

Pengujian Isolasi Trafo Daya 30 MVA pada GI Sungai Juaro Palembang dengan Indeks Polaritas dan Tangen Delta

Wiwin A. Oktaviani¹, Taufik Barlian¹, Marami Ahmad Gazani¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang
Palembang, Indonesia

corresponding author(s): wiwin_oktaviani@um-palembang.ac.id

Abstrak—Tahanan isolasi pada trafo dapat mengalami pemburukan yang dapat mengakibatkan kegagalan operasi transformator seiring bertambahnya usianya trafo. Karenanya diperlukan pengujian untuk mengetahui keadaan isolasi trafo. Selain usia, besarnya pembebanan juga mempengaruhi kondisi tahanan isolasi. Berdasarkan data, pembebanan di Gardu Induk Sungai Juaro telah mencapai lebih dari 90%. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi transformator daya di GI Sungai Juaro dengan melakukan pengujian Indeks Polarisasi dan Tangen Delta dengan menggunakan data tahun 2019 dan 2021. Hasil uji kemudian diolah menggunakan *Software Matlab*. Nilai indeks polarisasi di sisi primer dan tersier trafo mengalami penurunan sebesar 0,09 dan 0,29 untuk pemakaian selama dua tahun. Sedangkan hasil pengujian tangen delta dibawah 0,5% Rate Power Faktor. Secara umum, hasil-hasil yang didapat masih berada dalam range IEE Std 62-1995 yang menunjukkan kondisi tahanan isolasi masih dalam kategori baik.

Kata kunci—tahanan isolasi, indeks polaritas, tangen delta

Abstract—The insulation resistance of the transformer can deteriorate, which can fail the operation of the transformer as the transformer ages. Therefore it is necessary to test to determine the state of the transformer isolation. In addition to age, the magnitude of the load also affects the condition of the isolation prisoners. Based on the data, the load at the Juaro River Substation has reached more than 90%. The purpose of this study was to determine the quality of the insulation resistance of power transformers at the Sungai Juaro Substation by testing the Polarisation Index and Tangen Delta using data from 2019 and 2021. The test results were then processed using *Matlab Software*. After two years of service, the polarization index on the primary and tertiary sides of the transformer reduced by 0.09 and 0.29, respectively, while the results of the delta tangent test are below 0.5% Rate Power Factor. In general, the results obtained are still in the range of IEE Std 62-1995, which indicates the condition of the insulation resistance is still in the good category.

Keywords— *Insulation Resistance, Polarization Index, Tangent Delta*

I. PENDAHULUAN

Transformator merupakan alat pendistribusian energi listrik dengan fungsi melakukan konversi terhadap tegangan yang diharapkan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Gangguan pada trafo akan mengakibatkan penyaluran energi listrik menjadi terhenti. Terhentinya pasokan listrik itu tentu saja menimbulkan kerugian baik di pihak produsen listrik maupun konsumen listrik.

Sistem tenaga listrik berfungsi memberi fasilitas layanan energi listrik pada konsumen dengan berkelanjutan. Memastikan operasi transformator yang efektif merupakan salah satu upaya menjaga pasokan energi listrik. Salah satu upaya dimaksud adalah dengan memperhatikan kualitas tahanan isolasi pada transformator agar sesuai dengan standar yang ditetapkan. Isolasi berfungsi dalam melakukan isolasi terhadap transformator agar tidak mengalami panas yang dapat mengakibatkan kerusakan transformator. Sistem isolasi rentan terhadap kadar air, oksigen, terhadap panas berlebih dan tekanan mekanis [1]. Bahkan salah satu indikator apakah isolasi trafo masih dalam keadaan baik adalah dengan mengukur kandungan air (*water content*) pada minyak trafo [2]. Berdasarkan standar IEC 60422 2013 kandungan air pada minyak trafo yang diijinkan berada pada rentang 15%-20%. Tingkat kekentalan minyak juga mempengaruhi kualitas isolasi trafo dimana semakin rendah nilai kekentalan minyak maka tegangan tembusnya semakin tinggi. Minyak dengan kekentalan rendah tidak mudah terkontaminasi zat-zat yang berpotensi membentuk "jembatan" konduksi di minyak [3].

Guna menjamin kualitas isolasi trafo, diperlukan pengujian tahanan isolasi transformator tenaga. Pengujian tahanan isolasi adalah pengujian yang menghitung arus bocor yang dinyatakan dalam indeks polarisasi (IP). Nilai IP menunjukkan tingkat kebersihan dan kekeringan lilitan dan menentukan apakah peralatan beroperasi dengan aman. Pengujian indeks polaritas dilakukan dalam dua tahapan yaitu tahapan pengujian pertama menit ke-1 dan tahapan kedua pengujian menit ke-10.

Sedangkan pengujian tangen delta adalah metode diagnostik kelistrikan untuk menentukan kondisi insulasi dimana trafo dianggap sebagai kapasitor murni. Jika kapasitor, dalam hal ini trafo, kondisinya tidak baik

maka daya yang hilang akan semakin besar. Dengan demikian, untuk mengetahui baik tidaknya nilai tange delta, maka besarnya koreksi factor daya perlu dihitung [4]. Pada pengujian tange delta memiliki mode pengujian, UST (*Ungrounded Specimen Test*), GST (*Grounded Speciment Test*), dan GSTg (*Grounded Specimen Test with guard*) [5]. Pengujian transformator dapat dilakukan dalam keadaan trafo menyala (*in service testing/online testing*) maupun pengujian dalam padam (*shutdown testing/offline testing*)[6]. Umumnya nilai hasil uji tange delta bernilai positif namun pada beberapa kasus hasil uji tange delta menunjukkan nilai negatif. Kondisi ini terjadi diakibatkan kebocoran isolasi [7]. Bila hasil pengujian dengan metode lain terhadap sub-sistem dielektrik dinyatakan *valid* maka nilai pengujian tange delta negatif dianggap *invalid*. Jika ini yang terjadi pengujian perlu dilakukan ulang setelah dilakukan beberapa Langkah mitigasi seperti pengecekan rangkaian, pembersihan klem *bushing* dan *center tap*, serta melakukan penyesuaian terhadap metode pengujian tange delta untuk belitan yang bernilai tange delta negatif [8]. Untuk pengujian tange delta pada transformator tiga belitan, titik ujinya sebagai berikut [5] :

Primer – Ground

Sekunder – Ground

Tertier – Ground

Primer – Sekunder

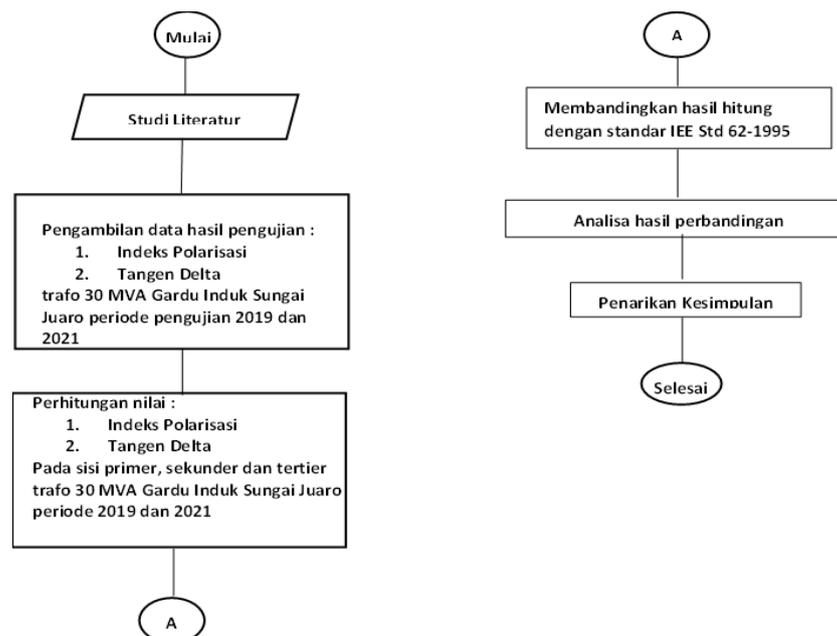
Sekunder – Tertier

Primer – Tertier

Pengujian ketahanan isolasi trafo secara berkala diperlukan guna mendapatkan tren sehingga dapat dilakukan prediksi untuk mendapatkan nilai kritis dari isolasi transformator daya. Prediksi besaran nilai kritis ini berkorelasi dengan jadwal pemeliharaan [9]. Pembebanan trafo juga berpengaruh terhadap ketahanan isolasi trafo. Penbebanan di Gardu Induk Sungai Juaro meningkat dari 76,47% di tahun 2016 menjadi 90,68 di tahun 2019 [10]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi transformator daya di GI Sungai Juaro dengan melakukan pengujian Indeks Polarisasi dan Tange Delta.

II. METODE PENELITIAN

Tahap awal yang dilakukan peneliti adalah melakukan studi literatur guna mendapatkan gambaran teoritis metode pengujian tahanan isolasi trafo. Hasil studi literatur ini menjadi landasan peneliti untuk mengumpulkan data yang diperlukan dimana pada penelitian ini data yang dikumpulkan adalah data hasil pengujian indeks polarisasi dan tange delta pada tranformator daya 70kV Gardu Induk Sungai Juaro untuk dua periode pengujian yaitu pengujian tahun 2019 dan 2021. Pertimbangan peneliti mengambil data uji mulai tahun 2019 karena seperti diuraikan sebelumnya bahwa pada tahun 2019 beban GI Sungai Juaro telah melampaui 90%. Selanjutnya perhitungan IP untuk tahun 2019 dan 2021 pada belitan primer-sekunder dan tersier trafo dilakukan menggunakan MATLAB. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan standar acuan guna mengetahui apakah tahanan isolasi mengalami pemburukan. Tahapan penelitian digambarkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

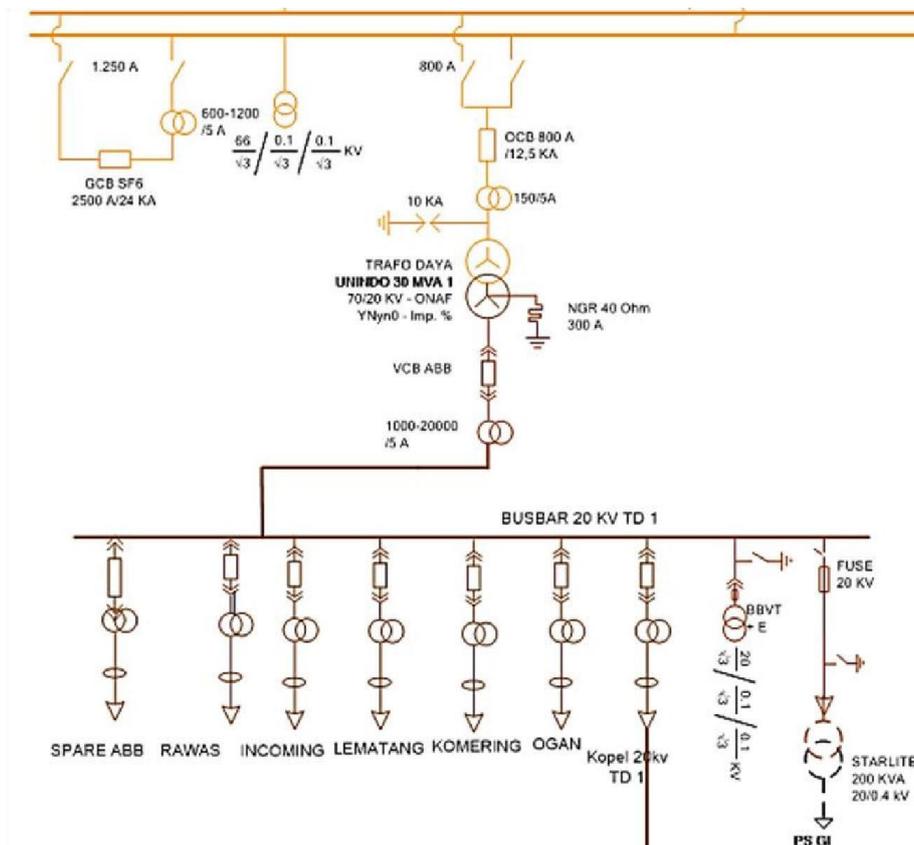
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Transformator daya yang menjadi objek penelitian mendapatkan input tegangan dari busbar I dan II yang bertegangan 70kV. Tegangan ini diturunkan menjadi 20kV yang terhubung dengan busbar 20kV TD1 untuk menyuplai tegangan ke berbagai penyulang. Data trafo daya 30 MVA ditunjukkan pada Tabel 1 dan *single line diagram* Gardu Induk Sungai Juaro pada Gambar 2 sedangkan data uji IP dan Tangen Delta masing-masing ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

TABEL 1. SPESIFIKASI TRANSFORMATOR

Merk	UNINDO
Company	PLN P3BS UPT Palembang
Location	GI Sungai Juaro
Yr. Manufactured	2013
VA Rated	30 MVA
kV Rated	70,20
Serial Number	1000256139
Frequency	50 Hz
Cooling	ONAN/ONAF
Standard	IEC 60076
Circuit Designation	Bay Trafo 1
Phase	3
Connection	Star
Oil Volume	11900 Kg
Circuit Impendace	12,39%
Type Of Oil	UN-INHIBITED



Gambar 2. Single line diagram Gardu Induk Sungai Juaro

TABEL 2. DATA PENGUJIAN INDEKS POLARISASI GARDU INDUK SUNGAI JUARO

Pengujian Tahanan Isolasi	Tahun 2019			Tahun 2021		
	1 Menit	10 Menit	IP	1 Menit	10 Menit	IP
Primer-(Tanah dan Sekunder dan Tertier)	5,089	10,230	2,01	6,145	11,800	1,92
Sekunder-(Tanah dan Primer dan Tertier)	3,693	7,940	2,11	5,106	12,460	2,44
(Tertier dan Sekunder dan Primer)-Tanah	3,654	7,710	2,15	5,060	9,210	1,82

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN TANGEN DELTA TRANSFORMATOR 2019 DAN 2021

Pengukuran	Test kV	% TD	CAP (pf)
Tahun 2019			
PRIMER			
CHG	10.000	0,1985	8,1670
CHL	10.000	0,12	7,5
SEKUNDER			
CLG	10.000	0,1929	11,651
CLH	10.000	0,11	7,503
Tahun 2020			
PRIMER			
CHG+CHL	10.000	0,166	1155
CHG	10.000	0,238	4069
CHL	10.000	0,128	7493
SEKUNDER			
CLG + CLH	10.000	0,162	1651
CLG	10.000	0,187	9016
CLH	9.999	0,128	7493

Keterangan : CHG : Capacitance High Ground; CHL : Capacitance High Low; CLG : Capacitance Low Ground; CLH : Capacitance Low High;

B. Perhitungan Indeks Polarisasi

Data hasil pengujian indeks polarisasi ditunjukkan pada Tabel 4. Selanjutnya dilakukan perhitungan IP untuk tahun 2019 dan 2021 pada belitan primer-sekunder dan tersier trafo menggunakan MATLAB. Perhitungan IP meliputi :

- Primer-(Tanah dan Sekunder dan Tertier)
- Sekunder-(Tanah dan Primer dan Tertier)
- (Tertier dan Sekunder dan Primer)-Tanah

TABEL 4. HASIL PERHITUNGAN INDEKS POLARISASI TAHUN 2019 DAN 2021

PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI	TAHUN 2019			TAHUN 2021		
	1 Menit	10 Menit	IP	1 Menit	10 Menit	IP
Primer-(Tanah dan Sekunder dan Tertier)	5,089	10,23	2,010	6,145	11,80	1,9222
Sekunder-(Tanah dan Primer dan Tertier)	3,693	7,940	2,150	5,106	12,46	2,4402
(Tertier dan Sekunder dan Primer)-Tanah	3,654	7,710	2,110	5,060	9,210	1,8201

Dari hasil perhitungan berdasarkan Tabel 4 pengujian indeks polarisasi pada tahun 2019 sisi primer, sekunder dan tertier menunjukkan nilai di atas 2,0. Berdasarkan standar IEE Std 62-1995 yang dituangkan dalam SKDIR PLN No. 0520-2.K/DIR tahun 2014 menunjukkan kondisi lilitan masih sangat baik, akan tetapi pengujian indeks polarisasi pada tahun 2021 menunjukkan pada sisi primer nilai IP mengalami penurunan menjadi 1,92, di sisi sekunder mengalami kenaikan sebesar 2,44 dan sisi tertier mengalami penurunan menjadi 1,82. Kondisi ini menunjukkan terjadi peningkatan arus bocor pada belitan primer dan sekunder trafo setelah beroperasi selama dua tahun terakhir, Nilai IP yang didapatkan berada pada range 1,25 – 2, yang menunjukkan kondisi belitan trafo masih dalam kategori baik menurut standar IEE Std 62-1995. Beberapa kemungkinan penyebab peningkatan arus bocor adalah kelembaban, suhu dan beban trafo, sehingga diperlukan tindakan pembersihan antar belitan karena adanya kotoran yang terkontaminasi ke belitan.

C. Perhitungan Tangen Delta

TABEL 5. HASIL PERHITUNGAN TANGEN DELTA TRANSFORMATOR TAHUN 2019 DAN 2021

Pengujian	Hasil Perhitungan (% TD)
Tahun 2019	
PRIMER	
CHG	0,1985
CHL	0,1212
SEKUNDER	
CLG	0,1929
CLH	0,1121
Tahun 2021	
PRIMER	
CHG + CHL	0.1662
CHG	0.2387
CHL	0.0128
SEKUNDER	
CLG + CLH	0.1622
CLG	0.0187
CLH	0.0127

Dari Tabel 5 diketahui hasil perhitungan tangen delta tahun 2021 pada pengujian CHG-PRIMER sebesar 0,2387 %TD atau naik sebesar 0,04 % dibandingkan hasil perhitungan di tahun 2019 sebesar 0,1985 %TD. Hasil ini menunjukkan telah terjadi pemburukan pada isolasi akan tetapi kondisi belitan transformator masih dalam kategori baik dikarenakan nilai yang didapat di bawah 0,5% menurut standar IEE Std 62-1995 sehingga kondisi ini belum membutuhkan perbaikan isolasi. Kedua hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai IP berbanding lurus dengan nilai tangen delta yang berarti kenaikan arus bocor pada tahanan isolasi akan meningkatkan pemburukan pada isolasi trafo.

IV. KESIMPULAN

Kondisi tahanan isolasi trafo 30 MVA GI Sungai Juaro di tahun 2019 berada pada kondisi sangat baik berdasarkan nilai IP > 2 untuk semua belitan, namun dua tahun berikutnya nilai IP pada belitan primer dan tersier mengalami penurunan namun nilainya masih berada pada range 1,25 – 2,0 yang masuk kategori baik. Begitupun dari hasil uji tangen delta CHG-PRIMER, nilai yang didapat dibawah 0,5% dari *rate power factor* yang berarti kondisi tahanan isolasi dalam kondisi baik. Pengecekan dan pengujian berkala diiringi dengan ketepatan jadwal pemeliharaan diperlukan untuk memperpanjang usia pakai trafo.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ondrialdi, U. Situmeang, and Zulfahri, "Analisis Pengujian Kualitas Isolasi Transformator Daya di PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang," *SainETIn J. Sains Energi Teknol. Dan Ind.*, vol. 4, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2020, doi: 10.31849/sainetin.v4i2.6288.
- [2] N. Andayani, Y. M. Simanjuntak, and Danial -, "Analisis Water Content dan Breakdown Voltage pada Isolasi Minyak Nynas Nytro A Libra dengan Variasi Zat Aditif Fenol," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Sep. 2020, Accessed: Nov. 11, 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/42560>
- [3] W. K. Wibowo, H. Nugroho, T. A. Nugroho, N. I. Pertiwi, and A. Irawan, "Analisis Efek Viskositas Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator," *J. Teknol.*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Oct. 2018.
- [4] M. F. Robbani, D. Nugroho, and 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, Art. no. 2, Dec. 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i2.2721.
- [5] PT.PLN PERSERO. *Buku Pelatihan O&M Transformator Tenaga*, 2006
- [6] M. Fajarwati and U. -, "Analisi Kondisi Hasil Pengujian Transformator III 150/20kV 16MVA GI Jajar Dalam Keadaan Padam," s1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018. Accessed: Nov. 11, 2021. [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/65601/>
- [7] Setyowibowo, "Pengujian Tangen Delta Trafo dan Bushing Kasus khusus Tangen Delta Negatif Oleh: Arief Setyowibowo." <https://123dok.com/document/y937owjy-pengujian-tangen-delta-trafo-bushing-tangen-negatif-setyowibowo.html> (accessed Nov. 11, 2021).
- [8] A. Hakim, "Analisis Penurunan Kinerja Transformator Daya 20 MVA di Gardu Induk Sungai Juaro Terhadap Tahanan Isolasi Akibat Permbahasan," S-1, 021008 Universitas Tridinanti Palembang, 2020. Accessed: Nov. 11, 2021. [Online]. Available: <http://repository.univ-tridinanti.ac.id/1847/>