

ANALISA SISA UMUR PAKAI TRANSFORMATOR 6,6 KV DI PT. PERTA-SAMTAN GAS SUNGAI GERONG

CHOIRUL RIZAL (1), RIDHO ANGGI (2)

1,2 Dosen Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang

ABSTRAK

PT. Perta-Samtan Gas memiliki dua buah transformator yang berperan sangat penting sebagai penyalur daya untuk kebutuhan Kilang LPG setiap harinya. Penelitian ini akan membandingkan hasil perhitungan prediksi sisa umur pakai transformator 6,6 kV di PT. Perta-Samtan Gas Sungai Gerong dengan hasil pengujian kekuatan dielektrik pada minyak transformator menggunakan alat uji Megger OTS 60 SX. Dari hasil pengujian kekuatan dielektrik dihasilkan nilai rata-rata tegangan tembus masing-masing transformator adalah untuk 03-TRF-7101-A sebesar 48,1 kV; dan 03-TRF-7101-B sebesar 56,6 kV. Kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan sisa umur pakai masing-masing transformator adalah untuk 03-TRF-7101-A sebesar 3,5 Tahun; dan 03-TRF-7101-B sebesar 3,8 Tahun. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan dielektrik dan hasil perhitungan maka dapat terlihat bahwa semakin tinggi nilai tegangan tembus suatu transformator maka semakin lama umur pakainya.

Kata kunci : Transformator, Pengujian Kekuatan Dielektrik, Tegangan Tembus.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Perta-Samtan Gas memiliki dua buah transformator 03-TRF-7101 A/B dengan kapasitas 6,6 kV/400V yang berperan sangat penting sebagai penyalur daya untuk kebutuhan operasional kilang setiap harinya, didalam transformator permasalahan terpenting adalah isolasi atau dielektrik. Bahan dielektrik yang digunakan berbahan cair yaitu minyak transformator, yang berfungsi sebagai media isolasi serta pendingin pada transformator daya. Peningkatan dan penurunan beban transformator menyebabkan suhu minyak isolasi akan berubah-ubah. Kenaikan suhu akan menimbulkan gas-gas dan partikel yang akan menyebabkan minyak isolasi transformator mudah untuk terkontaminasi (2,3,4)

Operasional transformator tersebut pasti akan berkurang kehandalannya seiring dengan masa pakainya. Analisa ini akan memprediksi sisa umur pakai transformator dengan membandingkan hasil perhitungan dengan pengujian dielektrik pada minyak transformator menggunakan alat uji MEGGER OTS 60 SX.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pembahasan penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sisa umur pakai transformator 6,6 kV di PT. Perta-Samtan Gas dengan membandingkan hasil pengujian kekuatan dielektrik dan perhitungan sisa umur pakai transformator

1.3. Manfaat Penelitian

1. Dapat merawat transformator dengan baik dengan mengetahui sisa waktu pakai transformator tersebut.
2. Dapat mengetahui standar pengujian kekuatan dielektrik pada minyak transformator.

3. Dapat mengetahui sebab-sebab terjadi kegagalan minyak isolasi pada transformator.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penekanan materi pembahasan adalah bagaimana cara menentukan atau memperhitungkan usia Transformator berdasarkan bahan isolasi yang digunakan dan tegangan tembus dielektrik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Transformator Daya

Transformator daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya

b. Stuktur Minyak Transformator

Sifat Fisika Isolator Minyak

Sifat-sifat fisika isolator minyak yang penting adalah sebagai berikut:

1. Kejernihan (*Appearance*)

Minyak tidak boleh mengandung suspensi atau endapan (*sediment*) yang akan mengkontaminasi kemurnian minyak. Semakin jernih warna minyak maka semakin murni minyak tersebut dari kontaminan, semakin gelap warnanya maka semakin banyak terkontaminasi^(3,4,6,7).



Gambar 1. Degradasi warna minyak transformator akibat kontaminan

2. Konduktivitas Panas (*Thermal Conductivity*)

3. Kekentalan (*Viscosity*)

Kekentalan merupakan suatu tahanan dari cairan untuk mengalir kontinu dan merata.

4. Koefisien Muai Volum

Minyak akan memuai sebanding dengan kenaikan temperaturnya.

5. Masa Jenis (*Spescific Mass*)

Masa jenis isolator minyak mineral ini lebih kecil dibanding air.

6. Titik Nyala (*Flash Point*)

7. Titik Tuang (*Pour Point*)

8. Titik Api (*Fire Point*)

9. Kekuatan Pelarut (*Solvent Power*)

10. Sifat Mudah Terbakar (*Falmmability*)

Sifat Listrik Isolator Minyak

Sifat-sifat listrik isolator minyak adalah:

1. Tegangan tembus

2. Faktor Rugi-rugi Dielektrik

Persamaan faktor rugi-rugi dielektrik ($\tan\delta$)

$$\tan\delta = \frac{V_0}{RiC\omega V_0} = \frac{1}{RiC\omega} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- Tanδ = faktor Rugi-rugi dielektrik
- R = Nilai tahanan
- C = Rugi- rugi dielektrik isolasi
- ω = fekuensi sudut (rad/s)
- Vo = Tegangan awal

a. Kegagalan Minyak Isolasi Transformator

Kegagalan minyak isolasi transformator dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

1. Partikel Padat
2. Uap Air (*moisture*)
3. Gelembung Gas

Kegagalan gelembung merupakan bentuk kegagalan isolasi zat cair yang disebabkan oleh gelembung-gelembung gas didalamnya. Medan listrik dalam gelembung gas yang ada dalam isolasi zat cair sebesar (3,4,5) :

$$E_b = \frac{3 \epsilon_1 E_0}{2 \epsilon_1 + 1} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- E_b=Batas medan ionisasi gas
- E₀=Medan listrik dalam zat cair tanpa gelembung
- ε₁=Permitivitas zat cair

Dengan ε₁ adalah permitivitas zat cair dan E₀ adalah medan listrik dalam zat cair tanpa gelembung. Bila E_b sama dengan batas ionisasi gas, maka akan terjadi lucutan pada gelombang. Hal ini akan mempercepat pembentukan gas karena dekomposisi zat cair dan dapat mengakibatkan kegagalan isolasi yang berakibat kegagalan operasi pada transformator.

4. Luas Permukaan

. Hal ini ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\text{Rapat Muatan} = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- Q = Muatan
- A = Luas Permukaan Konduktor

Dapat ditarik suatu persamaan baru yang berisi komponen panjang ruang celah dan komponen kekuatan peristiwa kegagalan pada benda cair⁽⁶⁾, yaitu:

$$V_b = Ad^n \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- d : Panjang ruang celah.
- A : Konstanta.
- n : Juga konstanta yang nilainya < 1.

b. Perhitungan Sisa Umur Pakai Transformator

Pada dasarnya perhitungan yang tepat serta management yang baik dari transformator akan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik sehingga kontinuitas pelayanan transformator dapat digunakan^(3,6,7)

Persentase Arus :

$$I \% = \frac{I \text{ input} - I \text{ beban}}{I \text{ input}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Persentase Tegangan :

$$V \% = \frac{V \text{ input} - V \text{ beban}}{V \text{ input}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Persentase Daya :

$$P \% = \frac{P \text{ input} - P \text{ beban}}{P \text{ input}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Catatan :

$$P \text{ input} = I \text{ beban} \times V \text{ beban} \times \text{Cos } \varphi$$

Nilai Error :

$$E = \frac{P - P^*}{P} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Catatan :

$$P^* = \text{Jumlah Nilai Persentase} \\ = I \% + V \% + P \%$$

Sisa Waktu Pakai Minyak Transformator :

$$\text{Sisa Waktu Pakai} = \frac{100 \% - \text{Nilai Error}}{100} \times 1825 \text{ hari} \dots\dots\dots (9)$$

Catatan :

Prediksi waktu pemakaian minyak transformator adalah 5 tahun (100 %) 5 Tahun = 1825 Hari.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode observasi dilapangan, pengambilan data-data Perta-Samtan Sungai Gerong , lalu dilakukan perhitungan serta analisis lalu disimpulkan hasil akhir dari penelitian ini.

IV. HASIL & PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Dan Pengukuran

Tabel 1. Hasil pengujian dielektrik dengan MEGGER OTS 60 SX

NO.	TRANSFORMATOR	METH	VBD (kV)	RATA-RATA	KETERANGAN
1	03-TRF-7101-A 6,6 kV / 400	IEC 60156	37.2	40.4 kV	Warna : Kuning Pucat Minyak : NYAS (Nytro Libra) Electroda GAP 2,5 mm
			43.7		
			41.6		
			39.3		
			40.6		
			39.8		
2	03-TRF-7101-B 6,6 kV / 400	IEC 60156	50.2	47.8 kV	Warna : Jernih Minyak : NYAS (Nytro Libra) Electroda GAP 2,5 mm
			47.7		
			44.6		
			46.5		
			51.8		
			46.2		

Tabel 2. Hasil Pengukuran 03-TRF-7101-A

03-TRF-7101-A					
No.	I Input (A)	I Beban (A)	V Input (V)	V Beban (V)	Daya Beban (kW)
1	109.34	58.76	6600	6594.85	330.73
2	109.34	61.80	6600	6596.48	336.65
3	109.34	56.35	6600	6588.76	320.84
4	109.34	60.78	6600	6592.69	335.56
5	109.34	55.43	6600	6583.47	318.25
SUM	546.7	293.12	33000	32956.25	1642.03
AVE	109.34	58.62	6600	6591.25	328.41

Tabel 3. Hasil Pengukuran 03-TRF-7101-B

03-TRF-7101-B					
No.	I Input (A)	I Beban (A)	V Input (V)	V Beban (V)	Daya Beban (kW)
1	109.34	53.45	6600	6596.79	295.64
2	109.34	56.26	6600	6598.85	302.42
3	109.34	49.38	6600	6594.75	280.55
4	109.34	50.62	6600	6597.86	286.21
5	109.34	47.21	6600	6594.64	275.64
SUM	546.7	256.92	33000	32982.89	1440.46
AVE	109.34	51.38	6600	6596.58	288.09

4.2. Perhitungan Sisa Umur Pakai Transformator

Dari data pengukuran transformator diatas, maka dapat dihitung sisa umur pakai transformator tersebut dengan hasil sbb:

Tabel 4. Perhitungan Sisa Umur Pakai 03-TRF-7101-A

No	% Arus	% Tegangan	% Daya	% Error
1	46,39	0,13	0,0030	41,84

Prediksi Sisa Umur Pakai Transformator :

Dari hasil perhitungan diatas berarti transformator tersebut waktu kinerjanya telah mencapai 41.85 %. Sehingga dapat diprediksi sisa umur pakai 03-TRF-7101-A sebagai berikut.

$$\text{Sisa Umur Pakai} = 100 \% - 41.85 = 58.15 \%$$

$$\text{Dalam Hari} = \frac{58.15}{100} \times 1825 = 1061.2 = 1061 \text{ Hari (Pembulatan)}$$

$$\text{Dalam Tahun} = \frac{1061 \text{ Hari}}{365 \text{ Hari}} = 2.9 \text{ Tahun (2 Tahun 11 Bulan)}$$

4.2.2. Perhitungan Sisa Umur Pakai 03-TRF-7101-B

Tabel 5. Perhitungan Sisa Umur Pakai 03-TRF-7101-B

No	% Arus	% Tegangan	% Daya	% Error
1	53	0,052	0,0035	33,68

Prediksi Sisa Umur Pakai Transformator :

Dari hasil perhitungan diatas berarti transformator tersebut waktu kinerjanya telah mencapai 33.68 %. Sehingga dapat diprediksi sisa umur pakai 03-TRF-7101-B sebagai berikut.

$$\text{Sisa Umur Pakai} = 100 \% - 33.68 = 66.32 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Dalam Hari} &= \frac{66.32}{100} \times 1825 = 1210.34 \\ &= 1210 \text{ Hari (Pembulatan)} \end{aligned}$$

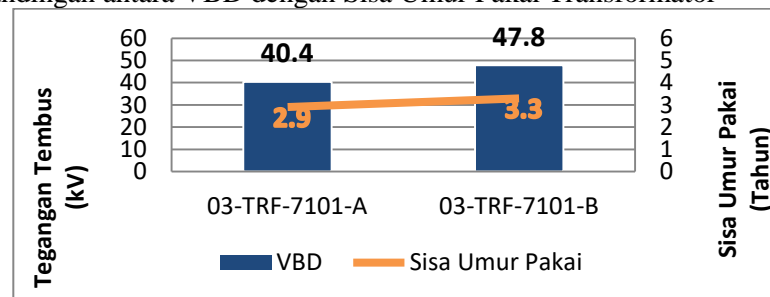
$$\text{Dalam Tahun} = \frac{1210 \text{ Hari}}{365 \text{ Hari}} = 3.3 \text{ Tahun (3 tahun 4 Bulan)}$$

Tabel 6. Perbandingan Parameter Ukur Sebagai Pembanding

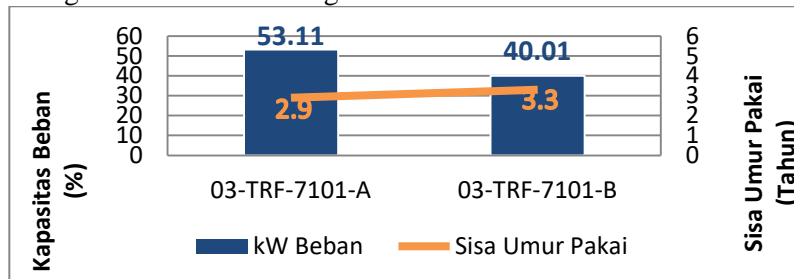
PARAMETER	03-7101-A	03-7101-B
Warna	Kuning Pucat	Jernih
VBD (kV)	40.4	47.8
Sisa Waktu Pakai	2.9	3.3
kW Beban (%)	53.11	40.01
Lingkungan	Kering	Kering
Inspeksi	Suhu Tinggi	Suhu Normal

Berikut ini digambarkan grafik sebagai pembanding antara tegangan tembus, persentase daya beban, dan sisa umur pakai transformator :

Gambar 2. Perbandingan antara VBD dengan Sisa Umur Pakai Transformator



Gambar 3. Perbandingan antara % kW dengan Sisa Umur Pakai Transformator



4.4. Analisa Hasil Pengujian Dan Perhitungan

Dari hasil pengujian kedua transformator diatas maka dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan sisa umur pakai transformator. Dalam penelitian ini, ada beberapa parameter yang dapat dijadikan acuan, yaitu :

1. Warna minyak transformator.
2. Tegangan tembus hasil pengujian dielektrik.
3. Kapasitas beban.
4. Suhu pada transformator.
5. Keadaan lingkungan.
6. Inspeksi operasional transformator.

4.4.1. Analisa Berdasarkan Warna

Bila dilihat dari perspektif warna minyak, maka semakin jernih warna minyak mengindikasikan semakin baik kualitas minyak tersebut. Dari sampel minyak yang diuji terdapat dua warna yang berbeda untuk masing-masing transformator, yaitu kuning pucat dan jernih. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Minyak berwarna kuning pucat (03-TRF-7101-A) memiliki kekuatan dielektrik lebih rendah dibandingkan dengan minyak berwarna jernih.
2. Minyak berwarna jernih (03-TRF-7101-B) memiliki kekuatan dielektrik paling baik.

Dari hasil analisa diatas, terbukti bahwa minyak dengan warna yang lebih jernih memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi dikarenakan lebih sedikitnya – kontaminan dibandingkan dengan minyak yang berwarna lebih gelap.

4.4.2. Analisa Berdasarkan Tegangan Tembus

Bila dilihat dari sisi tegangan tembusnya dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan tembus suatu minyak maka semakin baik kekuatan dielektriknya, sehingga semakin lama pula transformator tersebut dapat beroperasi dalam keadaan normal. Hal itu terbukti dari hasil pengujian dielektrik pada kedua transformator 6,6 kV yang telah dilakukan, yaitu :

1. Dari hasil pengujian didapat tegangan tembus 03-TRF-7101-A sebesar 40.4 kV. Hasil ini merupakan lebih rendah dari pada tegangan tembus 03-TRF-7101-B. Hasil perhitungan sisa umur pakai transformator 03-7101-A sebesar 2.9 tahun yang juga lebih rendah dibandingkan dengan trafo 03-7101-B.
2. Transformator 03-7101-B memiliki kekuatan dielektrik yang masih besar dibandingkan dengan 03-TRF-7101-A yaitu 47.8 kV, dengan sisa umur pakai transformator 3.3 tahun yang juga merupakan nilai lebih besar.

4.4.3. Analisa Berdasarkan Kapasitas Beban

Persentasi kapasitas rata-rata beban yang dilayani kedua transformator tersebut berbeda, hal ini dapat menyebabkan perbedaan penurunan umur pakai transformator seperti yang terjadi pada kedua transformator yang diuji yaitu :

1. Rata-rata kapasitas beban yang dilayani 03-TRF-7101-A adalah 328.41 kW atau 53.11 % dari kapasitas beban desainya (720 kW). Hal ini menyebabkan laju penurunan umur pakai transformator lebih cepat – dibandingkan dengan transformator 03-7101-B.
2. Rata-rata kapasitas beban yang dilayani 03-7101-B adalah 288.09 kW atau 40 % dari kapasitas beban desainya (720 kW). Hal ini menyebabkan laju penurunan waktu pakai transformator lebih lambat dibandingkan dengan transformator 03-7101-A.

4.4.4. Analisa Berdasarkan Inspeksi Peralatan

1. 03-TRF-7101-A : Keadaan lingkungan transformator kering, tidak ada indikasi kebocoran pada transformator, suhu pada transformator berkisar antara 38-45°C.
2. 03-TRF-7101-B : Keadaan lingkungan transformator kering, tidak ada indikasi kebocoran pada transformator, suhu pada transformator berkisar antara 27-35°C.
3. Suhu yang lebih tinggi pada 03-TRF-7101-A bisa saja dijadikan indikasi awal bahwa kualitas minyak transformator sudah mulai menurun.

V. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Penelitian ini bahwa sisa umur pakai transformator dan pengujian dielektrik minyak transformator dengan menggunakan Megger OTS 60 SX, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kualitas kinerja suatu transformator salah satunya dapat dilihat dari kualitas minyak isolasinya yang bisa di uji kekuatan dielektriknya. Selain kekuatan dielektriknya, kualitas transformator juga dapat diidentifikasi melalui beberapa parameter seperti warna minyak, kapasitas beban, dan keadaan lingkungan.
2. Didapat bahwa kejernihan minyak suatu transformator mengindikasikan kualitas isolasi minyak tersebut. Semakin jernih minyak transformator maka semakin tinggi kekuatan dielektrik minyak tersebut karena semakin sedikit kontaminan yang terkandung di dalamnya.

3. Bila hasil pengujian kekuatan dielektrik dibandingkan dengan hasil perhitungan sisa umur pakai transformator, maka terlihat bahwa semakin tinggi nilai tegangan tembus minyak suatu transformator maka semakin lama kemampuan transformator tersebut dapat bekerja dalam kondisi normal.
4. Bahwa kapasitas beban berbanding terbalik dengan waktu pakai transformator, semakin tinggi presentase kapasitas beban suatu transformator maka semakin singkat waktu transformator tersebut bekerja dalam keadaan normal.

DAFTAR PUSTAKA

1. *A. Edminister Joseph, MSE, Electric Cirkuits, Schaum's Outline of Theory And Problems McGraws-Hill Internasional Book Kompani, 1972, New York.*
2. *Abdul Kadir, Prof,Ir., Pengantar Teknik Tenaga Listrik, Jakarta. 1983*
3. *Bonggas, L. Tobing, Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003*
4. *Abdul Salam, M., Anis, H., El- Morshedy, A, Rsdwan,R, Hight Voltage Engeneering, Mrcel Dekker, Inc, New-York, 2000*
5. *Arismunandar, A, Dr. Teknik Tegangan Tinggi, Ghalia Indonesia, Jakarta, 1983*
6. *Naidu, M. S, and Kuramaju, V., Hight Voltage Engeneering, McGraw-Hill New Delhi, 1995*
7. *P3B, 2003" Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga, P.T. Pln , Jakarta*