

# STUDI SUSUT UMUR TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 kV AKIBAT PEMBEBANAN LEBIH DI PT.PLN (PERSERO) KOTA PONTIANAK

Parlindungan Gultom<sup>1)</sup>, Ir. Danial, MT.<sup>2)</sup>, Managam Rajagukguk, ST, MT.<sup>3)</sup>  
<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura  
Email: [p.gultom dq@ymail.com](mailto:p.gultom_dq@ymail.com)

## Abstract

*Distribution transformer has a very crucial role on electrical power supply distribution system. In 1972, International Electrotechnical Commission (IEC) 354 claim if a transformer get a stable load on it's identification power with ambient temperature 20°C, transformer hot spot temperature will reach 98°C and it's lifetime became 20 years or 7300 days with normal loss of life 0,0137% each day.*

*Daily average ambient temperature in Pontianak is 30°C, causing transformer's load has to be adjust to avoid high loss of life. Distribution transformer which installed on feeder Raya 10 has 11 units operating with daily load 80% - 100% of identification power and 8 units with over 100% daily load of identification power. Base on research that has been done we've come to conclusion that transformer which operating in Pontianak should not gain 91% load of identification power cause will decreasing the transformer lifetime drastically.*

**Keywords: distribution transformer, loss of life, ambient temperature, load.**

## Abstrak

*Transformator distribusi mempunyai peranan penting dalam penyaluran daya listrik dalam suatu sistem distribusi. International Electrotechnical Commission (IEC) 354 tahun 1972 menyatakan apabila transformator dibebani stabil pada daya pengenalnya dengan kondisi suhu sekitar (ambient temperature) 20°C, suhu hot spot transformator akan mencapai 98°C dan umur transformator akan mencapai 20 tahun atau 7300 hari dengan susut umur normal 0,0137% per-hari.*

*Suhu sekitar kota Pontianak yang rata-rata 30°C, maka transformator harus disesuaikan pembebanannya agar susut umur tetap normal. Transformator distribusi yang ada pada penyulang raya 10 kota Pontianak terdapat 11 unit yang beroperasi dengan beban harian 80% - 100% dari daya pengenal dan 8 unit yang beroperasi dengan beban harian >100% dari daya pengenal. Berdasarkan studi yang dilakukan didapatkan transformator yang beroperasi di kota Pontianak tidak boleh dibebani melebihi 91% dari daya pengenal transformator, apabila dibebani diatas 91% akan membuat berkurangnya umur transformator secara drastis.*

**Kata kunci : transformator distribusi, susut umur, suhu sekitar, beban.**

## 1. Pendahuluan

Dalam operasi sistem tenaga listrik, keandalan dan kestabilan sistem sangat penting agar dapat memberi kenyamanan dalam pelayanan kepada konsumen. Hal ini dapat terpenuhi dengan memperhatikan kondisi dari peralatan-peralatan tenaga listrik yang ada. Salah satu peralatan yang sangat penting dalam operasi sistem tenaga listrik adalah transformator.

Transformator distribusi 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 panjang.

Umur 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. Setiap kenaikan sekitar 6°C dari batas yang diizinkan akan mengakibatkan berkurangnya umur. Oleh karena itu, kenaikan suhu ini harus dibatasi. Isolasi dari penghantar (*conductor*) pada belitan transformator akan mengakibatkan kerusakan jika dikenai suhu yang tinggi. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini akan diteliti pengaruh pembebanan lebih terhadap umur transformator distribusi.

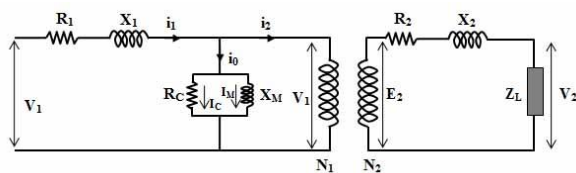
## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Transformator

Transformator merupakan suatu peralatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah daya listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui

suatu gandengan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya.

Transformator digunakan secara luas baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya jarak jauh. Penggunaan transformator yang sangat sederhana dan andal merupakan salah satu alasan penting dalam pemakaiannya dalam penyaluran tenaga listrik arus bolak-balik, karena arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik. Pada penyaluran tenaga listrik terjadi kerugian sebesar  $I^2R$  watt, kerugian ini akan banyak berkurang apabila tegangan dinaikkan. Dengan demikian saluran-saluran tenaga listrik senantiasa mempergunakan tegangan yang tinggi.



Gambar 1. Rangkaian pengganti transformator

## 2.2. Susut Umur Transformator Distribusi

Penurunan kemampuan suatu bahan isolasi akibat panas disebut penuaan (*aging*). Hal ini merupakan faktor utama yang membatasi kemampuan mempertahankan perkiraan umur dari transformator distribusi. Dengan kata lain, akibat adanya pembebanan lebih akan menimbulkan panas pada lilitan kumparan transformator sehingga pada suatu saat akan menurunkan umur transformator (penyusutan umur) dari yang diharapkan.

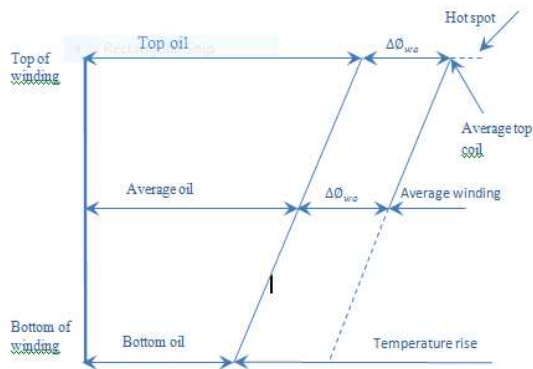


Gambar 2. Transformator Distribusi 20 kV

Untuk transformator yang menggunakan media pendingin air, maka temperatur air tidak boleh lebih dari  $25^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk transformator yang menggunakan media pendingin udara, maka temperatur udaranya tidak boleh lebih dari  $40^{\circ}\text{C}$  dan tidak boleh di bawah  $-25^{\circ}\text{C}$  untuk pemasangan luar dan tidak boleh di bawah  $-5^{\circ}\text{C}$  untuk pemasangan dalam. Sebagai tambahan untuk pendinginan dengan udara, temperaturnya tidak melebihi rata-rata  $30^{\circ}\text{C}$  untuk satu hari. Kenaikan temperatur dapat diasumsikan dengan diagram temperatur sederhana seperti ditunjukkan gambar 3. Gambar ini dapat dipahami karena merupakan diagram penyederhanaan dari distribusi yang lebih rumit. Kenaikan temperatur minyak bagian atas yang diukur selama pengujian kenaikan temperatur, berbeda dengan minyak yang meninggalkan kumparan. Minyak pada bagian atas adalah campuran sebagian dari minyak yang bersirkulasi sepanjang kumparan. Tetapi perbedaan ini tidak dipertimbangkan dengan cukup signifikan untuk mevalidasi metode.

Metode ini disederhanakan sebagai asumsi yang telah dibuat sebagai berikut :

- Suhu minyak di dalam kumparan bertambah secara linear dari bawah ke atas.
- Kenaikan suhu rata - rata dari tembaga pada setiap posisi di atas kumparan meningkat secara linear sejalan kenaikan suhu minyak yang mempunyai selisih konstan  $w_0$  antara dua garis lurus ( $w_0$  adalah selisih antara kenaikan suhu rata - rata tahanan dan kenaikan suhu rata - rata minyak).
- Kenaikan suhu *hot spot* adalah lebih tinggi dibanding kenaikan suhu rata - rata puncak kumparan.



Gambar 3.1 Diagram thermal transformator

Pemburukan isolasi akan semakin cepat apabila isolasi tersebut bekerja dengan suhu yang melebihi dari batas yang diizinkan (dalam hal ini adalah suhu *hot spot*). Menurut standar IEC 354 yang juga telah menjadi standar PLN saat ini (SPLN 17 A: 1979), sebuah transformator akan mengalami umur yang normal pada kondisi “suhu *hot spot* 98°C pada pembebanan yang terus - menerus” dengan suhu sekitar (ambient temperature) 20°C. Apabila transformator tersebut mengalami suhu *hot spot* yang lebih besar dari 98°C, susut umurnya akan semakin cepat (besar) sehingga dapat memperpendek umur dari yang diharapkan.

Standar IEC 354 memberikan faktor beban terus menerus yang akan menghasilkan suhu *hot spot* 98°C dari berbagai suhu lingkungan dan untuk setiap jenis pendinginan, sehingga memungkinkan untuk menghitung kemampuan pembebanan terus menerus berdasarkan suhu sekitar.

Tabel 1. Pembebanan yang di ijinakan pada suhu sekitar yang berbeda

Ambient temperature (°C)		-25	-20	-10	0	10	20	30	40	
Hot-spot temperature rise (K)		123	118	108	98	88	78	68	58	
K <sub>24</sub> transformator	Distribution	ONAN	1,37	1,33	1,25	1,17	1,09	1,00	0,91	0,81
	Power	ON	1,33	1,30	1,22	1,15	1,08	1,00	0,92	0,82
		OF	1,31	1,28	1,21	1,14	1,08	1,00	0,92	0,83
		OD	1,24	1,22	1,17	1,11	1,06	1,00	0,94	0,87

Berdasarkan SPLN, transformator di Indonesia dirancang untuk bekerja pada suhu sekitar tidak melebihi 40°C dan pada suhu rata-rata harian 30°C serta suhu rata-rata tahunan 30°C. *International electrotechnical commission* (IEC) menetapkan umur transformator 20 tahun atau setara 7300 hari apabila di bebani 100% dari nilai rating daya transformator pada suhu sekitar 20°C, sehingga susut umur normal

adalah 0,0137% per hari. Susut umur karena suhu titik panas dapat dilihat pada tabel.

Berbagai peneliti belum sepenuhnya sependapat mengenai susut umur transformator di temperatur tertentu. Tetapi mereka setuju bahwa selama rentang 80°C-140°C laju penuaan transformator mengganda untuk setiap 6°C kenaikan suhu dan nilai ini digunakan sebagai dasar penelitian.

Tabel 2. Susut umur akibat kenaikan suhu

Q(°C)	Susut Umur (p.u)	Perkiraan Umur (Tahun)
80	0,125	>20
86	0,25	>20
92	0,5	>20
98	1	20
104	2	10
110	4	5
116	8	2,5
122	16	1,25
128	32	0,625
134	64	0,3125
140	128	0,15625

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Perhitungan Perkiraan Sisa Umur Transformator

Rumus Montsinger untuk memperoleh kecepatan relatif pada tiap titik panas di atas suhu normal (98°C) pada beban nominal serta suhu lingkungan acuan serta peningkatan suhu kumparan. Untuk 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. Nilai relatif dari umur pemakaian didefinisikan sebagai :

$$V = 2^{\frac{\theta_h - 98^\circ C}{6}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dalam menghitung pengurangan umur diberikan persamaan untuk dapat menentukan besarnya susut umur adalah sebagai berikut

$$\text{Susut umur (24 jam)} = (t \times \text{susut umur 1}) + (t \times \text{susut umur 2}) \dots\dots\dots(3.2)$$

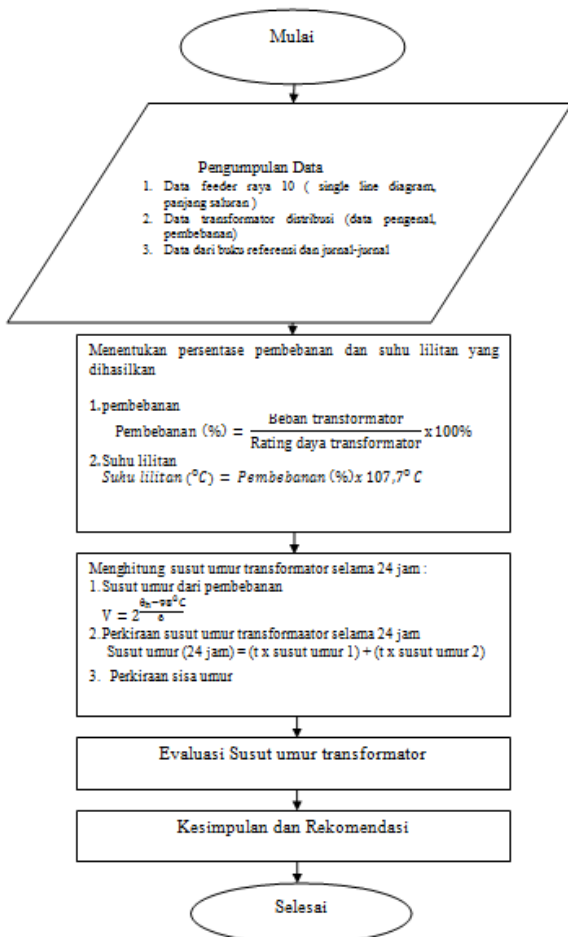
Dimana : t = waktu (jam)

Karena 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 di bawah ini hanya memperhitungkan pengaruh penurunan isolasi belitan saja tanpa memperhitungkan pengaruh yang lain.

$$\frac{\text{Perkiraan sisa umur pada tahun ke } n = \text{Umur dasar} - n}{\text{Susut umur}} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana :  
 n = lama waktu transformator telah beroperasi (tahun)

Gambar 4 akan memperlihatkan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

### 3.2 Lokasi dan Data Penelitian

Transformator distribusi yang akan digunakan sebagai obyek penelitian adalah transformator yang terbebani di atas 80 % sebanyak 19 buah, dengan jenis gardu transformator portal. Semua transformator tersebut berada di wilayah PT. PLN (Persero) kota Pontianak feeder Raya 10.

Untuk dapat melakukan perhitungan maka diperlukan sejumlah data-data masukan, berikut beberapa data masukan dari kesembilan belas transformator distribusi yang menjadi objek penelitian.:

- A. Data Transformator
  - Transformator : 3 fasa
  - Jenis pendinginan : ONAN
  - Tegangan primer : 20 KV
  - Jenis gardu : Portal
- B. Data Temperatur
  - Temperatur rata-rata harian kota Pontianak: 28<sup>0</sup> C - 32<sup>0</sup> C
  - Oleh karena itu pada penelitian ini suhu sekitar (*ambient temperature*) yang digunakan adalah 30<sup>0</sup> C
- C. Data pembebanan
  - Untuk data pembebanan transformator yang menjadi bahan penelitian adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Data pembebanan

No	Gardu	Lokasi	Rating (kVA)	Beban			
				Siang		Malam	
			kVA	%	kVA	%	
1	KT 0121	JL. ADI SUCIPTO KM9.1 DI SETEHER	200	188.56	79.28	179.05	89.53
2	KT 0123	JL. ADI SUCIPTO KM9.3. PARIT TENGGORAK	200	148.01	74.01	167.14	83.57
3	KT 0126	JL. ADI SUCIPTO KOMP PONTI AGUNG	160	119.38	74.61	134.80	84.25
4	KT 0132	JL. ADI SUCIPTO KM10. KOMP BTN TELUKMULUS	100	86.76	86.76	114.35	114.35
5	KT 0133	JL. ADI SUCIPTO KM10. KOMP BTN TELUKMULUS	200	176.10	87.55	197.73	98.87
6	KT 0136	JL. ADI SUCIPTO KM10.2. GG. MANDIRI	100	93.45	93.45	124.60	124.60
7	KT 0144	JL. ADI SUCIPTO KM11.8. DI PANTJOMPO	100	74.96	74.96	84.64	84.64
8	KT 0145	JL. ADI SUCIPTO KM12. GG. BAMBU	160	114.82	71.76	129.66	81.04
9	KT 0146	JL. PARIT BUGIS	160	140.27	87.67	158.39	98.99
10	KT 0147	JL. PARIT BUGIS	100	97.89	97.89	110.54	110.54
11	KT 0151	JL. ADI SUCIPTO KM13. GG. JANUR	160	141.73	88.58	160.04	100.03
12	KT 0152	JL. WONODADI I (DKT RC)	250	177.50	71.00	200.43	80.17
13	KT 0153	JL. WONODADI I, DEPAN SURAU (LAPANGAN BOLA)	200	143.20	71.60	161.70	80.85
14	KT 0159	JL. ADI SUCIPTO KM14.8. GG. ABADI	160	156.87	98.04	177.14	110.71
15	KT 0161	JL. ADI SUCIPTO KM15.2. KOMP ANGKASA PURA	50	46.19	90.38	56.49	112.98
16	KT 0164	JL. ADI SUCIPTO KM15.6. KHUSUS KANTOR SAR	100	72.85	72.85	82.26	82.26
17	KT 0166	JL. PELABUHAN LAUT KOMP. MERPATI	160	183.02	96.64	191.27	119.54
18	KT 1013	JL. ADISUCIPTO / JL. CEMPAKA PUTHI (SEBELAH KT 0111)	160	117.67	73.54	132.87	83.04
19	KT 1015	JL. PARIT TENGGORAK (SISIPAN) DFN. FRM. CENDANA 1	100	96.50	96.50	127.33	127.33

### 4. Hasil dan Pembahasan

Dari data hasil pengukuran dapat diperkirakan susut umur transformator. 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 "suhu hot spot 98°C pada pembebanan 100 % dari rating pengenalan"

dengan suhu sekitar (ambient temperature) 20°C. Oleh karena rata-rata suhu sekitar Pontianak adalah 30°C maka penelitian ini mengacu pada Tabel 3.1, yaitu pada suhu sekitar 30°C suhu belitan transformator distribusi dengan jenis pendingin ONAN akan mencapai 98°C pada faktor pembebanan 0,91 (91%) dari rating daya transformator. Maka dapat dinyatakan bahwa pada suhu sekitar 30°C, suhu belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 % dari rating daya transformator adalah 107,7<sup>0</sup> C.

Untuk 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 susut umur dari masing-masing transformator yang menjadi bahan penelitian.

### 1. Transformator dengan beban 80% - 100 % dari rating transformator

#### Gardu KT 0121

Beban siang 79,28%, Suhu lilitan = (79,28 % x 107,7<sup>0</sup> C) = 85,39<sup>0</sup> C

Beban malam 89,53 % Suhu lilitan = (89,53 % x 107,7<sup>0</sup> C) = 96,42<sup>0</sup> C

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 20 jam pada suhu 85,39<sup>0</sup> C dan selama 4 jam pada suhu 96,42<sup>0</sup> C

Perkiraan perhitungan susut umur selama 24 jam berdasarkan kenaikan suhu titik panas Q<sub>c</sub> adalah :

- Pada suhu 85,93<sup>0</sup> C

$$v = 2^{\frac{85,93-98}{6}} = 0,23 \text{ p.u}$$

- Pada suhu 96,42<sup>0</sup> C

$$v = 2^{\frac{96,42-98}{6}} = 0,83 \text{ p.u}$$

Perkiraan suhut umur selama satu hari (24 jam) adalah : (20 jam x 0,23 p.u) + (4 jam x 0,83 p.u) = 7,99 jam (33,29%)

Perkiraan sisa umur Transformator adalah

$$\text{Sisa umur} = \frac{20 - (2016 - 2010)}{33,29\%} = 42 \text{ tahun}$$

Untuk hasil perkiraan umur Transformator diatas 20 tahun diasumsikan umur transformator tersebut >20 tahun

#### Gardu KT 0123

Beban siang 74,01 %, Suhu lilitan = (74,01 % x 107,7<sup>0</sup> C) = 79,706<sup>0</sup> C

Beban malam 83,57 % Suhu lilitan = (83,57 % x 107,7<sup>0</sup> C) = 90<sup>0</sup> C

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 20 jam pada suhu 79,706<sup>0</sup> C dan selama 4 jam pada suhu 90<sup>0</sup> C

Perkiraan perhitungan susut umur selama 24 jam berdasarkan kenaikan suhu titik panas Q<sub>c</sub> adalah :

- Pada suhu 79,706<sup>0</sup> C

$$v = 2^{\frac{79,706-98}{6}} = 0,12 \text{ p.u}$$

- Pada suhu 90<sup>0</sup> C

$$v = 2^{\frac{90-98}{6}} = 0,4 \text{ p.u}$$

Perkiraan suhut umur selama satu hari (24 jam) adalah : (20 jam x 0,12 p.u) + (4 jam x 0,4 p.u) = 4 jam (16,67%)

Perkiraan sisa umur Transformator adalah

$$\text{Sisa umur} = \frac{20 - (2016 - 2012)}{16,67\%} = 96 \text{ tahun}$$

Untuk hasil perkiraan umur Transformator diatas 20 tahun diasumsikan umur transformator tersebut >20 tahun

#### Gardu KT 0126

Beban siang 74,61 %, Suhu lilitan = (74,61 % x 107,7<sup>0</sup> C) = 80,355<sup>0</sup> C

Beban malam 84,25 % Suhu lilitan = (84,25 % x 107,7<sup>0</sup> C) = 90,737<sup>0</sup> C

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 20 jam pada suhu 80,355<sup>0</sup> C dan selama 4 jam pada suhu 90,737<sup>0</sup> C

Perkiraan perhitungan susut umur selama 24 jam berdasarkan kenaikan suhu titik panas Q<sub>c</sub> adalah :

- Pada suhu 80,355<sup>0</sup> C

$$v = 2^{\frac{80,355-98}{6}} = 0,13 \text{ p.u}$$

- Pada suhu 90,737<sup>0</sup> C

$$v = 2^{\frac{90,737-98}{6}} = 0,43 \text{ p.u}$$

Perkiraan suhut umur selama satu hari (24 jam) adalah : (20 jam x 0,13 p.u) + (4 jam x 0,43 p.u) = 4,33 jam (18,04%)

Perkiraan sisa umur Transformator adalah

$$\text{Sisa umur} = \frac{20 - (2016 - 2012)}{18,04\%} = 88,7 \text{ tahun}$$



Untuk hasil perkiraan umur Transformator diatas 20 tahun diasumsikan umur transformator tersebut >20 tahun

Tabel 4. Perkiraan umur transformator dengan beban 80% - 100%

Gardu	Beban suhu belitan				Perkiraan susut umur			Tahun pengoperasian	Perkiraan sisa umur Transformator (tahun)
	Siang		Malam		LBP (p.u)	BP (p.u)	Satu hari (jam)		
	%	°C	%	°C					
KT0121	79,28	85,39	89,53	96,42	0,23	0,83	7,99	2010	> 20
KT0123	74,01	79,71	83,57	90,00	0,12	0,40	4	2012	> 20
KT0126	74,61	80,35	84,25	90,74	0,13	0,43	4,33	2012	> 20
KT0133	87,55	94,29	98,87	106,48	0,65	2,66	23,69	2012	16,2
KT0144	74,96	80,73	84,64	92,16	0,14	0,45	4,53	2013	> 20
KT0145	71,76	77,29	81,04	87,28	0,09	0,29	3	2013	> 20
KT0146	87,67	94,42	98,99	106,62	0,66	2,71	24	2013	17
KT0152	71,00	76,47	80,17	86,35	0,08	0,26	2,7	2015	> 20
KT0153	71,60	77,11	80,85	87,07	0,09	0,28	2,9	2012	> 20
KT0164	72,85	78,46	82,26	88,59	0,1	0,34	3,44	2013	> 20
KT1013	73,54	79,2	83,04	89,44	0,11	0,37	3,8	2012	> 20

## 2. Transformator dengan beban > 100% dari rating daya transformator

### Gardu KT 0132

Beban siang 101,27 %, Suhu lilitan =  $(101,27 \% \times 107,7^{\circ} \text{C}) = 109,063^{\circ} \text{C}$   
 Beban malam 114,35 % Suhu lilitan =  $(114,35 \% \times 107,7^{\circ} \text{C}) = 123,155^{\circ} \text{C}$   
 Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 20 jam pada suhu  $109,063^{\circ} \text{C}$  dan selama 4 jam pada suhu  $123,155^{\circ} \text{C}$

Perkiraan perhitungan susut umur selama 24 jam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

- Pada suhu  $109,063^{\circ} \text{C}$

$$v = 2^{\frac{109,063-98}{6}} = 0,52 \text{ p.u}$$

- Pada suhu  $123,155^{\circ} \text{C}$

$$v = 2^{\frac{123,155-98}{6}} = 18,29 \text{ p.u}$$

Perkiraan suhut umur selama satu hari (24 jam) adalah :  $(20 \text{ jam} \times 0,52 \text{ p.u}) + (4 \text{ jam} \times 18,29 \text{ p.u}) = 83,58 \text{ jam} (348,25\%)$

Sisa umur dari transformator tidak bisa di prediksi karena transformator telah digunakan dari tahun 1992 atau telah berumur 24 tahun

### Gardu KT 0136

Beban siang 93,45 %, Suhu lilitan =  $(93,45 \% \times 107,7^{\circ} \text{C}) = 100,646^{\circ} \text{C}$   
 Beban malam 124,6 % Suhu lilitan =  $(124,6 \% \times 107,7^{\circ} \text{C}) = 134,194^{\circ} \text{C}$

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 20 jam pada suhu  $100,646^{\circ} \text{C}$  dan selama 4 jam pada suhu  $134,194^{\circ} \text{C}$

Perkiraan perhitungan susut umur selama 24 jam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

- Pada suhu  $100,646^{\circ} \text{C}$

$$v = 2^{\frac{100,646-98}{6}} = 1,36 \text{ p.u}$$

- Pada suhu  $134,194^{\circ} \text{C}$

$$v = 2^{\frac{134,194-98}{6}} = 65,47 \text{ p.u}$$

Perkiraan suhut umur selama satu hari (24 jam) adalah :  $(20 \text{ jam} \times 1,36 \text{ p.u}) + (4 \text{ jam} \times 65,47 \text{ p.u}) = 289 \text{ jam} (1204\%)$

Perkiraan sisa umur Transformator adalah  $20 - (2016 - 2014)$

$$\text{Sisa umur} = \frac{20 - (2016 - 2014)}{1204\%} = 1,5 \text{ tahun}$$

### Gardu KT 0147

Beban siang 97,89 %, Suhu lilitan =  $(97,89 \% \times 107,7^{\circ} \text{C}) = 105,429^{\circ} \text{C}$

Beban malam 110,54 % Suhu lilitan =  $(110,54 \% \times 107,7^{\circ} \text{C}) = 119,052^{\circ} \text{C}$

Jadi diperkirakan transformator tersebut dibebani selama 20 jam pada suhu  $105,429^{\circ} \text{C}$  dan selama 4 jam pada suhu  $119,052^{\circ} \text{C}$

Perkiraan perhitungan susut umur selama 24 jam berdasarkan kenaikan suhu titik panas  $Q_c$  adalah :

- Pada suhu  $105,429^{\circ} \text{C}$

$$v = 2^{\frac{105,429-98}{6}} = 2,36 \text{ p.u}$$

- Pada suhu  $119,052^{\circ} \text{C}$

$$v = 2^{\frac{119,052-98}{6}} = 11,38 \text{ p.u}$$

Perkiraan suhut umur selama satu hari (24 jam) adalah :  $(20 \text{ jam} \times 2,36 \text{ p.u}) + (4 \text{ jam} \times 11,38 \text{ p.u}) = 92,7 \text{ jam} (386,25\%)$

Perkiraan sisa umur Transformator adalah  $20 - (2016 - 2014)$

$$\text{Sisa umur} = \frac{20 - (2016 - 2014)}{386,25\%} = 4,66 \text{ tahun}$$

Tabel 5. Perkiraan umur transformator dengan beban > 100%

Gardu	Beban suhu belitan				Perkiraan susut umur			Tahun pengoperasian	Perkiraan sisa umur Transformator (tahun)
	Siang		Malam		LBP (p.u)	BP (p.u)	Satu hari (jam)		
	%	°C	%	°C					
KT0132	101,27	109,06	114,35	123,16	0,52	18,29	83,58	1992	0
KT0136	93,45	100,65	124,6	134,19	1,36	65,47	289	2014	1,5
KT0147	97,89	105,43	110,54	119,05	2,36	11,38	92,7	2014	4,66
KT0151	88,58	95,4	100,03	107,73	0,74	3,08	27,1	2015	16,8
KT0159	98,04	105,59	110,71	119,24	2,4	11,63	94,6	2012	4,05
KT0161	90,38	97,34	112,98	121,68	0,93	15,42	80,2	2008	3,6
KT0166	95,64	103	119,54	128,48	1,78	34,9	175,2	2012	2,2
KT1015	95,5	102,85	127,33	137,13	1,75	91,96	402,9	2015	1,1

Dari data dapat dilihat bahwa jumlah total transformator ada 72 unit yang terdiri dari transformator fasa yaitu 25 kVA 3 unit, 50 kVA 7 unit, 100 kVA 27 unit, 160 kVA 14 unit, 200 kVA 18 unit, 250 kVA 1 unit 400 kVA 1 unit, dan 630 kVA 1 unit. Terdapat 19 unit transformator yang terbebani di atas 80%, dimana 11 unit memiliki beban 80% - 100% dari rating daya transformator dan 8 unit memiliki beban di atas 100% dari rating daya transformator.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan pada transformator yang memiliki beban 80% -100% pada tabel 4.3. Dapat dilihat bahwa pada transformator dengan beban 80% - 100% susut umur pada transformator masih normal atau tidak banyak berpengaruh pada umur pemakaian transformator. Rata-rata perkiraan sisa umur transformator masih di atas 20 tahun atau masih sesuai *standard*.

Untuk hasil perhitungan transformator dengan beban di atas 100% dari rating daya transformator pada tabel 4.5. Dapat dilihat bahwa transformator dengan beban di atas 100% mengalami susut umur yang besar, seperti transformator KT 0136 dengan daya 100 kVA memiliki beban 93,45% pada siang hari dan 124,6% pada malam hari. Transformator KT 0136 mulai difungsikan pada tahun 2014, berdasarkan hasil perhitungan perkiraan sisa umur yang di dapat kurang lebih 1,5 tahun. Berarti perkiraan transformator hanya berumur 3,5 tahun, sedangkan transformator diharapkan dapat digunakan selama 20 tahun sesuai dengan standard IEC. Transformator dengan beban di atas 100% sudah seharusnya segera di ganti.

Khusus untuk transformator pada gardu KT 0132 perkiraan susut umur 348,25% dan telah dioperasikan selama 24 tahun atau sudah memenuhi harapan umur transformator yang diinginkan. Oleh karena itu transformator ini seharusnya segera di ganti karena memiliki beban yang besar dan telah beroperasi selama 24 tahun.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa perhitungan dari data yang diperoleh, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Transformator distribusi yang berada di kota Pontianak yang memiliki rata-rata suhu sekitar 30°C tidak boleh dibebani di atas 91% dari rating daya transformator

karena akan mengalami penyusutan umur yang sangat besar.

2. Hasil penelitian susut umur yang didapatkan di atas hanya berasal dari pengaruh penurunan kemampuan isolasi akibat pemanasan dari pembebanan dan suhu sekitar belum memperhitungkan dari pengaruh lain, seperti pengaruh penurunan isolasi akibat ketidakseimbangan beban menghasilkan panas yang dapat mengakibatkan penambahan laju penyusutan umur.

### 5.2 Saran

Setelah melakukan analisa perhitungan dari data yang diperoleh, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk transformator yang berada di kota Pontianak dengan beban melebihi 91 % dari rating daya transformator agar diganti dengan transformator dengan rating daya yang lebih besar.
2. Bagi mahasiswa lain yang ingin melanjutkan penelitian, terbuka peluang untuk mengkaji susut umur transformator distribusi 20 kV akibat ketidakseimbangan beban.

### Daftar Pustaka

1. Heathcote, Martin. j. 1998. *The J & P Transformer Book (Twelfth Edition)*. London: Newnes Imprint.
2. Kadir, Abdul. 1979. *Transformator*. Jakarta : Pradya paramita.
3. Arismunandar, S. Kuwahara. 1979. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik, Jilid III*. Jakarta : Pradya Paramita.
4. Krestovel Alvian Kodoati. 2015. *Analisa Perkiraan Umur Transformator*, Skripsi UNSRAT, Manado.
5. SPLN-17. 1979. "Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak".
6. Mancon Sitanggung. 2009. *Studi perkiraan umur transformator distribusi dengan metode tingkat tahunan*. Skripsi Universitas Sumatra Utara.
7. Emilly Risty. 2015. *Analisis Perhitungan Susut Umur Transformator Distribusi Pada PLN Area Ciputat*. Skripsi Universitas Mercu Buana.