terhadap tahanan isolasi transformator.

## E. Penelitian Terdahulu

Penelitian karya ilmiah ini tidak luput dari penelitian-penelitian terdahulu yang dijadikan referensi pada penelitian karya ilmiah ini, adapun penelitian terdahulu yang diambil yaitu seperti terlihat pada Tabel 1.1

**Tabel 1.1** Penelitian terdahulu

No.	Nama dan Judul Penelitian	Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	<p>Bagus Mulyanto, dkk.</p> <p>“Analisis kondisi tahanan isolasi transformator daya 125 MVA menggunakan indeks polarisasi tangen delta dan <i>breakdown voltage</i> di PLTU Tenayan 2x110 MW”</p>	2022	Kuantitatif	<p>Tahanan isolasi yang telah dilakukan, nilai indeks polarisasi trafo dinyatakan dalam kondisi baik berdasarkan standar IEEE C57.152.2013 dengan nilai IP HV-LV adalah 2,05. Hasil uji tangen delta berdasarkan standar ANSI C57.12.90 berada dalam katagori baik, dikarenakan nilai CHG, CHL, dan CLG lebih kecil dari 0,5%. Hasil pengujian <i>breakdown voltage</i> pada tahun 2021 berdasarkan standar IEC 60422-2013 menunjukkan kondisi yang bagus dengan nilai lebih dari 50 KV.</p>
2.	<p>Muhamad Firdaus Robbani</p> <p>“Penentuan Kelayakan Tahanan isolasi pada transformator 60 MVA di Gardu Induk 150 KV</p>	2020	Kuantitatif	<p>Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks polarisasi disemua belitan yaitu 1,26-1,97 sesuai dengan standar IEEE 43-2000 dikatakan bahwa transformator masih dalam keadaan baik, hasil pengujian tangen delta pada transformator bay 4 rata-rata dalam keadaan yang baik yaitu</p>

	Tegal dengan menggunakan indeks polarisasi, tangen delta, dan breakdown voltage”			dibawah 0,5% hanya dibagian mode CHT mengalami pemburukan sebesar -0,07%. Berdasarkan hasil pengujian minyak trafo menghasilkan nilai rata-rata sebesar 69,9 KV dan minyak OLTC dengan nilai rata-rata sebesar 53,3 KV menunjukkan bahwa keduanya masih dalam keadaan baik.
3.	Devianto Alif Febriari “Analisis tahanan isolasi transformator daya berdasarkan hasil uji indeks polarisasi, tangen delta, dan breakdown voltage di gardu induk 150 KV Kentungan”	2019	Kuantitatif	Cara pengujian isolasi pada transformator daya melalui 3 proses pengujian yaitu indeks polarisasi, pengujian tangen delta dan pengujian breakdown voltage, dari ketiga pengujian tersebut, kondisi tahanan isolasi transformator gardu induk 150 KV Kentungan dalam kondisi bagus karena sudah memenuhi standar dengan nilai klasifikasi kondisi dari nilai tahanan isolasi sesuai dengan tahap pengujian yang dilakukan.

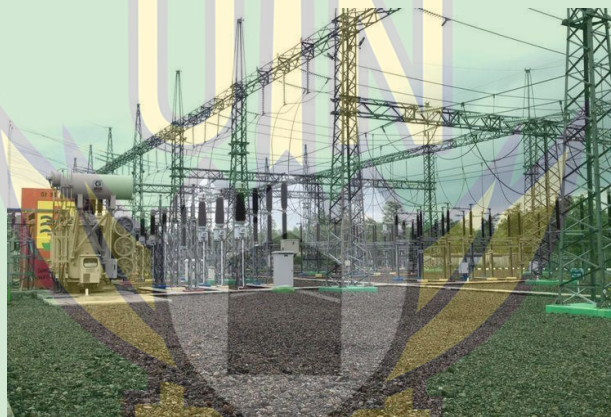
## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Gardu Induk

##### 1. Pengertian gardu induk

Gardu induk merupakan sebuah bagian penting dari sistem tenaga listrik yang tidak dapat terpisahkan dari saluran transmisi dan distribusi listrik, dimana terdapat jaringan transmisi dan jaringan distribusi yang secara bersamaan dihubungkan menggunakan rel-rel daya atau trafo-trafo tenaga.



**Gambar 2.1** Gardu Induk

Gardu induk mempunyai beberapa fungsi, yaitu diantaranya adalah:

- a) Dapat mengubah tingkatan daya listrik bertegangan tinggi ke tingkatan daya listrik bertegangan tinggi lainnya ataupun tegangan menengah.
- b) Sebagai tempat pengukuran, pengawasan, operasi serta pengaturan pengamanan sistem tenaga listrik.
- c) Sebagai pengaturan pelayanan beban ke gardu lain melalui tegangan tinggi dan beberapa gardu distribusi yang telah melalui proses penurunan tegangan oleh transformator daya.

- d) Penghubung atau biasa disebut dengan sistem interkoneksi antar gardu induk, yang mana gardu induk terhubung dengan gardu induk lainnya yang berdekatan untuk saling memberikan tegangan dan menerima tegangan.<sup>[3]</sup>

## 2. Komponen – komponen gardu induk

Pada umumnya komponen-komponen pada gardu induk adalah sebagai berikut<sup>[4]</sup>:

- a) Transformator tenaga yaitu peralatan yang berfungsi untuk mengatur besar dan kecilnya *volume* tegangan atau dengan kata lain berfungsi untuk menaik dan menurunkan tegangan dengan frekuensi yang sama.
- b) Peralatan tegangan tinggi (sisi primer dan sisi sekunder) yaitu:
  - 1) *Lightning Arrester*
  - 2) Pemutus Tenaga (PMT)
  - 3) Saklar Pemisah (PMS)
  - 4) Trafo Arus (CT)
  - 5) Trafo Tegangan (PT)
  - 6) Rel atau *Busbar*
- c) Peralatan kontrol berfungsi untuk mengontrol gardu induk dari dalam gedung kontrol yaitu terdiri dari: Panel kontrol; Panel Relay; Meter-meter pengukuran; Peralatan telekomunikasi seperti telepon, PLC, dan radio pemancar; Baterai dan *rectifier*, dsb.; *Grounding* (pembumian titik netral); SCADA; Kubikel.

<sup>3</sup> Kemendikbud RI. (2013). *Gardu induk*. Jakarta. hlm. 04

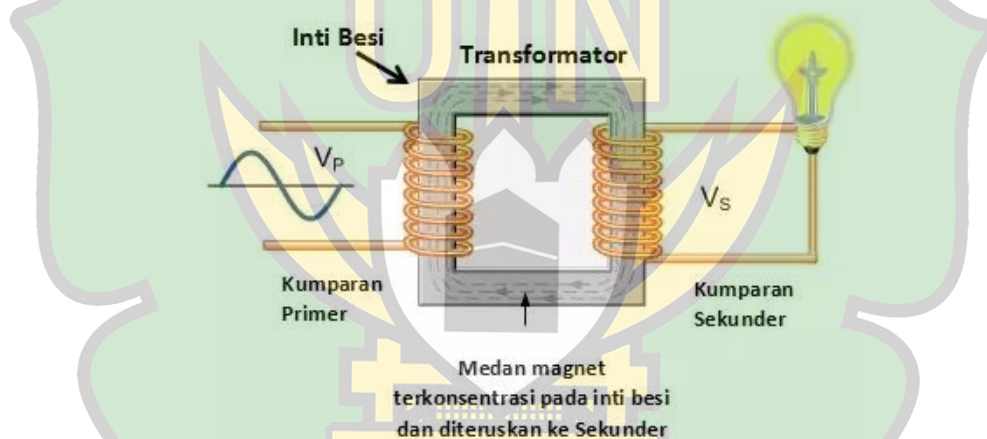
<sup>4</sup> Kemendikbud RI. (2013). *Gardu induk*. Jakarta. hlm.11-13

- d) Peralatan yang berfungsi untuk memperbaiki sistem penyaluran tenaga listrik yaitu terdiri dari: Peterson coil; Reaktor; Statik kapasitor; Resistor, dan lain-lain.

## B. Transformator

### 1. Pengertian dan Prinsip Kerja Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang berfungsi untuk menyalurkan dan mengubah tenaga listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya melalui suatu gandingan magnet tanpa mengubah frekuensinya.<sup>[5]</sup>



**Gambar 2.2** Prinsip Kerja Transformator

Pada umumnya transformator berkerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang dimana transformator memiliki dua sisi belitan yaitu belitan primer dan belitan sekunder, belitan ini disebut dengan kumparan yang menjadi bagian utama pada transformator, kedua sisi kumparan dililitkan pada sebuah inti besi lunak yang dimana memiliki jumlah belitan yang berbeda. Pada saat tegangan AC masuk kesisi lilitan primer akan menimbulkan medan magnet yang terjadi

<sup>5</sup> Siburian, Jhonson. (2019). *Karakteristik Transformator*. Medan:Jurnal Teknologi Energi UDA, Vol.8, No.1. hlm.21

karena perubahan arus bolak-balik yang semuanya terhubung/tersambung dengan lilitan sekunder, sehingga akan menimbulkan Gaya Gerak Listrik (GGL) pada lilitan sekunder yang kemudian menghasilkan energi listrik.

Adapun perbandingan belitan transformator dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Keterangan:

$N_p$  = Belitan Primer

$N_s$  = Belitan Sekunder

$V_p$  = Tegangan Primer

$V_s$  = Tegangan Sekunder

$I_p$  = Arus Primer

$I_s$  = Arus Sekunder

## 2. Jenis-jenis Transformator

Jenis-jenis transformator dapat dibedakan berdasarkan beberapa faktor, yaitu dapat dibedakan berdasarkan cara kerja, fungsinya, kapasitas dan lain-lain, diantaranya<sup>[6][7]</sup>:

- a) Transformator *Step Up* (Penaik Tegangan) yaitu transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak dibandingkan lilitan primer, sehingga berfungsi untuk menaikkan tegangan, trafo jenis ini biasa ditemukan pada pembangkit tenaga listrik.

<sup>6</sup> Djufri, A. Idham. (2022). *Transformator*. Yogyakarta: Deepublish. [E-book] Cet-1, hlm 02

<sup>7</sup> Dkk. Yaved P.T. (2019). *Perencanaan Transformator Distribusi 125 KVA*. Manado: Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol.8, No.2. Hlm 83

- b) Transformator *Step Down* (Penurun Tegangan) yaitu memiliki lilitan sekunder yang lebih sedikit dibandingkan lilitan primer, sehingga berfungsi untuk menurunkan tegangan trafo jenis ini sangat mudah ditemukan, terutama dalam adaptor AC-DC.
- c) Transformator Distribusi adalah transformator yang digunakan untuk mengubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah.
- d) Transformator Isolasi yaitu yang memiliki lilitan sekunder berjumlah sama dengan lilitan primer sehingga tegangan sekunder sama dengan tegangan primer. Trafo jenis didesain dengan sedikit memperbanyak gulungan sekunder untuk mengkompensasi kerugian, trafo ini berfungsi sebagai isolasi antara dua kalang.
- e) Transformator Tiga Fasa merupakan gabungan tiga transformator yang dihubungkan secara khusus satu sama lain yang dimana biasanya lilitan primer dihubungkan secara bintang (Y) dan lilitan sekunder dihubungkan secara delta ( $\Delta$ )
- f) Transformator Arus merupakan komponen instrumentasi dalam peralatan listrik, yang dimana komponen ini mampu mentransformasikan arus besar menjadi arus kecil yang dimana arus ini digunakan untuk keperluan proteksi dan metering peralatan yang saling terhubung.

### 3. Transformator Tenaga

Transformator Tenaga atau biasa lebih dikenal Transformator Daya merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah ataupun sebaliknya.





**Gambar 2.3** Transformator Daya 60 MVA

Dalam penggunaannya transformator daya dapat dikatakan sebagai jantung dari sistem transmisi dan distribusi oleh karena itu diharapkan transformator daya dalam kondisi baik agar dapat bekerja secara maksimal.

#### **4. Bagian-bagian transformator tenaga dan fungsinya**

Bagian-bagian yang ada dalam transformator sangatlah penting dikarenakan bagian-bagian ini yang akan mengoperasikan kinerja transformator secara maksimal. Pada umumnya terdapat 4 (empat) bagian penting pada transformator yaitu terdiri dari <sup>[8][9][10]</sup>.

a) Bagian Utama

1) Inti Besi

Inti besi berfungsi sebagai media untuk mengalirnya flux yang ditimbulkan akibat induksi arus bolak-balik pada kumparan yang mengelilingi

---

<sup>8</sup> Dkk. Yaved PT. (2019). *Perencanaan Transformator Distribusi 125 KVA*. Manado:Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol.8, No.2. Hlm 83

<sup>9</sup> PT. PLN (PERSERO). (2014). *Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga*. Jakarta:PT.PLN (Persero). hlm. 02

<sup>10</sup> Suganda, Abdul Muis. (2021). *Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya*. Jakarta:Jurnal Teknik Elektro ISTN, vol.23, No.2. Hlm.02

inti besi sehingga dapat menginduksikan kembali ke kumparan lainnya. Inti besi ini terbuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang digunakan untuk mengurangi *Eddy current*. *Eddy current* merupakan arus sirkulasi pada inti besi hasil dari induksi medan magnet, yang dimana arus tersebut akan mengakibatkan rugi-rugi besi (*losses*).

## 2) Kumparan Trafo

Kumparan trafo terdiri dari beberapa lilitan kawat tembaga yang dilapisi dengan bahan isolasi, untuk mengisolasi baik terhadap inti besi maupun kumparan lain untuk transformator yang mengkapasitasi daya dengan jumlah besar, lilitan kawat dimasukkan kedalam minyak trafo sebagai media pendingin

## 3) *Bushing*

*Bushing* berfungsi sebagai sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar, *bushing* terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor *bushing* dengan badan tangki utama trafo.

Secara garis besar *bushing* dibagi menjadi empat bagian utama yaitu:

- a. Isolasi yang memiliki dua *bushing* yaitu *bushing* kondenser dan *bushing* non kondenser. Pada umumnya tegangan dengan ranting *bushing* 72,5 KV ke atas memakai *bushing* kondenser, sedangkan *bushing* non kondenser dipakai pada tegangan 72,5 KV kebawah pada umumnya memakai bahan isolasi padat berupa *porcelain* dan keramik. Pada *bushing* Kondenser terdapat banyak lapisan kapasitansi yang

disusun secara seri sebagai pembagi tegangan yaitu C1 dan C2, C1 adalah kapasitansi antara konduktor dengan tap *bushing* sedangkan C2 adalah kapasitansi dari tap *bushing* ke *ground*.

- b. Konduktor yang dipakai pada *bushing* yaitu *hollow* konduktor yang dimana terdapat besi pengikat atau penegang ditengah lubang konduktor utama, pejal, dan *flexible lead*.
- c. Klem koneksi yang merupakan sarana pengikat antara *stud bushing* dengan konduktor penghantar diluar *bushing*.
- d. Asesoris yaitu terdiri dari indikasi minyak, *seal* atau gasket dan tap pengujian

#### 4) Minyak Transformator

Minyak Transformator berfungsi sebagai isolasi yang mengisolasi kumparan didalam transformator supaya tidak terjadi loncatan bunga api listrik akibat tegangan tinggi, dan juga sebagai pendingin akibat panas yang ditimbulkan pada saat transformator berbeban, lalu melepaskannya dan melindungi komponen didalamnya terhadap zat lainnya.

#### 5) Tangki dan konservator

Tangki konservator berfungsi untuk menampung minyak cadangan dan uap/udara akibat pemanasan trafo karena arus beban, diantara tangki dan trafo dipasangkan *relay bucholz* yang akan menyerap gas produksi akibat kerusakan minyak. Untuk menjaga agar minyak tidak terkontaminasi dengan air, ujung masuk saluran udara melalui saluran venting dilengkapi dengan

media penyerap uap air dan udara atau disebut *silica gel* dan *silica gel* tidak akan keluar mencemari udara disekitarnya.

## b) Peralatan Bantu

### 1) Pendingin

Pendingin merupakan peralatan bantu transformator yang berfungsi untuk mengatur suhu pada saat transformator sedang beroperasi yang dipengaruhi oleh kualitas jaringan, rugi-rugi dan suhu lingkungan., salah satu pendingin yaitu minyak isolasi yang dimana pada saat minyak bersirkulasi, panas yang berasal dari belitan akan dibawa oleh minyak sesuai jalur sirkulasinya dan didinginkan pada sirip-sirip radiator, proses pendinginan ini dibantu oleh adanya kipas dan pompa sirkulasi guna meningkatkan efisiensi pendinginan.

### 2) Tap Charger

Tap charger merupakan alat perubah perbandingan transformasi yang digunakan untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang diinginkan dari jaringan tegangan primer yang berubah-ubah. *Tap charger* hanya bisa dioperasikan secara manual pada saat transformator dalam keadaan tidak berbeban yang dimana disebut dengan *Off Load Tap Charger (OLTC)*.

### 3) NGR (*Netral Ground Resistant*)

NGR (*Netral Ground Resistant*) merupakan salah satu metode pentanahan yang dipasang serial dengan netral sekunder pada trafo sebelum terhubung ke *ground*/tanah. Tujuan dipasangnya NGR ini adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi netral ke tanah.

#### 4) Indikator

Untuk mengawasi selama transformator berkerja, maka perlu adanya indikator pada transformator yaitu diantaranya:

- a. Indikator suhu minyak
- b. Indikator permukaan minyak
- c. Indikator suhu winding
- d. Indikator kedudukan tap

#### 5) Alat Pernapasan Trafo

Alat pernapasan trafo merupakan bagian yang berfungsi untuk mencegah agar pemakaian minyak tidak terkontaminasi dengan udara luar dikarenakan udara yang lembab akan mengakibatkan turunnya nilai tegangan tembus pada minyak transformator. Alat pernapasan ini terbentuk dari sebuah tabung yang berisi zat *hygroskopis*.

Alat pernapasan ini akan bekerja apabila suhu minyak dalam kondisi tinggi, minyak tersebut akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan keluar dari tangki, sebaliknya apabila suhu minyak turun maka minyak akan menyusut dan udara dari luar akan masuk kedalam tangki. Oleh karena itu, pengaruh naik turunnya beban maka suhu minyak pun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut.

#### c) Peralatan Proteksi Trafo

- 1) Rele *Bucholz* yaitu proteksi yang akan mendeteksi gangguan internal yang disebabkan oleh tekanan minyak maupun gelembung gas pada saat pergerakan mekanis didalam trafo.

- 2) Rele *Jansen* yaitu proteksi yang akan mendeteksi adanya ketidaknormalan/gangguan dengan memanfaatkan tekanan minyak dan gas pada kompartemen OLTC.
- 3) Rele *Sudden Pressure* yaitu proteksi yang didesain sebagai titik terlemah saat tekanan didalam trafo muncul akibat adanya gangguan, yang dimana tekanan tersebut akan disalurkan melalui *sudden pressure* sehingga tidak akan merusak bagian lainnya pada *maintank*.
- 4) Rele Thermal digunakan untuk mendeteksi suhu operasi dan indikasi ketidaknormalan suhu operasi pada trafo, suhu operasi yang tinggi akan menyebabkan kerusakan isolasi kertas pada trafo. Rele ini terdiri dari sensor suhu berupa thermocouple, pipa kapiler, dan meter petunjuk.

## 5. Pemeliharaan Transformator

Pemeliharaan transformator merupakan serangkaian proses kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik, parameter, kondisi maupun kinerja sebuah transformator. Pada umumnya pemeliharaan transformator dilakukan dengan serangkaian pengujian, pengujian transformator ini dikelompokkan menjadi 3 (tiga) pengujian yaitu pengujian rutin, pengujian khusus, dan pengujian jenis.<sup>[11]</sup>

### a) Pengujian rutin (*Preventive Maintance*)

Pengujian rutin atau *preventive maintance* adalah pengujian yang dilaksanakan secara rutin terhadap setiap transformator dan dilakukan berdasarkan interval waktu yang telah ditetapkan dalam persyaratan tertentu

---

<sup>11</sup> Arif KR, Fahmi. (2018). *Standar Pengujian Peralatan Transformator*. Polines:Teknik Elektro, Naskah Publikasi.

untuk mengurangi serta mencegah suatu peralatan mengalami kondisi yang tidak di inginkan. Adapun pengujian rutin ini meliputi:

- 1) Pengujian tahanan isolasi
  - 2) Pengujian tangen delta
  - 3) Pengujian tahanan kumparan
  - 4) Pengujian perbandingan belitan
  - 5) Pengujian rugi beban
- b) Pengujian Jenis

Pengujian jenis adalah pengujian yang dilakukan pada transformator yang mewakili transformator lainnya yang sejenis untuk menunjukkan bahwa semua transformator jenis sudah memenuhi persyaratan Adapun pengujian jenis ini meliputi pengujian:

- 1) Pengujian Kenaikan Suhu
  - 2) Pengujian tegangan impulse
  - 3) Pengujian tegangan minyak tembus oli
- c) Pengujian Khusus

Pengujian Khusus merupakan pengujian yang lain dari uji rutin dan jenis, yang dimana pengujian ini disepakati atas persetujuan pabrik dengan pembeli pada transformator yang dipesan dalam suatu kontrak. Pengujian khusus ini meliputi *dielektrick test* dan hubung singkat.

## 6. Pedoman Pemeliharaan Transformator <sup>[12]</sup>

### a) *In service Inspection*

---

<sup>12</sup> PT. PLN (Persero). (2014). *Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*. Jakarta Selatan:PT.PLN (Persero). hlm. 18

*In service inspection* merupakan kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan bertegangan/operasi yang bertujuan untuk mendeteksi secara cepat dan lebih awal ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam transformator tanpa dilakukannya pemadaman.

**b) *In service Measurement***

*In service measurement* merupakan aktivitas pengukuran atau pengujian yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan bekerja atau beroperasi (*in service*) yang bertujuan untuk mengetahui kondisi transformator lebih detail atau terinci tanpa dilakukannya pemadaman.

**c) *Shutdown Testing Measurement***

*Shutdown Testing/Measurement* adalah serangkaian proses pengujian yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan tidak beroperasi/padam yang dimana pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi ketidaknormalan.

Adapun yang termasuk pengujian dalam proses pemeliharaan *Shutdown Testing/Measurement* yaitu:

- 1) Pengukuran tahanan isolasi
  - a. Uji indeks polarisasi trafo
- 2) Pengukuran tangen delta
  - a. Pengujian tangen delta pada isolasi trafo
  - b. Pengujian tangen delta pada *bushing*
- 3) Pengujian Minyak Trafo dengan Metode BDV (*Breakdown Voltage*)
- 4) Pengujian Rasio Tegangan (*Voltage Rasio Test*)



## C. Tahanan Isolasi

### 1. Pengertian Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah. Untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi yang baik, maka diperlukan pengujian atau pengukuran isolasi antara belitan dan inti besi pada trafo yang bertujuan untuk membatasi arus antara belitan dan inti besi trafo.<sup>[13]</sup> Pengukuran tahanan isolasi pada trafo termasuk kedalam jenis pemeliharaan *shutdown testing/measurement* yang merupakan pekerjaan pengujian yang dilakukan pada saat trafo dalam keadaan padam. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi ketidaknormalan. Adapun jenis-jenis isolasi sebagai berikut:

- a) Isolasi Padat : Keramik pada bushing
- b) Isolasi Cair : Minyak Transformator
- c) Isolasi Gas : Gas SpF6

Pada umumnya tahanan isolasi biasanya dapat dipengaruhi oleh suhu, kelembapan dan jalur bocor pada permukaan eksternal seperti ada kotoran pada *bushing* atau isolator. Metoda yang umum pakai adalah dengan memberikan tegangan DC dan mempresentasikan kondisi isolasi dengan satuan *megaohm*. Tegangan yang diberikan memiliki nilai yang lebih tinggi daripada tegangan yang biasanya mengalir pada penghantar pada transformator tersebut. Pada dasarnya pengujian tahanan isolasi pada belitan transformator dilakukan untuk mengetahui

---

<sup>13</sup> PT. PLN (Persero). (2014) *Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*. Jakarta Selatan:PT.PLN (Persero). hlm. 38

kebocoran arus atau leakage current yang terjadi pada isolasi belitan pada kumparan primer, sekunder atau tersier. Kebocoran arus yang menembus isolasi peralatan listrik memang tidak dapat dihindari oleh karena itu, perlu dilakukan pengukuran tahanan isolasinya. Untuk mengukur tahanan isolasi digunakan alat bantu pengukuran/alat ukur yaitu *Mega Ohm Meter/Insulation Tester*, *Megaohm meter* biasanya memiliki kapasitas pengujian 500 sampai 5000 Vdc.

Hubungan atau korelasi antara tahanan isolasi dengan transformator adalah menjaga agar tegangan yang dihasilkan oleh transformator daya tetap dalam keadaan tinggi. Oleh karena itu agar menjaga tegangan tersebut tetap dalam keadaan tinggi dan tidak melampaui batasnya, maka dilakukan serangkaian pengujian tahanan isolasi diantaranya dengan menggunakan metode pengujian indeks polarisasi, tangen delta, BDV (*breakdown voltage*), dan rasio tegangan.

## **2. Index Polarisasi Transformator**

Index polarisasi merupakan sebuah metode pengujian yang dilakukan untuk memastikan peralatan yang digunakan layak dioperasikan atau bahkan untuk dilakukan *over voltage test*, indeks yang biasa digunakan dalam menunjukkan pembacaan tahanan isolasi transformator dikenal sebagai *dielectric absorption* yang dimana pengujian ini bersifat berkelanjutan untuk periode selama 10 menit dengan sumber tegangan yang konstan, dan selama waktu 10 menit ini alat *insulation test* akan mempunyai kemampuan untuk mempolarisasikan atau mencharger kapasitansi tinggi ke dalam isolasi transformator, sehingga pembacaan nilai resistansi akan meningkat lebih cepat jika isolasi dalam keadaan bersih dan kering.

Metode pengujiannya dengan memberikan tegangan DC konstanta lalu merepresentasikan kondisi isolasinya secara berkelanjutan dalam periode waktu yang lebih lama. Rasio perbandingan pembacaan hasil uji 10 menit dengan hasil uji 1 menit dikenal sebagai *polarization index* (IP) atau indeks polarisasi. Apabila nilai indeks polarisasi (IP) semakin tinggi maka isolasi akan semakin baik tahanan isolasinya, sebaliknya jika nilai indeks polarisasi (IP) terlalu rendah maka dapat dikatakan bahwa tahanan isolasi dapat terkontaminasi oleh kotoran, kelembapan, suhu dan arus bocor.

Adapun besarnya indeks polaritas (IP) dapat dirumus kan secara sistematis sebagai berikut:

$$IP = \frac{R_{10 \text{ menit}}}{R_{1 \text{ menit}}} \times 100\% \quad \text{Pers. (2.1)}$$

Keterangan:

IP = Indeks polarisasi (%)

$R_{10}$  = Nilai tahanan isolasi saat pengujian selama 10 menit ( $\Omega$ )

$R_1$  = Nilai tahanan isolasi saat pengujian selama 1 menit ( $\Omega$ )

### 3. Tangen Delta

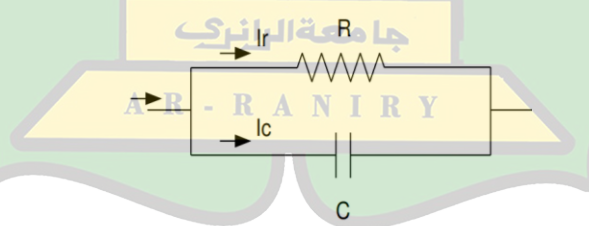
Tan delta atau sering disebut dengan *loss angle* merupakan sebuah metode diagnostik kelistrikan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi insulasi (isolasi belitan) dengan mengukur arus bocor kapasitif<sup>[14]</sup>. Jika kualitas isolasi yang bebas dari cacat atau kesalahan, maka isolasi akan mendekati sifat kapasitor yang sempurna.

<sup>14</sup> Robbani MF, dkk. (2020). *Penentuan kelayakan tahanan isolasi pada transformator 60 MVA di gardu induk 150 KV tegal dengan menggunakan indeks polarisasi, tangen delta, dan breakdown Voltage*. Skripsi. Semarang: UI Sultan Agung. hlm.62

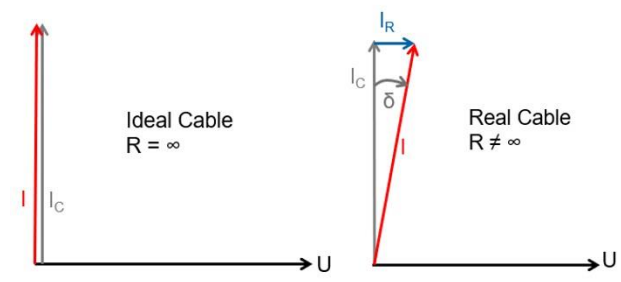
Transformator yang akan diuji dianggap sebagai kapasitor murni, dalam kapasitif yang sempurna, jika arus dialiri atau diberi tegangan sinusoidal maka arus akan mendahului tegangan  $90^\circ$ . Isolasi bukan lagi kapasitor murni apabila terjadi kontaminasi pada isolasi maka nilai tahanan isolasi akan berkurang dan akan mengakibatkan tingginya arus resistif yang melewati isolasi tersebut.

Tegangan dan arus pada isolasi tidak akan berubah lebih dari  $90^\circ$  tetapi akan bergerak kurang dari  $90^\circ$  yang dimana hal ini mengalami kerugian dielektrik, besarnya selisih pergeseran dari  $90^\circ$  merepresentasikan tingkat kontaminasi pada isolasi. Ketika suatu tegangan diterapkan pada suatu dielektrik akan menimbulkan tiga komponen arus yaitu: arus pengisian, arus absorpsi, dan arus konduksi. Karena kehilangan daya dielektrik, sudut arus mendahului tegangan tidak lagi  $90^\circ$ . Faktor daya dari kapasitor adalah  $\cos \phi$ ,  $\phi$  disebut sebagai sudut fasa dari kapasitor, sudut loss (*loss angle*) adalah  $\delta = 90^\circ - \phi$ .

Dalam kapasitor sempurna  $\phi = 90^\circ$  sehingga  $\delta = 0$ . Hubungan tangen delta dengan  $I_C$  dan  $I_R$  dapat dilihat seperti pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5:



**Gambar 2.4** Rangkaian ekivalen isolasi sederhana



**Gambar 2.5** Diagram *phasor* arus pengujian tangen delta

Setiap media isolasi yang digunakan pada peralatan listrik memiliki nilai kapasitansi, jika peralatan tersebut mempunyai tegangan maka akan timbul arus kapasitif ( $I_C$ ) yang dimana bersifat mendahului tegangan sebesar  $90^\circ$ . Pada Gambar 2.6 merupakan diagram fasor  $\tan \delta$ , yang dimana garis singgung sudut  $\delta$  yang diukur menunjukkan tingkat resistansi dari isolasi, dengan cara mengukur perbandingan antara  $I_R$  dan  $I_C$  dapat menentukan kondisi isolasi dari suatu transformator. Isolasi yang sempurna akan membentuk sudut hampir nol. Oleh karena itu, Secara sistematis arus kapasitif untuk tangen delta dapat ditulis: <sup>[15]</sup>

$$I_C = V \cdot \omega \cdot C \quad \text{Pers. (2.2)}$$

Keterangan:

$I_C$  = Arus Kapasitif (A)

$V$  = Tegangan (V)

$\omega$  =  $2\pi f$

$C$  = Kapasitansi (F)

Pada media isolasi nilai resistansi akan menyebabkan timbulnya arus resistif ( $I_R$ ), dimana arus resistif ini sejajar dengan tegangan yang akan menyebabkan terjadinya losses daya (Rugi dielektrik). Oleh karena itu, semakin besar nilai resistansi pada media isolasi maka akan semakin besar losses daya dan akan mengakibatkan turunnya nilai isolasi.

$$I_R = \frac{P_{drop}}{V} \quad \text{Pers. (2.3)}$$

Keterangan:

---

<sup>15</sup> Devianto, Alif Febriari. (2019) *Analisis tahanan isolasi transformator daya berdasarkan hasil uji indeks polarisasi, tangen delta, dan breakdown voltage di gardu induk 150 KV kentungan*. Skripsi. Yogyakarta:Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Hlm.25

$I_R$  = Arus resistif (A)

$V$  = Tegangan (V)

$P_{drop}$  = Drop Daya (W)

$R$  = Nilai resistansi ( $\Omega$ )

Tangen delta sendiri merupakan hasil perbandingan antara  $I_R$  dan  $I_C$ , maka tangen delta dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C}$$

$$\tan \delta = \frac{P_{drop}/V}{V \cdot \omega \cdot C}$$

$$\tan \delta = \frac{P_{drop}}{V^2 \cdot \omega \cdot C} \times 100\%$$

Pers. (2.4)

Keterangan:

$\tan \delta$  = Tangen delta (%)

$P_{drop}$  = Drop daya (W)

$V$  = Tegangan (V)

$\omega$  =  $2\pi f$

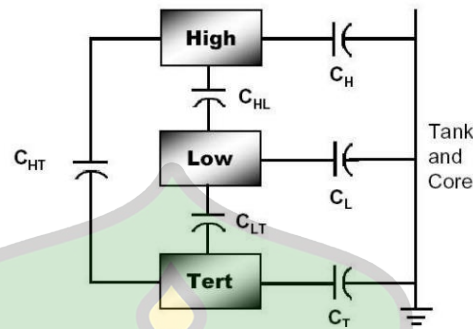
$C$  = Kapasitansi (F)

Dalam menentukan kualitas tahanan isolasi pada transformator dengan menggunakan metode tangen delta, terdapat dua pengujian isolasi yang dilakukan yaitu pengujian tangen delta pada isolasi trafo dan pengujian tangen delta pada *bushing* trafo.

a) Pengujian tangen delta pada isolasi trafo

Sistem isolasi transformator secara garis besar terdiri dari isolasi antar belitan dengan *ground* dan isolasi antara dua belitan. Dalam lingkungan PT.

PLN terdapat tiga metode pengujian yaitu dua belitan, tiga belitan, dan autotrafo.



**Gambar 2.6** Rangkaian ekivalen isolasi transformator

Titik pengujian trafo dua belitan yaitu:

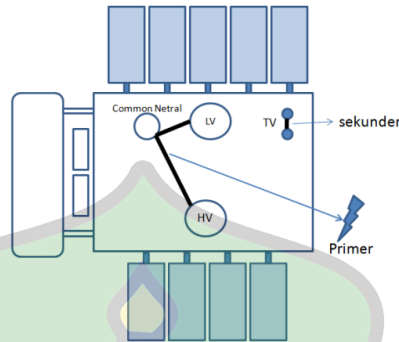
- 1) Primer – *Ground* (CH)
- 2) Sekunder – *Ground* (CL)
- 3) Primer – Sekunder (CHL)

Titik pengujian trafo tiga belitan yaitu:

- 1) Primer – *Ground*
- 2) Sekunder – *Ground*
- 3) Tersier – *Ground*
- 4) Primer – Sekunder
- 5) Sekunder – Tersier
- 6) Primer – Tersier

Untuk metode *autotrafo*, pengujian yang dilakukan sama dengan metode trafo dua belitan dengan perbedaan dan beberapa pertimbangan yaitu sisi HV dan LV pada *autotrafo* dirangkai menjadi satu belitan yang tidak dapat dipisahkan, sehingga *bushing* HV, LV, dan netral dijadikan satu sebagai satu

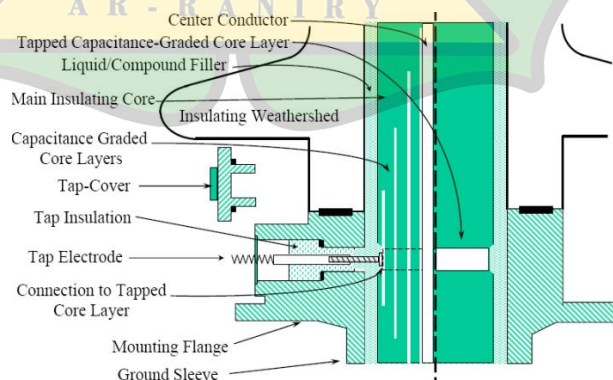
titik pengujian (primer). Sisi belitan TV dijadikan sebagai satu titik pengujian (sekunder)



**Gambar 2.7** Skema rangkaian pengujian tan delta *autotrafo*

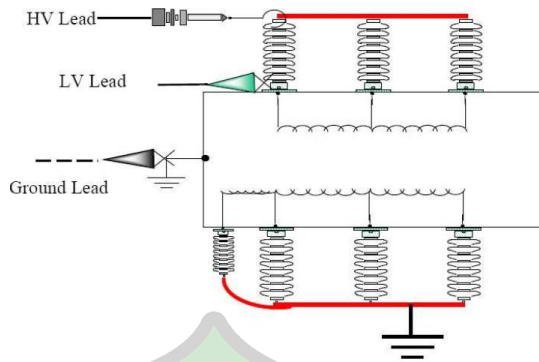
b) Pengujian tangen delta pada *bushing*

Pengujian tangen delta pada *bushing* bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi pada C1 (isolasi antara konduktor dengan center tap) dan C2 (isolasi antara center tap dengan *ground*), metode biasa disebut dengan metode *hot collar* yang mana dilakukan untuk mengetahui kondisi keramik, metode *hot collar* hanya digunakan untuk pengujian lanjut atau apabila *bushing* tidak memiliki tap pengujian. Apabila tap pengujian rusak maka *bushing* segera diusulkan untuk penggantian.

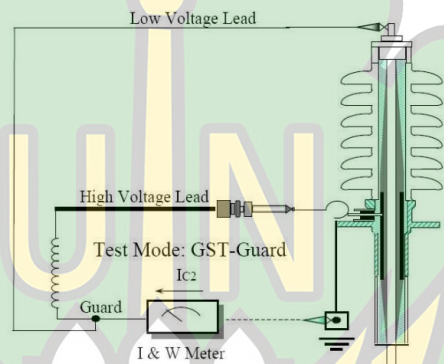


**Gambar 2.8** Struktur *bushing* (C1 adalah isolasi antara tap electrode dengan konduktor, C2 adalah isolasi antara tap electrode dengan *ground*)

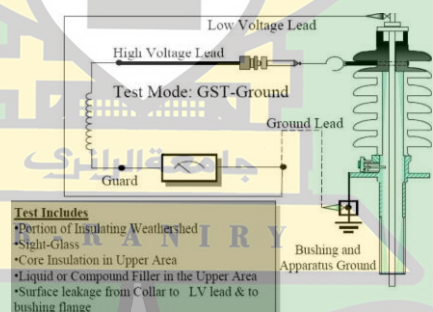




**Gambar 2.9** Diagram pengujian tangen delta C1 pada *bushing*



**Gambar 2.10** Diagram pengujian tangen delta C2 pada *bushing*



**Gambar 2.11** Diagram pengujian tangen delta hot collar pada *bushing*

Dalam pengujian tangen delta pada transformator juga terdapat beberapa metode dalam rangkaian pengukurannya yaitu UST, GST, dan GSTg

- 1) UST (*Ungrounded Specimen Test*) adalah metode yang mengukur kapasitansi pada belitan primer dengan belitan sekunder saja tanpa dihubungkan ke *ground*.

2) GST (*Grounded Specimen Test*) adalah metode yang mengukur semua kapasitansi belitan yaitu belitan primer dengan *ground*, kapasitansi primer dengan sekunder, dan kapasitansi primer dan tersier.

3) USTg (*Ungrounded Specimen Test with Guard*) adalah metode yang mengukur kapasitansi pada belitan yang dihubungkan dengan *ground* dan *guard*. *Guard* pada metode ini merupakan kapasitansi pada belitan yang tidak diuji seperti kapasitansi belitan primer dengan *ground* atau kapasitansi belitan sekunder dengan *ground* atau kapasitansi murni dengan *ground*.

Ada beberapa mode pengujian pada pengujian tangen delta transformator diantara nya meliputi:

- 1) UST R merupakan kapasitansi R
- 2) UST B merupakan kapasitansi B
- 3) GST merupakan kapasitansi R+B+*Ground*
- 4) GSTgR merupakan kapasitansi B+*Ground*
- 5) GSTgB merupakan kapasitansi R+*Ground*
- 6) GSTgRB merupakan kapasitansi *Ground* murni

#### **4. BDV (*Breakdown Voltage*)**

Pengujian tahanan isolasi selanjutnya adalah pengujian kualitas minyak isolasi dengan metode tegangan tembus atau BDV (*breakdown voltage*) pada minyak transformator, bahan isolasi pada peralatan tinggi selain terdiri dari bahan isolasi padat, juga terdiri dari bahan isolasi berbahan cair. Minyak isolasi

merupakan salah satu bahan dielektrik yang mempunyai peranan penting dalam sistem kelistrikan peralatan tegangan tinggi. <sup>[16]</sup>

Pengujian *breakdown voltage* dilakukan untuk mengetahui kemampuan minyak isolasi dalam menahan stress tegangan, yang mana minyak jernih dan kering akan menunjukkan nilai tegangan tembus yang tinggi, dengan kata lain pengujian ini dapat menjadi indikasi keberadaan kontaminan seperti kadar air dan partikel, rendahnya nilai tegangan tembus dapat mengindikasikan keberadaan salah satu kontaminan tersebut, dan tingginya tegangan tembus belum tentu juga dapat mengindikasikan bebasnya minyak dari semua jenis kontaminan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kelayakan tegangan tembus dari minyak transformator yang diuji, karena salah satu parameter kualitas isolasi suatu bahan adalah dengan melihat tegangan tembus minyak tersebut.

Pengujian ini dilakukan saat menguji transformator dalam keadaan padam dikarenakan untuk menghemat waktu, selama dilakukan pengujian ini, oli pada transformator menerima tegangan frekuensi dari sistem menggunakan metode penempatan dua elektroda yang dimana jarak elektroda tergantung pada standar yang digunakan yaitu pengujian tegangan tembus ini mengacu pada standar pengujian IEC 60156-02. Adapun perhitungan kekuatan dielektrik minyak transformator menggunakan rumus sebagai berikut<sup>[17]</sup>:

---

<sup>16</sup> Doni, Achmad B.K. (2019). *Analisa Keadaan Minyak Isolasi Transformator 70 KV Dengan Metode Dissolved Gas Analysis (DGA) dan Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di PT. PJB UP Brantas Sub-Unit PLTA Mendalan*. Skripsi. Jember: Universitas Jember. Hlm 61

<sup>17</sup> M. F. Robbani, dkk. (2020). *Penentuan Kelayakan Tahanan Isolasi Pada Transformator 60 MVA Di Gardu Induk 150 kV Tegal Dengan Menggunakan Indeks Polarisasi, Tangen Delta, Dan Breakdown Voltage*. *Elektrika*, vol.12, no.2. hlm.63

$$E_{rata-rata} = \frac{V_{b(rata-rata)}}{d} (kv/mm) \quad \text{Pers. (2.5)}$$

Keterangan:

E = Kekuatan dielektrik (kv/mm)

Vb = Tegangan Tembus (kv)

d = Jarak sela (mm)

## 5. Rasio Tegangan

Pengujian rasio tegangan pada dasarnya bertujuan untuk mendiagnosa adanya masalah dalam antar belitan dan seksi-seksi sistem isolasi pada transformator yang mana pada pengujian ini akan mendeteksi adanya hubung singkat atau ketidaknormalan pada tap charger. Pada dasarnya prinsip tap charger adalah membuat suatu variasi perbandingan belitan pada transformator yang diharapkan dapat memenuhi keperluan seperti mendapatkan tegangan sekunder yang bervariasi.

Jika rasio transformator dalam kondisi baik, maka penurunan tegangan akan sesuai dengan yang diinginkan namun apabila terdapat ke abnormal-an maka tegangan keluaran dari transformator tidak akan sesuai yang diinginkan dan biasanya lebih rendah dari spesifikasi pada nameplate transformator. Oleh karena itu, pengujian rasio tegangan untuk memastikan transformator dalam kondisi baik dan layak di gunakan.

Pengujian rasio tegangan pada transformator termasuk ke dalam tipe pengujian rutin yaitu pengujian yang dilakukan terhadap transformator yang diproduksi. Didalam pengujian ini tentu saja diperlukan acuan standar pengujian, adapun standar pengujian yang umum digunakan PLN yaitu IEC standar 60076-

01. Dikarenakan pada transformator terdapat rumusan dasar yaitu mengacu pada rumus dasar rasio transformator, dapat dituliskan persamaan sistematisnya sebagai berikut:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad \text{Pers. (2.6)}$$

Dimana :

$V_p$  = Tegangan Primer

$V_s$  = Tegangan sekunder

$N_p$  = Jumlah lilitan Primer

$N_s$  = Jumlah lilitan Sekunder

$I_p$  = Arus Primer

$I_s$  = Arus Sekunder

Sedangkan parameter pengukuran toleransi ratio test transformator secara sistematis dapat dituliskan secara berikut:

$$\text{Rasio}_{(teori)} = \frac{V_p}{V_s} \quad \text{Pers. (2.7)}$$

maka,

$$R. Error_{(dev)} = \frac{\text{Rasio Pengukuran} - \text{Rasio Teori}}{\text{Rasio Pengukuran}} \times 100\% \quad \text{Pers. (2.8)}$$

Standar IEC 60076-01 menyatakan bahwa batas kriteria lulus uji atau rasio deviasi maksimum adalah  $\pm 0,5\%$  yang dimana jika rasio tegangan transformator mendapatkan nilai dibawah 0,5% maka dapat dikatakan bahwa transformator tersebut telah lulus uji, jika nilai rasio tegangan melewati batas maksimum standar acuan maka diperlukan pengujian lainnya untuk mengetahui kondisi transformator tersebut.

## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### A. Rancangan Penelitian

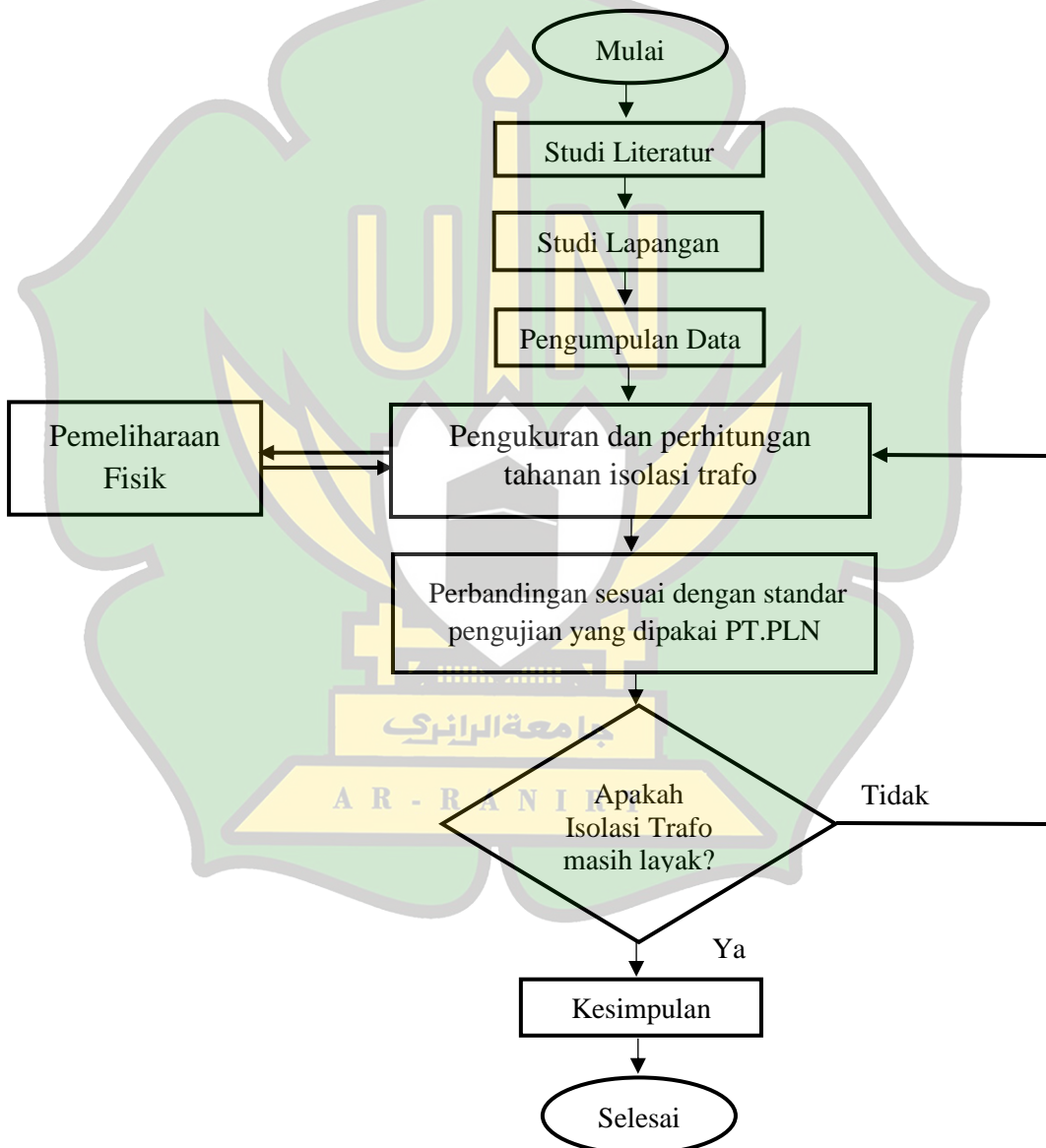
Metode yang dipakai pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif. Pada metode kuantitatif data yang diperoleh merupakan data dalam bentuk angka-angka yang dimana sebelumnya dilakukan pengujian/pengukuran kemudian diproses dengan melakukan perhitungan serta dianalisa. Pada metode ini data yang diolah menggunakan rumus-rumus tertentu yang berkaitan dengan penelitian, dianalisis dengan data pengukuran untuk melihat hubungan sebab-akibat dari fenomena yang diteliti.

Metode penelitian jenis ini menerjemahkan data menjadi angka untuk menganalisis hasil temuannya. Pada umumnya dengan menggunakan metode kuantitatif diharapkan dapat memudahkan mendeksripsikan hasil penelitian yang lebih jelas dan relevan dengan menggunakan data yang valid sehingga dapat lebih dimengerti. Pada penelitian kondisi tahanan isolasi pada transformator daya 60 MVA data yang dihasilkan akan diolah agar menghasilkan hasil yang sesuai dengan metode kuantitatif.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan terhadap pengukuran tahanan isolasi dengan menggunakan metode uji indeks polaritas, metode tangen delta, pengujian kualitas minyak dengan BDV (*Breakdown Voltage*) dan Rasio Tegangan pada transformator 60 MVA dengan menggunakan alat ukur yaitu *insulation tester (megaohm meter)* yang kemudian hasil pengukuran tersebut disesuaikan dengan standar pengukuran yang dipakai oleh

PLN untuk mendapatkan hasil apakah tahanan isolasi transformator layak atau tidak saat transformator tersebut bekerja secara terus-menerus.

Berikut adalah gambar diagram alur tahapan penelitian tentang Analisa kondisi tahanan isolasi transformator daya di gardu induk 150 KV Banda Aceh yang ditunjukkan seperti Gambar 3.1 dibawah:



**Gambar 3.1** Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan diagram alur penelitian seperti pada gambar diatas, adapun penjelasan tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur yaitu dengan mencari serta mempelajari berbagai referensi yang ada, seperti buku, jurnal, dan artikel ilmiah yang berkaitan dengan topik dan pembahasan pada penelitian ini guna untuk menyelesaikan peneltian secara baik dan benar.
2. Studi lapangan dilakukan dengan mengumpulkan data secara langsung dilapangan dengan melakukan pengamatan serta mengajukan pertanyaan-pertanyaan secara langsung kepada petugas dan pembimbing lapangan yang berkompeten dalam bidang pengujian tahanan isolasi ini.
3. Setelah melakukan studi lapangan, selanjutnya dilakukan pengujian tahanan isolasi transformator berdasarkan pengujian indeks polarisasi dan tangen delta, kemudian peneliti melakukan pengumpulan data yang diperoleh berdasarkan pengujian tahanan isolasi transformator yang telah dilakukan oleh penguji lapangan.
4. Setelah dipastikan data yang diperoleh lengkap, selanjutnya masuk ketahap pengolahan data berdasarkan hasil pengumpulan data pengujian, dimana data diolah dan dianalisis menggunakan rumus-rumus metode indeks polaritas dan tangen delta untuk mendapatkan hasil objek yang diteliti.
5. Kemudian setelah didapatkan hasil dari pengolahan data, selanjutnya dilakukan perbandingan hasil pengujian dengan standar hasil pengujian yang telah ditetapkan oleh PT.PLN (Persero) jika hasil pengujian atau



pengukuran sesuai maka dapat dikatakan isolasi baik, jika sebaliknya maka perlu adanya tindakan lanjut.

## B. Waktu dan Tempat Penelitian

Dalam penelitian ini peneliti mengambil lokasi serta objek penelitian pada gardu induk 150 KV Ulee Kareng, yang bertempat atau berlokasi di Jalan Blang Bintang Lama, Desa Lampuja, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh dengan rentang waktu penelitian mulai dari tanggal 27 November s/d 27 Desember 2022.

## C. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat dan bahan yang diperlukan untuk melakukan pengukuran tahanan isolasi dengan pengujian indeks polarisasi, tangen delta, BDV (*Breakdown Voltage*), dan rasio tegangan adalah seperti yang terlihat pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Alat dan Bahan Pengujian Tahanan Isolasi

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Transformator Daya 60 MVA UNINDO	1 Unit
2	<i>Insulation Tester (megaohm meter) Megger S1-1068</i>	1 Unit
3	<i>Insulation Tester (megaohm meter) Megger Delta 4000</i>	1 Unit
4	<i>Automatic Transformer Ratio Tester (ATRT) Megger TTR</i>	1 Unit
5	Kabel/ <i>Probe</i>	1 Unit
6	Kabel <i>Jumper</i>	1 Unit
7	<i>Accessories tool set</i>	1 Unit
8	Helm	1 Unit
9	<i>Safety Shoes</i>	1 Unit

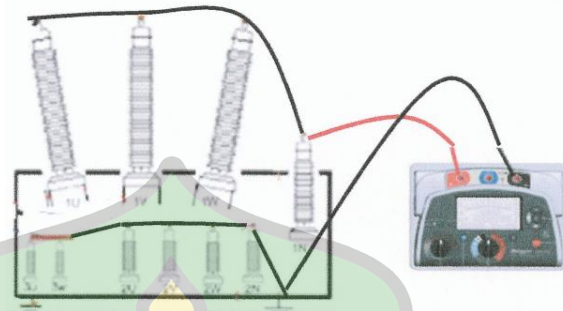
10	<i>Wearpack</i>	1 Unit
11	Sarung Tangan Kerja	1 Unit
12	Laptop	1 Unit
13	Wadah	1 Unit

#### D. Langkah-langkah Pengujian

##### 1. Indeks Polaritas

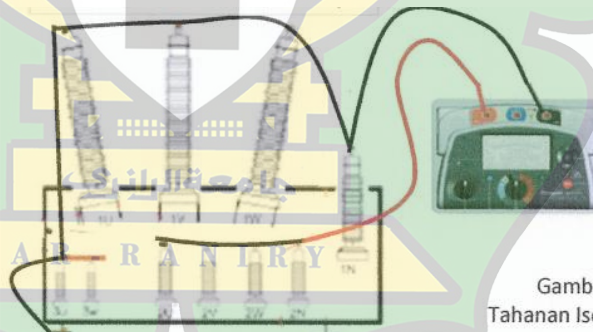
- a. Dipastikan seluruh perlengkapan alat kerja dan alat pelindung diri (APD) serta bahan dipersiapkan dalam kondisi baik.
- b. Dilepaskan konduktor yang terhubung ke bushing.
- c. Dijumper semua bushing primer (RSTN), bushing sekunder (rstn) dan bushing tersier
- d. Dirangkai rangkaian alat uji tahanan isolasi menggunakan alat ukur *insulation tester* merek *Megger S1-1068*. Kemudian dimasukkan kabel merah ke terminal positif (+), kabel hitam ke terminal negatif (-), dan kabel biru ke terminal *GUARD* untuk menghilangkan arus bocor
- e. Kemudian dipastikan kondisi baterai alat uji tersebut dengan indikator baterai disebelah kanan atas LCD alat uji dalam kondisi baik
- f. Dihubung singkatkan semua terminal *bushing* sisi Primer (R,S,T)
- g. Selanjutnya dihubung singkatkan semua terminal *bushing* sisi sekunder (r, s, t, n)
- h. Dilakukan pengukuran tahanan isolasi pada belitan Primer-(Sekunder + Tersier + *Ground*), dengan hubungkan kabel dari alat ukur ke terminal positif (+) ke terminal *bushing* primer dan dihubungkan kabel

terminal negatif (-) ke terminal *bushing* sekunder + Tersier + *Ground* seperti pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Primer - (Sekunder + Tersier + *Ground*)

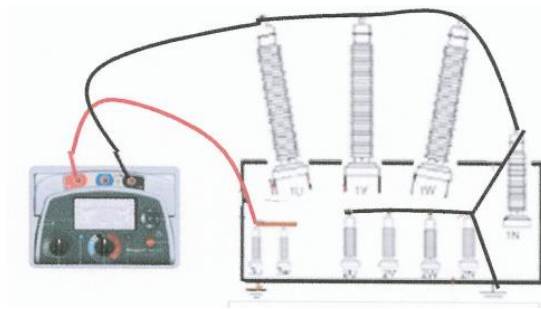
- i. Kemudian diukur tahanan isolasi pada belitan Sekunder -(Primer + Tersier + *Ground*), dengan dihubungkan kabel dari alat ukur ke terminal positif (+) ke terminal *bushing* sekunder dan kabel terminal negatif (-) ke terminal *bushing* Primer + Tersier + *Ground* seperti pada Gambar 3.3



Gambar  
Tahanan Isolasi

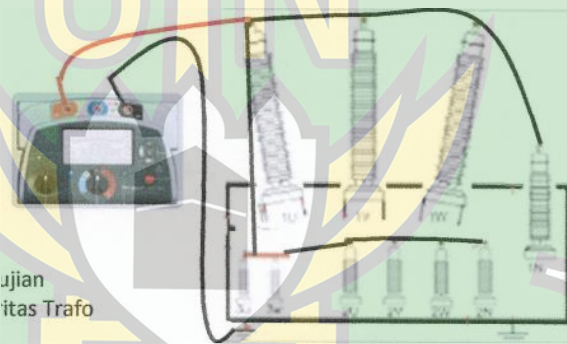
**Gambar 3.3** Sekunder - (Primer + Tersier + *Ground*)

- j. Selanjutnya diukur tahanan isolasi pada belitan Tersier - (Primer + Sekunder + *Ground*), dengan dihubungkan kabel dari alat ukur ke terminal positif (+) ke terminal *bushing* tersier dan kabel terminal negatif (-) ke terminal *bushing* Primer + Sekunder + *Ground* seperti pada Gambar 3.4



**Gambar 3.4** Tersier – (Primer + Sekunder + *Ground*)

- k. Diukur tahanan isolasi pada belitan (Primer + Sekunder + Tersier) - *Ground*, dengan dihubungkan kabel dari alat ukur ke terminal positif (+) ke terminal *bushing* Primer + Sekunder + Tersier dan kabel terminal negatif (-) ke *Ground* seperti pada Gambar 3.5



**Gambar 3.5** (Primer + Sekunder + Tersier) - *Ground*

- l. Kemudian dicari nilai polaritas index (PI) dengan memilih mode pengujian “PI” pada alat uji, lalu putar “*switch*” ke “*mode test*”, setelah itu dipilih tegangan uji sebesar 5000 V. kemudian ditekan tombol “*test*” selama 3 detik dan tunggu selama 10 menit
- m. dibandingkan pengujian tahanan isolasi 10 menit dengan 1 menit
- n. Hasil pengujian dicatat pada lembar pengujian, kemudian ditekan tombol “*save*” untuk menyimpan hasil pengujian dan tunggu lampu *discharge* padam.

- o. Kemudian alat uji dimatikan dengan diputar *switch* ke posisi *OFF*
- p. Rangkaian pengujian dilepaskan pada transformator dan alat uji.

## 2. Tangen Delta

- a) Dipastikan seluruh perlengkapan alat kerja dan alat pelindung diri (APD) serta bahan dipersiapkan dalam kondisi baik.
- b) Dilepaskan klem dan konduktor yang terhubung ke *bushing*
- c) Lalu *bushing* dibersihkan dari kotoran dan debu dengan pembersih
- d) Kemudian dirangkai alat uji tangen delta yaitu *megger delta 4000* sesuai dengan tipe trafo dan standar pengujian yang dilaksanakan
- e) Dipastikan *ground* peralatan terhubung dengan *ground local*
- f) Kemudian dipastikan kembali seluruh rangkaian terpasang dengan sesuai pengujian
- g) Posisi tap charger diubah ke tap 1
- h) Dihubung singkatkan *bushing* primer (R-S-T-N), *bushing* sekunder (r-s-t-n), dan tersier
- i) Lalu dirangkai kembali alat uji tan delta
- j) Kemudian tangen delta *bushing* primer diuji pada setiap fasa (R-S-T) dengan metode UST
- k) Selanjutnya diuji tangen delta winding dengan metode UST, GAR, dan GND
- l) hasil pengujian dicatat pada tabel hasil pengujian
- m) Setelah selesai, dilepaskan rangkaian dan dikembalikan peralatan sesuai dengan pengelompokkannya

### 3. BDV (*Breakdown Voltage*)

- a) Dipastikan seluruh perlengkapan alat kerja dan alat pelindung diri (APD) serta bahan dipersiapkan dalam kondisi baik.
- b) Disiapkan konektor untuk pengambilan sampel minyak insulasi, pengambilan sampel minyak pada OLTC diambil pada bagian “*draining orifice*” transformator .
- c) Dipasangkan *oil-flushing* unit pada *drain valve main* untuk menghindari kontaminasi akibat minyak insulasi yang terakumulasi pada tap transformator, aliran pertama pada selang harus dibuang atau ditampung dalam sebuah wadah.
- d) Dibilas botol sampel dengan minyak insulasi yang akan diambil sampelnya, dialirkan minyak melalui dinding botol agar mencegah udara terjebak pada botol sampel.
- e) Kemudian pengambilan sampel minyak insulasi pada botol sampel diisi sekitar 95% s/d 98% kapasitas botol
- f) Setelah dipastikan terisi penuh sesuai standar, botol sampel ditutup dengan rapat,dan diberi label data trafo pada botol
- g) Sampel disimpan pada tempat yang gelap serta selama penyimpanan dan transportasi dihindarkan terhadap paparan sinar matahari/segera uji didalam GI
- h) Dilepaskan konektor pada *drain valve*.
- i) Setelah pengambilan sampel dipastikan selesai, kembalikan peralatan sesuai dengan pengelompokkannya

#### **4. Pengujian Rasio Tegangan**

- a) Dipastikan seluruh perlengkapan alat kerja dan alat pelindung diri (APD) serta bahan dipersiapkan dalam kondisi baik.
- b) Dilepaskan konduktor yang terhubung ke bushing.
- c) Dirangkai semua rangkaian alat pengujian rasio transformator dengan menggunakan alat uji *Ratio trafo megger TTR*.
- d) Kemudian diuji rasio trafo mulai dari tap 1 sampai tap akhir berdasarkan data rasio sesuai dengan nameplate yang tertera pada trafo.
- e) Hasil pengujian dicatat pada tabel hasil pengujian.
- f) Dipasangkan kembali Konduktor yang terhubung ke bushing.
- g) Setelah selesai, dipastikan seluruh rangkaian terlepas dan kembalikan peralatan sesuai dengan pengelompokkannya

#### **E. Instrumen Penelitian**

Instrumen pengumpulan data pada penelitian ini merupakan alat bantu yang digunakan dalam mengumpulkan data penelitian. Pada penelitian kuantitatif, umumnya pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti dikembangkan dari jbaran variabel penelitian yang akan dikembangkan dari teori-teori yang akan di uji melalui kegiatan penelitian yang dikerjakan.

Pada penelitian ini adapun instrumen pengumpulan data yang didapatkan yaitu berdasarkan kajian pengukuran tahanan isolasi dengan pengujian indeks polarisasi dan pengukuran tangen delta.

## 1. Spesifikasi transformator daya 60 MVA



**Gambar 3.6** Transformator Daya 60 MVA UNINDO

Pada saat melakukan pengujian transformator daya terhadap tahanan isolasi tentu saja selain berpedoman pada standarisasi pengujian juga harus sesuai dengan spesifikasi data pabrikan transformator, tentu saja spesifikasi data transformator ini penting untuk diketahui karena nantinya hasil pengujian yang dilakukan apakah sesuai dengan spesifikasi transformator daya di gardu induk ulee kareng.

Nomor Seri	= P060LEC898-01
Merek Pabrikan	= UNINDO
Tahun Pabrikan	= 2020
Tipe	= OIL IMMERSED
No. of phase	= 3 Phase
Status	= <i>In Operation</i>
Tank Type	= <i>Sealed Conservator</i>
Sistem Pendingin	= ONAN/ONAF
Media Isolasi	= <i>Mineral Oil</i>



Jenis Minyak	= UN-INHIBITED OIL, NYNAS LIBRA
Berat isolasi cair	= 102100 kg
Total Berat	= 102100 kg
Frekuensi	= 50 Hz
Teg. Primer	= 150 kV
Teg. Sekuder	= 22 kV
Teg. Tersier	= 10 kV
Arus Primer	= 138,600 A
Arus Sekunder	= 944,000 A
Arus Tersier	= 400,000 A
Nilai Daya	= 60 MVA
Max. Arus <i>short circuit</i>	= HV 40,000 kA LV 25,000 kA
Tap Changer Type	= VUCGRIN 380/450/C
No. of Tap Changer	= 17 <i>tap changer</i>

## 2. Tabel hasil pengujian indeks polarisasi

Pada penelitian ini dilakukan dua kali pengukuran yaitu pada pengujian menit pertama dan menit kesepuluh dengan membandingkan hasil kedua pengujian tersebut untuk mendapatkan hasil pengujian indeks polaritas pada tahanan isolasi transformator. Pada pengujian ini alat ukur yang digunakan yaitu megaohm meter dengan merek *Megger SI-1068* berkapasitas 500-5000 Vdc dengan mengikuti langkah-langkah pengujian yang telah dijelaskan.

Pengujian tahanan isolasi transformator menggunakan metode indeks polarisasi dapat dikatakan sesuai apabila hasil tahanan isolasi sama atau masih dalam standar pengujian, Adapun standar pengujian yang dipakai oleh PT. PLN Persero pada pengujian Indeks polaritas adalah standar IEE Std 62 seperti yang terlihat pada Tabel 3.2

**Tabel 3.2** Standar Pengujian Indeks Polarisasi

No	Rentang	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1,0	Berbahaya	Investigasi
2	1,0 – 1,1	Jelek	Investigasi
3	1,1 – 1,25	Dipertanyakan	Uji kadar air minyak, Uji tan delta
4	1,25-2,0	Baik	-
5	>2,0	Sangat Baik	-

Adapun tabel data dan hasil pengujian nanti nya yang akan diperoleh adalah seperti yang terlihat pada Tabel 3.3

**Tabel 3.3** Pengujian Indeks Polarisasi Transformator

No	Pengujian	1 menit (G ohm)	10 Menit (G ohm)	Tindakan	IP	Kesimpulan
1	Primer-(Ground-Sekunder-Tertier)					
2	Sekunder-(Ground-Primer-Tertier)					
3	Tersier-(Ground-Sekunder-Primer)					
4	(Tersier-Sekunder-Primer)-Ground					

### 3. Tabel hasil pengujian tangen delta

Pada pengukuran tangen delta, pengujian dilakukan untuk mengetahui kondisi karakteristik isolasi telah memburuk atau tidak, jika terjadi kontaminasi pada isolasi, maka nilai tahanan isolasi akan menurun dan arus resistif yang

melewati isolasi tersebut akan semakin besar. Kondisi ini akan diketahui dengan menghitung nilai *power factor correction* dengan menggunakan alat ukur *Megger Delta 4000* yang dimana jika kondisi atau nilainya semakin kecil maka kondisinya akan semakin baik. Pengujian tahanan isolasi transformator menggunakan metode tangen delta dapat dikatakan sesuai apabila hasil tahanan isolasi sama atau masih dalam standar pengujian, Adapun standar pengujian yang dipakai pada pengujian Tangen Delta adalah standar ANSI C57.12.90 seperti yang terlihat pada Tabel 3.4

**Tabel 3.4** Standar Pengujian tan delta

Rentang	Kondisi
<0,5%	Bagus
0,5% - 0,7%	Mengalami Penurunan
>1.0%	Jelek

Adapun tabel data dan hasil pengujian nanti nya yang akan diperoleh adalah seperti yang terlihat pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6

**Tabel 3.5** Pengukuran Tangen Delta *Winding*

Pengukuran	Tegangan (kV)	Arus (mA)	Daya (W)	Tangen (%)	CAP (pF)	Kesimpulan
<b>Primer</b>						
<b>Sekunder</b>						
<b>Tertier</b>						


**Tabel 3.6** Pengukuran Tangen Delta *Bushing*

Test	Tegangan (KV)	Kuat Arus (mA)	Watt losses (p)	Tangen Pf (%)	CAP (pF)	Kesimpulan
A						
B						
C						

4. Tabel hasil Pengujian BDV (*Breakdown Voltage*)

Pada pengujian menggunakan metode BDV (*Breakdown Voltage*) ini dilakukan untuk mengetahui kualitas minyak isolasi serta untuk mengetahui kemampuan minyak isolasi dalam menahan *stress* tegangan, yang mana minyak jernih dan kering akan menunjukkan nilai tegangan tembus yang tinggi, pengujian ini dilakukan dengan pengambilan sampel minyak menggunakan botol sampling yang kemudian diuji kualitas nya sehingga didapatkan hasil yang diinginkan. Pengujian tegangan tembus (BDV) ini mengacu pada standar pengujian IEC 60156. Adapun standar pengujian minyak transformator menggunakan metode *breakdown voltage* adalah seperti yang terlihat pada Tabel 3.7

**Tabel 3.7** Standar Pengujian BDV (*Breakdown Voltage*)

Tegangan	Baik	Sedang	Buruk	Rekomendasi
500 kV	>60 kV	50-60 kV	<50 kV	<b>Baik:</b> Lanjutkan pengambilan sampel sesuai HAR <b>Sedang:</b> Lakukan pengambilan sampel lebih sering <b>Buruk:</b> rekondisi minyak atau melakukan pergantian minyak dengan mengikuti prosedur pengeringan
150 kV	>50 kV	40-50 kV	<40 kV	
70 kV	>40kV	30-40 kV	<30 kV	

Adapun tabel data dan hasil pengujian nanti nya yang akan diperoleh adalah seperti yang terlihat pada Tabel 3.8

**Tabel 3.8** Hasil Pengujian BDV (*Breakdown Voltage*)

No	Test	Suhu	Hasil Pengujian (kV)
<b>Rata-rata</b>			

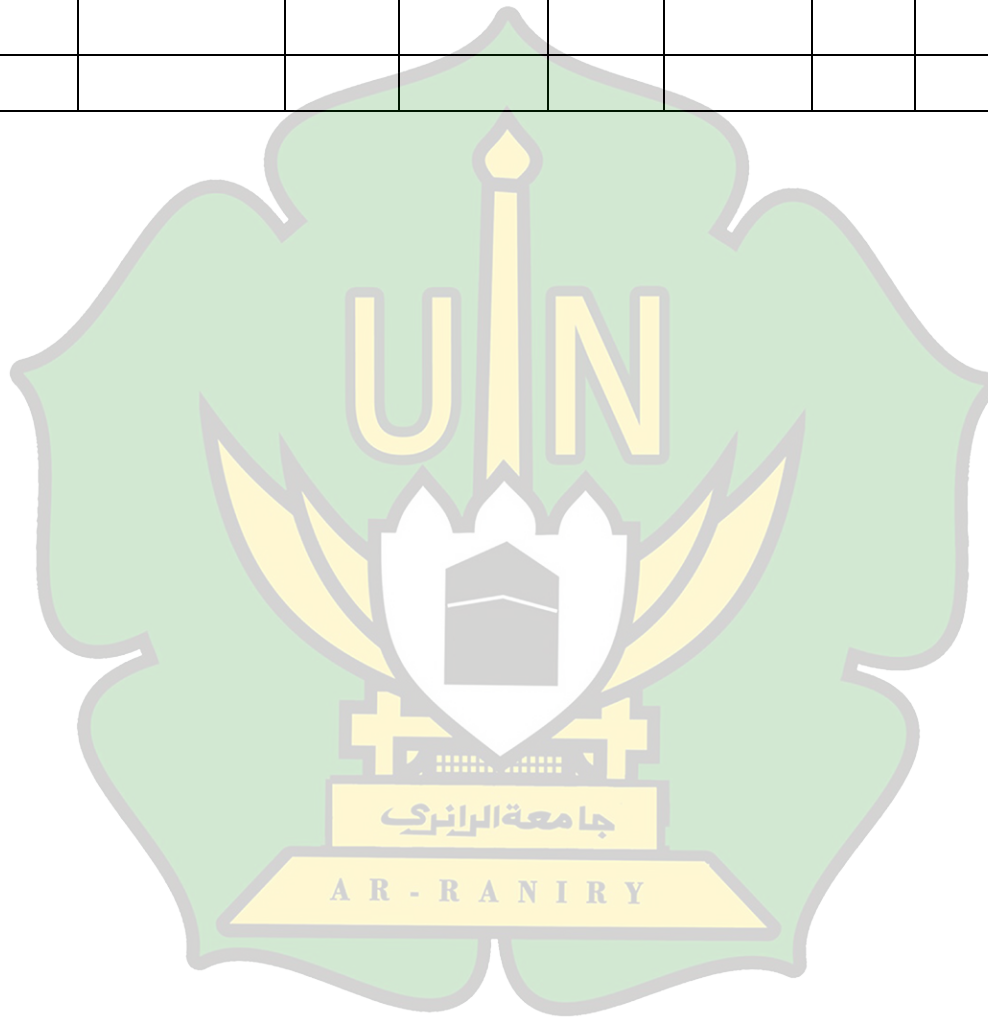
#### 5. Tabel hasil pengujian Rasio Tegangan

Pada pengujian ini dengan menggunakan rasio tegangan akan mendeteksi adanya hubung singkat atau ketidaknormalan pada tap charger, Jika rasio transformator dalam kondisi baik, maka penurunan tegangan akan sesuai dengan yang diinginkan namun apabila terdapat ke abnormal-an maka tegangan keluaran dari transformator tidak akan sesuai yang diinginkan dan biasanya lebih rendah dari spesifikasi pada *nameplate* transformator.

Pengujian ini tentu saja diperlukan acuan standar pengujian, adapun standar pengujian yang umum digunakan PLN yaitu IEC standar 60076-01. Standar IEC 60076-01 menyatakan bahwa batas kriteria lulus uji atau rasio deviasi maksimum adalah  $\pm 0,5\%$  yang dimana jika rasio tegangan transformator mendapatkan nilai dibawah 0,5% maka dapat dikatakan bahwa transformator tersebut telah lulus uji. Adapun tabel data dan hasil pengujian nanti nya yang akan diperoleh adalah seperti yang terlihat pada Tabel 3.9

**Tabel 3.9** Pengujian Rasio Tegangan

Tap	Nom. Ratio	Phase A		Phase B		Phasa C	
		TTR	Dev (%)	TTR	Dev (%)	TTR	Dev (%)



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengujian tahanan isolasi dilakukan berdasarkan metode pengujian yang telah dipaparkan dengan langkah: (1) Metode indeks polarisasi; (2) Pengujian tangen delta pada tahanan isolasi *winding* dan *bushing*; (3) Pengujian *Breakdown Voltage* (BDV); (4) Pengujian rasio. Pengujian tahanan isolasi ini dilakukan sesuai dengan langkah-langkah kerja yang dijabarkan pada poin D BAB III, yang berpedoman sesuai pada IK (Instruksi Kerja) yang dipakai oleh PT.PLN (Persero) Aceh.

#### **A. Hasil Pengujian**

Setelah penelitian dilakukan yaitu dengan cara menguji kondisi tahanan isolasi yang terdapat pada transformator daya di gardu induk 150 kV Ulee Kareng dengan menggunakan beberapa metode pengujian berupa pengujian indeks polarisasi, tangen delta, *breakdown voltage*, dan rasio tegangan. Maka, data dan hasil yang didapat sesuai dengan penelitian yang dilakukan di lapangan adalah sebagai berikut:

##### **1. Hasil Pengujian Indeks Polaritas (IP)**

Metode pertama dalam menentukan kondisi tahanan isolasi transformator yaitu menggunakan metode indeks polarisasi, metode ini dilakukan berdasarkan IK (Instruksi Kerja) dengan nomor dokumen IK-TRS-BOT-180. Parameter yang diukur adalah arus resistif pada masing-masing belitan transformator.

Cara pengujian indeks polarisasi dilakukan dengan durasi pengujian 10 menit lalu dibandingkan dengan hasil pengujian pada 1 menit pertama dan

diulangi pada setiap belitan transformator. Alat ukur yang digunakan berupa *insulation tester* merek *Megger SI-1068* berkapasitas 500-5000 Vdc.

Untuk melihat hasil pengujian yang telah dilakukan dengan membandingkan Persamaan 2.1, maka contoh perhitungan indeks polarisasi dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Perhitungan indeks polarisasi pada belitan primer-(*ground*-sekunder-tercier).

$$IP = \frac{R \text{ 10 menit}}{R \text{ 1 menit}} \times 100\%$$

$$IP = \frac{4,24}{2,74} \times 100\%$$

$$IP = 1,54$$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas, maka adapun hasil pengujian pada bagian-bagian lainnya pada waktu 1 menit dan 10 menit memperoleh hasil yang terlihat kedalam Tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Indeks Polarisasi

No.	Pengujian	Hasil Uji Tahun 2022			Ket
		1 Menit	10 menit	IP (%)	
1	Primer-( <i>Ground</i> -Sekunder-Tertier)	2,74	4,24	1,54	Baik
2	Sekunder-( <i>Ground</i> -Primer-Tertier)	1,83	3,08	1,69	Baik
3	Tersier-( <i>Ground</i> -Sekunder-Primer)	1,84	2,97	1,61	Baik
4	(Tersier-Sekunder-Primer)- <i>Ground</i>	2	3,01	1,5	Baik

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil pengujian indeks polarisasi transformator, didapatkan hasil pengujian tahanan isolasi indeks polarisasi pada:

- a) Belitan Primer-(*Ground*-Sekunder-Tertier) yaitu sebesar 1,54.



- b) Belitan Sekunder-(*Ground-Primer-Tertier*) yaitu sebesar 1,69.
- c) Belitan Tersier-(*Ground-Sekunder-Primer*) yaitu sebesar 1,61, dan
- d) Belitan (*Tersier-Sekunder-Primer*)-*Ground* yaitu sebesar 1,5.

Maka, hasil indeks polarisasi dengan keempat titik pengujian pada *bushing* transformator daya 1 60 MVA di Gardu induk Ulee Kareng yaitu rata-rata masih dalam kondisi baik yaitu dengan rentang nilai diatas 1,5% seperti yang terlihat pada hasil inspeksi isolasi dengan pengujian indeks polarisasi di Gambar 4.1



**Gambar 4.1** Diagram hasil pengujian Indeks Polarisasi

Berdasarkan Gambar 4.1 nilai indeks polarisasi pada bagian pengujian primer menunjukkan hasil angka sebesar 1,54% dan mengalami kenaikan sebesar 1,69% pada bagian sekunder namun hasil pengujian tersebut mengalami kenaikan sesuai dengan standar, dimana kondisi tersebut masih dalam batas baik yang sesuai yaitu diatas 1,25%. Adapun keterangan baik pada pengujian ini merujuk pada Tabel 3.2 tentang standar pengujian Indeks Polarisasi yaitu IEE Std 62 yang mana rentang nilai 1,25% - 2,0 % menunjukkan isolasi dalam kondisi baik. Sehingga dapat dikatakan bahwa transformator daya 1 dengan pengujian indeks polarisasi dikategorikan dalam **kondisi baik dan layak** memenuhi standar yang

digunakan oleh standat IEE Std 62, akan tetapi **kurang efektif** untuk mendeteksi kontaminan pada tahanan isolasi transformator.

## 2. Hasil Pengujian Tangen Delta

Metode kedua dalam menentukan kondisi tahanan isolasi transformator yaitu menggunakan metode pengujian tangen delta, metode ini dilakukan sesuai IK (Instruksi Kerja) pengujian tangen delta trafo dengan nomor dokumen dokumen 1.3.2.2.11 yang berlaku sejak 24 april 2017. Parameter yang diamati adalah besarnya arus resistif yang melewati arus kapasitansi sehingga munculnya rugi-rugi daya yang akan menyebabkan besarnya tangen delta.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi karakteristik isolasi, dan metode ini dilakukan dengan dua pengujian tangen delta yaitu (1) pada *bushing*, dan (2) pada *winding* atau belitan. Kondisi ini akan diketahui dengan menghitung nilai *power factor correction* dengan menggunakan alat ukur *Megger Delta 4000*.

### a. Tangen Delta *Bushing*

Pada pengujian tangen delta *bushing* dilakukan dengan mode test UST-A. Untuk melihat hasil pengujian yang telah dilakukan dengan membandingkan persamaan 2.4, maka contoh perhitungan dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tan \delta &= \frac{P_{drop}}{V^2 \cdot \omega \cdot C} \times 100\% \\ &= \frac{0,02672}{10.000^2 \times (2 \times 3,14 \times 50) \times (269,7 \times 10^{-12})} \times 100\% \\ &= \frac{0,02672}{8,46858} \times 100\% \\ &= 0,315 \% \end{aligned}$$

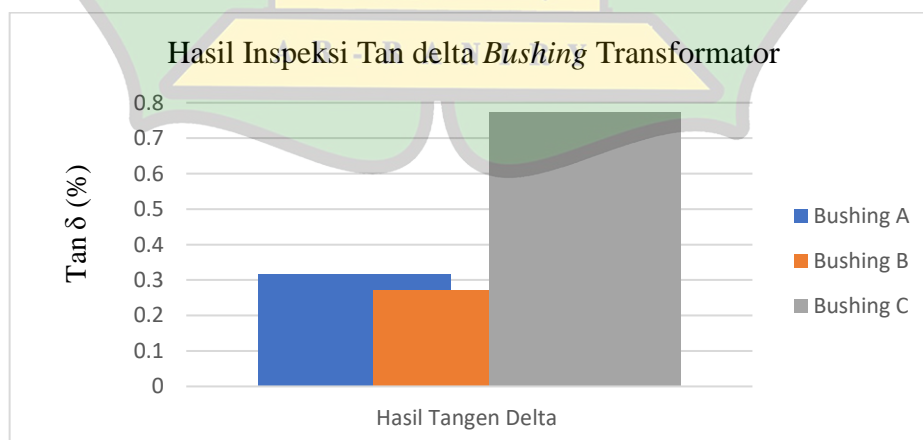
Berdasarkan contoh perhitungan diatas, adapun hasil data pengujian pada bushing-bushing lainnya dapat terlihat seperti pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Tangen Delta *Bushing*

Test	Freq (Hz)	Tegangan (KV)	Arus (mA)	Daya losses (mW)	Tangen Delta (%)	CAP (pF)	Ket
A	50	10,00	0,85	26,72	0,3153	269,7	Bagus
B	50	10,00	0,87	23,61	0,2705	277,9	Bagus
C	50	10,00	0,15	53,41	0,7735	219,9	Penurunan

Berdasarkan hasil data Tabel 4.2 pengujian Tangen Delta *Bushing* didapatkan hasil pengujian tangen delta pada *bushing* A yaitu sebesar 0,3153%, pada *bushing* B yaitu sebesar 0,2705%, dan *bushing* C yaitu sebesar 0,7735%.

Maka, dari hasil pengujian dengan ketiga titik pengujian pada *bushing* transformator 1 60 MVA di Gardu Induk Ulee Kareng yaitu masih dalam kondisi baik dengan nilai dibawah 0,5%. Namun, pada *bushing* C terjadi kenaikan nilai tangen delta, yang mana isolasi mengalami kontaminasi seperti yang terlihat pada diagram Gambar 4.2



**Gambar 4.2** Diagram hasil pengujian tangen delta *bushing*

Jika melihat Gambar 4.2, tidak terjadi kenaikan yang signifikan dengan menunjukkan hasil angka yang sesuai dengan standar yaitu dibawah 0,5%, namun pada bagian *bushing* C mengalami kenaikan tangen delta sebesar 0,77% yang dimana telah melewati batas baik dari standar ANSI C.57.12.90.

Adapun keterangan baik pada pengujian ini merujuk pada Tabel 3.4 tentang standar pengujian tangen delta yaitu standar ANSI C57.12.90 yang mana rentang nilai  $<0,5\%$  menunjukkan isolasi dalam kondisi bagus, dan rentang nilai  $0,5-0,7\%$  menunjukkan isolasi dalam penurunan. hal ini bisa saja terjadi akibat adanya kontaminasi pada *bushing*, sehingga dapat dikatakan bahwa pengujian tangen delta pada *bushing* layak, hanya saja mengalami penurunan kualitas isolasi. Oleh karena itu perlu tindak lanjut agar tidak terjadi pemburukan pada pengujian lainnya,

b. Tangen Delta *Winding*

Pada pengujian ini menggunakan berbagai variasi *mode test* seperti pada belitan primer dengan hubungan CH+CHL+CHT menggunakan *mode test* GST, hubungan CH menggunakan *mode test* GSTg-A+B, hubungan CHL menggunakan *mode test* UST-A, dan terakhir CHT menggunakan *mode test* UST-B, begitu juga selanjutnya pada belitan sekunder dan tersier menggunakan mode test pada hubungan yang sama.

Untuk melihat hasil pengujian yang telah dilakukan dengan membandingkan persamaan 2.4, maka contoh perhitungan tangen delta pada belitan primer dengan hubungan CH+CHL+CHT dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \tan \delta &= \frac{P_{drop}}{V^2 \cdot \omega \cdot C} \times 100\% \\
 &= \frac{0,79394}{10.000^2 \times (2 \times 3,14 \times 50) \times (13629,4 \times 10^{-12})} \times 100\% \\
 &= \frac{0,79394}{427,963316} \times 100\% \\
 &= 0,1852 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas, adapun hasil data pengujian pada belitan lainnya dapat terlihat pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Tangen Delta *Winding*

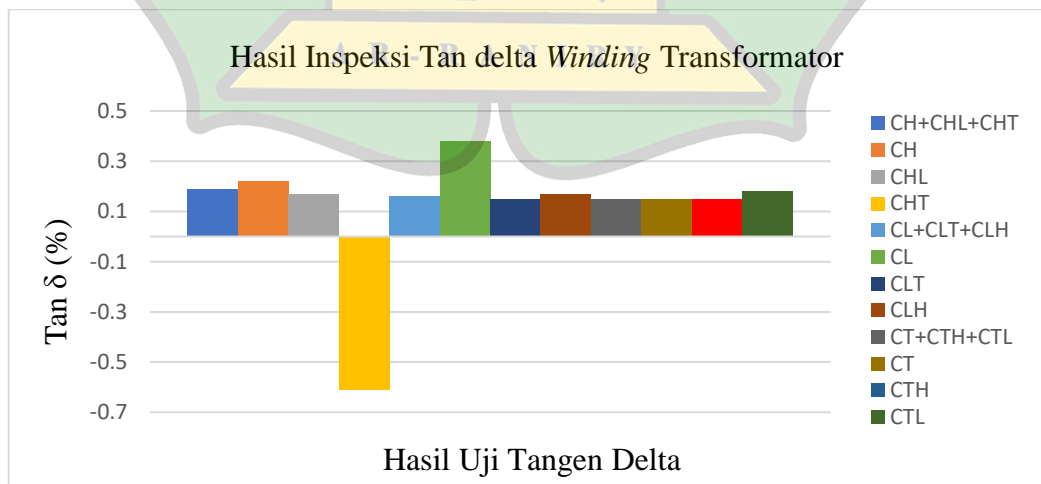
Test	Freq (Hz)	Teg. (KV)	Arus (mA)	Daya losses (mW)	Tan Delta (%)	CAP (pF)	Ket.
<b>Primer</b>							
CH+CHL+CHT	50	10,00	42,84	793,94	0,1852	13629,4	Bagus
CH	50	10,00	13,45	296,00	0,2200	4279,2	Bagus
CHL	50	10,00	28,75	485,04	0,1687	9149,3	Bagus
CHT	50	8,00	1,93	-202,7	-0,6109	165,1	Penurunan
<b>Sekunder</b>							
CL+CLT+CLH	50	10,01	86,39	1418,96	0,1641	27470,2	Bagus
CL	50	10,00	4,79	180,92	0,3778	1520,8	Bagus
CLT	50	10,00	52,78	765,80	0,1451	16799,9	Bagus
CLH	50	10,00	28,75	482,92	0,1680	9149,2	Bagus
<b>Tertier</b>							
CT+CTH+CTL	50	5,01	53,88	400,28	0,1484	34246,4	Bagus

CT	50	5,00	27,13	209,00	0,1539	17245,2	Bagus
CTH	50	5,00	26,41	192,44	0,1456	16800,0	Bagus
CTL	50	5,00	0,32	2,91	0,1847	200,5	Bagus

Berdasarkan hasil data Tabel 4.3 pengujian tangen delta *winding* didapatkan hasil pengujian tangen delta pada:

- Belitan primer hubungan: (1) CH+CHL+CHT sebesar 0,1852%; (2) CH sebesar 0,2200%; (3) CHL sebesar 0,1687%; dan (4) CHT sebesar -0,6109%
- Belitan sekunder hubungan: (1) CL+CLT+CLH sebesar 0,1641%; (2) CL sebesar 0,3778%; (3) CLT sebesar 0,1451%; dan (4) CLH sebesar 0,1680%
- Belitan sekunder hubungan: (1) CT+CTH+CTL sebesar 0,1484%; (2) CT sebesar 0,1539%; (3) CTH sebesar 0,1456%; dan (4) CTL sebesar 0,1847%

Maka, hasil pengujian dengan 12 titik pengujian pada masing-masing *winding* (belitan) transformator yaitu masih dalam kondisi baik atau bagus dengan nilai dibawah 0,5%. Namun, pada belitan primer dengan hubungan CHT juga terjadi kenaikan nilai tangen delta, seperti yang terlihat pada Gambar 4.3



**Gambar 4.3** Diagram hasil pengujian tangen delta *winding*

Jika melihat Gambar 4.3 hasil pengujian tangean delta *winding* pada transformator daya 1 60 MVA di gardu induk Ulee kareng yaitu rata-rata masih dalam kondisi baik dan tidak terjadi perubahan yang signifikan menurut standar ANSI C.57.12.90 yaitu dibawah 0,5%. Namun, pada bagian belitan primer dengan hubungan CHT mengalami kenaikan tangean delta yaitu -0,61%% yang dimana telah melewati batas standar. Adapun batas layak pada pengujian ini merujuk pada Tabel 3.4 tentang standar pengujian tangean delta yaitu standar ANSI C57.12.90 yang mana rentang nilai <0,5% menunjukkan isolasi dalam kondisi bagus, dan rentang nilai 0,5-0,7% menunjukkan isolasi dalam penurunan.

Penurunan kualitas isolasi ini tentu saja bisa terjadi karena adanya kontaminasi yang terjadi sebelumnya pada hasil pengujian tangean delta *bushing*, oleh karena itu menyebabkan arus bocor pada isolasi transformator, sehingga dapat dikatakan bahwa pengujian tangean delta pada *winding* juga **mengalami penurunan**, maka perlu adanya tindak lanjut agar tidak terjadi pemburukan yang lebih besar pada transformator. Namun dari segi langkah pengujian dan parameter pengujian serta subjek atau titik pengujian, tangean delta merupakan pengujian yang **sangat efektif** dalam mendeteksi penurunan kualitas tahanan isolasi pada transformator.

### 3. Hasil Pengujian BDV (*Breakdown Voltage*)

Metode ketiga dalam menentukan tahanan isolasi yaitu dengan mengukur tegangan tembus minyak OLTC, metode ini dilakukan sesuai IK (Instruksi Kerja) pengujian tegangan tembus transformator dengan nomor dokumen IK-1.3.2.2.13,

Parameter yang diuji adalah nilai tegangan tembus minyak isolasi, minyak jernih dan kering akan menunjukkan nilai tegangan tembus yang tinggi.

Langkah kerja pada penelitian ini dilakukan sebanyak 6 kali percobaan sehingga didapatkan kekuatan dielektrik dari tegangan tembus tersebut, tujuan pengujian ini adalah untuk menilai keadaan minyak trafo yang digunakan dalam mengisolasi tegangan serta untuk mengetahui kemampuan minyak isolasi dalam menahan *stress* tegangan.

Untuk melihat hasil pengujian yang telah dilakukan dengan membandingkan persamaan 2.5, maka contoh perhitungan kekuatan dielektrik tegangan tembus dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{b(rata-rata)} &= \frac{\Sigma \text{ Pengujian}}{\text{total pengujian}} \\
 &= \frac{61,9 + 56,1 + 69,5 + 53,3 + 47,1 + 55,7}{6} \\
 &= 57,3 \text{ kv}
 \end{aligned}$$

Maka, rata-rata kekuatan dielektrik dari tegangan tembus adalah:

$$E_{rata-rata} = \frac{V_{b(rata-rata)}}{d} (kv/mm) = \frac{57,3}{2,5} = 22,92 \text{ kv/mm}$$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas, adapun hasil data penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini.

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian *Breakdown Voltage* (BDV)

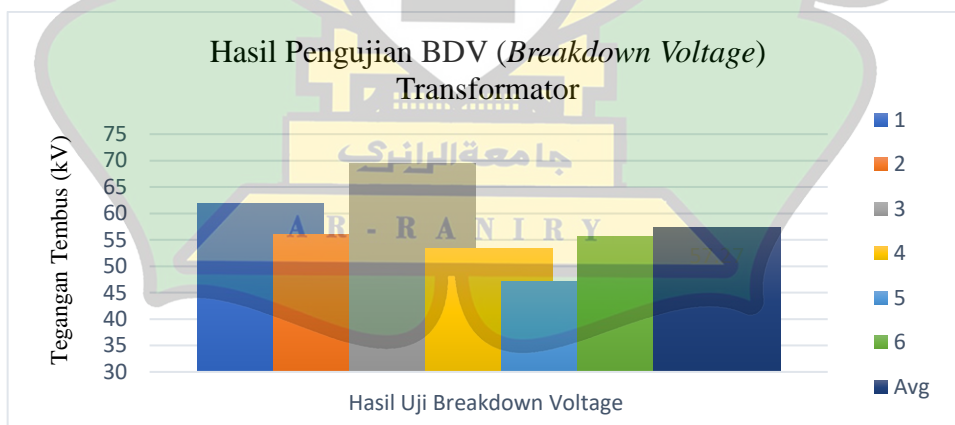
No	Test	Suhu	Hasil uji (kV)
1	First	40°	61,9 kV
2	Second	40°	56,1 kV
3	Third	40°	69,5 kV



4	Fourth	40°	53,3 kV
5	Fifth	40°	47,1 kV
6	Sixth	40°	55,7 kV
<b>Rata-rata</b>			57,3 kV

Berdasarkan hasil data Tabel 4.4 pengujian tegangan tembus atau *breakdown voltage* (BDV) pada minyak OLTC didapatkan hasil pengujian tegangan tembus dengan suhu 40° sehingga mendapatkan hasil pada percobaan pertama sebesar 61,9 kV, pada percobaan kedua sebesar 56,1 kV, pada percobaan ketiga 69,5 kV, pada percobaan keempat sebesar 53,3 kV, pada percobaan kelima sebesar 47,1 kV, dan pada percobaan keenam sebesar 55,7 kV.

Maka, dari keenam percobaan pada minyak OLTC transformator mendapatkan rata-rata yaitu sebesar 57,3. Yang mana masih dalam kondisi baik dengan nilai diatas 50 kV, adapun diagram perbandingan hasil dapat dilihat pada Gambar 4.4



**Gambar 4.4** Diagram hasil 6 kali percobaan tegangan tembus

Jika melihat Gambar 4.4 hasil pengujian BDV atau tegangan tembus minyak transformator yaitu hasil rata-rata pengujian diatas 50 kV dari keenam hasil percobaan tegangan tembus, yang terjadi kenaikan signifikan pada uji coba

yang ketiga dengan nilai 69,5 kV dimana masih dalam batas minimum keadaan tegangan tembus menurut standar IEC 60156 yaitu diatas 50 kV, hal ini tentu saja masih dalam batas baik yang diizinkan oleh standar pengujian,

Adapun keterangan baik pada pengujian ini merujuk pada tabel 3.7 tentang standar pengujian BDV (*Breakdown Voltage*) yaitu standar IEC 60156 yang mana rentang nilai diatas 50 kV menunjukkan minyak dalam kondisi bagus, dan rentang nilai dibawah 40 kV menunjukkan isolasi minyak dalam kondisi buruk.

maka dapat disimpulkan semakin besar nilai rata-rata tegangan tembus akan semakin besar kekuatan dielektrik atau ketahanan isolasinya semakin bagus. Sehingga dapat dikatakan bahwa minyak OLTC pada transformator masih dalam **keadaan baik dan layak** beroperasi, dan pengujian ini dapat dikatakan **efektif** dalam menentukan kualitas tahanan isolasi pada minyak transformator.

#### 4. Hasil Pengujian Rasio Tegangan

Metode keempat dalam menentukan tahanan isolasi transformator yaitu dengan mengukur rasio tegangan pada bagian *tap changer* transformator. Pengujian ini dilakukan sesuai IK (Instruksi Kerja) pengujian rasio tegangan dengan nomor dokumen IK-1.3.2.2.2. Parameter yang di uji adalah perbandingan nilai rasio pada *tap changer* disetiap belitan per-fasa.

Cara kerja metode ini dilakukan dengan membandingkan rasio teori dan rasio pengujian pada *tap changer* disetiap belitan per-fasa sehingga dihasilkan rasio deviasi yang menjadi penentu kualitas tegangan belitan pada transformator, alat ukur yang dipakai berupa *Automatic Transformer Ratio Tester* (ATRT) merek *Megger TTR*.

Untuk melihat hasil pengujian yang telah dilakukan dengan membandingkan persamaan 2.7 dan 2.8, maka contoh perhitungan rasio belitan pada tap 1 fasa R transformator dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$Rasio_{(teori)} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{165000}{22000} = 7,5$$

Maka, Rasio deviasi adalah

$$\begin{aligned} R.Error_{(dev)} &= \frac{Rasio\ Pengukuran - Rasio\ Teori}{Rasio\ Teori} \times 100\% \\ &= \frac{7,5274 - 7,5}{7,5} \times 100\% \\ &= 0,37\% \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas, adapun hasil data penelitian pada tap changer disetiap fasa selanjutnya yang diperoleh pada lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.5

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian Rasio Tegangan

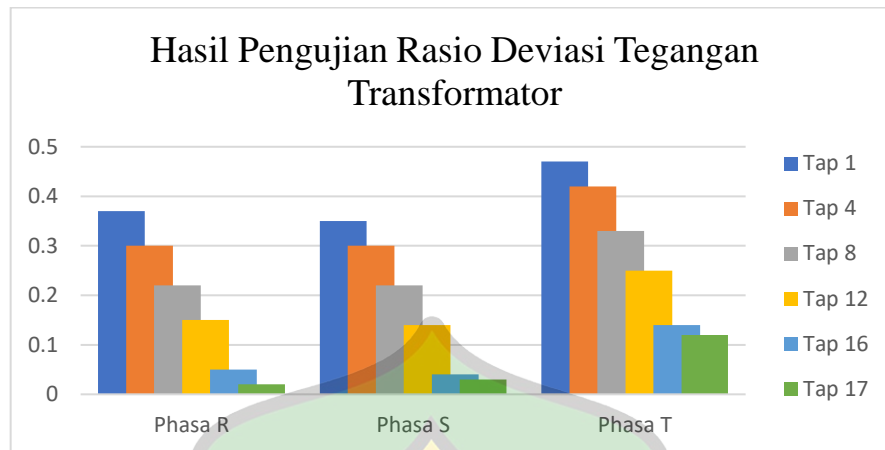
Tap	HV (Volt)	LV (Volt)	Nom. Ratio	Phase R		Phase S		Phasa T	
				TTR	Dev (%)	TTR	Dev (%)	TTR	Dev (%)
1	165000	22000	7,5	7,5274	0,37%	7,5266	0,35%	7,5353	0,47%
2	163125	22000	7,4148	7,4398	0,34%	7,4389	0,33%	7,448	0,45%
3	161250	22000	7,3295	7,3522	0,31%	7,3525	0,31%	7,3617	0,44%
4	159375	22000	7,2443	7,2659	0,30%	7,2659	0,30%	7,2748	0,42%
5	157500	22000	7,1591	7,1793	0,28%	7,1787	0,27%	7,1874	0,40%
6	155625	22000	7,0739	7,0917	0,25%	7,0916	0,25%	7,0995	0,36%
7	153750	22000	6,9886	7,0052	0,24%	7,0048	0,23%	7,0128	0,35%
8	151875	22000	6,9034	6,9186	0,22%	6,9186	0,22%	6,9259	0,33%
9	150000	22000	6,8182	6,8324	0,21%	6,8315	0,20%	6,8385	0,30%
10	148125	22000	6,733	6,7454	0,18%	6,7446	0,17%	6,752	0,28%

11	146250	22000	6,6477	6,6585	0,16%	6,6582	0,16%	6,6651	0,26%
12	144375	22000	6,5625	6,5722	0,15%	6,5715	0,14%	6,5786	0,25%
13	142500	22000	6,4773	6,4851	0,12%	6,4847	0,11%	6,4916	0,22%
14	140625	22000	6,392	6,3981	0,10%	6,3975	0,09%	6,4041	0,19%
15	138750	22000	6,3068	6,3115	0,07%	6,3109	0,07%	6,3174	0,17%
16	135875	22000	6,2216	6,2245	0,05%	6,2243	0,04%	6,2302	0,14%
17	135000	22000	6,1364	6,1379	0,02%	6,138	0,03%	6,144	0,12%

Berdasarkan hasil data penelitian pada Tabel 4.5, didapatkan hasil pengukuran rasio tegangan disetiap tap changer dengan jumlah tap changer sebanyak 17 tap pada belitan primer di setiap phasanya. Maka didapatkan hasil yaitu

- a) Pada tap 1 dengan rasio teori sebesar 7,5 dan rasio pengukuran pada phasa R sebesar 7,5274 sehingga didapatkan rasio deviasi sebesar 0,37%.
- b) Tap 1 pada phasa S didapatkan rasio pengukuran sebesar 7,5266 sehingga didapatkan rasio deviasi sebesar 0,35%.
- c) Tap 1 pada phasa T didapatkan rasio pengukuran sebesar 7,5353 sehingga besar rasio deviasi yaitu sebesar 0,47%.

Begitu pula pada tap-tap selanjut nya yang bisa dilihat pada Tabel 4.5 hasil data pengujian rasio tegangan pada transformator 60 MVA di gardu induk Ulee Kareng. Maka, dari hasil keseluruhan perbandingan rasio tegangan pada ke 17 tap changer pada masing-masing phasa yaitu masih dalam kondisi baik dengan nilai dibawah 0,5%. Adapun diagram perbandingan hasil dapat dilihat pada Gambar 4.5



**Gambar 4.5** Diagram hasil pengujian rasio tegangan

Jika melihat diagram Gambar 4.5 hasil pengujian rasio tegangan pada transformator daya di Gardu Induk Ulee Kareng terjadi penurunan yang bervariasi pada *tap changer* dimasing-masing phasanya sesuai dengan yang diinginkan dalam batas standar pengujian rasio yaitu dibawah 0,5%. Penurunan deviasi rasio pada pengujian ini rata-rata masih dalam kondisi baik yang merujuk pada batas standar IEC 60076-01 masih dalam kondisi aman karena estimasi indeks aman pada rasio maksimal adalah 0,5%. Sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada kejanggalan pada masing-masing tegangan *tap changer* rasio transformator dan dapat disimpulkan bahwa tegangan pada rasio transformator masih dalam **kondisi baik dan layak**, dan pengujian ini dapat dikatakan **efektif** dalam menentukan perbandingan rasio tegangan pada belitan transformator.

## **B. Hasil Perbandingan Kelayakan**

Setelah didapatkan hasil pengujian pada saat penelitian lapangan, maka kelayakan tahanan isolasi transformator daya 1 berkapasitas daya 60 MVA dengan jumlah tahanan isolasi pada belitan primer sebesar 150 M $\Omega$ , sekunder

sebesar 22 M $\Omega$ , dan tersier sebesar 10 M $\Omega$ , mendapatkan hasil perbandingan kelayakan pengujian dari keempat metode yang telah dipaparkan terlihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

**Tabel 4.6** Hasil Perbandingan keempat metode pengujian tahanan isolasi

Jenis Pengujian	Subjek pengujian	Parameter Pengujian	Keadaan Isolasi	Sesuai Standar Pengujian	Ket.
Indeks Polaritas	<i>Bushing</i>	Arus Resistif	Baik	Layak merujuk pada standar IEE std 62	Kurang Efektif
Tangen Delta	<i>Bushing dan winding</i>	Arus Resistif dan Arus Kapasitif	Baik,	Layak merujuk pada standar ANSI C57.12.90	Sangat Efektif
<i>Breakdown Voltage</i>	Minyak	Tegangan Tembus	Baik	Layak merujuk pada standar IEC 60156	Efektif
Rasio Tegangan	<i>Bushing</i>	Tegangan Primer dan Tegangan sekunder	Baik	Layak merujuk pada standar IEC 60076-01	Efektif

Berdasarkan hasil perbandingan dari ke empat pengujian diatas, maka langkah pengujian yang paling efektif yaitu pengujian menggunakan metode tangen delta, dapat dilihat dari Tabel 4.6 bahwasannya pengujian tersebut :

1. Menunjukkan hasil sangat efektif karena ada dua parameter yang diuji.
2. Merangkap sekaligus bagian penting transformator yaitu pada *bushing* dan *winding* transformator,
3. Walaupun ada penurunan kualitas, tetapi dari segi langkah pengujian metode tersebutlah yang paling lengkap dalam mendeteksi penurunan pada tahanan isolasi transformator, sehingga penurunan tersebut hanya diperlukan pemeliharaan lanjutan seperti pemeliharaan fisik.

Jika dibandingkan dengan pengujian lainnya, metode indeks polaritas mendapatkan perolehan hasil kurang efektif sebagai metode pengujian kondisi tahanan isolasi dikarenakan metode ini hanya menguji satu parameter yaitu arus resistif pada bushing transformator. Sedangkan pada pengujian *Breakdown Voltage* dan Rasio Tegangan memperoleh nilai yang efektif dikarenakan keduanya menguji pada subjeknya masing-masing yaitu tegangan tembus pada minyak dan rasio tegangan pada kedua belitan transformator.

Oleh karena itu berdasarkan hasil pengujian kondisi tahanan isolasi dengan menggunakan metode pengujian Indeks Polarisasi, Tangen Delta, BDV (*breakdown voltage*), dan Rasio Tegangan, disimpulkan bahwa pengujian tahanan isolasi masih dalam **kondisi baik atau layak** sesuai dengan standar penilaiannya masing-masing, Namun terdapat adanya penurunan nilai pada hasil uji tangen delta tahun 2022 yaitu diperkirakan karena adanya kontaminasi yang terjadi sebelumnya pada hasil pengujian tangen delta *bushing*, sehingga menyebabkan arus bocor pada isolasi transformator, maka perlu adanya tindak lanjut yang dilakukan oleh pihak teknisi gardu dengan melakukan pemeriksaan fisik pada *bushing* serta belitan transformator.

### **C. Hasil Penentuan Kondisi Transformator**

Dalam menentukan kondisi transformator daya 1 60 MVA di Gardu Induk Ulee Kareng yang dilakukan oleh pihak teknisi gardu induk PT.PLN (Persero) yaitu dengan melakukan pemeliharaan kondisi transformator secara rutin yaitu dalam periode terjadwal.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa perbandingan keempat metode pengujian tahanan isolasi tersebut, didapatkan hasil uji dari keempat metode tersebut masih dalam kondisi baik atau layak. Akan tetapi, ada terdeteksinya penurunan kualitas isolasi yang terjadi pada metode pengujian tangen delta *bushing* C dan pengujian tangen delta *Winding* pada belitan primer dengan hubungan CHT yang memerlukan tindak lanjut,

Adapun upaya teknis gardu dalam mendeteksi penurunan kualitas isolasi transformator ini diantaranya:

1. Melakukan pemeliharaan tambahan yaitu pemeliharaan fisik dengan pengecekan *bushing*, belitan, dan minyak transformator
2. Jika pada pemeliharaan fisik ditemukan nya debu/partikel partikel lainnya maka perlu dilakukannya pembersihan alat baik *bushing* atau bahan lainnya. jika ditemukan keretakan maka harus ada nya pergantian alat.
3. Jika pada saat melakukan pemeliharaan fisik tidak menemukan kontaminasi apapun maka lihat faktor penentu lainnya yaitu manusia, alat uji, serta lingkungan Adapun faktor mempengaruhi kualitas isolasi diantaranya sebagai berikut:
  - a) Faktor manusia dapat menentukan perbedaan hasil uji sebelumnya dengan hasil pengujian terbaru dikarenakan adanya perbedaan dari cara pengujian yang dilakukan pada masing-masing teknis,
  - b) Alat uji yaitu dikarenakan usia alat uji yang sudah usang, maka coba dilakukan pergantian alat uji.



- c) Terakhir oleh faktor lingkungan, yang mana faktor lingkungan sangat berpengaruh pada keberhasilan pengujian isolasi karena faktor cuaca yang panas dan lembab serta udara dan debu akan mempengaruhi hasil nilai yang sedang diuji.



**Gambar 4.6** Pemeliharaan Fisik *Bushing* Transformator

Adapun faktor-faktor lainnya yang menjadi pedoman pihak Gardu Induk Ulee Kareng dalam menentukan tahanan isolasi menjadi tidak layak adalah:

1. Nilai dari keseluruhan Indeks Polaritas menunjukkan angka yang rendah melewati batas standar pengujian yang diakibatkan adanya arus bocor yang mengalir dipermukaan isolasi tinggi.
2. Nilai dari keseluruhan tangen delta menunjukkan angka yang yang tinggi tidak sesuai batas standar pengujian diakibatkan adanya kontaminasi.
3. Nilai dari rata-rata tegangan tembus dibawah 40 kV yang tidak sesuai dengan batas standar pengujian sehingga minyak transformator tidak mampu lagi menahan stress tegangan yang tinggi.
4. Terdapat penurunan nilai tegangan pada ke 17 tap pada *tap changer* yang lebih rendah dari spesifikasi *nameplate* transformator sehingga menyebabkan rasio deviasi tidak sesuai dengan standar pengujian.

Maka dari paparan analisa diatas dapat disimpulkan bahwa kualitas tahanan isolasi pada transformator daya 1 berkapasitas 60 MVA dan memiliki tahanan sebesar 150 M $\Omega$  yang dilakukan dengan pengujian indeks polarisasi, tangen delta, BDV (*breakdown voltage*) dan rasio tegangan masih dalam keadaan “Layak” beroperasi.

#### **D. Pembahasan**

Pada hasil pengujian tahanan isolasi berdasarkan pengujian indeks polaritas, tangen delta, BDV (*breakdown voltage*), dan rasio tegangan pada transformator daya 60 MVA di Gardu Induk Ulee Kareng memperoleh hasil pengujian diatas rata-rata sesuai dengan batas standar pengujiannya masing-masing.

Pada hasil perbandingan kelayakan berdasarkan metode pengujian indeks polaritas mendapatkan hasil diatas 1,5% yaitu layak sesuai standar pengujian IEE Std 62, pengujian tangen delta mendapatkan hasil dibawah 0,5% yaitu layak sesuai standar pengujian ANSI C.57.12.90, namun terdeteksi adanya penurunan isolasi pada bushing C dan belitan primer mode CHT sebesar 0,7% dan -0,6%, sehingga diperlukan pemeliharaan lebih lanjut agar tidak terjadi penurunan yang lebih buruk. Pada pengujian *breakdown voltage* juga mendapatkan hasil diatas 50 kV yang mana mendapatkan hasil layak sesuai standar IEC 60156, dan pada pengujian rasio tegangan mendapatkan nilai rasio deviasi yang sesuai dengan standar pengujian IEC 60076-01 yaitu dibawah 0,5%

Sehingga pada pengujian ini mendapatkan hasil pengujian tahanan isolasi yang layak berdasarkan standar pengujiannya masing-masing, jika melihat

langkah-langkah atau prosedur pengujian pada masing-masing metode, langkah atau pengujian yang paling tepat (sangat efektif) dalam melihat kondisi tahanan isolasi adalah pengujian tangen delta, yang mana pengujian ini dilakukan lebih secara rinci pada transformator dengan melakukan pengujian terhadap *bushing* dan belitan transformator dibandingkan dengan pengujian lainnya yang hanya mendeteksi satu parameter.

Adapun perbandingan pengujian tangen delta dengan pengujian lainnya dapat seperti yang terlihat pada Tabel 4.6, akan tetapi walaupun hanya mendeteksi satu parameter pengujian seperti mendeteksi arus resistif isolasi pada pengujian indeks polaritas, BDV, dan rasio tegangan juga termasuk kedalam pengujian inti yang dipakai oleh teknisi dalam menentukan kualitas tahanan isolasi. sehingga dari hasil pengujian penentuan kondisi transformator dapat dikatakan bahwa masih dalam keadaan layak sehingga transformator masih beroperasi dalam keadaan baik.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan, pada penelitian terdahulu tidak dilakukannya pengujian rasio tegangan pada transformator, padahal pengujian transformator juga termasuk dalam pengujian penting dalam menentukan kondisi transformator, dimana pada rasio tegangan kita akan melihat bahwasanya apakah ada terjadinya penurunan tegangan yang melampaui tegangan biasanya sehingga terjadinya penurunan tegangan pada belitan transformator. Hubungan antara tegangan dan tahanan isolasi tentu saja sangat penting harus dijaga karena tahanan isolasi menjaga agar tegangan tersebut tetap dalam keadaan tinggi sehingga pada penelitian sebelumnya ada kurangnya pengujian rasio

tegangan dalam menentukan kondisi transformator dibandingkan dengan pengujian yang penulis lakukan, sehingga pada perbandingan kelayakan pengujian ini lebih didapatkan hasil bahwa metode yang layak dalam mendeteksi kualitas tahanan isolasi pada transformator daya di Gardu Induk Ulee Kareng.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan Analisa pengujian tahanan isolasi transformator daya menggunakan pengujian indeks polarisasi, tangen delta, *breakdown voltage* (BDV), dan rasio tegangan yang dilakukan di Gardu Induk 150 kV Ulee Kareng dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian dari keempat metode pengujian yaitu dimana metode indeks polarisasi transformator daya mendapatkan hasil pengujian diatas 1,5 %, kemudian hasil pengujian tangen delta juga mendapatkan hasil dibawah 0,5%, namun pada bagian *bushing* C dan belitan primer mode CHT mengalami penurunan, selanjutnya pada pengujian *breakdown voltage* mendapatkan hasil diatas 50 kV dan tidak mengalami kenaikan yang signifikan, dan pada pengujian rasio tegangan, didapatkan hasil deviasi rasio keseluruhan dibawah 0,5%.
2. Hasil perbandingan dari empat metode pengujian dengan masing-masing standar pengujiannya, didapatkan hasil yaitu empat metode tersebut dikategorikan layak sesuai dengan standar pengujian nya masing-masing, yang mana metode indeks polaritas layak menurut standar IEE std 62, metode tangen delta layak menurut standar ANSI C57.12.90, metode BDV (*breakdown voltage*) layak menurut standar IEC 60156, dan metode rasio tegangan layak sesuai standar IEC 60076-01. Berdasarkan hasil perbandingan yang telah dipapar kan didapatkan bahwa metode pengujian yang paling

sangat efektif dilakukan adalah metode pengujian tangen delta, dikarenakan metode ini dilakukan dengan dua parameter dan dua subjek penelitian sehingga pengujian ini dilakukan lebih mendalam pada bagian transformator jika dibandingkan dengan pengujian-pengujian lainnya, sehingga keakuratan kondisi tahanan isolasi bisa dilihat pada hasil pengujian tangen delta.

3. Hasil pengujian kualitas tahanan isolasi transformator daya 1 60 MVA Gardu Induk Ulee Kareng menggunakan keempat metode yang telah dipaparkan menunjukkan kondisi tahanan isolasi transformator layak dioperasikan.

## **B. Saran**

### **1. Perusahaan**

Saran dari penelitian ini adalah diharapkan dapat menjadi masukan kepada pihak PT. PLN (PERSERO) Aceh agar lebih memperhatikan kualitas isolasi transformator agar tidak ada terjadinya lagi penurunan kualitas pada pengujian tangen delta. kemudian diharapkan lebih sering dilakukan pemeliharaan terhadap transformator dengan memperhatikan kebersihan transformator agar tidak ada terjadinya kegagalan dalam beroperasi

### **2. Peneliti**

Saran dari penelitian ini kepada peneliti selanjutnya yaitu diharapkan perlu perbaikan baik dari segi langkah-langkah, perhitungan, penganalisaan selanjutnya yang membuat penelitian pengujian kualitas tahanan isolasi ini lebih menarik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Tomy adi saputro. (2018). *Analisis pengujian tahanan isolasi transformator daya berdasarkan hasil uji indeks polaritas, tangen delta, rasio tegangan, BDV (break down voltage)*. Skripsi. Surakarta : Universitas Muhammadiyah
- Mulyanto Bagus, dkk. (2022). *Analisis kondisi tahanan isolasi transformator daya 125 MVA menggunakan indeks polarisasi tangen delta dan breakdown voltage di PLTU Tenayan Raya 2x100 MW*. Jurnal Teknik Elektro UNIBA, Vol.6, No.2
- L. Abidin. (2019). *Pengujian Dissipation Factor pada Transformator dengan Jumper dan tanpa Jumper Bushing*. Jurnal Energi & Kelistrikan, Vol. 11, No. 2
- Wibowo, Syah Sigi. (2018). *Analisa Sistem Tenaga*. Politeknik Negeri Malang: POLINEMA PRESS
- Manurung, Apriliyanti. (2021). *Analisis Over Voltage Dan Under Voltage Pada Jaringan Transmisi Subsistem Aceh 150 KV*. Jakarta:Institut Teknologi PLN. Skripsi
- Wellen F.Galla, dkk. (2020). *Analisis Tegangan Saluran Transmisi 70 KV Pada Sistem Timor Dengan Parameter ABCD*. Universitas Nusa Cendana:Jurnal Media Elektro, Vol.9, No. 1
- Ari Satria Wibawa. (2019). *Studi kelayakan Gardu Induk 1x30 MVA di Krueng Raya dalam menunjang sistem kelistrikan kota Banda Aceh*. Medan:Universitas Sumatera Utara. Skripsi

- Kemendikbud RI. (2013). *Gardu induk*. Jakarta.
- Siburian, Jhonson. (2019). *Karakteristik Transformator*. Medan:Jurnal Teknologi Energi UDA, Vol.8, No.1.
- Djufri,A.Idham.(2022).*Transformator*. Yogyakarta:Deepublish. [E-book] Cet-1
- Dkk. Yaved P.T. (2019). *Perencanaan Transformator Distribusi 125 KVA*. Manado:Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol.8, No.2
- PT. PLN (PERSERO). (2014). *Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga*. Jakarta:PT.PLN (Persero).
- Suganda, Abdul Muis. (2021). *Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya*. Jakarta:Jurnal Teknik Elektro ISTN, vol.23, No.2
- Arif KR, Fahmi. (2018). *Standar Pengujian Peralatan Transformator*. Polines:Teknik Elektro, Naskah Publikasi
- Robbani MF, dkk. (2020). *Penentuan kelayakan tahanan isolasi pada transformator 60 MVA di gardu induk 150 KV tegal dengan menggunakan indeks polarisasi, tangen delta, dan breakdown Voltage*. Skripsi. Semarang:UI Sultan Agung
- Devianto, Alif Febriari. (2019) *Analisis tahanan isolasi transformator daya berdasarkan hasil uji indeks polarisasi, tangen delta, dan breakdown voltage di gardu induk 150 KV kentungan*. Skripsi. Yogyakarta:Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1 : SK Skripsi



#### UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH

#### SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY Nomor: B-14377/Un.08/FTK/Kp.07.6/1/2022

#### TENTANG PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY

#### DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY

- Menimbang** : a. Bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi Mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, maka dipandang perlu menunjuk pembimbing;  
b. Bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk diangkat sebagai pembimbing Skripsi dimaksud;
- Mengingat** : 1. Undang Undang Nomor 20 tahun 2003, Tentang Sistem Pendidikan Nasional;  
2. Undang Undang Nomor 14 Tahun 2005, Tentang Guru dan Dosen;  
3. Undang Undang Nomor 12 Tahun 2012, Tentang Pendidikan Tinggi;  
4. Peraturan Pemerintah No. 74 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;  
5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;  
6. Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2013, tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;  
7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi & Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;  
8. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry Banda Aceh;  
9. Keputusan Menteri Agama Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang Pengangkatan, Pemindahan, dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Depag RI;  
10. Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/KMK.05/2011 tentang Penetapan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Kementerian Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum;  
11. Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 01 tahun 2015, tentang Pendelegasian Wewenang kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
- Memperhatikan** : Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro (PTE) Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, tanggal 27 Oktober 2022.
- MEMUTUSKAN**
- Menetapkan PERTAMA** : Menunjuk Saudara:
1. Fathiah, M. Eng Sebagai pembimbing Pertama
  2. Muhammad Ikhsan, M.T Sebagai pembimbing Kedua
- Untuk membimbing skripsi :
- Nama : KHAIRUNNISA ABABIL  
NIM : 180211038  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Kelayakan Tahanan Isolasi Transformator Daya Menggunakan Pengujian Indeks Polarisasi, Tangen Delta, BDV (Breakdown Voltage), dan Rasio Tegangan di Gardu Induk 150 KV Ulee Kareng.
- KEDUA** : Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut di atas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Nomor SP DIPA-025.04.2.423925/2022 Tahun Anggaran 2022
- KETIGA** : Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Genap Tahun Akademik 2022/2023;
- KEEMPAT** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.

Ditapkan di : Banda Aceh  
Pada Tanggal : 1 November 2022



#### Tembusan

1. Rektor UIN Ar-Raniry di Banda Aceh;
2. Ketua Prodi PTE FTK UIN Ar-Raniry;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan.

Lampiran 2 : Lembar Konsultasi



**Buku Kegiatan Bimbingan Penelitian dan Penulisan Skripsi  
Program Strata Satu (S1) Prodi Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry**

Nama : Khairunnisa Ababil  
NIM : 180211038  
Email / No. HP : 180211038@student.ar-raniry.ac.id

Pembimbing I : Fathiah, M. Eng

Pembimbing II : Muhammad Ikhsan, M.T

Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Kelayakan Tahanan Isolasi

Transformator Daya Menggunakan Pengujian Indeks Polaritas, Tangen Delta, BDV  
(Breakdown Voltage), dan Rasio Tegangan di Gardu Induk 150 kV Ulee Kareng.

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Buku kegiatan bimbingan penelitian dan penulisan skripsi

Pembimbing I

Nama Pembimbing Fathiah, M. Eng

NO	Waktu		Tahap Kegiatan Bimbingan	Paraf Pembimbing
	Tanggal	Pukul		
1	16 Desember 2022	09.30 wib	Revisi Bab 1	ke
2	17 Desember 2022	10.15 wib	Revisi Bab 2 sampai bab 3	ke
3	20 Desember 2022	08.40 wib	Revisi bab 3 penambahan standarisasi pengujian	ke
4	23 Desember 2022	11.45 wib	Revisi bab 3 & (dan) Lanjut penelitian	ke
5	23 Januari 2023	09.00 wib	Revisi Bab 4	ke
6	25 Januari 2023	09.10 wib	Revisi Bab 4	ke
7	22 Februari 2023	10.00 wib	Penambahan tiasa perhitungan pada Bab 4	ke

Buku kegiatan bimbingan penelitian dan penulisan skripsi









8	13 Maret 2023	09.25 wib	Revisi Bab 5 kesimpulan dan saran	
9	20 Maret 2023	11.20 wib	Revisi bab 5 penambahan saran untuk penelitian selanjutnya	
10	29 Maret 2023	09.58 wib	Acc sidang	
11				
12				
13				
14				
15				

ACC PEMBIMBING I  
UNTUK MENGIKUTI  
SIDANG

Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

**Pembimbing II**

**Nama Pembimbing** Muhammad Ikhsan, S.T., M.T.

NO	Waktu		Tahap Kegiatan Bimbingan	Paraf Pembimbing
	Tanggal	Pukul		
1	30 November 2023	10.00 wib	Revisi Bab 1 sampai dengan bab 3	
2	23 Desember 2022	10.00 wib	Revisi Bab 1 sampai dengan Bab 3 dan lanjut ke penelitian	
3	30 Januari 2023	11.00 wib	Revisi Bab 4 dan Bab 5	
4	24 Februari 2023	09.30 wib	Penambahan poin E di bab 4 Penentuan kelayakan operasi	
5	15 Maret 2023	09.00 wib	Penambahan humus efisiensi transformator.	
6	27 Maret 2023	14.30 wib	Perbaikan gambar Diagram di Bab 4	
7	30 Maret 2023	14.15 wib	Revisi Abstrak	
8	6 April 2023	15.00 wib	ACC Sidang	

Buku Kegiatan Bimbingan penelitian dan penulisan skripsi

9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

ACC PEMBIMBING II  
UNTUK MENGIKUTI  
SIDANG

*[Signature]*

Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Lampiran 3 : Surat Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY**  
**FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN**  
Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh  
Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-2798/Un.08/FTK.1/TL.00/02/2023  
Lamp : -  
Hal : **Penelitian Ilmiah Mahasiswa**

Kepada Yth,

1. Manager UPT Banda Aceh
2. Pimpinan Gardu Induk (GI) Ulee Kareng

Assalamu'alaikum Wr.Wb.  
Pimpinan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **KHAIRUNNISA ABABIL / 180211038**  
Semester/Jurusan : / Pendidikan Teknik Elektro  
Alamat sekarang : Ds. Krueng Anoi, Kec. Kuta Baro, Kab. Aceh Besar

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak/Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **Analisa Perbandingan Kelayakan Tahanan Isolasi Transformator Daya Menggunakan Pengujian Indeks Polaritas, Tangen Delta, BDV (Breakdown Voltage), dan Rasio Tegangan di Gardu Induk 150 KV Ulee Kareng**

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 01 Februari 2023  
an. Dekan  
Wakil Dekan Bidang Akademik dan  
Kelembagaan,




Berlaku sampai : 01 Maret  
2023

Habiburrahim, M.Com., M.S., Ph.D.





Lampiran 5 : Nameplate Transformator



**TRANSFORMER No.** P060LEC895 - 01  
**YEAR OF MANUFACTURE** 2020  
**TRANSFORMER TYPE** OIL IMMERSED  
**STANDARD** IEC 60076  
**RATED POWER** 36 / 60 MVA  
**RATED FREQUENCY** 50 Hz  
**TYPE OF COOLING** ONAN / ONAF  
**No OF PHASES** 3  
**Temp. RISE TOP OIL / WINDING / HOTSPOT** 50 K / 55 K / 68 K  
**Max. SOUND PRESSURE LEVEL ONAN / ONAF** 67 dB at 0.3 m / 71 dB at 2 m  
**AVERAGE AMBIENT / ALTITUDE** 30 °C / < 1000 m  
**TANK, CONSERVATOR AND RADIATORS WITHSTANDING**  
**VACUUM AND PRESSURE** 0.133 kPa / 135 kPa (absolute)  
**MAXIMUM SEISMIC DISTURBANCE** 0.25 g  
**TYPE OF OIL** UN-INHIBITED OIL, NYNAS LIBRA  
**SHORT CIRCUIT CURRENT CAP (2 SEC)** HV: 40kA / LV: 25 kA  
**INSULATION LEVEL** HVN : AC 275 / LI 650  
 HVN : AC 38 / LI 95  
 LV : AC 50 / LI 125  
 LVN : AC 50 / LI 125  
 TV : AC 28

TAP CHANGER		FAN
MANUFACTURE	ABB - SWEDEN	ZIEHL ABEGG - GERMANY
TYPE	VUCGRN 350/450/C	FC100.NDL7M A7 DELTA
NUMBER	1	3 OPERATION + 1 STAND BY
VOLTAGE	3 Phase / 400 V	3 Phase / 400 V
RUNNING POWER	-	0.527 kW / FAN

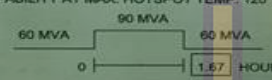
  

**APPROXIMATE WEIGHTS**

- WINDING (COPPER)	25000	kg
- CORE MAGNETIC	31700	kg
- UNTANKING	65000	kg
- TANK & FITTINGS	19250	kg
- OIL ( 20400 LITER )	17850	kg
- TOTAL	102100	kg

**NOTICE :**  
 OVERLOAD CAPABILITY AT MAX. HOTSPOT TEMP. 120°C, AMBIENT 30°C



	HIGH VOLTAGE	LOW VOLTAGE	TERTIARY VOLTAGE
RATED POWER in MVA (ONAN/ONAF)	36 / 60	36 / 60	12 / 20
RATED VOLTAGE in kV	150	22	10
RATED CURRENT in A (ONAN/ONAF)	138.8 / 230.9	944.8 / 1574.6	490.013 / 868.713
CONNECTION	STAR	STAR	DELTA
LINE IN	1U 1V 1W	2V 2W 2X	3U1 3W2
NEUTRAL IN	1N	2N	

**POSITION OF REVERSING CHANGE OVER SELECTOR**

POSITION OF REVERSING CHANGE OVER SELECTOR	TAP SELECTOR CONTACTS	POSITION OF ULTC	HIGH VOLTAGE		LOW VOLTAGE		RATED POWER (MVA)
			TAPPING VOLTAGE (kV)	TAPPING CURRENT (A)	RATED VOLTAGE (kV)	RATED CURRENT (A)	
1	1	1	150.000	138.8	22	944.8	36 / 60
2	2	2	153.125	127.4	22	944.8	36 / 60
3	3	3	156.250	116.8	22	944.8	36 / 60
4	4	4	159.375	106.4	22	944.8	36 / 60
5	5	5	162.500	96.0	22	944.8	36 / 60
6	6	6	165.625	85.6	22	944.8	36 / 60
7	7	7	168.750	75.2	22	944.8	36 / 60
8	8	8	171.875	64.8	22	944.8	36 / 60
9	9	9	175.000	54.4	22	944.8	36 / 60
10	10	10	178.125	44.0	22	944.8	36 / 60
11	11	11	181.250	33.6	22	944.8	36 / 60
12	12	12	184.375	23.2	22	944.8	36 / 60
13	13	13	187.500	12.8	22	944.8	36 / 60
14	14	14	190.625	2.4	22	944.8	36 / 60
15	15	15	193.750	0.0	22	944.8	36 / 60
16	16	16	196.875	0.0	22	944.8	36 / 60
17	17	17	200.000	0.0	22	944.8	36 / 60

**NO LOAD LOSSES @100% U<sub>r</sub> (kW)**

MEASUREMENT	TAP 1	TAP 9	TAP 17	BASE MVA
HV- LV	115	115	115	60
GUARANTEED	115	115	115	60

**LOAD LOSSES @75% U<sub>r</sub> (kW)**

MEASUREMENT	TAP 1	TAP 9	TAP 17	BASE MVA
HV- LV	115	115	115	60
GUARANTEED	115	115	115	60

**IMPEDANCE VOLTAGE @75% U<sub>r</sub> (%)**

MEASUREMENT	TAP 1	TAP 9	TAP 17	BASE MVA
HV- LV	12.5	12.5	12.5	60
GUARANTEED	12.5	12.5	12.5	60

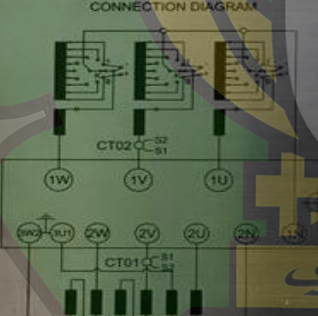
  

**CURRENT TRANSFORMERS**

DESIGNATION	RATED POWER VA	CLASS	RATIO	PURPOSE
CT01	15	1	1800 / 2A	MEASUREMENT
CT02	15	1	300 / 2A	MEASUREMENT

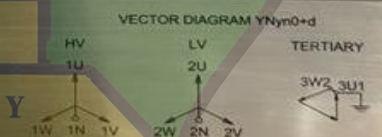
  

**CONNECTION DIAGRAM**



**جامعة الرانيري**  
**AR-RANIRY**

**VECTOR DIAGRAM YNyn0+d**



TRANSFORMER COMPLYING WITH STANDARD IEC 60076  
 IMPORTANT : EVERY YEAR TAKE AN OIL SAMPLE FOR OXA CHECKING AND DIELECTRIC TESTS  
 THIS TRANSFORMER CONTAINED NO DETECTABLE LEVELS OF PCB AT THE TIME OF MANUFACTURE

**UNINDO - JAKARTA - INDONESIA**

Lampiran 6 : Foto Dokumentasi Kegiatan



Pengecekan Bushing Transformator



Melihat Hasil Pengukuran menggunakan Alat Ukur *Insulation tester*



Pengukuran indeks polarisasi pada menit ke 10

## Lampiran 7 : Daftar Riwayat Hidup



**Khairunnisa Ababil**, lahir di Banda Aceh pada tanggal 22 Februari 2000. Anak pertama dari tiga bersaudara, buah pasang dari Ayahanda **Khairussalam** dan Ibunda **Sabariah**. Penulis pertama kali menempuh pendidikan pada usia 6 tahun di SD Negeri 37 Banda Aceh dan selesai pada tahun 2012.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di MTsN 4 Rukoh Banda Aceh dan selesai pada tahun 2015, dan pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 1 Al-Mubarkeya dengan jurusan Teknik Komputer Jaringan (TKJ) hingga tahun 2018. Pada tahun yang sama penulis diterima di kampus Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh melalui jalur SBMPTN dan terdaftar di Prodi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan.

