

ANALISA UMUR PAKAI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 KV
DI PT. PLN CABANG AMBON

Hamles Leonardo Latupeirissa
Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon
leo.lidya.6475@gmail.com

ABSTRACT

Power system equipment such as distribution transformers have a design life determined by manufacturing companies so that they can operate within a certain period of time. But in line with its use in the field, the age of the distribution transformer can be reduced or increased from the age of the design. The age of the transformer can be reduced due to several things. One reason for the reduced age of the use of the transformer is loading, loading resulting in an increase in the temperature of the transformer. The heat that arises results in the breakdown of transformer materials which can accelerate the aging process of a transformer. Overheating will change the construction properties of transformer parts. Any increase of about 6 ° C from the permitted limit will result in reduced age. This increase in temperature must be limited. Isolation of conductors in the transformer winding will cause damage if subjected to high temperatures. The purpose of this study is, (i) to calculate how much the rest of the life of the distribution transformer is present after a number of years. (ii) calculate the predicted lifetime of distribution transformers for each transformer used. This research was carried out on feeder / feeder Karpan I PT. PLN cab, Ambon, especially on distribution transformers installed on Karpan I feeders / feeders, with a total number of transformers there are 23 units consisting of three phase transformers with capacity (rating) 25 kVA 1 unit, 50 kVA 1 unit, 100 kVA 11 units, 200 kVA 7 units, 250 kVA 1 unit, 315 kVA 1 unit, and 400 kVA 1 unit, there are 9 transformer units which are burdened above 80% of the transformer power rating. From the results of calculations carried out on a transformer that has a load of 80 ÷ 100%, it was found that the aging of the transformer is still normal or does not have much effect on the life of the transformer. The average estimated life of the transformer is still above 20 years or still according to the standard.

ABSTRAK

Peralatan sistem tenaga seperti transformator distribusi memiliki umur desain yang ditentukan oleh perusahaan manufaktur sehingga dapat beroperasi dalam kurun waktu tertentu. Namun sejalan dengan pemakaiannya dilapangan, umur transformator distribusi tersebut dapat berkurang atau bertambah dari umur desainnya. 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. Kenaikan suhu ini harus dibatasi. Isolasi dari penghantar (*conductor*) pada belitan transformator akan mengakibatkan kerusakan jika dikenai suhu yang tinggi. Tujuan penelitian ini adalah, (i) menghitung seberapa besar presentasi sisa umur pakai transformator distribusi setelah digunakan sekian tahun. (ii) menghitung prediksi umur pakai transformator distribusi untuk setiap transformator yang digunakan. Penelitian ini di laksanakan pada penyulang/*feeder* Karpan I PT. PLN cab, Ambon, khususnya pada transformator distribusi yang terpasang pada penyulang/*feeder* Karpan I, dengan jumlah total transformator ada 23 unit yang terdiri dari transformator tiga fasa dengan kapasitas (rating) 25 kVA 1 unit, 50 kVA 1 unit, 100 kVA 11 unit, 200 kVA 7 unit, 250 kVA 1 unit, 315 kVA 1 unit, dan 400 kVA 1 unit, terdapat 9 unit transformator yang terbeban di atas 80% dari rating daya transformator. Dari hasil perhitungan yang dilakukan pada transformator yang memiliki beban 80÷100%, diperoleh bahwa 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.

Kata kunci: umur pakai; transformator

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan suatu sistem penyalur energi listrik dari pusat pembangkit tenaga listrik (*power station*) pada tingkat tegangan yang diperlukan, pada umumnya terdiri dari beberapa

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.

Peralatan sistem tenaga seperti transformator distribusi memiliki umur desain yang ditentukan oleh perusahaan manufaktur sehingga dapat beroperasi dalam kurun waktu tertentu. Namun sejalan dengan pemakaiannya dilapangan, umur transformator distribusi tersebut dapat berkurang atau bertambah dari umur desainnya.

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. Kenaikan suhu ini harus dibatasi. Isolasi dari penghantar (*conductor*) pada belitan transformator akan mengakibatkan kerusakan jika dikenai suhu yang tinggi.

Bertolak dari permasalahan di atas, maka dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh pembebanan lebih terhadap umur transformator distribusi, yang difokuskan hanya pada transformator distribusi pada penyulang/*feeder* Karpan I.

Adapun tujuan penelitian ini (i) menghitung sisa umur pakai transformator distribusi yang terbebani diatas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Karpan I kota Ambon. (ii) menghitung prediksi umur pakai transformator distribusi yang terbebani diatas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Karpan I kota Ambon.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi institusi/lembaga Politeknik Negeri Ambon, khususnya jurusan Teknik Elektro dalam mengembangkan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan transformator, dapat digunakan sebagai kerangka acuan dalam penelitian berikutnya. serta sebagai sumbangan pikiran atau masukan, saran kepada lembaga yang terkait dalam hal ini PT. PLN cabang Ambon sebagai penyedia energi listrik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksielektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.¹

Penggunaan transformator yang sederhana dan handal memungkinkan dipilihnya tegangan yang

sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik.

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus bolak-balik, maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi. Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula, maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan.

2.2 Perhitungan Arus Beban Penuh Trafo

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

$$S = \sqrt{3}.V.I \text{ (VA)} \dots\dots\dots (1)$$

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 :²

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V} \text{ (Ampere)} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

I_{FL} = Arus beban penuh (A)

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

2.3 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem distribusi tenaga listrik adalah penyaluran energi listrik dari gardu induk (GI) hingga sampai kepada konsumen pada tingkat tegangan yang diperlukan.

Jaringan distribusi terdiri atas dua bagian, yang pertama adalah jaringan tegangan menengah (JTM), yang menggunakan tiga kawat atau empat kawat untuk tiga fasa. Jaringan distribusi primer berada antara gardu induk dan transformator distribusi. Jaringan yang kedua adalah jaringan tegangan rendah (JTR) dengan tegangan 380/220 Volt.

2.4 Struktur Distribusi Tenaga Lisrik

a. Gardu Induk

Gardu induk berisikan ujung-ujung dari saluran transmisi/sub transmisi, transformator, peralatan proteksi, kontrol dan pangkal saluran distribusi. Gardu induk memberikan suplai tenaga listrik ke jaringan distribusi. Tegangan suplai gardu induk adalah berupa tegangan menengah, gardu induk berfungsi sebagai : (i) mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan tinggi yang satu ke tegangan

tinggi lainnya, atau ke tegangan menengah. (ii) pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan dan pengamanan sistem tenaga listrik.

b. Gardu Hubung (*Switch Substation*)

Gardu hubung merupakan gardu penghubung antara gardu induk dengan gardu transformator distribusi. Gardu ini tidak berisikan transformator, tetapi hanya perlengkapan hubung-bagi (*Switcgear*) dan biasanya rel-rel (*busbars*). Gardu hubung ini terdiri dari gardu hubung spindel yang memiliki maksimum 7 unit penyulang dan gardu hubung non-spindel yang memiliki 3 unit penyulang.

c. Gardu Distribusi

Gardu Distribusi adalah gardu yang berisikan transformator distribusi dan merupakan daerah/titik pertemuan antar jaringan primer dan jaringan sekunder karena pada gardu ini tegangan menengah (TM) diubah ketegangan rendah (TR).

d. Penyulang (*Feeder*)

Penyulang dalam jaringan distribusi merupakan saluran yang menghubungkan gardu induk dengan gardu distribusi.

2.5 Konsep Dasar Keandalan Sistem Distribusi

Definisi klasik dari keandalan adalah peluang berfungsinya suatu alat atau sistem secara memuaskan pada keadaan tertentu dan dalam periode waktu tertentu pula. Dapat juga dikatakan kemungkinan atau tingkat kepastian suatu alat atau sistem akan berfungsi secara memuaskan pada keadaan tertentu dalam periode waktu tertentu pula.

Dalam pengertian ini, tidak hanya peluang dari kegagalan tetapi juga banyaknya, lamanya dan frekuensinya juga penting. Kemungkinan atau tingkat kepastian sedemikian itu tidak dapat diduga dengan pasti, tetapi dapat dianalisa atas dasar logika ilmiah.

2.6 Metodologi Umur Pakai Trafo

Pada dasarnya perhitungan yang tepat serta management yang baik dari Transformator distribusi akan meningkatkan keandalan system tenaga listrik sehingga kontinuitas pelayanan listrik ke konsumen terjamin.

Transformator distribusi merupakan komponen yang sangat penting dalam mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen, jadi ada beberapa faktor yang mempengaruhi keandalan dan lama waktu pakai transformator jaringan distribusi, yaitu :

1) Pemilihan trafo jaringan distribusi

Pemilihan kapasitas KVA Transformator Distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. Diusahakan presentasi pembebanan Transformator Distribusi mendekati 80%.

Transformator distribusi umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi transformator minimum). Bila beban transformator terlalu besar, maka dilakukan penggantian Transformator atau penyisipan transformator atau mutasi transformator (transformator yang melayani beban kecil dimutasikan ke beban besar, dan begitu sebaliknya). Mutasi antar

transformator dapat dilakukan setelah hasil pengukuran beban diperoleh.

Rumus berikut dapat digunakan untuk perhitungan rating trafo distribusi yang dipilih.

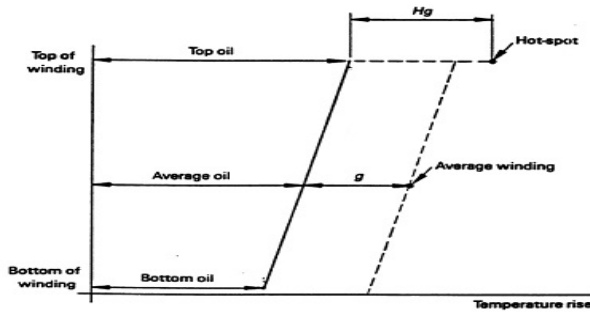
$$\text{Rating} = \frac{(KVA \text{ Beban})}{0,8} \dots\dots\dots (3)$$

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.

Untuk transformator yang menggunakan media pendingin air, maka temperatur air tidak boleh lebih dari 25 °C, sedangkan untuk transformator yang menggunakan media pendingin udara, maka temperatur udaranya tidak boleh lebih dari 40 °C dan tidak boleh di bawah -25 °C untuk pemasangan luar dan tidak boleh di bawah -5 °C untuk pemasangan dalam.

Sebagai tambahan untuk pendinginan dengan udara, temperturnya tidak melebihi rata-rata 30 °C untuk satu hari. Kenaikan temperature dapat diasumsikan dengan diagram temperatur sederhana seperti ditunjukkan gambar 1. 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 : (i) temperatur minyak di dalam kumparan bertambah secara linear dari bawah ke atas. (ii) kenaikan temperatur rata-rata dari tembaga pada setiap posisi di atas kumparan meningkat secara linier sejalan kenaikan temperatur minyak yang mempunyai selisih konstan g antara dua garis lurus (g adalah selisih antara kenaikan temperatur rata-rata tahanan dan kenaikan temperatur rata-rata minyak). (iii) kenaikan temperatur *hotspot* adalah lebih tinggi dibanding kenaikan temperatur rata-rata puncak kumparan.



Sumber : Purnama Sigid, 2009

Gambar 1 Diagram thermal trafo distribusi

Pemburukan isolasi akan semakin cepat apabila isolasi tersebut bekerja dengan temperatur yang melebihi dari batas yang diizinkan (dalam hal ini adalah temperatur *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 “temperatur *hotspot* 98 °C pada pembebanan yang terus-menerus” dengan temperatur sekitar (*ambient temperature*) 20 °C. Apabila transformator tersebut mengalami temperatur *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 temperatur *hot spot* 98 °C dari berbagai temperatur lingkungan dan untuk setiap jenis pendinginan, sehingga memungkinkan untuk menghitung kemampuan pembebanan terus menerus berdasarkan temperatur sekitar.

Tabel 1 Pembebanan yang di ijinakan pada temperatur 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 ₂₄	Distribution	ONAN	1,37	1,33	1,25	1,17	1,09	1,00	0,91	0,81
	Power transformer	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

Sumber : Purnama Sigid, 2009

Berdasarkan SPLN, transformator di Indonesia dirancang untuk bekerja pada temperatur sekitar tidak melebihi 40 °C dan pada temperatur rata-rata harian 30 °C serta temperatur 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 temperatur sekitar 20 °C, sehingga susut umur normal adalah 0,0137% per hari. Susut umur karena temperatur 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÷140 °C laju penuaan transformator menganda untuk setiap 6 °C kenaikan temperatur dan nilai ini digunakan sebagai dasar penelitian.

Tabel 2 Hubungan kecepatan penuaan relatif (ζ), temp belitan (θ) dan perkiraan umur trafo

θ (°C)	ζ (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	0,5125
140	128	0,15625

Sumber : Purnama Sigid, 2009

2.7 Perhitungan Perkiraan Sisa Umur Trafo

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.

Pada transformator, kecepatan proses penuaan relatif itu secara pendekatan dapat dinyatakan dengan rumus *Mountsinger* sebagai berikut :

$$\zeta = 2^{(θ-98)/6} \dots\dots\dots (4)$$

- 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.⁴

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

$$\text{Susut (24 jam)} = (t_1 \times \zeta_1) + (t_2 \times \zeta_2) \dots\dots\dots (5)$$

- Dimana :
- t₁ = waktu pembebanan trafo pada temp belitan θ₁
- t₂ = waktu pembebanan trafo pada temp belitan θ₂
- ζ₁ = kecepatan penuaan relatif pada temp belitan θ₁
- ζ₂ = kecepatan penuaan relatif pada temp belitan θ₂

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 pada penelitian ini hanya memperhitungkan pengaruh penurunan isolasi belitan saja tanpa memperhitungkan pengaruh yang lain.

$$\text{Perkiraan sisa umur} = \frac{(\text{Umurdasar}) - n}{(\% \text{Susut umur 24 jam})} \dots (6)$$

Dimana :

n = Lama waktu trafo telah beroperasi (tahun)

3. METODOLOGI

Penelitian ini di laksanakan pada penyulang/feeder Karpan I PT. PLN cab, Ambon, khususnya pada transformator distribusi yang terpasang pada penyulang Karpan I. Jenis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Survey Research* (penelitian survei), dimana tidak dilakukan perubahan atau tidak ada perlakuan khusus terhadap variabel yang diteliti.

Jenis data yang diperlukan untuk melakukan analisis perhitungan, (i) data gardu dan trafo distribusi. (ii) data pembebanan siang hari dan malam hari (beban puncak)

Standar perhitungan atau analisis umur pakai transformator distribusi pada penyulang/feeder ini menggunakan standar IEC 354 yang juga telah menjadi standar PLN saat ini (SPLN 17 A: 1979). Variabel-variabel yang digunakan dalam menganalisis hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Jenis variabel analisis

No	Variabel	Simbol	Satuan
1	Beban trafo	P_L	kVA
2	Presentasi beban trafo	-	%
3	Temperatur belitan	(θ)	$^{\circ}C$
4	Susut umur 24 jam	ζ	$p.u$
5	Prediksi umur trafo	-	tahun

Sumber : H.L. Latupeirissa, 2017

Analisis umur pakai transformator distribusi pada penelitian ini, difokuskan pada (i) penentuan presentasi daya beban, tegangan output dan arus beban trafo distribusi, (ii) perhitungan nilai presentasi error umur pakai trafo distribusi, (iii) perhitungan kehilangan umur pakai trafo distribusi, (iv) perhitungan sisa umur pakai trafo distribusi, (v) perhitungan prediksi umur pakai trafo distribusi dan (vi) kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Transformator distribusi yang akan digunakan sebagai obyek penelitian adalah transformator yang terbebani di atas 80 % sebanyak 9 buah dari 23 buah trafo distribusi, dengan jenis gardu transformator portal. Semua transformator tersebut berada di wilayah PT. PLN (Persero) kota Ambon

penyulang/feeder Karpan 1. Untuk dapat melakukan perhitungan, maka diperlukan sejumlah data-data masukan, berikut beberapa data masukan dari kesembilan transformator distribusi yang menjadi objek penelitian.:

1. Data Transformator

- Transformator : 3 fasa
- Jenis pendinginan : ONAN
- Tegangan primer : 20 KV
- Jenis gardu : Portal

2. Data Temperatur

Temperatur rata-rata harian kota Ambon : $28 \div 32$ $^{\circ}C$, sehingga pada penelitian ini temperatur sekitar (*ambient temperature*) yang digunakan adalah 30 $^{\circ}C$

3. Data pembebanan

Data pembebanan kesembilan transformator distribusi yang menjadi bahan penelitian adalah sebagai berikut :

Tabel 4 Data Pembebanan

No.	Gardu	Alamat Lokasi	Tahun Operasi	Rating (kVA)	Beban			
					Siang		Malam	
					kVA	%	kVA	%
1	KTAKP1001	Pinang Putih, Taatui	2012	100	84.30	84.30	93.95	93.95
2	KTAKP1003	Kehutanan, Kebun Cengkeh	2009	200	161.50	80,75	180.78	90.39
3	KTAKP1006	Kebun Cengkeh	2012	100	73.58	73.58	83.95	83.95
4	KTAKP1011	Dinas Kesehatan, Karpan	2010	200	164,47	82,23	183.01	91.51
5	KTAKP1013	Lahani, Karpan	2009	250	194.07	77.63	219.88	87.95
6	KTAKP1014	Waihoka, Karpan	2014	100	73.78	73.78	84.90	84.90
7	KTAKP1017	Cogei, Karpan	2010	200	156.35	78.17	176.15	88.07
8	KTATNT040	Perumahan I Ulama, Arbes	2009	100	80.08	80.08	91.30	91.30
9	KTATNT041	Kompleks Pelauw, Arbes	2010	100	78.10	78.10	88.02	88.02

Sumber : PT. PLN Cab. Ambon, 2017

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 $^{\circ}C$ pada pembebanan 100 % dari rating pengenal”, dengan temperatur sekitar (*ambient temperature*) 20 $^{\circ}C$. Oleh karena rata-rata temperatur sekitar Ambon adalah 30 $^{\circ}C$, maka penelitian ini mengacu pada Tabel 2.1, yakni pada temperatur sekitar 30 $^{\circ}C$ temperatur belitan transformator distribusi dengan jenis pendingin ONAN akan mencapai 98 $^{\circ}C$ pada faktor pembebanan 0,91 (91%) dari rating daya transformator. Maka dapat dinyatakan bahwa pada temperatur sekitar 30 $^{\circ}C$, temperatur belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 % dari rating daya transformator adalah $107,7$ $^{\circ}C$.

$$\frac{91\%}{98^{\circ}C} = \frac{100\%}{9^{\circ}C} \Rightarrow 9 = \frac{98^{\circ}C \times 100\%}{91\%}$$

$$= \frac{98^{\circ}C}{0,91} = 107,69 \approx 107,7^{\circ}C$$

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 umur pakai dari masing-masing transformator yang menjadi bahan penelitian.

1. Gardu KTAKP1001

a. Data Trafo Distribusi

- Alamat : Pinang Putih, Tantau
- Lokasi : Gd P. Putih 02
- Merk Trafo : B & D
- Kapasitas : 100 kVA
- Tegangan Primer : 20 kV
- Jenis Pendingin : ONAN

b. Data Pembebanan

- Siang Hari : 84.30 kVA
- Presentasi : 84,30 %
- Malam Hari : 93,95 kVA
- Presentasi : 93,95 %

c. Perhitungan

c1 Temperatur belitan

• Beban Siang :

$$\begin{aligned} \text{Temperatur belitan } (\vartheta) &= \% \text{ pembebanan} \times \\ &\text{temperatur belitan} \\ &\text{yang dihasilkan pada} \\ &\text{pembebanan } 100 \% \\ &= (84,30\% \times 107,7^{\circ}\text{C}) \\ &= 90,79^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

dimana, (i) % pembebanan = 84,30% dan (ii) Temperatur belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 % = 107,7^oC

• Beban Malam :

$$\begin{aligned} \text{Temperatur belitan } (\vartheta) &= \% \text{ pembebanan} \times \\ &\text{temperatur belitan} \\ &\text{yang dihasilkan pada} \\ &\text{pembebanan } 100 \% \\ &= (93,95\% \times 107,7^{\circ}\text{C}) \\ &= 101,18^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

dimana, (i) % pembebanan = 93,95% dan (ii) temperatur belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 % = 107,7^oC

Jadi diperkirakan belitan transformator tersebut dibebani selama 20 jam pada temperatur 90,79^oC dan selama 4 jam pada temperatur 101,18^oC

c2. Susut Umur Selama 24 Jam

Perkiraan perhitungan susut umur selama 24 jam berdasarkan kenaikan temperatur belitan 9 (°C) dihitung dengan persamaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut :

• Kecepatan penuaan relatif (ζ)

- Luar Beban Puncak (20 jam)

$$\zeta = 2^{(\vartheta-98)/6} = 2^{(90,79-98)/6} = 0,43 \text{ p.u}$$

dimana, temperatur belitan (ϑ) = 90,79^oC

- Beban Puncak (4 jam)

$$\zeta = 2^{(\vartheta-98)/6} = 2^{(101,18-98)/6} = 1,45 \text{ p.u}$$

dimana, temperatur belitan (ϑ) = 101,18^oC

• Perkiraan susut umur selama 24 jam

$$\begin{aligned} \text{Susut umur (24 jam)} &= (t_1 \times \zeta_1) + (t_2 \times \zeta_2) \\ &= (20 \text{ jam} \times 0,43 \text{ p.u}) + (4 \text{ jam} \times 1,45 \text{ p.u}) \\ &= 14,48 \text{ jam, atau } \frac{14,48}{24} = 60,34\% \end{aligned}$$

c3. Sisa Umur Transformator

Perkiraan sisa umur Transformator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.3 sebagai berikut :

$$\text{Perkiraan sisa umur} = \frac{(\text{Umurdasar}) - n}{(\% \text{Susutumur } 24 \text{ jam})}$$

$$\text{Sisa umur} = \frac{20 - (2017 - 2012)}{60,34\%} = 24,86 \approx 25 \text{ tahun}$$

Perhitungan sisa umur pakai untuk 8 trafo berbeban 80÷100% pada penyulang/feeder Karpan I, dapat dilihat pada tabel 5.

Untuk hasil perkiraan sisa umur pakai trafo diatas 20 tahun, diasumsikan bahwa umur pakai trafo tersebut >20 tahun sesuai tabel 2.

Dari data dapat dilihat bahwa jumlah total transformator ada 23 unit yang terdiri dari transformator tiga fasa dengan kapasitas (rating) 25 kVA 1 unit, 50 kVA 1 unit, 100 kVA 11 unit, 200 kVA 7 unit, 250 kVA 1 unit, 315 kVA 1 unit, dan 400 kVA 1 unit. Terdapat 9 unit transformator yang terbeban di atas 80% dari rating daya transformator.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan pada transformator yang memiliki beban 80÷100% pada tabel 5, dapat dilihat bahwa 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*.

Tabel 5 Perkiraan sisa umur pakai trafo dengan beban 80÷100%

No.	Gardu	Alamat	Lokasi	Merk	Rating	Tahun Operasi	% Pembebanan		Perkiraan Sisa Umur (tahun)
							Siang %	Malam %	
1	KTAKP1001	Pinang Putih, Tantui	GD P.PUTH 02	B & D	100	2012	84,3	94,0	24,9
2	KTAKP1003	Kehutanan, Kebun Cengkeh	GD BA 03	Sintra	200	2009	80,8	90,4	31,0
3	KTAKP1006	Kebun Cengkeh	GD KBMMT	B & D	100	2012	80,8	91,1	37,1
4	KTAKP1011	Dinas Kesehatan, Karpan	GD 20.B	B & D	200	2010	82,2	91,5	28,4
5	KTAKP1013	Lahani, Karpan	GD KT 01.B	Unindo	250	2009	78,0	88,0	43,0
6	KTAKP1014	Waihoka, Karpan	GD KT 01	Starlite	100	2014	80,4	91,9	41,7
7	KTAKP1017	Cogei, Karpan	GD 66.A	Kaltra	200	2010	79,2	88,1	42,2
8	KTATNT040	Perumahan Ulima, Arbes	GD YPMM A	Sintra	100	2009	80,1	91,3	31,0
9	KTATNT041	Kompleks Pelauw, Arbes	GD YPMM B	B & D	100	2017	80,0	80,0	78,5

Sumber : H.L. Latupeirissa, 2017

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data pada bab sebelumnya, terlihat bahwa pengaruh pembebanan terhadap umur pakai trafo distribusi penyulang/feeder Karpan I kota Ambon dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Prediksi sisa umur pakai transformator distribusi yang terbebani diatas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Karpan I kota Ambon, adalah $25 \div 78,5$ tahun.
2. Dari hasil perhitungan, diprediksikan umur pakai transformator distribusi yang terbebani diatas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Karpan I kota Ambon adalah $30 \div 78,5$ atau > 20 tahun.

5.2. Saran

Berdasarkan pembahasan dan analisa hasil serta kesimpulan, maka disarankan (i) Untuk memperpanjang umur pakai transformator distribusi, hendaknya pembebanan tidak melebihi batas presentasi pembebanan yakni 80% dari kapasitas transformator tersebut. (ii) Secara rutin memperhatikan kualitas sistem pendinginan, agar transformator distribusi tidak terbebani dengan temperatur yang melebihi ketentuan (80°C).

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar & Kuwahara. 1979. Teknik Tenaga Listrik Jilid III. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Kadir, Abdul. 1979. Transformator. Pradya Paramita. Jakarta
- SPLN-17. 1979. Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak.
- Purnama Sigid. 2009. Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sumanto. 1991. Teori Transformator. Yogyakarta. Andi Offset. Yogyakarta.
- Zuhal. 1994. Ketenagaan Listrik Indonesia. Penerbit : ITB. Bandung.