

ANALISIS BREAKDOWN VOLTAGE DAN DISSIPATION FACTOR MINYAK TRANSFORMATOR IBT#5 PADA GARDU INDUK TELLO 150 KV

M. Fauzan B¹⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Transformer oil is one of the supports so that transformers carry out their functions properly. The purpose of this study was to determine the quality of transformer oil by testing Breakdown Voltage and Dissipation Factor. The value of this test result is important because it can be used to determine the estimated remaining life of the oil. In this study, data were obtained in the form of breakdown voltage values and also the value of the transformer oil delta voltage on the IBT#5 transformer at the 150 kV tello substation. The data was obtained during maintenance on the transformer bay carried out by the HAR ULTG Maros team of PT. PLN (Persero). From the results of the study, it can be seen that the average breakdown voltage of the upper oil is 36.45 kV/2.5 mm, the lower oil is 36.8 kV/2.5 mm, and the OLTC oil is 36.98 kV/2,5 mm. Of the three voltage values, all of them are below the IEC 156 breakdown voltage standard for a voltage of 70-150 kV, which is 40 kV, 2.5 mm. Then for the tangent delta value on the main tank oil, the average is above 0.5, which means it is already in a deteriorating state.

Keywords: *breakdown voltage, dissipation factor, minyak transformator.*

1. PENDAHULUAN

Transformator merupakan suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi – elektromagnet tanpa mengubah frekuensinya [1]. Sebagian besar transformator memiliki kumparan yang intinya direndam dalam minyak transformator, terutama pada tranformator-transformator berkapasitas besar. Pada kapasitor sempurna nilai tegangan dan arus bergeser 90o dan arus yang melewati isolasi merupakan kapasitif. Jika isolasi terkontaminasi, maka nilai tahanan isolasi berkurang dan berdampak kepada tingginya arus resistif yang melewati isolasi tersebut [2].

Untuk mengukur nilai kekuatan dielektrik pada sebuah minyak transformator dibutuhkan pengujian breakdown voltage. Untuk mengukur nilai kekuatan dielektrik pada sebuah minyak transformator dibutuhkan pengujian breakdown voltage. Semakin kecil tegangan tembus pada minyak transformator membuktikan bahwa minyak transformator mengalami gangguan dan harus di *treatment* atau diganti minyak tersebut [3].

Selain nilai kekuatan dielektrik, terdapat rugi dielektrik pada transformator. Dalam menghitung nilai rugi dielektrik dibutuhkan nilai faktor rugi dielektrik atau disebut dengan nilai tangen delta. Sedangkan pada minyak transformator IBT#5 di GI Tello 150 kV memiliki nilai breakdown voltage dan dissipation factor yang rata-rata berada di bawah standar, contohnya pada minyak main tank yang akan mempengaruhi kinerja dan penuaan pada minyak. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibahas breakdown voltage dan dissipation factor minyak transformator agar menyesuaikan dengan standar, yaitu standar IEC 156 minimal 40 kV/2,5mm untuk nilai breakdown voltage dan ANSI C 57.12.90 yaitu dibawah 0.5% untuk dissipation factor.

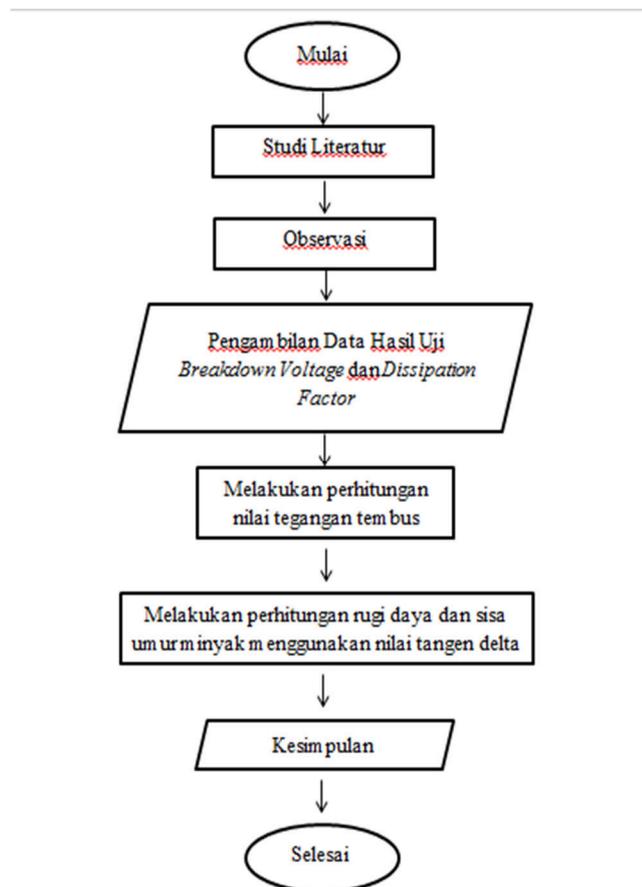
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 14 Desember 2020 sampai dengan 29 Januari 2021 di PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Maros yang beralamat kantor di Jalan Urip Sumoharjo Km 5, Makassar.

Beberapa langkah dari penelitian ini yaitu; 1) Melakukan studi pustaka melalui literatur yang telah dikumpulkan; 2) Mengenali objek yang akan diuji berupa observasi langsung (studi lapangan); 3) Melakukan pengambilan data penelitian yang dibutuhkan secara langsung dengan cara melakukan pengujian tegangan tembus (breakdown voltage) dan tangen delta (dissipation factor); 4) Melakukan analisis terhadap data-data yang telah diolah, dengan cara membandingkan hasil pengolahan data terhadap teori sesuai standar yang di tetapkan; 5) Menarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan sehingga tujuan ataupun rumusan masalah dari objek penelitian dapat terjawab.

¹ Korespondensi Penulis: M. Fauzan B, 089654009755, Muhfauzan822@gmail.com

Untuk melihat langkah-langkah prosedur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut flowchart dari prosedur kegiatan yang akan dilakukan:



Gambar 1. Flowchart

Dalam pengumpulan data dilakukan beberapa cara yaitu; 1) Observasi. Dalam hal ini observasi dilakukan dengan cara mengadakan kunjungan langsung ke lapangan guna mengenal dan mengamati secara langsung transformator tenaga yang diteliti di Gardu Induk Tello 150 kV, yakni pada saat dilakukan pemeliharaan dan perbaikan oleh staf pemeliharaan ULTG Maros; 2) Wawancara. Penulis melakukan diskusi dengan narasumber yang menguasai teori dan mengetahui hal-hal yang berhubungan dengan kasus yang akan dikaji. Dalam hal ini penulis melakukan wawancara dengan Supervisor OPHAR ULTG Maros, Supervisor Gardu Induk Tello 150 kV, serta staf pemeliharaan ULTG Maros maupun pihak lain yang terkait. Penulis bermaksud untuk memahami lebih jauh mengenai sistem ketenagalistrikan dan memperjelas data-data yang diperoleh pada saat observasi; 3) Dokumentasi. Salah satu teknik pengumpulan data yaitu dokumentasi, dimana penulis melakukan pengambilan gambar sebagai data yang menunjang penelitian ini pada saat melakukan observasi ataupun pada saat berada di tempat penelitian

Selanjutnya, dilakukan analisis data yang diperoleh melalui pengujian breakdown voltage dan dissipation factor pada transformator IBT#5 Gardu Induk Tello 150 kV. Hasil pengujian yang telah dilakukan dinyatakan secara kuantitatif dan kualitatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformator merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan energi listrik arus bolak-balik dari suatu rangkaian yang lain dengan prinsip kopel atau suatu gandengan magnet berdasarkan prinsip induksi electromagnet. Sebagian besar kumparan- kumparan dan inti transformator tenaga direndam dalam minyak transformator, terutama transformator-transformator tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah sehingga minyak transformator tersebut digunakan sebagai media pendingin dan isolasi. Sebagai bahan isolasi minyak transformator memiliki

beberapa kekentalan, hal ini sebagaimana dijelaskan dalam SPLN (49-1:1980). Untuk pengukuran nilai tegangan tembus bisa dilakukan dengan alat uji breakdown voltage test. Alat pengujian tersebut dilengkapi dengan dua buah elektroda positif dan negatif dengan diameter 12,5 mm. Kerapatan diatur 2,5 mm kemudian disambungkan pada jalur listrik, tuas MCB yang terdapat pada panel pengujian dinaikkan. Regulator diatur pada posisi 2 kV, naikan setiap detik sampai terjadi loncatan bunga api antara dua buah elektroda. Hal ini dilakukan enam kali pengujian dengan selang waktu 30 detik, kemudian diambil nilai rata-rata.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator.

No.	Uraian Kegiatan	Hasil Pengukuran	
	Tegangan Tembus Minyak (Diukur Pada Suhu 30°)	(KV / 2,5 mm)	
1	Minyak Bagian Atas	1	35,6
		2	38,1
		3	37,4
		4	36,5
		5	35,7
		6	35,4
		Rata-rata = 36,45	
2	Minyak Bagian Bawah	1	37
		2	37,2
		3	37,5
		4	36,9
		5	36,5
		6	35,7
		Rata-rata = 36,8	
3	Minyak Bagian OLTC	1	35
		2	38,2
		3	36,4
		4	39,3
		5	36,4
		6	36,6
		Rata-rata = 36,98	

1) Analisis Tegangan Tembus Minyak Bagian Atas

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{35.6+38.1+37.4+36.5+35.7+35.4}{6} = 36.45 \text{ kV}/2.5\text{mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata minyak transformator bagian atas dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak transformator pada suhu 30°C sebagai berikut :

$$E \text{ (rata-rata)} = \frac{V_b \text{ (rata-rata)}}{2.5 \text{ mm}} = \frac{36.6}{2.5} = 14.64 \text{ kV}/\text{mm}$$

2) Analisis Tegangan Tembus Minyak Bagian Bawah

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{37+37.2+37.5+36.9+36.5+35.7}{6} = 36.8 \text{ kV}/2.5\text{mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata minyak transformator bagian bawah dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak transformator pada suhu 30°C sebagai berikut :

$$E \text{ (rata-rata)} = \frac{V_b \text{ (rata-rata)}}{2.5 \text{ mm}}$$

$$E \text{ (rata-ra)} = \frac{36.8}{2.5} = 14.72 \text{ kV/mm}$$

3) Analisis Tegangan Tembus Minyak OLTC

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{35+38.2+36.4+39.3+36.4+36.6}{6} = 36.98 \text{ kV/2.5mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata minyak transformator bagian bawah dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak transformator pada suhu 30°C sebagai berikut :

$$E \text{ (rata-rata)} = \frac{V_b \text{ (rata-rata)}}{2.5 \text{ mm}} = \frac{36.6}{2.5} = 14.64 \text{ kV/mm}$$

Tangen Delta

Pengujian Faktor Disipasi (Tangen Delta) adalah pengujian untuk mengukur arus bocor minyak, yang merupakan ukuran kontaminasi atau kerusakan. Hasil uji faktor disipasi dapat mengungkap kualitas dan integritas minyak. Informasi ini dapat menjadi dasar untuk menentukan apakah cocok untuk transformator agar terus beroperasi.

Untuk pengukuran nilai tangen delta digunakan alat CPC 100 kemudian di hubungkan dengan alat yang bernama *carrier accessories box* sebagai wadah untuk minyak ketika akan dilakukan pengukuran. Lalu mode pengujian yang digunakan pada *main tank* yaitu UST-A+B sedangkan untuk minyak OLTC yaitu UST-A.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Tangen Delta Minyak Main Tank

V test	V meas.	I meas.	Frequency	Cp	DF	Hasil Perhitungan P _d
2 kV	2000 V	93.601 μA	50.00 Hz	148.98 pF	0.5577	0.10436 W
4 kV	4000 V	187.26 μA	50.00 Hz	149.03 pF	0.5806	0.43471 W
6 kV	5999 V	280.95 μA	50.00 Hz	149.07 pF	0.6089	1.026 W
8 kV	8003 V	374.86 μA	50.00 Hz	149.10 pF	0.6316	1.8925 W
10 kV	9997 V	468.34 μA	50.00 Hz	149.12 pF	0.7875	3.6874 W

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tangen Delta Minyak OLTC

V test	V meas.	I meas.	Frequency	Cp	DF	Hasil Perhitungan P _d
2 kV	2000 V	87.280 μA	50.00 Hz	138.90 pF	0.0670	0.011689 W
4 kV	3998 V	174.49 μA	50.00 Hz	138.91 pF	0.0716	0.049968 W
6 Kv	5999 V	261.84 μA	50.00 Hz	138.93 pF	0.0684	0.10742 W
8 kV	7998 V	349.13 μA	50.00 Hz	138.94 pF	0.0662	0.18484 W
10 Kv	9999 V	436.50 μA	50.00 Hz	138.95 pF	0.0717	0.31283 W
12 Kv	11999 V	523.79 μA	50.00 Hz	138.96 pF	0.0757	0.47564 W

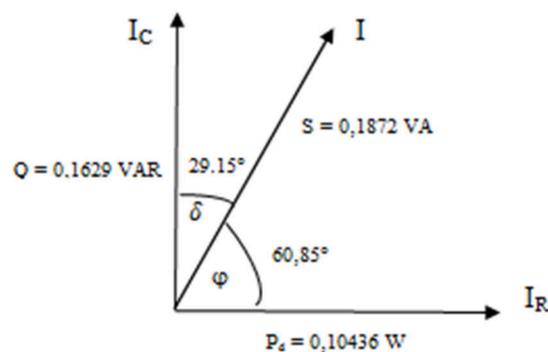
1) Analisis *Dissipation Faktor* untuk Menghitung Rugi Dielektrik pada Minyak *Main Tank*

Untuk menghitung nilai rugi dielektrik pada pengukuran tegangan 2 kV maka dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\delta = \arctan 0.5577 = 29,15^\circ$$

$$I_c = 93,601 \times 10^{-6} \times \cos 29,15 = 93,601 \times 10^{-6} \times 0,87$$

$$\begin{aligned}
 &= 81,43 \times 10^{-6} \text{ A} \\
 Q &= V \cdot I_c \\
 &= 2 \times 10^3 \times 81,43 \times 10^{-6} \\
 &= 0,1629 \text{ VAR} \\
 P_d &= 2\pi f C_e V^2 \operatorname{tg} \delta \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 148,98 \times 10^{-12} \times 4 \times 10^6 \times 0,5577 \\
 &= 104.356,199 \times 10^{-6} \\
 &= 0,10436 \text{ W} \\
 S &= V \cdot I \\
 &= 2 \times 10^3 \times 93,601 \times 10^{-6} \\
 &= 0,1872 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

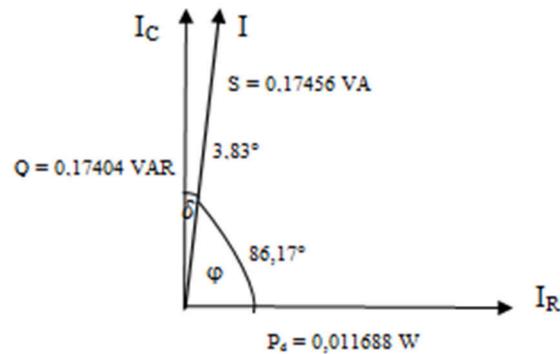


Gambar 2. Diagram fasor daya minyak main tank pada tegangan 2 kV

2) Analisis *Dissipation Faktor* untuk Menghitung Rugi Dielektrik pada Minyak OLTC

Untuk menghitung nilai rugi dielektrik pada nilai tegangan 2 kV maka dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \delta &= \operatorname{arc} \tan 0,0670 \\
 &= 3,83^\circ \\
 I_c &= 87,28 \times 10^{-6} \times \cos 3,83 \\
 &= 87,28 \times 10^{-6} \times 0,997 \\
 &= 87,02 \times 10^{-6} \text{ A} \\
 Q &= V \cdot I_c \\
 &= 2 \times 10^3 \times 87,02 \times 10^{-6} \\
 &= 0,17404 \text{ VAR} \\
 P_d &= 2\pi f C_e V^2 \operatorname{tg} \delta \\
 &= 2 \times 3,14 \times 50 \times 138,9 \times 10^{-12} \times 4 \times 10^6 \times 0,0670 \\
 &= 11.688,713 \times 10^{-6} \\
 &= 0,011688 \text{ W} \\
 S &= V \cdot I \\
 &= 2 \times 10^3 \times 87,28 \times 10^{-6} \\
 &= 0,17456 \text{ VA}
 \end{aligned}$$



Gambar 3. Diagram fasor daya minyak main tank pada tegangan 2 kV

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: 1) Untuk pengukuran nilai tegangan tembus dilakukan dengan alat uji *breakdown voltage test*. Alat pengujian tersebut dilengkapi dengan dua buah elektroda positif dan negatif dengan diameter 12,5 mm. Kerapatan diatur 2,5 mm kemudian disambungkan pada jalur listrik. Lalu untuk pengukuran nilai tangen delta digunakan alat CPC 100 kemudian di hubungkan dengan alat yang bernama *carrier accessories box* sebagai wadah untuk minyak ketika akan dilakukan pengukuran; 2) Dari hasil perhitungan minyak transformator dengan metode pengukuran tegangan tembus, nilai tegangan tembus pada minyak bagian atas pada suhu 30°C yaitu 36,45 kV/2,5 mm atau 14,64 kV/mm. Kemudian nilai tegangan tembus minyak bagian bawah yaitu 36,8 kV/2,5 mm atau 14,72 kV/mm. Lalu untuk nilai tegangan tembus minyak OLTC yaitu 36,98 kV/2,5 mm atau 14,64 kV/mm. Untuk nilai rugi daya pada tegangan 2 kV sampai 10 kV pada minyak *Main Tank* yaitu sekitar 0,1 Watt sampai 3,6 Watt dengan besar sudut delta rata-rata 38°. Kemudian nilai rugi daya pada tegangan 2 kV sampai 12 kV pada minyak OLTC yaitu sekitar 0,01 Watt sampai 0,47 Watt dengan besar sudut delta rata-rata 3°; 3) Keadaan minyak transformator dari hasil uji *breakdown voltage* yaitu minyak bagian atas, minyak bagian bawah, dan OLTC ketiganya memiliki nilai tegangan tembus dibawah 40 kV/2.5 mm atau minyak dalam keadaan kurang baik, sedangkan dari hasil uji *dissipation factor*, minyak pada *main tank* memiliki nilai tangen delta diatas 0,5 atau sudah memburuk, akan tetapi pada minyak OLTC nilai tangen deltanya masih berada dibawah 0,5 atau masih dalam keadaan baik yang dapat dibuktikan dengan besarnya nilai sudut delta, semakin besar sudut deltanya maka minyak tersebut akan semakin memburuk.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siburian, J., Jurusan, D., Elektro, T., & Darma, U. (2019). Karakteristik transformator. *Jurnal Teknologi Energi UDA*, VIII(21), 21, 23.
- [2] Badaruddin, F. A. F. (2016). Analisa Minyak Transformator pada Transformator Tiga Fasa di PT X. *Teknologi Elektro*, 7, 1–83.
- [3] Widyastuti, C., & Wisnuaji, R. A. (2019). Analisis Tegangan Tembus Minyak Transformator Di PT. PLN (Persero) Bogor. *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 11(2), 75–78. <https://doi.org/10.30630/eji.11.2.128>

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan karunia dan rahmat-Nya. Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini, terkhusus pada PT. PLN (Persero) ULTG Maros, kedua orang tua, para dosen jurusan elektro di Politeknik Negeri Ujung Pandang, dan juga teman ataupun sahabat yang selalu mendukung saya.