

ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP MASA PAKAI TRANSFORMATOR DI PT. PJB UBJ O&M PLTMG ARUN

Muchlis Abdul Muthalib, Adi Syahputra Ritonga, Raihan Putri, Habib Muharry Yusdartono

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, 24352, Aceh Utara, Indonesia

E-mail : adiritonga01@gmail.com

Abstrak— Kebutuhan listrik di Aceh terutama di daerah Lhokseumawe berpengaruh terhadap salah satu peralatan yang membantu penyaluran energy listrik dari pembangkit ke konsumen. Salah satu peralatan pembantu penyaliran listrik ke konsumen adalah transformator atau yang biasa disingkat dengan trafo. Menurut publikasi IEC 60076-7 ditetapkan bahwa trafo memiliki umur selama 20,55 tahun atau 180000 jam. Namun, kenyataannya umur trafo dapat menjadi lebih pendek karena pengaruh faktor pembebanan dan suhu dari trafo. Penelitian ini membahas tentang pengaruh pembebanan dan temperatur lingkungan terhadap susut umur transformator daya 36/ 60 MVA pada blok 3 dan blok 4 yang dilakukan di PT. PJB UBJ O&M PLTMG Arun Lhokseumawe, Nangroe Aceh Darussalam. Dari hasil perhitungan setelah 4 tahun trafo beroperasi, apabila trafo diberikan beban 100% maka trafo akan mengalami penyusutan umur sebesar 2,52 p.u/ hari sehingga memiliki sisa umur (untuk melakukan operasi) selama 10 tahun. Sedangkan untuk trafo yang diberikan beban 90% maka trafo akan mengalami penyusutan umur sebesar 1,44 p.u/ hari sehingga memiliki sisa umur (untuk melakukan operasi) selama 18 tahun lagi. Dan untuk trafo yang diberikan beban 80% maka trafo tersebut akan mengalami penyusutan umur sebesar 0,67 p.u/ hari sehingga akan memiliki sisa umur (untuk melakukan operasi kembali) selama 38 tahun lagi. Dari perhitungan di atas diperoleh susut umur diakibatkan oleh suhu lingkungan diperoleh untuk jenis pendingin ONAN pada blok 3 sebesar 0,71 p.u/ hari dan pada blok 4 sebesar 0,70 p.u/ hari. Sedangkan pada jenis pendingin ONAF pada blok 3 sebesar 0,004 p.u/ hari dan pada blok 4 sebesar 0,005 p.u/ hari. Hal ini sesuai dengan peraturan SPLN50/ 1982 mengenai susut umur transformator.

Keywords— *Pembebanan, Susut Umur, Transformator*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik di Aceh terutama di daerah Lhokseumawe berpengaruh terhadap salah satu peralatan yang membantu penyaluran energy listrik dari pembangkit ke konsumen. Salah satu peralatan pembantu penyaliran listrik ke konsumen adalah transformator atau yang biasa disingkat dengan trafo. Menurut publikasi IEC 60076-7 ditetapkan bahwa trafo memiliki umur selama 20,55 tahun atau 180000 jam [1]. Namun, kenyataannya umur trafo dapat menjadi lebih pendek karena pengaruh faktor pembebanan dan suhu dari trafo[2]. Pengaruh pembebanan yang paling terbesar disaat beban puncak atau saat beban mencapai 100%. Pembebanan yang tidak seimbang antar fasa

membuat kerja transformator menjadi lebih berat dan trafo tidak dapat bekerja secara maksimal. Ketidakseimbangan pembebanan pada trafo pada umumnya tidak lebih dari 20 % yang didasarkan kepada standar yang ditetapkan oleh PLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) [3][4] [5]. Selain pembebanan, suhu yang berada di lingkungan trafo juga menjadi penyebab umur trafo menjadi lebih pendek [6][7] sehingga dibutuhkan analisis dan perhitungan yang dilakukan agar mengetahui susut umur trafo yang dipengaruhi oleh pembebanan dan suhu lingkungan. PT. PJB UBJ O&M PLMG Arun merupakan suatu pembangkit listrik yang berkapasitas 184 MW dan menyuplay daya listrik di kota lhokseumawe dan sekitarnya. Sementara itu peningkatan pemakaian daya listrik semakin tahunnya semakin meningkat sehingga pengaruh pembebanan transformator daya juga menjadi permasalahan dalam masa penggunaan transformator tersebut.

II. METODE

Penelitian ini membahas tentang pengaruh pembebanan dan temperatur lingkungan terhadap susut umur transformator daya 36/ 60 MVA pada blok 3 dan blok 4 yang dilakukan di PT. PJB UBJ O&M PLTMG Arun Lhokseumawe, Nangroe Aceh Darussalam. Penelitian ini menggunakan data dengan cara observasi langsung ke lapangan dan data yang didapatkan berupa data pengamatan transformator yang menjadi objek penelitian serta pengamatan terhadap temperatur sekitar lokasi pengamatan. Penelitian ini juga menggunakan data kuantitatif yaitu data dalam bentuk angka – angka seperti data pembebanan transformator selama 24 jam. Untuk kondisi dengan nilai daya tertentu seperti Sirkulasi minyak alami dengan cara kenaikan temperatur rata – rata kumparan (diukur dengan tahanan) = 60°C , kenaikan temperatur top oil ($\Delta\theta_{wo}$) = 55°C , dan kenaikan temperatur rata – rata minyak ($\Delta\theta_b$) = 40°C . Perbedaan antara kenaikan temperatur rata – rata kumparan dan kenaikan rata – rata temperature minyak ($(\Delta\theta_{wo}) = 21^{\circ}\text{C}$ Kenaikan temperatur hot spot ($\Delta\theta_{cr}$) disusun sebagai berikut :

$$\Delta\theta_b = \Delta\theta_{br} + 1,1\Delta\theta_{wo} (1)$$

a. Kenaikan temperatur top oil

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

Keterangan :

d = ratio tinggi, x = konstan, x = 0,9 (ONAN dan ONAF)*, x = 1,0 (OFAF dan OFWF)*, $\Delta\theta_{br}$ = suhu, K = faktor beban (suplay beban/ rating beban)

b. Kenaikan temperatur hot spot

$$\theta_c = \theta_a + \Delta\theta_{on} + \Delta\theta_{td} \quad (3)$$

Keterangan :

θ_a = temperatur *ambient* (suhu lingkungan sekitar), $\Delta\theta_{on}$ = kenaikan temperatur top oil, $\Delta\theta_{td}$ = selisih temperatur antara hot spot dengan top oil

$$\Delta\theta_c = \Delta\theta_{br} \left[\frac{1+dK^2}{1+d} \right] + (\Delta\theta_{cr} - \Delta\theta_{br})K^{2y} \quad (4)$$

Keterangan :

$\Delta\theta_{cr}$ = kenaikan temperatur hot spot, y = konstan, y = 0,8 (ONAN dan ONAF), y = 0,9 (OFAF dan OFWF), dan $\Delta\theta_{br}$ = kenaikan temperatur top oil

c. Menghitung penuaan

$$\int_{t_1}^{t_2} V dt = \frac{h}{3} \{V_0 + V_n + 4(V_{odd}) + 2V_{even}\} \quad (5)$$

$$= \frac{h}{3} \{2V_n + 4(V_{odd}) + 2(V_{even})\} \quad (6)$$

Karena dengan karakteristik kurva V, $V_0 = V_n$ dengan h = konstanta, T = waktu, dan V_{odd} , V_{even} = laju penuaan thermal relatif

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Perhitungan – perhitungan dilakukan untuk mendapatkan pengaruh dari berbagai macam pembebanan terhadap transformator daya. Maka besarnya beban dibuat konstan yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Macam-Macam Pembebanan

No	Beban Transformator %
1	100
2	90
3	80

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang ada, maka dapat diketahui nilai susut umur pada transformator daya dan sisa masa operasinya berdasarkan masing – masing persentase pembebanan dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Susut Umur dan Sisa Umur Trafo dari Berbagai Macam Pembebanan

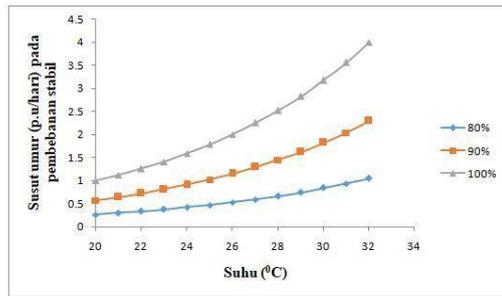
No	Beban %	Susut Umur (p.u hari)	Umur (Tahun)
1	100	2,52	10
2	90	1,44	18
3	80	0,67	38

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.2, setelah 4 tahun trafo beroperasi, apabila trafo diberikan beban 100% maka trafo akan mengalami penyusutan umur sebesar 2,52 p.u/ hari sehingga memiliki sisa umur (untuk melakukan operasi) selama 10 tahun. Sedangkan untuk trafo yang diberikan beban 90% maka trafo akan mengalami penyusutan umur sebesar 1,44 p.u/ hari sehingga memiliki sisa umur (untuk melakukan operasi) selama 18 tahun lagi. Dan untuk trafo yang diberikan beban 80% maka trafo tersebut akan mengalami penyusutan umur sebesar 0,67 p.u/ hari sehingga akan memiliki sisa umur (untuk melakukan operasi kembali) selama 38 tahun lagi. Selain factor pembebanan, factor suhu sangat berpengaruh terhadap umur transformator yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh suhu sekitar pada beban yang konstan

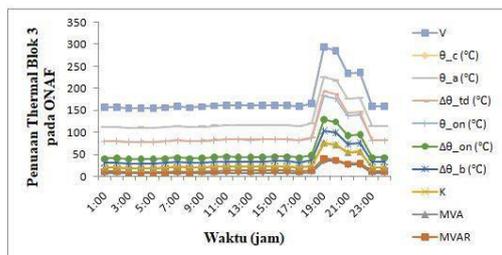
No	Suhu (°C)	Susut umur (p.u/hari) pada pembebanan stabil			
		80 %	90%	100%	
1	20	0,26	0,57	1,00	
2	21	0,30	0,64	1,12	
3	22	0,33	0,72	1,26	
4	23	0,37	0,81	1,41	
5	24	0,42	0,91	1,59	
6	25	0,47	1,02	1,78	
7	26	0,53	1,15	2,00	
8	27		0,59	1,29	2,25
9	28		0,66	1,45	2,52
10	29		0,74	1,62	2,83
11	30		0,84	1,82	3,18
12	31		0,94	2,04	3,56
13	32		1,05	2,29	4,00

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa bahwa suhu yang berubah dari terendah sampai yang tertinggi yaitu 200C sampai dengan 320C membuat susut umur pada masing – masing pembebanan berubah. Untuk pembebanan sebesar 80% susut umur pada transformator berada pada 0,26 p.u/hari sampai dengan 1,05 p.u/hari. Dan untuk pembebanan sebesar 90% susut umur pada transformator berada pada 0,57 p.u/hari sampai dengan 2,29 p.u/hari. Sedangkan untuk pembebanan sebesar 100% susut umur pada transformator berada pada 1,00 p.u/hari sampai dengan 4,00 p.u/hari. Dari hasil analisa tersebut dapat dijelaskan bahwa selisih susut umur pada masing – masing beban nilainya sama ini disebabkan karena transformator memiliki beban yang konstan. Sehingga berdasarkan peraturan SPLN 50/1982 mengenai susut umur pada transformator sesuai dengan hasil perhitungan yang diperoleh. Pengaruh suhu sekitar sangat berpengaruh terhadap beban yang konstan dan dapat dilihat pada Gambar 1.



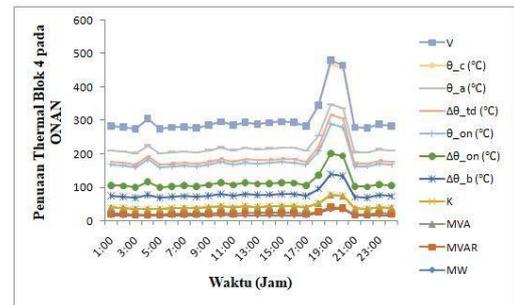
Gambar 1. Pengaruh suhu sekitar pada beban yang konstan

Semakin besar suhu yang diberikan pada transformator daya maka susut umur yang diperoleh akan semakin besar dengan diberikan beban yang tinggi, hal ini dapat dibuktikan pada beban yang tinggi yaitu 100% susut umur yang dihasilkan sangat besar yaitu sebesar 4 p.u/ hari dengan diberikan suhu pada transformator yang tinggi yaitu 32⁰C. Besarnya daya pengenal pada transformator daya yang digunakan adalah 32/ 60 MVA (ONAN/ ONAF). Besarnya beban transformator daya dapat dilihat pada Gambar 2 untuk blok 3 pada tanggal 20 November 2019 jam 19:00 adalah 34,88 MW 5,76 MVAR, sedangkan besarnya beban transformator daya untuk blok 4 pada tanggal 20 November 2019 jam 19:00 adalah 34,30 MV 7,78 MVAR.



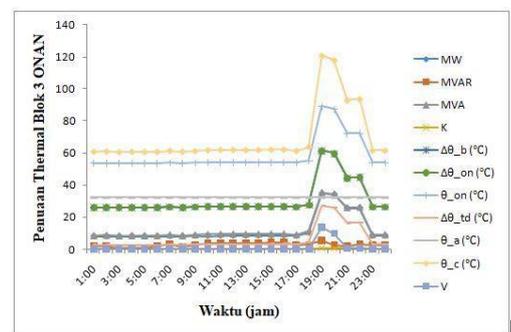
Gambar 2. Perhitungan penuaan thermal blok 3 pada masing – masing jam (ONAN)

Perhitungan penuaan thermal di blok 3 pada masing – masing jam di sistem pendingin ONAN dapat dijelaskan bahwa pada jam 19:00 memiliki susut umur yang paling tinggi pada setiap analisa dan perhitungan yang dilakukan hal ini disebabkan karena nilai MW dan MVAR yang berada pada transformator daya pada sistem pendingin ONAN lebih tinggi pada jam 19:00 sehingga susut umur yang dihasilkan lebih besar pada jam 19:00 sebesar 13,97 tahun. Sedangkan pada Gambar 3 di bawah pada perhitungan penuaan thermal di blok 4 pada masing – masing jam di sistem pendingin ONAN dapat dijelaskan bahwa pada jam 19:00 memiliki susut umur yang paling tinggi pada setiap analisa dan perhitungan yang dilakukan hal ini disebabkan karena nilai MW dan MVAR yang berada pada transformator daya pada sistem pendingin ONAN lebih tinggi pada jam 19:00 sehingga susut umur yang dihasilkan lebih besar pada jam 19:00 sebesar 13,05 tahun.



Gambar 3 Perhitungan penuaan thermal blok 4 pada masing – masing jam (ONAN)

Berdasarkan Gambar 4, pada perhitungan penuaan thermal di blok 3 pada masing – masing jam di sistem pendingin ONAF dapat dijelaskan bahwa pada jam 19:00 memiliki susut umur yang paling tinggi pada setiap analisa dan perhitungan yang dilakukan hal ini disebabkan karena nilai MW dan MVAR yang berada pada transformator daya pada sistem pendingin ONAF lebih tinggi pada jam 19:00 sehingga susut umur yang dihasilkan lebih besar pada jam 19:00 sebesar 0,033 tahun.



Gambar 4.4 Perhitungan penuaan thermal blok 3 pada masing – masing jam (ONAF)

Berdasarkan Gambar 4.2 di atas pada perhitungan penuaan thermal di blok 3 pada masing – masing jam di sistem pendingin ONAF dapat dijelaskan bahwa pada jam 19:00 memiliki susut umur yang paling tinggi pada setiap analisa dan perhitungan yang dilakukan hal ini disebabkan karena nilai MW dan MVAR yang berada pada transformator daya pada sistem pendingin ONAF lebih tinggi pada jam 19:00 sehingga susut umur yang dihasilkan lebih besar pada jam 19:00 sebesar 0,032 tahun.

Dari analisa yang diperoleh susut umur diakibatkan oleh suhu lingkungan diperoleh untuk jenis pendingin ONAN pada blok 3 sebesar 0,71 p.u/ hari dan pada blok 4 sebesar 0,70 p.u/ hari. Sedangkan pada jenis pendingin ONAF pada blok 3 sebesar 0,004 p.u/ hari dan pada blok 4 sebesar 0,005 p.u/ hari.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat penulis ambil dari penelitian yang sudah dilakukan berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan sebagai berikut :

1. Pengaruh suhu pada perhitungan susut umur tersebut yaitu setiap kenaikan suhu mulai dari suhu terendah yaitu

20⁰C sampai pada suhu tertinggi yaitu 32⁰C di Indonesia, pada setiap beban 80%, 90% dan 100% diperoleh kenaikan susut umur yang sangat pesat yaitu untuk beban 80% dari terendah 0,26 sampai dengan tertinggi 1,05 p.u/ hari dan untuk beban 90% dari terendah 0,57 sampai dengan tertinggi 2,29 p.u/ hari dan untuk beban 100% dari terendah 1,00 sampai dengan tertinggi 4,00 p.u/ hari.

2. Dari hasil perhitungan pada pembebanan konstan 80%, 90% dan 100% maka diperoleh nilai susut umur secara berturut-turut yaitu 0,67 p.u/hari; 1,44 p.u/ hari dan 2,52 p.u/ hari dan untuk sisa umur pada transformator daya secara berturut-turut yaitu 38 tahun, 18 tahun dan 10 tahun.

3. Nilai susut umur transformator berdasarkan data pembebanan pada tanggal 20 November 2019 yaitu pada jaringan pendingin jenis ONAN pada blok 3 sebesar 0,71 p.u/ hari dan pada blok 4 sebesar 0,70 p.u/ hari sedangkan pada jaringan pendingin jenis ONAF pada blok 3 sebesar 0,004 p.u/ hari dan pada blok 4 sebesar 0,005 p.u/ hari. Hal ini sesuai dengan peraturan SPLN50/ 1982 mengenai susut umur transformator.

V. REFERENSI

- [1] A. Hermawan, R. Sutjipto, S. Irmadhani Hidayat, and F. Berlian Suryaningtyas, "Studi Pengaruh Pembebanan sebagai Dasar Scheduling Maintenance untuk Meminimalisir Susut Umur Transformator 1 GI Blimbing," *ELPOSYS J. Sist. Kelistrikan*, vol. 7, no. 3, pp. 33–38, 2020, doi: 10.33795/elposys.v7i3.16.
- [2] G. Parlindungan, Danial, and R. Managam, "Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 kV Akibat Pembebanan Lebih di Pt.Pln (Persero) Kota Pontianak," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [3] S. Pranoto, N. N. Rusli, I. A. T. Distribusi, and I. Pendahuluan, "Penyeimbangan Beban pada Trafo Distribusi Penyulang Akkarena di Unit Layanan Pelanggan Mattoanging PT PLN (Persero)," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 37–46, 2020.
- [4] R. Rahman, T. Tambi, and M. Mustamin, "Analisa Pengaruh Pembebanan Trafo Terhadap Faktor Daya Sistem Distribusi pada Feeder PLTD Poasia," *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 03, no. 02, 2018.
- [5] M. D. Tobi, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong," *Electro Luceat*, vol. 4, no. 1, p. 5, 2018, doi: 10.32531/jelekn.v4i1.80.
- [6] R. Sutjipto, A. D. Novfowan, and R. Duanaputri, "Studi Perencanaan Peningkatan Kinerja Trafo Distribusi Dengan Relokasi Antara 2 Buah Trafo," *J. Eltek*, vol. 17, no. 2, p. 69, 2019, doi: 10.33795/eltek.v17i2.161.
- [7] R. S. dan D. Dhesah, "Studi pengaruh pembebanan terhadap perubahan suhu dan perubahan rugi - rugi daya pada transformator," *J. Eltek*, vol. 10, no. 1, pp. 62–71, 2020.