

ANALISA KINERJA OPERASIONAL DAN TEMPERATURE TERHADAP LIFE TIME TRANSFORMATOR 370 MVA

Setio Pambudi

Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia
Emakl: Setio.pambudi87@gmail.com

*Correspondence: Setio.pambudi87@gmail.com

INFO ARTIKEL

Diajukan : 09-01-2023
Diterima : 20-01-2023
Diterbitkan : 27-01-2023

ABSTRAK

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang sangat penting dalam sistem ketenagalistrikan. Transformator berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dari sistem pembangkitan listrik dan sistem distribusi. Dengan kondisi temperature di Indonesia maka rata - rata temperature di pembangkit listrik menggunakan pendingin minyak isolasi transformator. Pembebanan pada transformator pembangkit listrik selalu berubah – ubah tergantung dari pusat pengaturan beban. Pada saat pembebanan maka akan ada arus yang mengalir ke dalam kumparan transformator sehingga mengakibatkan temperature transformator meningkat. Temperature yang terlalu panas akan mengakibatkan kerusakan pada isolasi transformator dan akan berakibat pada pengurangan masa guna transformator itu sendiri. Penelitian ini dilakukan pengamatan dan analisa dengan mengetahui kinerja transformator dalam durasi 24 jam normal operasi dengan membandingkan antara pengaruh temperature operasi ketika perubahan beban, temperature lingkungan dan temperature hotspot. Perubahan kenaikan temperature yang terjadi pada transformator dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah dari individual transformator tersebut dan temperature lingkungan dimana transformator tersebut dioperasikan. Temperature individual transformator disebabkan oleh besarnya pembebanan yang ditanggung oleh transformator tersebut sehingga arus yang mengalir pada belitan transformator akan semakin tinggi, arus yang terus meningkat akan menyebabkan pada belitan transformator. Temperature yang sangat tinggi pada belitan akan mengakibatkan kerusakan pada isolasi dan kenaikan temperatur tersebut dapat mengubah sifat isolator minyak transformator yang mengakibatkan nilai dari minyak isolasi menurun dan penurunan kemampuan tingkat isolasi berpengaruh kepada masa guna dari transformator tersebut. Faktor lain dari meningkatnya temperatur transformator adalah dari temperatur lingkungan. Dengan kondisi dimana transformator tersebut dioperasikan dan kondisi iklim tropis di Indonesia yang cukup tinggi, hal ini dapat menyebabkan peningkatan temperatur transformator.

Kata kunci: Lingkungan;
Minyak Isolasi
Transformator; Pembangkit
Listrik; Temperature
Hotspot; Temperature
Lingkungan; Transformator.

ABSTRACT

Transformers are very important electrical equipment in the electricity system. Transformers function to increase and decrease the voltage of the electrical assembly system and distribution system. With the temperature conditions in Indonesia, the average temperature in the power plant uses transformer insulation oil cooling. The loading on the power plant transformer always changes depending on the load management center. At the time of loading, there will be current flowing into the transformer coil resulting in increased transformer temperature. Too hot temperatures will cause damage to the

Keywords: Environment;
Transformer Insulating Oil;
Power Plant; Hotspot
Temperature; Environmental
Temperature; Transformer

transformer insulation and will result in a reduction in the useful life of the transformer itself. This research is carried out observation and analysis by knowing the performance of the transformer in the duration of 24 hours of normal operation by comparing the effect of operating temperature when the load changes, environmental temperature and hotspot temperature. The change in temperature increase that occurs in the transformer is influenced by several factors, including the individual transformer and the temperature of the environment where the transformer is operated. The individual temperature of the transformer is caused by the amount of loading borne by the transformer so that the current flowing in the transformer winding will be higher, the current that continues to increase will cause the transformer winding. A very high temperature in the winding will cause damage to the insulation and the temperature rise can change the insulating properties of the transformer oil which results in the value of the insulating oil decreasing and the decrease in the ability of the insulation level affects the useful life of the transformer. Another factor of increasing transformer temperature is from ambient temperature. With the conditions under which the transformer is operated and the tropical climate conditions in Indonesia which are quite high, this can cause an increase in transformer temperature.



Attribution-ShareAlike 4.0 International

Pendahuluan

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan tanpa merubah frekuensi melalui suatu kumparan dan berdasarkan prinsip induksi electromagnet ([Mercubuana, 2022](#)), ([Permata & Lestari, 2020](#)), ([Adam & Prabowo, 2019](#)). Daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit harus mengalami beberapa tahapan yaitu dari pembangkitan dinaikkan tegangan ke jaringan transmisi dan tegangan akan diturunkan lagi di jaringan pendistribusian sebelum daya itu dapat digunakan oleh konsumen sesuai dengan kebutuhan ([Mercubuana, 2008](#)), ([Hafizi, 2022](#)), ([Al Iffi, 2014](#))

Transformator merupakan salah satu komponen utama dalam sistem tenaga listrik karena berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit sampai ke konsumen ([Tasiam, 2017](#)), ([Abidin & Khair, 2021](#)), ([Pranta Saragih, 2019](#)). Dalam sistem operasi penyaluran energi listrik, transformator dapat dikatakan jantung dari transmisi dan distribusi sehingga diharapkan dapat bekerja secara terus menerus dan mempunyai masa guna yang sesuai dengan perkiraan masa guna dari transformator tersebut. Umur dari power transformator dapat dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga menyebabkan umurnya berkurang. Salah satu faktor penyebab dari berkurangnya umur transformator adalah pengaruh dari pembebanan, pembebanan yang berlebih dapat mengakibatkan peningkatan temperatur transformator sehingga dapat menimbulkan panas dari trafo. Panas mengakibatkan kerusakan pada isolasi transformator sehingga dapat mempercepat proses penuaan umur transformator. Pada proses pembangkitan tenaga listrik yang dilakukan dengan cara memutar generator sinkron sehingga didapatkan tenaga listrik arus bolak - balik tiga fasa. Generator diputar dengan menggunakan tenaga mekanik yang didapat dari penggerak mula (primover) atau turbin. Ada berbagai macam penggerak generator listrik yang digunakan diantaranya mesin diesel, turbin uap, turbin air, dan turbin gas ([Mercubuana, 2022](#)). Listrik yang di hasilkan oleh pembangkit kemudian dinaikkan tegangannya oleh transformator yang mana berfungsi untuk menaik atau menurunkan tegangan dikarenakan akan disalurkan ke tujuan yang sangat jauh untuk menghindari akibat hilangnya tegangan dan arus yang di sebabkan oleh luas penampang dan panjang konduktor, setelah listrik dinaikkan tegangannya kemudian disalurkan melalui saluran transmisi yang mana saluran ini bermacam jenisnya seperti Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi, listrik ini akan di

sampaiakna ke gardu-gardu induk di masing-masing wilayah dan di turunkan tegangannya dengan transtormator, yang kemudian akan di distribusikan melalui saluran distribusi hingga sampai ke pelanggan atau konsumen baik itu industri, perkantoran ataupun perumahan ([Mercubuana, 2008](#)).

Seperti yang telah disampaikan dalam penelitian terdahulu yang telah dilakukan ([Herawati, 2020](#)), mengenai Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi dan Usia Transformator (Studi Kasus Transformator IV Gardu Induk Sukamerindu Bengkulu) Berdasarkan Standar IEC 60076-7, pada penelitian ini menggunakan metode temperatur dengan beban maksimal 30 MVA.

Penelitian Selanjutnya ([Krisnadi, 2011](#)), ([Maruf & Primadiyono, 2021](#)), ([Krisnadi, 2011](#)) yaitu mengenai Analisis Pengaruh Pembebanan dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 MVA Unit 1 dan 2 Di GI 150 kV Kalisari, pada penelitian ini menggunakan data pembebanan satu hari yang diambil selama 30 hari.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara kuantitatif dengan pengukuran dan pengambilan data sebanyak dua puluh empat kali pada tanggal 31 Juli 2022 selama dua puluh empat jam berdasarkan Tabel 1.

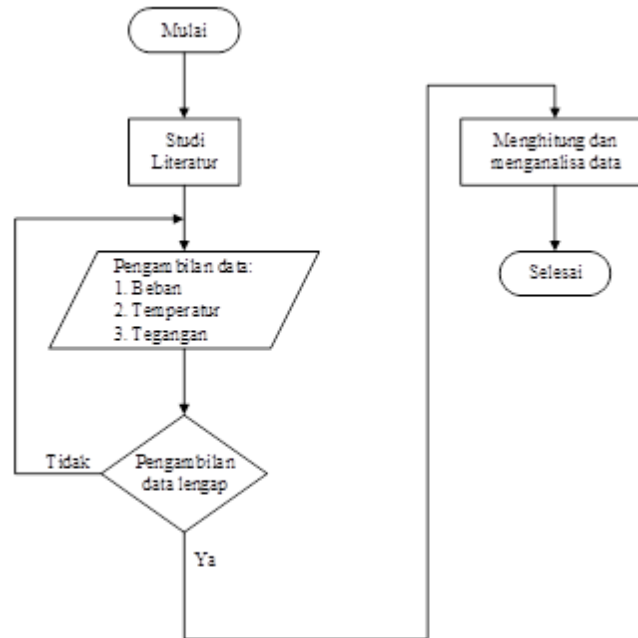
Tabel 1. Data Penelitian

| <i>Time</i> | P (MW) | Q (MVAR) | V (kV) | <i>Top Oil</i> (°C) | <i>Bottom Oil</i> (°C) |
|-------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| 00:00 | 201.565 | -9.759 | 19.843 | 33.439 | 27.126 |
| 01:00 | 190.114 | -9.819 | 19.840 | 33.214 | 27.074 |
| 02:00 | 186.457 | -13.005 | 19.832 | 32.870 | 26.849 |
| 03:00 | 186.516 | -13.734 | 19.826 | 32.396 | 26.680 |
| 04:00 | 186.262 | -15.445 | 19.821 | 32.057 | 26.597 |
| 05:00 | 186.819 | -7.099 | 19.832 | 31.532 | 26.549 |
| 06:00 | 186.543 | 3.135 | 19.946 | 31.389 | 26.429 |
| 07:00 | 186.236 | 10.988 | 20.007 | 31.387 | 26.451 |
| 08:00 | 185.955 | 16.619 | 20.033 | 32.731 | 26.511 |
| 09:00 | 188.825 | 23.570 | 20.053 | 34.943 | 27.110 |
| 10:00 | 191.304 | 26.855 | 20.049 | 37.410 | 27.890 |
| 11:00 | 190.663 | 24.820 | 20.052 | 39.243 | 28.468 |
| 12:00 | 190.722 | 19.127 | 20.050 | 40.174 | 28.830 |
| 13:00 | 189.327 | 22.030 | 20.051 | 41.028 | 28.983 |
| 14:00 | 196.364 | 21.820 | 20.050 | 41.145 | 29.004 |
| 15:00 | 196.798 | 22.318 | 20.049 | 40.651 | 28.964 |
| 16:00 | 196.027 | 20.948 | 20.047 | 40.409 | 28.912 |
| 17:00 | 196.537 | 14.406 | 20.045 | 39.711 | 28.892 |
| 18:00 | 196.643 | 4.997 | 20.045 | 38.393 | 28.604 |
| 19:00 | 195.417 | -1.305 | 20.038 | 37.293 | 28.199 |
| 20:00 | 196.733 | 0.351 | 20.034 | 36.735 | 28.038 |
| 21:00 | 196.254 | 28.574 | 20.091 | 36.153 | 27.844 |
| 22:00 | 196.183 | 35.617 | 20.115 | 35.220 | 27.579 |
| 23:00 | 196.416 | 38.375 | 20.112 | 34.528 | 27.441 |

Studi literatur dipelajari mengenai sistem pengoperasi transformator dan karakteristik transformator terhadap perubahan pembebanan yang akan mengakibatkan kenaikan temperatur.

Flow Chart

Adapun tampilan *flowchart* sistem dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Proses Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pengambilan data yang telah dilakukan pada tanggal 31 Juli 2022, maka hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk penyajian data yang sesuai dengan hasil pengambilan data yang telah dilakukan sebelumnya.

Data Transformator

Tranformator yang akan dijadikan sebagai objek penelitian adalah tranformator *step up* dengan pendingin minyak yang berkapasitas 370 MVA.

- Tipe : *Outdoor Three Phase*
- Pendingin : ONAF
- Kapasitas : 370 MVA
- Tegangan : 150 / 20 kV
- Tahun Opeasi : 2012

Perhitungan Data

Untuk mendapatkan pengaruh dari pembebanan power transformator maka harus diketahui terlebih dahulu nilai rasio pembebanan. Rasio pembebanan dicari untuk mengetahui bagaimana kinerja dari kapasitas rating transformator terhadap pembebanan power transformator. Rasio Pembebanan dapat dicari menggunakan persamaan dibawah ini,

$$K = \frac{S}{Sr}$$

Rasio pembebanan dihitung pada setiap data yang sudah dilakukan, data rasio pembanan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.

| <i>Time</i> | Sr (MVA) | S (MVA) | K |
|-------------|---------------------|--------------------|----------|
| 00:00 | 370 | 201.801 | 0.545 |
| 01:00 | 370 | 190.367 | 0.515 |
| 02:00 | 370 | 186.910 | 0.505 |
| 03:00 | 370 | 187.021 | 0.505 |
| 04:00 | 370 | 186.901 | 0.505 |
| 05:00 | 370 | 186.954 | 0.505 |
| 06:00 | 370 | 186.570 | 0.504 |
| 07:00 | 370 | 186.560 | 0.504 |
| 08:00 | 370 | 186.696 | 0.505 |
| 09:00 | 370 | 190.291 | 0.514 |
| 10:00 | 370 | 193.180 | 0.522 |
| 11:00 | 370 | 192.271 | 0.520 |
| 12:00 | 370 | 191.679 | 0.518 |
| 13:00 | 370 | 190.605 | 0.515 |
| 14:00 | 370 | 197.573 | 0.534 |
| 15:00 | 370 | 198.060 | 0.535 |
| 16:00 | 370 | 197.143 | 0.533 |
| 17:00 | 370 | 197.064 | 0.533 |
| 18:00 | 370 | 196.707 | 0.532 |
| 19:00 | 370 | 195.421 | 0.528 |
| 20:00 | 370 | 196.733 | 0.532 |
| 21:00 | 370 | 198.323 | 0.536 |
| 22:00 | 370 | 199.390 | 0.539 |
| 23:00 | 370 | 200.130 | 0.541 |

Selisih temperatur yang diberi simbol $\Delta\theta_{WO/BO}$ adalah perbedaan antara temperatur minyak bagian atas dengan temperatur minyak bagian bawah sehingga didapat selisih temperaturnya. Untuk mendapatkan selisih temperatur menggunakan kalkulasi temperatur minyak bagian atas dikurangi temperatur minyak bagian bawah dapat dituliskan seperti dibawah ini,

$$\Delta\theta_{WO/BO} = \text{Top Oil} - \text{Bottom Oil}$$

Hasil perhitungan selisih temperatur dihitung pada setiap data yang sudah dilakukan, data selisih temperatur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3

| <i>Time</i> | <i>Top Oil (°C)</i> | <i>Bottom Oil (°C)</i> | $\Delta\theta_{WO/BO}$ |
|-------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|
| 00:00 | 33.439 | 27.126 | 6.313 |
| 01:00 | 33.214 | 27.074 | 6.140 |
| 02:00 | 32.870 | 26.849 | 6.021 |
| 03:00 | 32.396 | 26.680 | 5.715 |
| 04:00 | 32.057 | 26.597 | 5.460 |
| 05:00 | 31.532 | 26.549 | 4.983 |

| | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| 06:00 | 31.389 | 26.429 | 4.959 |
| 07:00 | 31.387 | 26.451 | 4.936 |
| 08:00 | 32.731 | 26.511 | 6.220 |
| 09:00 | 34.943 | 27.110 | 7.833 |
| 10:00 | 37.410 | 27.890 | 9.520 |
| 11:00 | 39.243 | 28.468 | 10.775 |
| 12:00 | 40.174 | 28.830 | 11.344 |
| 13:00 | 41.028 | 28.983 | 12.045 |
| 14:00 | 41.145 | 29.004 | 12.141 |
| 15:00 | 40.651 | 28.964 | 11.686 |
| 16:00 | 40.409 | 28.912 | 11.496 |
| 17:00 | 39.711 | 28.892 | 10.820 |
| 18:00 | 38.393 | 28.604 | 9.789 |
| 19:00 | 37.293 | 28.199 | 9.094 |
| 20:00 | 36.735 | 28.038 | 8.697 |
| 21:00 | 36.153 | 27.844 | 8.309 |
| 22:00 | 35.220 | 27.579 | 7.641 |
| 23:00 | 34.528 | 27.441 | 7.086 |

Pengoperasian transformator akan menghasilkan panas yang akan menyebabkan degradasi pada karakteristik komponen bahan dari transformator dan kerusakan struktural yang disebabkan tekanan karena perubahan temperatur. Temperatur minyak yang berlebihan dapat menyebabkan kerugian yang tidak bisa diterima dari umur isolasi. Kenaikan temperatur hotspot dapat ditulis seperti dibawah ini,

$$\Delta\theta_H = H \times g \times K^{2m}$$

Dimana,

- H : Faktor Hotspot
- g : Selisih Temperatur
- K : Rasio Pembebanan

Hasil perhitungan kenaikan temperatur dihitung pada setiap data yang sudah dilakukan, data kenaikan temperatur dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.

| <i>Time</i> | H | g | K | $\Delta\theta_H$ |
|-------------|----------|----------|----------|------------------|
| 00:00 | 1.3 | 6.313 | 0.545 | 3.111 |
| 01:00 | 1.3 | 6.140 | 0.515 | 2.756 |
| 02:00 | 1.3 | 6.021 | 0.505 | 2.625 |
| 03:00 | 1.3 | 5.715 | 0.505 | 2.494 |
| 04:00 | 1.3 | 5.460 | 0.505 | 2.380 |
| 05:00 | 1.3 | 4.983 | 0.505 | 2.173 |
| 06:00 | 1.3 | 4.959 | 0.504 | 2.156 |
| 07:00 | 1.3 | 4.936 | 0.504 | 2.145 |
| 08:00 | 1.3 | 6.220 | 0.505 | 2.707 |
| 09:00 | 1.3 | 7.833 | 0.514 | 3.514 |
| 10:00 | 1.3 | 9.520 | 0.522 | 4.375 |

| | | | | |
|-------|-----|--------|-------|-------|
| 11:00 | 1.3 | 10.775 | 0.520 | 4.915 |
| 12:00 | 1.3 | 11.344 | 0.518 | 5.149 |
| 13:00 | 1.3 | 12.045 | 0.515 | 5.418 |
| 14:00 | 1.3 | 12.141 | 0.534 | 5.784 |
| 15:00 | 1.3 | 11.686 | 0.535 | 5.590 |
| 16:00 | 1.3 | 11.496 | 0.533 | 5.458 |
| 17:00 | 1.3 | 10.820 | 0.533 | 5.133 |
| 18:00 | 1.3 | 9.789 | 0.532 | 4.631 |
| 19:00 | 1.3 | 9.094 | 0.528 | 4.257 |
| 20:00 | 1.3 | 8.697 | 0.532 | 4.115 |
| 21:00 | 1.3 | 8.309 | 0.536 | 3.983 |
| 22:00 | 1.3 | 7.641 | 0.539 | 3.694 |
| 23:00 | 1.3 | 7.086 | 0.541 | 3.446 |

Sehingga dapat diketahui nilai akhir temperatur *hotspot* berdasarkan persamaan dibawah ini,

$$\theta_H = \theta_A + \theta_{BO} + \Delta\theta_{WO/BO} + \Delta\theta_{H/W}$$

Dimana:

θ_A : Temperatur ambient (°C)

θ_{BO} : Temperatur minyak bagian bawah (°C)

$\Delta\theta_{WO/BO}$: Selisih Temperatur (°C)

$\Delta\theta_{H/WO}$: Kenaikan temperatur hotspot (°C)

Hasil perhitungan temperatur *hotspot* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.

| <i>Time</i> | A | <i>Bottom Oil</i> (°C) | g | $\Delta\theta_H$ | θ_H |
|-------------|----------|----------------------------------|----------|------------------|------------|
| 00:00 | 26.126 | 27.126 | 6.313 | 3.111 | 62.676 |
| 01:00 | 26.074 | 27.074 | 6.140 | 2.756 | 62.044 |
| 02:00 | 25.849 | 26.849 | 6.021 | 2.625 | 61.344 |
| 03:00 | 25.680 | 26.680 | 5.715 | 2.494 | 60.570 |
| 04:00 | 25.597 | 26.597 | 5.460 | 2.380 | 60.034 |
| 05:00 | 25.549 | 26.549 | 4.983 | 2.173 | 59.254 |
| 06:00 | 25.429 | 26.429 | 4.959 | 2.156 | 58.974 |
| 07:00 | 25.451 | 26.451 | 4.936 | 2.145 | 58.983 |
| 08:00 | 25.511 | 26.511 | 6.220 | 2.707 | 60.949 |
| 09:00 | 26.110 | 27.110 | 7.833 | 3.514 | 64.567 |
| 10:00 | 26.890 | 27.890 | 9.520 | 4.375 | 68.675 |
| 11:00 | 27.468 | 28.468 | 10.775 | 4.915 | 71.626 |
| 12:00 | 27.830 | 28.830 | 11.344 | 5.149 | 73.152 |
| 13:00 | 27.983 | 28.983 | 12.045 | 5.418 | 74.429 |
| 14:00 | 28.004 | 29.004 | 12.141 | 5.784 | 74.933 |
| 15:00 | 27.964 | 28.964 | 11.686 | 5.590 | 74.204 |
| 16:00 | 27.912 | 28.912 | 11.496 | 5.458 | 73.779 |
| 17:00 | 27.892 | 28.892 | 10.820 | 5.133 | 72.736 |

| | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 18:00 | 27.604 | 28.604 | 9.789 | 4.631 | 70.628 |
| 19:00 | 27.199 | 28.199 | 9.094 | 4.257 | 68.749 |
| 20:00 | 27.038 | 28.038 | 8.697 | 4.115 | 67.887 |
| 21:00 | 26.844 | 27.844 | 8.309 | 3.983 | 66.980 |
| 22:00 | 26.579 | 27.579 | 7.641 | 3.694 | 65.493 |
| 23:00 | 26.441 | 27.441 | 7.086 | 3.446 | 64.416 |

Kurva masa guna isolasi transformator per unit dapat digunakan sebagai dasar bagi perhitungan percepatan faktor penurunan masa guna atau *factor aging acceleration* (FAA) untuk beban yang diberikan dan temperatur atau untuk beban yang bervariasi dan profil temperatur selama periode 24 jam. Untuk mencari FAA dapat menggunakan persamaan di bawah ini :

$$FAA = e^{\left[\frac{15000}{383} - \frac{15000}{\theta_H + 273}\right]}$$

Hasil perhitungan *factor aging acceleration* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.

| <i>Time</i> | θ_H | FAA |
|-------------|------------|-----------|
| 00:00 | 62.676 | 0.0039998 |
| 01:00 | 62.044 | 0.0036766 |
| 02:00 | 61.344 | 0.0033477 |
| 03:00 | 60.570 | 0.0030166 |
| 04:00 | 60.034 | 0.0028062 |
| 05:00 | 59.254 | 0.0025247 |
| 06:00 | 58.974 | 0.0024301 |
| 07:00 | 58.983 | 0.0024334 |
| 08:00 | 60.949 | 0.0031747 |
| 09:00 | 64.567 | 0.0051377 |
| 10:00 | 68.675 | 0.0087658 |
| 11:00 | 71.626 | 0.0127662 |
| 12:00 | 73.152 | 0.0154666 |
| 13:00 | 74.429 | 0.0181371 |
| 14:00 | 74.933 | 0.0193072 |
| 15:00 | 74.204 | 0.0176373 |
| 16:00 | 73.779 | 0.0167267 |
| 17:00 | 72.736 | 0.0146817 |
| 18:00 | 70.628 | 0.0112501 |
| 19:00 | 68.749 | 0.0088496 |
| 20:00 | 67.887 | 0.0079205 |
| 21:00 | 66.980 | 0.0070426 |
| 22:00 | 65.493 | 0.0058023 |
| 23:00 | 64.416 | 0.0050363 |

Efek penuaan transformator dapat dinyatakan dalam persentase kehilangan umur (*percentage loss of life*) seperti dapat dilihat dibawah ini,

$$\% \text{ Kehilangan umur} = \frac{L \times t \times 100}{\text{Umur isolasi normal}}$$

$$L = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \text{FAA}$$

Dimana:

L = *Loss of life* transformator

n = Jumlah setiap interval waktu

N = Jumlah interval total selama periode yang diamati

Pada perhitungan umur isolasi yang normal, menurut *manual book* standar 175.000 jam atau 20 tahun. Sehingga untuk menentukan efek penuaan adalah sebagai berikut,

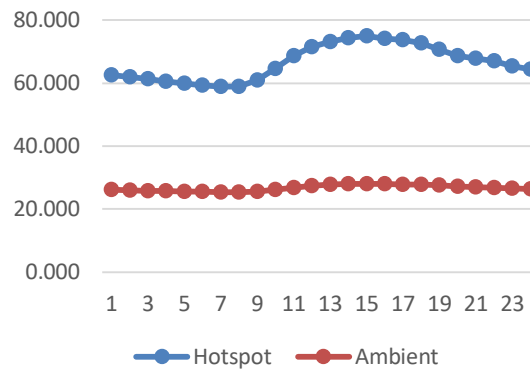
$$L = \frac{1}{N} \sum_n \text{FAA} = (0.0039998 + 0.0036766 + 0.0033477 + 0.0030166 + 0.0028062 + 0.0025247 + 0.0024301 + 0.0024334 + 0.0031747 + 0.0051377 + 0.0087658 + 0.0127662 + 0.0154666 + 0.0181371 + 0.0193072 + 0.0176373 + 0.0167267 + 0.0146817 + 0.0112501 + 0.0088496 + 0.0079205 + 0.0070426 + 0.0058023 + 0.0050363) = 0.0084$$

$$\% \text{ Kehilangan Umur} = \frac{0.0084 \times 8760 \times 100}{175000} = 0.042\% \text{ pertahun}$$

Hasil

Maka berdasarkan *manual book* umur isolasi transformtor adalah sebesar 175.000 jam atau 20 tahun, maka umur transformator akan berkurang sebesar 20 tahun x 0,042 = 0,84 per tahun. Pada penelitian ini transformator telah beroperasi selama 6 tahun, maka persentase kehilangan umurnya adalah 0,84 x 9 tahun = 7,58tahun. Sisa umur transformator berdasarkan *manual book* adalah 20 – 7,58 – 9 = 3,41 tahun.

Hasil perbandingan temperatur hotspot terhadap temperatur sekitar dapat dilihat pada grafik dibawah ini,



Gambar 2. Perbandingan temperatur *hotspot* dan temperatur *ambient*

Grafik diatas merupakan data temperature hotspot terhadap suhu ambient, dari grafik diatas bahwa kenaikan temperature hotspot juga di pengaruhi oleh kenaikan temperature ambient. Pada jam 13:00 – 16:00 temperature ambiet cenderung tinggi, dapat pada jam 13 :00 – 16:00 temperature hotspot juga mengikuti kenaikan, hal tersebut menjelaskan bahwa temperature Hotspot dipengaruhi oleh temperature ambient.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan melalui analisis, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Temperature lingkungan dapat mempengaruhi kenaikan temperatur minyak isolasi transformator. Tidak hanya itu, dari hasil perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa diperkirakan power transformator dapat dioperasikan selama 3,41 tahun.

Bibliografi

- Abidin, Z., & Khair, C. M. (2021). *Simulasi Proteksi Jaringan Transmisi Dengan Relai Diferensial Persentase Dual-Bias Menggunakan Program Pscad*. [https://Digilibadmin.Unismuh.Ac.Id/Upload/24307-Full_Text.Pdf](https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/24307-Full_Text.Pdf)
- Adam, M., & Prabowo, A. (2019). Analisa Penambahan Trafo Sisi Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jutah Tegangan Pada Trafo Bl 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etap 12.6. 0. *Rele (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 62–69. <https://doi.org/10.30596%2frele.V1i2.3002>
- Al Iffi, R. D. A. U. S. (2014). *Pengg Unaa Nmi Ni Dvr Seb Ag Ai Pemulihteg Ang An Unt Uk Pegg Ant I Up Smengg Una Kanpi Co Nt Ro Ller*. [https://Repository.Unej.Ac.Id/Handle/123456789/27300](https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/27300)
- Hafizi, A. (2022). *Analisis Kinerja Relay Buchholz Pada Main Transformator 150kv Gi Glugur Pt. Pln Persero*. [http://Repository.Umsu.Ac.Id/Handle/123456789/17672](http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/17672)
- Herawati, S. A. (2020). Krisnadi, Dewantoro Indra. 2011. Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Masa Guna Dan Pembebanan Darurat Transformator Daya. *Universitas Indonesia*.
- Krisnadi, D. I. (2011). *Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Masa Guna Dan Pembebanan Darurat Transformator Daya*. Tesis. Depok: Universitas Indonesia. <https://doi.org/10.33322/Sutet.V5i2.599>
- Maruf, A., & Primadiyono, Y. (2021). Analisis Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 Mva Unit 1 Dan 2 Di Gi 150 Kv Kalisari. *Edu Elektrika Journal*, 10(1), 19–24. <https://doi.org/10.15294/Eej.V10i1.41429>
- Mercubuana, D. K. (2008). *Mesin Listrik*.
- Mercubuana, D. K. (2022). *Mesin Arus Searah Dan Transformator*.
- Permata, E., & Lestari, I. (2020). Maintenance Preventive Pada Transformator Step-Down Av05 Dengan Kapasitas 150kv Di Pt. Krakatau Daya Listrik. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fkip*, 3(1), 485–493. [https://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Psnp/Article/View/9977](https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/psnp/article/view/9977)
- Pranta Saragih, E. (2019). *Analisis Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Beban Listrik Di Alfamart*. [http://Repository.Umsu.Ac.Id/Handle/123456789/1449](http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/1449)
- Tasiam, F. J. (2017). *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Teknosain. [http://Repository.Unima.Ac.Id/Bitstream/123456789/238/1/Proteksi_Sistem_Tenaga_Listrik-Combine.Pdf](http://repository.unima.ac.id/bitstream/123456789/238/1/Proteksi_Sistem_Tenaga_Listrik-Combine.Pdf)