

Pengaruh Pembebanan Trafo Terhadap Lifetime Transformator Distribusi Di Daerah Kerja PT. PLN (PERSERO) ULP Deli Tua

The Effect of Transformer Loading on the Lifetime of Distribution Transformers in PT Work Areas. PLN (PERSERO) ULP Deli Tua

Oleh :

Emima Patrisia Sihotang
Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Medan
Jl. Almamater No.1 Kampus USU 20155 Medan
emimapatrisiasihotang@gmail.com

Abstract

Distribution transformers have a design life determined by the manufacturing company so that they can operate within a certain period of time. The International Electrotechnical Commission (IEC) 354 of 1972 states that if the transformer is loaded stable at its rated power with an ambient temperature of 20°C, the hot spot temperature of the transformer will reach 98°C and the life of the transformer will reach 20 years or 7300 days with a normal life loss of 0,0137% per day. The ambient temperature in Indonesia, which averages 30°C, requires that the load on the transformer be adjusted so that the life loss remains normal. A transformer that is overloaded or even exceeds its nominal power capacity will result in overheating as well as the temperature of the transformer windings. This can cause the transformer to experience shrinkage of life. After analyzing the five distribution transformers in the work area of PT. PLN (Persero) ULP Deli Tua, there are three transformers with loads below 80% to 100%. After calculating the winding temperature and transformer life shrinkage, these three transformers experienced normal life losses. Meanwhile, on two transformers whose load is above 100% of the transformer's power rating, it is found that the transformer experiences a decrease in life for the use of the transformer.

Keywords : Transformer Loading, Winding Temperature, Transformer Life Shrinkage

Abstrak

Transformator distribusi memiliki umur design yang ditentukan oleh perusahaan manufaktur sehingga dapat beroperasi dalam kurun waktu tertentu. *International Electrotechnical Commission (IEC) 354* tahun 1972 menyatakan apabila transformator dibebani stabil pada daya pengenalnya dengan kondisi suhu lingkungan 20°C, suhu *hot spot* transformator akan mencapai 98°C dan umur transformator akan mencapai 20 tahun atau 7300 hari dengan susut umur normal 0,0137% per-hari. Suhu lingkungan di Indonesia yang rata-ratanya 30°C mengharuskan penyesuaian beban pada transformator agar susut umur tetap normal. Transformator yang dibebani terlalu besar atau bahkan melebihi kapasitas daya nominalnya akan mengakibatkan panas yang berlebih juga pada suhu belitan transformator. Hal inilah yang dapat menyebabkan transformator mengalami penyusutan umur. Setelah dianalisis pada lima transformator distribusi yang terdapat di daerah kerja PT.PLN (Persero) ULP Deli Tua, terdapat tiga trafo yang berbeban dibawah 80% s/d 100%. Setelah perhitungan suhu belitan dan susut umur transformator, ketiga transformator ini mengalami susut umur yang masih normal. Sedangkan pada dua transformator yang berbeban di atas 100% dari *rating* daya transformator, diperoleh bahwa transformator mengalami penyusutan umur untuk pemakaian transformator.

Kata Kunci : Pembebanan Transformator, Suhu Belitan, Susut Mur Transformator

1. PENDAHULUAN

Di masa sekarang kebutuhan listrik semakin meningkat sejalan dengan perkembangan teknologi. Perkembangan yang pesat ini harus diikuti dengan perbaikan kualitas dan keandalan energi listrik yang dihasilkan. Transformator distribusi adalah peralatan tenaga listrik yang berfungsi menurunkan tegangan tinggi ke tegangan rendah, agar tegangan yang dipakai sesuai dengan rating peralatan listrik konsumen. Transformator merupakan peralatan listrik yang mahal, maka harus dijaga dan dipelihara agar memiliki umur panjang.

Umur transformator dapat berkurang akibat beberapa hal. Salah satu penyebab berkurangnya umur penggunaan transformator adalah pembebanan. Pembebanan mengakibatkan peningkatan temperatur pada transformator. Panas yang timbul pada inti dan kumparan 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.

Susut umur pada transformator disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu pembebanan, minyak trafo, suhu, dan juga isolasi belitan trafo. Penyusutan umur transformator ini dapat dicegah dengan melakukan penyisipan trafo ataupun mengganti transformator dengan kapasitas yang lebih besar. Oleh karena itu, penulis akan meneliti perkiraan umur transformator distribusi yang dipengaruhi oleh pembebanan lebih.

2. TINJAUAN TEORITIS

Berdasarkan latar belakang tugas akhir yang diambil, terlebih dahulu penulis melakukan studi pustaka pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya guna menentukan batasan-batasan masalah yang berkaitan erat dengan topik tugas akhir. Referensi ini kemudian akan digunakan untuk mempertimbangkan permasalahan-permasalahan apa saja yang berhubungan dengan topik tugas akhir. Adapun beberapa referensi tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut;

Susut umur transformator dipengaruhi oleh isolasi belitan transformator dan minyak transformator. Salah satu kerusakan atau kegagalan isolasi dari minyak transformator diakibatkan dari perubahan suhu dan pembebanan pada transformator tenaga terendam minyak tersebut. Abdul Kadir (2000:174) mengatakan, “karena beban itu berlangsung lama, suhu transformator akan secara berangsur-angsur naik. Dan kenaikan suhu itu secara lambat laun akan dapat merusak keadaan isolasi transformator”. Pertumbuhan beban yang terus meningkat akan menimbulkan masalah pada sistem yang beroperasi, baik pada keandalannya maupun pada kualitas penyaluran daya dari sistem tersebut. Untuk mengevaluasi sistem yang terpasang sehingga sistem akan tetap dapat beroperasi dalam batas-batas yang telah ditentukan maka diperlukan suatu analisa aliran beban yang juga berpengaruh terhadap keseimbangan beban yang terpasang pada jaringan listrik (Rishal Asri, 2013).

Kristocel Alvian Kodoati, “Analisa Perkiraan Umur Transformator” Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Manado, 2015. Dalam operasi sistem tenaga listrik, kehandalan dan kestabilan sistem sangat penting agar dapat memberi kenyamanan dalam pelayanan kepada konsumen. Salah satu upaya untuk mempertahankan kehandalan dan kestabilan suatu sistem tenaga listrik yaitu dengan memperhatikan kondisi dari peralatan-peralatan tenaga listrik yang ada. Salah satu peralatan yang sangat penting dalam suatu sistem tenaga listrik adalah transformator. Untuk penyaluran tenaga listrik baik di jaringan transmisi maupun distribusi, transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal dan terus-menerus.

Pdinanto, Thahja, “Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Usia Transformator Distribusi di PT. PLN Distribusi APJ Gresik,” Institut Teknologi Adhi Tama Jurusan Teknik Elektro. Surabaya, 2014. Karena lamanya umur dan besarnya pembebanan sangat bergantung pada suhu sekitar, dimana suhu

sekitar yang ada di Indonesia adalah 30°C, sedangkan transformator yang ada didesain untuk beroperasi pada suhu sekitar 20°C, sehingga kondisi ini akan mengakibatkan adanya penurunan umur kalau kapasitasnya diberikan tetap dan akan adanya penurunan kapasitas kalau diinginkan umur yang maksimal. Apabila ingin mendapat umur dan kapasitas yang optimum sebaiknya dilakukan penggantian transformator yang beroperasi pada suhu sekitar yang sesuai dengan suhu yang ada di Indonesia yaitu 30°C.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Tenaga listrik merupakan bentuk energi sekunder yang dibangkitkan, ditransmisikan dan didistribusikan kepada pelanggan / konsumen dan dimanfaatkan untuk segala macam keperluan. Sistem tenaga listrik merupakan rangkaian instalasi tenaga listrik yang terdiri dari sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi yang saling terintegrasi dan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi semua orang.

Sistem pembangkit tenaga listrik merupakan rangkaian instalasi yang terdiri dari peralatan-peralatan seperti generator yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik bekerja dengan mengubah energi potensial menjadi energi mekanik yang kemudian digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Energi potensial menggerakkan turbin kemudian putaran turbin yang merupakan energi mekanik digunakan untuk memutar generator listrik. Generator listrik mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik.

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan penyaluran energi listrik dari suatu tempat ke tempat lainnya atau dari pembangkit listrik ke gardu induk. Sebelum energi listrik ditransmisikan, hal pertama yang harus dilakukan adalah menaikkan tegangan yang disuplai dari generator menjadi 70 kV, 150 kV atau 500 kV, sebab tegangan yang dikeluarkan dari generator hanya berkisar antara 6,6 kV sampai 24 kV. Menaikkan berfungsi untuk mengurangi rugi daya pada saluran transmisi dan untuk mengimbangi jauhnya jarak saluran transmisi. Energi listrik ditransmisikan melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau melalui Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).

Sistem distribusi merupakan penyaluran energi listrik dari gardu induk ke konsumen. Terdapat dua sistem distribusi, yaitu sistem distribusi primer dan distribusi sekunder. Distribusi primer, penyalurannya dimulai dari gardu induk (sisi sekunder trafo daya) ke gardu distribusi (sisi primer trafo distribusi) atau dari gardu induk langsung ke konsumen tegangan menengah 20 kV melalui transformator *step down*. Distribusi sekunder, penyalurannya dimulai dari gardu distribusi (sisi sekunder trafo distribusi) ke konsumen tegangan rendah. Energi tenaga listrik disalurkan melalui penyulang-penyulang yang berupa saluran udara ataupun saluran kabel bawah tanah. Penyulang distribusi terletak di gardu distribusi. Fungsi gardu distribusi untuk menurunkan tegangan distribusi primer menjadi tegangan rendah atau tegangan distribusi sekunder sebesar 220/380 V.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Area ULP Deli Tua

Jaringan distribusi tenaga listrik di area ULP Deli Tua meliputi dua Gardu Induk dengan tujuh penyulang (*feeder*).

Pada Gardu Induk Titi Kuning menyalurkan listrik ke daerah ULP Deli Tua melalui empat Penyulang, yaitu :

- 1) PenyulangTK05
- 2) PenyulangTN04
- 3) PenyulangTNO5
- 4) PenyulangTN06

Pada Gardu Induk Namorambe menyalurkan listrik ke daerah ULP Deli Tua melalui tiga Penyulang, yaitu :

- 1) PenyulangNR02
- 2) PenyulangNR05
- 3) PenyulangNR16

3.2 Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data dan informasi yang diperlukan dalam laporan tugas akhir ini, maka laporan tugas akhir menggunakan dua metode pengumpulan data, yaitu :

1. Metode Observasi

Metode ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung ke lapangan untuk memperoleh data yang didampingi oleh pembimbing lapangan dan staf yang bertugas.

2. Metode Literatur

Metode ini dilakukan dengan membaca dan mencari referensi melalui buku, jurnal, internet, dan pustaka melakukan browsing yang berkaitan dengan tema pembahasan tugas akhir.

Data yang harus disediakan untuk penulisan laporan tugas akhir ini adalah data dan hasil pengukuran beban tegangan gardu distribusi masing-masing trafo. Sehingga penulis melakukan pengukuran beban pada *incoming* dan *outgoing* trafo dengan menggunakan tang ampere digital.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perkiraan Susut Umur Transformator

Dari hasil perhitungan beban pada poin 4.1, kita dapat memperkirakan umur dari transformator tersebut. Perkiraan umur transformator dihitung dengan mengacu pada tabel. Untuk pembebanan 100%, suhu lilitan transformator tersebut mencapai 98°C dengan suhu sekitar tidak melebihi 40°C (SPLN D3.002-1 : 2007) Kita juga menggunakan tabel sebagai referensi untuk memperkirakan umur transformator. Berdasarkan tabel Nilai suhu terendah adalah 80°C, maka untuk mempermudah perhitungan diasumsikan untuk suhu <80°C perkiraan susut umur (p.u) sama dengan 80°C yaitu 0,125 untuk waktu pembebanan 20 jam LWBP dan 4 jam WBP.

Berikut merupakan perhitungan perkiraan susut umur transformator :

4.1.1 Transformator DT39-1

Pada saat Waktu Beban Puncak (18.00 s/d 22.00), beban yang diterima oleh transformator mencapai 51,14% dari daya pengenalnya (*rated power*) dan tidak dalam kondisi *overload*. Sedangkan pada saat Luar Waktu Beban Puncak beban yang diterima transformator tersebut adalah 49% dari daya pengenalnya atau tidak dalam kondisi *overload*.

Pada saat Waktu Beban Puncak beban transformator yang mencapai 51,14%, perkiraan suhu transformator tersebut dapat dicari dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.22), yaitu :

$$\text{Suhu lilitan pada WBP} = \% \text{Beban WBP} \times 98^{\circ}\text{C} \times 100\%$$

$$= 51,14\% \times 98^{\circ}\text{C} \times 100\%$$

$$= 50,11^{\circ}\text{C}$$

Suhu lilitan transformator pada saat waktu beban puncak berlangsung selama 4 jam adalah 50,11°C

Berdasarkan keterangan, perkiraan susut umur transformator (p.u) pada suhu 50,11°C adalah 0,125

Pada saat Luar Waktu Beban Puncak beban transformator yang mencapai 22,16%, perkiraan suhu transformator tersebut dapat dicari dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.23), yaitu :

$$\text{Suhu lilitan pada LWBP} = 98^{\circ}\text{C} - (100\% - \% \text{Beban LWBP}) \times 98^{\circ}\text{C} = 98^{\circ}\text{C} - (100\% - 22,16\%) \times 98^{\circ}\text{C}$$

$$= 98^{\circ}\text{C} - 0,77 \times 98^{\circ}\text{C}$$

$$= 22,54^{\circ}\text{C}$$

Suhu lilitan transformator pada saat luar waktu beban puncak berlangsung selama 20 jam adalah 22,54°C

Berdasarkan tabel 2.4, perkiraan susut umur transformator (p.u) pada suhu 22,54°C adalah 0,125.

Maka perkiraan perhitungan susut umur transformator selama 24 jam adalah: Susut umur transformator (24 jam) = $(t_1 \times p. u) + (t_2 \times p. u)$

$$= (4 \times 0,125) + (20 \times 0,125) = 0,5 + 2,5$$

$$= 3 \text{ jam}$$

Hasil dari perkiraan susut umur transformator adalah tiga jam dalam satu hari. Apabila dari hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator hasilnya kurang dari 24 jam, maka transformator tidak akan mengalami penyusutan. Jadi perkiraan umur transformator DT39-1 adalah >20 tahun.

4.1.2 Transformator DT467-1

Pada saat Waktu Beban Puncak (18.00 s/d 22.00), beban yang diterima oleh transformator mencapai 83,13% dari daya pengenalnya (*rated power*) dan tidak dalam kondisi *overload*. Sedangkan pada saat Luar Waktu Beban Puncak beban yang diterima transformator tersebut adalah 66,49% dari daya pengenalnya atau tidak dalam kondisi *overload*.

5. PENUTUP

Transformator DT39-1 tidak mengalami *overload* dikarenakan bebannya masih di bawah 80%, sedangkan transformator DT467-1, DT436-1, DT171-1 dan DT67-1 mengalami *overload* karena beban melebihi 80%. Transformator DT39-1, DT467-1 dan DT436-1 mengalami penyusutan umur namun masih dalam batas normal. Sedangkan DT171-1 dan DT67-1 mengalami susut umur yang tinggi sehingga mengakibatkan penyusutan umur. Transformator yang mengalami penyusutan umur adalah transformator dengan beban di atas 100%.

Perlunya melakukan pengukuran beban transformator secara berkala agar mengetahui apakah beban pada transformator masih dalam batas normal atau *overload*. Melakukan penggantian trafo dengan daya yang lebih besar pada trafo yang berbeban lebih agar tidak terjadi penyusutan umur transformator.

DAFTAR PUSTAKA

Gultom, Danial. 2016. *Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 kV Akibat Pembebanan Lebih Di PT.PLN (Persero) Kota Pontianak* : Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura.

Kho, Dickson. *Jenis-jenis Transformator (Trafo)*, diakses dari <https://teknikelektronika.com/jenis-jenis-transformator-trafo/>, pada 6 Juni 2022.

Erwan, *Bagian-bagian Transformator dan Fungsinya, 2013*, diakses dari <http://erwansyah19.blogspot.com/2013/09/trafo-tenaga-2.html>, pada 6 Juni 2022.

Ir. Markoni, S.H., M.T. 2017. *Teori Dasar Teknik Tenaga Listrik Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Dendi, Baso Mukhlis, 2014. *Analisis Pembebanan Transformator Gardu Selatan Kampus Universitas Tadukalo*: Teknik Elektro Universitas Tadukalo.

Sujito, 2009, "Perhitungan Life Time Transformator Jaringan Distribusi 20 Kv Di Apj Malang", Jurnal Tekno Volume 11 Maret 2009 ISSN 1693-8739.

Syafriyudin, 2011, *Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 Kv Di APJ Jogjakarta*: Jogjakarta.

Hermanto, Handoko. 2017. *Optimalisasi Beban Pada Gardu Trafo Distribusi*, diakses dari <https://docplayer.info/47190083-Bab-iv-optimalisasi-beban-pada-gardu-trafo-distribusi.html>, diakses pada 6 Juni 2022.

Koodati, Krestovel Alvian, Fielman Lisi, Marthinus Pakiding. 2015. *Analisa Perkiraan Umur Transformator*. E-journal Teknik Elektro dan Komputer, ISSN:2301-8402.

McGraw-Hill Book CaSingapore, 1986Sulasno, William D, JR, "Analisa System Tenaga Listrik", (Diterjemahkan oleh: Idris, Kamal. Ir, Erlangga, Jakarta, 1994).