

PEMELIHARAAN DAN PERHITUNGAN UMUR TRAFU JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV

Syafriyudin¹, Muhammad Suyanto², Prastyono Eko Pambudi³

1,2,3, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas AKPRIND Indonesia

Email: dien@akprind.ac.id

ABSTRACT

The distribution transformer is one of the main components in an electric power distribution system. Without a distribution transformer, consumers cannot use electrical energy directly considering that the operating voltage in the distribution system is 20 KV or what is called a medium voltage network. Disruptions that occur in distribution transformers will result in blackouts and obstruction of the distribution of electricity to consumers so that services for electricity needs will be disrupted. For this reason, routine and scheduled maintenance of distribution transformers is required which aims to prevent sudden equipment damage, as well as maintaining optimum equipment work according to its technical age, and safe for humans and the environment, as well as reliable in the electric power distribution system. One of the causes of disruption and damage to transformers include overvoltage due to lightning, overload and unbalanced loads, loss of contact at bushing terminals, broken insulators and failure of transformer oil insulation. These disturbances cause damage to distribution transformers and stop the flow of electricity to consumers. In calculating the usage time of a transformer, we can predict the usage time of the transformer from calculating the voltage and current used every day, so if we know the usage time of a transformer, we can prevent damage to the distribution network by replacing the transformer before the transformer is damaged.

Key words: maintenance, transformer, life time.

ABSTRAK

Transformator distribusi merupakan salah satu komponen utama pada suatu sistem distribusi tenaga listrik. Tanpa adanya transformator distribusi, konsumen tidak dapat menggunakan energi listrik secara langsung mengingat tegangan operasi dalam sistem distribusi yaitu 20 KV atau disebut jaringan tegangan menengah. Gangguan yang terjadi pada transformator distribusi akan mengakibatkan pemadaman dan terhambatnya penyaluran tenaga listrik terhadap konsumen sehingga pelayanan akan kebutuhan listrik akan terganggu. Untuk itu diperlukan pemeliharaan transformator distribusi secara rutin dan terjadwal yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba, serta mempertahankan kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya, dan aman bagi manusia dan lingkungan, serta andal dalam sistem penyaluran tenaga listrik. Salah satu penyebab gangguan dan kerusakan pada trafo antara lain, tegangan lebih akibat petir, overload dan beban tidak seimbang, loss contact pada terminal bushing, isolator pecah dan kegagalan isolasi minyak trafo, gangguan-gangguan ini menyebabkan kerusakan pada transformator distribusi dan terhentinya penyaluran aliran listrik kepada konsumen. Dalam perhitungan waktu pakai transformator kita dapat memprediksikan waktu pakai dari transformator tersebut dari perhitungan tegangan dan arus yang digunakan setiap harinya, jadi bila kita mengetahui waktu pakai suatu transformator maka kita bisa mencegah kerusakan pada jaringan distribusi dengan mengganti transformator sebelum transformator tersebut terjadi kerusakan

kata kunci: pemeliharaan, transformator, umur trafo.

PENDAHULUAN

Pemeliharaan trafo distribusi dilakukan untuk mendukung layanan kepada konsumen PT PLN (Persero) agar perangkat yang digunakan dalam kondisi handal dan terjamin kontinuitasnya. Oleh karena itu, agar dapat berfungsi dengan baik, maka trafo harus dipelihara dan dirawat dengan baik menggunakan sistem dan peralatan yang tepat. Pengelolaan trafo distribusi dilakukan untuk memaksimalkan kinerja sarana pelayanan listrik kepada pelanggan dan performa trafo secara keseluruhan dapat terjaga dengan baik. Berdasarkan hasil kajian pemeliharaan trafo distribusi menggunakan metode *condition based maintenance* (CBM) dapat disimpulkan bahwa sebelum dilakukan pemeliharaan kondisi trafo diketahui bahwa *health index* buruk sebesar 3,60%, *health index* cukup sebesar 2,40%, dan *health index* baik dan kurang masing-masing sebesar 0%. (Syukri et al, 2022). Pemeliharaan ini juga dilakukan untuk mengurangi biaya perbaikan dan penggantian trafo akibat kerusakan pada komponen trafo distribusi

Kondisi kerja perlengkapan distribusi seperti isolator, konduktor, Transformator maupun sambungan pada saluran udara sangatlah rawan mengalami gangguan dan kerusakan yang ditimbulkan dari proses pendistribusian tersebut. Gangguan yang sering terjadi pada trafo diantaranya, tegangan lebih akibat petir, *overload* dan beban tidak seimbang, *loss contact* pada terminal *bushing*, *bushing* pecah, gangguan hewan, dan gangguan tumbuhan. Gangguan tersebut menyebabkan kerusakan pada trafo distribusi dan terhentinya penyaluran listrik kepada pelanggan. Kenaikan temperatur pada transformator dipengaruhi oleh pembebanan yang mengakibatkan meningkatnya temperatur belitan serta temperatur lingkungan sekitar, sehingga berdampak pada naiknya temperatur minyak. Panas yang berlebihan dapat merusak isolasi dan mengubah viskositas dari minyak trafo. (Ali Maruf, et al, 2021). Pertumbuhan beban dan temperatur lingkungan mempengaruhi umur transformator distribusi di penyulang Bolo yang beroperasi pada temperatur lingkungan rata-rata 29 °C Transformator BO001 memiliki estimasi sisa umur 7 tahun dari sisa umur normal 11 tahun, dengan pertumbuhan beban tahun 2019 sebesar 58,53% sampai tahun 2025 sebesar 104,83% dari rating daya transformator. (Fadly Azhar, et al, 2019).

Jaringan distribusi primer atau jaringan distribusi tegangan menengah memiliki tegangan sistem sebesar 20 kV seperti diperlihatkan pada gambar 1. Sistem konstruksi saluran distribusi terdiri dari saluran udara dan saluran bawah tanah. Pemilihan konstruksi tersebut didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut: alasan teknis yaitu berupa persyaratan teknis, alasan ekonomis, alasan estetika dan alasan pelayanan yaitu kontinuitas pelayanan sesuai jenis konsumen. Temperatur *hotspot* yang semakin tinggi mengakibatkan laju penuaan *thermal* relatif yang semakin tinggi, sehingga akan mengurangi umur operasional dari transformator daya. Susut umur transformator (L) paling besar yaitu 0,197 per unit, dengan rasio pembebanan sebesar 78,82. Suhu lingkungan (*ambient temperature*) sebesar 31,5° C dan suhu minyak bagian atas (*temperature top oil*) sebesar 33,56° C. Sedangkan susut umur transformator (L) paling kecil yaitu 0,03 per unit, dengan rasio pembebanan sebesar 57. Suhu lingkungan (*ambient temperature*) sebesar 32,8° C dan suhu minyak bagian atas (*temperature top oil*) sebesar 29,67° C. (Setyo Adi Nugroho et al, 2019).



Gambar 1. Transformator jaringan distribusi 20 kv

Banyaknya trafo yang terpasang dan beroperasi secara terus menerus (continue), jika kurang adanya pemeliharaan dapat menimbulkan berbagai macam gangguan yang dapat berdampak pada proses produksi. Maka prosedur pemeliharaan trafo dengan tujuan:

- Diharapkan teknisi dapat memahami langkah-langkah kerja tentang perawatan transformator
- Diharapkan pelaksana dapat bekerja lebih efektif dan efisien.
- Untuk memaksimalkan kinerja transformator agar tetap bekerja dengan baik sehingga tidak mengganggu proses produksi

METODE

Pelatihan pemeliharaan jaringan distribusi tenaga listrik dilaksanakan pada tanggal 20-23 September 2023. Pelaksanaan pelatihan tersebut dilakukan di hotel el hotel Yogyakarta. metode pelatihan dilaksanakan dengan proses belajar didalam ruangan dengan menyampaikan materi pelatihan dan diskusi tentang pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan transformator dilapangan, permasalahan yang timbul pada pemeliharaan transformator khusus nya di PLN Batam. Pelaksanan pemberian materi pelatihan pemeliharaan jaringan Trafo distribusi 20 kv serta diskusi permasalahan yang timbul selama kegiatan pemeliharaan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pelatihan pemeliharaan trafo

Tujuan dari pemeriksaan dan pemeliharaan adalah untuk meningkatkan keandalan operasi agar dapat mencapai target operasi dalam keadaan lancar dan aman. Hal ini mengacu pada definisi dari maintenance (pemeliharaan) yaitu:

Semua tindakan/ kombinasi dari berbagai kegiatan yang dilaksanakan dalam rangka mempertahankan/ mengembalikan satu peralatan/ mesin ke kondisi yang dapat diterima oleh pemakainya.

Pada Transformator pemeriksaan dan pemeliharaan dilakukan berdasarkan dua kondisi;

- a. Dalam keadaan beroperasi (Per bulan)
- b. Dalam keadaan berhenti beroperasi (Per 6 bulan)

Prosedur sebelum pemeriksaan

1. Memberi tahu ke CCP operatif/ Foreman produksi
2. Memakai APD yang telah disiapkan
3. Menyiapkan penerangan untuk ruangan

Pemeriksaan yang dilakukan

- Pemeriksaan temperatur oli pendingin ($<90^{\circ}$ C)
 - Pemeriksaan temperatur ruangan trafo ($<40^{\circ}$ C)
1. Periksa level minyak pendingin
 - Jika level kurang, harus segera ditambah
 2. Pemeriksaan noise/ vibrasi
 - Bandingkan dengan keadaan sebelumnya
 3. Pemeriksaan penyerapan uap air oleh Silicagel.
 - Silicagel normalnya berwarna biru, jika berubah warna harus diganti
 4. Pemeriksaan kebocoran minyak
 - Pastikan tidak ada Oli yang rembes
 5. Pemeriksaan beban daya/ arus
 - Arus/ beban paling tidak 80% dari kapasitas

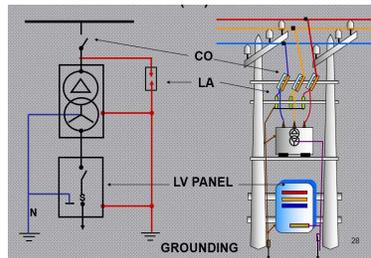
Prosedur setelah pemeriksaan

1. Memberi tahu ke CCP operatif/ Foreman produksi
2. Mencatat hasil pemeriksaan
3. Melaporkan ke atasan.

Pertumbuhan beban yang terus meningkat khususnya beban non- linier seperti LED, Personal Computer, Printer dapat memicu timbulnya emisi harmonisa arus dan tegangan yang tinggi, analisis teknis dan ekonomis dampak harmonisa pada sistem instalasi listrik terhadap trafo aya 630 Kva dengan menggunakan ETAP 12.6, mengacu pada standar SPLN D5.004-1:2012 ataupun IEEE std C57.110-2008, rugi-rugi pada trafo dan penurunan kapasitas pada trafo. Menurut SPLN D5.004-1:2012 batas harmonisa arus maksimal adalah 12% dan batas harmonisa tegangan maksimal adalah 5%. (Ilham Prima Yudhanto, et all, 2021).

Pelaksanaan pemeliharaan:

- a. Persiapan: ~ Melakukan survey lapangan seperti pengukuran gardu,
pengecekan visual, pengecekan dengan infrared
~ Penyampaian kondisi lapangan ke petugas
~ Pemberitahuan pemadaman ke pelanggan
- b. Pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan gardu / trafo :



Gambar 3. konstruksi trafo pada jaringan distribusi 20 kv

In Service Inspection

In Service inspection adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat trafo dalam kondisi bertegangan/ operasi. Tujuan dilakukannya in service inspection adalah untuk mendeteksi secara dini ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam trafo tanpa melakukan pemadaman.

Subsistem trafo yang dilakukan *in service inspection* adalah sebagai berikut:

- Electromagnetic circuit
- Dielektrik
- Struktur Mekanik
- Bushing
- OLTC
- Pendingin

Pada saat trafo dalam keadaan operasi, bagian trafo yang dialiri arus akan menghasilkan panas. Panas pada radiator trafo dan maintank yang berasal dari belitan trafo akan memiliki tipikal suhu bagian atas akan lebih panas dari bagian bawah secara gradasi. Sedangkan untuk bushing, suhu klem pada stud bushing akan lebih panas dari sekitarnya. Suhu yang tidak normal pada trafo dapat diartikan sebagai adanya ketidaknormalan pada bagian atau lokasi tersebut. Metoda pemantauan suhu trafo secara menyeluruh untuk melihat ada tidaknya ketidaknormalan pada trafo dilakukan dengan menggunakan thermovisi/ thermal image camera.



Gambar 4 kamera thermovisi/thermal image camera (PLN,2014)

Lokasi-lokasi pada trafo yang dipantau dengan thermovisi / thermal image camera adalah sebagai berikut:

1. Maintank
2. Tangki OLTC
3. Radiator
4. Bushing

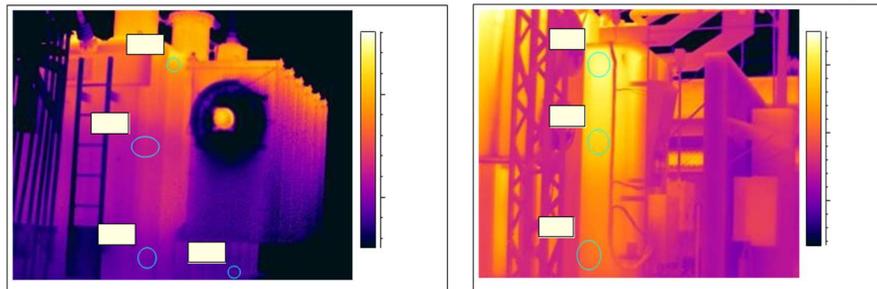
5. Klem-klem pada setiap bagian yang ada
6. Tangki konservator
7. NGR

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Kegiatan pelatihan ini untuk meningkatkan kemampuan dan pemahaman dari peserta bagaimana penting nya pemeliharaan perlatan listrik khususnya trafo distribusi, terutama bagaimana prosedur untuk melaksanakan pemeliharaan trafo dengan selalu melaksanakan SOP yang sudah di tetapkan yaitu dengan selalu memonitor kenaikan suhu pada trafo sehingga dapat menentukan masa operasinal dari trafo distribusi secara khusus dapat menghitung masa pakai dari trafo. Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan. Tujuan pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain:

- a. Untuk meningkatkan reliability, availability dan efficiency.
- b. Untuk memperpanjang umur peralatan.
- c. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
- d. Meningkatkan Safety peralatan.
- e. Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.

Pelaksanaan pemeriksaan dan pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan thermovisi / thermal image camera, secara umum dilakukan pengukuran suhu pada tiga titik (atas, tengah, dan bawah). Pada display/tampilan alat, objek yang di monitor akan terlihat tertutupi sebuah lapisan gradasi warna atau gradasi hitam putih. Pengukuran pada bushing trafo adalah dengan melihat titik yang paling panas dalam sebuah bushing dan membandingkan karakteristik suhu terhadap fasa lainnya. Untuk pengukuran konservator dan NGR dilihat tiga titik secara vertikal untuk mengetahui karakteristik suhu peralatan.



Gambar. 5 Hasil pengukuran thermovisi pada OLTC (PLN,2014)

Besaran nilai suhu lilitan luar waktu beban puncak dan waktu beban puncak bisa digunakan sebagai salah satu indikator yang harus diperhatikan untuk mengetahui perkiraan umur transformator. Karena semakin tinggi suhu belitannya juga semakin berpengaruh besar kecilnya susut umur dari transformator. (Asfari Hariz Santoso et

all ,2022) Umur transformator dipengaruhi oleh beban dan suhu sekitar. *International electrotechnical. commission* (IEC) menetapkan umur transformator 20 tahun atau setara 7300 hari apabila dibebani 100 % dari nilai rating daya transformator pada suhu sekitar 20° C dengan suhu titik panas mencapai 98° C.

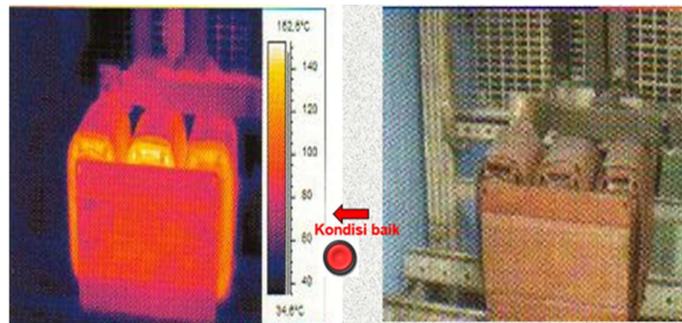
Umur merupakan fungsi dari suhu belitan

Suhu belitan 110°C → 80°C (*hottest spot* belitan) + ambient 30°C

Umur normal pada beban konstan kontinu = 180.000 jam = 20,55 tahun

Pembebanan siklus normal

- Pada beban dasar, suhu belitan < 110°C → transformator dapat dibebani-lebih pada beban puncak.
- Ketentuan pembebanan siklus normal (tidak mengurangi umur):
 - Suhu *hotspot* belitan dan logam yang bersentuhan dengan selulose (kertas insulasi) ≤ 120 °C
 - Suhu *hotspot* bagian logam yang bersentuhan dengan minyak ≤ 140 °C → *gas bubble*
- Suhu minyak bagian atas ≤ 105 °C



Gambar 6. kondisi trafo saat pengukuran termovisi (PLN,2014)

Dalam pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi kita membedakan antara pemeriksaan / monitoring (melihat, mencatat, meraba serta mendengar) dalam keadaan operasi dan memelihara (kalibrasi / pengujian, koreksi / *resetting* serta memperbaiki / membersihkan) dalam keadaan padam. Pemeriksaan atau *monitoring* dapat dilaksanakan oleh operator atau petugas patroli setiap hari dengan sistem *check list* atau catatan saja. Sedangkan pemeliharaan harus dilaksanakan oleh regu pemeliharaan.

KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan pelatihan diambil kesimpulan : Dengan adanya metode atau SOP perawatan trafo yang dilakukan dengan benar, diharapkan bahwa perawatan trafo bisa lebih efektif, terdapat standarisasi terhadap alat serta jam kerja dan keselamatan dan keamanan baik untuk pelaksana maupun aset perusahaan dapat terjaga seperti :

- a) Trafo dalam keadaan baik dan layak dioperasikan
- b) Trafo dalam keadaan kurang baik, perlu ada perbaikan sebelum dioperasikan.

c) Trafo dalam keadaan rusak, perlu penggantian

Hasil evaluasi penyelenggaraan pelatihan melalui pengisian kuesioner menunjukkan tingkat pengetahuan teknik pemeliharaan jaringan distribusi tenaga listrik yang berupa teknik pemeliharaan jaringan distribusi khususnya pemeliharaan transformator semakin meningkat, melalui antusias peserta selama mengikuti proses pelatihan. Pemberian materi pelatihan berupa softcopy teknik pemeliharaan kepada peserta memberikan kesempatan untuk keberlanjutan program.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Pimpinan PT. Srikandi beserta jajarannya sebagai vendor pelaksana pelatihan yang telah memfasilitasi dan mendorong pelaksanaan kegiatan ini. khususnya kepada peserta dari PT. PLN Batam yang sangat antusias mengikuti pelatihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Maruf, Yohanes Primadiyono, 2021, *Analisis Pengaruh Pembebanan dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 MVA Unit 1 dan 2 Di GI 150 kV Kalisari*, Edu Elekrika Journal Vol. 10 No. 1
- Asfari Hariz Santoso, Ernanda Rizka, Harrij Mukti K, 2022, *Analisis Pembebanan Terhadap Perkiraan Umur Transformator Distribusi 20 kV Penyulang Lowokwaru di PT. PLN(PERSERO) UP3 Malang*, ELPOSYS, Jurnal Sistem Kelistrikan, Vol.09 No.3 ISSN: 2407-232X
- Fadly Azhar, Yuni Rahmawati, Irham Fadlika, 2019, *Estimasi Umur Transformator Distribusi Berdasarkan Pertumbuhan Beban dan Temperatur Lingkungan di Penyulang Bolo PLN Rayon Woha Kabupaten Bima*, Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, Unuversitas negri Malang, 2019
- Ilham Prima Yudhanto, Mochammad Facta dan Denis, 2021, *analisis teknis dan ekonomis dampak harmonisa pada sistem instalasi listrik di departemen teknik elektro universitas diponegoro terhadap trafo daya 630 kva*, Transient, VOL. 10, NO. 3
- Setyo Adi Nugroho, Arif Johar Taufiq, Dian Nova Kusuma Hardani, 2019, *Perhitungan Perkiraan Umur Transformator Akibat Pengaruh Pembebanan Dan Suhu Lingkungan*, Jurnal Riset Rekayasa Elektro, Vol.1, No.1, Juni 2019
- Syukri, Muliadi, Toni Setiawan, 2022, *Kajian Pemeliharaan Trafo Distribusi Menggunakan Metode Codition Based Maintenance (CBM)*, Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology, Volume 2 Nomor 2 Desember 2022
- 2014. *Perencanaan Operasi Dan Pemeliharaan Jaringan Distribusi*, PLN Corporate University 2014
-, 2014, *Buku Pedoman Trafo Tenaga*, PLN Corporate University 2014
-, 2010, *Buku 4 Standar konstruksi gardu disdtribusi dan gardu hubung tenaga listrik*. PT PLN persero, 2010