

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Isolasi Transformator

Transformator adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai pengubah nilai tegangan yang keberadaannya sangat penting bagi proses pendistribusian energi listrik. Kondisi transformator harus selalu dijaga agar tidak terjadi kerusakan yang bisa menghambat pendistribusian energi listrik. Sehingga dalam pemeliharaannya harus dilakukan dengan rutin dan baik. Salah satu komponen penting pada transformator yang harus selalu dijaga kondisinya adalah isolasi transformator. Isolasi transformator merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk mencegah terjadinya hubung singkat antar kumparan pada bagian dalam transformator. Sehingga pemeliharaan dan pengujian pada isolasi transformator harus dilakukan secara rutin untuk menghindari terjadinya kerusakan pada isolasi transformator. Selain itu isolasi transformator juga berfungsi sebagai pendingin pada transformator.

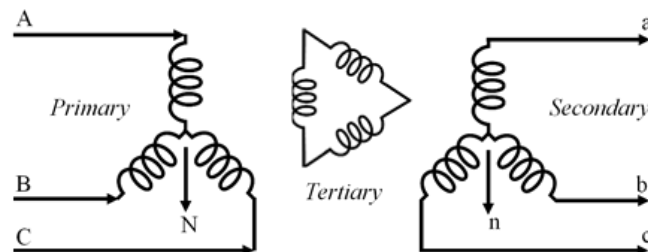
Transformator di Gardu Induk 150 kv Kentungan merupakan salah contoh transformator yang pemeliharaannya harus dilakukan secara rutin. Pemeliharaan rutin ini biasanya dilakukan selama 2 tahun sekali. Ada beberapa pengujian isolasi pada transformator yang menjadi pemeliharaan rutinnnya yaitu uji indeks polarisasi, tangen delta dan *break down voltage*. Uji indeks polarisasi sendiri merupakan sebuah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besar kebocoran arus (*leakage current*). Sementara uji tangen delta merupakan sebuah pengujian kerugian dielektrik untuk mengetahui kualitas isolasi belitan dengan mengukur arus bocor kapasitifnya. Dan *break down voltage* atau uji tegangan tembus minyak transformator merupakan sebuah pengujian pada transformator yang berfungsi untuk mengetahui untuk mengetahui kondisi minyak transformator sebagai isolasi dan untuk mengetahui batas kemampuan minyak transformator untuk menahan hantaran listrik

Dan berikut ini adalah data teknis Trafo 2 pada Gardu Induk 150 kv Kentungan yang dilakukan pengujian isolasi transformator. Untuk data teknis Trafo 2 pada Gardu Induk 150 kV dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.1 Data teknis Trafo 2 di Gardu Induk 150 kV Kentungan Bantul

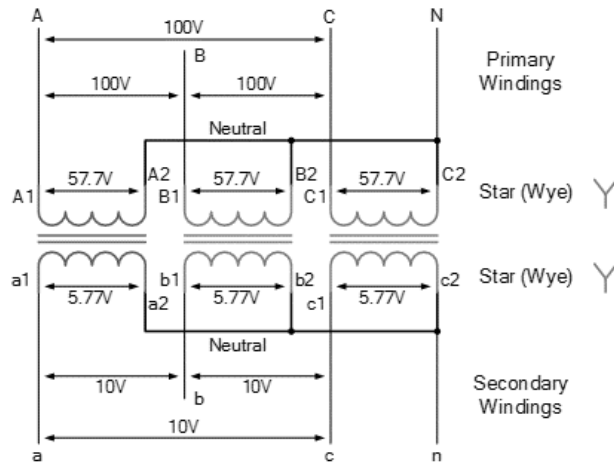
NO	ITEM	SPESIFIKASI
1.	<i>Serial Number</i>	SVZ-CCCO/150
2.	<i>Special ID</i>	TRAFO 2
3.	<i>Circuit Designation</i>	BAY TRAFO 2
4.	<i>Company</i>	PLN P3B JB
5.	<i>Location</i>	Kentungan
6.	<i>Division</i>	APP SALATIGA
7.	<i>Year Manufactured</i>	1995
8.	<i>Manufactured Location</i>	China
9.	<i>Tank Type</i>	<i>Sealed-Conservator</i>
10.	<i>Class</i>	ONAN/ONAF
11.	<i>Coolant</i>	<i>OIL</i>
12.	<i>Weight</i>	102000 kg
13.	<i>kV</i>	150 kV
14.	<i>VA Rating</i>	60 MVA
15.	<i>Phases</i>	3
16.	<i>Winding Config (H-L)</i>	Wye-Wye
17.	<i>Winding Config (H-T)</i>	Wye-Delta
18.	<i>Winding Config (L-T)</i>	Wye-Delta

Hubungan Star-Star pada Trafo 2 di dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Hubungan Star-Star pada Trafo 2 di Gardu Induk 150 kV Kentungan

Rangkaian Star-Star pada Trafo 2 di Gardu Induk 150 kV Kentungan dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Rangkain Star-Star pada transformator

4.2 Proses Uji Isolasi Ttransformator

Dalam proses pengujian dari isolasi transformator daya 150kV gardu induk kentungan ini ada beberapa tahapan proses pelaksanaan pengujian yang harus di lakukan. Hal tersebut dilakukan supaya mengurangi terjadinya kesalahan pada saat pengujian isolasi transformator daya tersebut dan juga mendapatkan hasil pengujian isolasi transformator yang maksimal. Maka proses pengujian isolasi dari transformator daya ini melalui 3 tahapan yaitu, persiapan, pelaksanaan dan penyelesaian.

4.2.1 Proses Pengujian Indeks Polarisasi

Berikut ini adalah proses dari pengujian indeks polarisasi yang dilakukan pada transformator:

1. Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana ini wajib di gunakan pada saat tahap pengujian indeks polarisasi, adapun sarana dan prasarana yang wajib di gunakan yaitu:

- *Safety helm*
- *Safety shoes*

- *Body harness*
- Pentanahan lokal
- Rambu-rambu K3
- *High voltage insulation tester (Kyoritsu 3125)*
- Kabel/probe dan aksesoris
- *Tool set dan cable roll*
- Tangga



Gambar 4.3 *High Voltage Insulation Tester (Kyoritsu 3125)*

Spesifikasi *high voltage insulation tester (Kyoritsu 3125)* bisa dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Spesifikasi *high voltage insulation tester (Kyoritsu 3125)*

<i>Insulation Resistance</i>				
<i>Range</i>	500 V	1000 V	2500 V	5000 V
<i>Measuring range</i>	0.0 - 99.9MΩ	0.0 - 99.9MΩ	0.0 - 99.9MΩ	0.0 - 99.9MΩ
	100 - 999MΩ	100 - 999MΩ	100 - 999MΩ	100 - 999MΩ
		1.00 - 1.99GΩ	1.00 - 9.99GΩ	1.00 - 9.99GΩ
			10.0 - 99.9GΩ	

Tabel 4.2 Lanjutan tabel sebelumnya . . .

<i>Range</i>	500 V	1000 V	2500 V	5000 V
<i>Measuring range</i>				10.0 - 99.9GΩ 100 - 1000GΩ (1TΩ)
<i>Accuracy</i>	±5%rdg ±3dgt	±5%rdg ±3dgt	±5%rdg ±3dgt	±5%rdg ±3dgt ±20%(100GΩ or more
<i>Short Circuit Current</i>	1.3mA approx			
<i>Rated test Current</i>	1mA to 1.2mA at 0.5MΩ load	1mA to 1.2mA at 1MΩ load	1mA to 1.2mA at 2.5MΩ load	1mA to 1.2mA at 5MΩ load
<i>Open circuit voltage</i>	500VDC +30% -0%	1000VDC +20% -0%	2500VDC +20% -0%	5000VDC +20% -0%
<i>Maximum display</i>	999 Counts (1000 counts only at 1000GΩ)			
<i>Current consumption</i>	About 1000mA (During measurement)			
<i>Voltage Measurement</i>				
<i>Range</i>	30 - 600V AC/DC [50/60Hz]			
<i>Accuracy</i>	±2%rdg±3dgt			
<i>Max display</i>	630 Counts			
<i>Current</i>	110mA approx			

Tabel 4.2 Lanjutan tabel sebelumnya . . .

<i>General</i>	
<i>Safety Standard</i>	IEC 61010-1 CAT III 600V, <i>pollution Degree 2</i>
<i>Power supply (DC battery)</i>	DC12V: R14×8
<i>Dimensions</i>	205(L) × 152(W) × 94(D)mm
<i>Weight</i>	1.8kg approx
<i>Included Accessories</i>	7165A (<i>Line probe</i>) 7224A (<i>Earth cord</i>) 7225A (<i>Guard cord</i>) 8019 (<i>Hook type prod</i>) 9159 (<i>Carrying case [Hard]</i>) LR14×8pcs (<i>Alkaline battery size</i>) <i>Instruction Manual</i>
<i>Optional Accessories</i>	7168A (<i>Line probe with alligator clip</i>) 7253 (<i>Longer Line probe with alligator clip</i>) 8302 (<i>Adaptor for recorder</i>)

2. Persiapan

Prosedur persiapan sebelum proses pengujian indeks polarisasi dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Prosedur persiapan proses pengujian indeks polarisasi

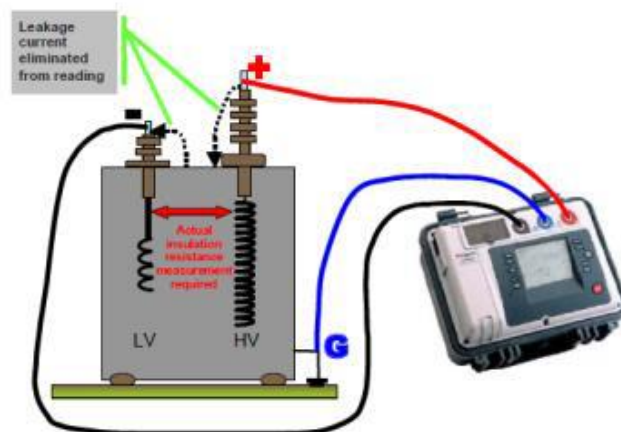
No	Prosedur persiapan proses pengujian indeks polarisasi
1	Siapkan alat ukur tahanan isolasi transformator, aksesoris dan perlengkapan lainnya serta yakinkan semuanya dalam kondisi baik.
2	Yakinkan sumber tegangan atau baterai alat uji tahanan isoalsi transformator dalam kondisi baik dan siap pakai.
3	Persiapkan <i>tool set</i> yang diperlukan.

Tabel 4.3 Lanjutan tabel sebelumnya . . .

No	Prosedur persiapan proses pengujian indeks polarisasi
4	Persiapkan blanko/formulir pengukuran.
5	Yakinkan peralatan yang akan diukur/diuji dalam kondisi bebas tegangan atau transformator dalam kondisi mati.
6	Yakinkan alat uji tahanan isolasi dalam kondisi baik dengan cara <i>short probe phasa-ground</i> kemudian arahkan selektor pada tegangan 5000 V lalu tekan dan putar tombol " <i>press to test</i> " dan pastikan nilainya 0.
7	Pastikan peralatan yang akan diuji telah terhubung dengan ground untuk membuang induksi tegangan.

3. Pelaksanaan

Untuk diagram pengkabelan pengujian indeks polarisasi dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut



Gambar 4.4 Diagram pengkabelan uji indeks polarisasi

Prosedur persiapan pelaksanaan proses pengujian indeks polarisasi dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Prosedur pelaksanaan proses pengujian indeks polarisasi

No	Prosedur pelaksanaan proses pengujian indeks polarisasi
1	Posisikan selektor tegangan sesuai dengan kebutuhan objek yang diuji (500, 1000 atau 5000 V).

Tabel 4.4 Lanjutan tabel sebelumnya . . .

No	Prosedur pelaksanaan proses pengujian indeks polarisasi
2	Setting <i>timer</i> sesuai kebutuhan dengan menekan tombol “ <i>time set</i> ” lalu pilih “ <i>timer 1</i> ” lalu pilih waktu yang dibutuhkan dengan menekan tombol “ <i>up</i> ” atau “ <i>down</i> ” pada peralatan.
3	Untuk uji indeks polarisasi <i>timer</i> diatur selama 1 menit dan 10 menit
4	Pasang <i>probe EARTH</i> pada titik ukur sesuai kebutuhan.
5	Lepas sambungan grounding pada peralatan yang akan diukur.
6	Pegang <i>probe line HV</i> kemudian tekan dan putar tombol “ <i>press to test</i> ” (putar ke kanan).
7	Tempelkan ujung <i>probe line HV</i> pada objek yang akan diuji.
8	Lakukan proses pengujian hingga timer berhenti
9	Lepas ujung <i>probe line HV</i> dari objek pengujian.
10	Catat hasilnya pada blangko yang telah disiapkan.
11	Bandingkan hasil uji dengan hasil uji sebelumnya, jika terlalu jauh selisih hasil uji maka lakukan evaluasi metode pengujiannya dan lakukan pengujian ulang.
12	Hilangkan sisa tegangan dengan memasang kembali grounding local.
13	Tekan dan putar tombol “ <i>press to test</i> ” ke posisi semula (putar ke kiri).
14	Putar selektor tegangan ke posisi <i>OFF</i> .
15	Lepas <i>probe EARTH</i> dari object yang diuji.

4. Penyelesaian

Prosedur penyelesaian proses pengujian indeks polarisasi dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Prosedur penyelesaian proses pengujian indeks polarisasi

No	Prosedur penyelesaian proses pengujian indeks polarisasi
1	Lepas rangkaian kabel pada alat ukur/uji dan simpan pada kotak .
2	Catat jumlah dan tanggal pemakaian pada kartu kontrol pemakaian alat uji.

4.2.2 Proses Pengujian Tangen Delta

Berikut ini adalah proses dari pengujian tangen delta yang dilakukan pada transformator:

1. Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana ini wajib di gunakan pada saat tahap pengujian tangen delta, adapun sarana dan prasarana yang wajib di gunakan yaitu:

- *Safety helm*
- *Safety shoes*
- *Body harness*
- Pentanahan lokal
- Rambu-rambu K3
- *Insulation Diagnostic System Megger Delta 4000*
- Kabel/probe dan aksesoris
- *Tool set* dan *cable roll*
- Tangga

Untuk Alat pengujian Tangen Delta, *Insulation Diagnostic System (Megger Delta 4000)* dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut



Gambar 4.5 *Insulation Diagnostic System (Megger Delta 4000)*

Spesifikasi *Insulation Diagnostic System (Megger Delta 4000)* dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Spesifikasi *insulation diagnostic system* (Megger Delta 4000)

<i>General</i>	
<i>Input Power</i>	90 - 264 V 45 - 66 Hz 16 A max
<i>Output Voltage</i>	0 to 12 kV, <i>continuously adjustable</i>
<i>Test Frequency Range</i>	45-70 Hz (12 kV) 0.0001 Hz <i>maximum resolution</i>
<i>Output Power</i>	3.6 kVA
<i>Output Current</i>	300 mA (4 <i>minutes</i>) 200 mA (30 <i>minutes</i>) 100 mA (<i>continuous</i>) <i>The power supply capacity can be expanded to 4 A at 12 kV using the optional Resonating Inductor, (Cat. No. 670600-1).</i>
<i>Measuring Ranges</i>	
<i>Voltage</i>	25 V to 12 kV, 1 V resolution
<i>Current</i>	0 to 5 Amps, 0.1 μ A <i>maximum resolution. The measurement can be corrected to either 2.5 kV or 10 kV equivalents.</i>
<i>Capacitance</i>	0 to 100 μ F, 0.01 pF <i>maximum resolution</i>
<i>Inductance</i>	6 H to 10 MH, 0.1 mH <i>maximum resolution</i>
<i>Power factor</i>	0-100% (0-1), 0.001% <i>maximum resolution</i>
<i>Dissipation factor</i>	0-100 (0-10,000%), 0.001% <i>maximum resolution</i>
<i>Watt Loss</i>	0 to 2 kW, <i>actual power,</i> 0 to 100 kW <i>when corrected to 10 kV equivalent. 0.1 mW maximum resolution.</i> <i>The measurement can be corrected to either 2.5 kV or 10 kV equivalents.</i>

Tabel 4.6 Lanjutan tabel sebelumnya . . .

Noise Immunity	
Electromagnetic	15mA induced noise into any test lead with no loss of measurement accuracy at maximum interference to specimen current of 20:1
Electromagnetic	500 μ T, at 50/60 Hz in any direction
Temperature	Operating: -20 to +55° C (-4 to +131° F) Storage: -50 to +70° C (-58 to +158° F)
Relative humidity	Operating: 0 to 95% non-condensing Storage: 0 to 95% non-condensing

2. Persiapan

Prosedur persiapan proses pengujian tangen delta dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Prosedur persiapan proses pengujian tangen delta

No	Prosedur persiapan proses pengujian tangen delta
1	Tempatkan alat tes pada jarak paling tidak 1,8 m dari obyek tes.
2	Persiapkan alat ukur, kabel dan accessories lainnya serta yakinkan semuanya dalam kondisi baik.
3	Persiapkan laptop untuk pengujian yang sudah terinstal aplikasi PowerDB
4	Lepaskan semua klem, konduktor dan grounding lokal pada obyek yang akan diuji.

3. Pelaksanaan

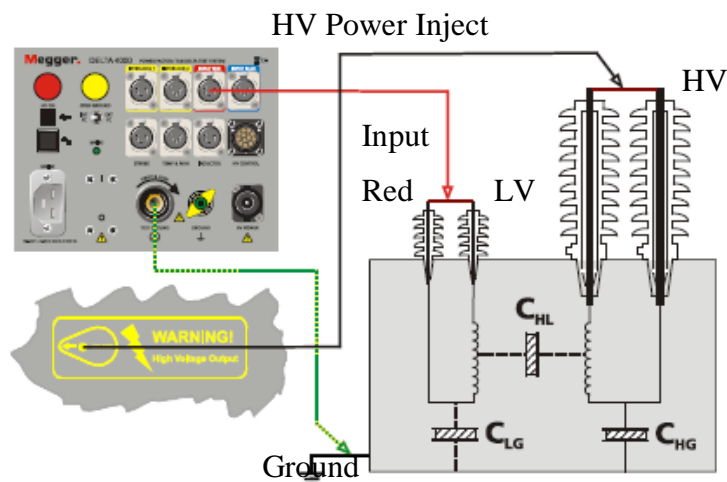
Prosedur pelaksanaan proses pengujian tangen delta dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Prosedur pelaksanaan proses pengujian tanger delta

No	Prosedur pelaksanaan proses pengujian tanger delta
1	Pastikan bahwa peralatan yang akan di uji sudah bebas dari tegangan.
2	Rangkai modul control Delta 4000 dengan Trafo <i>Step-up</i> dimana posisi trafo berada dibawah modul control dan pastikan <i>grounding</i> alat terhubung dengan <i>grounding</i> sistem.
3	Gelar kabel uji HV dan pastikan tidak ada tekukan pada kabel saat proses ini dilakukan.
4	Hubungkan ujung kabel HV dengan terminal konektor sesuaikan dengan objek yang akan di uji sedangkan ujung satunya dihubungkan pada probe HV objek uji
5	Hubungkan kabel pengukuran pada objek uji (jika diperlukan)
6	Sambung kabel power alat uji ke tegangan sumber 220volt AC.
7	Hidupkan alat uji tanger delta dengan memposisikan saklar pada posisi "1"..
8	Sambungkan kabel USB antara alat uji tanger delta dengan laptop pengujian Tenger Delta.
9	Sambung kabel power laptop pengujian tanger delta ke tegangan 220 volt AC
10	Hidupkan laptop pengujian Tenger Delta.
11	Klik icon "PowerDB 10 Lite" pada desktop laptop pengujian.
12	Pada pilihan instrument, pilih bagian power factor "DELTA 4000"
13	Pilih jenis obyek uji yang akan diuji
14	Masukkan data <i>Nameplate</i> obyek uji pada test plan pengujian.
15	Pastikan koneksi antara alat uji dengan laptop pengujian sudah lancar dengan cara klik kanan pada tabel pengujian dan pilih alamat port komunikasi sesuai dengan yang tertera di <i>device manager</i> .
16	Untuk memulai pengujian, klik kanan pada no pengujian.
17	Masukkan nilai tegangan uji sesuaikan dengan objek yang akan diuji.
18	Klik tombol F2 pada keyboard laptop.

Tabel 4.8 Lanjutan tabel sebelumnya . . .

No	Prosedur pelaksanaan proses pengujian tangen delta
19	Tekan dan tahan kedua safety interlock alat uji tahan sampai proses pengujian selesai.
20	Setelah selesai pengujian klik “Save”.



Gambar 4.6 Diagram pengkabelan uji tangen delta

2. Penyelesaian

Prosedur penyelesaian proses pengujian tangen delta dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Prosedur penyelesaian proses pengujian tangen delta

No	Prosedur penyelesaian proses pengujian tangen delta
1	Matikan Alat uji dengan memposisikan saklar pada posisi “0”.
2	Lepas kabel power alat uji dan laptop pengujian dari sumber tegangan 220 Volt AC.
3	Lepas semua kabel pengujian pada objek uji.
4	Lepas grounding, rangkaian pengukuran dan aksesoris alat uji
5	Periksa kebersihan alat dan simpan kembali pada tempatnya.
6	Print hasil pengujian
7	Selesai.

4.2.3 Proses Pengujian *Break Down Voltage* (BDV)

Berikut ini adalah proses dari pengujian *Break Down Voltage* yang dilakukan pada transformator:

1. Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana ini wajib di gunakan pada saat tahap pengujian *Break Down Voltage* (BDV), adapun sarana dan prasarana yang wajib di gunakan yaitu:

- *Laboratory Oil Dielectric Strenght Test Set* Megger – OTS 100 AF
- Gelas / Cawan uji
- Gapper *break down voltage* uk. 2.5 mm
- *Magnetic Stirrer*
- Sampel minyak isolasi trafo
- Tisu / kain majun
- Pinset
- Botol Limbah
- Sarung tangen karet
- Masker



Gambar 4.7 *Laboratory Oil Dielectric Strenght Test Set* (Megger - OTS 100 AF)

Spesifikasi *laboratory oil dielectric strenght test set* dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Spesifikasi *laboratory oil dielectric strenght test set*

Test voltage	OTS100AF 0 to 100 kV rms maximum (50 kV - 0 - 50 kV)
Voltage resolution and accuracy	0.1 kV °1% °2 digits
Vessels	400 ml (standard) 150 ml (option) Nylon 12 chamber provides precision electrode alignment, adjustment wheels lock electrodes in position, option of 150 ml vessel for low volume oil samples
Temperature measuring range	10 °C to 65 °C
Temperature sensor resolution	1 °C
Interface	USB 2.0 compatible 2 x USB type-A (Flash drive, printer, other) 1 x USB type-B (Factory use only)
Internal printer	Option) Matrix impact printer Paper 57.5 mm wide
External printer	Any printer with USB interface and PCL3 driver
Protection	Dual safety micro switches on chamber cover
Display	320 x 240 QVGA colour display with backlight
Operating temperature range and humidity	0 °C to +50 °C 80% RH at 40 °C
Storage temperature range and humidity	-30 °C to +65 °C 95% RH at 40 °C
Maximum altitude	2000

2. Persiapan

Prosedur persiapan proses pengujian tangen delta dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Prosedur persiapan proses pengujian tangen delta

No	Prosedur persiapan proses pengujian <i>Break Down Voltage</i>
1	Siapkan sampel minyak yang akan diuji ± 1 Liter dan pastikan tidak ada gelembung udara.
2	Lepaskan wadah uji dari alat uji dengan membuka tutup pengaman utama.
3	Ambil <i>Stirrer</i> dari dalam wadah uji minyak menggunakan stik magnetik/pinset, dan bersihkan dan simpan di tempat yang aman dan bersih.
4	Pastikan jarak <i>Gap</i> elektroda menggunakan alat ukur <i>Gapper</i> 2,5 mm.
5	Jika perlu menyesuaikan jarak, putarlah pengatur jarak maju mundur sesuai yang diinginkan.
6	Bersihkan bagian dalam wadah uji minyak dan tutup wadah uji dengan tisu tanpa serat lalu bersihkan kembali menggunakan minyak sampel yang akan diuji - bilasan minyak ditampung di ember kemudian tutup rapat dan tempatkan di tempat yang aman dan bersih.
7	Pastikan tidak ada ceceran atau tumpahan minyak di meja uji dan lantai Lab atau di lokasi trafo .
8	Masukkan contoh minyak ke dalam wadah uji minyak hingga batas takaran tanpa menimbulkan gelembung udara.
9	Tempatkan wadah uji minyak pada tempatnya
10	Masukkan stirrer yang sudah bersih - kering ke dalam wadah uji minyak
11	Tutuplah wadah uji minyak.
12	Tutuplah <i>cover</i> pengaman utama .
13	Sambungkan kabel grounding alat uji dengan sistim grounding.
14	Sambungkan alat uji pada sumber tegangan 220 Volt.

3. Pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan proses pengujian tangen delta dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Prosedur pelaksanaan proses pengujian tangen delta

No	Prosedur pelaksanaan proses pengujian <i>Break Down Voltage</i>
1	Nyalakan alat uji dengan memposisikan saklar ke posisi "ON".
2	Pada display LCD , dengan menekan tombol "OK", pilihlah acuan standar IEC 60156.
3	Tekan tombol "OK" pada "Test ID", muncul "Set Test ID". Isikan nama sampel minyak yang akan diuji.
4	Tekan tombol "OK" pada "Oil Type", pilihlah jenis Mineral.
5	Tekan tombol "OK" pada "Gap (mm)", pilihlah jarak 2.50 .
6	Tekan tombol "OK" pada "Stirrer", pilihlah gambar <i>stirrer</i> (sesuaikan dengan kondisi alat) .
7	Tekan "TEST", maka <i>STIRRER</i> akan berputar mengaduk minyak selama 5 menit (timer akan menghitung mundur).
8	Setelah waktu 5 menit itu tercapai, maka alat uji akan bekerja secara otomatis meliputi pengujian tegangan tembus sebanyak 6 kali. Setelah pengujian akhir selesai , hasil ukur tercetak secara otomatis.
9	Tulis hasil ukur pada blangko hasil Uji yang telah disiapkan
10	Selesai pengujian, sisa sampling hasil uji minyak dimasukkan ke dalam jirigen limbah. Ceceran dan tumpahan minyak segera dibersihkan.
11	Masukkan hasil uji pada buku laporan pengujian

4. Penyelesaian

Prosedur penyelesaian proses pengujian tangen delta dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Prosedur penyelesaian proses pengujian tange delta

No	Prosedur penyelesaian proses pengujian <i>Break Down Voltage</i>
1	Matikan alat uji dengan memposisikan saklar pada posisi ” <i>Off</i> ”.
2	Lepas kabel power 220 V AC dari stop kontak.
3	Lepas kabel <i>grounding</i> alat uji dari <i>system grounding</i> .
4	Buka <i>cover</i> pengaman utama alat uji.
5	Ambil stirrer dari wadah uji minyak dan bersihkan tutup wadah uji dengan kain majun. Bersihkan lokasi uji dan kembalikan alat ke tempat semula

4.3 Data Hasil Pengujian Isolasi Transformator

Setelah melakukan beberapa proses pengujian isolasi transformator kemudian didapatkan data hasil dari pengujian isolasi transformator tersebut, tahap selanjutnya yaitu data yang di dapatkan dari hasil pengujian isolasi transformator tersebut di olah untuk mengetahui kondisi dari isolasi trasformator tersebut apakah sudah sesuai dengan standar yang telah di tentukan. Kemudian, untuk mengetahui apakah ada penurunan dari kualitas isolasi pada transformator tersebut maka data hasil dari pengujian isolasi transformator saat ini (hasil uji tahun 2019) akan dibandingkan dengan data hasil dari pengujian sebelumnya (hasil uji tahun 2017).

4.3.1 Data Hasil Uji Indeks Polarisasi

Pada tabel 4.14 berikut adalah tabel data hasil uji indeks polarisasi pada Trafo 2 dari hasil uji indeks polarisasi sebelumnya (hasil uji tahun 2017) dengan hasil uji indeks polarisasi saat ini (hasil uji 2019). Hasil pengujian indeks polarisasi pada transformator 2 dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Data hasil uji indeks polarisasi pada Trafo 2

No.	Aktifitas	Hasil Uji Sebelumnya (2017)		Hasil Uji Saat Ini (2019)	
		1 Menit (MΩ)	10 Menit (MΩ)	1 Menit (MΩ)	10 Menit (MΩ)
1.	Primer-Ground	3.280	5.470	4.100	5.750
2.	Sekunder-Ground	3.070	5.670	2.350	5.200
3.	Tersier-Ground	2.950	6.390	1.680	5.330
4.	Primer-Sekunder	2.570	4.940	3.350	5.870
5.	Primer-Tersier	4.970	7.950	4.540	7.890
6.	Sekunder-Tersier	1.840	3.410	1.750	3.340

4.3.2 Data Hasil Uji Tangen Delta

Pada tabel 4.15 dan tabel 4.16 berikut adalah tabel data hasil uji tangen delta pada Trafo 2 dari hasil uji sebelumnya (hasil uji tahun 2017) dengan hasil uji saat ini (hasil uji 2019). Hasil pengujian tangen delta pada transformator 2 tahun 2017 dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Data hasil uji tangen delta pada Trafo 2 tahun 2017

Pengujian	Test kV	Ic (mA)	Watts	Cap (pF)
Inject HV: Primer				
CHL	10,00	21,114	0.3836	6.721,79
CH	10,00	11,156	0.3589	3.559,49
CH+CHL	10,00	32,205	0.7517	10.262,25
Inject HV: Sekunder				
CLT	10,00	46,290	1,0686	14.749,85
CL	10,00	4,010	0,2653	1.277,45
CL+CLT	10,00	50,191	1,3592	15.993,71
Inject HV: Tersier				
CHT	2,00	0,102	0,0006	163,54
CT	2,00	8,021	0,0593	12.768,30
CT+CHT	2,00	8,101	0,0596	12.932,65

Hasil pengujian tangen delta pada transformator 2 tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.16 Data hasil uji tangen delta pada Trafo 2 tahun 2019

Pengujian	Test kV	Ic (mA)	Watts	Cap (pF)
Inject HV: Primer				
CHL	10,00	21,018	0,3809	6.697,72
CH	10,00	11,106	0,4237	3.539,56
CH+CHL	10,00	32,084	0,8245	10.230,71
Inject HV: Sekunder				
CLT	10,00	46,581	1,1213	14.847,25
CL	10,00	3,990	0,2417	1.271,06
CL+CLT	10,00	50,526	1,3752	16.105,19
Inject HV: Tersier				
CHT	2,00	0,102	0,0006	163,02
CT	2,00	8,002	0,0548	12.755,96
CT+CHT	2,00	8,102	0,0553	12.918,90

4.3.3 Data Hasil Uji *Break Down Voltage* (BDV)

Pada tabel 4.17 berikut adalah tabel data hasil uji *Break Down Voltage* pada Trafo 2 dari hasil uji sebelumnya (hasil uji tahun 2017) dengan hasil uji saat ini (hasil uji 2019). Hasil pengujian *Break Down Voltage* pada transformator 2 tahun 2017 dan tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Data hasil uji *Break Down Voltage* pada Trafo 2

Minyak	Test ke-	Hasil Uji Sebelumnya (2017)	Hasil Uji Saat Ini (2019)
Minyak Bagian Bawah	1	62,2 kV	75,5 kV
	2	63,6 kV	76,3 kV
	3	56,9 kV	58,0 kV
	4	56,1 kV	62,0 kV
	5	55,0 kV	58,8 kV

Tabel 4.17 Lanjutan tabel sebelumnya . . .

Minyak	Test ke-	Hasil Uji Sebelumnya (2017)	Hasil Uji Saat Ini (2019)
Minyak Bagian Bawah	6	47,3 kV	65,8 kV
	Rata-rata	56,9 kV	66,0 kV
Minyak OLTC	1	39,9 kV	75,8 kV
	2	34,3 kV	59,4 kV
	3	32,0 kV	60,8 kV
	4	24,3 kV	73,3 kV
	5	25,8 kV	59,4 kV
	6	32,1 kV	73,7 kV
	Rata-rata	31,4 kV	67,7 kV

4.4 Perhitungan Nilai Indeks Polarisasi

Berdasarkan data hasil uji indeks polarisasi pada Trafo 2 maka nilai indeks polarisasinya dapat ditentukan dengan perhitungan berikut ini:

1. Hasil uji indeks polarisasi tahun 2017

a. Primer-Ground

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{5.470}{3.280}$$

$$IP = 1,66$$

b. Sekunder-Ground

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{5.670}{3.070}$$

$$IP = 1,84$$

c. Tersier-Ground

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{6.390}{2.970}$$

$$IP = 2,15$$

d. Primer-Sekunder

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{4.940}{2.570}$$

$$IP = 1,92$$

e. Primer-Tersier

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{7.950}{4.970}$$

$$IP = 1,59$$

f. Sekunder-Tersier

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{3.410}{1.840}$$

$$IP = 1,85$$

2. Hasil uji indeks polarisasi tahun 2019

a. Primer-Ground

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{5.750}{4.100}$$

$$IP = 1,40$$

b. Sekunder-Ground

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{5.200}{2.350}$$

$$IP = 2,21$$

c. Tersier-Ground

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{5.330}{1.680}$$

$$IP = 3,17$$

d. Primer-Sekunder

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{5.870}{3.350}$$

$$IP = 1,75$$

e. Primer-Tersier

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{7.890}{4.540}$$

$$IP = 1,73$$

f. Sekunder-Tersier

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{3.340}{1.750}$$

$$IP = 1,90$$

Berdasarkan hasil perhitungan indeks polarisasi tersebut maka kondisi isolasi pada Trafo 2 150 kV Gardu induk Kentungan dapat diketahui. Jika nilai indeks polarisasi nya masih dalam batas wajar maka transformator tersebut dalam keadaan baik. Pada tabel 4.18 berikut merupakan klasifikasi nilai standart dari indeks polarisasi yang diizinkan.

Tabel 4.18 Klasifikasi kondisi hasil uji indeks polarisasi

Kondisi	Indeks Polarisasi
Berbahaya	< 1,0
Jelek	1,0 - 1,1
Dipertanyakan	1,1 – 1,25
Baik	1,25 – 2,0
Sangat Baik	> 2,0

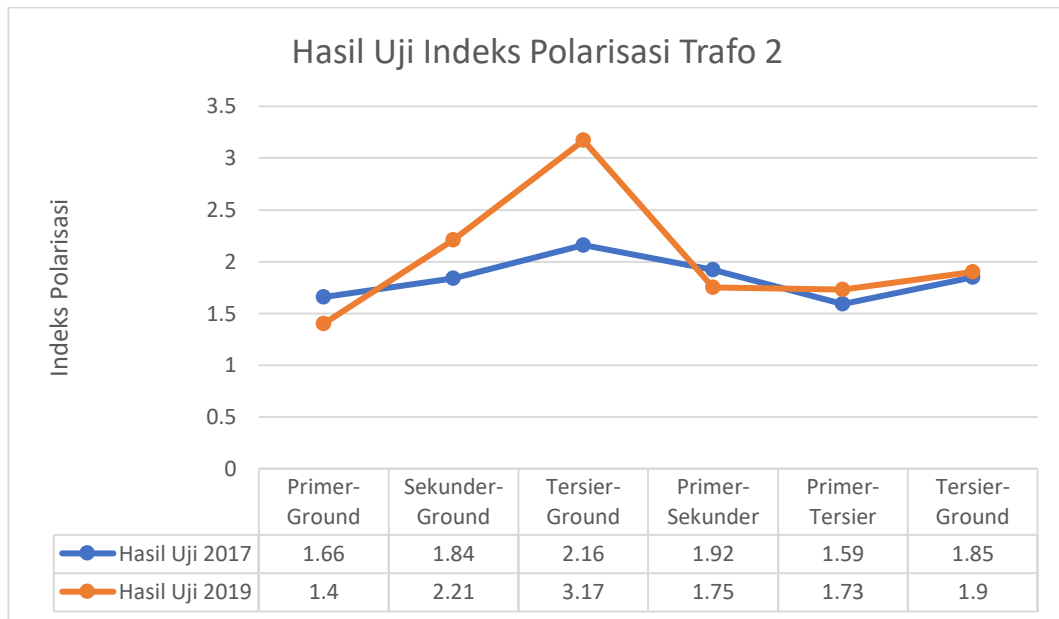
Data nilai indeks polarisasi pada Trafo 2 setelah perhitungan dari hasil uji indeks polarisasi dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Data nilai indeks polarisasi pada Trafo 2

No.	Aktifitas	Hasil Uji Sebelumnya (2017)		Hasil Uji Saat Ini (2019)	
		IP	Keterangan	IP	Keterangan
1.	Primer-Ground	1,66	Baik	1,4	Baik
2.	Sekunder-Ground	1,84	Baik	2,21	Sangat Baik
3.	Tersier-Ground	2,16	Sangat Baik	3,17	Sangat Baik
4.	Primer-Sekunder	1,92	Baik	1,75	Baik
5.	Primer-Tersier	1,59	Baik	1,73	Baik
6.	Sekunder-Tersier	1,85	Baik	1,9	Baik

4.5 Analisis Nilai Indeks Polarisasi

Grafik hasil pengujian indeks polarisasi pada Trafo 2 pada tahun 2017 dan tahun 2019 dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Grafik hasil pengujian indeks polarisasi pada Trafo 2

Dari hasil uji dan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa sesuai dengan klasifikasi nilai standard uji indeks polarisasi yang diijinkan, kondisi dari belitan isolasi pada Transformator 2 150kV Gardu induk Kentungan masih dalam keadaan baik, karena seperti pada tabel hasil uji indeks polarisasi dan hasil perhitungan uji indeks polarisasi sendiri pada tahun 2017 dan tahun 2019 semuanya masih kondisi baik, karena hasil uji dan hasil perhitungan uji indeks polarisasi di atas masih dalam klasifikasi nilai standard uji indeks polarisasi yang diijinkan yaitu 1,25-2 kondisi (baik). Dan dilihat dari grafik hasil pengujian indeks polarisasi pada Trafo 2 ada beberapa kondisi pada tahun 2019 yang mengalami penurunan dari tahun 2017, Hal tersebut bisa terjadi dan mungkin di sebabkan karena beberapa hal yang dapat mempengaruhi besarnya nilai indeks polarisasi pada isolai transformator yaitu air dan gelembung udara. Air dan gelembung udara pada transformator dapat menyebabkan terjadinya hubung singkat dan penurunan kualitas isolasi transformator. Sehingga kondisi pada bagian dalam transformator harus benar-benar kering. Selain itu sifat dari kertas isolasi belitan pada transformator sangat mudah menyerap air sehingga memang pada belitan transformator kondisinya harus kering dan tidak terdapat air ataupun gelembung udara. Jadi misalkan kondisi

yang mengalami penurunan tersebut kedepannya juga mengalami penurunan juga, secepatnya PLN melakukan perbaikan pada belitan isolasi transformator tersebut. Umumnya perbaikan yang di lakukan pada pada isolasi transformator tersebut dengan cara di vaccum pada bagian dalam transformator sehingga tidak terdapat lagi air dan gelembung udara di dalam transformator tersebut dan pada belitan isolasi transformator tersebut kering.

4.6 Perhitungan Nilai Tangen Delta

Berdasarkan data hasil uji tangen delta pada Trafo 2 maka nilai tangen deltanya dapat ditentukan dengan perhitungan berikut ini:

1. Hasil uji tangen delta tahun 2017

a. CHL

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{loss}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3836}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 6.721,79 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3836}{10^8 \times 314 \times 6.721,79 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3836}{314 \times 0,672179} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3836}{211,1} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,18\%$$

b. CH

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{loss}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3589}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 3.559,49 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3589}{10^8 \times 314 \times 3.559,49 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3589}{314 \times 0,355949} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3589}{111,8} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,32\%$$

c. CH+CHL

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{loss}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,7517}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 10.262,25 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,7517}{10^8 \times 314 \times 10.262,25 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,7517}{314 \times 1,026225} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,7517}{322,2} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,23\%$$

d. CLT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{loss}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,0686}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 14.749,85 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,8530}{10^8 \times 314 \times 14.749,85 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,0686}{314 \times 1,474985} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,0686}{463,1} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,23\%$$

e. CL

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,2653}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 1.277,45 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,2653}{10^8 \times 314 \times 1.277,45 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,2653}{314 \times 0,127745} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,2653}{40,1} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,66\%$$

f. CL+CLT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,3592}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 15.993,71 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,3592}{10^8 \times 314 \times 15.993,719 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,3592}{314 \times 1,599371} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,3592}{502,2} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,27\%$$

g. CHT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0006}{2.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 163,54 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0006}{10^6 \times 1.256 \times 163,54 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0006}{1.256 \times 0,00016354} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0007}{0,2054} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,34\%$$

h. CT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0593}{2.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 12.768,30 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0593}{10^6 \times 1.256 \times 12.768,30 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0593}{1.256 \times 0,01276830} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0593}{16,036} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,37\%$$

i. CT+CHT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0596}{2.000^2 \times 2 \times 1.256 \times 50 \times 12.932,65 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0596}{10^6 \times 1.256 \times 12.932,65 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0596}{1.256 \times 0,01293265} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0596}{16,243} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,37\%$$

2. Hasil uji tagen delta tahun 2019

a. CHL

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3809}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 6.697,72 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3809}{10^8 \times 314 \times 6.697,72 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3809}{314 \times 0,669772} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3809}{210,27} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,18\%$$

b. CH

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,4237}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 3.539,56 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,4237}{10^8 \times 314 \times 3.539,56 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3751}{314 \times 0,353956} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,3751}{111,14} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,34\%$$

c. CH+CHL

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,8245}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 10.230,71 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,8245}{10^8 \times 314 \times 10.230,71 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,8245}{314 \times 1,023071} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,8245}{321,24} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,26\%$$

d. CLT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,1213}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 14.847,25 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,1213}{10^8 \times 314 \times 14.847,25 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,1213}{314 \times 1,484725} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,1213}{466,20} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,24\%$$

e. CL

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,2417}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 1.271,06 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,2417}{10^8 \times 314 \times 1.271,06 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,2417}{314 \times 0,127106} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,2417}{39,91} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,60\%$$

f. CL+CLT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,3752}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 16.105,19 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,3752}{10^8 \times 314 \times 16.105,19 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,3752}{314 \times 1,610519} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{1,3752}{505,7} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,27\%$$

g. CHT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0006}{2.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 163,02 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0006}{10^6 \times 1.256 \times 163,02 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0006}{1.256 \times 0,00016302} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0006}{0,2047} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,29\%$$

h. CT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{\text{loss}}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0548}{2.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 12.755,96 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0548}{10^6 \times 1.256 \times 12.755,96 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0548}{1.256 \times 0,01275596} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0548}{16,021} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,34\%$$

i. CT+CHT

$$\text{Tan } \delta = \frac{P_{loss}}{V^2 \cdot \omega \cdot C}$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0553}{2.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 12.918,90 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0553}{10^6 \times 1.256 \times 12.918,90 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0553}{1.256 \times 0,01291890} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = \frac{0,0553}{16,226} \times 100\%$$

$$\text{Tan } \delta = 0,34\%$$

Berdasarkan hasil uji tangen delta, kondisi dari isolasi transformator daya dinyatakan dalam kondisi baik jika nilai hasil pengukurannya kurang dari 0,5%. Tabel 4.20 berikut merupakan tabel standard nilai uji tangen delta pada pengujian isolasi dari transformator daya.

Tabel 4.20 Klasifikasi kondisi hasil uji tangen delta

Hasil Uji	Kondisi
< 0,5%	Bagus
≥ 0,5% - 0,7 %	Mengalami penurunan
≥ 0,7% - 1,0 %	Perlu investigasi
≥ 1,0 %	Jelek, perlu reklamasi

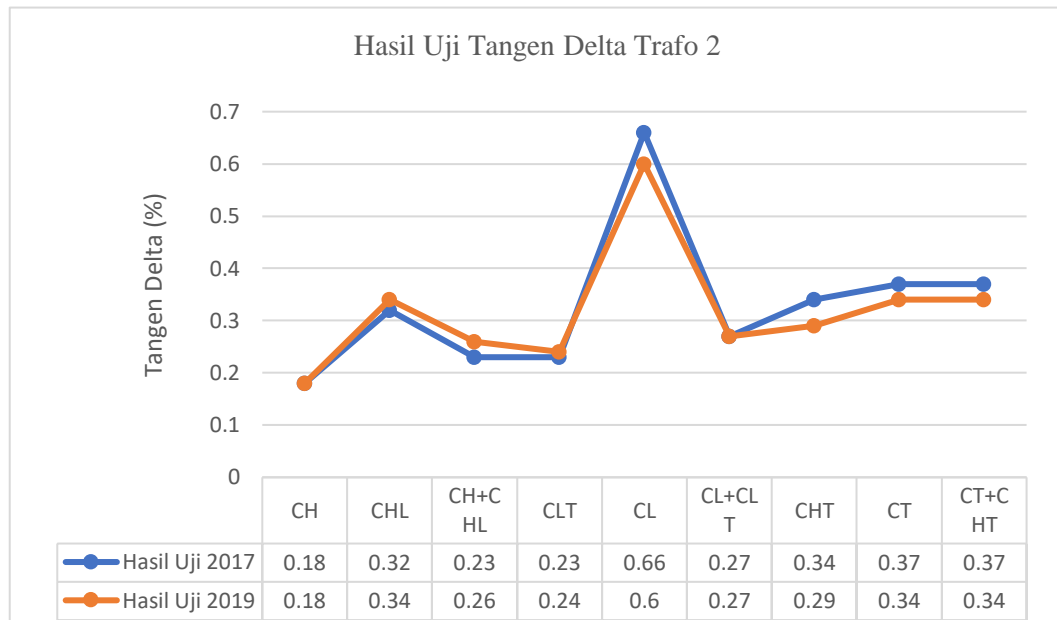
Data nilai tangen delta pada Trafo 2 setelah perhitungan dari hasil uji tangen delta dapat dilihat pada tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21 Data nilai tangen delta pada Trafo 2

Pengujian	Hasil Uji Sebelumnya (2017)		Hasil Uji Saat Ini (2018)	
	Tangen Delta	Keterangan	Tangen Delta	Keterangan
Inject HV: Primer				
CHL	0,18%	Bagus	0,18%	Bagus
CH	0,32%	Bagus	0,34%	Bagus
CH+CHL	0,23%	Bagus	0,26%	Bagus
Inject HV: Sekunder				
CLT	0,23%	Bagus	0,24%	Bagus
CL	0,66%	Mengalami Penurunan	0,60%	Mengalami Penurunan
CL+CLT	0,27%	Bagus	0,27%	Bagus
Inject HV: Tersier				
CHT	0,34%	Bagus	0,29%	Bagus
CT	0,37%	Bagus	0,34%	Bagus
CT+CHT	0,37%	Bagus	0,34%	Bagus

4.7 Analisis Tangen Delta Pada Transformator

Grafik hasil pengujian tangen delta pada Trafo 2 pada tahun 2017 dan tahun 2019 dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian tangen delta pada Trafo 2

Dari hasil uji dan hasil perhitungan pada tabel 4.21 dan sesuai dengan grafik pada gambar 4.9 berikut dapat disimpulkan bahwa sesuai dengan klasifikasi kondisi hasil uji tangen delta yang diijinkan, kondisi kualitas dari belitan isolasi pada transformator 2 150kV Gardu induk Kentungan dalam keadaan baik. Kondisi tersebut bisa dikatakan baik karena nilai hasil uji dan hasil perhitungan tangen delta pada tahun 2017 dan tahun 2019 rata rata masih dalam kondisi bagus/baik dan masih dalam nilai klasifikasi kondisi hasil uji tangen delta yang diijinkan yaitu kurang dari 0,5% (bagus). Namun jika dilihat dari nilai klasifikasi kondisi hasil uji tangen delta yang diijinkan, terdapat beberapa bagian yang mengalami penurunan kualitas dari isolasi transformator terebut yaitu pada hasil uji tahun 2017 pada bagian CL. Pada hasil uji tahun 2017 tersebut nilai tangen delta pada CL sebesar 0,66%, dan sesuai dengan nilai klasifikasi kondisi hasil uji tangen delta yang diijinkan, nilai hasil uji tangen delta tersebut termasuk dalam kondisi mengalami penurunan (sama dengan atau lebih dari 0,5%-0,7%) sehingga perlu adanya tindak

lanjut perbaikan agar memperbaiki nilai tangean deltanya sesuai nilai pada klasifikasi kondisi hasil uji tangean delta yang diijinkan. Kondisi nilai tangean delta tersebut tidak terlalu mempengaruhi system kerja pada transformator tersebut karena nilainya masih jauh dengan nilai kondisi tangean delta yang bida dikatakan kondisi tangean deltanya buruk. Namun berdasarkan grafik hasil pengujian tangean delta pada Trafo 2 pada gambar 4.9 berikut teradpat penurunan nilai tangean delta pada hasil uji tahun 2019 di beberapa bagian kapasitansi. Dari kondisi tersebut jadi PLN sudah melakukan perbaikan pada isolasi transformator tersebut sehingga kondisi dari isolasi transformator tersebut semakin baik. Karena semakin kecil nilai tangean deltanya maka kondisi dari isolasi transformatornya akan semakin baik begitu juga dengan sebaliknya. Walaupun perubahan nilai tangean deltanya tidak terlalu signifikan tetapi hal tersebut sudah cukup untuk meningkat kan kondisi isolasi pada transformator.

4.8 Analisis Pengaruh Arus Resistif (I_R) Terhadap Losess Daya

Arus resistif (I_R) adalah arus yang mengalir melalui isolasi yang memiliki komponen resistif. Arus resistif merupakan salah satu indikator untuk mengetahui kondisi dari isolasi transformator. Arus resistif juga merupakan salah satu penyebab timbulnya losses daya pada isolasi transformator. Dan berdasarkan hasil pengujian tangean delta, maka nilai I_R nya dapat diketahui dengan rumus $P = V \cdot I_R$. Dari rumus tersebut juga dapat diketahui seberapa besar pengaruh I_R terhadap besarnya nilai losess daya yang ditimbulkan dengan tegangan yang sama. Dan berikut ini adalah cara menentukan nilai I_R pada isolasi transformator.

- Perhitungan I_R

$$P_{loss} = V \cdot I_R$$

$$I_R = \frac{P_{loss}}{V}$$

$$I_R = \frac{0,2653}{10.000}$$

$$I_R = 0,026 \text{ mA}$$

Data nilai I_R yang dihasilkan Trafo 2 tahun 2017 dan tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 4.22 dan tabel 4.23 berikut.

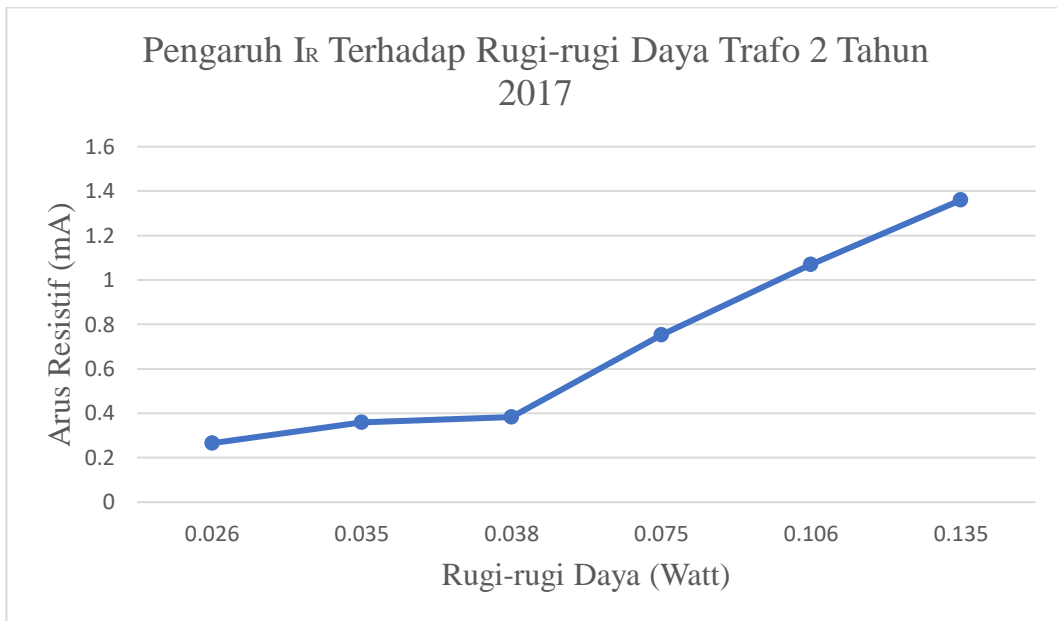
Tabel 4.22 Data nilai (I_R) yang dihasilkan Trafo 2 tahun 2017

Losses Daya (watt)	Tegangan Uji (kV)	Arus Resistif (mA)
0,2653	10,00	0,026
0,3589	10,00	0,035
0,3836	10,00	0,038
0,7517	10,00	0,075
1,0686	10,00	0,106
1,3592	10,00	0,135

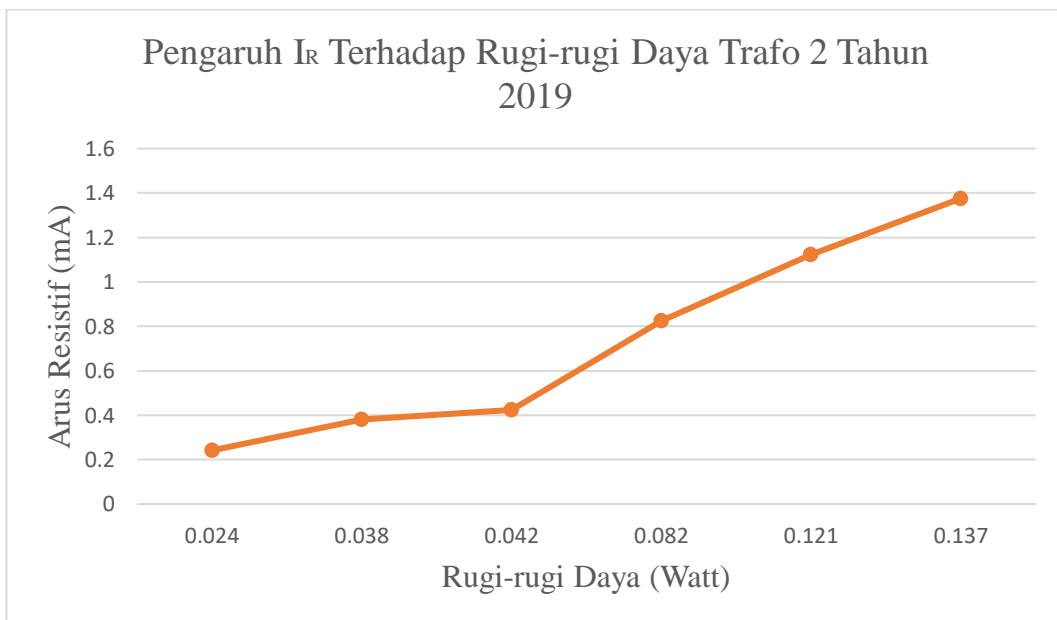
Tabel 4.23 Data nilai (I_R) yang dihasilkan Trafo 2 tahun 2019

Losses Daya (watt)	Tegangan Uji (kV)	Arus Resistif (mA)
0,2417	10,00	0,024
0,3809	10,00	0,038
0,4237	10,00	0,042
0,8245	10,00	0,082
1,1213	10,00	0,121
1,3752	10,00	0,137

Gambar grafik pengaruh I_R terhadap rugi-rugi daya Trafo 2 tahun 2017 dan tahun 2019 dapat dilihat pada gambar 4.10 dan gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.10 Grafik pengaruh I_R terhadap losess daya Trafo 2 Tahun 2017



Gambar 4.11 Grafik pengaruh I_R terhadap losess daya Trafo 2 Tahun 2019

Dari kedua grafik pada gambar 4.10 dan gambar 4.11 berikut dapat di simpulkan bahwa nilai I_R akan mempengaruhi besarnya nilai dari losess daya. Dari kedua grafik diatas dapat dilihat yaitu semakin besar nilai I_R pada isolasi transformator tersebut semakin besar pula nilai losess daya yang dihasilkan oleh

transformator tersebut, Kemudian pada kondisi sebaliknya yaitu semakin kecil nilai I_R pada isolasi transformator tersebut semakin kecil pula nilai losess daya yang dihasilkan oleh transformator tersebut. Dari kondisi tersebut dapat dikatakan besarnya nilai losess daya yang dihasilkan dari transformator tersebut berbanding lurus dengan besarnya nilai I_R pada yang dihasilkan oleh transformator dengan menggunakan tegangan yang sama. Nilai I_R ini disebabkan adanya kontaminasi dan penurunan kualitas pada isolasi transformator. Oleh sebab itu perawatan dan pemeliharaan pada bagian isolasi transformator sangat diperlukan untuk menghilangkan nilai I_R pada isolasi transformator. Karena jika nilai $I_R = 0$ berdasarkan rumus $P_{loss} = V \cdot I_R I_r$, maka yang terjadi adalah $P = V \cdot 0$ dan $P = 0$. Dan ini berarti losess dayanya akan bernilai 0 atau tidak ada losess dayanya

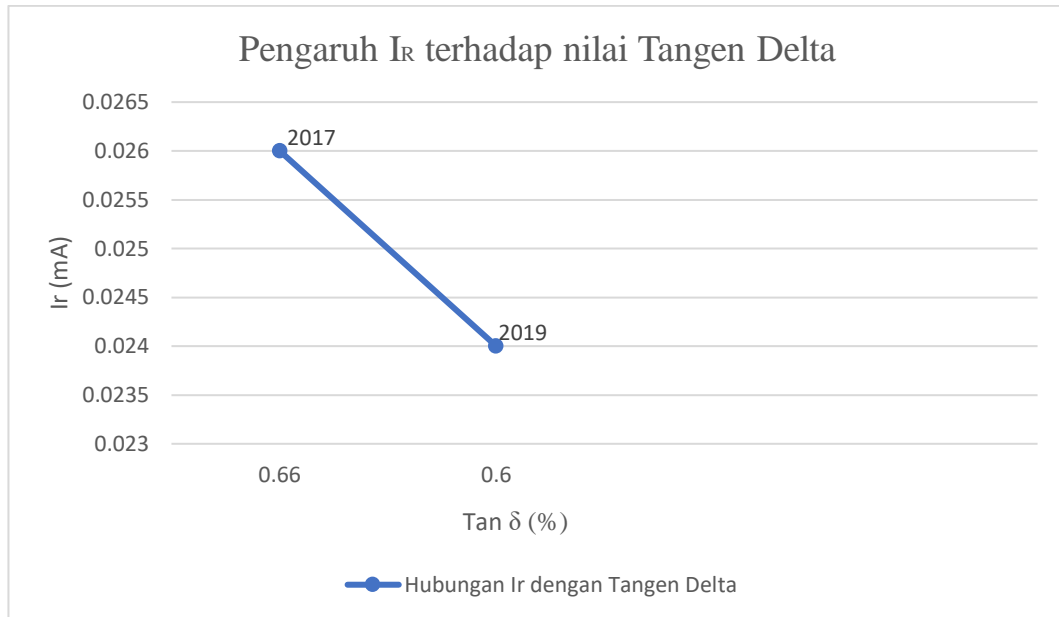
4.9 Analisis Pengaruh Arus Resistif (I_R) Terhadap Nilai Tangen Delta

Seperti yang diketahui sebelumnya I_R merupakan arus yang terjadi akibat adanya gangguan pada isolasi transformator. I_R juga merupakan salah satu penyebab terjadinya rugi sudut atau tangen delta. Dan berdasarkan rumus $\tan \delta = \frac{I_R}{I_C}$ kita dapat mengetahui hubungan antara nilai I_r dengan tangen delta. Dan seperti diketahui sebelumnya juga tan delta merupakan rugi sudut arus yang disebabkan oleh menurunnya kondisi isolasi pada transformator. Data pengaruh I_R terhadap nilai tangen delta dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut.

Tabel 4.24 Data pengaruh I_R terhadap nilai tangen delta

Tan δ		I_R (mA)	
Hasil Uji Sebelumnya	Hasil Uji Saat Ini	Hasil Uji Sebelumnya	Hasil Uji Saat Ini
0,66 %	0,60 %	0,026	0,024

Grafik pengaruh I_R terhadap nilai tangen delta pada trafo 2 dapat dilihat pada gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Grafik pengaruh I_R terhadap nilai tangen delta

Dari tabel dan grafik pada gambar 4,12 berikut dapat disimpulkan bahwa hubungan antara I_R dan $\tan \delta$ dengan nilai I_C yang tetap adalah searah. Dari pernyataan tersebut jadi semakin kecil nilai I_R nya maka akan semakin kecil juga nilai dari $\tan \delta$ nya. Hal tersebut sesuai dengan rumus dari $\tan \delta$ yaitu $= \frac{I_R}{I_C}$ dimana besarnya nilai tangen delta sangat dipengaruhi oleh besarnya dari nilai I_R yang dihasilkan. Karena semakin kecil nilai tangen deltanya maka kondisi isolasi dari transformatornya akan semakin bagus. Jika $I_R = 0$ maka yang terjadi adalah $\tan \delta = \frac{0}{I_C}$ dan $\tan \delta = 0$ dan dapat di asumsikan kondisi isolasi dari transformator yang bagus adalah jika nilai tangen deltanya bernilai 0. Dan jika $I_R = 0$ berdasarkan rumus $I_T = I_R + I_C$ maka yang terjadi adalah $I_T = 0 + I_C$ dan $I_T = I_C$, oleh sebab itu arus yang mengalir pada isolasi seharusnya arus kapasitif murni.

4.10 Perhitungan Nilai *Break Down Voltage* (BDV)

Berdasarkan data hasil uji *Break Down Voltage* pada Trafo 2 maka nilai *Break Down Voltage* nya dapat ditentukan dengan perhitungan berikut ini:

1. Hasil uji Break Down Voltage tahun 2017

a. Minyak bagian bawah

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b(rata-rata)}{d}$$

$$E_{rata-rata} = \frac{56,9 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}}$$

$$E_{rata-rata} = 22,76 \text{ kV/mm}$$

b. Minyak OLTC

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b(rata-rata)}{d}$$

$$E_{rata-rata} = \frac{31,4 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}}$$

$$E_{rata-rata} = 12,56 \text{ kV/mm}$$

2. Hasil uji Break Down Voltage tahun 2019

a. Minyak bagian bawah

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b(rata-rata)}{d}$$

$$E_{rata-rata} = \frac{66,0 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}}$$

$$E_{rata-rata} = 26,4 \text{ kV/mm}$$

b. Minyak OLTC

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b(rata-rata)}{d}$$

$$E_{rata-rata} = \frac{67,7 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}}$$

$$E_{rata-rata} = 27,08 \text{ kV/mm}$$

Dan berdasarkan hasil uji tegangan tembus (BDV), minyak isolasi trafo akan dinyatakan dalam kondisi baik jika hasil pengukurannya sesuai dengan standart nilai yang telah ditentukan. Nilai standart klasifikasi kondisi nilai tegangan tembus pada minyak transformator bida dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.25 Klasifikasi kondisi hasil uji Break Down Voltage

Tegangan (kV)	Bagus (kV/mm)	Buruk (kV/mm)
< 70	≥ 30 kV/2.5 mm	≤ 30 kV/2.5 mm
70-170	≥ 40 kV/2.5 mm	≤ 40 kV/2.5 mm
> 170	≥ 50 kV/2.5 mm	≤ 50 kV/2.5 mm

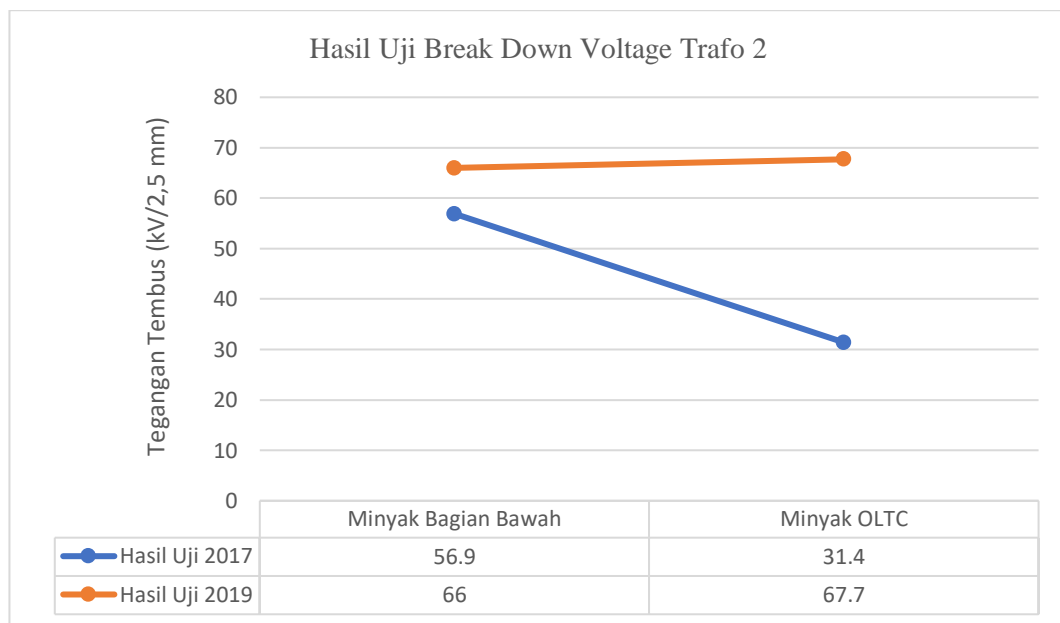
Data nilai hasil uji *Break Down Voltage* pada Trafo 2 bisa dilihat pada tabel 4.26 berikut.

Tabel 4.26 Data nilai BDV pada Trafo 2

Minyak	Hasil Uji Sebelumnya (2017)		Hasil Uji Saat Ini (2019)	
	BDV	Keterangan	BDV	Keterangan
Minyak Bagian bawah	59,6 kV/2,5 mm	Bagus	66,8 kV/2,5 mm	Bagus
Minyak OLTC	31,4 kV/2,5 mm	Buruk	67,7 kV/2,5 mm	Bagus

4.11 Analisis Break Down Voltage Transformator

Grafik hasil pengujian *Break Down Voltage* pada Trafo 2 dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Grafik hasil pengujian *Break Down Voltage* pada Trafo 2

Dari hasil uji dan hasil perhitungan pada tabel 4.26 diatas dapat disimpulkan bahwa sesuai dengan Klasifikasi kondisi hasil uji Break Down Voltage kondisi dari kualitas minyak isolasi pada Transformator 2 150 kV Gardu induk kentungan dalam keadaan baik/bagus. Kondisi tersebut bisa dinyatakan baik/bagus karena nilai BDV pada bagian minyak bawah dan minyak OLTC rata-rata dalam keadaan baik/bagus dan sesuai dengan nilai standar dari klasifikasi kondisi hasil uji Break Down Voltage yang diizinkan yaitu harus lebih dari 40kV/2,5mm. Namun ada salah satu kondisi yaitu pada bagian minyak OLTC pada hasil uji tahun 2017, nilai hasil uji BDV pada bagian minyak OLTC tahun 2017 mengalami penurunan yaitu sebesar 31,4kV/2,5mm, yang nilai tersebut jika sesuai dengan nilai klasifikasi kondisi hasil uji Break Down Voltage nilai hasil uji BDV pada bagian minyak OLTC tahun 2017 tersebut dikategorikan buruk/kurang bagus.

Jika dilihat dari grafik hasil pengujian Break Down Voltage pada Trafo 2 pada gambar 4.13 diatas terjadi peningkatan nilai nilai hasil uji BDV pada bagian minyak OLTC di tahun 2019, yang sebelumnya pada tahun 2017 nilai BDV pada bagian minyak OLTC 31,4kV/2,5mm dalam kategori buruk/kurang bagus kemudian mengalami peningkatan pada tahun 2019 yaitu nilai BDV pada bagian minyak OLTC sebesar 67,7kV/2,5mm dan dalam kategori baik/bagus, ini berarti pihak PLN sendiri sudah melakukan perbaikan secara maksimal pada minyak transformator itu sehingga nilai BDV pada bagian minyak OLTC kondisinya berubah menjadi baik/bagus. Perbaikan ini biasanya berupa purifikasi atau penggantian minyak itu sendiri. Purifikasi merupakan sebuah cara untuk memurnikan kandungan minyak transformator. Karena minyak transformator yang digunakan menerima tegangan tinggi dan dalam waktu yang lama maka dapat mengalami penurunan kualitas seperti minyak menjadi kotor, terdapat kandungan air ataupun gelembung udara. Terdapat beberapa tahap dalam purifikasi yaitu *boiling, filtering, centrifuge reclaiming dan regeneration*.