

Kelayakan Current Transformer (CT) Pada Gardu Induk 150 kV Cilegon Baru ULTG Cilegon

Ramli Dilaga^{*1}, Irwanto²

¹Universitas Negeri Sultan Ageng Tirtayasa

^{*}Corresponding author, email: 2283190034@untirta.ac.id

Abstrak	INFO.
<p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan operasional Transformator Arus (CT) pada Gardu Induk 150 kV Cilegon Baru PT. PLN (Persero). Transformator arus memiliki peran vital dalam sistem proteksi dan pengukuran, di mana kegagalan isolasi dapat menyebabkan gangguan fatal pada penyaluran tenaga listrik. Metode penelitian yang digunakan meliputi pengujian tahanan isolasi, tahanan pentanahan, dan pengujian tangen delta (tan delta) pada fasa R, S, dan T. Pengujian injeksi tegangan dilakukan dengan variasi 500 V hingga 5 kV untuk mengukur kebocoran arus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi pada sisi primer-tanah, sekunder-tanah, dan antar belitan melebihi standar minimum 1000 MΩ, yang mengindikasikan kondisi isolasi sangat baik. Nilai tahanan pentanahan terukur di bawah 1 Ω, memenuhi standar keamanan personil dan peralatan. Selanjutnya, pengujian tangen delta menghasilkan nilai 0,30% (Fasa R), 0,31% (Fasa S), dan 0,32% (Fasa T). Karena seluruh nilai tan delta berada di bawah batas ambang 1%, disimpulkan bahwa transformator arus dalam kondisi layak operasi dan tidak mengalami degradasi dielektrik.</p>	<p>Info. Artikel: No. 032 Received. January, 15, 2026 Revised. January, 20, 2026 Accepted. January, 30, 2026 Page. 156 – 162</p> <p>Kata kunci:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ transformator arus ✓ gardu induk ✓ tahanan isolasi ✓ tangen delta ✓ uji kelayakan

Abstract

This study aimed to analyze the operational feasibility of the Current Transformer (CT) at the 150 kV Cilegon Baru Substation of PT. PLN (Persero). Current transformers play a vital role in protection and measurement systems, where insulation failure can cause fatal disruptions to power distribution. The research methods used included insulation resistance testing, grounding resistance testing, and tangent delta (tan delta) testing on phases R, S, and T. Voltage injection tests were conducted with variations from 500 V to 5 kV to measure current leakage. The results showed that the insulation resistance values on the primary-ground, secondary-ground, and inter-winding sides exceeded the minimum standard of 1000 M Ω , indicating excellent insulation conditions. The measured grounding resistance was below 1 Ω , meeting safety standards for personnel and equipment. Furthermore, the tangent delta testing yielded values of 0.30% (Phase R), 0.31% (Phase S), and 0.32% (Phase T). Since all tan delta values were below the threshold of 1%, it was concluded that the current transformer was in feasible operating condition and had not experienced dielectric degradation.

PENDAHULUAN

Sebagai industri listrik negara, PLN berusaha untuk mendistribusikan tenaga listrik dengan seefisien mungkin sesuai dengan prinsip dasar pembangkitan dan penyaluran energi [16], sambil terus meningkatkan jumlah pelanggan dan memastikan kualitas penyaluran serta mencegah gangguan dalam operasi peralatan. Untuk mencapai hal ini, diperlukan sistem pengaman atau proteksi dan peralatan yang tepat, salah satunya adalah transformator arus. Transformator arus berfungsi untuk mengubah arus yang besar pada tegangan tinggi atau menengah menjadi arus yang lebih kecil pada tegangan rendah, yang kemudian digunakan dalam sistem proteksi tenaga listrik [1].

Tidak layaknya transformator arus dapat disebabkan oleh kesalahan pada trafo arus, dengan 2 jenis kesalahan yaitu kesalahan Perbandingan/Rasio dan kesalahan sudut fasa. Trafo adalah peralatan listrik yang beroperasi dan energi listrik dari tegangan tinggi ke rendah atau sebaliknya dengan frekuensi yang sama pada rasio transformasi dengan kopling magnetik [2].

Trafo dengan faktor transformasi besar dapat digunakan sebagai sarana pencegahan penggunaan arus secara tidak sah pada industri dengan kapasitas daya besar [3].

Pada prinsipnya Kesalahan perbandingan/rasio trafo arus berdasarkan IEC-60044-1 Edisi 1.2 tahun 2003 adalah kesalahan besaran arus karena perbedaan rasio pengenal trafo arus dengan rasio sebenarnya,

kemudian kesalahan sudut fasa adalah kesalahan akibat pergeseran fasa antara arus sisi primer dengan arus sisi sekunder. Kesalahan sudut fasa akan memberikan pengaruh pada pengukuran berhubungan dengan besaran arus dan tegangan, misalnya pada pengukuran daya aktif maupun daya reaktif, pengukuran energi dan relai arah[4].

Dalam melakukan kegiatan ini adanya pemeliharaan pada setiap komponen, Penerapan pedoman pemeliharaan ini merupakan hal yang wajib bagi seluruh pihak yang terlibat dalam kegiatan pemeliharaan peralatan penyaluran di PLN, baik perencana, pelaksana maupun evaluator. Pengambilan data ini berupa arus, tegangan dan tahanan pada transformator arus (CT) di PT PLN ULTG Cilegon. Secara umum kondisi CT ditentukan oleh kondisi dari setiap subsistemnya. Informasi tentang setiap subsistem diperoleh melalui Inspeksi Level 1, Inspeksi Level 2 dan Inspeksi Level 3. Uji kelayakan Trafo Arus didapatkan data berupa nilai tahanan isolasi, tahanan pentanahan dan pengujian tan delta setiap fasa R, S, dan T serta data pendukung yang tersedia di PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon [5][6]. Dipilihnya objek pembahasan ini adalah Trafo Arus merupakan komponen penting pada gardu induk yang berfungsi untuk melakukan konversi dari nilai arus besar ke arus kecil untuk dilakukan pengukuran.

Tekait tentang tahanan isolasi, pengujian perlu dilakukan agar mengetahui kualitas isolasi yang ada di bagian-bagian transformator apakah dalam keadaan yang baik atau mengalami suatu masalah. Pengujian tahanan isolasi dilakukan untuk mengevaluasi resistansi isolasi pada transformator arus. Resistansi isolasi yang baik menunjukkan bahwa transformator arus terlindungi dari kemungkinan kebocoran arus atau gangguan pada isolasi internalnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas tahanan isolasi pada transformator tenaga menurun antaralain: suhu, jalur bocor pada permukaan eksternal seperti kotoran pada bushing atau isolator kotor, usia peralatan atau komponen, dan alat uji [7].

Selain itu, pengujian tahanan pentanahan juga dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pentanahan dalam gardu induk berfungsi dengan baik. Sistem pentanahan yang efektif sangat penting dalam melindungi transformator arus dan peralatan lainnya dari bahaya akibat arus hubung singkat.. Begitu pentingnya sistem pentanahan untuk mengamankan peralatan-peralatan pada gardu induk yang memiliki fungsi memikul beban tegangan dan arus yang sangat tinggi secara kontinyu. Sistem pentanahan (grounding system) menjadi bagian dari sistem tenaga listrik yang memiliki fungsi menyetanahkan apabila terjadi muatan tegangan atau arus lebih sehingga dapat meminimalisir gangguan yang ditimbulkan [8].

Tahap selanjutnya adalah pengujian tan delta (dissipation factor) yang memiliki peran penting dalam mengevaluasi kondisi isolasi transformator arus. Pengujian ini mengukur tingkat kerugian daya dalam isolasi akibat hambatan dan kerusakan dielektrik. Pengujian tangen delta melibatkan penerapan tegangan AC pada transformator arus dan mengukur perbedaan fase antara tegangan input dan arus output. Pada kondisi ideal, tegangan dan arus harus berada pada fase yang sama. Namun, jika ada kerusakan pada isolasi atau adanya kebocoran arus, maka fase antara tegangan dan arus akan berbeda, dan perbedaan fase ini diukur sebagai angka tangen delta [9].

Kualitas operasional transformator arus sangat ditentukan oleh tingkat ketelitian atau akurasinya. Ketelitian ini dipengaruhi oleh dua parameter fundamental, yaitu kesalahan rasio (ratio error) dan pergeseran sudut fasa (phase displacement). Kesalahan rasio terjadi apabila terdapat selisih antara arus sekunder aktual dengan nilai teoritisnya, sedangkan kesalahan sudut fasa dapat menyebabkan ketidakakuratan pada pengukuran daya aktif, reaktif, dan kinerja relai arah. Selain itu, parameter Faktor Batas Ketelitian (Accuracy Limit Factor/ALF) juga menjadi indikator krusial untuk memastikan inti magnetik CT tidak mengalami kejenuhan (saturation) saat dialiri arus gangguan besar [1], [2].

Dalam menggunakan komponen-komponen yang akan digunakan atau yang telah digunakan, komponen tersebut perlu melakukan uji kelayakan dengan hasil data tersebut akan digunakan untuk mengetahui kondisi alat atau komponen memiliki kondisi yang normal dan abnormal. Adanya gangguan pada suatu komponen dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari komponen itu sendiri seperti dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan penting pada penyaluran tenaga listrik, yaitu transformator, penghantar, isolasi, dan peralatan hubung. Adanya kerusakan berarti mengganggu keberlanjutan atau, dengan kata lain, keandalan sistem kurang baik. Dengan bahasan di atas maka perlu adanya pemeliharaan, fungsi pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah untuk mempertahankan kondisi agar dapat bekerja sesuai fungsinya, antara lain yaitu untuk meningkatkan keandalan, penyediaan dan energi, untuk

memperpanjang umur peralatan, mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan, meningkatkan keamanan pada peralatan dan mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan [10].

METODE PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan di PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon melalui studi literatur dan observasi lapangan selama satu bulan. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung terhadap nilai tahanan isolasi, tahanan pentanahan, dan tangen delta (Tan Delta) pada Fasa R, S, dan T. Proses analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran lapangan terhadap standar pemeliharaan yang berlaku, yaitu buku pedoman pemeliharaan dan standar IEC 60044-1.

Penentuan kelayakan transformator arus didasarkan pada kriteria batas ketelitian dan nilai akurasi sesuai standar tersebut. Indikator kelayakan mensyaratkan bahwa kesalahan rasio arus tidak boleh melebihi batas toleransi kelasnya (misalnya $\pm 0,2\%$ untuk kelas 0.2) dan pergeseran fasa harus berada dalam rentang yang diizinkan [1]. Peralatan dinyatakan dalam kondisi anomali atau tidak layak apabila hasil pengujian menunjukkan penyimpangan nilai di luar batas toleransi..

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Arus

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi transformator arus baik antara belitan maupun antara belitan dengan tanah dan jika transformator arus memiliki isolasi dengan nilai resistansi lebih rendah dari standar minimum, akan menyebabkan berbagai operasi seperti kebocoran arus listrik, korsleting, dan kecelakaan yang lebih serius [13], [14]. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa pengujian tahanan isolasi merupakan metode efektif untuk mendeteksi kelemahan dielektrik yang dapat memicu kegagalan fatal pada peralatan gardu induk [17].

Dengan mengukur arus bocor yang melewati isolator maka akan diperoleh nilai tahanan isolasi dalam satuan mega ohm dengan data sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi

Test Point	Tegangan Uji (V)	Hasil	Test Point	Tegangan Uji (V)	Kesimpulan
		R	S	T	
Primer – Tanah	Injeksi Teg DC 5Kv 1M Ω /1Kv	48500 M Ω	56900 M Ω	56700 M Ω	Baik
Sekunder Tanah					
Sekunder 1 Tanah	Injeksi Teg DC 500 V 1M Ω /1kv	>1000 M Ω	>1000 M Ω	>1000 M Ω	Baik
Sekunder 2 Tanah		>1000 M Ω	>1000 M Ω	>1000 M Ω	
Sekunder 3 Tanah		>1000 M Ω	>1000 M Ω	>1000 M Ω	
Sekunder 4 Tanah		>1000 M Ω	>1000 M Ω	>1000 M Ω	
Sekunder 5 Tanah		>1000 M Ω	>1000 M Ω	>1000 M Ω	

Test Point	Tegangan Uji (V)	Hasil	Test Point	Tegangan Uji (V)	Kesimpulan
		R	S	T	
Primer – Sekunder					
Primer - Sekunder 1	injeksi Teg DC 5kV 1MΩ /1kV	5400 MΩ	9200 MΩ	28900 MΩ	Baik
Primer - Sekunder 2		10200 MΩ	9300 MΩ	10400 MΩ	
Primer - Sekunder 3		22000 MΩ	17600 MΩ	45400 MΩ	
Primer - Sekunder 4		22500 MΩ	24700 MΩ	27500 MΩ	
Primer - Sekunder 5		20600 MΩ	16000 MΩ	33500 MΩ	
Sekunder – Sekunder					
Sekunder1 - Sekunder2	Injeksi Teg DC 500 V	>1000 MΩ	>1000 MΩ	>1000 MΩ	Baik
Sekunder1 - Sekunder3		>1000 MΩ	>1000 MΩ	>1000 MΩ	
Sekunder1 - Sekunder4		>1000 MΩ	>1000 MΩ	>1000 MΩ	
Sekunder1 - Sekunder5		>1000 MΩ	>1000 MΩ	>1000 MΩ	
Sekunder2 - Sekunder3		>1000 MΩ	>1000 MΩ	>1000 MΩ	
Sekunder2 - Sekunder4		>1000 MΩ	>1000 MΩ	>1000 MΩ	
Sekunder2 - Sekunder5		-	-	-	
Sekunder3 - Sekunder4		>1000 MΩ	>1000 MΩ	>1000 MΩ	
Sekunder3 - Sekunder5		-	-	-	
Sekunder4 - Sekunder5		-	-	-	

Berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi diatas dapat dikatakan bahwa tahanan isolasi dengan titik ukur primer-tanah adalah dalam kondisi baik karena nilai tahanan isolasinya tinggi yaitu untuk fasa R sebesar

48500 M Ω , fasa S sebesar 56900 M Ω dan fasa T sebesar 56700 M Ω . Tahanan isolasi dengan titik ukur sekunder-tanah juga memiliki nilai tahanan isolasi yang baik, yaitu untuk fasa S dan T memiliki nilai lebih besar dari 1000 M Ω . Tahanan isolasi dengan titik ukur primer-sekunder terlihat memiliki nilai tahanan isolasi yang tinggi berarti tahanan isolasinya mempunyai kualitas baik atau bagus. Begitupun dengan nilai tahanan isolasi pada titik ukur sekunder-sekunder memiliki nilai tahanan isolasi yang tinggi dan baik. Dalam pengujian tahanan isolasi pada setiap titik ukur menggunakan acuan injeksi yang berbeda-beda. Acuan injeksi untuk titik ukur primer-tanah sebesar 5 KV tegangan DC. Untuk titik ukur sekunder-primer menggunakan injeksi sebesar 500 V. untuk titik ukur primer-sekunder menggunakan injeksi sebesar 5 KV, dan untuk titik ukur sekunder-sekunder menggunakan injeksi 500 V

B. Hasil Uji Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan bertujuan untuk menentukan tahanan antara besi atau plat tembaga yang ditanam dalam tanah yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik terhadap gangguan petir dan hubung singkat [15].

Hasil uji tahanan pentanahan berdasarkan perhitungan menggunakan alat uji yang tersedia akan tertera pada tabel dibawah sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan

Test Point	Tegangan Uji (V)	Hasil	Test Point	Tegangan Uji (V)	Kesimpulan
		R	S	T	
Nilai Tahanan Pentanahan (Ω)	R < 1 Ω (Kondisi Pentanahan Terlepas dari Struktur)	0,4 Ω	0,4 Ω	0,4 Ω	Baik

Sistem pembumian gardu induk adalah untuk memastikan kondisi aman bagi manusia ataupun peralatan lain didalam dan disekitar switchyard gardu induk selama kondisi normal atau sedang terjadi gangguan [10]. Pengukuran besarnya tahanan pentanahan menggunakan alat uji tahanan pentanahan. Nilai tahanan pentanahan mempengaruhi keamanan personil terhadap bahaya tegangan sentuh. Untuk nilai pengukuran tahanan pentanahan sesuai tabel diatas tersebut memiliki hasil nilai dibawah < 1 Ω berarti memiliki kondisi yang bagus atau baik.

C. Hasil Pengujian Tangen Delta

Pengujian tangen delta dapat dilakukan dengan beberapa variasi yaitu pengukuran tangen delta pada level tegangan yang berbeda atau dilakukan pada frekuensi yang berbeda, dengan hasil yang didapat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tangen Delta

Test Point	Tegangan Uji (V)	Hasil	Test Point	Tegangan Uji (V)	Kesimpulan
		R	S	T	
Tangen Delta (%)	< 1% Acceptable >1% unacceptable	0,30 Ω	0,31 Ω	0,32 Ω	Baik

Berdasarkan tabel 6 tersebut dapat diperoleh hasil pengujian tan delta untuk fasa R sebesar 0,30%, fasa S sebesar 0,31% dan fasa T sebesar 0,32%. Dapat dilihat bahwa nilai tan delta yang diperoleh yaitu kurang dari 1% yang artinya nilai tan delta tersebut dapat diterima dan kondisi CT tersebut dalam kondisi baik.

Secara umum, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai faktor dissipasi material isolasi. Penurunan kualitas isolasi akan menyebabkan nilai tangen delta semakin tinggi. Selain nilai tangen delta, nilai kapasitansi juga terukur. Peningkatan nilai dari kapasitansi mengindikasikan kerusakan pada isolasi kertas. Kasus yang umum terjadi adalah hubung singkat antar lapisan kapasitor yang ditandai dengan meningkatnya nilai kapasitansi. Adapun rekomendasi nilai <1% sebaiknya lakukan pengujian sesuai periode yang dijadwalkan berarti masih dalam keadaan baik, apabila nilai tangen delta >1% sebaiknya lakukan pengujian sekali lagi untuk memastikan akurasi hasil uji atau mengacu ke manual book dan lihat trend hasil pengujian/hasil uji periode sebelumnya atau mengacu pada hasil uji pabrikan. Setelah hal diatas belum berhasil atau unacceptable maka bandingkan dengan hasil pengujian yang lain (tahanan isolasi), Jika mengindikasikan hal yang sama maka:

1. Lakukan pengujian kualitas minyak isolasi dan DGA (khusus untuk CT jenis non hermetically sealed) jika CT berusia > 10 th dan belum pernah dilakukan pengambilan sample minyak (atau hubungi manufacturer jika sebelumnya sudah pernah dilakukan pengambilan sample minyak).
2. Cek Kondisi Diaphragma bellows, jika terindikasi kemasukan air/udara maka laksanakan penggantian minyak sesuai manual instruction atau hubungi manufaktur.
3. Lakukan penggantian bila hasil perbaikan tetap menunjukkan > 1 % .
4. Jika terjadi kemungkinan penyebab peningkatan arus bocor adalah kelembaban, suhu dan beban trafo, maka diperlukan tindakan pembersihan antar belitan karena adanya kotoran yang terkontaminasi ke belitan [9].

KESIMPULAN

Tahanan isolasi merupakan parameter penting untuk mengevaluasi kualitas isolasi transformator arus. Resistansi isolasi yang baik menunjukkan bahwa transformator arus terlindungi dengan baik dari kemungkinan kebocoran arus atau gangguan isolasi internal.

Kegiatan pengujian CT (Current Transformer) yang dilaksanakan adalah mengenai tahanan isolasi, tahanan pentanahan dan pengujian tan delta. Pengujian tahanan isolasi berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada trafo arus baik antar belitan maupun antara belitan dan ground, tahanan pentanahan berfungsi sebagai keamanan personil terhadap bahaya tegangan dan pengujian tan delta dilakukan untuk mengetahui nilai faktor dissipasi material isolasi. Pengujian tan delta akan memberikan gambaran tentang kualitas isolasi dan dapat mendeteksi adanya kerusakan dielektrik atau hambatan dalam transformator arus.

Nilai pengujian pada tahanan isolasi ini memiliki nilai yang lebih besar dari 1000 MΩ sehingga terlihat memiliki nilai tahanan isolasi yang tinggi berarti tahanan isolasinya mempunyai kualitas baik atau bagus. Pada tahap selanjutnya terdapat nilai pengukuran tahanan memiliki hasil nilai dibawah < 1Ω berarti memiliki kondisi yang bagus atau baik. Kemudian hasil pengujian tan delta untuk fasa R sebesar 0,30%, fasa S sebesar 0,31% dan fasa T sebesar 0,32%. Dapat dilihat bahwa nilai tan delta yang diperoleh yaitu kurang dari 1% yang artinya nilai tan delta tersebut dapat diterima dan kondisi CT tersebut dalam kondisi baik. Standar yang berlaku ini berbeda-beda disesuaikan berdasarkan pengujian dan perhitungan masing-masing bagian.

Uji kelayakan transformator arus harus dilakukan secara berkala dan teratur untuk memastikan transformator arus beroperasi dalam kondisi optimal dan aman. Pelaksanaan pengujian rutin ini sangat krusial untuk memantau tren degradasi peralatan sehingga tindakan preventif dapat dilakukan sebelum terjadi gangguan [18].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Pamudji, Buku Pedoman Trafo Arus. Jakarta: PT. PLN, 2014.
- [2] B. L. Tobing, Peralatan Tegangan Tinggi. Jakarta: PT Gramedia Pustaka, 2012.
- [3] Putra, Bahri, and Siregar, "Penggunaan Transformator Arus Untuk Pencegahan Pemakaian Arus Ilegal,"

- Journal of Electrical and System Control Engineering, vol. 2, 2018.
- [4] S. Gunawan, "Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan," *Jurnal Dimensi Teknik Elektro*, vol. 1, 2013.
- [5] L. Nur, "Analisis Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Arus 70kv Bay Kuningan II Di Gardu Induk Sunyaragi Cirebon," *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [6] D. Aribowo, "Analisa Pengujian Tegangan Tembus Menggunakan Applied Potential Test Pada Current Transformer Unit CT/VT," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [7] H. Margianto and Syafriyudin, "Pengujian Transformator Arus 150 Kv Untuk Sistem Proteksi Transformator Tenaga 3 Gardu Induk Purworejo," *Jurnal Elektrikal*, vol. 3, no. 1, 2016.
- [8] Robbani, Nugroho, and 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, 2020.
- [9] Pranoto, Tumaliang, and Mangindaan, "Analisa Sistem Pentanahan Gardu Induk Teling Dengan Konstruksi Grid (Kisi-kisi)," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 3, 2018.
- [10] A. Almanda, "Analisis Pengujian Tangen Delta pada Bushing Trafo 150/20 KV 60 MVA di Gardu Induk Karet Lama," *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 5, no. 2, 2022.
- [11] Ananto, Arifin, Hermawan, and Efendrik, "Kajian Teknis Pemeliharaan Transformator Arus Pada Gardu Induk Pltu Tanjung Awar – Awar Babat," *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, 2023.
- [12] Rianti, Arsyad, and Danial, "Studi Analisa Kelayakan Transformator Arus untuk Proteksi Sistem Tenaga Listrik berdasarkan Hasil Uji Tahanan Isolasi, Rasio, dan Eksitasi," *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak*.
- [13] Oktaviani, Barlian, and Gazan, "Pengujian Isolasi Trafo Daya 30 MVA pada GI Sungai Juaro Palembang dengan Indeks Polaritas dan Tangen Delta," *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [14] Amalia, Hariman, and Meriani, "Analisa Deskripsi Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan Trafo Arus Dan Trafo Tegangan Bay Penghantar Musi 1 Di PT. PLN Persero Gardu Induk Pekalongan," *Jteraf (Jurnal Teknik Elektro Raflesia)*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [15] A. Hamid, "Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT.PLN (Persero) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon," *Journal of Electrical Technology*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [16] D. Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga, 2005.
- [17] R. Siregar, "Pengujian Tahanan Isolasi Trafo Tegangan Di Gardu Induk Telukjambe Karawang," *Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power Systems*, vol. 6, pp. 10-13, 2021.
- [18] W. Tambunan, "Pengujian Rutin Trafo Arus 24 Kv Di Laboratorium Hubung Singkat PT. PLN (Persero) Puslitbang Ketenagalistrikan," *Jurnal Sutet*, vol. 8, no. 1, 2018.
-