

# Analisis Penyusutan Umur Transformator Unit 3 Berdasarkan Temperatur Lilitan di PLTP Kamojang

SAULINA SAHWIDI<sup>1</sup>, SYAHRIAL<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: saulinasahwidi25@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

## ABSTRAK

*Perkembangan kebutuhan listrik yang pesat pada saat ini harus diikuti dengan pengoptimalan peralatan sistem tenaga listrik agar energi listrik dapat terus disalurkan secara kontiniu dan tidak terputus kepada konsumen listrik. Salah satu pembangkit listrik yang ada di Indonesia ialah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). PLTP merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas bumi menjadi uap bertekanan tinggi yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik oleh beberapa peralatan pembangkit listrik lainnya. Salah satu komponen peralatan yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik yaitu transformator. Transformator berfungsi untuk mentransformasikan tegangan sesuai dengan kebutuhan beban. Transformator merupakan peralatan yang sangat penting sehingga perlu diperhatikan keandalannya agar peralatan ini berusia panjang dan dapat lebih lama digunakan. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kondisi suatu transformator sebagai penyebab berkurangnya umur transformator atau penyebab penuaan pada isolasi transformator seperti pengaruh thermal temperature sekitar, temperatur minyak trafo dan pola pembebanan. Hal ini dapat mengakibatkan peningkatan suhu temperature transformator yang berlebihan. Dengan menghitung persentase pembebanan dan menentukan kenaikan temperatur untuk pembebanan transformator dayastabil dan tidak stabil menggunakan metode diagram thermal (IEC 354) dan memperhitungkan penuaan isolasi belitan transformator daya serta menghitung laju thermal relatif, susut umur dan perkiraan sisa umur sehingga diperoleh hasil penelitian sebagai berikut. Dimana pada penelitian ini didapatkan nilai laju penuaan termal relatif sebesar 0,09673 dengan pembebanan sebesar 0,728 dan perkiraan sisa umur sebesar 165 tahun. Pada pembebanan stabil dan tidak stabil semakin tinggi persentase pembebanan maka sisa umur akan semakin menurun Dengan mengetahui perkiraan sisa umur transformator mampu mencegah kerusakan yang dapat mengganggu kontinuitas pelayanan.*

**Kata kunci:** *diagram thermal (IEC 354), laju penuaan termal, perkiraan sisa umur transformator, presentase pembebanan, transformator.*

**ABSTRACT**

*The rapid development of electricity demand at this time must be followed by optimization of electrical power system equipment so that electrical energy can continue to be distributed continuously and uninterruptedly to electricity consumers. One of the power plants in Indonesia is the Geothermal Power Plant (PLTP). PLTP is a power plant that utilizes geothermal energy into high-pressure steam which is then converted into electrical energy by several other power generating equipment. One of the most important equipment components in the distribution of electric power is a transformer. Transformer serves to transform the voltage according to the needs of the load. The transformer is a very important piece of equipment so it is necessary to pay attention to its reliability so that this equipment has a long life and can be used for a longer time. Many factors can affect the condition of a transformer as a cause of reduced transformer life or the cause of aging in transformer insulation such as the influence of ambient thermal temperature, transformer oil temperature and loading patterns. This can result in an excessive increase in the transformer temperature. By calculating the percentage of loading and determining the temperature rise for the loading of stable and unstable power transformers using the thermal diagram method (IEC 354) and taking into account the aging of the power transformer winding insulation and calculating the relative thermal rate, life loss and estimated remaining life, the results obtained are as follows. Wherein this study, the value of the relative thermal aging rate was 0.09673 with a loading of 0.728 and an estimated remaining life of 165 years. In stable and unstable loading, the higher the percentage of loading, the remaining life will decrease, the estimated remaining life of the transformer can prevent damage that can disrupt service continuity.*

**Keywords:** *estimated remaining life of transformer, loading percentage, thermal aging rate, thermal diagram (IEC 354), transformer.*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan listrik yang pesat pada saat ini harus diikuti dengan pengoptimalan peralatan sistem tenaga listrik agar energi listrik dapat terus disalurkan secara kontiniu dan tidak terputus kepada konsumen listrik. Dalam operasi penyaluran tenaga listrik, transformator dapat dikatakan jantung dari transmisi dan distribusi. Transformator berfungsi untuk mentransformasikan tegangan sesuai dengan kebutuhan beban. Transformator merupakan peralatan yang sangat penting sehingga perlu diperhatikan keandalannya agar peralatan ini berusia panjang dan dapat lebih lama digunakan. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kondisi suatu transformator sebagai penyebab berkurangnya umur tranformator atau penyebab penuaan pada isolasi transformator seperti pengaruh *thermal* temperatur sekitar, temperatur minyak transformator dan pola pembebanan. Hal ini dapat mengakibatkan peningkatan suhu temperatur transformator yang berlebihan (**Adi Nugroho,2019**).

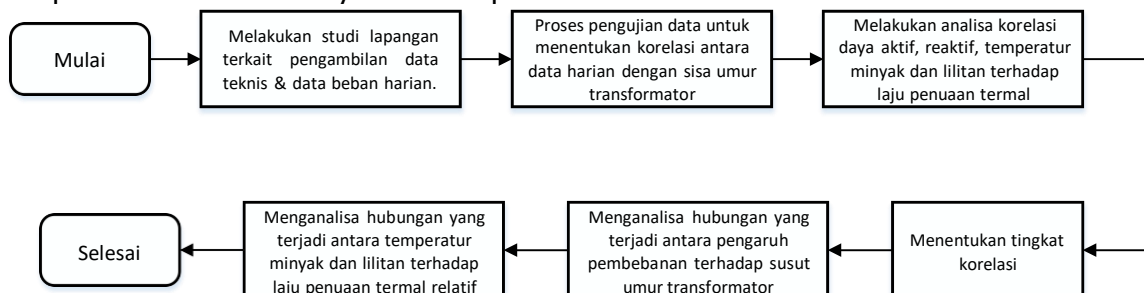
Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sigid, Pembebanan pada transformator berpengaruh terhadap temperatur belitan yang berdampak pada naiknya temperatur *topoil* transformator sehingga menyebabkan laju penuaan yang semakin tinggi. Peristiwa tersebut dipengaruhi juga oleh suhu lingkungan yang melewati batas yang di izinkan (**Sigid,2011**).

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hubungan antara suhu dan sisa umur transformator di PLTP Kamojang. Hal ini dimaksudkan agar penggunaannya tidak melebihi parameter yang telah ditentukan, sehingga transformator dapat bekerja secara optimal dan mencegah susut umur dari transformator itu sendiri. Berdasarkan uraian tersebut untuk mengupayakan agar umur dari transformator tetap pada umur normal, maka dilakukan sebuah perhitungan dan analisis hubungan pembebanan dan temperatur lingkungan terhadap nilai akhir temperatur hot spot transformator yang berakibat pada susut umur (*loss of life*) dari transformator tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini didapatkan data beban harian, temperatur minyak, lilitan dan data teknis peralatan yang didapatkan dari PLTP Kamojang. Selanjutnya, dilakukan pengujian data untuk menentukan hubungan antara beban harian dengan sisa umur transformator. Setelah korelasi didapatkan, dilakukan analisis hubungan yang terjadi antara pengaruh pembebanan terhadap susut umur dan pengaruh temperatur minyak dan lilitan terhadap laju penuaan termal relatif sehingga dapat ditentukan tingkat korelasi berdasarkan grafik uji, sehingga dapat diambil kesimpulan terkait hubungan yang terjadi antara pembebanan harian, temperatur lilitan dan minyak terhadap sisa umur transformator.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 merupakan proses yang dilakukan dalam pembuatan makalah terkait analisis penyusutan umur transformator berdasarkan temperatur lilitan.

## 2.2. Persamaan Matematis

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan rasio pembebanan, temperatur hotspot, kenaikan temperatur hotspot dan top oil, selisih temperatur hotspot dan *top oil*, laju penuaan termal relatif, pengurangan umur transformator dan perkiraan sisa umur transformator

### 1. Rasio Pembebanan

Pada bagian ini rasio pembebanan dapat ditentukan dengan persamaan (1) berikut ini **(Adi Nugroho,2019)**.

$$K = \frac{S}{S_r} \quad (1)$$

Dimana :

K : Rasio pembebanan

S : Beban transformator (MVA)

S<sub>r</sub> : Kapasitas transformator (MVA)

### 2. Temperatur Hotspot

Untuk mencari nilai temperatur hotspot yang terdiri dari sirkulasi minyak alami dan sirkulasi minyak paksaan digunakan persamaan (2) dan (3) sebagai berikut:

**(Adi Nugroho,2019)**.

- Sirkulasi Minyak Alami

$$\Delta\theta_{cr} (\text{alami}) = \Delta\theta_{br} + 1 \Delta\theta_{WO} \quad (2)$$

Dimana :

$\Delta\theta_{cr} (\text{alami})$  : Temperatur hotspot (°C)

$\Delta\theta_{br}$  : Suhu (55 °C untuk ON, dan 40 °C untuk OF)

$\Delta\theta_{WO}$ :Perbedaan antara kenaikan temperatur rata-rata kumparan dengan kenaikan temperatur rata-rata minyak

- Sirkulasi Minyak Paksaan digunakan persamaan (3) berikut:

$$\Delta\theta_{cr} (\text{Paksaan}) = \Delta\theta_{br} + \Delta\theta_{cr}(\text{alami}) - \Delta\theta_{br} \quad (3)$$

Dimana :

$\Delta\theta_{cr} (\text{Paksaan})$  : Temperatur hotspot (°C)

$\Delta\theta_{br}$  : Suhu (55 °C untuk ON, dan 40 °C untuk OF)

$\Delta\theta_{cr}(\text{alami})$  : Kenaikan temperatur hotspot (°C)

### 3. Kenaikan Temperatur Hotspot

Kenaikan temperatur hotspot merupakan batas kenaikan temperatur yang diizinkan pada transformator, dimana untuk mencari nilai kenaikan temperatur hotspot digunakan persamaan (4) dan (5) berikut ini **(Adi Nugroho,2019)**.

- Beban Stabil

$$\Delta\theta_c(\text{stabil}) = \Delta\theta_{br} + (\Delta\theta_{cr}(\text{alami}) - \Delta\theta_{br})K^{2.y} \quad (4)$$

Dimana :

- $\Delta\theta_c(\text{stabil})$  : Kenaikan temperatur hotspot ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta\theta_{br}$  : Suhu ( $55^{\circ}\text{C}$  untuk ON dan  $40^{\circ}\text{C}$  untuk OF)
- $\Delta\theta_{cr}(\text{alami})$  : Temperatur hotspot ( $^{\circ}\text{C}$ )
- K : Ratio pembebanan
- y : Konstanta 0,9 (ONAN & ONAF) 1,0 ( OFAF & OFWF)

- Beban Berubah digunakan persamaan (5) berikut:

$$\theta_c(\text{berubah}) = \theta_a + \Delta\theta_b(\text{berubah}) + \Delta\theta_{td} \quad (5)$$

Dimana :

- $\theta_c(\text{berubah})$  : Kenaikan temperatur hotspot ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\theta_a$  : Temperatur ambient (suhu lingkungan sekitar) ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta\theta_b(\text{berubah})$  : Kenaikan temperatur top oil ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta\theta_{td}$  : Selisih temperatur antara hotspot dengan top oil ( $^{\circ}\text{C}$ )

**Tabel 1. Penentuan Tabel Kostanta**

Tipe Pendingin	IEC		IEEE	
	n	m	n	m
OA / ONAN	0,9	0,8	0,8	0,8
FA / ONAF	0,9	0,8	0,9	0,8
NDFOA / OFAF	1	0,8	0,9	0,8
DFOA / ODAF	1	1	1	1

#### 4. Kenaikan Temperatur *Top Oil*

Untuk menghitung kenaikan temperatur *top oil* yang terdiri dari beban stabil dan beban berubah digunakan persamaan (6) dan (7) sebagai berikut ini:

**(Adi Nugroho,2019).**

- Beban Stabil

$$\Delta\theta_b(\text{stabil}) = \Delta\theta_{br} \left( \frac{1+d \cdot K^2}{1+d} \right)^x \quad (6)$$

Dimana :

- $\Delta\theta_b(\text{stabil})$  : Kenaikan temperatur top oil ( $^{\circ}\text{C}$ )
- K : Ratio pembebanan
- d : (Rugi - rugi daya pada pengenalan)/(Rugi beban nol)
- x : Konstanta 0,9 (ONAN & ONAF) 1,0 ( OFAF & OFWF)
- $\Delta\theta_{br}$  : Suhu ( $55^{\circ}\text{C}$  untuk ON dan  $40^{\circ}\text{C}$  untuk OF)

- Beban Berubah digunakan persamaan (7) berikut:

$$\Delta\theta_b(\text{berubah}) = \Delta\theta_{on}(n1) + (\Delta\theta_b(\text{stabil}) - \Delta\theta_{on}(n1)) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (7)$$

Dimana :

- $\Delta\theta_b(\text{berubah})$  : Kenaikan temperatur *top oil* ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta\theta_{on}(n1)$  : Kenaikan temperatur awal minyak ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta\theta_b(\text{stabil})$  : Kenaikan temperatur akhir minyak yang telah distabilkan, berhubungan dengan beban.
- t : Waktu dalam jam
- $\tau$  : Konstanta waktu minyak dalam jam 3 (ONAN) 2 (OFAF)

5. Selisih Temperatur Hotspot dengan *Top Oil*  
Selisih *temperature hotspot* dengan *top oil* dapat ditentukan dengan persamaan (8) berikut: **(Adi Nugroho,2019)**.

$$\Delta\theta_{td} = \Delta\theta_{cr} (\text{alami/paksaan}) - \Delta\theta_{br} )K^{2,y} \quad (8)$$

Dimana :

$\Delta\theta_{td}$  : Selisih temperatur antara hotspot dengan top oil (°C)

$\Delta\theta_{cr}$ (alami/paksaan) : Temperatur hotspot (°C)

$\Delta\theta_{br}$  : Suhu (55 °C untuk ON dan 40 °C untuk OF)

K : Ratio pembebanan

y : Konstanta 0,9 (ONAN & ONAF) 1,0 ( OFAF & OFWF)

6. Laju Penuaan Termal Relatif  
Untuk menghitung laju penuaan termal relatif dapat ditentukan dengan persamaan (9) berikut ini: **(Adi Nugroho,2019)**.

$$V = 10^{(\theta_c - 98)/19.93} \quad (9)$$

Dimana :

V : Nilai relatif dari umur pemakaian

$\theta_{cr}$  : 98 °C menurut publikasi IEC 76

**Tabel 2. Durasi Operasional Yang Diijinkan**

Jam per hari	$\theta_c$
24	98
16	101,5
12	104
8	107,5
6	110
4	113,5
3	116
2	119,5
1.5	122
1.0	125,5
0.75	128
0.5	131,5

7. Pengurangan Umur Transfotmator  
Susut umur yang disebabkan oleh operasi harian dapat dinyatakan dalam satuan bulanan, harian atau jam. susut umur relatif dapat ditentukan dengan persamaan (10) sebagai berikut: **(Adi Nugroho,2019)**.

$$t = \frac{V \cdot T}{\text{Periode Waktu}} \quad (10)$$

Dimana :

t : konstanta waktu

V: nilai relatif dari umur pemakaian

T : periode pemakaian.

8. Perhitungan Perkiraan Sisa Umur Transformator  
 Untuk menentukan perkiraan sisa umur transformator digunakan persamaan (11) berikut ini: **(Adi Nugroho,2019)**.

$$n = \frac{\text{umur dasar} - \text{lama transformator dipakai}}{\text{susut umur transformator (p.u)}} \tag{11}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Data Pengukuran Transformator

Bagian ini akan ditampilkan data pengukuran dari transformator unit 3 PT Indonesia Power Kamojang, yang ditunjukkan pada tabel 3 berikut:

**Tabel 3. Data Pengukuran Transformator Unit 3 PLTP Kamojang**

Agustus 2016	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Daya Semu	Temperatur Lilitan (°C )	Temperatur Minyak (°C )	Suhu Lingkungan (°C )
1/08/2016	51,844	5,288	52,113	52,113	66,72	27
2/08/2016	52,268	1,600	52,292	52,292	68,36	27
3/08/2016	51,652	7,048	52,131	52,131	68,00	27
4/08/2016	51,792	5,656	52,100	52,100	68,72	27
5/08/2016	51,868	6,276	52,246	52,246	67,20	27
6/08/2016	49,780	3,172	49,881	49,881	66,60	27
7/08/2016	38,560	3,424	38,712	38,712	54,84	27
8/08/2016	38,736	7,552	39,465	39,465	59,60	27
9/08/2016	50,764	4,388	50,953	50,953	67,84	27
10/08/2016	51,800	4,512	51,996	51,996	71,28	27
11/08/2016	52,156	3,656	52,284	52,284	69,12	27
12/08/2016	51,648	3,416	51,761	51,761	67,92	27
13/08/2016	51,632	-0,616	51,636	51,636	61,24	27
14/08/2016	51,696	1,856	51,729	51,729	61,08	27
15/08/2016	51,468	7,616	52,028	52,028	67,28	27
16/08/2016	51,600	2,812	51,677	51,677	66,86	27
17/08/2016	51,600	-0,144	51,600	51,600	67,00	27
18/08/2016	51,780	4,604	51,984	51,984	67,30	27
19/08/2016	52,148	2,540	52,210	52,210	67,52	27
20/08/2016	52,144	1,364	52,162	52,162	67,44	27
21/08/2016	52,068	3,092	52,160	52,160	67,96	27
22/08/2016	52,016	2,560	52,079	52,079	67,00	27
23/08/2016	51,920	1,368	51,938	51,938	67,64	27
24/08/2016	51,936	3,132	52,030	52,030	68,48	27
25/08/2016	51,876	0,764	51,882	51,882	67,00	27
26/08/2016	51,748	4,176	51,916	51,916	64,48	27
27/08/2016	51,760	0,420	51,762	51,762	64,48	27
28/08/2016	51,740	0,684	51,745	51,745	64,60	27
29/08/2016	51,400	0,840	51,407	51,407	63,58	27
30/08/2016	51,320	1,748	51,350	51,350	65,62	27
31/08/2016	51,316	0,908	51,324	51,324	67,76	27

### 3.2. Data Hasil Perhitungan Susut Umur Transformator

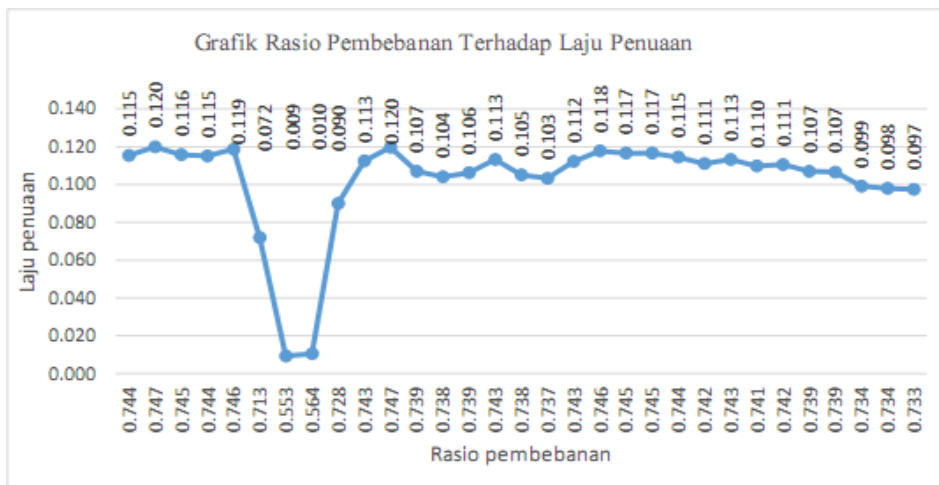
Persamaan - persamaan yang digunakan untuk perhitungan sisa umur transformator digunakan persamaan (1) sampai dengan persamaan (11), sehingga diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Susut Umur Transformator**

Agustus 2016	Daya Semu	Rasio pembebanan	Kenaikan Top Oil (Stabil)	Kenaikan Top Oil (Berubah)	Kenaikan Hotspot (Stabil)	Kenaikan Hotspot (Berubah)	$\Delta\theta_{td}$	V
1/08/2016	52,113	0,744	23,776	23,776	52,308	79,308	28,53	0,115
2/08/2016	52,292	0,747	23,915	23,915	52,643	79,643	28,73	0,120
3/08/2016	52,131	0,745	23,790	23,790	52,342	79,342	28,55	0,116
4/08/2016	52,100	0,744	23,766	23,766	52,284	79,284	28,52	0,115
5/08/2016	52,246	0,746	23,879	23,879	52,557	79,557	28,68	0,119
6/08/2016	49,881	0,713	22,085	22,085	48,225	75,226	26,14	0,072
7/08/2016	38,712	0,553	14,735	14,735	30,480	57,480	15,74	0,009
8/08/2016	39,465	0,564	15,172	15,173	31,535	58,536	16,36	0,010
9/08/2016	50,953	0,728	22,888	22,888	50,164	77,164	27,28	0,090
10/08/2016	51,996	0,743	23,685	23,686	52,090	79,090	28,40	0,113
11/08/2016	52,284	0,747	23,908	23,909	52,628	79,628	28,72	0,120
12/08/2016	51,761	0,739	23,504	23,505	51,652	78,653	28,15	0,107
13/08/2016	51,636	0,738	23,408	23,409	51,420	78,421	28,01	0,104
14/08/2016	51,729	0,739	23,480	23,480	51,593	78,593	28,11	0,106
15/08/2016	52,028	0,743	23,710	23,710	52,149	79,149	28,44	0,113
16/08/2016	51,677	0,738	23,440	23,440	51,496	78,497	28,06	0,105
17/08/2016	51,600	0,737	23,381	23,381	51,354	78,354	27,97	0,103
18/08/2016	51,984	0,743	23,676	23,676	52,067	79,067	28,39	0,112
19/08/2016	52,210	0,746	23,851	23,851	52,489	79,490	28,64	0,118
20/08/2016	52,162	0,745	23,814	23,814	52,400	79,400	28,59	0,117
21/08/2016	52,160	0,745	23,812	23,812	52,396	79,396	28,58	0,117
22/08/2016	52,079	0,744	23,750	23,750	52,244	79,245	28,49	0,115
23/08/2016	51,938	0,742	23,641	23,641	51,981	78,982	28,34	0,111
24/08/2016	52,030	0,743	23,712	23,712	52,153	79,153	28,44	0,113
25/08/2016	51,882	0,741	23,597	23,598	51,877	78,877	28,28	0,110
26/08/2016	51,916	0,742	23,624	23,624	51,940	78,941	28,32	0,111
27/08/2016	51,762	0,739	23,505	23,505	51,654	78,654	28,15	0,107
28/08/2016	51,745	0,739	23,492	23,492	51,623	78,623	28,13	0,107
29/08/2016	51,407	0,734	23,233	23,233	50,997	77,997	27,76	0,099
30/08/2016	51,350	0,734	23,189	23,190	50,892	77,892	27,70	0,098
31/08/2016	51,324	0,733	23,170	23,170	50,844	77,845	27,67	0,097

Jika diubah dalam bentuk grafik, maka diperoleh hasil seperti Gambar 2 berikut ini:





**Gambar 2. Grafik Rasio Pembebanan Terhadap Laju Penuaan**

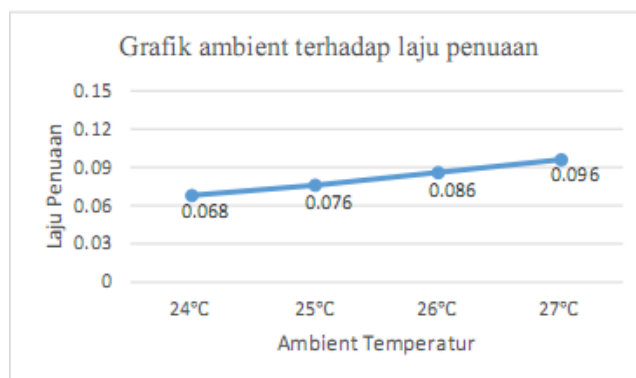
Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwasannya pada tanggal 2 dan 11 Agustus 2016 mengalami kenaikan laju penuaan yang disebabkan oleh rasio pembebanan yang tinggi sedangkan pada tanggal 7 dan 8 Agustus 2016 terjadi penurunan rasio pembebanan yang diikuti dengan penurunan laju penuaan termal relatif dimana didapatkan hasil perhitungan perkiraan sisa umur transformator sebesar 165 tahun dengan susut umur sebesar 0,09673.

**3.3. Data Perhitungan Temperatur Ambient Terhadap Sisa Umur Transformator**

**Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Ambient Temperature**

Ambient Temperatur	Rasio pembebanan	Kenaikan Top Oil (Stabil)	Kenaikan Top Oil (Berubah)	Kenaikan Hotspot (Stabil)	Kenaikan Hotspot (Berubah)	$\Delta\theta_{td}$	V
24°C	0,728	22,987	22,987	50,403	74,403	27,42	0,068
25°C	0,728	22,987	22,987	50,403	75,403	27,42	0,076
26°C	0,728	22,987	22,987	50,403	76,403	27,42	0,086
27°C	0,728	22,987	22,987	50,403	77,403	27,42	0,096

Jika diubah dalam bentuk grafik, diperoleh hasil seperti pada Gambar 3 berikut:



**Gambar 3. Grafik Ambient Temperature Terhadap Laju Penuaan**

Pada Gambar 3 didapatkan sisa umur transformator dengan suhu ambient 24°C sebesar 233 tahun, pada suhu 25°C sebesar 208 tahun, pada suhu 26°C sebesar 185 tahun dan pada suhu

27°C sebesar 165 tahun. Semakin tinggi suhu *ambient* dimana transformator itu beroperasi maka semakin berkurangnya umur transformator dalam beroperasi.

### **3.4. Analisis Suhu Lingkungan dan Sisa Umur Transformator**

Pembebanan transformator yang tinggi akan mengakibatkan suhu kumparan dan suhu minyak yang tinggi, sehingga mampu menyebabkan kenaikan *temperature Hotspot* yang tinggi. Beberapa faktor seperti pembebanan dan suhu lingkungan mampu menyebabkan kenaikan *temperature Hotspot* yang berpengaruh pada tingginya susut umur transformator dan berkurangnya sisa umur transformator untuk beroperasi (**Kurniawan, 2016**).

Diketahui bahwa semakin tinggi suhu lingkungan dimana transformator beroperasi, maka semakin tinggi susut umur dan semakin berkurangnya sisa umur transformator. apabila suhu lingkungan rendah maka susut umur transformator rendah sehingga transformator mampu beroperasi dalam jangka waktu yang lama (**Gianto Adhie Satrya, 2015**).

## **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa nilai akhir *temperature hot-spot* dipengaruhi oleh perubahan temperatur *ambient* dan perubahan *temperature top oil*, sedangkan perubahan temperatur belitan dipengaruhi oleh karakteristik pembebanan pada transformator. semakin besar pembebanan maka susut umur akan semakin tinggi dan sisa umur transformator untuk beroperasi akan berkurang. Dimana pada penelitian ini didapatkan nilai laju penuaan termal relatif sebesar 0,09673 dengan pembebanan sebesar 0,728 dan perkiraan sisa umur sebesar 165 tahun. Suhu lingkungan sangat berpengaruh pada karakteristik termal dan suhu belitan, semakin tinggi suhu sekitar maka semakin tinggi suhu belitan pada transformator dan akan mengurangi sisa umur transformator untuk beroperasi.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak PT. Indonesisa Power Kamojang POMU yang telah mengizinkan dan membantu dalam penelitian ini, baik dalam segi tempat, waktu, dan ilmu yang diberikan kepada penulis.

## **DAFTAR PUSTAA**

- Gianto Adhie Satrya, Chairul Gagarin Irianto, & Darto Gianto. (2015). Perhitungan Penurunan Umur transformator akibat Pengaruh suhu Lingkungan. *Adhie SatryaGianto, Chairul Gagarin Irianto & Darto Gianto, 13*, 15–36.
- Kurniawan, & Firdaus. (2016). Studi Analisa Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Lingkungan Terhadap Susut Umur Tranformator Daya Pada Gardu Induk Garuda Sakti. *Jom Fteknik, 3* (2), 1–6.
- Nugroho, S. A., Taufiq, A. J., & Kusuma Hardani, D. N. (2019). Perhitungan Perkiraan Umur Transformator Akibat Pengaruh Pembebanan Dan Suhu Lingkungan. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro, 1*(1), 11–16.
- Purnama, S. (2008). *Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga (Studi Kasus Trafo Gtg 1.3 Pltgu Tambak Lorok Semarang)*. 1–8.
- SIEMENS. 2016. Design Operating Maintenance Manual For Transformers. PT.Indonesia Power Pomu Kamojang.
- SPLN.2003. Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga.PT. PLN(PERSERO)P3B.
- SPLN 49-1:1992 Minyak Isolasi Bagian 1: Pedoman penerapan Spesifikasi dan pemeliharaan minyak isolasi, 1982.