

SKRIPSI
STUDI PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR 60 MVA
UNIT PLTGU GUNUNG MEGANG



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan
10 Agustus 2022

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
Setiawan Hartanto
132018043

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2022

SKRIPSI
STUDI PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR
60 MVA UNIT PLTGU GUNUNG MEGANG



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan
10 Agustus 2022

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
SETIAWAN HARTANTO
132018043

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Erliza Yuniarti, S.T., M.Eng
NIDN. 0230066901

Penguji 1

Ir. Zulkiffli Saleh, M.Eng
NIDN. 0212056402

Pembimbing 2

Sofiah, S.T., M.T
NIDN. 0209047302

Penguji 2

Yosi Apriani, S.T., M.T
NIDN. 0213048201

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T, IPM
NIDN. 0227077004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Taufik Barlian, S.T., M.Eng
NIDN. 0218017202

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Palembang, 10 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan



Setiawan Hartanto

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan karuniaNya jualah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“STUDI PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR 60 MVA UNIT PLTGU GUNUNG MEGANG”** yang disusun guna untuk syarat mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

1. Ibu Erliza Yuniarti, S.T., M.Eng selaku Pembimbing 1
2. Ibu Sofiah, S.T., M.T selaku Pembimbing 2

dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor
2. Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Ir. Kgs Ahmad Roni, M.T, IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Taufik Barlian, S.T., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak Feby Ardianto, S.T., MCs, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Almarhumah Ibunda tercinta yang telah mendukung dan menyemangati anandanya sehingga saya bisa berada sampai pada saat ini.
8. Ayahanda serta keluarga yang selalu memberi dukungan serta motivasi dalam pembuatan skripsi.
9. Saudari Alindiah yang telah membantu dan mensupport saya dalam pembuatan skripsi.

Yang sudah banyak menolong penulis baik dalam moril ataupun materi untuk penyelesaian skripsi ini, semoga perbuatan baik yang ditunjukkan bagi penulis bisa mendapatkan imbalan yang sesuai oleh Allah SWT. Penulis sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, maka dari itu kritik dan saran oleh pembaca sangat penulis terima dengan sangat senang hati. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat khususnya pada penulis sendiri dan umum pada rekan-rekan pembaca pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 10 Agustus 2022

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Setiawan Hartanto', with a long horizontal stroke extending to the right.

Setiawan Hartanto

A B S T R A K

STUDI PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR 60 MVA UNIT PLTGU GUNUNG MEGANG

Setiawan Hartanto

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang

E-mail : setiawanhartanto994@gmail.com

Sistem tenaga listrik dibangun dari sistem pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi dan konsumen. Sistem ketenagalistrikan didukung oleh beberapa komponen diantaranya adalah generator, transformator, peralatan proteksi dan peralatan bantu lainnya. Transformator distribusi berperan penting dalam pendistribusian tegangan listrik untuk menurunkan tegangan yang disalurkan pada beban. Kondisi transformator diharapkan selalu bekerja optimal, sehingga membutuhkan perawatan yang baik dan terkontrol. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada transformator daya. Metode dalam penelitian ini berupa studi literatur, dengan menggunakan data primer dari PLN yaitu Transformator 60 MVA pada unit PLTGU Gunung Megang.. Data yang diambil merupakan data hasil pengujian tahanan isolasi, polaritas index (PI) dan Tangen delta, dimana nilai hasil pengujian akan dibandingkan dengan standar yang digunakan. Standar IEEE c57.152-2013, hasil pengujian polaritas index (PI) pada transformator GT 1 dalam kondisi perlu dievaluasi lagi dengan nilai rata-rata 1,1-1,25, sedangkan pada transformator GT 2 menunjukkan kondisi perlu dievaluasi lagi dengan nilai 1,1-1,25. Hasil pengujian tangen delta pada Transformator GT 1 dan GT 2 dalam kondisi baik dalam batasan standar < 0,5 %.

Kata kunci : Polaritas Indeks, Tan Delta, Tahanan Isolasi, Transformator Daya

A B S T R A C T

INSULATION RESISTANCE TEST STUDY TRANSFORMER 60 MVA UNIT PLTGU GUNUNG MEGANG

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang

Setiawan Hartanto

E-mail : setiawanhartanto994@gmail.com

The electric power system is built from the generation system, transmission system, distribution system and consumers. The electricity system is supported by several components including generators, transformers, protection equipment and other auxiliary equipment. Distribution transformers play an important role in the distribution of electrical voltage to reduce the voltage supplied to the load. The condition of the transformer is expected to always work optimally, so it requires good and controlled maintenance. The purpose of this study was to determine the quality of insulation resistance in power transformers. The method in this study is a literature study, using primary data from PLN, namely the 60 MVA Transformer at the Gunung Megang PLTGU unit. The data taken are the results of testing the insulation resistance, polarity index (PI) and Tangen delta, where the test results will be compared. with the standard used. The IEEE c57.152-2013 standard, the results of the polarity index (PI) test on the GT 1 transformer in conditions that need to be re-evaluated with an average value of 1.1-1.25, while the GT 2 transformer shows the condition needs to be re-evaluated with a value of 1 ,1-1.25. The results of the delta tangent test on Transformer GT 1 and GT 2 are in good condition within standard limits < 0.5%.

Keywords: Polarity Index, Tan Delta, Insulation Resistance, Power Transformer

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
A B S T R A K	vi
A B S T R A C T	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Transformator	5
a. Transformator 3 Fasa.....	6
2.2 Prinsip Kerja Transformator.....	9
a. Transformator Daya	10
b. Transformator Distribusi	11
c. Transformator Tegangan (Potensial Transformator)	11
d. Transformator Arus (<i>Current Transformer</i>).....	11
2.3 Trasformator Pada Sistem Tenaga Listrik	12
2.4 Komponen-komponen Transformator	13
a. Inti Besi.....	13
b. Kumparan Transformator (<i>Winding</i>).....	13
b. <i>Bushing</i>	14
2.4.1. <i>Oil Preservation & Expansion</i> (Konsevator).....	16
2.5 Peralatan Bantu Transformator.....	17
2.5.1. Sistem Pendingin Transformator	17
2.5.2. Alat pernapasan (<i>silica gel</i>).....	19
2.5.3. <i>Tap changer</i>	20
2.6 Isolasi.....	21
2.6.1. Pengukuran tahanan isolasi	22
2.6.2. Metode polaritas indeks (PI).....	23

2.6.3. Pengujian tangen delta	24
2.6.4. Pengaruh harmonisasi terhadap perangkat sistem listrik	28
2.7 Sifat Bahan Isolasi	28
2.7.1. Bahan isolasi gas	29
2.7.2. Bahan isolasi padat.....	29
2.7.3. Bahan isolasi cair	30
2.8 Jenis - Jenis Pemeliharaan	31
2.8.1. Pemeliharaan tidak terencana (<i>unscheduled maintenance</i>).....	32
2.8.2. Pemeliharaan terencana (<i>scheduled maintenance</i>)	32
2.8.3. <i>Preventive maintenance</i>	33
2.8.4. <i>Predective maintenance</i>	33
BAB 3 METODE PENELITIAN	33
3.1 Waktu dan Tempat	33
3.2 Alat dan Bahan.....	33
3.3 <i>Flowchart</i> Penelitian	34
3.4 Jenis Penelitian.....	35
3.5 Teknik Pengumpulan Data	35
3.6 Langkah – langkah Penelitian	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Data Spesifikasi Transformator Daya Unit 1 PLTGU Gunung Megang.....	37
4.2 Data Spesifikasi Transformator Daya Unit 2 PLTGU Gunung Megang	38
4.3 Analisa Data dan Perhitungan Polaritas Indeks	40
4.4 Analisis Data dan Perhitungan Pengukuran Tangen Delta	43
4.5 Analisa Pembahasan	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Transformator	5
Gambar 2. 2 Elektromagnetik Pada Transformator	6
Gambar 2. 3 Hubungan transformator Y-Y	7
Gambar 2.4 Hubungan Transformator Y- Δ	8
Gambar 2. 5 Prinsip Hukum Elektromagnetik	10
Gambar 2. 6 Transformator Distribusi	11
Gambar 2. 7 Struktur Dasar Sistem Tenaga Listrik	12
Gambar 2. 8 Inti Besi	13
Gambar 2. 9 Kumparan Transformator	14
Gambar 2. 10 <i>Bushing</i> Transformator	15
Gambar 2. 11 Bagian-Bagian <i>Bushing</i>	16
Gambar 2. 12 <i>Oil Preservation & Expansion</i> (Konsevator)	17
Gambar 2. 13 Kipas Pendingin Transformator	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 14 Alat Pernapasan (<i>Silica gel</i>)	20
Gambar 2. 15 <i>Tap Changer</i>	20
Gambar 2. 16 Pemodelan kapasitansi pada Isolasi	22
Gambar 2. 17 Rangkaian Pengujian Tes Tahanan Isolasi	24
Gambar 2. 18 Rangkaian Sederhana Rugi Faktor Daya	25
Gambar 2. 19 Rangkaian Pengujian CHG + CHL	26
Gambar 2. 20 Rangkaian Pengujian CHG	27
Gambar 2. 21 Rangkaian Pengujian CHL	27
Gambar 2. 22 Peran isolasi Kertas Pada Winding Transformator	30
Gambar 2. 23 Minyak Isolasi Transformator	31
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	34

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Standar Pengujian Polaritas Indeks	40
Tabel 4. 2 Data PI Tahun 2020 Transformator GT 1	40
Tabel 4. 3 Data IP Tahun 2020 Transformator GT 2.....	41
Tabel 4. 4 Standar Pengujian Tangen Delta	43
Tabel 4. 5 Data Tangen Delta Transformator 60 MVA GT 1 Tahun 2020.....	44
Tabel 4. 6 Data Tangen Delta Transformator 60 MVA GT 2 Tahun 2020.....	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya metode paling ekonomis guna mengukur pemakaian tegangan listrik merupakan melalui bentuk energi listrik. [1] Energi listrik dapat secara kontinu dikirim pada satu tempat ke tempat yang berbeda tanpa terkendala jarak yang berjauhan. Penyaluran energi listrik terkoneksi dalam suatu sistem, yang disebut sistem ketenagalistrikan. Kemajuan teknologi sangat berkembang pesat khususnya dibidang industri kelistrikan, kebutuhan pada tenaga listrik saat ini menjadi kebutuhan primer baik pada kota besar ataupun pada kota kecil. Fungsi utama sistem tenaga listrik merupakan untuk memasok energi listrik bagi setiap konsumen secara terus-menerus.

Sistem tenaga listrik [2] merupakan sekumpulan komponen atau alat-alat yang berupa generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi, dan beban sistem yang merupakan satu kesatuan sistem yang disebut dengan sistem distribusi kelistrikan. Transformator berperan penting dalam pendistribusian tegangan listrik, yaitu untuk menaikkan atau menurunkan tegangan yang akan disalurkan ke beban. Untuk itu transformator diharapkan mampu beroperasi secara maksimal dan terus menerus tanpa berhenti, Oleh karena itu transformator daya harus dalam kondisi baik ketika akan dioperasikan mengingat fungsinya yang sangat penting.

Transformator daya merupakan peralatan bertegangan tinggi [3] yang berguna sebagai penyalur daya listrik pada tegangan tinggi ke tegangan lebih kecil (Tegangan menengah), pada sistem pembangkit transformator daya berguna untuk menaikkan daya dari tegangan pembangkit ke tegangan tinggi. Kondisi transformator diharapkan selalu bekerja optimal, sehingga membutuhkan perawatan yang baik dan terkontrol. Salah satu bagian dari transformator yang perlu diperhatikan merupakan sistem isolasinya yang berpengaruh terhadap kinerja dari transformator itu sendiri [4]. Kondisi isolasi transformator menjadi bahasan yang penting. Isolasi transformator dapat mengalami pemburukan bila

tidak terpelihara yang akan berdampak pada kegagalan beroperasi dan yang sangat fatal merupakan transformator mengalami kerusakan yang dapat menyebabkan gangguan pada sistem kelistrikan.

Salah satu cara untuk mengetahui transformator dalam kondisi baik atau tidak merupakan dengan dilakukannya pengujian tahanan pada transformator [5] Tahanan isolasi merupakan tahanan yang berada pada dua kawat saluran yang diisolasi satu dan yang lainnya atau tahanan satu dan grounding (pentanahan). Pengujian tahanan isolasi merupakan pengujian untuk mengetahui kebocoran arus pada isolasi sebuah kabel, sedangkan Polaritas Indeks (PI), merupakan indikator kekeringan serta kebersihan pada suatu belitan sebagai penentu peral atan tersebut aman untuk digunakan.

Beberapa penelitian yang membahas tentang transformator diantaranya merupakan Katili et al [6] pada penelitiannya yang berjudul “Evaluasi Kesehatan Isolasi *Winding* Transformator, Dengan Menggunakan Parameter Tahanan Isolasi Dan Tangen delta Pada Main Transformator 140 MVA GT 1.1 PT.PJB Muara Karang” dari hasil pengujian tahanan isolasi dalam kondisi baik, sedangkan, untuk hasil perhitungan Polaritas Indeks dalam kondisi *fair* pada nilai 1,25–2,00. Perhitungan Tangen delta masih lebih kecil dari 0,5% yang menunjukkan dalam kondisi *good*. Menurut Alinda Aisteti Yani et al. [5] dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Tahanan Isolasi Transformator 3 Di PT.PLN (PERSERO) Gardu Induk 150 KV Pati”. Hasil pada pengujian ini merupakan hasil dari pengujian yang dilaksanakan pada Gardu Induk Pati yang mendapatkan nilai Polaritas Indeks mengidentifikasi nilai yang didapat dalam kondisi baik berkisar diantara 1,25 – 2,0 menunjukkan bahwa nilai polaritas indeks tahun 2018 hingga 2019 dalam kondisi baik. Dari hasil pengukuran Tangen delta pada transformator pada nilai 0,5% - 0,7% hal ini menunjukkan kondisi isolasi dalam penurunan, maka dari itu perlu dilakukan pengecekan pada kadar air dalam minyak isolasi. Dan untuk data hasil pengujian BDV (*Break Down Voltage*). Hasil dari 6 kali pengujian memiliki rata-rata nilai 92,9 kV dalam kondisi baik karena nilai rata-rata untuk transformator 150 kV, yaitu sebesar > 50 kV. Menurut Robbani et al [3] dalam penelitiannya yang berjudul “Penentuan Kelayakan

Isolasi Transformator 60 MVA Di Gardu Induk 150 KV Tegal Dengan Menggunakan Polaritas Indeks Dan Tangen Delta Dan *Breakdown Voltage*". Hasil pengujian di gardu induk 150 kV Tegal mengidentifikasi nilai Polaritas Indeks pada PI terkecil 1,26 disisi ruas primer dan PI tertinggi 1,97 disisi ruas primer-sekunder pada kondisi baik. Hasil pengujian Tangen delta menunjukkan kondisi baik, akan tetapi pada mode CHT mengalami penurunan Tangen delta negatif bernilai 0,07%. Hasil pengujian oli rata-rata masih layak dipakai pada oli dasar 69,9 kV dan *Online Tap Changer* (OLTC) 53,3 kV.

Penelitian tentang tahanan isolasi ini akan dilakukan pada Transformator Unit PLTGU Gunung Megang yang belum pernah diteliti sebelumnya. Berdasarkan referensi digunakan Metode Polaritas Indeks dan Tangen delta untuk menguji tahanan isolasi pada transformator daya dari pembangkit berkapasitas 60 MVA. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas isolasi transformator secara periodik (dua tahun) oleh tim pemeliharaan gardu induk (GI) untuk menjamin transformator selalu dalam kondisi yang baik. Pengujian tahanan isolasi sangat berguna sebagai cara mencegah terdapatnya arus bocor dibagian lilitan yang bisa menyebabkan gangguan disisi transformator, agar kerusakan pada transformator dapat dideteksi secara dini.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai acuan untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi untuk mendeteksi kelemahan dalam tahanan isolasi dengan memakai parameter pengujian Polaritas Indeks (PI) dan Tangen delta.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi hanya pada pengujian tahanan isolasi menggunakan parameter Polaritas Indeks (PI) Dan Tangen Delta pada Transformator 60 MVA unit PLTGU Gunung Megang.

1.4 Sistematika Penulisan

Penelitian ini ditulis pada beberapa bagian untuk mempermudah dalam penyusunan. Secara sistematika penelitian ini akan ditulis seperti berikut ini:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang Latar Belakang Judul, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas mengenai landasan teori pada studi pengujian tahanan isolasi transformator 60 MVA.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode-metode dan parameter pengeraan skripsi.

BAB 4 DATA, PERHITUNGAN, PEMBAHASAN DAN ANALISA

Pada bab ini menguraikan data yang diambil dan dihasilkan dari penelitian skripsi ini.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari pembahasan yang didapat dari bab sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

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] A. Hermawan, R. Sutjipto, S. Irmadhani Hidayat, dan F. Berlian Suryaningtyas, "Studi Pengaruh Pembebanan Sebagai Dasar Scheduling Maintenance Untuk Meminimalisir Susut Umur Transformator 1 Gi Blimbing," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, Vol. 7, No. 3, Hal. 33–38, 2020, Doi: 10.33795/Elposys.V7i3.16.
- [3] 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.
- [4] A. Makkulau, N. Pasra, Dan R. R. Siswanto, "Pengujian Tahanan Isolasi Dan Rasio Pada Transformator Ps T15 Pt Indonesia Power Up Mrica," Vol. 10, No. 1, Hal. 21, 2018.
- [5] Y. A. Aisteti, Margono, Dan K. Hasto, "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.
- [6] D. A. Katili, H. S. Dini, dan H. Azis, "Evaluasi Kondisi Kesehatan Winding Transformator Dengan Parameter Tahanan Isolasi dan Tan Delta Pada Main Transformator Gt 1.1 Pt. Pjb Muara Karang," 2020, [Daring]. Tersedia Pada: [Http://156.67.221.169/2856/](http://156.67.221.169/2856/).
- [7] A. M. Suganda, "Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya," Vol. Xxiii, No. 2, Hal. 1–10, 2021.
- [8] A. B. Ksatria, "Pengaruh Cara Potong Inti Terhadap Inrush Current Pada Transformator Satu Fasa 1-Kva Dan Tiga Fasa 3-Kva," 2017.
- [9] E. S. Nasution, F. I. Pasaribu, Dan M. Arfianda, "Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya Pada Gardu Induk," *Ready Start*, Vol. 02, No. 1, Hal. 179–186, 2019.
- [10] J. A. Pakpahan, "Tugas Akhir Analisa Pengukuran Ratio Transformator Daya Yang Menggunakan On Load Tap Changer (Aplikasi Pada Transformator Daya Paya Geli Pln Medan)," 2018.
- [11] R. Idris, "Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Berdasarkan Hasil Uji Indeks Polarisasi, Breakdown Voltage, dan Tangen Delta," Hal. 57, 2020.

- [12] Pln, "Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Jakarta Selatan," No. 1, 2014.
- [13] A. Tanjung, "Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 Kv Gardu Induk Teluk Lembu dan Pltmg Langgam Power Untuk Mengurangi Rugi Daya dan Drop Tegangan," Vol. 11, No. 2, Hal. 160–166, 2014.
- [14] P. Gultom, I. Danial, dan M. Rajagukguk, "Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 Kv Akibat Pembebanan Lebih," *Tek. Elektro*, 2018.
- [15] M. R. Hanif, "Analisis Pengujian Tangen Delta Transformator Tegangan Pada Gardu Induk Salak Baru dan Gardu Induk Salak Lama Ultg Sukabumi," 2021.
- [16] Irwanto, "Sistem Maintenance Transformator 60 Mva Pada Electric Arc Furnace (Eaf) 7 Slab Steel Plant 1," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, Vol. 5, No. 2, Hal. Hal 75-89, 2020.
- [17] Erlina Dan Muhlas, "Pengujian Kondisi Isolasi Main Transformator Gtg 1 . 1 Dengan Metode Dielectric Response Analysis (Dirana)," Vol. 08, No. 02, Hal. 67–136, 2016.
- [18] Soehardi, "Pemeliharaan Transformator 1 Fasa 50 Kva," *Power Elektron.*, Vol. 2, No. 3, Hal. 159764, 2017.
- [19] R. T. M. Sitepu, "Analisis Kinerja Isolasi Pada Transformator Daya Berdasarkan Indeks Polarisasi, Kekuatan Dielektrik dan Tangen Delta (Aplikasi Pt. Pln (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan)," *J. Pembang. Wil. Kota*, Vol. 1, No. 3, Hal. 82–91, 2020.
- [20] R. Ondrialdi, U. Situmeang, dan Zulfahri, "Analisis Pengujian Kualitas Isolasi Transformator Daya Di Pt. Indah Kiat Pulp And Paper Perawang," *Sainetin*, Vol. 4, No. 2, Hal. 72–81, 2020, Doi: 10.31849/Sainetin.V4i2.6288.
- [21] L. H. Nur dan U. Latifa, "Analisis Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Arus 70kv Bay Kuningan Ii di Gardu Induk Sunyaragi Cirebon," Vol. 11, No. 1, Hal. 98–102, 2022.
- [22] W. A. Oktaviani, T. Barlian, Dan M. A. Gazani, "Pengujian Isolasi Transformator Daya 30 Mva Pada Gi Sungai Juaro Palembang Dengan Indeks Polaritas dan Tangen Delta," Vol. 3, No. 1, Hal. 199–204, 2021.
- [23] A. G. Gifari, "Analisis Pengujian Rutin dan Spesial Pada Transformator Distribusi 5 Mva 20 Kv/6,3 Kv," Hal. 323–333, 2021.
- [24] M. I. D. Saputra, "Analisa Perbandingan Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Iii Gardu Induk Kebasen Tahun 2017, 2019, Dan 2021,"

2021.

- [25] D. Aribowo, R. Wiryadinata, dan D. A. Yh, "Care And Maintenance System Generator Transformer 20kv-150kv," Vol. 8, 2014.
- [26] F. R. A. Bukit, "Analisis Kekuatan Dielektrik Minyak Campuran Metil Ester Bunga Matahari Sebagai Isolasi Cair Pada Transformator," *J. Energy Electr. Eng.*, Vol. 3, No. 1, Hal. 1–7, 2021, Doi: 10.37058/Jeee.V3i1.3650.
- [27] J. Siburian, "Karakteristik Transformator," Vol. Viii, No. 21, Hal. 21–28, 2019.