

**ANALISIS UJI PERFORMA TRANSFORMATOR DAYA GT
(Generator Transformer) 370 MVA DI PT. PJB UBJOM PLTU 1
PACITAN**

Iskak Imaulana, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas
Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Lingkar Selatan, Kasihan-Bantul, Yogyakarta

E-mail: Iskak.recovery@gmail.com, iskak.imaulana.2014@ft.umy.ac.id

ABSTRACT

Steam power plant is one of the producers of electricity in indonesia. Transformer is the most important part in Power plant that serves to convert power without changing the frequency of electricity. By doing testing on the transformer can know the quality and performance of transformer during operation. Test method is done by testing Insulation Resistance & Polarization index, Winding Temperature, Disipation Factor (tangent delta), SFRA (Sweep Frequency Response Analysis), Dielectric Response Analysis, and Turn to Turn Ratio (ratio test) at transformer. From the results of the entire electrical transformer testing unit 2 UBJOM PLTU Pacitan Rukan test results showed good results except on testing polarization index (PI) IEEE C 57.152 – 2013 $PI > 1.3$ revealed good condition while the test results of $PI < 1.3$. Standard IEEE std 43-2013 PI results can be ignored when results $IR > 5000 M\Omega$.

Keywords: *Performa test Transformator, testing Insulation Resistance & Polarization index, Winding Temperature, Disipation Factor (tangent delta), SFRA (Sweep Frequency Response Analysis), Dielectric Response Analysis, and Turn to Turn Ratio (ratio test)*

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga uap merupakan salah satu produsen listrik yang ada di indonesia. Transformator merupakan bagian yang terpenting pada Pembangkit listrik yang berfungsi untuk mengkonversi daya tanpa mengubah frekuensi listrik. Dengan dilakukannya pengujian pada Transformator dapat mengetahui kualitas dan performa transformator selama operasi. Metode pengujiannya dilakukan dengan cara pengujian insulation Resistance & Polarization index, Winding Temperature, Disipation Factor (tangen delta), SFRA (Sweep Frekuensi Response Analysis), Dielectric Response Analysis, dan Turn to turn Ratio (ratio test) pada transformator. Dari hasil seluruh pengujian electrical transformator unit 2 PLTU UBJOM Pacitan semua hasil pengujian menunjukkan

hasil baik kecuali pada pengujian *Polarization Index (PI)* sesuai *IEEE C57.152–2013* $PI > 1.3$ dinyatakan kondisi baik sedangkan dari hasil pengujian $PI < 1.3$. Sesuai standart *IEEE std.43-2013* hasil *PI* dapat diabaikan apabila hasil *IR* $> 5000 M\Omega$.

Kata Kunci: Uji Performa Transformator, testing *Insulation Resistance & Polarization index, Winding Temperature, Disipation Factor (tangent delta), SFRA (Sweep Frequency Response Analysis), Dielectric Response Analysis, and Turn to Turn Ratio (ratio test)*

PENDAHULUAN

Di Negara berkembang seperti indonesia dimana *era* kemajuan teknologi yang semakin pesat. Dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat maka kebutuhan energi listrik meningkat setiap tahunnya. Hampir semua peralatan di rumah tangga, industri-industri, mesin-mesin listrik, dan peralatan sehari-hari memerlukan energi listrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang semakin meningkat maka dibutuhkan suatu sistem tenaga listrik yang kontinuitas dan memiliki keandalan. Konsumsi listrik nasional terus menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya akses listrik atau *elektrifikasi* serta perubahan gaya hidup masyarakat.

Pembangkit listrik tenaga uap merupakan salah satu produsen listrik yang ada di indonesia. Transformator merupakan bagian yang terpenting pada Pembangkit listrik yang berfungsi untuk mengkonversi daya tanpa mengubah frekuensi listrik. Transformator daya digunakan untuk menaikkan level tegangan dari

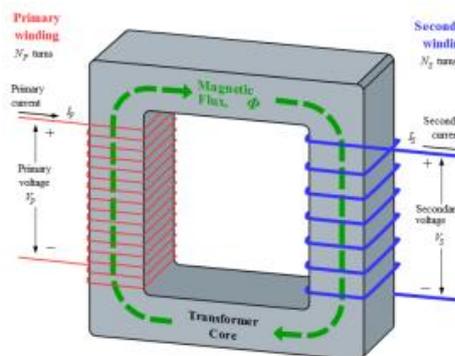
generator 20KV menjadi 150KV dan langsung masuk ke saluran transmisi, tetapi transformator daya seringkali kurang diperhatikan dan tidak diberikan perawatan yang memadai. Trafo yang sudah dirawat pun tidaklah lepas dari kegagalan (*failure*), baik kegagalan termal maupun kegagalan elektris. Jika kegagalan ini berlangsung terus-menerus maka akan menyebabkan kerusakan (*breakdown*).

Pengujian terhadap *performa transformator* yang digunakan untuk mengetahui *performa transformator* dengan dilakukannya pengujian antara lain pengujian *insulation Resistance & Polarization index, Winding Temperature, Disipation Factor, SFRA (Sweep Frekuensi Response Analysis), Dielectric Response Analysis, dan Turn to turn Ratio* pada saat transformator *shutdown* di *Transformator* unit 2 PT.PJB PLTU 1 Pacitan.

DASAR TEORI

Transformator (Trafo) merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan *level* tegangan yang bekerja berdasarkan *flux* atau sering disebut induksi elektromagnetik yang terdapat dua hukum ampere dan induksi faraday, terjadinya medan magnet/ induksi dikarenakan adanya perubahan medan listrik pada kumparan trafo. Trafo tersusun dari 2 buah kumparan yaitu: kumparan *Primer* (tegangan masuk) dan Kumparan *Sekunder* (Tegangan Keluaran).

Pada kumparan primer trafo arus AC akan menghasilkan flux magnet. Flux magnet yang dihasilkan dari kumparan primer mengalir pada inti besi sehingga *flux* magnet pada inti besi menginduksi kumparan sekunder dan pada saat itulah di kumparan sekunder terdapat tegangan induksi dan menghasilkan tegangan listrik pada kedua ujung kumparan sekunder.



Gambar Elektromagnetik pada trafo

1. Pengujian Hambatan Isolasi (*Insulation Resistance & polarization Index*)

Pengujian hambatan isolasi bertujuan guna mengetahui kondisi antar dua belitan atau belitan dengan ground. Salah satu metodenya dengan mengujinya menggunakan alat ukur insulating meter dengan mengalirkan tegangan dc antar fasa atau fasa dengan ground dan mempresentasikan kondisi dari tahanan isolasi menggunakan satuan megaohm. Pengukuran hambatan isolasi untuk mendeteksi adanya arus yang bocor yang menembus isolasi yang disebabkan karena suhu, kelembaban, dan juga jalur bocor dio permukaan eksternal seperti kotoran di isolator atau bushing. Insulating Meter (Megger) biasanya memiliki kapasitas untuk pengujian mulai dari 500,1000, 2500, dan 5000 Vdc.

Pada pengujian Insulating Resistance kondisi dari sebuah isolasi dapat diketahui dari hasil data pengujian yang telah dilakukan dengan alat ukur insulating meter (megger) dengan satuan Mega Ohm. Untuk indek polarisasi dengan membandingkan hasil uji menit terakhir (menit ke-10) dengan menit awal (menit ke-1) dari hasil pengujian.

Pengukuran hambatan isolasi mengacu standart IEEE C57.125-1991 dengan lama pengujian 1 menit.

$$R = CE / \sqrt{kVA}$$

R = Tahanan isolasi (M-Ohm)
 C = Koefisien (1,5 untuk reaktor minyak)
 E = Tegangan P-G
 kVA = Kapasitas Alat

2. Pengujian Tahanan DC (R_{dc}) Winding Resistance

Pengujian R_{dc} ini dengan tujuan untuk mengukur nilai hambatan (resistif) dari belitan. Pengujian ini dilakukan dengan mengalirkan arus dc ke belitan. Dengan adanya pengujian ini maka dapat mengetahui koneksi-koneksi di dalam belitan masih layak atau tidak dan juga bisa untuk memperkirakan jika kemungkinan terjadi hubung singkat karena hambatan yang tinggi antara belitan. Pengukuran di Trafo tiga fasa dengan pengujian di tiap-tiap belitan pada titik fasa dengan netral. Alat ukur yang digunakannya micro ohmmeter atau dengan jembatan wheatstone digunakan untuk mengukur nilai hambatan pada rentang nilai $\mu\Omega$ (micro ohm) sampai dengan nilai Ω (ohm).

3. Pengujian Disipation Factor (Tangen-Delta)

Pengujian Disipation Factor (Tangen Delta) digunakan untuk mengetahui nilai kapasitif pada isolasi, tingkat kebasahan di trafo dan juga keburukan isolasi trafo. Isolasi pada sebuah trafo sama dengan isolator yang diantara dua elektroda di kapasitor. Kapasitor yang sempurna arus dan tegangan fasa bergeser 90° arus yang melewati isolasi bersifat

kapasitif. Jika ada kontaminasi pada isolasi atau ada defect, maka isolasi hambatannya berkurang dan menyebabkan tingginya arus resistif dalam isolasi tersebut. Isolasi yang nilai resistifnya tinggi tidak lagi merupakan kapasitor sempurna yang mengakibatkan arus dan tegangan tidak bergeser 90° akan tetapi bergeser $\leq 90^\circ$. Besarnya selisih $\leq 90^\circ$ mempresentasikan tingkat kontaminasi di isolasi.

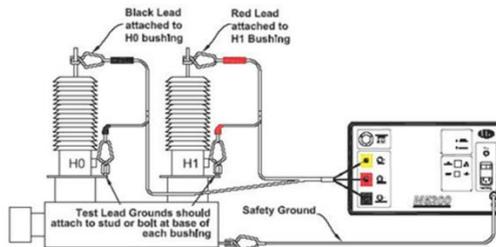
Pada pengujian tangen delta nilai maksimum yang di ijinakan untuk bushing dan belitan trafo ada di tabel bawah ini. Trafo dinilai bermasalah jika sudah diatas nilai tersebut

Tabel 2.1 Nilai tangen delta di trafo standar (IEEE C57.152-2013)

Item	Batasan	Rekomendasi
Trafo Baru	Max 0.5 %	-
Trafo Lama	Max 1 %	Pemeriksaan kadar air di minyak isolasi

4. Pengujian SFRA (Sweep Frequency Response Analysis)

Pengujian SFRA dilakukan satu kali setiap dua tahun untuk mendiagnosa struktur mekanis dari trafo pada inti besi dan belitan, dengan mengukur adanya gangguan dari transfer daya Trafo terhadap sinyal yang bertegangan rendah. Metode pengujiannya dengan memberikan sinyal input pada rentang frekuensi tertentu yang langsung diberikan oleh alat ukur yang di uji untuk menentukan sebuah respon frekuensi.

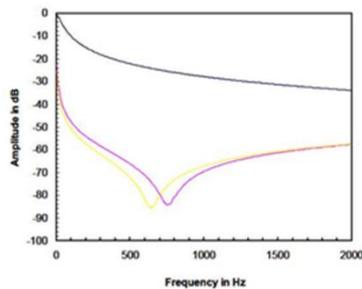


Gambar 2.2 Skema Rangkaian pengujian SFRA



Gambar 2.4 Alat ukur Dirana

Dibawah ini terdapat sebuah gambar SFRA bisa mendiagnosa sebuah short turn pada traformator step-up. Pada pengujian ini, Respon salah satu dari fasa ada perbedaan yang jauh dibandingkan dua fasa lainnya yang sedang mengidentifikasi adanya short turn.



Gambar 2.3 Short putaran pada satu fasa Transformator Generator

5. Dielectric Response Analysis (DIRANA)

Pengujian Dirana atau Dielectric response analyzer digunakan untuk mengukur response dielectric pada reaktor minyak (dielectric oil impregnated paper) terhadap dissipation faktor dengan menggunakan frekuensi yang lebar. Maka dapat diketahui kadar kandungan moisture (air) dalam kertas isolasi pada trafo.

6. Pengukuran Turn to turn Ratio

Pengujian *turn to turn ratio (ratio test)* memiliki tujuan untuk mengetahui berbagai gangguan yang terjadi antar lilitan pada isolasi *transformator* tenaga. Dengan adanya pengujian ratio test maka dapat mengetahui terjadinya kerusakan seperti putusnya lilitan, terjadinya korseting antar lilitan, dan juga ketidaknormalan di tap changer. Metode pengujiannya dengan memasukkan tegangan yang bervariasi di titik HV (*High voltage*) dan mengukur pada titik LV (*Low Voltage*) dengan membandingkan antara tegangan masukan (*input*) dengan tegangan keluaran (*output*) sisi LV.

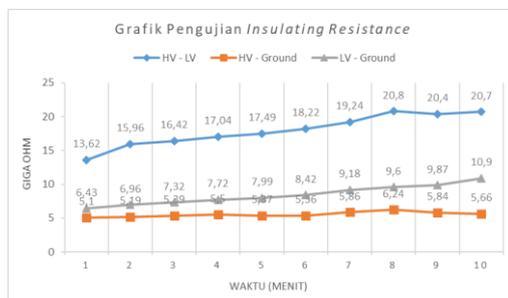
Analisis data yang dilakukan pada pengujian *ratio test* dengan membandingkan ratio plate tegangan di *Trafo* untuk batasan masalah 0,5% standart IEEE C57.152-2013 (<0,5 %). Jika hasil dari pengujian lebih dari 0,5 % harus dilakukan pengujian lainnya.



Gambar 2.5 Alat uji Ratio Test

Hasil dan Pembahasan

1. Pengujian Insulating Resistance & Polarisation Index di PT. PJB PLTU 1 Pacitan

Gambar Grafik Hasil pengujian *insulating resistance & polarizatin index*

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan melihat grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pada pengujian antara HV dengan LV kondisi isolasi dalam keadaan sangat baik menurut *standart internasional IEEE C57.152 – 2013* yaitu $>2,0 \text{ M}\Omega$. Pengujian pada sisi HV- Ground dan LV – Ground juga keadaan sangat baik $> 2,0 \text{ M}\Omega$. Selama pemakain yang sudah lebih sudah 5 tahun beroperasi performa dari Transformator daya di PT.PJB PLTU 1 Pacitan masih sangat baik. Dari

ketiga pengujian, pengujian pada sisi HV-LV Terukur diatas $10\text{G}\Omega$, sedangkan untuk HV-Ground dan LV-Ground terukur antara nilai $5\text{G}\Omega$ sampai $10 \text{G}\Omega$.

2. Pengujian *Dissipation Factor* (tangen delta) di Trafo GT unit 2 PLTU 1 Pacitan.

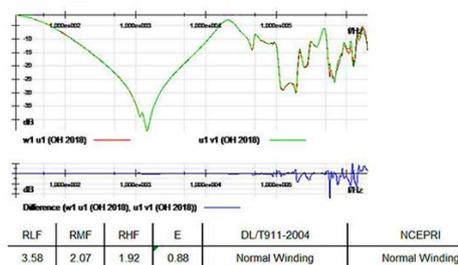
Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Dissipation Factor* (tan delta) pada Transformator GT.

Hasil Uji	<1%
Dissipation factor	
Dissipation Factor	
HV	0,200 %
Dissipation Factor	
LV	0,183 %

Sesuai dengan *standart: IEEE C57.152-2013* bahwa $\text{Tan}\delta < 0.5$ baik, untuk trafo baru dan lama $\text{Tan}\delta < 1$ masih bisa diterima, untuk trafo lama. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mendapatkan hasil pada sisi HV (*High Voltage*) terukur 0,200% sedang kan pada sisi LV (*Low Voltage*) 0,183% dapat diketahui dengan perbandingan dari *standar internasional IEEE C57.152-2013* $\text{Tan}\delta < 0.5$ baik, untuk trafo baru dan

lama dan $\tan\delta < 1$ masih bisa diterima, untuk trafo lama. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa pada pengujian trafor GT (*Generator Transformer*) pada pengujian *Dissipation Factor* pada Trafo daya GT (*Generator Trasnformer*) hasilnya sangat bagus nilai $\tan\delta$ masih dibawah $<0,5\%$ sehingga *performa transformator* bagus.

3. Pengujian SFRA (Sweep Frekuensi Response Analysis)



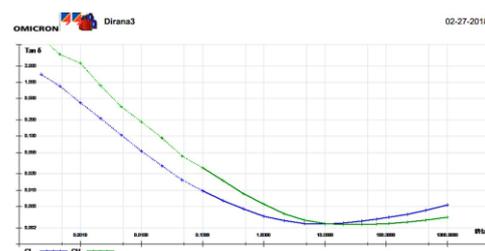
Gambar Grafik Hasil Pengujian SFRA pada titik w1 u1 – u1 v1

Dari hasil data pengujian SFRA (Sweep Frequency Response Analysis) yang telah diambil datanya di bandingkan dengan data trafo tersebut pada data sebelumnya saat pengujian Trafo GT (Generator Transformer) Unit 2 PLTU 1 Pacitan. Data digunakan untuk data awal sebagai referensi untuk mengetahui kondisi trafo kedepan setelah operasi. Dari hasil perbandingan data menurut standar DL/T911-2004 dan NCEPRI, bahwa trafo dalam kondisi masih baik sehingga *peforma trafo* sangat baik.

4. Pengujian Dielectric Response Analysis (Dirana)

Pada pengujian Dirana Jika hasil pengukuran dari prosentase air yang terkandung di kertas isolasi kecil maka kertas isolasi semakin baik. Pengujiannya dengan menggunakan alat ukur Dirana dari Omicron, hasil dari pengujian langsung dalam bentuk data grafik dan data hasil baik buruknya hasil pengujian Dirana secara otomatis sudah ada jadi tidak perlu adanya data perbandingan maupun perhitungan.

Di bawah ini hasil pengujian Dielectric Response Analysis (Dirana) di Trafo GT unit 2 PLTU 1 Pacitan.



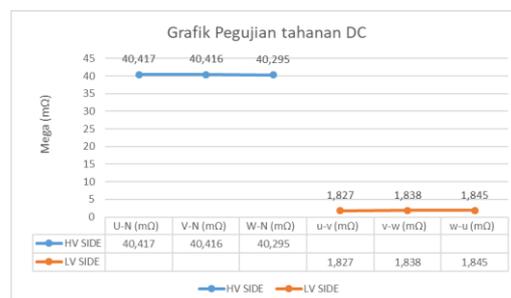
Gambar Grafik Hasil Pengujian Dielectric Response Analysis

Analisis dari Hasil pengujian kondisi Isolasi Trafo GT (Generator Traformator) unit 2 PLTU Pacitan yang telah dilakukan mendapatkan hasil data dan grafik untuk pengukuran di bagian CL (Garis hijau antara lilitan individu ke ground) Pengujiannya dengan mode GSTg, FDS Voltage: 100 V, PDC Voltage: 200V, dan Frequency: 100mHz hasilnya Hitung kelembaban (Calculate Moisture): 0,9 %, Saturasi

Kelembaban (Moisture Saturation): 1,6 %, kategori kelembaban (Moisture Category): kering (Dry) dengan Suhu awal bubbling (Bubbling inception temperature): 160°C / 320°F untuk category minyak (Oil Category): Sangat bagus (Very good) dengan suhu minyak (Oil Temperature): 38 °C / 100 °F.

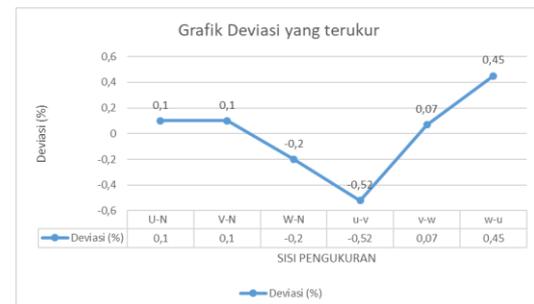
Sedangkan pada bagian CH (antara lilitan individu ke ground) Pengujiannya dengan mode GSTg, FDS Voltage: 100 V, PDC Voltage: 200V, dan Frequency: 100mHz hasilnya Hitung kelembaban (Calculate Moisture): 0,9 %, Saturasi Kelembaban (Moisture Saturation): 1,6 %, kategori kelembaban (Moisture Category): kering (Dry), dan untuk category minyak (Oil Category): Sangat bagus (Very good) dengan Temperatur awal bubbling (Bubbling inception temperature): 150°C / 350°F. Dengan kesimpulan pada pengujian Dielectric Response Analysis (Dirana) di Trafo GT (Generator Transformer) unit 2 PLTU 1 Pacitan dalam kondisi sangat bagus sehingga performa trafo sangat baik.

5. Pengujian Tahanan DC (Rdc) Winding Resistance Test



Gambar Grafik Pegujian nilai tahanan DC di HV-SIDE & LV SIDE

Pada pengujian Rdc mendapatkan hasil pada bagian HV-SIDE dinyatakan seimbang karena selisih pengukurannya < 1 mΩ dan juga pada bagian LV-SIDE menunjukkan hal yang sama < 1 mΩ kalo dilihat dari grafik posisi sejajar pada sisi pengukuran HV maupun LV.



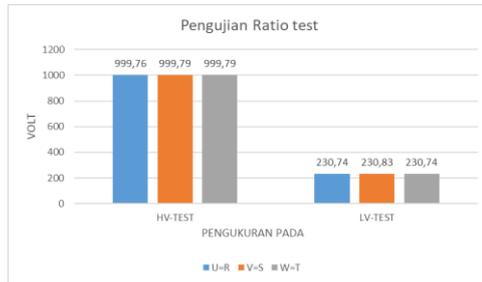
Gambar Grafik Deviasi Pengujian tahanan DC (Rdc) pada HV-SIDE & LV-SIDE

Nilai deviasi yang terukur dengan peralatan vanguard TRM-403 pada sisi HV dan sisi LV masih dibawah 1% ini menunjukkan bahwa kondidi koneksi dan tap changer belitan seimbang / bagus dengan menggunakan standart IEEE C57.152-2013, nilai deviasi maksimum 5% dinyatakan trafo dalam keadaan bagus.

6. Pengujian Turn to turn ratio (Ratio Test)

Analisis data yang dilakukan pada pengujian ratio test dengan membandingkan ratio plate tegangan di Traformator untuk batasan masalah 0,5% standart IEEE C57.152-2013 (<0,5 %). Jika hasil dari pengujian

lebih dari 0,5 % harus dilakukan pengujian lainnya.



Gambar 4.19 grafik Pengujian dari *Ratio test* hasil pengukuran *High voltage* dan *Low Voltage*.

Pada bagian HV (*high voltage*) pada ketiga *Fasa* terukur dengan nilai R= 999,76v, S= 999,79V, dan T= 999,79V dengan selisih yang hanya 0,03V, sedangkan pada sisi LV (*low voltage*) di *fasa* R= 230,74, S= 230,83, dan T=230,74 dengan selisih 0,11V hasil data pengujian dengan membandingkan ratio plate tegangan di Trafo untuk batasan masalah 0,5% *standart* IEEE C57.152-2013 <0,5 %), batasan masalah yang terukur pada *fasa* U= 0,06, phase V= 0,03, dan *fasa* W= 0,06 maka trafo dalam keadaan bagus karena batasan masalah kurang dari 0,5 %.

Kesimpulan

1. Pada pengujian *Performa* transformator mendapatkan hasil bahwa kondisi trafo dalam keadaan yang baik dengan menggunakan standar IEEE C52.152-2013, DL/T911-2004, dan *Instrument* Omicron untuk perbandingan data dan analisis.

2. pada pengujian Polarization index (PI) hasilnya pengujiannya antara HV-G = 1,11, HV-LV= 1,52, LV-G= 1,57 sesuai standar IEEE C57.152-2013, PI >1,3 kondisi trafo baik. Tapi dari hasil pengukuran antara HV-G=1,11 dan PI <1,3 dari data perbandingan diketahui bahwa PI pada *transformator* kondisi buruk, tapi masih bisa diterima karena hasil megger >5GΩ dan sesuai dengan standart IEEE std. 43-2013 hasil PI bisa diabaikan apabila hasil IR > 5000 MΩ.

Saran

1. Pemeliharaan yang berkala sangat penting untuk menjaga keandalan dan *performa* Transformator dengan melakukan pengujian yang rutin untuk mengetahui kesehatan dan kinerja dari trafo tersebut.
2. Di PLTU 1 Pacitan *silica gel* pada traformator daya kurang diperhatikan dalam perawatan dan pengatian ini bisa mengakibatkan minyak dalam traformator *terkontaminasi* dan *performa* dari transformator akan mengalami penurunan. Perlu adanya penggantian *silica gel* secara rutin untuk menjaga minyak trafo tidak mudah *terkontaminasi* dengan udara luar dan kinerja transformator tetap baik.

3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa menggunakan metode selain perbandingan dengan standar IEEE, standar DL/T911-2004, IEC, dan standar lainnya maka bisa menggunakan metode *index* kesehatan transformator dengan menawarkan penilaian kondisi transformator secara komprehensif. Dengan menggunakan metode pendekatan ilmiah secara *objektif* dan *kuantitatif*. Metode ini juga mengabungkan hasil pengamatan operasi, inspeksi lapangan, dan pengujian laboratorium.

Daftar Pustaka

- Anglhuber, Martin & Michael kruger. (2014). *Dielectric analysis of high-voltage power transformer*.
- Aribowo, didik. (2014). *care maintenance system generator transformer 20kv-150kv*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Banten
- Buku Pedoman Pemeliharaan Tranformator Tenaga. (2014). Jakarta. PT.PLN (PERSERO). Dokumen Nomor:PDM/PGI/01:2014
- Buku Pedoman Pemeliharaan Reaktor. (2014). Jakarta. PT.PLN (PERSERO). Dokumen Nomor:PDM/PGI/05:2014
- Candra, Akbar M, Dimas Anton Asfani, dan I.G.N. Satriyadi Hernanda. (2014). *Diagnosis Transformator Daya Menggunakan Metode Indeks Kesehatan Transformator*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya
- Fathoni, Dimas & Chairul Gagarin Irianto. (2017). *Sweep Frequency Response Analysis Untuk Analisis Awal Gangguan Mekanis Pada Transformator Distribusi*. Jakarta. Universitas Trisakti
- Frequency Response Analysis on Winding Deformation of Power Transformers*. (2004). China. DL/T 911-2004
- IEEE *Power and Energy Society*. (2013). New York. IEEE Std C57.152-2013
- IEEE *Guide for Diagnostic Field Testing of Fluid-Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors*. (2013). New York. IEEE Std C57.152-2013
- Jamal, A., Syahputra, R. (2016). Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(16), pp. 9063-9069.
- Kumar, Ambuj, dkk. (2015). *Field Experience with Sweep Frequency Response Analysis for Power Transformer Diagnosis*.

India. *National Institute of Technology Hamirpur*

Mukti, Harrij. Analisis Kinerja *Transformator Tiga Belitan Sebagai Generator Step-Up Transformer*. Polinema. Malang.

Ohlen, Matz & Megger Sweden. *Standart and Guides for Transformer Maintenance and Diagnostis. Megger instrument*.

Platts, Don. (2016). *Testing and diagnostics of power transformers*. OMICRON. OMICRON L2673

Remaining Life Assessment (RLA), (2018), Laporan *Assessment Generator Transformer Unit 2 Pltu Ubjom Pacitan, Pacitan, PT.PJB PLTU 1 Pacitan*

Syahendra, Muhammad. (2017). Analisa Tahanan Isolasi Pada *Transformator Tenaga di Gardu Induk Wonogiri*. UMS

Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-30

