

---

## ANALISIS UJI TAHANAN ISOLASI PADA POWER TRANSFORMATOR PT. PQR

Oleh

Muhammad Aris Rafiansyah<sup>1</sup>, Arief Wisaksono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2</sup>Dosen Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>[arisrafiansyah4368@gmail.com](mailto:arisrafiansyah4368@gmail.com), <sup>2</sup>[ariefwisaksono@umsida.ac.id](mailto:ariefwisaksono@umsida.ac.id)

---

### Article History:

Received: 28-05-2022

Revised: 12-06-2022

Accepted: 25-06-2022

### Keywords:

Tahanan isolasi,  
Transformator Daya

**Abstract:** Uji tahanan isolasi pada power transformator adalah tahap awal pengujian yang dilakukan dengan maksud untuk memastikan dan mengetahui kondisi isolasi pada power transformator sejak dini agar mengurangi resiko kegagalan pada proses pengujian selanjutnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada power transformator dengan kapasitas 83 MVA yang diproduksi oleh PT. PQR. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis hasil observasi. Hasil dari penelitian ini adalah indeks polarisasi pada bagian core dengan HV Ground sebesar 1,67, pada bagian core dengan LV Ground sebesar 1,68, dan pada bagian HV ground dengan LV Ground sebesar 1,72 Serta memiliki nilai  $\cos \phi = 0,70027$  yang menunjukkan bahwa pada power transformator tersebut terjadi kehilangan daya / kerugian daya. Sedangkan Rugi inti besi yang terdapat pada power transformator tanpa beban dengan kapasitas 83 MVA produksi PT. PQR sebesar 2,27 KW. Sehingga kondisi Power transformator dengan kapasitas 83 MVA produksi PT. PQR memiliki kualitas yang baik dan layak untuk digunakan..

---

## PENDAHULUAN

Pengujian tahanan isolasi sangat penting dilakukan dan tidak boleh terlewat untuk memastikan kelayakan serta menentukan kualitas power transformator yang diproduksi oleh perusahaan. oleh karena itu, peneliti sangat termotivasi untuk melakukan penelitian ini yaitu dengan menganalisis hasil pengujian tahanan isolasi pada power transformator yang terdapat pada PT. PQR agar dapat mengetahui tingkat kelayakan dan kualitas power transformator yang diproduksi oleh PT. PQR. Disamping itu, peneliti juga dapat menentukan hasil uji tahanan isolasi pada power transformator tersebut serta rugi besi yang terdapat pada power transformator produksi PT. PQR.

Penelitian sebelumnya dilakukan pada Transformator Gardu Induk 150KV Jekulo Adapun pengujian tahanan isolasi belitan mengacu pada indeks polarisasi dan dapat dihitung berdasarkan hasil uji resistensi insulasi dengan mengacu pada standar IEC dengan hasil pada tingkat 1,25 - 2,0 sehingga transformator pada tingkat tersebut tidak memerlukan adanya

perbaikan.<sup>1</sup>

Selanjutnya terdapat penelitian power transformator di Pati pada tahun 2018 dan 2019 menggunakan metode pengukuran indeks polarisasi, tangent delta, serta uji BDV (*Break Down Voltage*) yang menghasilkan nilai 1,63 dan 1,34, serta uji tangent delata pada tahun 2018 dengan hasil 0,14. Dan uji BDV menghasilkan rata-rata 92,9 KV. Hal tersebut dapat diketaahui bahwa kondisi transformator Gardu Induk Pati dalam keadaan baik namum perlu adanya pembersihan minyak transformator.<sup>2</sup>

Beberapa penelitian terdahulu dilakukan dan menjadi referensi penulis untuk melakukan uji tahanan isolasi pada power transformator tanpa beban yang dilakukan pada perusahaan transformator. penelitian yang dilakukan penulis selain membahas mengenai uji tahanan isolasi juga menghitung nilai cos phi dan rugi besi yang terdapat pada power transformator dengan kapsitas 83 MVA.

## LANDASAN TEORI

Power transformator atau transformator daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan rendah ke tegangan tinggi dan atau sebaliknya. Transformator merupakan peralatan yang mampu mengubah tenaga listrik dari level tegangan tertentu menjadi level tegangan sesuai kebutuhan[1].

Power transformator memiliki peran yang sangat penting pada proses penyaluran tenaga listrik. Berdasarkan fakta tersebut maka power transformator harus dapat berfungsi dengan prima dan dapat beroperasi dengan maksimal[2]. Pada sebuah power transformator dibutuhkan serangkaian pengujian, perawatan, serta pengarsipan data hasil uji untuk menghindari kerusakan dan mengetahui faktor penyebab kerusakan yang terjadi. Adapun ketentuan untuk melakukan pengujian pada power transformator berdasarkan standar IEC 60076 adalah sebagai berikut: [5] "*Test shall be made at any ambient temperature between 10°C and 40°C and with cooling water (if required) at any temperature not exceeding 25°C*". Artinya bahwa pengujian pada power transformator harus dilakukan pada suhu 10°C dan 40°C dengan pendinginan (jika diperlukan) asal tidak lebih dari suhu 25°C.

Terdapat dua jenis pengujian power transformator yaitu pengujian transformator pada saat kondisi bertegangan dan pengujian transformator dalam keadaan padam[6].

- A. Pengujian transformator dalam keadaan bertegangan bertujuan untuk mengetahui kondisi transformator tanpa harus melakukan pemadaman. Adapun pengujian yang dilakukan dapat berupa: Thermovisi/ thermal image, Dissolve Gas Analysis (DGA), Breakdown Voltage (BDV), Furan, Corrosive Sulfur, Partial Discharge, serta Vibrasi dan Noise.
- B. Pengujian transformator dalam keadaan padam (*offline*) merupakan suatu pengujian yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan tidak bertegangan. Berikut ini merupakan beberapa pengujian transformator yang dilakukan dalam keadaan padam

---

<sup>1</sup> Agnes Nita Wijayanti, "Analisa Tahanan Isolasi Pada Transformator Di Gardu Induk 150KV Jekulo", Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.

<sup>2</sup> Alinda Aisteti Yani, dkk., "Analisa Tahanan Isolasi Transformator 3 Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 KV Pati", NCIET, Vol.1, 2020.

atau secara *offline* antara lain: uji tahanan isolasi (indeks Polarisasi) , Transformator Turn Ratio (TTR), dan pengukuran tangent delta/ Dissipation Factor pada belitan dan bushing.

#### 1. Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi merupakan suatu tingkat ketahanan yang terdapat di antara dua kawat saluran atau kabel yang diisolasi satu sama lain. Dengan kata lain, yaitu suatu tahanan yang terjadi antara suatu kabel dengan tanah (*ground*).[7] Adapun fungsi dari adanya pengujian tahanan isolasi antara lain : digunakan untuk memeriksa keadaan isolasi rangkaian dan perlengkapan listrik, sebagai dasar pengendalian keselamatan, selain itu untuk memastikan keamanan saat power transformator akan digunakan[1]. Tahanan isolasi juga merupakan faktor yang sangat penting untuk menentukan usia dari suatu transformator.

Uji tahanan isolasi adalah tahap awal pengujian yang dilakukan dengan maksud untuk memastikan dan mengetahui kondisi isolasi pada power transformator sejak dini agar mengurangi resiko kegagalan pada proses pengujian lanjutan. Dalam melakukan uji isolasi pada power transformator secara detail dapat dilakukan dengan berbagai uji komponen sebagai berikut : Tahanan isolasi antara kumparan fase, tahanan isolasi antara tangki dengan tanah hanya (jika pada transformator yang memiliki pengaman tangki), serta tahanan isolasi antara kumparan primer dan kumparan sekunder[10].

Jika ditinjau berdasarkan perhitungan indeks polarisasi, suatu power transformator dapat diketahui tingkat kelayakannya ataupun kualitasnya dengan memperoleh nilai indeks polarisasi yang tinggi. Karena semakin tinggi nilai indeks polarisasi dari hasil pengujian isolasi pada power transformator tersebut maka semakin baik tahanannya.[7] Pengujian tahanan isolasi belitan mengacu pada indeks polarisasi dan dapat dihitung berdasarkan hasil uji resistensi insulasi dengan rumus sebagai berikut: [2] [8]

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

Dengan keterangan :

IP = Indeks Polarisasi

R<sub>10</sub> = Pengujian pada menit ke-10

R<sub>1</sub> = Pengujian pada menit ke-1

Dengan standar indeks polarisasi sebagai berikut: [5]

Hasil Uji	Keterangan
< 1	Bahaya
1 - 1,1	Buruk
1,1 - 1,25	Diragukan
1,25 - 2	Baik
> 2	Sangat Baik

#### 2. Faktor daya atau Cos Phi

Merupakan suatu besaran yang menentukan keefektifan suatu peralatan dalam menyalurkan daya. Faktor daya juga dapat disebut sebagai perbandingan arus yang dapat menghasilkan kerja terhadap arus total dalam suatu rangkaian. Adapun rumus untuk menentukan faktor daya atau *Cos Phi* adalah sebagai berikut: [4]

$$\text{Daya semu (s)} = V \times I$$

$$\cos \phi = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}}$$

Nilai *Cos phi* berada pada kisaran 0-1, semakin tinggi nilai *Cos phi* maka semakin banyak daya yang dihasilkan dan sebaliknya, apabila nilai *Cos phi* rendah maka semakin kecil daya yang dapat digunakan.

### 3. Power transformator beban nol

Merupakan suatu keadaan dimana power transformator tidak memiliki beban sama sekali. Dengan melakukan uji pada power transformator tanpa beban atau beban nol kita dapat menentukan rugi besi yang terjadi pada power transformator tersebut. Sedangkan rugi besi merupakan sebuah kerugian yang ditimbulkan oleh power transformator sebelum memiliki beban. Rugi besi terdiri dari rugi histeris dan rugi arus pusar. Adapun penjelasan dari masing-masing kerugian tersebut berdasarkan pada teori pada jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro Vol.15 No.2 oleh Hendri Elnizar, Dkk. Sebagai berikut: [3]

#### a. Rugi Histeris

Disebut sebagai rugi histeris yaitu jenis kerugian power transformator pada saat terjadinya perubahan arus AC. Dimana arus AC berbalik arah karena ketidakmampuan inti power transformator dalam merubah arah fluks magnet yang terjadi. Untuk mengurangi kerugian ini dapat menggunakan inti yang memiliki reluktansi rendah yaitu besi silikon. Adapun untuk mengetahui nilai rugi histeris ini dapat menggunakan rumus :

$$P_h = K_h \times f \times B_m^x$$

Keterangan :  $P_h$  = Rugi Daya Histeris (Watt)

$K_h$  = Konstanta Histeris / Konstanta Bahan (Joule/m<sup>3</sup>)

$f$  = Frekuensi sumber energi listrik (Hz)

$B_m$  = Kerapatan Fluks Maksimum (Weber / m<sup>2</sup>) / (tesla)

$x$  = Konstanta dengan harga sesuai jenis inti transformator  
(untuk baja carbon = 1,5 – 2,5 dan diambil 2)

#### b. Rugi Arus Pusar

Atau dapat disebut dengan Rugi Arus Eddy, kerugian jenis ini disebabkan oleh adanya fluks magnetic yang berubah-ubah pada material inti power transformator. Selain itu rugi ini terjadi akibat dari material inti besi yang terlalu tebal hingga terdapat beda tegangan antara sisi-sisinya. Hal tersebut mengakibatkan timbulnya GGL (gaya Gerak Listrik) yang menjadi arus pusar dan mengalir pada inti besi. Kerugian ini dapat dihindari dengan menggunakan inti yang terdiri dari beberapa lapisan tipis dengan dilapisi oleh lapisan isolasi. Cara untuk mengetahui nilai rugi arus pusar ini dapat menggunakan rumus :

$$P_e = K_e \times f^2 \times B_m^2$$

Keterangan :  $P_e$  = Rugi Arus Eddy (Watt)

$K_e$  = Konstanta Arus Eddy / Konstanta Bahan

$f$  = Frekuensi (Hz)

$B_m$  = Kerapatan Fluks Maksimum (Weber / m<sup>2</sup>)

Dengan menentukan  $B_m$  atau kerapatan fluks maksimum terlebih dahulu dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$B_m = \frac{V}{e} \\ = \frac{V}{4,44 \times f \times N}$$

Keterangan :  $B_m$  = Kerapatan Fluks Maksimum (Weber / m<sup>2</sup>)

$V$  = Tegangan (Volt)

$e$  = GGL Induksi

$f$  = Frekuensi (Hz)

$N$  = Jumlah lilitan/fase

4,44 = konstanta GGL Induksi

Sehingga rugi besi dapat ditentukan dengan menjumlahkan rugi histeris ( $P_h$ ) dan rugi arus pusar ( $P_e$ ), maka diperoleh rumus sebagai berikut :

$$P_i = P_h + P_e$$

Keterangan :  $P_i$  = Rugi Besi

$P_h$  = Rugi Daya Histeris

$P_e$  = Rugi Arus Eddy

Untuk itu peneliti melakukan pengujian terhadap power transformator dalam keadaan padam yaitu dengan menguji tahanan isolasi pada indeks polarisasi (IP) suatu power transformator yang ada pada PT PQR. Dengan berpedoman pada standar berdasarkan teori yang dikumpulkan oleh peneliti, serta pengalaman operasional pada saat berada di perusahaan. pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi serta nilai rugi besi yang terdapat pada power transformator dengan kapasitas 83 MVA yang diproduksi oleh PT. PQR

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi secara langsung pada perusahaan transformator PT. PQR. Penelitian ini dilakukan pada perusahaan transformator di sekitar wilayah Jawa Timur Indonesia. Dengan menggunakan power transformator 1 fasa tanpa beban berkapasitas 83 MVA.

Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji tahanan isolasi, uji tahanan kumparan, dan uji transformator beban nol. Dalam penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data dari hasil uji tahanan isolasi yang dilakukan sebanyak 3 kali pengujian dengan durasi 1 menit dan 10 menit pada masing-masing bagian, penelitian ini menggunakan sample bagian yaitu Core-HV Ground, Core LV-Ground, dan HV Ground-LV Ground. Pada pengujian kumparan dilakukan pada kumparan primer dan sekunder, serta pengujian transformator beban nol dengan mengukur daya, tegangan sekunder, tegangan primer, dan kuat arus.

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan mengolah data hasil observasi dan dikaitkan pada teori-teori pendukung. Kemudian disajikan dalam bentuk tabel serta grafik yang mudah dipahami.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

#### 1. Spesifikasi Power Transformator

Jenis Transformers	: 1 Fasa
Tahun Pembuatan	: 2021

Frekuensi	: 50 Hz
Sistem Pendingin	: ONAN/ONAF
Kapasitas Transformator	: 83 MVA
Jenis Minyak	: Uninhibited Naphthenic Nynas Libra

## 2. Uji Tahanan Kumparan

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan oleh peneliti pada PT. PQR diperoleh hasil uji tahanan kumparan pada power transformator tanpa beban dengan kapasitas 83 MVA yang dapat dilihat pada tabel 3.1. berikut ini :

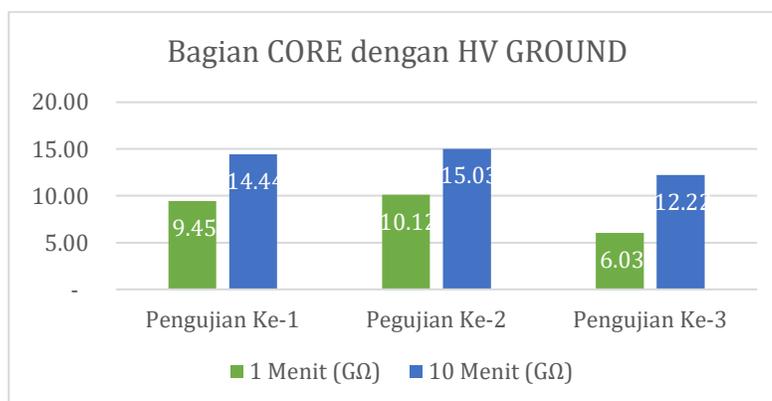
**Tabel. 3.1 Hasil Uji Tahanan Kumparan Transformator**

Bagian	Hasil Pengukuran
Kumparan sekunder ( LV)	275 GΩ
Kumparan Primer (HV)	460 GΩ

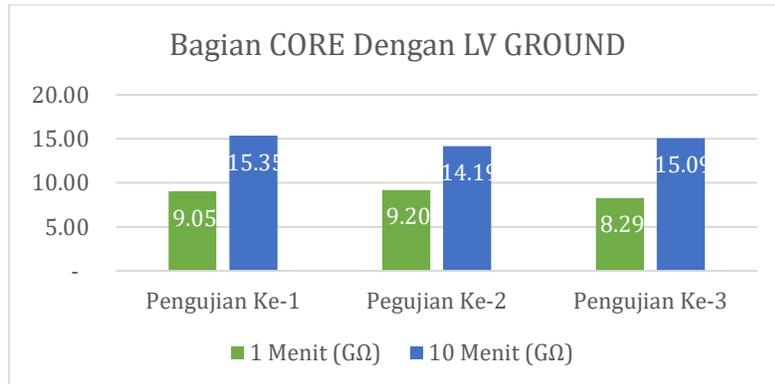
Pada tabel 3.1 dapat diketahui bahwa power transformator yang diteliti memiliki nilai tahanan kumparan pada sisi sekunder / LV sebesar 275 GΩ dan pada sisi primer / HV sebesar 460GΩ. Uji tahanan kumparan yang dilakukan oleh peneliti pada power transformator tanpa beban dengan kapasitas 83 MVA bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan kumparan. Pada tahanan kumparan sisi HV memiliki jumlah lilitan lebih banyak daripada sisi LV. Sehingga secara otomatis sisi HV memiliki tahanan kumparan yang lebih besar (*High Voltage*) daripada sisi LV (*Low Voltage*)[9].

## 3. Uji Tahanan Isolasi

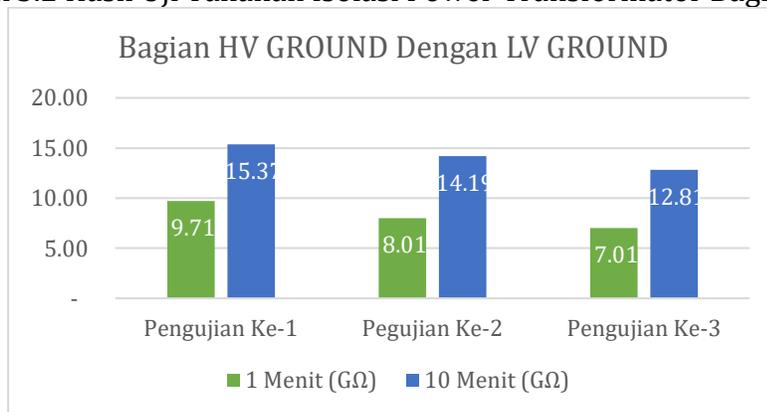
Hasil observasi peneliti pada uji tahanan isolasi power transformator tanpa beban dengan kapasitas 83 MVA produksi PT. PQR dapat dilihat dalam grafik pengujian 3.1 hingga 3.3 berikut ini :



Grafik 3.1 Hasil Uji Tahanan Isolasi Power Transformator Bagian Core-HV Ground



Grafik 3.2 Hasil Uji Tahanan Isolasi Power Transformator Bagian Core -LV Ground



Grafik 3.3 Hasil Uji Tahanan Isolasi Power Transformator Bagian HV Ground-LV Ground

Berdasarkan data pengujian dalam grafik 3.1 hingga grafik 3.3, peneliti menggunakan rumus dalam menentukan nilai indeks polarisasi untuk mengetahui tingkat kelayakan isolasi pada power transformator yang diteliti sebagai berikut: [2][8]

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

Dengan keterangan :

IP = Indeks Polarisasi

R<sub>10</sub> = Pengujian pada menit ke-10

R<sub>1</sub> = Pengujian pada menit ke-1

Sehingga diperoleh hasil indeks polarisasi pada tabel 3.2 berikut ini :

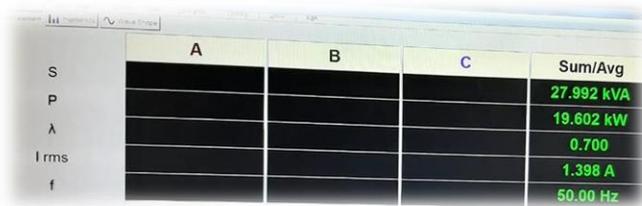
**Tabel 3.2 Hasil Indeks Polarisasi**

Bagian	Core-HV Ground	Core-LV Ground	HV Ground-LV Ground
Hasil IP (P1)	1.52	1.69	1.58
Hasil IP (P2)	1.48	1.54	1.77
Hasil IP (P3)	2.02	1.82	1.82
<b>Rata-Rata IP</b>	<b>1.67</b>	<b>1.68</b>	<b>1.72</b>

Dari hasil perhitungan indeks polarisasi dengan melakukan total tiga kali percobaan sehingga menghasilkan nilai rata-rata indeks polarisasi pada bagian core dengan HV Ground sebesar 1,67, pada bagian core dengan LV Ground sebesar 1,68, dan pada bagian HV ground dengan LV Ground sebesar 1,72. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi power transformator pada PT. PQR berada antara 1,25 – 2 dengan kondisi baik, dan layak untuk digunakan dengan mengacu pada standart yang sudah ditetapkan dalam Standar IEC 60076 yang dikutip dalam jurnal “Pengujian Tahanan Isolasi Dan Ratio Pada Trafo PS T15 Indonesia Power Up Mrica” sebagai berikut:[7] suatu power transformator dapat diketahui tingkat kelayakannya ataupun kualitasnya dengan memperoleh nilai indeks polarisasi yang tinggi. Karena semakin tinggi nilai indeks polarisasi dari hasil pengujian isolasi pada power transformator tersebut maka semakin baik tahanannya.

4. Uji beban nol

Adapun data hasil uji power transformator beban nol yang diperoleh peneliti dari hasil observasi terdapat pada gambar 3.1 berikut ini.



	A	B	C	Sum/Avg
S				27.992 kVA
P				19.602 kW
λ				0.700
I rms				1.398 A
f				50.00 Hz

Gambar 3.1 Hasil Uji Power Transformator Beban Nol

Berdasarkan gambar 3.1 hasil uji power transformator dapat diperoleh data yaitu : nilai daya semu (S) sebesar 27.992 KVA, dan daya aktif (P) sebesar 19.602 KW. Selanjutnya peneliti menghitung nilai cos phi untuk menentukan keefektifan power transformator dalam menyalurkan daya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya semu (S)} &= V \times I \\
 \text{Cos } \phi &= \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \\
 &= \frac{19.602}{27.992} \\
 &= 0,70027
 \end{aligned}$$

Dengan hasil nilai *Cosh phi* sebesar 0,70027. Maka kondisi power transformator yang diuji terdapat kehilangan daya / kerugian daya. Berdasarkan teori yang terdapat dalam jurnal “Identifikasi dan analisis jenis bebab listrik rumah tangga terhadap faktor daya” bahwa Jika pada power transformator memiliki nilai daya aktif dan daya semu yang tidak sama, maka nilai *Cos phi* yang timbul adalah kurang dari 1 (<1.00) sehingga terdapat kerugian daya yang dialami oleh power transformator tersebut. Semakin tinggi nilai *Cos phi* maka semakin banyak daya yang dihasilkan dan sebaliknya, apabila nilai *Cos phi* rendah maka semakin kecil daya yang dapat digunakan [3].

Berdasarkan perhitungan nilai *Cosh phi*, selanjutnya, peneliti melakukan uji beban nol terhadap power transformator untuk mengetahui rugi inti besi pada power transformator tanpa beban yang diproduksi oleh PT PQR sebagai berikut:

Jika diketahui :  $K_h = 0,26$   
 $f = 50 \text{ Hz}$

$$\begin{aligned} B_m &= \frac{V}{e} \\ &= \frac{V}{4,44 \times f \times N} \\ &= \frac{11,58}{4,44 \times 50 \times 1} \\ &= \frac{11,58}{222} \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

Maka hasil rugi histerisnya adalah :

$$\begin{aligned} P_h &= K_h \times f \times B_m^2 \\ &= 0,26 \times 50 \times 0,05^2 \\ &= 0,65 \text{ KW} \end{aligned}$$

Jika diketahui :  $K_e = 0,26$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$B_m = 0,05$$

Maka hasil rugi arus eddy adalah :

$$\begin{aligned} P_e &= K_e \times f^2 \times B_m^2 \\ &= 0,26 \times 50^2 \times 0,05^2 \\ &= 1,62 \text{ KW} \end{aligned}$$

Sehingga :  $P_i = 0,65 + 1,62 = 2,27 \text{ KW}$

Dengan demikian, berdasarkan analisis yang dilakukan oleh peneliti pada rugi histeris dan rugi arus eddy yang terdapat dalam power transformator tanpa beban produksi PT. PQR diperoleh rugi inti besi sebesar 2,27 KW.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa power transformator dengan kapasitas 83 MVA produksi PT. PQR memiliki kualitas yang baik dan layak untuk digunakan. Didukung dari data hasil pengujian indeks polarisasi pada bagian core dengan HV Ground sebesar 1,67, pada bagian core dengan LV Ground sebesar 1,68, dan pada bagian HV ground dengan LV Ground sebesar 1,72 Serta memiliki nilai Cos Phi = 0,70027 yang menunjukkan bahwa pada power transformator tersebut terjadi kehilangan daya / kerugian daya. Sedangkan rugi inti besi yang terdapat pada power transformator tanpa beban dengan kapasitas 83 MVA produksi PT. PQR sebesar 2,27 KW.

## PENGAKUAN / ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis menyampaikan terimakasih kepada seluruh pihak yang mendukung penelitian ini dari awal hingga akhir, teruntuk orang tua, keluarga, dan dosen pembimbing serta kampus kebanggaan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat di masa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alinda Aisteti Yani, dkk., "Analisa Tahanan Isolasi Transformator 3 Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 KV Pati", NCIET, Vol.1, 2020.
- [2] Agnes Nita Wijayanti, "Analisa Tahanan Isolasi Pada Transformator Di Gardu Induk 150KV Jekulo", Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [3] Hendri Elnizar, dkk., "Analisis Rugi-Rugi (Losses) Transformator Daya 150/20 KV di

- PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sutami ULTG Tarahan”, Universitas Lampung, ELECTRICIAN-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol.15, No.2, 2021.
- [4] Razikin, A. (2019). Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi). Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 1(1).
- [5] International Electrotechnical Commision, “International Standard IEC 60076-1”, IEC Publications. Edition 2.1 2000-04.
- [6] Siburian, J. (2019). Karakteristik Transformator. Jurnal Teknologi Energi UDA. VOL.. VIII. No. 1. Hal 21-28.
- [7] Andi Makkulau, dkk., “Pengujian Tahanan Isolasi Dan Ratio Pada Trafo PS T15 Indonesia Power Up Mrica”, Sekolah Tinggi Teknik PLN, Jurnal Energi dan Kelistrikan, Vol 10. No. 1, 2018.
- [8] Wibowo, Ari. 2018 “Analisa Pengujian Isolasi Transformator Daya 60 MVA Pada Gardu Induk Jajar”, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [9] Ondrialdi, R., & Situmeang, U. (2020). Analisis Pengujian Kualitas Isolasi Transformator Daya di PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang. SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri, 4(2), 72-81.
- [10] Anindyantoro, M. S., & Umar, S. T. (2018). *Analisa Tahanan Isolasi pada Transformator Tenaga di Gardu Induk Wonogiri* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).