



LAMPIRAN

UIT JAWA BAGIAN TENGAH
UPT PURWOKERTO

Nomor : 0762/STH.01.04/B36050000/2020 13 Juli 2020
Lampiran : 1 Lembar
Sifat : Segera
Hal : Jawaban Izin Penelitian Kepada

Yth. UNIVERSITAS ISLAM SULTAN
AGUNG (UNISSULA)
Jl Raya Kaligawe Km 4
Semarang 50112

up Yth. Ka Prodi Teknik Elektro

Menunjuk surat Saudara Nomor 167/C2-TA/SA-TI/VI/2020 tanggal 01 Juli 2020 perihal Penelitian, dengan ini kami sampaikan bahwa kami memberikan izin mahasiswa Saudara (Muhamad Firdaus Robbani) melakukan Penelitian di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Purwokerto Gardu Induk 150 KV Kebasen.

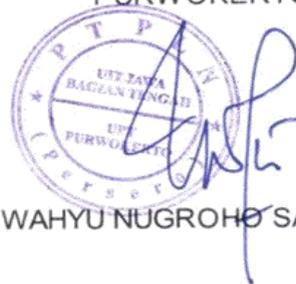
Adapun ketentuan pelaksanaan adalah sebagai berikut:

Tanggal : 06 — 20 Juli 2020
Tempat : Gardu Induk 150 KV Kebasen
Alamat : Jl. Raya 2 Tegal, Slawi, Kec. Talang Kab. Tegal

Bagi mahasiswa yang akan melaksanakan Penelitian agar mengisi dan menandatangani Surat Pernyataan (terlampir) disertai materai 6000 dan pas foto ukuran 3 x 4 cm, kemudian diserahkan kembali ke Bagian Administrasi dan Umum PT PLN (Persero) UPT Purwokerto yang beralamat di Jl. Jend. Gatot Subroto 87 Purwokerto.

Demikian kami sampaikan atas perhatian diucapkan terimakasih.

MANAGER UNIT PELAKSANA TRANSMISI
PURWOKERTO,



WAHYU NUGROHO SANTOSO

ERSERO)

No. FOR

PURWOKERTO

Gatot Subroto NO.87 Purwokerto Timur

AMPIRAN " LAPORAN TEKNIK "

No. Trado	/
Tag. / Daya	150/20KV
Merk / Tipe	/

LEMBAR HASIL PENGECEKAN TRANSFORMER

STANDARD VDE	HASIL TAHUN LALU			TINDAKAN	HASIL SAAT INI		
	1 MINUTE	10 MINUTE	IP		1 MINUTE	10 MINUTE	IP
C	D	E	F	J	K	L	M

KLASIFIKASI (Mo)

°C

STANDARD (SKDIR 520)	5190	8020	1,55				
TP (NORMAL) = 1,25 - > 2,0	7100	11200	1,58		3,53	4,45	1,26
TP = 10 Minute / 1 Minute	7160	11900	1,66		3,96	6,68	1,68
150/20 KV 60 MVA	6730	11900	1,77		3,10	7,67	1,69
HV > 795 MO	6460	12400	1,92		3,58	6,99	1,95
LV > 106 MO	6480	12300	1,90		4,96	9,23	1,86
	> 2000				7200		
	> 2000				7200		
	> 2000				7200		
	> 2000				7200		
1 Minute					7200		
1000 V					7200		
	> 2000				7200		

THREE-WINDING TRANSFORMERS CAPACITANCE AND POWER FACTOR TESTS



TRANSFORMER OVERALL TEST SET UP								TRANSFORMER OVERALL TEST RESULTS								
Test No.	INSULATION TESTED	Test Mode	Test Lead Connections				TEST kV	DFR	Capacitance C (pF)	POWER FACTOR %			DIRECT		%VDF	IR
			HV	Red	Blue	Gnd				Measured	@ 20°C	Corr Factor	mA	Watts		
1	C _{HG} + C _{HL}	GSTg-B	H	L	T	G	10,00		10,468,97	0,16	0,13	0,810	32,867	0,5364	0,02	G
2	C _{HG}	GSTg-RB	H	L	T	G	10,00		3,621,39	0,19	0,15	0,810	11,340	0,2096	0,02	G
3	C _{HL}	UST-R	H	L	T	G	10,00		6,864,40	0,15	0,12	0,810	21,549	0,3128	0,02	G
4	C _{HL'}		Test 1 Minus Test 2						6,847,58				21,527	0,327		Valid
5	C _{LG} + C _{LT}	GSTg-R	L	H	T	G	10,00		16,069,47	0,17	0,14	0,810	50,427	0,8473	0,03	G
6	C _{LG}	GSTg-RB	L	H	T	G	10,00		1,229,01	0,36	0,29	0,810	3,857	0,1365	0,04	G
7	C _{LT}	UST-B	L	H	T	G	10,00		14,871,34	0,15	0,13	0,810	46,708	0,7208	0,02	G
8	C _{LT'}		Test 5 Minus Test 6						14,840,46				46,570	0,711		Valid
9	C _{TG} + C _{HT}	GSTg-B	T	H			5,00		15,771,83	0,29	0,24	0,810	24,736	0,3629	0,02	G
10	C _{TG}	GSTg-RB	T	H			5,00		15,694,15	0,30	0,24	0,810	24,645	0,3632	0,02	G
11	C _{HT}	UST-R	T	H			3,00		80,44	0,23	0,19	0,810	0,076	0,0005	0,01	G
12	C _{HT'}		Test 9 Minus Test 10						77,68				0,091	-0,000		Invalid
13	C _{HG'}		C _{HG} Minus H Bushings						2,938,20				8,196	0,132		
14	C _{LG'}		C _{LG} Minus L Bushings													
15	C _{TG'}		C _{TG} Minus T Bushings													
11	C _H + C _L + C _T	GSTg-RB	H	-	-						0,810					
12	C _H + C _L + C _T		Test 2 + 6 + 10						20,544,55				39,843	0,709		
Oil Test 1	Overall Oil Test	UST-R	L	H		G						0,280				
Oil Test 2	LTC Chamber Oil Test	UST-R	L	H		G						0,280				

THREE-WINDING TRANSFORMERS CAPACITANCE AND POWER FACTOR TESTS

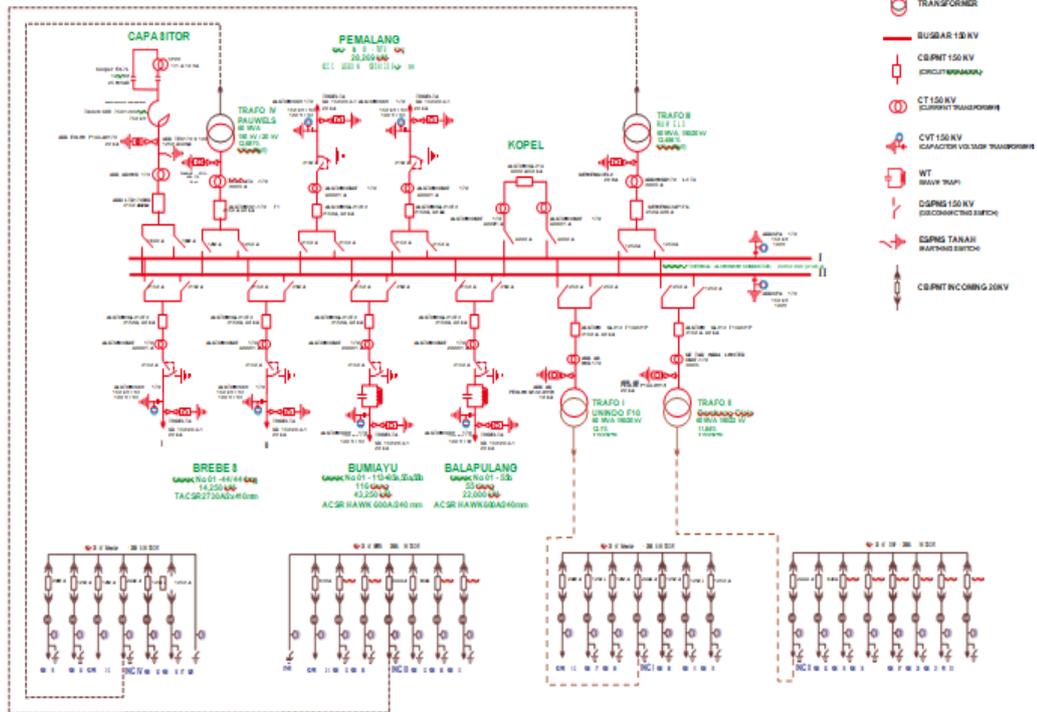


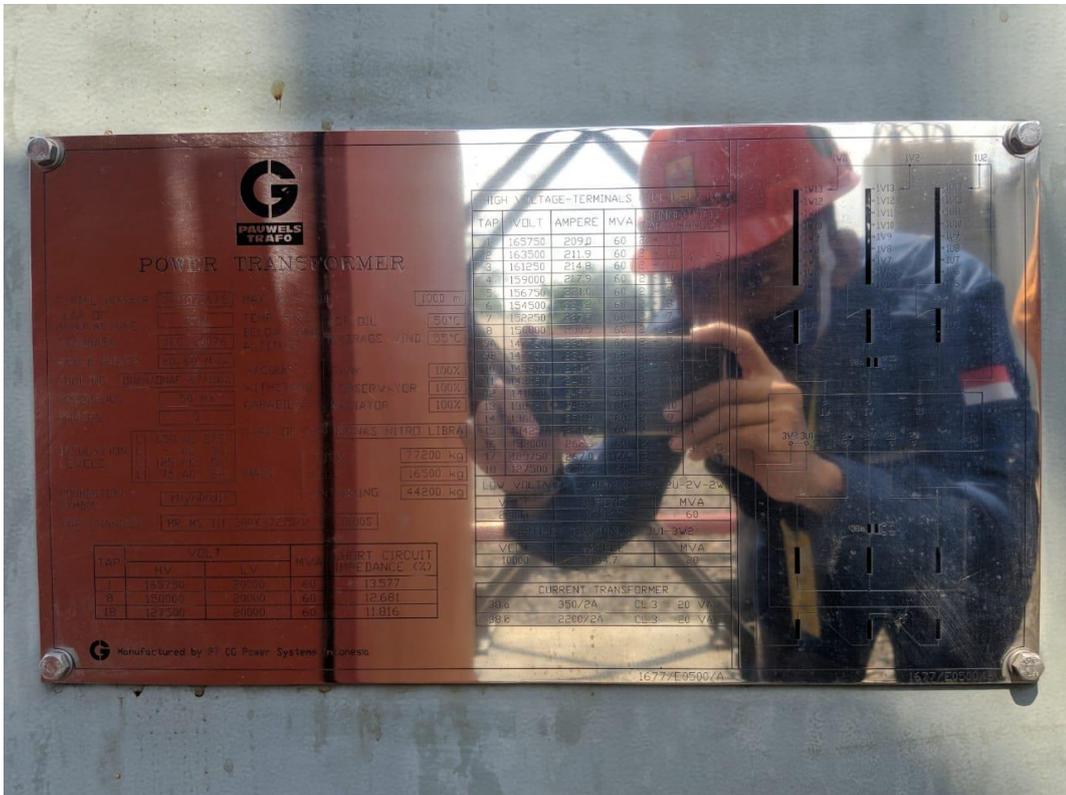
TRANSFORMER OVERALL TEST SET UP							TRANSFORMER OVERALL TEST RESULTS									
Test No.	INSULATION TESTED	Test Mode	Test Lead Connections				TEST kV	DFR	Capacitance C (pF)	POWER FACTOR %			DIRECT		%VDF	IR
			HV	Red	Blue	Gnd				Measured	@ 20°C	Corr Factor	mA	Watts		
1	C _{HG} + C _{HL}	GSTg-B	H	L	T	G	10,00		10.473,74	0,19	0,15	0,810	32,833	0,5100	0,02	G
2	C _{HG}	GSTg-RB	H	L	T	G	10,00		3.629,69	0,26	0,21	0,810	11,362	0,2960	0,03	G
3	C _{HL}	UST-R	H	L	T	G	10,00		6.861,83	0,15	0,12	0,810	21,522	0,3174	0,03	G
4	C _{HL'}		Test 1 Minus Test 2						6.844,05				21,470	0,314		Valid
5	C _{LG} + C _{LT}	GSTg-R	L	H	T	G	10,00		16.069,67	0,17	0,14	0,810	50,430	0,8723	0,04	G
6	C _{LG}	GSTg-RB	L	H	T	G	10,00		1.229,17	0,37	0,30	0,810	3,859	0,1424	0,03	G
7	C _{LT}	UST-B	L	H	T	G	10,00		14.871,11	0,15	0,12	0,810	48,559	0,7050	0,02	G
8	C _{LT'}		Test 5 Minus Test 6						14.840,50				48,571	0,730		Valid
9	C _{TG} + C _{HT}	GSTg-B	T	H			5,00		15.766,95	0,29	0,24	0,810	24,709	0,3592	0,02	G
10	C _{TG}	GSTg-RB	T	H			5,00		15.689,87	0,29	0,24	0,810	24,643	0,3589	0,02	G
11	C _{HT}	UST-R	T	H			5,00		80,52	-0,07	-0,06	0,810	0,126	-0,0006	0,06	G
12	C _{HT'}		Test 9 Minus Test 10						77,08				0,066	-0,001		Invalid
13	C _{HG'}		C _{HG} Minus H Bushings						2.945,61				9,216	0,220		
14	C _{LG'}		C _{LG} Minus L Bushings						1.003,73							
15	C _{TG'}		C _{TG} Minus T Bushings													
11	C _H + C _L + C _T	GSTg-RB	H	-	-						0,810					
12	C _H + C _L + C _T		Test 2 + 6 + 10						20.548,73				39,864	0,798		
Oil Test 1	Overall Oil Test	UST-R	L	H		G						0,280				

Oil Temp: 38°C
 Test1: 69.7kV
 Test2: 71.5kV
 Test3: 70.2kV
 Test4: 69.9kV
 Test5: 65.1kV
 Test6: 73.2kV
 Avg. Voltage: 69.9kV

Oil Temp: 36°C
 Test1: 32.6kV
 Test2: 50.8kV
 Test3: 56.6kV
 Test4: 58.7kV
 Test5: 59.7kV
 Test6: 61.6kV
 Avg. Voltage: 53.3kV

SINGLE LINE DIAGRAM GI KEBASEN





LEMBAR REVISI SEMINAR TUGAS AKHIR

Berdasarkan Rapat Tim Penilai Seminar Tugas Akhir :

Hari : Kamis
Tanggal : 7 Mei 2020
Tempat : Zoom Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : **Muhammad Firdaus**
NIM : **30601601869**
Konsentrasi : **Sistem Tenaga Listrik**
Judul TA : **Analisa Tahanan Isolasi Pada Transformator Tenaga Menggunakan Induksi Polarisasi Tangen Delta GI 150 KV Tegal**

wajib melakukan perbaikan seperti tercantum dibawah ini:

NO.	REVISI	BATAS REVISI
1.	Format Penulisan, dibuat format Hading 1, 2 dan 3, Spasi 1,5,	
2.	Sumber Data (disitasi dari mana ?) dan rumus-rumus yang digunakan	
3.	Pada tahapan Penelitian, untuk Pengumpulan data dimunculkan rencana pengambilan data berapa lama	
4.	Flowchart bisa menggunakan Visio (notasi tidak terpisah pisah)	
5.	Literatur terkait dengan riset masih Kurang, bisa ditambahkan dan format penulisan pustaka diperbaiki (item pustaka harus lengkap, seperti Penulisan Judul huruf besar hanya ada di awal kata	

Semarang, 7 Mei 2020

Penilai,


M. Khosyln, ST., MT

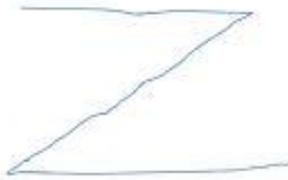
Berdasarkan Rapat Tim Penilai Seminar Tugas Akhir :

Hari : Selasa
Tanggal : 29 September 2020
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Muhamad Firdaus Robbani
NIM : 30601601869
Konsentrasi : Teknik Sistem Tenaga
Judul TA : Analisis Tahanan Isolasi pada Transformator Tenaga dengan Menggunakan Indeks Polarisasi Tangen Delta Breakdown Voltage di Gardu Induk 150 KV Tegal

wajib melakukan perbaikan seperti tercantum dibawah ini:

NO.	REVISI	BATAS REVISI
		

Semarang, 29 September 2020
Penilai,



Dedi Nugroho, ST, MT

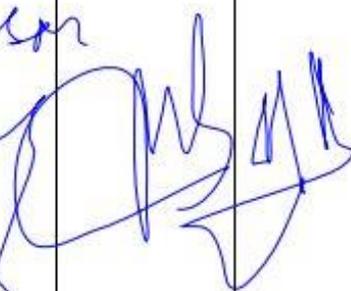
Berdasarkan Rapat Tim Penilai Seminar Tugas Akhir :

Hari : Selasa
Tanggal : 29 September 2020
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : **Muhamad Firdaus Robbani**
NIM : **30601601869**
Konsentrasi : **Teknik Sistem Tenaga**
Judul TA : **Analisis Tahanan Isolasi pada Transformator Tenaga dengan Menggunakan Indeks Polarisasi Tangen Delta Breakdown Voltage di Gardu Induk 150 KV Tegal**

wajib melakukan perbaikan seperti tercantum dibawah ini:

NO.	REVISI	BATAS REVISI
	<p>- tulisan huruf besar - Rumus dan Rangkaian</p>	

Semarang, 29 September 2020

Penilai,



Ir. Agus Adhi Nugroho, MT

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Kamis
 Tanggal : 8 Oktober 2020
 Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Muhamad Firdaus Robbani
 NIM : 30601601869
 Judul TA : Analisis Tahanan Isolasi pada Transformator Tenaga dengan Menggunakan Indeks Polarisasi, Tangen Delta dan Breakdown Voltage di Gardu Induk 150 KV

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	Judul (tambahkan koma) (A, B, dan C) Abstrak Pendahuluan (LB kenapa dipilih 3 parameter tersebut) Dasar Teori tambahkan jenis transformator Selaraskan Kesimpulan dan Rumusan Masalah Lihat Comment di Laporan	Secepat ACC (12 Okt 20) 

NO	TUGAS

Mengetahui
 Ketua Tim Penguji

Ir. Agus Adhi Nugroho, MT
 NIDN. 0628086501

Semarang, 8 Oktober 2020
 Penguji, III

Jenny Putri Hassan, ST, MT
 NIDN. 0607018501

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Kamis
Tanggal : 8 Oktober 29020
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Muhamad Firdaus Robbani
NIM : 30601601869
Judul TA : Analisis Tahanan Isolasi pada Transformator Tenaga dengan Menggunakan Indeks Polarisasi, Tangen Delta dan Breakdown Voltage di Gardu Induk 150 KV

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
1. 2. 3. 4. 5.	Judul Latar Belakang Tahapan Penelitian Semua teori/studi literature di Bab II	

NO	TUGAS

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji

Ir. Agus Adhi Nugroho, MT
NIDN. 0628086501

Semarang, 8 Oktober 29020
Penguji, II



Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT
NIDN. 0618066301

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Kamis
Tanggal : 8 Oktober 2020
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Muhamad Firdaus Robbani
NIM : 30601601869
Judul TA : Analisis Tahanan Isolasi pada Transformator Tenaga dengan Menggunakan Indeks Polarisasi, Tangen Delta dan Breakdown Voltage di Gardu Induk 150 KV

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	<i>Bob 3 du + cara ? PLW memperoleh data</i>	<i>[Signature]</i> <i>all revisi</i> <i>13/10 - 20</i>
NO	TUGAS	

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji

Semarang, 8 Oktober 2020
Penguji, I

[Signature]

PENENTUAN KELAYAKAN TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR 60 MVA DI GARDU INDUK 150 KV TEGAL DENGAN MENGGUNAKAN INDEKS POLARISASI, TANGEN DELTA, DAN BREAKDOWN VOLTAGE

¹ Muhamad Firdaus Robbani ² Dedi Nugroho ST, MT ³ Gunawan ST, MT

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Email: firdausrobbani@std.unissula.ac.id

Abstrak- Transformator tenaga adalah suatu peralatan tegangan tinggi yang berfungsi sebagai penyalur daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau dari tegangan rendah ke tegangan tinggi. Apabila transformator keadaan isolasinya mengalami pemburukan maka bisa berdampak mengalami kegagalan operasi dan yang paling fatal adalah transformator mengalami kerusakan yang bisa menyebabkan gangguan sistem kelistrikan. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan pengujian tahanan isolasi.

Pengujian ini dilakukan menggunakan metode indeks polarisasi,tangen delta, dan breakdown voltage berguna untuk mengetahui kelayakan tahanan isolasi yang ada di transformator. Penggunaan metode ini adalah yang paling akurat dan efektif untuk mengetahui kelayakan tahanan isolasi pada transformator di gardu induk-gardu induk yang ada di Indonesia. Penelitian ini mengambil data dilokasi gardu induk 150 Kv tegal. Data-data yang digunakan meliputi data pengujian indeks polarisasi,data tangen delta dan data pengujian breakdown voltage minyak bawah dan minyak OLTC. Setelah data diperoleh kemudian langkah selanjutnya adalah menghitung dan menganalisis untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Hasil pengujian pada gardu induk 150 Kv tegal menunjukkan nilai indeks polarisasi dengan IP terendah 1,26 bagian primer-ground dan IP tertinggi 1,97 bagian primer-sekunder masih dalam keadaan baik menurut aturan standar IEEE 43-2000. Hasil pengujian tangen delta masih dalam keadaan baik semua menurut aturan standar ANSI C 57.12 90 hanya dibagian mode CHT mengalami pemburukan tangen delta negatif sebesar -0.07 %. Hasil pengujian minyak rata-rata masih dalam keadaan yang layak digunakan menurut standar IEC 60156 dengan minyak bawah sebesar 69,9 Kv dan minyak OLTC sebesar 53,3 Kv. Menunjukkan bahwa tahanan isolasi yang ada pada transformator masih layak untuk digunakan.

Kata kunci : transformator tenaga,gardu induk, tahanan isolasi.

Abstract- A power transformer is electrical power equipment that works to transmit power or electrical power from high voltage to low voltage or on the contrary. In the operation of distributing electricity, the transformer can be said to be the heart of transmission and distribution. In this condition, a transformer is expected to operate optimally according to its function.. If the isolation state of the transformer deteriorates, it can have an impact on operating failure and the most fatal of which is that the transformer is damaged which can cause disturbances in the electrical system. To overcome this, it is necessary to analyze the isolation resistance.

This study analyzes the isolation resistance on a transformer using the polarization index, tangent delta and oil breakdown voltage methods to determine the quality of the isolation on the transformer. This study took data at the 150 Kv substation Tegal. The data used include polarization index test data, tangent delta data, bottom oil breakdown voltage test data, and OLTC oil. After the data is obtained, then calculations and analyzes are carried out to obtain accurate results.

The test results at the 150 Kv substation Tegal showed the polarization index value with the lowest IP of 1.26 in the primary-ground section and the highest IP of 1.97 in the primary-secondary section is still in good condition. The results of the tangent delta test are still in good condition, only in the CHT mode experienced a negative delta tan deterioration of 0.07%. The result of the average oil test is still suitable for use with 69.9 Kv of bottom oil and 53.3 Kv of OLTC oil.

Keywords : power transformer, substation, isolation resistance

I. PENDAHULUAN

Transformator tenaga berfungsi sebagai penyalur daya listrik dari tegangan yang tinggi ke tegangan yang lebih rendah atau sebaliknya.. Salah satu cara untuk mengetahui transformator dalam keadaan baik atau tidak adalah dengan dilakukan pengujian transformator. Pengujian dilakukan agar mengetahui kualitas isolasi yang ada di bagian-bagian transformator apakah dalam keadaan yang baik atau mengalami suatu masalah. Pengujian tahanan isolasi sangat penting karena untuk mencegah terjadinya arus bocor pada belitan yang dapat menyebabkan gangguan pada transformator sehingga dapat membuat tranformator mengalami kerusakan.[1]

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas tahanan isolasi pada transformator menurun antara lain :suhu, jalur bocor pada permukaan eksternal seperti kotoran pada bushing atau isolator kotor, usia peralatan atau komponen, dan alat uji. Kualitas suatu isolasi transformator tenaga dapat ditentukan dari suatu hasil pengujian tahanan isolasi dengan menggunakan metode indeks polarisasi,tangen delta dan breakdown voltage,semua pengujian menggunakan metode ini termasuk pengujian tidak merusak komponen pada transformator karena pengujian ini yang digunakan oleh pln untuk mengetahui kualitas isolasi transformator. Metode ini jauh lebih kompleks serta menyeluruh dibandingkan metode lain yang hanya menggunakan satu pengujian untuk menganalisis suatu objek.

Kenyataannya, kualitas isolasi semakin buruk setelah isolasi digunakan dalam waktu yang lama. Memburuknya kualitas isolasi dapat ditandai dengan nilai tangen delta yang besar dan nilai tahanan isolasi yang semakin kecil. Pada Gardu Induk 150 KV Tegal mempunyai empat transformator yang beroperasi masing-masing berkapasitas 60 MVA semua. Untuk transformator satu dan dua menghubungkan ke jaringan Gardu Induk 150 KV Brebes dan tranformator tiga dan empat menghubungkan ke jaringan gardu induk 150 Kv pemalang. Usia-usia peralatan di Gardu Induk 150 KV Tegal sendiri rata-rata sudah lebih dari sepuluh tahun lebih beroperasi. [2]

Masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengetahui kualitas tahanan isolasi pada transformator tenaga di Gardu Induk 150 KV Tegal yang disebabkan oleh faktor suhu,usia peralatan dan alat uji. Solusi terhadap permasalahan ini adalah maka perlu dilakukan pengujian tahanan isolasi pada transformator tenaga agar dapat diketahui kondisinya sehingga operasi kerja dari transformator dapat berjalan sesuai dengan fungsinya.

II. TINJAUAN PUSTAKA / LANDASAN TEORI

Meninjau dari penelitian-penelitian sebelumnya oleh Muhammad Syahendra anindyantoro (2017) pada penelitiannya yang berjudul “ Analisa tahanan isolasi pada transformator tenaga di gardu induk wonogiri” hasil penelitian tersebut adalah perhitungan indeks polarisasi nilai yang didapat lebih dari 1,1-1,25 keadaan baik. Perhitungan tangen delta menghitung tan delta agar mengetahui apakah tangen delta masih baik, jika nilai tan delta diatas 0,5% maka tangen delta jelek dan perlu diperiksa, jika nilai 0,5% kebawah maka tan delta hasilnya bagus. Terakhir pengujian minyak hanya dilakukan mengecek keadaan minyak di suhu 30 °C untuk trafo dan suhu 38 °C untuk OLTC.[3] Selain penelitian tersebut meninjau dari jurnal Tomy adi saputro (2018) pada penelitiannya yang berjudul “Analisis hasil pengujian tahanan isolasi transformator daya berdasarkan hasil uji indeks polarisasi,tangen delta, rasio tegangan,BDV (break down voltage)” hasil penelitian tersebut adalah Hasil pengujian pada Gardu Induk Wonosari menunjukkan nilai indeks polarisasi *ground-primary* mengalami pemburukan sebesar 0,95. Hasil rasio tegangan menunjukkan kondisi yang masih bagus dengan nilai rata-rata dibawah 0,5%. Hasil pengujian tangen delta menunjukkan terjadinya pemburukan pada mode CL sebesar 0,83-1,65%. Hasil pengujian minyak rata-rata menunjukkan kondisi yang masih bagus yaitu minyak bawah 64,5kV dan minyak oltc 54,4kV. Hasil pengujian pada Gardu Induk Sragen menunjukkan nilai indeks polarisasi yang masih bagus nilai rata-rata di atas 1,1-1,25. Hasil pengujian rasio tegangan menunjukkan kondisi yang masih bagus dengan nilai rata-rata dibawah 0,5%. Hasil pengujian tangen delta menunjukkan terjadinya penurunan tan delta negatif pada mode (UST) yaitu sebesar -0,12% dan sedikit terjadi pemburukan pada mode CL sebesar 0,55%. Hasil pengujian minyak rata-rata menunjukkan kondisi yang masih bagus yaitu minyak bawah 86,4kV dan minyak oltc 85,2kV.[4] Meninjau penelitian dari Dwi ari wibowo (2018) pada penelitiannya yang berjudul “analisa pengujian isolasi transformator daya 60 mva pada gardu induk jajar”. Hasil penelitiannya adalah menunjukan bahwa seluruh pengujiannya berada pada kondisi baik atau cukup. Menurut standar IEEE Std 286TM-2000(R2006), diperoleh nilai indeks polarisasi (IP) 1,42. Rata-rata nilai disipasi faktor (DF) 0,11%. Hasil pengujian minyak trafo rata-rata 43,3kv.[5]

A. Pengujian indeks polarisasi pada transformator tenaga

Pengukuran tahanan isolasi pada belitan bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi atara dua belitan atau antara belitan dan ground. Dengan memberikan sumber arus DC akan didapatkan tahanan isolasi dalam megaohm. Tahanan isolasi yang diukur merupakan fungsi dari arus bocor yang menembus isolasi atau arus yang melalui jalur bocor pada permukaan eksternal. Oleh karena itu, hal ini dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan jalur bocor pada permukaan dipengaruhi oleh kotoran yang menempel pada isolasi. Kebocoran arus memang tidak dapat dihindari, tetapi harus memenuhi syarat dan ketentuan yang berlaku. Perhitungan indeks polarisasi adalah sebagai berikut :

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

IP = Indeks Polarisasi

R10 = Pengujian pada menit ke-10

R1 = Pengujian pada menit ke-1

Tabel 2.1. Standar indeks polarisasi trafo tenaga menggunakan IEEE 43-2000[6]

Hasil pengujian	Keterangan	Rekomendasi
<1	Berbahaya	Ditindak lanjuti
1-1,1	Jelek	Ditindak lanjuti
1,1-1,25	Dipertanyakan	Uji kadar minyak, uji tan delta
1,25-2	Baik	-
>2	Sangat baik	-

B. Pengujian tangen delta

Kegagalan yang terjadi pada peralatan listrik tegangan tinggi yang sedang beroperasi seringkali disebabkan oleh kondisi isolasi yang memburuk karena terjadi kegagalan yang terjadi pada bagian-bagiannya. Tan delta atau sering disebut sudut kehilangan atau pengujian faktor disipasi adalah metoda diagnostik secara elektikal untuk mengetahui kondisi isolasi. Jika isolasi bebas dari cacat, maka isolasi tersebut akan bersifat kapasitif sempurna seperti halnya sebuah isolator yang berada diantara dua elektroda pada sebuah kapasitor.[7]

Sebuah kapasitor sempurna arusnya akan mendahului tegangan dengan sudut 90° apabila diberikan sebuah sumber AC. Jika ada kontaminasi pada isolasi, maka nilai tahanan dari isolasi berkurang dan berdampak kepada tingginya arus resistif yang melewati isolasi tersebut. Isolasi tersebut tidak lagi merupakan kapasitor sempurna. Tegangan dan arus tidak lagi bergeser 90° tapi akan bergeser kurang dari 90°. Besarnya selisih pergeseran dari 90° merepresentasikan tingkat kontaminasi pada isolasi.[8]

Kondisi isolasi trafo dapat perkirakan dengan melihat hasil pengujian tangen deltanya. Dimana untuk interpretasi hasil pengujian merujuk ke standar ANSI C57.12.90.

Perhitungan tangen delta menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{V^2}{Z} \dots\dots\dots(2)$$

$$Z = \frac{V^2}{S} \dots\dots\dots(3)$$

Mencari Xc :

$$Xc = \frac{V^2}{Q} \dots\dots\dots(4)$$

$$Xc = \frac{1}{\omega C} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana,rumus Xc yang di dapat sebagai berikut :

$$Q = \frac{V^2}{XC} \dots\dots\dots(6)$$

$$Q = \frac{V^2}{\omega C} \dots\dots\dots(7)$$

$$Q = V^2 \omega C \dots\dots\dots(8)$$

Sehingga,rumus tandelta sebagai berikut :

$$\tan \delta = \frac{P}{V^2 \omega C} \dots\dots\dots(9)$$

Tabel 2.2 standar pengujian tan delta menggunakan ANSI C 57.12.90

Hasil uji	Kondisi
≤0,5%	Bagus
0,5%-0,7%	Mengalami penurunan
≥1.0%	Jelek

C. Pengujian Breakdown voltage

Pengujian tegangan tembus dilakukan untuk mengetahui kemampuan minyak isolasi dalam menahan stress tegangan. Pengujian ini mengacu standar IEC 60156. Pengujian ini dilakukan ketika pengujian transformator dalam keadaan padam untuk menghemat waktu. ketika pengujian ini berlangsung dilakukan juga penggantian minyak pada tangki konservator. Minyak transformator diberi tegangan frekuensi sistem dengan cara meletakkan dua elektroda. Jarak elektroda tergantung pada standard yang digunakan, dalam hal ini 2.5 mm.[9]

Perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo menggunakan rumus berikut :

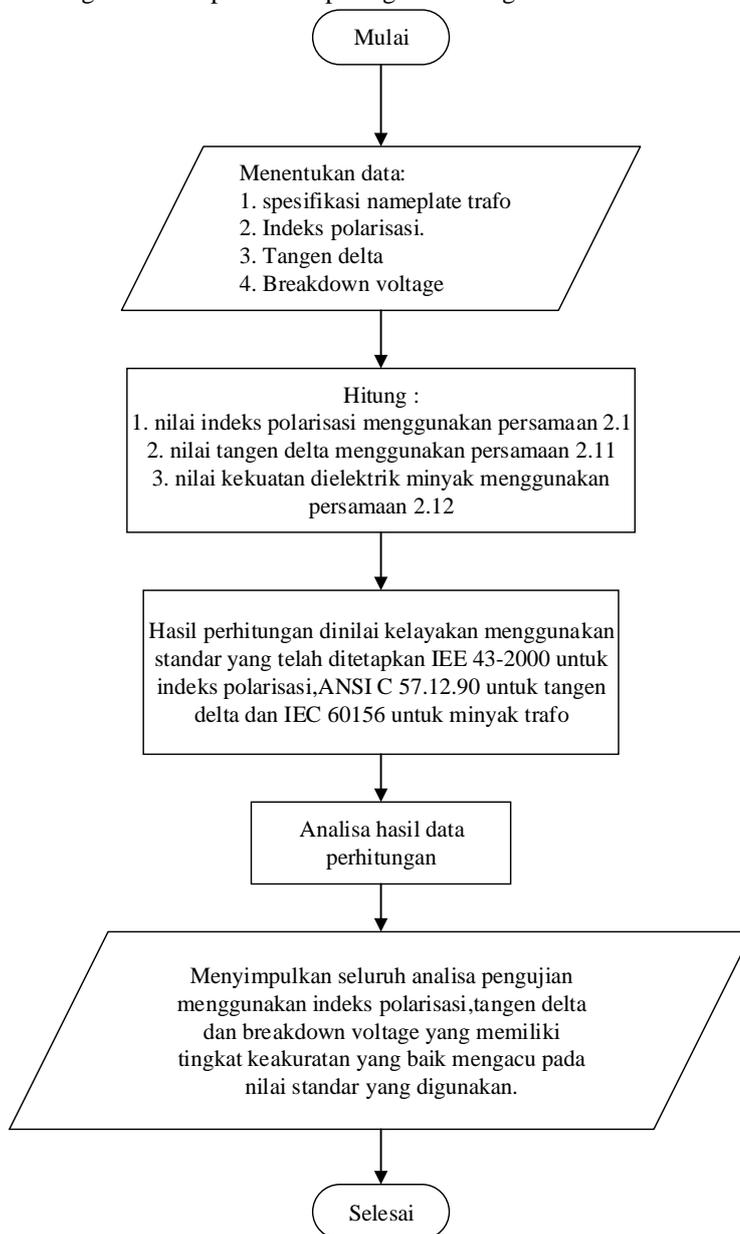
$$\text{Erata-rata} = \frac{Vb \text{ (rata-rata)}}{d} \text{ (kv/mm)} \dots\dots\dots(10)$$

Tabel 2.3 Standar tegangan tembus minyak IEC 60156

Tegangan	Bagus	Cukup	Buruk
500 kv	>60 kv	50-60 kv	<50 kv
150 kv	>50 kv	40-50 kv	<40 kv
70 kv	>40 kv	30-40 kv	<30 kv

III. METODE PENELITIAN

Tahapan untuk penelitian tugas akhir dapat dilihat pada gambar diagram alir berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data tahanan Isolasi Indeks Polarisasi

Tabel 4. 5 data tahanan isolasi indeks polarisasi

No	Aktifitas	Hasil Sebelumnya			Kondisi Akhir saat ini		
		2018			2020		
		1 min	10 min	IP	1 min	10 min	IP
1	Primary-Ground	5190	8020	1,55	3530	4450	1,26
2	Sekundery-Ground	7100	11200	1,58	3960	6680	1,68
3	Tertier-Ground	7160	11900	1,66	4530	7670	1,69
4	Primary-sekunday	6730	11900	1,77	3100	6110	1,97
5	Primary-tertier	6460	12400	1,92	3580	6990	1,95
6	Sekundary-tertier	6480	12500	1,90	4960	9230	1,86

Berdasarkan persamaan 2.1 maka indeks polarisasi dapat dihitung sebagai berikut

Perhitungan indeks polarisasi pada primary-ground tahun 2018 :

$$IP = \frac{8020}{5190} = 1,55$$

Perhitungan indeks polarisasi pada primary ground tahun 2020 :

$$IP = \frac{4450}{3530} = 1,26$$

Hasil Perhitungan *primary-ground* diatas menyatakan indeks polarisasi masih keadaan baik.

B. data tahanan isolasi tangen delta

Tabel 4. 6 data tahanan isolasi tangen delta tahun 2018

Pengukuran	Test kV	mA	Watts	PF (%)	Corr Fctr	Cap (pF)
CHG+CHL	10,00	32,867	0,5364	0,16	0,81	10468,97
CHG	10,00	11,340	0,2096	0,19	0,81	3621,39
CHL	10,00	21,549	0,3128	0,15	0,81	6864,40
CLG+CLT	10,00	50,427	0,8473	0,17	0,81	16069,47
CLG	10,00	3,857	0,1365	0,36	0,81	1229,01
CLT	10,00	46,708	0,7208	0,15	0,81	14871,34
CTG+CHT	5,00	24,736	0,3629	0,29	0,81	15771,83
CTG	5,00	24,645	0,3632	0,30	0,81	15694,15
CHT	3,00	0,076	0,0005	0,23	0,81	80,44

Tabel 4.3 data tahanan isolasi tangen delta tahun 2020

Pengukuran	Test kV	mA	Watts	PF (%)	Corr Fctr	Cap (pF)
CHG+CHL	10,00	32,833	0,9090	0,19	0,81	10473,74
CHG	10,00	11,362	0,3060	0,26	0,81	3629,69
CHL	10,00	21,522	0,5790	0,15	0,81	6861,83
CLG+CLT	10,00	50,430	0,603	0,17	0,81	16069,67
CLG	10,00	3,859	1,289	0,37	0,81	1229,17
CLT	10,00	46,559	0,2760	0,15	0,81	14871,11
CTG+CHT	5,00	24,709	1,008	0,29	0,81	15766,95
CTG	5,00	24,643	1,013	0,29	0,81	15689,87
CHT	3,00	0,126	-0,0006	-0,07	0,81	80,52

Berdasarkan persamaan 2.11 maka tangen delta dapat dihitung sebagai berikut

Perhitungan hasil pengujian tangen delta tahun 2018 di Gardu induk 150 Kv Kebasen Tegal pada tabel diatas CHG + CHL :

Diketahui :

P : 0,5364 Watt

V : 10000 Volt

C : $10468,97 \times 10^{-12}$ F

ω : $2 \pi f$

$$\begin{aligned} \tan \delta &= \frac{0,5364}{10000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 10468,97 \times 10^{-12}} \times 100\% \\ &= 0,16\% \end{aligned}$$

Perhitungan hasil pengujian tangen delta tahun 2020 di Gardu induk 150 Kv Kebasen Tegal pada tabel diatas CHG + CHL :

Diketahui :

P : 0,6100 Watt

V : 10000 Volt

C : $10473,74 \times 10^{-12}$ F

ω : $2 \pi f$

$$\begin{aligned} \tan \delta &= \frac{0,6100}{10000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 10473,74 \times 10^{-12}} \times 100\% \\ &= 0,19\% \end{aligned}$$

C. data tahanan isolasi Pengujian Minyak Trafo 4 gardu induk 150 Kv kebasen Tegal

Tabel 4. 4 pengujian minyak trafo 4 gardu induk 150 kv kebasen Tegal

No	Uraian Kegiatan	Hasil Pengujian (kV)						Rata-rata
		1	2	3	4	5	6	
	Test suhu :36 ⁰							
1	Minyak Bawah	69,7	71,5	70,2	69,9	65,1	73,2	69,9
2	Minyak OLTC	32,6	50,8	56,6	58,7	59,7	61,6	53,3

Berdasarkan persamaan 2.12 maka kekuatan dielektrik minyak dapat dihitung sebagai berikut

Perhitungan kekuatan dielektrik minyak pada transformator 4 menggunakan rumus berikut :Diketahui :

Vb rata-rata = 69,9 Kv

$$d = 2,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{minyak bawah : } E \text{ rata - rata} &= \frac{69,9}{2,5} \\ &= 27,96 \text{ (Kv/mm)} \end{aligned}$$

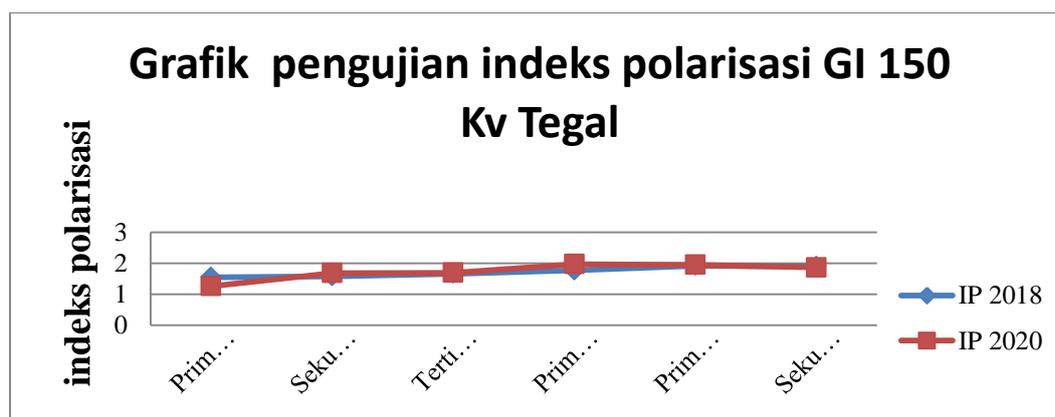
Diketahui :

Vb rata-rata = 53,3 Kv

$$d = 2,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Minyak OLTC : } E \text{ rata - rata} &= \frac{53,3}{2,5} \\ &= 21,32 \text{ (Kv/mm)} \end{aligned}$$

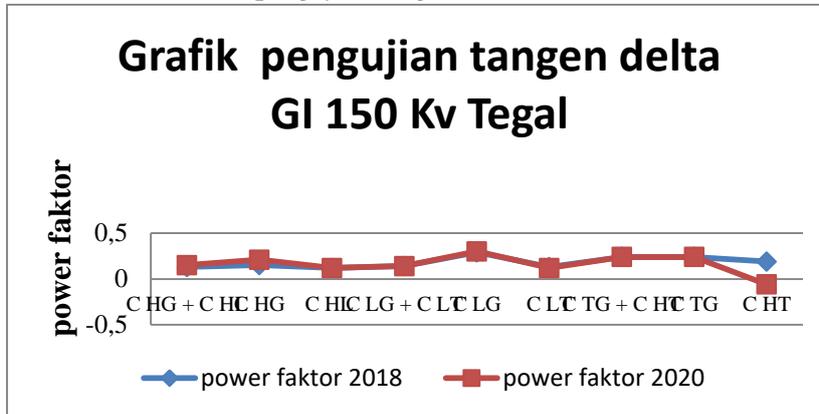
D. Analisis hasil pengujian indeks polarisasi



Dari hasil perhitungan indeks polarisasi berdasarkan tabel 4.1 didapatkan hasil pada transformator bay 4 60 Mva di gardu induk 150 Kv Tegal pada tahun 2018 dan 2020 rata-rata masih dalam keadaan baik. Pada bagian primary-ground nilai indeks polarisasi mengalami penurunan yang signifikan sebesar 0,29 dibandingkan bagian-bagian lain. Untuk nilai indeks polarisasi paling rendah yaitu sebesar 1,26 dibagian primary-ground mendekati batas dikatakan baik menurut IEE yaitu sebesar 1,25. Oleh karena itu untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan maka perlu ditindak lanjuti dibagian tersebut

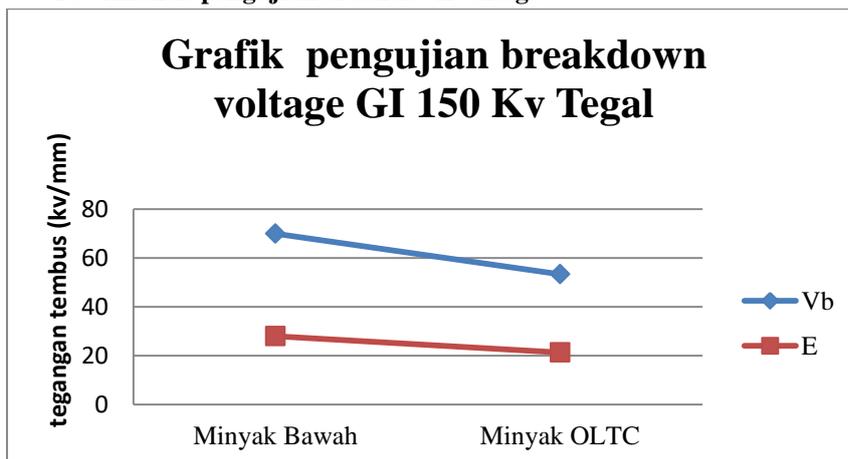
yaitu dilakukan pengecekan lilitan apakah ada yang bermasalah seperti kotor ataupun lembab. Jika kita lihat pada grafik diatas maka nilai indeks polarisasi pada tahun 2018 dan 2020 dalam keadaan yang baik yaitu diatas 1,25 sehingga dapat disimpulkan bahwa transformator bay 4 memenuhi standar yang digunakan oleh IEE sehingga aman untuk diberikan tegangan dan joga terhindar dari kegagalan isolasi.

E. analisis hasil pengujian tangen delta



Dari hasil perhitungan nilai tangen delta berdasarkan tabel 4.2 didapatkan hasil pada transformator bay 4 60 Mva di gardu induk 150 Kv Tegal pada tahun 2018 dan 2020 rata-rata masih dalam keadaan baik yaitu dibawah 0,5 % sesuai dengan standar yang diizinkan menurut ANSI C 57.12.90. Dan juga hasil pengujian di tahun 2018 dan 2020 tidak terjadi perubahan nilai yang signifikan. hanya dibagian CHG mengalami kenaikan yaitu pada tahun 2018 sebesar 0,19 % menjadi 0,26 % dan pada bagian CHT mengalami penurunan yang cukup signifikan yaitu pada tahun 2018 sebesar 0,23 % menjadi -0,07%. Hasil tangen delta pada mode CHT nilainya adalah -0,07% hal ini bisa terjadi dikarenakan kontaminasi atau terjadinya kebocoran arus pada isolasi belitan transformator, sehingga perlu ditindak lanjuti agar tidak terjadi pemburukan pada pengujian lainnya. Karena nilai tangen delta yang baik adalah dibawah 0,5 % menurut standar ANSI C 57.12.90

F. Analisis pengujian breakdown voltage



Dari hasil pengujian breakdown voltage berdasarkan tabel 4.4 didapatkan hasil pada transformator bay 4 60 Mva di gardu induk 150 Kv Tegal pada tahun 2020 diatas 50 Kv semua baik dari minyak bawah nilainya sebesar 69,9 Kv maupun dari minyak OLTC nilainya sebesar 53,3 Kv. Menurut aturan standar IEC 60156 nilai tegangan tembus dikatakan baik apabila nilainya diatas 50 Kv. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa minyak pada transformator masih dalam keadaan baik dan layak digunakan. Dan untuk nilai kekuatan dielektrik pada minyak bawah sebesar 27,96 kv/mm dan minyak oltc sebesar 21,32 kv/mm. semakin besar nilai tegangan

tembus dari hasil yang diuji maka nilai kekuatan dielektrik atau ketahanan isolasinya semakin bagus. Jadi bisa dikatakan bahwa nilai tegangan tembus berbanding lurus dengan kekuatan dielektrik atau ketahanan isolasi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dalam analisis tahanan isolasi pada transformator tenaga dengan menggunakan indeks polarisasi, tangean delta dan *breakdown voltage* di gardu induk 150 Kv kebasen Tegal maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks polarisasi (IP) diperoleh hasil nilai disemua belitan dengan nilai terendah 1,26 dan nilai tertinggi 1,97 sesuai dengan standar IEEE 43-2000 dikatakan bahwa transformator dalam keadaan baik jika nilai IP berkisar antara 1,25-2. Menunjukkan bahwa transformator masih dalam keadaan baik. hasil pengujian tangean delta di transformator bay 4 rata-rata masih dalam keadaan yang baik yaitu dibawah 0,5% hanya dibagian mode CHT mengalami pemburukan sebesar -0.07%. Selanjutnya hasil pengujian minyak trafo untuk minyak bawah 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 dan tidak perlu pergantian minyak. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka transformator tenaga 60 MVA bay 4 di gardu induk 150 Kv Kebasen Tegal masih dalam keadaan yang baik dan masih layak untuk dioperasikan.

Saran untuk penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan software-software yang lebih baru dan juga untuk pemeliharaan tahanan isolasi khususnya pada transformator yang sudah cukup lama bisa dilakukan setiap tahun sekali, karena dua tahun sekali terlalu lama mengingat pentingnya fungsi dari transformator sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Nanda, "Peningkatan Kualitas dan Karakterisasi Transformator Step up Satu Fasa 250 VA , 10 kV , 50 Hz," 2018.
- [2] M. Fajar, "Analisis Kondisi Hasil Pengujian Transformator III 150/20kV 16MVA GI Jajar Dalam Keadaan padam," *J. Linguist.*, vol. 3, no. 2, pp. 139–157, 2018.
- [3] muhammad syahendra Anindyantoro, "Analisa tahanan isolasi pada transformator tenaga di gardu induk wonogiri," 2017.
- [4] tomy adi Saputro, "analisis hasil pengujian tahanan isolasi transformator daya." .
- [5] dwi ari Wibowo, "Analisa pengujian isolasi transformator daya 60 MVA Pada gardu induk jajar," *Anal. Penguji. ISOLASI Transform. DAYA 60 MVA PADA GARDU INDUK JAJAR*, vol. 2, pp. 227–249, 2018.
- [6] I. Std, I. Power, E. Society, and I. S. Board, "IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery IEEE Power and Energy Society," vol. 2000, pp. 9–14, 2013.
- [7] Baddarudin, "Analisa minyak transformator pada transformator 3 fasa di PT SASINDO," vol. 6, no. 2, p. 103, 2018.
- [8] "pengujian tangean delta trafo dan bushing kasus-khusus tangean delta negatif oleh arief setyowibowo." .
- [9] P. Persero, "Pengukuran data teknik," p. 380366, 2010.

BIODATA PENULIS



Muhamad Firdaus Robbani Tempat Tanggal Lahir Semarang 30 juni 1997. Menempuh Pendidikan di SDN 1 kramat 1 Tegal, SMPN 9 Tegal, SMA N 2 Tegal dan melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Elektro konsentrasi Teknik Tenaga Listrik

Semarang, September 2020

Mengetahui,
Pembimbing I

Dedi Nugroho, S.T., M.T.

Pembimbing II

Gunawan, S.T., M.T.

ANALISIS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR TENAGA DENGAN MENGGUNAKAN INDEKS POLARISASI, TANGEN DELTA DAN BREAKDOWN VOLTAGE DI GARDU INDUK 150 KV TEGAL

ORIGINALITY REPORT

22%

SIMILARITY INDEX

%

INTERNET SOURCES

%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.ums.ac.id Internet Source	7%
2	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	5%
3	repository.unj.ac.id Internet Source	5%
4	lib.ui.ac.id Internet Source	3%
5	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	2%
6	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%

Exclude quotes

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography

Whigh

G. Robbani

diperiksa 12 Sept 2020