

Analisa Tahanan Isolasi Pada Transformator Daya 20 MVA Di Gardu Induk ULTG Ende

¹Titiek Suheta, ²Muhamad Zainudin Abdul Medjid, ³Khoirul Anwar

^{1,2,3} Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

¹ hita@itats.ac.id, ² muhamadzainudin566@gmail.com

Article Info

Article history:

Received January 12th, 2024

Revised February 20th, 2024

Accepted March 26th, 2024

Keyword:

First keyword

Second keyword

Third keyword

Fourth keyword

ABSTRACT

Power transformers are the main equipment in the electrical power system that is directly related to the distribution of electricity. One of the most important parts of a power transformer is its insulation system. Over time and operation, the condition of the insulation can deteriorate, which can cause operational failures and damage to the transformer. The purpose of the study was to determine the condition of the quality of insulation resistance in power transformers. The method was a literature study used to deepen the material related to the research title and data collection at the ULTG Ende Substation. The data taken were the results of polarization index, tangent delta and breakdown voltage tests. Based on the analysis results, the polarization index value in 2020 on the primary-ground side was 1.21 and the primary-secondary side was 1.23, but in 2022 it increased to 1.27 and 1.28. The tangent delta calculation results in 2020 on the secondary side on the CLG insulation was 0.64% and in 2022 it was 0.58%, which showed a decrease in insulation (0.5% - 0.7%). For breakdown voltage in 2020 it was 42.2 kV and OLTC 32.4 kV and in 2022 it was 41.1 kV and OLTC was 31.4 kV.

Copyright © 2024 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Titiek Suheta,

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jln. Arief Rachman Hakim No 100 Surabaya

Email: hita@itats.ac.id

Abstrak— Transformator daya merupakan peralatan utama dalam sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan distribusi Listrik. Salah satu bagian yang paling penting dari transformator daya adalah sistem isolasinya. Seiring dengan usia dan pengoperasiannya kondisi isolasi dapat mengalami pemburukan yang dapat menyebabkan kegagalan operasi dan kerusakan pada transformator. Tujuan penelitian mengetahui kondisi kualitas tahanan isolasi pada transformator daya. Metode berupa studi literatur yang digunakan untuk memperdalam materi terkait judul penelitian dan pengambilan data di Gardu Induk ULTG Ende. Data yang di ambil berupa hasil pengujian indeks polarisasi, tangen delta dan *breakdown voltage*. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai indeks polarisasi pada tahun 2020 disisi primary-ground sebesar 1,21 dan sisi primary-sekunder sebesar 1,23, namun pada tahun 2022 terjadi kenaikan sebesar 1,27 dan 1,28. Hasil perhitungan tangen delta tahun 2020 disisi sekunder pada isolasi CLG sebesar 0,64% dan tahun 2022 sebesar 0,58%, dimana hasil tersebut telah menunjukkan penurunan isolasi (0,5% - 0,7%). Untuk *breakdown voltage* tahun 2020 sebesar 42,2 kV dan OLTC 32,4 kV dan tahun 2022 sebesar 41,1 kV dan OLTC sebesar 31,4 kV.

I. Pendahuluan

Listrik merupakan kumpulan dari komponen-komponen listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi, dan beban yang dihubung-hubungkan dan membentuk suatu sistem[1]. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat maka dibutuhkan sistem ketenagalistrikan yang handal, seperti transformator daya yang ada di gardu induk[2].

Transformator berfungsi sepanjang hari dalam menjaga kestabilan penyaluran energi Listrik, oleh karena itu dalam keadaan beroperasi harus dalam kondisi baik. Salah satu caranya dengan mengadakan pengujian[3] hal ini dilakukan untuk mengetahui kualitas isolasi dan mencegah terjadinya arus bocor pada belitan yang menyebabkan gangguan pada transformator. Pengujian transformator dilakukan dalam keadaan trafo menyala dan padam (pemeliharaan rutin maupun saat investigasi ketidaknormalan)[4][5][6][7][8].

Hasil pengujian tange delta bushing trafo hasil analisa di Gardu Induk Karet Lama sebesar 1,32% mengacu pada standar SKDIR520 PT PLN (IEC 60137 – DF tan δ), dimana batas nilai tange delta melebihi 1%. Maka bushing transformator perlu dilakukan penggantian, setelah penggantian didapatkan nilai tange delta menjadi 0,29% menunjukkan bahwa bushing dalam kondisi baik dan dapat dioperasikan kembali[9].

Kerusakan isolasi kertas ini akan mengakibatkan korsleting antara lapisan kapasitor dengan meningkatnya nilai kapasitansi. Setelah pengujian tan delta menggunakan metode GST-Ground pada transformator arus bay penghantar bandung selatan-1 GITET Tasikmalaya dengan alat Magger Delta 4110 didapatkan fasa R, S, dan T adalah 0,42 %, 0,47%, dan 0,45%, hasil perhitungan fasa R, S, T adalah 0,29%, 0,28%, dan 0,31%, masih layak beroperasi karena nilai tan delta dibawah 1% [10].

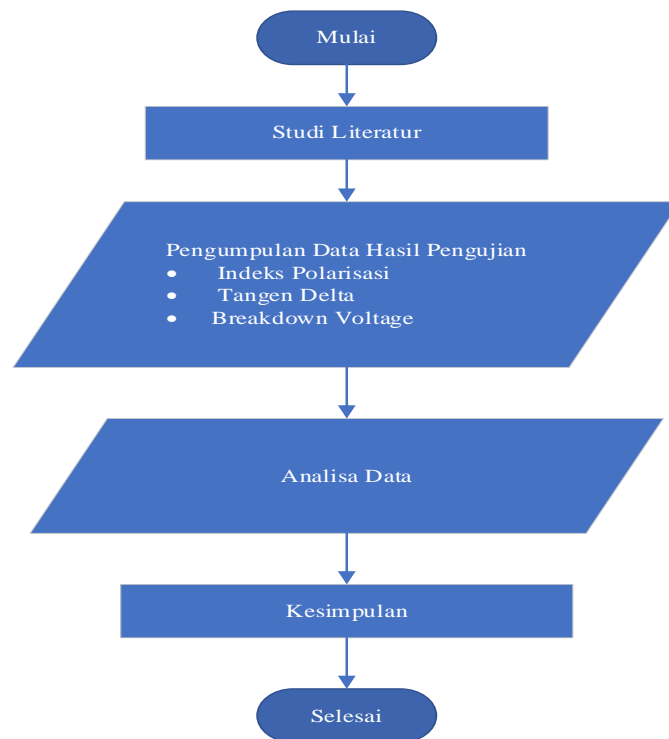
II. Metode Penelitian

A. Metode

Penelitian ini dilakukan pada unit layanan transmisi dan gardul induk (ULTG) Ende Flores di jalan Gatot Subroto KM3 Mautapaga – ENDE 86317.

B. Tahapan Penelitian

Ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

C. Pengambilan Data

1. Data Spesifikasi Transformator

Tabel 1. Data Spesifikasi Transformator

Data	Uraian
Serial ID	A94030-5
Merk	XIAN
Buatan	CHINA
Tipe	Sfz-20000/70
Daya	20 MVA
Tegangan	70/20 kV
Arus	164/577 A
Vektor Group	YN yn0
Pendingin	ONAN/ONAF
Jumlah Fasa	3
Frekuensi	50 Hz
Tahun Pembuatan	1994

2. Pengujian Indeks Polarisasi

Bertujuan untuk menentukan keadaan isolasi antara dua belitan atau belitan dan bumi, dilakukan setiap dua tahun sekali yaitu tahun 2020 dan 2022 menggunakan alat Kyoritsu 3125 2500-5000 Vdc.

Perhitungan indeks polarisasi dengan rumus di bawah ini[4][11]:

$$I_p = \frac{R_{10}}{R_1} \tag{1}$$

Dimana :

I_p = Indeks Polarisasi

R_{10} = Pengujian pada menit ke- 10

R_1 = Pengujian pada menit ke- 1

Tabel 2. Standar Indeks Polarisasi Tranfomatator menggunakan IEEE 43-2000

Hasil Pengujian	Keterangan	Rekomendasi
<1	Berbahaya	Ditindaki lanjuti
1-1,1	Buruk	Ditindaki lanjuti
1,1-1,25	Dipertanyakan	Uji kadar minyak, uji tan-delta
1,25-2	Baik	-
>2	Sangat baik	-

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Indeks Polarisasi Transformator Tahun 2020

Aktivitas	Pengujian (MΩ)	
	Menit ke-1	Menit ke-10
Primary–Ground	2,98	3,67
Sekundary – Ground	2,33	3,56
Tertier – Ground	1,06	1,79
Primary – Sekundary	3,55	4,30
Primary – Tertier	2,08	4,98
Sekundary – Tertier	3,84	8,28

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Indeks Polarisasi Transformator Tahun 2022

Aktivitas	Pengujian (MΩ)	
	Menit ke-1	Menit ke-10
Primary – Ground	3,38	4,30
Sekundary – Ground	3,68	5,30
Tertier – Ground	1,30	1,84
Primary –Sekundary	2,61	3,36
Primary – Tertier	1,17	2,63
Sekundary – Tertier	1,42	3,01

3. Pengujian Tangen Delta

Untuk mengetahui kondisi insulasi pengujian tangen delta dengan Megohm Tester (MEGGER) yang sesuai standar ANSI C57.12.90, menggunakan rumus[12][13]:

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C} \tag{2}$$

Dimana :

Tan δ = Tangen Delta (%)

P = Losses Daya (W)

I_C = Aruls Kapasitif (A)

V = Tegangan (V)

I_R = Aruls Resistif (A)

I = Aruls (mA)

Tabel 5. Standar Pengujian Berdasarkan ANSI C57.12.90

Hasil uji	Kondisi
≤0,5%	Baik
0,5%-0,7%	Mengalami penurunan
≥1,0%	Buruk

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Tahun 2020

Kumparan yang diuji	Isolasi yang diuji	Arus (mA)	Daya (Watt)	TD (%)	Cap (pF)
Primer	CHG+CHL (GSTgB)	37,115	0,6424	0,17	11,819,51
	CHG (GSTgRB)	13,273	0,3251	0,24	4,233,64
	CHL (USTR)	23,886	0,2872	0,12	7,606,93
Sekunder	CLG+CLT (GSTgR)	55,985	0,9105	0,16	17,831,40
	CLG (GSTgRB)	4,010	0,2653	0,64	1,277,45
	CLT (USTR)	51,237	0,7510	0,15	16,334,80
Tersier	CTG+CHT (GSTgB)	121,237	2,0483	0,16	38,656,77
	CTG (GSTgRB)	70,076	1,3181	0,18	22,367,52
	CHT (USTB)	51,289	0,7219	0,14	16,343,52

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Tahun 2022

Kumparan yang diuji	Isolasi yang diuji	Arus (mA)	Daya (Watt)	TD (%)	Cap (pf)
Primer	CHG+CHL (GSTgB)	35,765	0,3229	0,28	5,067,48
	CHG (GSTgRB)	24,615	0,0176	0,15	275,42
	CHL (USTR)	13,265	0,3021	0,26	4,788,23
Sekunder	CLG+CLT (GSTgR)	62,339	0,6439	0,20	8,895,48
	CLG (GSTgRB)	6,106	0,3465	0,47	1,533,90
	CLT (USTB)	57,236	0,2699	0,15	9,183,30
Tersier	CTG+CHT (GSTgB)	134,176	2,2839	0,20	44,793,15
	CTG (GSTgRB)	76,869	1,5372	0,25	23,826,65
	CHT (USTB)	459,288	0,7275	0,15	19,870,23

4. Pengujian Breakdown Voltage (BDV)

Bertujuan mengetahui kondisi minyak yang digunakan sebagai isolasi tegangan transformator menggunakan rumus[14][15]:

$$E \text{ rata-rata} = \frac{V_b \text{ (rata-rata)}}{d} \text{ (kv/mm)} \tag{3}$$

Dimana :

- Vb = Tegangan tembus (kv)
- E = Kekuatan dielektrik (kv/mm)
- d = Jarak sela (mm)

Tabel 8. Standar Pengujian Berdasarkan IEC 60156

Tegangan(KV)	Standar		
	Baik	Cukup	Buruk
500	>60	50-60	<50
150	>50	40-50	<40
70	>40	30-40	<30

Tabel 9. Data Hasil Pengujian Tahun 2020

Test	Minyak Bawah (kV)	OLTC (kV)
1	41	45,5
2	42,2	33,7
3	43,6	26,2
4	44	28,4
5	41,2	27,3
6	41,2	34

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Tahun 2022

Test	Minyak Bawah (kV)	OLTC (kV)
1	45.6	39.9
2	43.9	34.3
3	45.0	32.0
4	33.3	24.3
5	40.0	25.8
6	38.6	32.1

III. Hasil dan Pembahasan

Hasil Perhitungan

A. Indeks Polarisasi

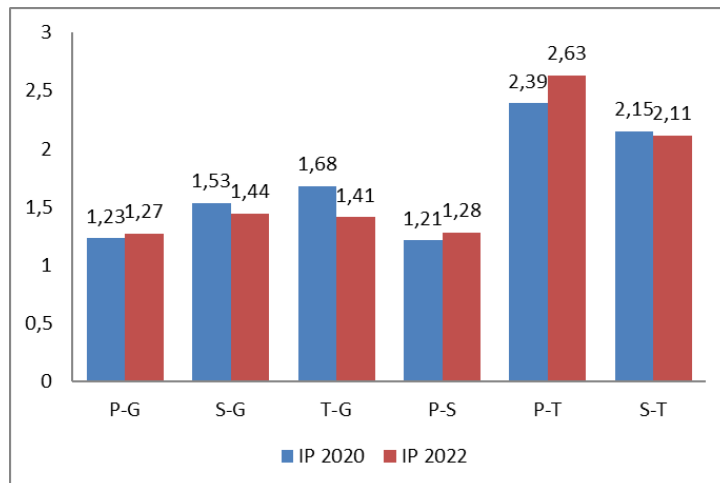
Tabel 11. Data Hasil Perhitungan tahun 2020

Aktivitas	I_p	Kondisi
Primary-Ground	1,23	Dipertanyakan
Sekundary-Ground	1,53	Baik
Tertier-Ground	1,68	Baik
Primary-Sekundary	1,21	Dipertanyakan
Primary-Tertier	2,39	Sangat Baik
Sekundery-Tertier	2,15	Sangat Baik

Tabel 12. Data Hasil Perhitungan tahun 2022

Aktivitas	I_p	Kondisi
Primary-Ground	1,27	Baik
Sekundary-Ground	1,44	Baik
Tertier-Ground	1,68	Baik
Primary-Sekundary	1,21	Baik
Primary-Tertier	2,39	Sangat Baik
Sekundery-Tertier	2,15	Sangat Baik

Pada primary-sekunder tabel 12 kondisi “dipertanyakan”, dapat dijelaskan bahwa kualitas tahanan isolasi kemungkinan terkontaminasi kotoran, kelembaban, suhu dan arus bocor, sehingga perlu dilakukan pembersihan.



Gambar 1. Grafik Hasil Perhitungan Indeks Polarisasi Tahun 2020 dan 2022

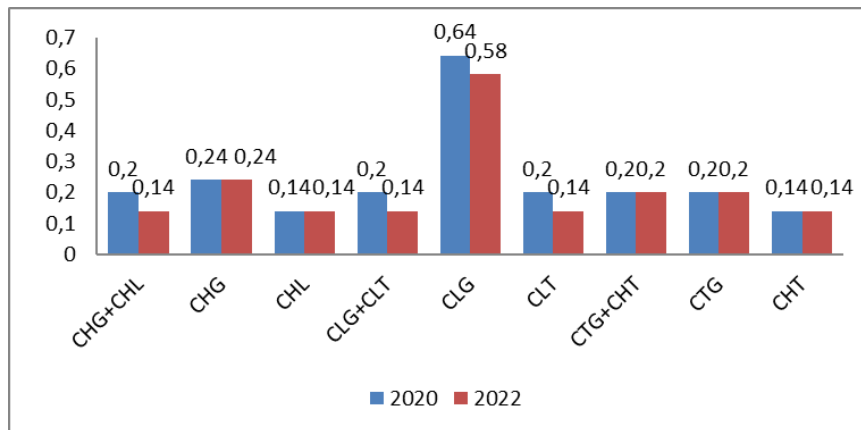
B. Tangen Delta

Tabel 13. Data Hasil Perhitungan Tahun 2020

Kumparan yang diuji	Isolasi yang diuji	Nilai arus Kapasitif I_C (mA)	Nilai arus Resistif I_R (mA)	Tangen Delta %
Primer	CHG+CHL	37,114925	0,074613	0,20
	CHG	13,272960	0,032585	0,24
	CHL	23,885976	0,033860	0,14
Sekulnder	CLG+CLT	55,984888	0,111984	0,20
	CLG	4,009917	0,002580	0,64
	CLT	51,236897	0,102736	0,20
Tersier	CTG+CHT	121,236757	0,242736	0,20
	CTG	70,075859	0,140575	0,20
	CHT	51,288948	0,073034	0,14

Tabel 14. Perhitungan Tangen Delta Tahun 2022

Kumparan yang diuji	Isolasi yang diuji	Nilai arus Kapasitif I_C (mA)	Nilai arus Resistif I_R (mA)	Tangen Delta %
Primer	CHG+CHL	35,764964	0,050745	0,14
	CHG	24,614975	0,035082	0,14
	CHL	13,264960	0,032576	0,24
Sekulnder	CLG+CLT	62,338937	0,088626	0,14
	CLG	6,105896	0,035637	0,58
	CLT	57,235942	0,081482	0,14
Tersier	CTG+CHT	134,175731	0,268675	0,20
	CTG	76,868846	0,153868	0,20
	CHT	59,287940	0,084347	0,14

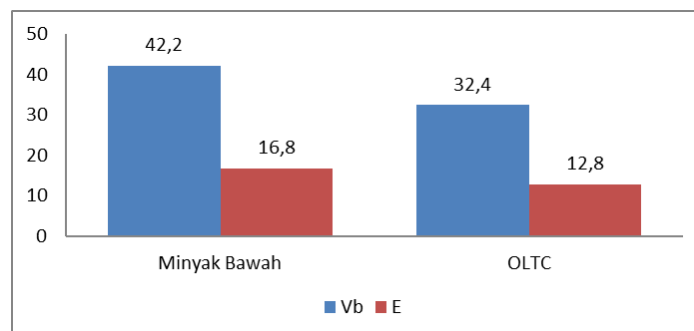


Gambar 2. Grafik Hasil Perhitungan Tangen Delta Tahun 2020 dan 2022

C. Breakdown Voltage

Tabel 15. Perhitungan Breakdown Voltage Tahun 2020

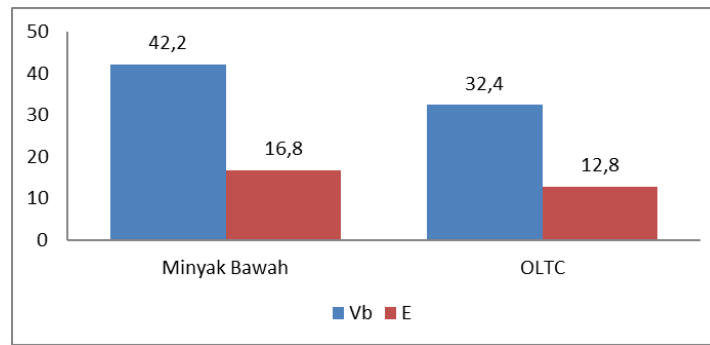
Test	Minyak Bawah (kV)	OLTC (kV)
1	41	47,5
2	42,2	33,7
3	43,6	26,2
4	44	28,4
5	41,2	27,3
6	41,2	34
Rerata	42,2	32,8



Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan Breakdown Voltage Tahun 2020

Tabel 16. Perhitungan Breakdown Voltage Tahun 2022

Test	Minyak Bawah (kV)	OLTC (kV)
1	45.6	39.9
2	43.9	34.3
3	45.0	32.0
4	33.3	24.3
5	40.0	25.8
6	38.6	32.1
Rerata	41,1	31,4



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan *Breakdown Voltage* Tahun 2022

Kesimpulan

1. Nilai indeks polarisasi mengalami kenaikan di tahun 2022 disisi primary-ground dari 1,23 menjadi 1,27 dan disisi primary-sekunder dari 1,21 menjadi 1,28.
2. Nilai tangen delta mengalami penurunan isolasi di tahun 2022 dari 0,64% menjadi 0,58%, namun masih sesuai standar.
3. Nilai *breakdown voltage* tahun 2020 dan 2022 pada minyak bawah sebesar 42,2 kV dan 41,1 kV, untuk minyak OLTC sebesar 32,4 kV dan 31,4 kV.
4. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka transformator tenaga 20 MVA di gardu induk 150 kV ULTG Ende masih dalam keadaan baik dan layak untuk dioperasikan.

IV. Daftar Pustaka

- [1] R. Syahputra, "TRANSMISI DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK," *Long Range Plann.*, vol. 28, no. 4, hal. 131, 1995, doi: 10.1016/0024-6301(95)94318-s.
- [2] T. A. SAPUTRO, "ANALISIS HASIL PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA BERDASARKAN HASIL UJI INDEKS POLARISASI, TANGEN DELTA, RASIO TEGANGAN, BDV(BREAK DOWN VOLTAGE)," hal. 1–26, 2018.
- [3] J. PLN Pusdiklat, "PEMELIHARAAN TRAFU ARUS (CT) DAN TRAFU TEGANGAN PT PLN (Persero) PUSDIKLAT 2009," hal. 89, 2009, [Daring]. Tersedia pada: <http://www.nber.org/papers/w16019>.
- [4] M. F. Robbani, D. Nugroho, dan G. Gunawan, "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, hal. 60, 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i2.2721.
- [5] Sobhy et al., "Enhancement the Properties of Electrical Insulation for Current Transformer Using Nano-particles," vol. 4, hal. 31–37, 2019.
- [6] P. Seminar, N. Nciet, dan N. Conference, "ANALISA TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR 3 DI PT. PLN (Persero) GARDU INDUK 150 KV Pati," *Pros. Semin. Nas. NCIET*, vol. 1, no. 1, hal. 141–149, 2020, doi: 10.32497/nciet.v1i1.72.
- [7] M. FAJARWATI, "ANALISIS KONDISI HASIL PENGUJIAN TRANSFORMATOR III 150/20kV 16MVA GI JAJAR DALAM KEADAAN PADAM," *N. Engl. J. Med.*, vol. 372, no. 2, hal. 2499–2508, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7556065> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC394507> <http://dx.doi.org/10.1016/j.humphath.2017.05.005> <https://doi.org/10.1007/s00401-018-1825-z> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157931>.
- [8] Devianto Alif Febriari, "Analisis Tahanan Isolasi Transformator Daya Berdasarkan Hasil Uji Indeks Polarisasi, Tangen Delta Dan Break Down Voltage Di Gardu Induk 150 kV Kentungan," *Gastron. ecuatoriana y Tur. local.*, vol. 1, no. 69, hal. 5–24, 1967.
- [9] D. Almanda dan A. Ardiansyah, "Analisis Pengujian Tangen Delta Pada Bushing Trafo 150/20 Kv 60 Mva Di Gardu Induk Karet Lama," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 5, no. 2, hal. 97, 2022, doi: 10.24853/resistor.5.2.97-102.
- [10] H. R. Febrijanto dan R. Hidayat, "Analisis Pengujian Tan Delta Pada Transformator Arus Di Gitet Tasikmalaya Bay Penghantar Bandung Selatan-1," *Teknokom*, vol. 6, no. 2, hal. 86–95, 2022, doi: 10.31943/teknokom.v6i2.143.
- [11] F. Faturochman, "PENGUJIAN TINGKAT ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA TEGANGAN 150/20 KV KAPASITAS 60 MVA PADA GARDU INDUK DENGAN METODE TANGENT DELTA," 2018.
- [12] S. Riyanto, "Analisis Tahanan Isolasi Pada Transformator Di Gardu Induk 150 Kv Purwodadi," hal. 10, 2021.
- [13] K. A. Kulkarni, G. Engineering, dan C. Aurangabad, "Detection of Negative Tan Delta (Dissipation factor) in

- Condenser Bushing : A Review,” *Int. J. Res. Eng. Appl. Manag.*, vol. 06, no. 06, hal. 203–205, 2020.
- [14] R. A. Efryansah *et al.*, “ANALISIS KUALITAS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR DENGAN PREVENTIVE MAINTENANCE DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI,” 2023.
- [15] M. Ansori, “Analisa Kinerja Minyak Trafo Berdasar Hasil Uji Dissolved Gas Analysis (DGA) Dengan Metode Total Dissolved Combustible Gas (TDCG) Di PLTU MUARA KARANG,” *JREEC (Journal Renew. Energy Electron. Control.*, vol. 03, no. 01, hal. 27–34, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejurnal.itats.ac.id/jreec>.