

ISBN : 978-623-92199-0-1



PROSIDING

SoBAT

Seminar Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik

Ke-1

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SANGGA BUANA**

2019

PROSIDING
SEMINAR SOBAT ke-1
(Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik)
“Kontribusi Civitas Academica dalam Pengembangan Technopreneurship untuk USB
YPKP Berintegritas”

Pelindung : Dr. H. Asep Effendi, SE., M.Si., PIA, CFrA, CRBC
Tim Pengarah : 1. Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT.
2. Memi Sulaksmi, SE., M.Si.
3. Dr. H. Deni Nurdyana Hadimin, Drs., M.Si., CFrA
Penanggung jawab : Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si.

Panitia Pelaksana

Ketua : Dr. Erna Garnia, SE., MM.
Tim Pelaksana : 1. Dr. Nenny Hendajany, S.Si., SE., MT.
2. Adi Permana Sidik, S.I.Kom., M.I.Kom.
3. Kusmadi, ST., MT.
Publikasi : 1. Deden Rizal R., SE., ME.
2. Asep Joni, ST.
Tim Pendukung : 1. Ae Suaesih, SE., M.Si.
2. Siti Sa'adah, S.Ab.
3. Noviani Dewi

Reviewer

Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si.
Dr. Nenny Hendajany, S.Si., SE., MT.
Deden Rizal R., SE., ME.
Adi Permana Sidik, S.I.Kom., M.I.Kom.
Kusmadi, ST., MT.

Editor

Deden Rizal R., SE., ME.

Penerbit

LPPM USB YPKP
Gedung A Lantai 2,
Universitas Sangga Buana YPKP
Jl. P.H.H. Mustofa No. 68, Bandung
Tlp. (022) 7275489, 7202841
Email : lppm@usbypkp.ac.id

ANALISIS SUSUT UMUR DAN SISA UMUR OPERASIONAL TRANSFORMATOR DAYA (STUDI KASUS TRAFODISTRIBUSI 500 KVA PT. PLN DISTRIBUSI RAYON BANJARAN)

Firmansyah Ramdan Mulyana dan Ivany Sarief

Abstrak

Pada saat ini kebutuhan akan konsumsi tenaga listrik semakin meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi. Perkembangan ini harus diikuti dengan kualitas energi listrik yang dihasilkan dari suatu sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik merupakan sarana untuk mendistribusikan energi listrik dari pusat pembangkit listrik sampai pada konsumen. Salah satu peralatan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik yaitu transformator daya. Pada penelitian ini meneliti susut umur dan sisa umur transformator. Besar pembebanan yang diberikan disesuaikan dengan keadaan beban yang ada di lapangan dengan persentase beban sebesar 53,96 %. Dari data yang didapatkan, akan dicari akibat pembebanan tersebut terhadap laju penyusutan umur dan sisa umur operasional dari transformator. Dengan hasil penelitian sebesar: susut umur transformator sebesar 1,43% dan sisa umur Transformator 12,5 tahun.

Kata kunci : *transformator, pembebanan, susut umur.*

PENDAHULUAN

Dimasa sekarang kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat sejalan dengan perkembangan teknologi. perkembangan yang pesat ini harus diikuti dengan perbaikan kualitas dan keandalan energi yang dihasilkan. Hal yang menyangkut kualitas energi listrik yaitu tegangan, frekuensi, dan keandalan. Tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh pembangkit mempunyai besaran yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Apabila nilai dari tegangan dan frekuensi tersebut diluar dari nilai standar yang telah ditentukan, maka dapat dikatakan kualitas dari tegangan dan frekuensi tersebut tidak baik. Sedangkan keandalan suatu energi listrik sangat erat hubungannya dengan ketersediaan energi

listrik itu sendiri.

Salah satu peralatan yang sangat penting dalam penyaluran energi listrik yaitu transformator daya. Transformator daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Oleh karena itu transformator merupakan peralatan yang sangat penting dalam suatu sistem tenaga listrik, maka dari itu diusahakan agar peralatan ini dapat digunakan dalam waktu yang lama.

Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya pengurangan/susut umur transformator antara lain : Pengaruh dari suhu sekitar (ambient temperatur), suhu minyak

transformator, pola pembebanan, kualitas bahan transformator, kualitas minyak dan pemeliharaan terhadap transformator tersebut. Untuk pengelolaan transformator berkaitan dengan pemeliharaan rutin yang dilaksanakan, baik itu pemeliharaan preventif, korektif maupun detektif.

Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis susut umur dan sisa umur pada peralatan transformator daya, yang terdiri dari :

1. Menganalisis susut umur transformator daya yang diakibatkan oleh daya pembebanan.
2. Memprediksi sisa umur transformator daya, agar dapat menjadi dasar untuk jadwal pemeliharaan transformator yang digunakan di area distribusi.
3. Memberikan data acuan guna perencanaan jadwal pemeliharaan transformator bagi perusahaan terkait yang menggunakan peralatan transformator.

LANDASAN TEORI

Pengertian Transformator

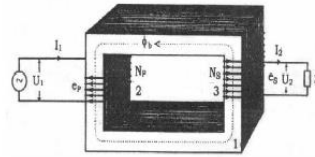
Transformator merupakan peralatan mesin listrik statis yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, mentransformasikan tegangan diantara dua belitan atau lebih pada frekuensi yang sama besar dan pada nilai arus dan tegangan yang berbeda. Penggunaan yang

sangat andal itu merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik. Pada penyaluran tenaga listrik terjadi kerugian energi sebesar I^2R watt. Kerugian ini banyak berkurang apabila tegangan dinaikan. Dengan demikian maka saluran-saluran transmisi tenaga listrik senantiasa menggunakan tegangan tinggi. Hal ini merupakan suatu upaya untuk mengurangi kerugian energi yang terdapat pada saluran. Dengan menaikkan tegangan listrik di pusat listrik dari tegangan generator, kemudian menurunkannya lagi di ujung akhir saluran itu ke tegangan yang lebih rendah, dilakukan dengan menggunakan transformator.

Penggunaan transformator pada sistem penyaluran tenaga listrik dapat dibagi :

1. Trafo penaik tegangan (*Step up*) atau disebut trafo daya, untuk menaikkan tegangan pembangkit menjadi tegangan transmisi.
2. Trafo penurun tegangan (*Step down*), dapat disebut trafo distribusi, untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.
3. Trafo instrumen, untuk pengukuran yang terdiri dari trafo tegangan dan trafo arus, dipakai menurunkan tegangan dan arus agar dapat masuk ke meter-meter pengukuran.

Seperti yang terlihat pada gambar berikut transformator :
yang menunjukkan bagian terpenting

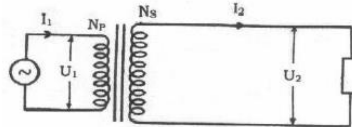


Gambar 1. Konstruksi dari transformator

Bagian utama

- Inti besi
- Kumbaran transformator
- Minyak transformator
- Bushing
- Tangki konservator

Sedangkan rangkaian dasar dari transformator ditunjukkan pada gambar berikut.



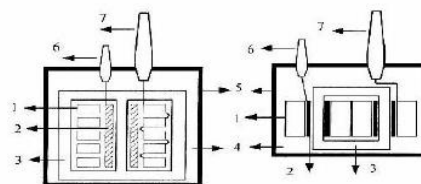
Gambar 2. Bagan rangkaian transformator

Keterangan :

- U_1 = tegangan sumber
- U_2 = tegangan beban
- N_p = jumlah lilitan kumparan primer
- N_s = jumlah lilitan kumparan sekunder
- I_1 = arus primer
- I_2 = arus sekunder
- e_p = GGL induksi pada kumparan primer
- e_s = GGL induksi pada kumparan sekunder

Transformator Daya

Tranformator daya adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari generator bertegangan menengah ke transmisi bertegangan tinggi dan untuk menyalurkan daya dari transmisi bertegangan tinggi ke jaringan distribusi bertegangan rendah. Konstruksi umum dari transformator daya ditunjukkan pada gambar.



a. Trafo kumparan piring b. Trafo kumparan silinder

Gambar 3. Konstruksi Transformator Daya

Keterangan :

- 1) Kumparan tegangan tinggi
- 2) Kumparan tegangan rendah
- 3) Inti
- 4) Minyak isolasi
- 5) Tangki baja
- 6) Bushing tegangan tinggi
- 7) Bushing tegangan rendah

Pada gambar terlihat bahwa bagian utama dari transformator adalah inti, dua set kumparan atau lebih dan isolasi. Inti trafo yang terbuat dari lembaran-lembaran baja silikon yang satu dengan lainnya diisolasi dengan pernis.

Kumparan terbuat dari bahan tembaga yang dihubungkan dengan sumber energi disebut kumparan primer, sedang yang dihubungkan dengan beban disebut kumparan sekunder.

Bagian Utama Transformator

Inti Besi

Berfungsi untuk mempermudah jalan *fluksi*, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempenganlempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh *Eddy Current*.

Inti trafo dibentuk dari lapisan lembaran pelat besi silikon yang memiliki lapisan isolasi sangat tipis pada salah satu sisinya, yang tahan terhadap panas tinggi serta mempunyai koefisien penyebaran panas yang rendah, dengan ketebalan yang sangat tipis untuk dapat menekan rugi-rugi inti yang semakin kecil. Disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu luasan inti magnetis yang kokoh serta

efisien.

Kumparan Transformator

Adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

Regulasi Tegangan

Tegangan regulasi menentukan besarnya variasi tegangan sekunder trafo pada kondisi faktor beban yang berbeda. Tegangan regulasi merupakan perbandingan tegangan di terminal sekunder pada saat tidak berbeban dan saat kondisi beban penuh. Hal ini diperhitungkan karena bisa digunakan sebagai acuan untuk persyaratan kerja paralel trafo.

Tegangan regulasi trafo diukur setelah terminal *output* (sekunder) dihubung singkat (kondisi beban penuh) dan menaikkan tegangan secara bertahap pada sisi *input* (primer) sehingga arus yang mengalir pada sisi primer mencapai nilai nominalnya. Pada kondisi ini besaran arus nominal mengalir pada kedua sisi belitan, dan

tegangan sisi primer pada saat itu disebut sebagai tegangan regulasi. Impedansi hubung singkat terdiri dari komponen aktif dan reaktif serta dapat dinyatakan dalam satuan Ohm sebagaimana besaran impedansi lainnya, besarnya tergantung daripada kapasitas dan tegangan nominal trafo.

Besar dari tegangan regulasi dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Pengaturan} = \frac{V_2 \text{ Beban nol} - V_2 \text{ Beban penuh}}{V_2 \text{ Beban penuh}}$$

Minyak Transformator

Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo tenaga direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah, sehingga minyak trafo tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

Di dalam sebuah transformator terdapat dua komponen yang secara aktif membangkitkan” energi panas, yaitu besi (inti) dan tembaga (kumparan). Bila energi panas tidak disalurkan melalui suatu sistem pendinginan akan mengakibatkan besi maupun tembaga akan mencapai suhu yang tinggi, yang akan merusak nilai isolasinya. Sebagai maksud untuk pendinginan, kumparan dan inti dimasukkan ke dalam suatu jenis minyak, yang dinamakan minyak transformator. Minyak itu mempunyai fungsi ganda, yaitu pendinginan dan isolasi. Perlu dikemukakan bahwa minyak

transformator harus memiliki mutu yang tinggi dan senantiasa berada dalam keadaan bersih. Disebabkan energi panas yang dibangkitkan dari inti maupun kumparan, maka suhu minyak akan naik. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan pada minyak transformator. Lagi pula dalam jangka waktu yang lama akan terbentuk berbagai pengotoran yang akan menurunkan mutu minyak transformator. Hal-hal ini dapat mengakibatkan kemampuan pendinginan maupun isolasi minyak akan menurun. Selanjutnya dapat pula terjadi bahwa hawa lembab yang sebagaimana halnya terjadi di daerah tropis, mengakibatkan masuknya air didalam minyak transformator.

Bila suhu minyak transformator yang sedang dioperasikan diukur, akan tampak bahwa suhu minyak itu akan tergantung pada tinggi pengukuran pada bak. Suhu tertinggi akan ditemukan pada sekitar 70 - 80% tinggi bejana.

Bushing

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.

Tangki Konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuaiian minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis pengaruh suhu dan pembebanan transformator terhadap susut umur transformator. Pembebanan yang diberikan yaitu disesuaikan dengan besarnya beban pada operasional trafo tersebut.

Metode pengumpulan data

Metode penelitian yang digunakan yaitu :

Studi literatur

Pembelajaran melalui jurnal-jurnal yang memiliki studi kasus yang sejenis, maupun melalui internet dan buku-buku yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam melakukan penelitian.

Tahap persiapan

Merupakan proses mencari sumber-sumber data yang sekiranya diperlukan dalam proses penelitian. Jenis data yang diambil yaitu, data spesifikasi dari transformator yang di teliti, dan

suhu udara sekitar. Informasi yang didapatkan merupakan bahan-bahan penelitian dari PT. PLN distribusi Rayon Banjaran.

Analisis data

Informasi yang diperoleh akan diurai dan ditelaah sesuai dengan metode yang digunakan, yaitu perhitungan pengaruh pembebanan terhadap susut umur transformator, dan selanjutnya dilakukan analisis data.

Kesimpulan

Tahap ini merupakan pemaparan dari hasil analisis yang telah di proses pada tahap analisis data, yaitu berisi hasil dari perhitungan susut umur dan sisa umur transformator.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN distribusi rayon Banjaran untuk menganalisis salah satu transformator yang digunakan di area distribusi tenaga listrik daerah Banjaran. Pengambilan data disesuaikan pada transformator yang telah ditentukan.

Jadwal Pelaksanaan

Tabel 1. Jadwal pelaksanaan

No	Kegiatan	Pelaksanaan
1.	Studi Literatur	Mei – 7 Juni 2015
2.	Pengumpulan Data	8 Juni – 27 Juli 2015
3.	Menganalisis Data	27 Juli – 10 Agustus 2015
4.	Penyusunan Laporan Tugas Akhir	11 Agustus – 31 Agustus 2015

Analisis dan pembahasan

Data Transformator TRAFINDO

Tabel 2. Data spesifikasi Transformator

No	Data Spesifikasi	
1	Daya Pengenal	500 kVA
2	Tegangan primer	20 kV
3	Tegangan sekunder	220 / 400 V
4	Jenis pendinginan	ONAN
5	Rugi-rugi tembaga	4450 W
6	Rugi beban nol	700 W
7	Tahun operasional	2003
8	Temp. Harian	29 °C
9	Temp. Maks. 1 bln	33 °C

Data Pembebanan

Tabel 3. Data pembebanan

Phasa	S (kVA)	V_{p-n} (V)	I (A)	Cos ϕ
R	88.68	220	444	0.85
S	83.49	221	418	0.85
T	97.67	220	489	0.85
I_N			272	
I_G			272.2	
R_G			1.2 Ω	

Pembebanan Trafo Distribusi

Pada pembebanan transformator distribusi akan dicari besar nilai dari Arus Puncak perphasa,

arus rata-rata, dan presentase beban dari transformator uji, data yang dijadikan bahan perhitungan diambil pada tabel 4.3 yang diketahui:

$$S = 500 \text{ kVA}$$

$$V_{p-p} = 0,4 \text{ kV}$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{500.000}{\sqrt{3} \times 400} = 721,69 \text{ A (per}$$

Fasa)

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{444 + 418 + 489}{3} = 450,33 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase beban} &= \frac{S_R + S_S + S_T}{S_{mak}} \times 100\% \\ &= \frac{88,68 + 83,49 + 97,67}{500.000} \times 100\% = 53,96\% \end{aligned}$$

Sesuai aturan standar pemasangan transformator distribusi (SPLN D3.002-1 : 2007) bahwa persentase beban yang di perbolehkan pada operasional transformator distribusi di indonesia maksimal sebesar 80%. Maka dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa penggunaan transformator distribusi di area penelitian masih memenuhi standar operasi.

Analisis Beban

Untuk menganalisis beban pada transformator, maka dibuat uraian perhitungan seperti di bawah ini:

Menentukan ratio beban (Load Factor)

Merupakan perbandingan antara beban rata-rata selama selang waktu tertentu dengan beban maksimal dari transformator tersebut.

$$K = \frac{S}{S_r} = \frac{270}{500} = 0,54$$

Menentukan perbandingan rugi tembaga.

Sesuai dengan data spesifikasi rugi-rugi tembaga yang di dapatkan, rugi tembaga pada daya pengenal trafo 500 kVA adalah 4450 watt. Sedangkan rugi beban nol adalah 700 watt. Untuk memperoleh nilai perbandingan rugi tembaga, maka digunakan persamaan 2.13. sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d &= \frac{\text{rugi tembaga pada daya pengenal}}{\text{Rugi beban nol}} \\ &= \frac{4450}{700} \\ &= 6,36 \end{aligned}$$

Menentukan kenaikan temperatur top oil

Untuk mengetahui besarnya nilai kenaikan temperatur top oil, diperlukan parameter sebagai masukan, meliputi: faktor beban (K), rasio Rugi-rugi (d), dan konstanta untuk jenis pendingin. Perhitungan kenaikan temperatur top oil menggunakan persamaan 2.12.

$$\Delta\theta_b = \Delta\theta_{br} \left[\frac{1 + dK^2}{1 + d} \right]^x$$

*Untuk ONAN $\Delta\theta_{br} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $x = 0,9$

$$\begin{aligned} \Delta\theta_b &= 55 \left[\frac{1 + 6,36 (0,54^2)}{1 + 6,36} \right]^{0,9} \\ &= 55 \left[\frac{1 + 6,36 (0,292)}{1 + 6,36} \right]^{0,9} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 55 \left[\frac{1 + (1.855)}{1 + 6,36} \right]^{0,9} \\
&= 55 \left[\frac{2.855}{7,36} \right]^{0,9} \\
&= 55 \times 0,426 \\
&= 23,43 \text{ } ^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Menentukan selisih temperatur hot spot dengan top oil

Untuk mengetahui besarnya nilai selisih temperatur hot spot dengan top oil, di lakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.14.

$$\Delta\theta_{td} = (\Delta\theta_{cr} - \Delta\theta_{br}) K^{2y}$$

* Untuk ONAN $\Delta\theta_{cr} = 78 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\Delta\theta_{br} = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$
dan $y = 0,8$

$$\begin{aligned}
\Delta\theta_{td} &= (78 - 55) 0,54^{2(0,8)} \\
&= 23 \times 0,373 \\
&= 8,581 \text{ } ^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Menentukan temperatur hot spot

Temperatur hot spot adalah suhu terpanas didalam belitan transformator. Metode perhitungan suhu ini memerlukan masukan berupa nilai suhu lingkungan sekitar, suhu temperatur top oil, dan selisih antara temperatur hot spot dengan temperatur top oil. Untuk menentukan besarnya temperatur hot spot, di lakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}
\theta_c &= \theta_a + \Delta\theta_{on} + \Delta\theta_{td} \\
&= 29 + 23,43 + 8,58 \\
&= 61,01 \text{ } ^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa suhu temperatur pada titik panas transformator sebesar $61 \text{ } ^\circ\text{C}$

Menghitung Laju Penuaan Isolasi

Untuk mengetahui besarnya nilai kenaikan temperatur top oil, di lakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.12.

$$\begin{aligned}
V &= 10^{(\theta_c - 98)/19,93} \\
&= 10^{(61 - 98)/19,93} \\
&= 10^{(-1,856)} \\
&= 0,014
\end{aligned}$$

Menghitung Susut Umur

Untuk menentukan perkiraan susut umur transformator, di asumsikan bahwa bebannya konstan dengan kondisi beban *real*, sebesar 269,84 kVA disebabkan pengaruh penurunan isolasi belitan saja tanpa memperhitungkan pengaruh yang lain dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
L &= \frac{1}{3 \times 24} \left\{ V_0 + \sum 4V_{odd} + \sum 2V_{even} + V_n \right\} \times 100 \% \\
&= \frac{1}{3 \times 24} \{ 0,014 + 4(0,014 \times 12) + 2(0,014 \times 12) + 0,014 \} \times 100 \% \\
&= \frac{1}{3 \times 24} \{ 1,0339 \} \times 100 \% \\
&= 1,43 \%
\end{aligned}$$

Menentukan Perkiraan Umur Pemakaian

Umur relatif penggunaan transformator yaitu

30 tahun dari pemasangan pertama. Sesuai dengan data *historis*, bahwa transformator yang diteliti mulai beroperasi sejak tahun 2003, apabila di asumsikan umur pakai transformatornya 30 tahun, maka batas wajar pemakaiannya tersisa 18 tahun. maka umur dari transformator tersebut :

$$\begin{aligned} \text{Sisa Umur} &= 100 \% - \text{Susut Umur} \\ &= 100 \% - 1,43 \% \\ &= 98,57 \% \end{aligned}$$

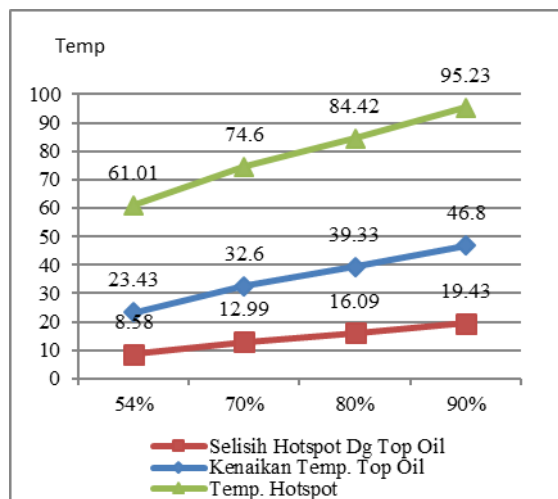
$$n = \frac{98,57}{100} \times 18 \text{ tahun} = 17,7 \text{ tahun} \quad (212 \text{ bulan})$$

Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur

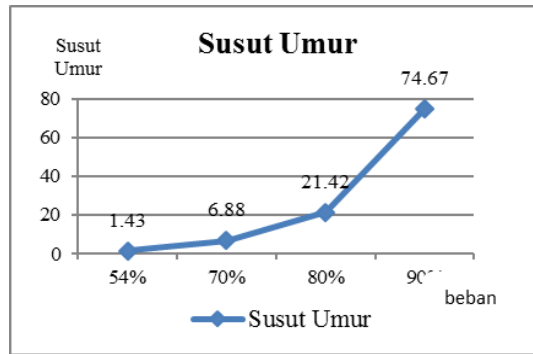
Untuk mengetahui pengaruh pembebanan terhadap susut umur transformator, maka dilakukan pengasumsian kenaikan beban sebesar 54 %, 70%, 80%, 90%. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada tabel:

Tabel 4. Hasil perhitungan

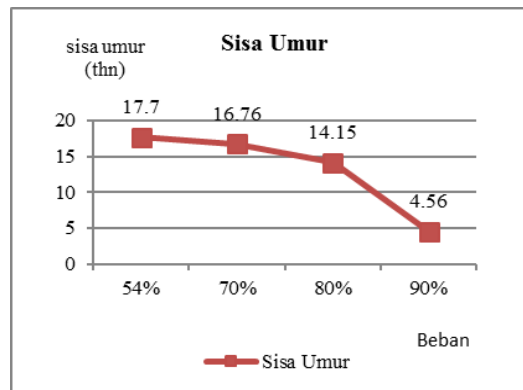
No	Persent Beban	$\Delta\theta_b$ (°C)	$\Delta\theta_{td}$ (°C)	θ_c (°C)	V	L (%)	n (thn)
1.	54 %	23.4	8.5	61.0	0.01	1.43	17.7
2.	70 %	32.6	12.9	74.6	0.07	6.88	16.76
3.	80 %	39.3	16.0	84.4	0.21	21.42	14.15
4.	90 %	46.8	19.4	95.2	0.73	74.67	4.56



Gambar 4. Grafik Hubungan antara pembebanan dengan temperatur



Gambar 5. Grafik Hubungan antara pembebanan dengan susut umur



Gambar 6. Grafik Hubungan antara pembebanan dengan sisa umur

berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.2, 4.3, 4.4, dapat disimpulkan bahwa besarnya pembebanan pada transformator sangat mempengaruhi kenaikan temperatur transformator tersebut. Semakin tinggi pembebanan, maka kenaikan temperatur pun akan semakin tinggi. Hal ini sangat berpengaruh terhadap susut umur transformator. Dengan kata lain, *“pembebanan, kenaikan temperatur transformator, dan susut umur adalah variable yang saling berkaitan”*.

Hubungan antara susut umur transformator dengan sisa umur adalah berbanding terbalik, semakin besar susut umur maka semakin pendek sisa umur operasional dari transformator. Sebaliknya, semakin rendah susut umur, maka semakin panjang sisa umur operasional transformator. Dari hasil

pengolahan data *real* diatas dapat diketahui umur operasional transformator tersisa 12,5 tahun. data ini dapat dijadikan acuan bagi perusahaan terkait untuk menyiapkan jadwal pemeliharaan transformator agar dapat mengantisipasi terjadinya kerusakan lebih awal terhadap transformator tersebut.

KESIMPULAN DAN PENGEMBANGAN

Kesimpulan

Berdasarkan proses yang telah dilakukan pada penelitian ini, dimulai dari perhitungan dan analisis, dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya:

1. Dari penelitian ini terlihat bahwa pembebanan merupakan variabel utama

dari penentuan susut umur transformator, dari pembebanan tersebut menimbulkan kenaikan temperatur yang dapat mempercepat laju penuaan umur transformator.

2. Hasil penelitian dari percobaan untuk pembebanan sesuai data yang didapatkan (53.96 %) diperoleh susut umur sebesar 1.43 %.
3. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil bahwa sisa umur operasional transformator distribusi yang di teliti tersisa 17,7 tahun dengan laju penyusutan umur sebesar 1.43 %.
4. Hasil penelitian susut umur yang didapatkan diatas, hanya berasal dari pengaruh penurunan kemampuan isolasi akibat pemanasan dari pembebanan dan suhu sekitas saja, belum memperhitungkan dari pengaruh yang lain yang dapat mengakibatkan penambahan laju penyusutan umur.

Pengembangan

Ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk pembahasan studi kasus susut umur transformator selanjutnya antara lain:

1. Agar penelitian dilakukan pada jenis transformator distribusi yang berbeda, seperti transformator jenis pendingin air atau transformator dengan tipe kering.
2. Agar penelitian selanjutnya dapat membahas kasus susut umur transformator

dengan data penelitian dan variabel yang lebih terperinci dan mendalam seperti, menganalisis susut umur trafo berdasarkan dari kualitas bahan isolasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Zuhal. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung, ITB
- PLN. 2003. *Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga*. SPLN
- Purnama Sigid. 2009 *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga*. Universitas Diponegoro. Semarang
- PLN. 1979. *Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak*. SPLN 17.
- Naiborhu G. Riana. 2010. *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Trafo Tenaga*. Jakarta. Universitas Trisakti.
- A. Aris munandar, S. Kuwahara, *Buku pegangan Teknik Tenaga Listrik*, Jilid III, Jakarta : Pradnya Paramita 1980
- Wuwung Janny Olly. 2010. *Pengaruh Pembebanan Terhadap Kenaikan Suhu Pada Belitan Transformator Daya Jenis Terendam Minyak*. Jurnal TEKNO/Volume 07.
- APEI. 2006. *Materi kursus Uji Keahlian Bidang Teknik Tenaga Listrik*. Kualifikasi : Ahli Madya.
- Sulasno. 2001. *Distribusi Tenaga Listrik*. Semarang : Badan penerbit UNDIP.
- Bambang Djaja. 1994. *Distribution & Power Transformator*. Surabaya : B & Dr