

Analisis Kegiatan Pemeliharaan Dua Tahunan Transformator 1 pada Gardu Induk Kenjeran 150 kV terhadap Keandalan Sistem Kelistrikan

Rizky Anugra Brilliansyah¹, Sujito², Didik Riyanto³, Sulistiyanto⁴

^{1,2} Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

³ Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo, Indonesia

⁴ Universitas Nurul Jadid, Probolinggo, Indonesia

Article Info

Article history:

Diterima : 24 Juni 2025

Revisi : 10 Desember 2025

Diterbitkan : 25 Februari 2026

Kata Kunci:

GarduInduk,
Keandalan,
Pemeliharaan
Transformator,
SistemTenaga Listrik.

ABSTRAK

Transformator merupakan komponen vital dalam sistem tenaga listrik yang berperan dalam proses penyaluran energi dari pembangkit hingga ke konsumen. Keandalan transformator sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pemeliharaan yang terencana dan berkala. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pelaksanaan pemeliharaan dua tahunan Transformator 1 di Gardu Induk Kenjeran 150 kV dalam menunjang keandalan sistem tenaga listrik. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif melalui pengumpulan data hasil pengujian teknis dan evaluasi kesesuaian terhadap standar yang berlaku. Pengujian meliputi Breakdown Voltage (BDV) minyak isolasi, tahanan isolasi, sistem pentanahan, serta pemeriksaan sistem proteksi dan peralatan pendukung lainnya. Data yang diperoleh dianalisis dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap standar IEEE dan Surat Keputusan Direksi (SK DIR) PT PLN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh parameter pengujian berada dalam batas standar yang dipersyaratkan, sehingga transformator dinyatakan dalam kondisi layak operasi dan memiliki tingkat keandalan yang baik untuk mendukung kontinuitas pasokan tenaga listrik.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Rizky Anugra Brilliasnyah,

Universitas Negeri Malang , Jl Semarang No 5 Sumber Sari, Malang 65145, Indonesia

Email: rizky.anugra.2205366@students.um.ac.id

1. PENDAHULUAN

Transformator daya merupakan peralatan utama dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menaikkan maupun menurunkan tegangan sehingga proses penyaluran energi listrik dari pembangkit ke pusat beban dapat berlangsung secara efisien dan andal [1], [2]. Keandalan transformator sangat menentukan kontinuitas pelayanan tenaga listrik, karena kegagalan pada peralatan ini dapat menyebabkan gangguan sistem, pemadaman, serta kerugian teknis dan ekonomis yang signifikan [3], [4]. Oleh sebab itu, diperlukan strategi pemeliharaan yang terencana dan berkelanjutan guna menjaga kondisi operasional transformator tetap dalam batas standar yang dipersyaratkan [4], [5].

Salah satu bentuk pemeliharaan preventif yang diterapkan adalah pemeliharaan berkala dua tahunan. Kegiatan ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi fisik dan parameter teknis transformator melalui serangkaian inspeksi, pengujian, dan pengukuran, seperti pengujian minyak isolasi, tahanan isolasi, sistem pentanahan, serta pemeriksaan sistem proteksi dan pendingin [6]. Interval dua tahunan dipilih dengan mempertimbangkan standar operasional dan kebijakan internal perusahaan ketenagalistrikan, termasuk ketentuan dalam SK DIR

520, sehingga diharapkan mampu mendeteksi potensi gangguan sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius [7].

Gardu Induk Kenjeran 150 kV merupakan salah satu infrastruktur penting dalam sistem kelistrikan wilayah Surabaya dan sekitarnya, sehingga keandalan Transformator 1 pada gardu induk tersebut menjadi aspek krusial dalam menjaga stabilitas sistem. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kegiatan pemeliharaan dua tahunan Transformator 1 di Gardu Induk Kenjeran 150 kV serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap keandalan sistem kelistrikan. Analisis dilakukan melalui observasi lapangan dan evaluasi hasil pengujian teknis dengan mengacu pada standar yang berlaku, sehingga diperoleh gambaran kondisi aktual transformator dan tingkat kesiapan operasionalnya.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif untuk menganalisis pelaksanaan pemeliharaan dua tahunan Transformator 1 di Gardu Induk Kenjeran 150 kV. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengukuran dan evaluasi parameter teknis transformator berdasarkan data hasil pengujian lapangan yang terukur dan terdokumentasi [1], [6].

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lokasi Gardu Induk Kenjeran 150 kV dengan mengikuti rangkaian kegiatan pemeliharaan preventif yang dilaksanakan oleh tim pemeliharaan. Parameter yang diamati meliputi pengujian minyak isolasi (Breakdown Voltage/BDV), pengukuran tahanan isolasi, pemeriksaan sistem pentanahan, sistem pendingin, serta evaluasi sistem proteksi transformator. Data kuantitatif diperoleh dari laporan hasil pengujian dan dokumen pemeliharaan resmi yang dikeluarkan oleh pihak terkait.

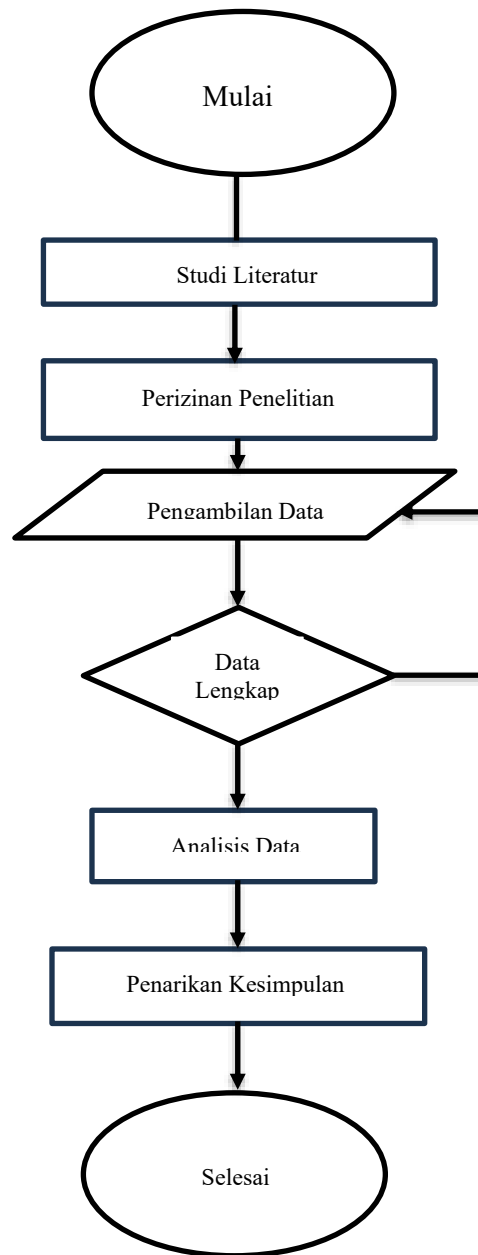
Selain observasi lapangan, penelitian ini juga didukung oleh studi dokumentasi dan kajian literatur terhadap pedoman teknis internal perusahaan, seperti Surat Keputusan Direksi (SK DIR) No. 520 tentang pemeliharaan gardu induk [7], serta standar internasional IEEE yang relevan dengan pengujian dan evaluasi kondisi transformator daya [3], [6]. Kajian literatur ini bertujuan untuk membandingkan hasil pelaksanaan di lapangan dengan standar operasional dan batas toleransi teknis yang berlaku.

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap analisis data, dan tahap evaluasi hasil. Pada tahap persiapan dilakukan identifikasi kebutuhan data serta koordinasi dengan pihak pengelola gardu induk. Tahap pengumpulan data dilakukan selama kegiatan pemeliharaan berlangsung, sedangkan tahap analisis dilakukan setelah seluruh data teknis terkumpul secara lengkap dan tervalidasi.

Untuk menjamin keakuratan data, dilakukan proses verifikasi terhadap hasil pengujian dengan membandingkan data historis pemeliharaan sebelumnya serta memastikan kesesuaian metode pengukuran dengan prosedur standar operasional [5], [7]. Validasi ini penting untuk memastikan bahwa hasil analisis benar-benar mencerminkan kondisi aktual transformator dan bukan disebabkan oleh kesalahan pengukuran atau faktor eksternal lainnya.

Selanjutnya, hasil analisis dikaitkan dengan indikator keandalan sistem tenaga listrik, seperti kesiapan operasi (availability), potensi gangguan (failure risk), dan kontinuitas suplai daya [4]. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menilai kesesuaian teknis terhadap standar, tetapi juga mengevaluasi kontribusi pemeliharaan dua tahunan terhadap peningkatan keandalan sistem secara menyeluruh.

Melalui tahapan tersebut, diperoleh gambaran objektif mengenai kondisi aktual transformator serta kontribusi kegiatan pemeliharaan dua tahunan dalam mendukung kontinuitas dan keandalan sistem tenaga listrik.



Gambar 1. Flowchart alur penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

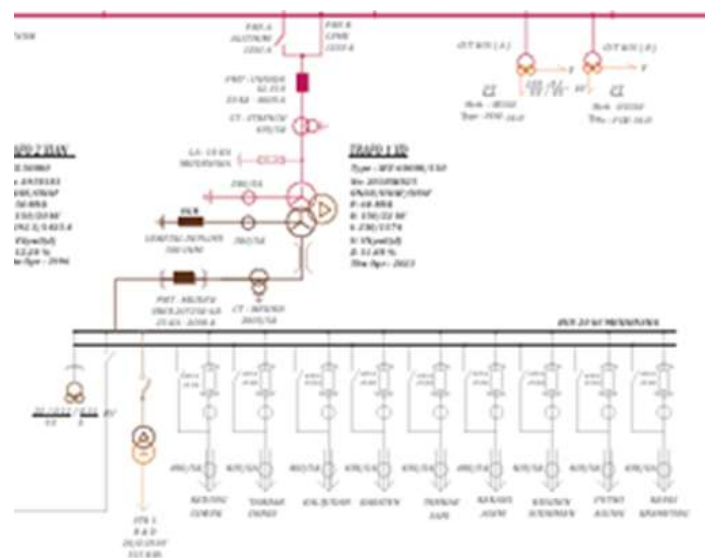
Ruang lingkup pemeliharaan transformator dua tahunan di Gardu Induk meliputi:

3.1. Pemeriksaan Visual

Nameplate trafo adalah "kartu identitas" yang berisi semua informasi penting mengenai karakteristik teknis dan operasional trafo [8].



Gambar 2. Nameplate Transformator



Gambar 3. SLD Transformator 1

Pada pemeriksaan visual ini nameplate masih terpasang dengan rapih dan sesuai dengan dokumentasi teknis.

3.2 Pengujian Minyak Isoalsi

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas minyak isolasi yang digunakan di dalam transformator. Tes yang umum dilakukan yaitu Breakdown Voltage (BDV) dan Dissolved Gas Analysis (DGA). BDV mengukur kemampuan minyak dalam menahan tegangan tinggi, sedangkan DGA menganalisis kandungan gas yang bisa menandakan adanya kerusakan internal seperti panas berlebih atau percikan listrik [9] [10].

3.3 Pemeriksaan Sistem Pendingin

Transformator menggunakan sistem pendingin, seperti radiator dan kipas, untuk menjaga suhu operasi tetap stabil. Pemeriksaan ini meliputi pengecekan kondisi fisik radiator, fungsi kipas, serta sirkulasi oli untuk memastikan bahwa panas dapat dibuang dengan efisien [11] [12].

3.4 Pengukuran Pentanahan

Tabel 1. Hasil Pengujian Pentanahan Transformator

B. TAHANAN PENTANAHAN		Pengujian tanpa melepas koneksi grounding	SK DIR 0520 <1 Ω	R	S	T	R	S	T
1	Koneksi ground sambungan atas - ground			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2	Koneksi ground sambungan bawah - ground			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Alat ukur tahanan pentanahan				Merk		KYORITSU		KYORITSU	
		Type		KEW 4105		KEW 4105			
		Nomor serie							

Pada hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan digital earth tester menunjukkan nilai tahanan pembumian sebesar 0,2 Ω . Secara teknis, nilai ini berada dalam kategori aman dan memenuhi standar yang berlaku. Hal ini sesuai dengan panduan dari SK DIR 520 yang secara eksplisit menyatakan bahwa nilai maksimum tahanan pembumian untuk sistem distribusi tidak boleh melebihi 1 Ω .

3.5 Pengujian Relay Proteksi

Relay proteksi seperti Buchholz relay diuji untuk memastikan sistem proteksi dapat bekerja saat terjadi gangguan. Buchholz relay akan mendeteksi adanya gelembung gas atau penurunan level minyak yang bisa menjadi tanda awal kerusakan internal [13].

3.6 Pengujian Tahanan Isolasi

Metode pengujian tahanan isolasi transformator yang umumnya dilakukan untuk melakukan pengujian isolasi adalah dengan memberikan tegangan yang memiliki nilai yang lebih tinggi dari tegangan yang biasa mengalir pada penghantar tersebut atau bisa disebut metode Indeks Polarisasi (IP) [14].

Kondisi isolasi berdasarkan index polarisasi ditunjukkan pada tabel 2 menurut standard IEEE dan SK DIR 520

Tabel 2. Kondisi Isolasi Berdasarkan Indeks Polarisasi

Kondisi	Index Polarisasi	Rekomendasi
Berbahaya	<1	Investigasi
Jelek	1,0 – 1,1	Investigasi
Dipertanyakan	1,1 - 1,25	Uji kadar air minyak, uji tan delta
Baik	1,25 - 2,0	-
Sangat baik	> 2,0	-

Tabel 3. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi

NO	URAIAN	KETERANGAN	ACUAN / STANDART	DATA SEBELUMNYA			DATA SAAT INI		
	PENGUKURAN			Menit 1	Menit 10	IP	Menit 1	Menit 10	IP
A. TAHANAN ISOLASI		TEGANGAN UJI 5 KV DC	SK DIR 0520 > 1KV / 1 MQ IP >1,25						
1	Primer - Ground			41100	53500	1,30	51330	72900	1,29
2	Sekunder - Ground			36400	53500	1,47	44130	64000	1,45
3	Tertier - Ground			25400	42600	1,68	34880	57900	1,66

4	Primer - Sekunder			40300	59200	1,47	49000	69600	1,42
5	Primer - Tertier			58000	77100	1,33	50132	75700	1,51
6	Sekunder - Tertier			38500	57000	1,48	31100	56600	1,82
	Alat ukur tahanan isolasi	Merk	KYORITSU			KYORITSU			
		Type	3125 A			3125 A			
		Nomor serie							

Dari hasil perhitungan indeks polarisasi pada tabel diatas pada pengujian 1- 4 yaitu antara Primer – Ground, Sekunder – Ground, Tertier – Ground, dan Primer - Sekunder mengalami penurunan, berdasarkan standar uji indeks polarisasi (IP) transformator maka hasil pengukuran tahanan isolasi transformator ini masih dalam keadaan “Baik” dengan rentang nilai 1,25 – 2,0 yang artinya kualitas isolasi tersebut masih layak digunakan. Namun, terjadinya penurunan nilai bisa disebabkan oleh beberapa faktor antara lain tindakan pengujian seperti pembersihan maupun pengeringan yang tidak detail, ataupun usia dari isolasi tersebut. Sedangkan pada hasil perhitungan indeks polarisasi (IP) pada pengujian 5 dan 6 yaitu antara Primer – Tertier dan Sekunder – Tertier mengalami hal sebaliknya yaitu kenaikan. Berdasarkan standar acuan hasil indeks polarisasi tersebut dalam keadaan “Baik” dengan rentang nilai 1,25 – 2,0 dan menunjukkan bahwa isolasi tersebut masih layak digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa tahanan isolasi antara primer,sekunder dan tertier pada saat pengujian dilakukan tindakan yang detail seperti pembersihan maupun pengeringan yang berdampak pada kenaikan nilai indeks polarisasi (IP).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh parameter pengujian pada pemeliharaan dua tahunan transformator di Gardu Induk Kenjeran 150 kV masih dalam batas normal dan tidak ditemukan indikasi kerusakan atau penurunan performa. Temuan ini sejalan dengan teori pemeliharaan preventif yang menyatakan bahwa pemeliharaan berkala sangat penting untuk mendeteksi dan mencegah potensi kerusakan sebelum terjadi kegagalan total pada peralatan utama sistem tenaga listrik seperti transformator. [3] dan [4] menegaskan bahwa pemeliharaan rutin, termasuk interval dua tahunan, sangat efektif dalam menjaga keandalan dan kontinuitas suplai listrik, serta meminimalkan risiko gangguan distribusi yang dapat menyebabkan kerugian signifikan. Secara teknis, hasil pengujian suhu sambungan transformator yang stabil dan rendah sesuai dengan standar IEEE, serta nilai tahanan pembumian sebesar $0,2 \Omega$ yang berada di bawah batas maksimum 1Ω menurut SK DIR 520, menguatkan bahwa pelaksanaan pemeliharaan sudah sesuai dengan standar nasional dan internasional yang berlaku. Pengujian indeks polarisasi (IP) pada tahanan isolasi juga menunjukkan hasil dalam kategori “Baik”, sesuai dengan standar uji transformator, sehingga kualitas isolasi masih layak digunakan meskipun terdapat sedikit penurunan nilai akibat faktor usia atau proses pengujian.

Temuan penelitian ini juga konsisten dengan hasil penelitian terdahulu. Studi oleh [5] di PLN UPT Makassar menemukan bahwa pemeliharaan transformator secara berkala mampu menjaga parameter utama transformator tetap dalam kondisi aman dan laik operasi, serta mendukung keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Penelitian lain oleh [15] di Gardu Induk 150 kV Titi Kuning juga menegaskan pentingnya pemeliharaan terjadwal untuk menjaga efektivitas dan daya tahan transformator, serta perlunya investigasi lebih lanjut jika ditemukan ketidaknormalan hasil pengujian. Selain itu, penelitian mengenai pemeliharaan transformator di Gardu Induk 150 kV Kenjeran Surabaya menunjukkan bahwa pengujian parameter seperti tahanan isolasi, pentanahan, atau minyak isolasi dapat digunakan sebagai indikator kelayakan peralatan, dan hasil yang masih dalam batas standar menandakan peralatan tersebut masih layak digunakan. Hal ini memperkuat argumen bahwa pemeliharaan preventif dan pengujian berkala sangat penting untuk menjaga keandalan operasional peralatan di gardu induk.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan visual, pengujian minyak isolasi, sistem pendingin, pengujian tahanan isolasi, sistem proteksi, serta pengukuran sistem pentanahan, dapat disimpulkan bahwa Transformator 1 Gardu Induk Kenjeran 150 kV berada dalam kondisi baik dan layak operasi. Seluruh parameter hasil pengujian menunjukkan nilai yang masih berada dalam batas standar yang dipersyaratkan oleh SK DIR dan standar IEEE.

Hasil uji Breakdown Voltage (BDV) minyak isolasi menunjukkan nilai di atas 30 kV/2,5 mm, yang masih memenuhi batas aman (≥ 30 kV untuk kategori layak operasi). Nilai tahanan isolasi berada di atas $1 \text{ G}\Omega$ pada pengujian megger 5 kV, yang menunjukkan kondisi isolasi sangat baik dan jauh dari batas minimum yang diizinkan ($\geq 100 \text{ M}\Omega$). Pengukuran sistem pentanahan (grounding) menunjukkan nilai tahanan di bawah 1Ω ,

yang masih berada dalam kategori sangat baik untuk instalasi gardu induk tegangan tinggi (batas umum $\leq 5 \Omega$, dan direkomendasikan $\leq 1 \Omega$ untuk sistem 150 kV). Sistem proteksi dan pendingin juga berfungsi normal tanpa indikasi gangguan mekanis maupun listrik.

Tidak ditemukan adanya indikasi degradasi signifikan, overheating, kebocoran minyak, maupun ketidaksesuaian parameter teknis lainnya. Dengan demikian, pelaksanaan pemeliharaan dua tahunan terbukti efektif dalam menjaga performa, memperpanjang umur peralatan, serta meminimalkan potensi gangguan pada sistem tenaga listrik. Kegiatan pemeliharaan berkala ini berkontribusi langsung terhadap peningkatan keandalan (reliability) dan kesiapan operasi (availability) transformator dalam mendukung kontinuitas suplai energi listrik.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang sudah membantu penelitian kami, sampai selesai serta sampai pembuatan artikel ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. PLN, "Final Pedoman O & M Transformator Tenaga," *Jakarta: Perusahaan Listrik Negara*, 2009.
- [2] C. Krause, "Power transformer insulation – history, technology and design," *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 19, no. 6, hlm. 1941–1947, Des 2012, doi: 10.1109/TDEI.2012.6396951.
- [3] S. Imammah dan M. I. Marzuki, "Implementasi Strategi Pemeliharaan Preventif untuk Mengoptimalkan Kinerja Disconnecting Switch Line dan Lightning Arrester pada Gardu Induk 150kV," *JSI*, vol. 15, no. 1, Mei 2023, doi: 10.18495/jsi.v15i1.21450.
- [4] E. Permata, "MAINTENANCE PREVENTIVE PADA TRANSFORMATOR STEP-DOWN AV05 DENGAN KAPASITAS 150KV DI PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK," vol. 3, 2020.
- [5] M. Anzar Amrullah, H. Haripuddin, dan F. Firdaus, "STUDI PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR DAYA DI PLN UPT MAKASSAR," *Metrik*, vol. 20, no. 1, hlm. 67–72, Des 2022, doi: 10.59562/metrik.v20i1.5487.
- [6] A. Hafid dan D. Debiana, "STUDI TRANSFORMATOR PADA GARDU INDUK PANAKKUKANG PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA WILAYAH III," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 1, no. 2, hlm. 12–18, Agu 2019, doi: 10.26618/jte.v1i2.2380.
- [7] IEEE Standards Association, "IEEE recommended practice for measurement of power factor tip-up of electric machinery stator coil insulation, IEEE Std 286-2000," *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2000>.
- [8] R. Syahputra, "Pengoperasian transformator dengan menggunakan tap changer aplikasi gardu induk denai," PhD Thesis, Fakultas Teknik, 2019. Diakses: 7 Mei 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.uisu.ac.id/handle/123456789/95>
- [9] W. Yuswanto dan D. Septiawan, "PENGARUH KUALITAS MAINTENANCE PERALATAN TERHADAP KELANCARAN PENYALURAN LISTRIK KE DISTRIBUSI DI GARDU INDUK KADIPATEN KABUPATEN MAJALENGKA," 2022.
- [10] Sulistiyanto S, Hadits N. Helm Cerdas Pendeteksi Gas Berbasis IoT untuk Keselamatan Pekerja Tambang. *Akiratech*. 2025 Jun 17;2(2):40-7.
- [11] M. Muliadi, S. Syukri, dan T. M. Asyadi, "Pengaruh Tingkat Kelembaban Terhadap Kinerja Pemisah (PMS) 150 kV Pada Gardu Induk," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 1, hlm. 92–98, 2022.
- [12] U. Latifa, "Kontrol Sistem Pendingin Transformator Utama di PT PLN Nusantara Power UP PLTU Indramayu," *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, vol. 13, no. 2, hlm. 251–254, 2024.
- [13] J. Y. Siallagan, A. Tanjung, dan A. Arlenny, "Studi Kebutuhan Perencanaan Pemasangan Busbar Proteksi Pada Gardu Induk Dumai PT. PLN (Persero) UPT Pekanbaru," *JURNAL TEKNIK*, vol. 15, no. 2, hlm. 94–103, 2021.
- [14] S. Suganda dan A. Muis, "Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya," *SINUSOIDA*, vol. 23, no. 2, hlm. 1–10, Des 2021, doi: 10.37277/s.v23i2.1114.
- [15] Agung Revival Sembiring, "DAYA II 60 MVA PADA GARDU INDUK 150 KV TITI KUNING PT. PLN (PERSERO) UPT MEDAN".
- [16] Sulistiyanto S, Nuruzzaman AF, Riyanto NA. Pelatihan Pembuatan Tempat Pakan Ikan Terapung Otomatis Berbasis Mikrokontroler Di Desa Suboh Kecamatan Suboh Kabupaten Situbondo. *Gotong Royong*. 2024 Nov 10;1(3):88-96.

