

PENGARUH PEMAKAIAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG WAIHERU I AREA AMBON

Adinda Syahrani Sayuti¹, Hamles Leonardo Latupeirissa², Mey Chyntia Yesaya³

^{1,2,3} *Teknologi Rekayasa Kelistrikan Minyak dan Gas, Politeknik Negeri Ambon*

¹adindasyahransayuti@gmail.com, ²hamleslatupeirissa@gmail.com, ³meyyesaya@gmail.com

Abstract - Transformer age can be reduced due to several things. One of the causes of reduced transformer life is loading, loading results in an increase in temperature in the transformer. The heat generated results in the decomposition of transformer materials which can accelerate the aging process of a transformer. The occurrence of too high heat will be able to change the construction properties of the transformer parts. This study aims to measure the effect of transformer usage on age shrinkage due to loading that reaches or exceeds 80%. In addition, this study also aims to determine the percentage of distribution transformer life depreciation in the Waiheru I feeder in the Ambon Area. Distribution transformer life analysis is carried out by measuring the transformer temperature using a thermal imager. Measurements are taken twice a day, namely at 08.00 - 14.00 WIT and 18.00 - 22.00 WIT. The results of the analysis, that the prediction of the shrinkage life of distribution transformers that are burdened above 80% of the transformer capacity in the Waiheru I Ambon Area, as follows: (i) Substation BGLWH1025, predicted age shrinkage of 21.46%; (ii) Substation BGLWH1027, predicted age shrinkage of 4.14%; (iii) Substation BGLWH1028, predicted age shrinkage of 4.22%; (iv) Substation BGLWH1029, predicted age shrinkage of 5.21%; (v) Substation BGLWH1030, predicted age shrinkage of 14.30%; (vi) Substation BGLWH1031, predicted age shrinkage of 13.10%; (vii) Substation BGLWH1032, predicted age shrinkage of 12.38%; (viii) Substation BGLWH1033, predicted age shrinkage of 6.24%; (ix) Substation BGLWH1041, predicted age shrinkage of 4.47%; It is also predicted that the service life of distribution transformers that are burdened above 80% of the transformer capacity in Waiheru I Ambon Area is <20 years.

Keywords: *Transformer, Distribution, Service life shrinkage, Feeder, Electrical.*

Abstrak - Usia transformator dapat berkurang akibat beberapa hal. Salah satu penyebab berkurangnya umur penggunaan transformator adalah pembebanan, pembebanan mengakibatkan peningkatan temperatur pada transformator. Panas yang timbul mengakibatkan terjadinya penguraian dari bahan-bahan transformator yang dapat mempercepat proses penuaan suatu transformator. Terjadinya panas yang terlalu tinggi akan dapat merubah sifat konstruksi bagian-bagian transformator. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur pengaruh pemakaian transformator terhadap penyusutan umur akibat pembebanan yang mencapai atau melebihi 80%. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui persentase penyusutan umur transformator distribusi pada penyulang/feeder Waiheru I di Area Ambon. Analisis umur pakai transformator distribusi dilakukan dengan mengukur suhu transformator menggunakan thermal imager. Pengukuran dilakukan dua kali sehari, yaitu pada pukul 08.00 - 14.00 WIT dan pukul 18.00 - 22.00 WIT. Hasil analisis, bahwa prediksi susut umur pakai transformator distribusi yang terbebani diatas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Waiheru I Area Ambon, sebagai berikut : (i) Gardu BGLWH1025, prediksi susut umur 21,46 %; (ii) Gardu BGLWH1027, prediksi susut umur 4,14 %; (iii) Gardu BGLWH1028, prediksi susut umur 4,22 %; (iv) Gardu BGLWH1029, prediksi susut umur 5,21 %; (v) Gardu BGLWH1030, prediksi susut umur 14,30 %; (vi) Gardu BGLWH1031, prediksi susut umur 13,10 %; (vii) Gardu BGLWH1032, prediksi susut umur 12,38 %; (viii) Gardu BGLWH1033, prediksi susut umur 6,24 %; (ix) Gardu BGLWH1041, prediksi susut umur 4,47 %; Diprediksi pula bahwa umur pakai transformator distribusi yang terbebani diatas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Waiheru I Area Ambon adalah <20 tahun.

Kata kunci: *Transformator, Distribusi, Susut umur pakai, Penyulang, Kelistrikan.*

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik adalah komponen paling dekat dengan pelanggan dan sering mengalami gangguan dibandingkan dengan komponen lain dalam sistem tenaga listrik, seperti unit pembangkit, saluran transmisi, dan transformator gardu induk. Transformator distribusi sebagai peralatan tenaga listrik berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi ke tegangan rendah, agar tegangan yang dipakai sesuai dengan rating peralatan listrik konsumen. Transformator merupakan peralatan listrik yang mahal, maka harus dijaga dan dipelihara agar memiliki umur penggunaan yang lama [1].

Berdasarkan data Badan Meteorologi dan Geofisika, Departemen Perhubungan, suhu rata-rata tahunan di Indonesia adalah 30°C dan tingkat suhu rata-rata harian 33°C dimana transformator dioperasikan [2]. Kondisi tidak normal, seperti pembebanan lebih atau paparan suhu lingkungan yang lebih tinggi menyebabkan laju penuaan relatif pemburukan termis isolasi transformator yang beroperasi di Indonesia lebih cepat disebabkan kegagalan isolasi transformator dan dengan demikian mempercepat susut umur pakai transformator [3]. Terutama pada wilayah dengan pertumbuhan beban signifikan seperti Penyulang Waiheru I di Ambon. Dalam dua tahun terakhir (2022-2023), peningkatan beban pada penyulang ini menyebabkan penurunan daya listrik yang disalurkan ke konsumen, terutama saat beban puncak ketika suhu transformator melebihi batas toleransi 30°C.

Penelitian ini bertujuan mengukur pengaruh pembebanan terhadap susut umur transformator serta menentukan persentase susut umur pada Penyulang Waiheru I. Hasil penelitian ini diharapkan memberi masukan penting bagi PT. PLN (Persero) Area Ambon untuk memperhatikan pertumbuhan beban dan kualitas daya listrik yang disalurkan kepada konsumen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik, dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal, oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut *Interbus Transformator* (IBT). Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga trafo distribusi.

Transformator dapat dibagi menurut fungsi/pemakaian i) Transformator daya (pembangkit), ii) Transformator gardu induk dan iii) Transformator distribusi [4].

2.1.1 Suhu Transformator

Salah satu hal yang mempengaruhi suhu transformator distribusi adalah suhu titik panas. Suhu titik panas merupakan kondisi terpanas dari bagian transformator dan terjadi pada lilitan transformator [5]. Temperatur sekitar menentukan perubahan temperatur *hot spot*. Semakin besar temperatur sekitar maka semakin besar temperatur *hot spot*, begitu pula sebaliknya. Besaran pembebanan yang diberikan terhadap transformator juga menentukan kenaikan suhu transformator tersebut. Suhu titik panas belitan pada diagram termal dapat dihitung menggunakan persamaan [6]:

$$\theta_h = \theta_a + \Delta\theta_{or} \left(\frac{1+RK^2}{1+R} \right) + Hg_r \cdot K^y \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

θ_h = Suhu titik panas (°C),

θ_a = Suhu sekitar (°C),

$\Delta\theta_{or}$ = Kenaikan suhu minyak

R = Rasio rugi-rugi,

K = Rasio beban,

r = Eksponen minyak,

y = Eksponen belitan,

Hg = gradien titik panas ke minyak atas pada arus pengenal.

2.1.2 Perhitungan Arus Beban Penuh Transformator

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \text{ (VA)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan sisi primer transformator (kV)

I = Arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (full load), dapat menggunakan rumus:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \text{ (Ampere)} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

I_{FL} = Arus beban penuh (A)

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

2.1.2 Umur Transformator

Diberi beban maksimal (100%) dari kapasitas daya transformator maka transformator akan memiliki umur 20 tahun pada suhu sekitar 20 °C. Penurunan umur transformator dipengaruhi oleh besarnya suhu. Selama rentang suhu titik panas 80 °C–140 °C laju penuaan transformator mengganda untuk setiap kenaikan suhu titik panas sebesar 6 °C [1]. Faktor penuaan atau laju perubahan usia transformator pada setiap kenaikan suhu titik panas diatas suhu normal (98°C) dapat dihitung menggunakan persamaan [6]:

$$V = 2^{\left(\frac{\theta_h - 98^\circ C}{6}\right)} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

V = nilai relatif dari umur pemakaian,

θ_h = suhu titik panas (°C)

Susut umur dapat dinyatakan dalam satuan bulanan, harian atau jam jika beban dan suhu sekitar konstan selama satu periode. Susut umur relatif transformator selama satu periode dapat dihitung:

$$L = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V_n \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

L = Susut umur,

N = Periode waktu,

V_n = Laju penuaan relatif pada waktu ke n,

n = Interval waktu

2.1.3 Perhitungan Perkiraan Sisa Umur Transformator

Desain transformator berdasarkan standar IEC 76 dan IEC 354, nilai relatif dari umur pemakaian tergantung pada suhu titik panas. Hubungan suhu ini terhadap operasi dalam suhu sekitar 30 °C pada nilai daya nominal transformator memberikan kenaikan suhu titik panas sebesar 68 °C. Pada transformator, kecepatan proses penuaan relatif itu secara pendekatan dapat dinyatakan dengan rumus *Mountsinger* sebagai berikut:

$$\zeta = 2^{(\theta - 98)/6} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

ζ = Kecepatan penuaan relatif.

θ = Temperatur belitan bagian terpanas (*hot spot*).

98°C = Temperatur sebagai dasar disain untuk umur yang wajar (20 – 30 tahun).

Rumus *Mountsinger* tersebut berlaku sampai temperatur 140 °C. Dalam menghitung pengurangan umur diberikan persamaan untuk dapat menentukan besarnya susut umur adalah sebagai berikut:

$$\text{Susut umur (24 jam)} = (t_1 \times \zeta_1) + (t_2 \times \zeta_2) \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

t_1 = waktu (jam) pembebanan transformator pada temperatur belitan θ_1

t_2 = waktu (jam) pembebanan transformator pada temperatur belitan θ_2

ζ_1 = kecepatan penuaan relatif pada temperatur belitan θ_1

ζ_2 = kecepatan penuaan relatif pada temperatur belitan θ_2

Pembebanan transformator berubah-ubah setiap harinya atau tidak kontinyu sehingga sulit menentukan pola pembebanan hariannya, maka dalam penelitian ini diasumsikan pola pembebanan hariannya adalah sama.

Perhitungan perkiraan umur transformator pada penelitian ini hanya memperhitungkan pengaruh penurunan isolasi belitan saja tanpa memperhitungkan pengaruh yang lain.

$$\text{Perkiraan sisa umur} = \frac{(Umurdasar) - n}{(\%Susutumur24jam)} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

n = Lama waktu transformator telah beroperasi (tahun)

III. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada lokasi penyulang/feeder Waiheru I PT. PLN (Persero) Area Ambon, khususnya pada trafo distribusi yang terpasang pada penyulang/feeder Waiheru I, pengukuran temperatur transformator menggunakan thermal imager dengan waktu penelitian dilakukan sehari 2 kali, yakni pukul 08.00 – 14.00 WIT dan pukul 18.00 – 22.00 WIT. Jenis data yang diperlukan untuk melakukan analisis perhitungan, (i) data gardu dan trafo distribusi. (ii) data pembebanan siang hari dan malam hari (beban puncak).

Analisis umur pakai transformator distribusi pada penelitian ini, difokuskan pada (i) penentuan presentasi daya beban transformator $\geq 80\%$, (ii) pengukuran temperatur transformator menggunakan thermal imager, (iii) perhitungan kehilangan umur pakai trafo distribusi, (iv) perhitungan sisa umur pakai trafo distribusi, (v) perhitungan prediksi umur pakai trafo distribusi dan (vi) kesimpulan.

Alat yang digunakan adalah *Thermal Imaging*, salah satu metode yang digunakan dalam penyelidikan masalah termal adalah thermal imaging. Thermal imaging digunakan untuk melihat dan mengukur energi termal pada suatu objek dengan menggunakan kamera IR (inframerah). Inframerah adalah cahaya yang tidak terlihat karena gelombang yang terlalu panjang untuk bisa dideteksi mata manusia. Semakin tinggi suhu objek, kian besar pula radiasi inframerah yang dihasilkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Transformator distribusi yang akan digunakan sebagai objek penelitian sejumlah 9 buah trafo distribusi, dengan jenis gardu transformator portal. Semua transformator tersebut berada di wilayah PT. PLN (Persero) Area Ambon penyulang Waiheru I. Untuk dapat melakukan perhitungan, maka diperlukan sejumlah data-data masukan, berikut beberapa data masukan dari kesembilan transformator distribusi yang menjadi objek penelitian:

4.1.2 Data Transformator

- a. Transformator : 3 fasa
- b. Jenis pendinginan : ONAN
- c. Tegangan primer : 20 KV
- d. Tegangan sekunder : 400/220 V
- e. Jenis gardu : Portal

4.1.3 Data Pembebanan

Data pembebanan 21 transformator distribusi yang menjadi bahan penelitian, 9 trafo mempunyai persentasi pembebanan $\geq 80\%$ dan 12 trafo persentasi pembebanan $< 80\%$ adalah sebagai berikut:

Tabel 1
Data Pembebanan

No	No. Gardu	Alamat	Thn Opera si	Daya (KVA)	Siang		Malam	
					Beban (KVA)	%	Beban (KVA)	%

1	BGLWH1021	Negri Lama	2011	100	61	61,0	66	66,0
2	BGLWH1022	BTN Negri Lama	2011	100	48	48,0	52	52,0
3	BGLWH1023	BTN PEPABRI (Belakang)	2016	200	119	59,5	129	64,5
4	BGLWH1024	Rumah Sakit Jiwa	2011	160	88	55,0	96	60,0
5	BGLWH1025	Poltekes	2011	250	207	82,8	225	90,0
6	BGLWH1026	Brimob Passo	2011	250	143	57,2	155	62,0
7	BGLWH1027	Arbes Brimob (Sisipan Air Besar)	2013	100	74	74,0	80	80,0
8	BGLWH1028	RRI Passo	2013	100	76	76,0	83	83,0
9	BGLWH1029	Air Besar (Pengadilan)	2004	100	79	79,0	86	86,0
10	BGLWH1030	Passo Inakaka	2010	250	207	82,8	225	90,0
11	BGLWH1031	Sisipan Inakaka	2016	200	165	82,5	179	89,5
12	BGLWH1032	Passo Telkom	2015	50	41	82,0	44	88,0
13	BGLWH1033	Ruko Passo (Lorong GH)	2016	200	161	80,5	175	87,5
14	BGLWH1034	BPK Negri Lama	2011	400	152	38,0	165	41,3
15	BGLWH1035	PT. Tangara Mitrakom	2013	630	184	29,2	200	31,7
16	BGLWH1039	Gudang Markus Sondang	2006	100	39	39,0	42	42,0
17	BGLWH1040	Depan Pasar Nania	2013	100	50	50,0	54	54,0
18	BGLWH1041	Percab. RRI (Samp. Pertamina)	2019	200	157	78,5	171	85,5
19	BGLWH1042	Depan Gudang Arbes	2021	100	64	64,0	69	69,0
20	BGLWH1048	Sisipan BTN Negri Lama	2018	160	85	53,1	92	57,5
21	BGLWH1049	Lapas Anak Inakaka	2020	160	104	65,0	113	70,6

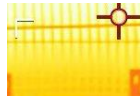
(Sumber: PT. PLN (Persero) Area Ambon, 2024)

4.1.4 Data Temperatur

Data tempertur ini diperoleh melalui pemotretan trnsformator menggunakan kamera *Thermal Imager*. Data tempertur hasil pemotretan, dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2
Data Pemotretan Temperatur

No	No. Gardu	Siang		Malam	
		Warna	Temp. (°C)	Warna	Temp. (°C)
1	BGLWH1025		46,9		66,6
2	BGLWH1027		38,8		45,8
3	BGLWH1028		38,9		46,1

4	BGLWH1029		40,7		48,0
5	BGLWH1030		44,1		62,7
6	BGLWH1031		43,4		61,9
7	BGLWH1032		43,1		61,3
8	BGLWH1033		41,9		50,3
9	BGLWH1041		39,0		47,4

4.2 Pembahasan

Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada standar IEC 354 yang juga telah menjadi standar PLN saat ini (SPLN 17 A: 1979), sebuah transformator akan mengalami umur yang normal pada kondisi “temperatur *hot spot* 98 °C pada pembebanan 100% dari rating pengenalan”, dengan temperatur sekitar (*ambient temperature*) 20 °C [8]. Oleh karena rata-rata temperatur sekitar Ambon adalah 30 °C, maka penelitian ini yakni pada temperatur sekitar 30 °C temperatur belitan transformator distribusi dengan jenis pendingin ONAN akan mencapai 68 °C (temperatur *hot spot* pada kondisi umur normal) pada faktor pembebanan 0,91 (91%) dari rating daya transformator.

Pembebanan selama satu hari (24 jam) diasumsikan 20 jam di luar beban puncak (LBP) mengikuti beban siang dan 4 jam pada beban puncak (BP) mengikuti beban malam. Berikut perhitungan umur pakai dari masing-masing transformator yang menjadi bahan penelitian.

A. Perhitungan Susut Umur

- Gardu BGLWH1025

1) Data Trafo Distribusi

- Alamat : Poltekes
- Merk Trafo : WT
- Kapasitas : 250 kVA
- Tegangan Primer : 20 KV
- Tegangan Sekunder : 400 V
- Jenis Pendingin : ONAN

2) Data Pembebanan

- Siang Hari : 207 KVA
- Persentasi : 82,8 %
- Malam Hari : 225 KVA
- Persentasi : 90 %

3) Data Temperatur Belitan

- Beban Siang : 46,9 °C
- Beban Malam : 66,6 °C

4) Perhitungan

a) Susut Umur Selama 24 Jam

Perkiraan perhitungan susut umur selama 24 jam berdasarkan kenaikan temperatur belitan θ (°C) dihitung dengan persamaan 6 dan 7 sebagai berikut:

1. Kecepatan penuaan relatif (ζ)

i. Luar Beban Puncak (20 jam)

$$\zeta = 2^{(0-68)/6} = 2^{(46,9-68)/6} = 2^{-3,516} = \frac{1}{2^{3,516}} = \frac{1}{11,439} = 0,087 \text{ p.u}$$

dimana, temperatur belitan (θ) = 46,9 °C

ii. Beban Puncak (4 jam)

$$\zeta = 2^{(0-68)/6} = 2^{(66,6-68)/6} = 2^{-0,23} = \frac{1}{2^{0,23}} = \frac{1}{1,172} = 0,852 \text{ p.u}$$

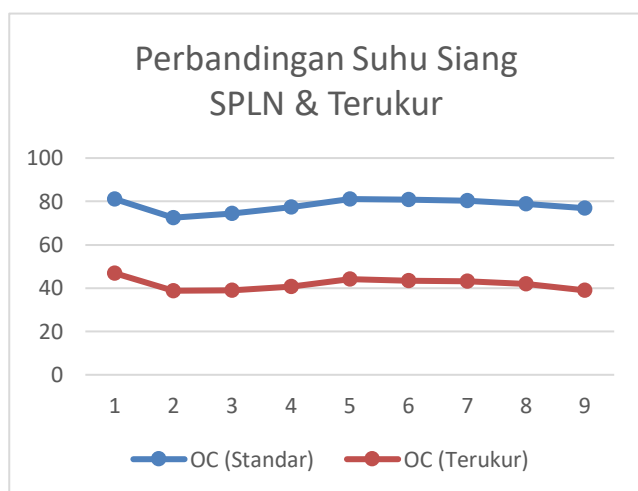
dimana, temperatur belitan (θ) = 66,6 °C

2. Perkiraan susut umur selama satu hari (24 jam)

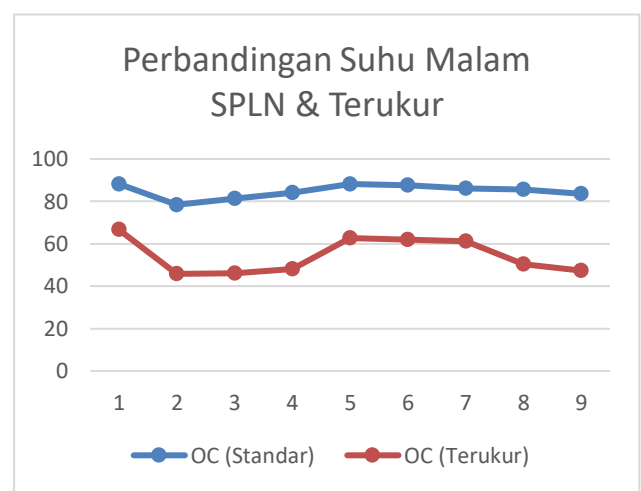
$$\begin{aligned} \text{Susut umur (24 jam)} &= (t_1 \times \zeta_1) + (t_2 \times \zeta_2) \\ &= (20 \text{ jam} \times 0,087 \text{ p.u}) + (4 \text{ jam} \times 0,852 \text{ p.u}) \\ &= 5,15 \text{ jam, atau } \frac{5,15}{24} \times 100\% = 21,46\% \end{aligned}$$

Tabel 3
Perkiraan Susut Umur

No	Gardu	Merk	Tahun Operasi	Rating (KVA)	Beban & Temperatur Belitan								Perkiraan Susut Umur			
					Siang				Malam				LBP (p.u)	BP (p.u)	Satu Hari	
					KVA	%	°C (Standar)	°C (Terukur)	KVA	%	°C (Standar)	°C (Terukur)			Jam	%
1	BGLWH1025	WT	2011	250	207	82,8	81,1	46,9	225	90	88,2	66,6	0,087	0,852	5,15	21,46
2	BGLWH1027	BBD	2013	100	74	74	72,5	38,8	80	80	78,4	45,8	0,034	0,077	0,993	4,14
3	BGLWH1028	KAL	2013	100	76	76	74,4	38,9	83	83	81,3	46,1	0,034	0,08	1,012	4,22
4	BGLWH1029	KAL	2014	100	79	79	77,4	40,7	86	86	84,2	48	0,042	0,099	1,251	5,21
5	BGLWH1030	STL	2018	250	207	82,8	81,1	44,1	225	90	88,2	62,7	0,063	0,542	3,433	14,3
6	BGLWH1031	TFI	2016	200	165	82,5	80,8	43,4	179	89,5	87,7	61,9	0,057	0,494	3,143	13,1
7	BGLWH1032	UND	2015	50	41	82	80,3	43,1	44	88	86,2	61,3	0,056	0,461	2,971	12,38
8	BGLWH1033	STL	2016	200	161	80,5	78,8	41,9	175	87,5	85,7	50,3	0,049	0,129	1,498	6,24
9	BGLWH1041	STL	2019	200	157	78,5	76,9	39	171	85,5	83,7	47,4	0,035	0,093	1,072	4,47



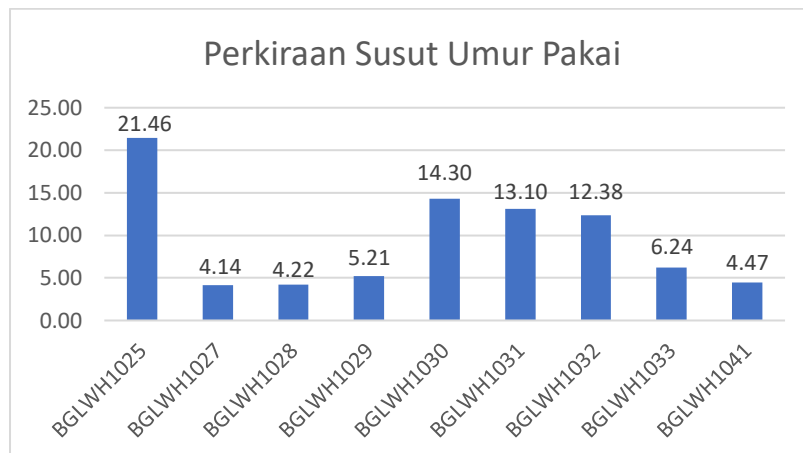
Gambar 1 Perbandingan Suhu Siang



Gambar 2 Perbandingan Suhu Malam

Berdasarkan grafik pada gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa suhu yang terukur pada transformator berada di bawah batas yang telah ditetapkan oleh PLN sebagai standar operasional. Hal ini menunjukkan bahwa transformator yang digunakan saat ini masih beroperasi dalam kondisi yang

aman (normal).



Gambar 3 Perkiraan Susut Umur Pakai

Dari data pada tabel 3 dan gambar 3 terlihat bahwa persentasi (%) perkiraan susut umur transformator pada penyulang Waiheru I yang terbeban di atas 80% dari *rating* daya transformator, susut umur tertinggi terjadi pada gardu BGLWH1025 (21,46%) dan susut umur terendah terjadi pada gardu BGLWH1027 (4,14%).

B. Perhitungan Perkiraan Sisa Umur

Perkiraan sisa umur Transformator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8 sebagai berikut:

$$\text{Perkiraan sisa umur} = \frac{(Umur_{\text{dasar}}) - n}{\% \text{Susut umur 24 jam}(L)}$$

- Gardu BGLWH1025

$$\text{Sisa umur} = \frac{20 - (2024 - 2011)}{21,46\%} = 19,39 \text{ tahun atau } < 20 \text{ tahun}$$

dimana (i) umur dasar = 20 tahun, (ii) tahun operasi = 2011 dan (iii) % susut umur 24 jam = 21,46%

Tabel 4
Perkiraan Sisa Umur Pakai Trafo dengan Beban $\geq 80\%$

No.	Gardu	Tahun Operasi	Rating	Susut Umur	Perkiraan Sisa Umur	
				%	Tahun	
1	BGLWH1025	2011	250	21,46	19,39	< 20
2	BGLWH1027	2013	100	4,14	17,34	< 20
3	BGLWH1028	2013	100	4,22	17,39	< 20
4	BGLWH1029	2014	100	5,21	18,08	< 20
5	BGLWH1030	2018	250	14,3	19,58	< 20
6	BGLWH1031	2016	200	13,1	19,38	< 20
7	BGLWH1032	2015	50	12,38	19,27	< 20
8	BGLWH1033	2016	200	6,24	18,71	< 20
9	BGLWH1041	2019	200	4,47	18,88	< 20

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, terlihat bahwa perkiraan sisa umur 9 transformator yang

berbeban $\geq 80\%$ kurang dari 20 tahun. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa susut umur transformator pada penyulang Waiheru I berpengaruh pada umur pemakaian transformator.

4.3 Implementasi

Berdasarkan standar IEC 76 dan IEC 354, suatu transformator akan mengalami penyusutan umur pakai apabila temperatur belitannya melebihi 68°C untuk temperatur sekitar 30°C . Hasil perhitungan yang dilakukan transformator akan mengalami penyusutan umur ketika transformator dibebani $\geq 80\%$, karena suhu belitan pada saat kondisi pembebanan $\geq 80\%$ mendekati atau melebihi 68°C .

Susut umur transformator dipengaruhi oleh isolasi belitan dan minyak transformator. Panas yang berlebihan pada kumparan trafo dapat merusak isolasi dan naiknya temperatur pada minyak dapat mengubah viskositas dari minyak trafo.

Penyusutan umur transformator disebabkan oleh pembebanan berlebihan yang menyebabkan overheating, degradasi isolasi, dan penurunan kualitas minyak, yang dapat diperburuk oleh kelembapan, pencemaran, dan kurangnya perawatan rutin.

Untuk mengurangi susut umur transformator akibat pembebanan lebih pada saat beban puncak selain memperhatikan suhu sekitar, juga dapat dilakukan mutasi gardu ataupun ditambahkan trafo sisipan untuk mengurangi pembebanan pada transformator sehingga susut umur dari suatu transformator juga menurun.

V. PENUTUP

Berdasarkan analisis data pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa pembebanan transformator distribusi di penyulang Waiheru I Area Ambon yang mencapai atau melebihi 80% dari kapasitas nominalnya secara signifikan memperpendek umur pakai transformator. Peningkatan temperatur hot-spot mempercepat proses penuaan isolasi, yang mengurangi kemampuan transformator dalam menangani tegangan dan arus, sehingga umur pakai transformator berkurang secara signifikan.

Prediksi susut umur pakai transformator distribusi yang terbebani di atas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Waiheru I Area Ambon menunjukkan bahwa perkiraan susut umur transformator pada penyulang Waiheru I yang terbebani di atas 80% dari *rating* daya transformator, susut umur tertinggi terjadi pada gardu BGLWH1025 (21,46%) dan susut umur terendah terjadi pada gardu BGLWH1027 (4,14%) ini berarti bahwa gardu BGLWH1027 memiliki tingkat kritisitas paling tinggi diantara 9 gardu lainnya. Dari hasil analisis, maka diprediksikan umur pakai transformator distribusi yang terbebani diatas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Waiheru I Area Ambon adalah <20 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Gultom, "Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 KV Akibat Pembebanan Lebih Di PT. PLN (Persero) Kota Pontianak," *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 5, no. 3, 2018.
- [2] R. I. Ardi, "ANALISIS PENURUNAN RUGI RUGI DAYA DENGAN PENAMBAHAN DAN PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 kV (Studi Kasus: PT PLN (Persero) UP3 (PEKANBARU)," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2022.
- [3] A. S. Gianto, C. G. Irianto, D. Gianto, and others, "Perhitungan Penurunan Umur Transformator Akibat Pengaruh Suhu Lingkungan," *Jetri J. Ilm. Tek. Elektro*, 2015.
- [4] A. Kadir, "Transformator Edisi Revisi. Penerbit Universitas Indonesia," 2010, *UI Press*, Jakarta.
- [5] F. Azhar, Y. Rahmawati, and I. Fadlika, "Estimasi Umur Transformator Distribusi Berdasarkan Pertumbuhan Beban dan Temperatur Lingkungan di Penyulang Bolo PLN Rayon Woha Kabupaten Bima," *Pros. SENIATI*, vol. 5, no. 1, pp. 43–49, 2019.
- [6] Y. Y. Rizki and E. Ervianto, "Perkiraan umur transformator berdasarkan pengaruh pembebanan dan temperatur lingkungan menggunakan metode trend linear," *Jom Fteknik*, vol. 6, no. 2, pp. 1–8, 2019.
- [7] H. L. Latupeirissa, "Analisa Umur Pakai Transformator Distribusi 20 KV di PT. PLN Cabang Ambon," *J. simetrik*, vol. 8, no. 2, pp. 126–132, 2018.
- [8] "SPLN-17. (1979). Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak."