

Analisis Masa Pakai Transformator Distribusi Berdasarkan Pengaruh Pembebanan Di PT. PLN (Persero) Rayon Panam

Yogi Prasetyo¹, Abrar Tanjung², Zulfahri³, Usaha Situmeang⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Pekanbaru

Email: abrar@unilak.ac.id,

Abstrak

Dalam sistem operasi tenaga listrik, keandalan dan stabilitas sistem yang diutamakan untuk memberikan pengoperasian yang nyaman bagi konsumen. Salah satu peralatan operasional terpenting adalah transformator dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Penyebab yang memperpendek masa pakai penggunaan transformator salah satunya adalah persentase beban, beban menyebabkan peningkatan suhu transformator. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa akibat dari beban lebih terhadap masa pakai transformator distribusi, Fokus di penyulang/feeder Buntal tepatnya transformator PN 0094, PN 0969 dan PN 1029 yang mengalami pembebanan berlebih (Overload). Dengan menggunakan metode Montsinger didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut : PN 0094 mengalami susut umur selama 24 jam adalah 17,861% dengan perkiraan umur transformator adalah 83 tahun 11 bulan, PN 0969 mengalami susut umur selama 24 jam adalah 36,058% dengan perkiraan umur transformator 41 tahun 7 bulan dan PN 1029 mengalami susut umur selama 24 jam adalah 48,066% dan perkiraan umur transformator 31 tahun 2 bulan.

Kata kunci: Pembebanan, Susut Umur, Umur Transformator

Abstract

The operation of the electric power system, the reliability and stability of the system are prioritized to provide comfortable operation for consumers. One of the most important equipment in the operation of an electric power system is a transformer. One of the causes of the reduced life of the transformer is loading percentage, loading results in an increase in the temperature of the transformer. This study wants to analyze the effect of overload on the life of the distribution transformer, focusing on the Buntal feeder, precisely the transformers PN 0094, PN 0969 and PN 1029 which are overloaded (Overload). By using the Montsinger method, the calculation results are obtained as follows: PN 0094 experienced a 24 hour life shrinkage is 17.861% with an estimated remaining transformer life of 83 years 11 months, PN 0969 experienced a loss of life for 24 hours is 36.058% with an estimated remaining life of the transformer 41 years 7 months and PN 1029 experiencing a loss of life for 24 hours is 48.066% and the estimated remaining life of the transformer is 31 years 2 months.

Keywords: Load, loss of life, Lifetime Estimation Tranformator

1. PENDAHULUAN

Energi listrik telah menjadi elemen fundamental yang menopang seluruh lini kehidupan modern, mulai dari pemenuhan kebutuhan domestik hingga penggerak roda industri dan ekonomi. Dalam sistem penyaluran tenaga listrik, transformator distribusi menempati posisi yang sangat vital sebagai perangkat yang berfungsi menurunkan tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 220/380 V yang siap dikonsumsi oleh

masyarakat. Mengingat fungsinya yang krusial, keandalan dan keberlangsungan operasional transformator menjadi prioritas utama bagi penyedia layanan energi seperti PT. PLN (Persero). Di wilayah operasional PT. PLN (Persero) Rayon Panam, pertumbuhan pemukiman dan aktivitas komersial yang sangat pesat telah memicu lonjakan permintaan energi listrik yang signifikan. Fenomena ini sering kali memaksa transformator untuk beroperasi dalam kondisi beban berlebih (*overload*) atau mengalami ketidakseimbangan

beban antar fasa yang ekstrem. Secara teknis, panas yang dihasilkan oleh pembebanan tinggi akan memicu degradasi termal pada isolasi kertas di dalam trafo. Jika kondisi ini terus berlanjut, masa pakai teknis transformator yang seharusnya mencapai 20 hingga 25 tahun akan menyusut secara drastis, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kegagalan sistem dan kerugian materiil yang besar [1].

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama untuk melakukan pemetaan dan perhitungan mendalam terhadap karakteristik pembebanan pada unit transformator distribusi di wilayah Rayon Panam. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi persentase pembebanan harian, menganalisis pengaruh kenaikan suhu titik panas (*hotspot*) terhadap laju penuaan isolasi, serta menentukan estimasi sisa masa pakai teknis dari aset tersebut. Melalui analisis ini, diharapkan diperoleh data yang akurat mengenai kondisi kesehatan transformator sebagai landasan bagi pihak PLN dalam menyusun strategi manajemen aset, baik melalui tindakan pemeliharaan preventif, penyeimbangan beban, maupun perencanaan penambahan kapasitas transformator di masa depan [2].

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan analisis termal berdasarkan standar internasional ANSI/IEEE C57.91. Langkah pertama dimulai dengan pengumpulan data primer yang meliputi spesifikasi teknis transformator, data beban puncak, suhu lingkungan rata-rata, dan pengukuran arus pada setiap fasa. Data tersebut kemudian diolah secara matematis untuk menghitung kenaikan suhu minyak atas dan suhu titik panas kumparan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan faktor percepatan penuaan (*aging acceleration factor*) untuk melihat sejauh mana stres termal akibat beban mempengaruhi umur isolasi. Dengan mengintegrasikan laju penuaan terhadap waktu operasional, penelitian ini dapat memproyeksikan sisa umur teknis transformator secara presisi melalui perbandingan antara kondisi beban riil dengan kondisi desain standar [3].

Hasil analisis menunjukkan bahwa pola pembebanan di PT. PLN (Persero) Rayon Panam memiliki korelasi linear dan eksponensial terhadap percepatan penuaan

transformator. Ditemukan bahwa pada unit-unit yang beroperasi dengan beban di atas 80%, suhu *hotspot* sering kali melampaui batas operasional normal, terutama pada jam beban puncak malam hari. Ketidakseimbangan beban antar fasa yang cukup tinggi di lapangan juga terbukti memberikan kontribusi panas tambahan yang mempercepat kerusakan isolasi pada fasa tertentu. Secara keseluruhan, hasil pembahasan mengungkapkan bahwa transformator yang terpapar beban kritis secara berkelanjutan mengalami penyusutan usia teknis hingga 30-40% lebih cepat dari estimasi normalnya. Oleh karena itu, tindakan mitigasi seperti pemerataan beban dan pengalihan sebagian beban melalui trafo sisipan menjadi solusi mendesak guna menjaga stabilitas distribusi listrik dan memperpanjang umur pakai transformator di wilayah Panam.

Dalam mengoperasikan sistem tenaga listrik, stabilitas dan andalnya suatu sistem diperlukan danditutamakan untuk memberikan pelayanan yang nyaman kepada pelanggan listrik. Dalam mencapai hal tersebut dapat dipenuhi dengan selalu mengawasi segala kondisi dari sistem listrik tersebut. Perangkat listrik yang memiliki peran penting pada pengoperasian suatu bagian kelistrikan yaitu salah satunya transformator [4]. Peralatan dalam sistem transmisi tenaga listrik seperti transformator distribusi mempunyai masa pakai yang sudah ditetapkan dari pabrikan yang memproduksinya sehingga hanya bisa melakukan kerja untuk jangka waktu terbatas. Namun, tergantung pada tujuan penggunaannya, masa pakai transformator distribusi dapat dikurangi atau ditingkatkan dibandingkan dengan umur pengenalnya [5].

Masa pakai transformator dapat menyusut karena sejumlah alasan. Salah satu alasannya penurunan masa kerja transformator adalah karena adanya beban, beban tersebut menyebabkan kenaikan suhu transformator [6]. Panas yang dilepaskan menguraikan bahan transformator, yang mengakibatkan cepatnya suatu proses menuanya transformator. Kehadiran terlalu banyak panas dapat mengubah karakteristik struktural komponen transformator. Meningkatnya suhu ini mesti dibatasi. Isolasi penghantar (konduktor) yang terdapat di dalam belitan transformator akan mengalami kerusakan jika mengalami peningkatan suhu yang diatas normal [7].

Berdasarkan masalah di atas, penelitian ini akan fokus pada transformator PN 0094, PN 0969 dan PN 1029 di penyulang/feeder Buntal dengan beban lebih besar dari 80% untuk mengetahui pengaruh beban diatas normal bagi masa pakai transformator distribusi.

METODE PENELITIAN

Transformator

Transformator adalah perangkat tenaga listrik dalam sistem transmisi, di mana digunakan untuk mentransfer listrik dari sirkuit menuju sirkuit lainnya, mengganti tegangan tanpa mengganti frekuensi. Transformator dibuat menggunakan dua belitan konduktif yang dimana saling diinduksi (*mutually induced*). Belitan memiliki satu konduktor berinsulasi yang akhirnya dua kumparan diisolasi secara elektrik antar lainnya. Perubahan dari tegangan tergantung pada rasio belitan dan belitan lainnya. Belitan primer, kumparan dengan dialiri daya listrik, sementara belitan sekunder adalah yang bersentuhan dengan beban. Kedua kumparan tadi belitkan dalam bagian inti dimana terbuat berdasarkan lapisan beberapa lembar baja, yang lalu dimasukkan pada tangki yg didalamnya terdapat minyak pendingin transformator. Ketika belitan primer diberi listrik AC, menimbulkan fluks magnetik yang bolak-balik dari inti yang menginduksi belitan sekunder sehingga kejadian tersebut akan menghasilkan suatu tegangan [8].

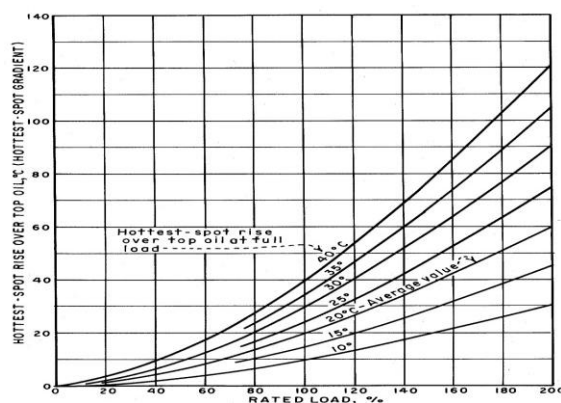
Rating Transformator

Rating transformator adalah nilai tertinggi yang diijinkan pada saat operasi transformator. Jika nilai rating terlampaui dalam waktu penggunaan jangka panjang, terjadi kerusakan dan akan mempersingkat masa pakai dari transformator. setiap pabrik dari transformator memasang plat nama (*name plate*) dibagian luar transformator. Informasi yang memuat tentang nilai keluaran daya, nilai tegangan dan nilai frekuensi terkandung di dalam plat nama. Plat nama pada transformator mengandung keterangan di dalamnya seperti : 20 kVA, 3500 / 200 V, 50 Hz dari keterangan tersebut dikatakan bahwa 20 kVA adalah nilai keluaran daya pada bagian sisi sekunder. Perhatikan nilai daya keluaran ditetapkan dengan kVA, bukan kW. Disebabkan karena

daya keluaran trafo terbatas oleh pemanasan dan dengan demikian oleh rugi daya di transformator [9].

Transformator Pmbebanan Berlebih

Menurut PT.PLN (Persero), transformator distribusi sebisa mungkin agar tidak dibebani lebih dari 80 % dan kurang dibawah 40 %. Jika nilai beban di atas atau di bawah nilai ini, dapat dilihat bahwa transformator kelebihan beban atau kekurangan beban. Diusahakan untuk mengoperasikan transformator tidak keluar dari nilai pembebanan tersebut. Gambar 1 menunjukkan hubungan kenaikan persentase pembebanan dengan kenaikan temperatur transformator [10].



Gambar 1. Hubungan Kenaikan Temperatur Minyak Transformator Dan Persentase Beban

Pada Gambar 1. dapat dilihat jika naiknya tingkat suhu selaras dengan persentase naiknya beban. Kelebihan beban menjadikan transformator terlalu panas dan konduktor kesulitan menahan bebansampai menghasilkan panas yang meningkatkan suhu kumparan. Peningkatan tersebut merusak isolasi belitan di belitan transformator. Transformator memiliki keterbatasan dalam pengoperasiannya. Jika beban pengoperasian lebih dari 100%, transformator akan lebih panas. Kondisi ini mungkingtidak langsung merusak transformator tetapi jika berkepanjangan akan mengurangi umur isolasi.

Susut Umur Transformator Distribusi

Standar dari IEC 354 menyatakan faktor beban dengan penggunaan kontinu bisa mengakibatkan suhu *hotspot* 98°C berdasar

suhu sekitar yang berbeda dari berbagai jenis pendinginan, sehingga dapat dilakukannya perhitungan kapasitas beban kontinu tergantung pada suhu lingkungan. Perhitungan berdasarkan *International Electrotechnical Commission* (IEC 60354) menyatakan usia transformator 30 tahun dengan pembebanan maksimal dari tingkat rating transformator di suhu sekitar lingkungan 20° C, IEEE/ANSI C57.92.1981 saat suhu lingkungan 20°C maka umur transformator 20.000 jam atau 22,83 tahun dengan pengurangan usia pakai normal 0,0369% per 24 jam pada beban pengenal transformator. Tabel 1. merupakan tingkat kecepatan penuaan relatif dan temperatur kumparan yang digunakan sebagai standar dalam melakukan pengukuran umur transformator.

Tabel 1. Kecepatan Penuaan Relatif (V) dan Temperatur Belitan (θ)

No	θ (°C)	V (p.u)
1	80	0,125
2	86	0,25
3	92	0,5
4	98	1
5	104	2
6	110	4
7	116	8
8	122	16
9	128	32
10	134	64
11	140	128

Temperatur Belitan

Temperatur tertinggi sekitar sekitar Riau adalah 32,54°C, berdasarkan Tabel 1. dengan suhu 30°C, yang dimana suhu kumparan transformator distribusi dengan menggunakan sistem pendingin tipe *Oil Natural Air Natural* (ONAN) suhu kumparannya akan mencapai 98°C dengan faktor beban 0,91 atau sama dengan 91%. Dengan suhu lingkungan 30°C, suhu kumparan di pembebanan 100 % yang dihasilkan berdasarkan rating daya transformator adalah 107,7°C. Perhitungan temperatur belitan θ (°C) dihitung dengan persamaan berikut:

Temperatur belitan siang (θ)

$$\theta = \text{persentase nilai beban} \times \text{suhu belitan di beban 100 \% (}^{\circ}\text{C)} \quad (1)$$

Temperatur belitan malam (θ)

$$\theta = \text{persentase nilai beban} \times \text{suhu belitan di beban 100 \% (}^{\circ}\text{C)} \quad (2)$$

Susut Umur Selama 24 Jam

Untuk pembebanan transformator dalam sehari dengan asumsi 20 jam di luar beban puncak (LBP) berdasarkan nilai beban pengukuran siang dan 4 jam pada beban puncak (BP) berdasarkan nilai beban pengukuran malam. Kecepatan penuaan relatif (V) berdasarkan kenaikan temperatur belitan θ (°C) menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kecepatan penuaan relatif (V) luar beban puncak (20 jam)} \\ V = 2^{(\theta - 98)/6} \quad (3)$$

$$\text{beban puncak (4 jam)} \\ V = 2^{(\theta - 98)/6} \quad (4)$$

Dimana :

V = Kecepatan penuaan relatif. (p.u)

θ = Suhu belitan (*hot spot*).

98 °C = Suhu normal

Perhitungan penyusutan usia transformator dalam sehari dengan menggunakan persamaan berikut [2] :

$$\text{Susut umur (24 jam) = (t}_1 \times V_1) + (t_2 \times V_2) \text{ (%) (5)}$$

Dimana :

t₁ = waktu pembebanan transformator terhadap suhu belitan

θ₁ t₂ = waktu pembebanan transformator terhadap suhu belitan

θ₂ V₁ = tingkat kecepatan penuaan relatif terhadap suhu belitan

θ₁ V₂ = tingkat kecepatan penuaan relatif terhadap suhu belitan θ₂

Umur Transformator

Perkiraan masa pakai transformator dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Perkiraan umur} = (\text{umur dasar} - n) / (\text{persentase susut umur 24 jam})$$

Dimana :

n = umur operasi transformator (tahun)

3. METODOLOGI

Pengumpulan Data

Pengukuran dilakukan untuk

mengumpulkan data yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) ULP Panam. Bahan-bahan referensi yang dikumpulkan yaitu spesifikasi transformator, data beban overload pada transformator dan suhu lingkungan sekitar. Setelah pengumpulan data, pengolahan dan analisis dilakukan terhadap umur transformator berdasarkan pembebanan menggunakan metode perhitungan Montsinger. Berikut adalah spesifikasi transformator PN 0094, transformator PN 0969 dan transformator PN 1029 di penyulang/feeder buntal.

Transformator PN 0094

Transformator PN 0094 adalah transformator jenis portal dengan kapasitas 160 kVA. Tabel 3. adalah spesifikasi transformator PN 0094

Tabel 3. Spesifikasi Transformator PN 0094

Merk Transformator	UNINDO
Jenis Gardu	Portal
Kapasitas	160 kVA
Tegangan	20 kV/400 V
Fasa	3
Frekuensi	50 Hz
Pendingin	ONAN

Transformator PN 0969

Transformator PN 0969 adalah transformator jenis cantol dengan kapasitas 100 kVA. Tabel 4. adalah spesifikasi transformator PN 0969.

Tabel 4. Spesifikasi Transformator PN 0969

Merk Transformator	B&D
Jenis Gardu	Cantol
Kapasitas	100 kVA
Tegangan	20 kV/400 V
Fasa	3
Frekuensi	50 Hz
Pendingin	ONAN

Transformator PN 1029

Transformator PN 1029 adalah transformator jenis cantol dengan kapasitas 100 kVA. Tabel 5. Adalah spesifikasi transformator PN 1029

Tabel 5. Spesifikasi Transformator PN 1029

Merk Transformator	VOLTRA
Jenis Gardu	Cantol

Kapasitas	100 kVA
Tegangan	20 kV/400 V
Fasa	3
Frekuensi	50 Hz
Pendingin	ONAN

Berikut adalah hasil pengukuran saluran arus R,S,T pada setiap transformator menggunakan tang amper.

Tabel 6. Data Pengukuran Pengukuran I_R, I_S, I_T Siang

No	Gardu	Pengukuran I _R , I _S , I _T Siang (Amp)		
		I _R	I _S	I _T
1	PN 0094	202	150	113
2	PN 0969	135	68	100
3	PN 1029	145	113	102

Tabel 7. Data Pengukuran Pengukuran I_R, I_S, I_T Malam

No	Gardu	Pengukuran I _R , I _S , I _T Malam (Amp)		
		I _R	I _S	I _T
1	PN 0094	133	200	287
2	PN 0969	155	125	135
3	PN 1029	164	78	153

Waktu pengambilan data pada saluran R,S,T beserta lokasi transformator Tabel 8. berikut:

Tabel 8. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data

No	Gardu	Lokasi	Waktu Pengukuran	
			Siang	Malam
1	PN 0094	Pr. Puri Rajawali Sakti	14:31	20:14
2	PN 0969	Jl. Rajawali Sakti	14:25	19:59
3	PN 1029	Jl. Rajawali	14:21	19:56

Data pengukuran saluran I_R, I_S, I_T pada transformator diambil menggunakan alat tang amper. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Provinsi Riau suhu rata-rata tahun 2021 di Riau adalah 26,90°C dan rata-rata tingkat suhu tertinggi tahun 2021 adalah 32,54°C. Di Indonesia mengacu pada SPLN, transformator dirancang beroperasi di suhu lingkungan tidak lebih dari 40° C dan dengan rata-rata suhu perhari 30° C dan rata-rata suhu pertahun 30°C. [9].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Persentase Pembebanan

Perhitungan beban transformator dilakukan untuk mengetahui persentase beban pada transformator. Pengukuran persentase pembebanan transformator dengan nilai I_R , I_s dan I_T di Tabel 6. dan Tabel 7. dengan tegangan transformator dari tabel spesifikasi transformator. Nilai persentase pembebanan tranformator pada siang bisa dilihat di tabel 9. berikut:

Tabel 9. Pengukuran Pembebanan Siang

No	Gardu	Pembebanan Siang		Keterangan
		kVA	%	
1	PN 0094	107,26	67,03	Normal
2	PN 0969	69,89	69,89	Normal
4	PN 1029	83,04	83,04	Overload

Nilai persentase pembebanan tranformator pada malam bisa dilihat di tabel tabel 10. berikut:

Tabel 10. Pengukuran Pembebanan Malam

No	Gardu	Pembebanan Malam		Keterangan
		kVA	%	
1	PN 0094	143,01	89,38	Overload
2	PN 0969	95,72	95,72	Overload
3	PN 1029	91,11	91,11	Overload

Perhitungan Temperatur Belitan

Pengukuran temperatur belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 % dihitung dengan persamaan (1), (2) sebagai berikut :

- Transformator PN 0094 Temperatur belitan siang (θ) $\theta = 67,03 \times 107,7 = 72,191^\circ\text{C}$ Temperatur belitan malam (θ) $\theta = 89,38 \times 107,7 = 96,262^\circ\text{C}$
- Transformator PN 0969 Temperatur belitan siang (θ) $\theta = 69,89 \times 107,7 = 75,271^\circ\text{C}$
Temperatur belitan malam (θ) $\theta = 95,72 \times 107,7 = 103,1^\circ\text{C}$
- Transformator PN 1029 Temperatur belitan siang (θ) $\theta = 83,09 \times 107,7 = 89,487^\circ\text{C}$
Temperatur belitan malam (θ) $\theta = 91,11 \times 107,7 = 98,125^\circ\text{C}$

Hasil pengukuran temperatur belitan yang dihasilkan pada pembebanan 100 % bisa dilihat di tabel Tabel 11.

Tabel 11. Pengukuran Pengukuran Temperatur Belitan

No	Gardu	Temperatur Belitan $^\circ\text{C}$	
		Siang	Malam
1	PN 0094	72,191	96,262
2	PN 0969	75,271	103,1
3	PN 1029	89,487	98,125

Susut Umur Selama 24 Jam

Perhitungan kecepatan penuaan relatif dalam sehari berdasarkan kenaikan suhu belitan θ ($^\circ\text{C}$) menggunakan rumus (3) (4) dan perkiraan penyusutan umur dalam sehari sebagai berikut:

a. Transformator PN 0094

- Kecepatan penuaan relatif (V) Luar Beban Puncak (20 jam)

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

$$V = 2^{(72,191-98)/6} = 0,050 \text{ (p.u)}$$

$$\text{Beban Puncak (4 jam)} V = 2^{(\theta-98)/6}$$

$$V = 2^{(96,262-98)/6} = 0,818 \text{ (p.u)}$$

- Perkiraan penyusutan umur dalam sehari Susut umur (24 jam)

$$= (t_1 \times V_1) + (t_2 \times V_2)$$

$$= (20 \times 0,050) + (4 \times 0,818)$$

$$= 4,272 \text{ jam (17,861\%)}$$

b. Transformator PN 0969

- Kecepatan penuaan relatif (V) Luar Beban Puncak (20 jam)

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

$$V = 2^{(75,271-98)/6} = 0,0723 \text{ (p.u)}$$

$$\text{Beban Puncak (4 jam)} V = 2^{(\theta-98)/6}$$

$$V = 2^{(103,1-98)/6} = 1,802 \text{ (p.u)}$$

- Perkiraan penyusutan umur dalam sehari Susut umur (24 jam)

$$= (t_1 \times V_1) + (t_2 \times V_2)$$

$$= (20 \times 0,0723) + (4 \times 1,802)$$

$$= 8,654 \text{ jam (36,058\%)}$$

c. Transformator PN 1029

- Kecepatan penuaan relatif (V) Luar Beban Puncak (20 jam)

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

$$V = 2^{(89,487-98)/6} = 0,374 \text{ (p.u)}$$

$$\text{Beban Puncak (4 jam)} V = 2^{(\theta-98)/6}$$

$$V = 2^{(98,125-98)/6} = 1,014 \text{ (p.u)}$$

- Perkiraan penyusutan umur dalam sehari Susut umur (24 jam)

$$= (t_1 \times V_1) + (t_2 \times V_2) (20 \times 0,374) + (4 \times$$

$$1,014) \\ = 11,536 \text{ jam (48,066\%)}$$

Perkiraan Masa Pakai Transformator

Perkiraan masa pakai dari transformator dapat dihasilkan dengan perhitungan berdasarkan rumus (6) :

a.Transformator PN 0094

$$\text{Perkiraan umur} = (\text{umur dasar} - (\text{umur operasi}) / (\% \text{ susut umur 24 jam})$$

$$\text{Perkiraan umur} = (20 - (2022 - 2017)) / (17,861\%)$$

$$\text{Perkiraan umur} = 83,98 \text{ tahun}$$

b.Transformator PN 0969

$$\text{Perkiraan umur} = (\text{umur dasar} - (\text{umur operasi}) / (\% \text{ susut umur 24 jam})$$

$$\text{Perkiraan umur} = (20 - (2022 - 2017)) / (36,058\%)$$

$$\text{Perkiraan umur} = 41,599 \text{ tahun}$$

c.Transformator PN 1029

$$\text{Perkiraan umur} = (\text{umur dasar} - (\text{umur operasi}) / (\% \text{ susut umur 24 jam})$$

$$\text{Perkiraan umur} = (20 - (2022 - 2017)) / (48,066\%)$$

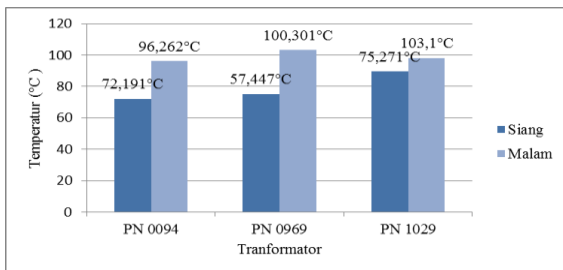
$$\text{Perkiraan umur} = 31,207 \text{ tahun}$$

Setelah melakukan serangkaian perhitungan, mulai dari perhitungan persentase pembebanan, temperatur belitan dan susut umur transformator dalam satu hari, maka didapatkan hasil perkiraan umur transformator pada Tabel 12. sebagai berikut:

Tabel 12. Perkiraan Umur Transformator

No	Gardu	Rating (kVA)	Tahun Operasi	Pembebanan %		Temperatur belitan °C		Susut umur(24 jam)		Perkiraan Umur (tahun)
				Siang	Malam	Siang	Malam	Jam	%	
1	PN 0094	160	2017	67,03	89,38	72,191	96,262	4,46	17,861	>20 tahun
2	PN 0969	100	2017	69,89	95,72	75,271	103,1	8,654	36,058	>20 tahun
3	PN 1029	100	2017	83,09	91,11	89,487	98,125	11,536	48,066	>20 tahun

Pada Gambar 3. merupakan grafik perbandingan pembebanan siang dan malam pada transformator PN 0094, PN 0969 dan PN 1029.



Gambar 3. Grafik Persentasi Pembebanan Siang Dan Malam

Pada grafik ini dapat dilihat pada pembebanan malam lebih tinggi daripada pembebanan siang. Pembebanan malam lebih tinggi dikarenakan pada pelanggan rumah tangga waktu beban puncak tertinggi pada malam, sedangkan luar waktu beban puncak pada siang.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran umur transformator PN 0094, PN 0969 dan PN 1029 di penyulang/feeder buntal yang mengalami

persentase pembebanan diatas 80% rata-rata di malam, semakin besar pembebanan pada transformator maka suhu belitan semakin besar dan susut umur transformator semakin cepat. PN 0094 mengalami kenaikan temperatur dari 72,191°C di siang ke 96,262°C malam, dengan mengalami susut umur 17,861% seperti pada Tabel 12. PN 0094 dengan daya 160 kVA mengalami susut umur selama 24 jam adalah 17,861% dengan perkiraan masa pakai transformator adalah 83 tahun 11 bulan. PN 0969 dengan daya 100 kVA mengalami susut umur selama 24 jam adalah 36,058% dengan perkiraan masa pakai transformator 41 tahun 7 bulan. PN 1029 dengan daya 100 kVA mengalami susut umur selama sehari adalah 48,066% dan perkiraan masa pakai transformator 31 tahun 2 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Gultom, P., Danial, & Rajagukguk, M, (2018), “Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 kV Akibat Pembebanan Lebih Di PT.PLN (Persero) Kota Pontianak”. *Jurnal Teknik Elektro. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).

- [2] Latupeirissa, H. L. (2018), “Analisa Umur Pakai Transformator Distribusi 20 kV Di PT. PLN Cabang Ambon”. *Jurnal Simetrik*, 8(2).
- [3] Sodilesmana, A. E., Nasrulloh, & Prasetyono, R. N, (2021), “The Effect Of Loading And Unbalanced Load On Determination Of Life Loss Of Distribution Transformers”. *Journal of Electronic and Electrical Power Application*, 1(1).
- [4] Juhaeriyah, & Nuryadi, S, (2019), “Analisis Pengaruh Pembebanan Dan Suhu Lingkungan Terhadap Susut Umur Transformator Distribusi Di Daerah Istimewa Yogyakarta Dengan Menggunakan Metode Monstinger”. (Doctoral Dissertation, Electrical Engineering, University of Technology Yogyakarta).
- [5] K. Najdenkoski, G. Rafajlovski and V. Dimcev, (2007) "Thermal Aging of Distribution Transformers According to IEEE and IEC Standards," *2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting*, pp. 1-5, doi: 10.1109/PES.2007.385642.
- [6] IEC 354. (1991). *Loading Guide For Oil Immersed Transformer*. IEC Publication.
- [7] IEEE Standard C57.92. (1981). *IEEE Guide for Loading Mineral Oil Immersed Transformers*.
- [8] IEEE Standard C57.92. (1962). *Permissible Loading Of Oil-Immersed Transformers And Regulators*.
- [9] SPLN-17. (1991), “Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak”. Jakarta.
- [10] Sumanto, *Teori Transformator*. (Pertama). Yogyakarta: Andi Offset.