

Pengaman dan Pendingin pada Transformator

Salsabilah^{2,*} dan Jamaaluddin¹

¹Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya 60111, Jawa Timur, Indonesia.

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl. Raya Gelam, Candi, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

*sb1353073@gmail.com

Abstrak. Transformator daya merupakan suatu peralatan yang sangat vital yang berfungsi menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya dan tidak pernah lepas dari gangguan. Transformator daya sebagai peralatan dengan investasi terbesar pada sebuah Gardu Induk transmisi dan distribusi. Adanya gangguan yang terjadi pada transformator dapat menghambat proses penyaluran energi listrik ke konsumen. Oleh karena itu, sistem proteksi yang handal sangat dibutuhkan untuk melindungi transformator dari gangguan. Maka dibutuhkan pendinginan dan pengaman transformator yang maksimal, untuk menahan laju kenaikan temperature kumparan dan minyak. Hasil penelitian diperoleh dengan penambahan pendingin air pada transformator daya dapat meredam panas akibat temperature lingkungan yang tinggi. Dari hasil penelitian diperoleh penurunan temperature sebesar 3°C, Sehingga bisa digunakan untuk menambah pembebanan transformator sebesar 2,51 MW. Sedangkan gangguan kerusakan pada berbagai peralatan perlu diantisipasi dengan alat-alat pengaman yang secukupnya. Salah satu alat pengaman pada transformator distribusi 400 KVA yaitu Fuse Cut Out, karena mudah diinstalasikan maupun mudah dioperasikan. Fuse Cut Out digunakan pada jaringan sistem distribusi 20 KV, selain untuk mengamankan transformator juga digunakan untuk memproteksi saluran distribusi dari gangguan-gangguan arus lebih atau beban lebih.

1. Pendahuluan

Proses pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik ke pelanggan harus dioperasikan dengan baik karena terkait dengan masalah ekonomi. Salah satu proses perencanaan ini adalah peramalan jangka pendek. Peramalan beban jangka pendek dilakukan satu hari sebelum hari operasi yang memiliki interval waktu perencanaan setiap 30 menit. [1]

Perayaan Tahun Baru Dalam Bahasa Indonesia merupakan salah satu kunjungan ke pariwisata Indonesia. Acara ini tentu saja mengubah beban energi listrik. Tenaga listrik penyedia yang mengendalikan dan mengoperasikan listrik di Jawa dan Bali (Jawa, Sistem Kelistrikan Bali) dituntut untuk dapat memastikan kesinambungan permintaan beban pada saat ini, dan memperkirakan untuk akhirat. Peramalan beban jangka pendek sangat perlu didukung oleh metode komputasi untuk simulasi dan validasi. [2]

Listrik merupakan kebutuhan yang tidak dapat ditinggalkan dalam kehidupan sehari hari maupun dunia bisnis dan industri. Karena perangkat kehidupan sehari hari banyak menggunakan sistem energi listrik, sebab kemudahan dalam pemakaian dan pengoperasian. [3]

Transformator Daya adalah salah satu peralatan penting di jaringan tenaga listrik. Transformator Daya merupakan peralatan yang mempunyai investasi paling besar di sebuah gardu induk transmisi dan distribusi. Kinerja yang baik pada transformator adalah penting untuk menunjang operasi sistem tenaga listrik. Kegagalan proteksi pada transformator merupakan kerugian yang besar dalam segi kehandalan dan biaya dari penyaluran tenaga listrik. Salah satu faktor utama dari pemantauan kondisi operasi transformator adalah temperatur internal, khususnya temperatur pada kumparan dan temperatur minyak atas. Temperatur yang tinggi dapat berakibat mempengaruhi penuaan isolasi dan masa guna transformator tersebut. Nilai-nilai pada temperatur kumparan dan minyak dapat memberikan diagnosa pada kondisi transformator dan untuk indikasi adanya kemungkinan kelainan, mengurangi resiko kerusakan yang fatal dan menghindari masalah operasi darurat. [4]

Transformator daya yang di rancang pada tahun 1990-an untuk didesain pada lingkungan bertemperatur 20°C, sementara apabila transformator tersebut dioperasikan di daerah Jakarta dan sekitarnya maka temperatur lingkungannya adalah sekitar 30°C-36°C. Saat beroperasi temperatur dari transformator akan meningkat, hal itu dipengaruhi oleh pembebanan dari dalam transformator itu sendiri dan temperatur dari lingkungan sekitar transformator tersebut berada. [5]

Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara

maksimal (kalau bisa terus menerus tanpa berhenti). Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin dan membutuhkan sistem pendinginan yang tepat. Selain itu Untuk mengantisipasi akibat gangguan pada transformator diperlukan suatu peralatan pengamanan yang baik, dimana dengan pemakaian peralatan ini sistem diharapkan lebih aman dan dapat lebih handal.

2. Landasan Teori

2.1 Transformator

Transformator distribusi adalah salah satu peralatan yang sangat penting dalam penyaluran energi listrik ke konsumen yang sangat memerlukan perhatian khusus pada perawatannya. Pemeliharaan sangat diperlukan untuk menghindari sekaligus mencegah resiko pemadaman yang diakibatkan oleh transformator dalam keadaan gangguan, dimana pemulihannya memerlukan waktu yang lama.

Bagian-Bagian Dari Transformator :

1. Inti Besi

berfungsi untuk membangkitkan fluksi yang timbul karena arus listrik dalam belitan atau dimaksudkan untuk mengurangi panas yang diakibatkan oleh arus eddy (eddy current).

2. Kumparan Primer dan Kumparan Sekunder

Kawat email yang berisolasi terbentuk kumparan serta terisolasi baik antar kumparan maupun antara kumparan dan inti besi. Terdapat dua kumparan pada inti tersebut yaitu kumparan primair dan kumparan sekunder, bila salah satu kumparan tersebut diberikan tegangan maka pada kumparan akan membangkitkan fluksi pada inti serta menginduksi kumparan lainnya sehingga pada kumparan sisi lain akan timbul tegangan.

3. Minyak Transformator

Belitan primer dan sekunder pada inti besi pada transformator terendam minyak transformator, hal ini dimaksudkan agar panas yang terjadi pada kedua kumparan dan inti transformator oleh minyak transformator dan selain itu minyak tersebut juga sebagai isolasi pada kumparan dan inti besi.

4. Isolator Bushing

Pada ujung kedua kumparan transformator baik primer ataupun sekunder keluar menjadi terminal melalui isolator yang juga sebagai penyekat antar kumparan dengan body badan transformator.

5. Tangki dan Konservator

Bagian-bagian transformator yang terendam minyak transformator berada dalam tangki, sedangkan untuk pemuaian minyak tangki dilengkapi dengan konserfator yang berfungsi untuk menampung pemuaian minyak akibat perubahan temperature.

6. Katub Pembuangan dan Pengisian

Katup pembuangan pada transformator berfungsi untuk menguras pada penggantian minyak transformator, hal ini terdapat pada transformator diatas 100 kVA, sedangkan katup pengisian berfungsi untuk menambahkan atau mengambil sample minyak pada transformator.

7. Oil Level

Fungsi dari oil level tersebut adalah untuk mengetahui minyak pada tangki transformator, oil level inipun hanya terdapat pada transformator diatas 100 kVA.

8. Indikator Suhu Transformator

Untuk mengetahui serta memantau keberadaan temperature pada oil transformator saat beroperasi, untuk transformator yang berkapasitas besar indikator limit tersebut dihubungkan dengan rele temperature.

9. Pernapasan Transformator

Karena naik turunnya beban transformator maupun suhu udara luar, maka suhu minyaknya akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan minyak keluar dari tangki, sebaliknya bila suhu turun, minyak akan menyusut maka udara luar akan masuk kedalam tangki. Kedua proses tersebut diatas disebut pernapasan transformator, akibatnya permukaan minyak akan bersinggungan dengan udara luar, udara luar tersebut lembab. Oleh sebab itu pada ujung pernapasan diberikan alat dengan bahan yang mampu menyerap kelembaban udara luar yang disebut kristal zat Hygrokopsis (Clilicagel).

10. Pendingin Transformator

Perubahan temperature akibat perubahan beban maka seluruh komponen transformator akan menjadi panas, guna mengurangi panas pada transformator dilakukan pendingin pada transformator, guna mengurangi pada transformator dilakukan pendinginan pada transformator. Sedangkan cara pendinginan transformator terdapat dua macam yaitu alamiah/natural (Onan) dan paksa/tekanan(Onaf).

Pada pendinginan alamiah (natural) melalui sirip-sirip radiator yang bersirkulasi dengan udara luar dan untuk transformator yang besar minyak pada transformator disirkulasikan dengan pompa. Sedangkan pada pendinginan paksa pada sirip-sirip transformator terdapat fan yang bekerjanya sesuai setting temperaturnya.

11. Tap Canger Trafo (Perubahan Tap)

Tap changer adalah alat perubah pembanding transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang sesuai dengan tegangan sekunder yang diinginkan dari tegangan primer yang berubah-ubah. Tiap changer hanya dapat dioperasikan pada keadaan trafnsformator tidak bertegangan atau disebut dengan “Off Load Tap Changer” serta dilakukan secara manual. [6]

Berbagai kemungkinan gangguan yang terjadi pada transformator adalah sebagai berikut:

1. Hubung singkat pada kumparan transformator, yaitu antar kumparan fase, didalam kumparan fase, dan antar fase dengan tangki atau inti.
2. Hubung singkat di luar transformator, baik simetris maupun asimetris
3. Beban lebih
4. Sambaran petir
5. Gangguan sistem pendingin [7]

2.2 Pendingin Transformator

Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi (di dalam transformator). Maka untuk mengurangi kenaikan suhu transformator yang berlebihan maka perlu dilengkapi dengan alat/sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator. Media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa:

1. Udara/gas
2. Minyak.
3. Air.
4. Dan lain sebagainya.[5]

2.3 Pengaman Pada Transformator Distribusi

Suatu sistem jaringan distribusi yang baik harus memiliki sistem pengamanan transformator yang baik pula, agar dapat memberikan suatu pelayanan yang kontinu pada konsumen. Kemampuan dari peralatan pengaman untuk mengurangi kerusakan-kerusakan pada saat terjadi gangguan, tidak hanya dipandang dari sudut ekonomis saja tetapi juga harus dipandang dari segi keandalan, kecepatan kerja, selektif dan sederhana. Sistem pengaman yang dipakai pada sistem jaringan distribusi adalah :

- Fuse Cut Out
- Pemutus Tenaga (Circuit Breaker)
- Recloser
- Sectionalizer
- Rele
- Lightning Arrester
- Saklar Pemisah (Disconnecting Switch)[6]

3. Metode Penelitian

3.1 Pendingin Pada Transformator

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif, dengan pendekatan Longitudinal Studies. Dalam penelitian ini variabel bebas (Independent Variables) dan variabel terikat (Dependent Variables) dinilai secara simultan dengan pengukuran pada satu waktu terhadap faktor penambahan pendingin. Maka akan diperoleh efek penambahan pendingin air pada transformator terhadap temperatur kumparan dan minyak pada kondisi tertentu, Sehingga dapat menentukan

hubungan antara faktor penambahan pendingin dan dampak terhadap transformator. Variabel yang diteliti terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel pengganggu. Variabel bebas, terdiri dari : temperatur air, lama penggu- naan dan jumlah air yang digunakan per hari serta jenis pembebanan transformator (dalam per- unit). Variabel terikat terdiri dari : temperatur pada minyak dan kumparan, penambahan pembebanan. Variabel pengganggu terdiri dari : temperatur lingkungan, kecepatan angin, kelembaban. [5]

3.2 Pengaman Pada Transformator dengan menggunakan Fuse Cut Out

Meleburnya elemen Fuse Cut Out disebabkan oleh arus yang mengalir pada elemen Fuse tersebut. Kecepatan meleburnya elemen Fuse Cut Out tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada elemen itu. Hubungan antara arus dengan waktu meleburnya elemen Fuse Cut Out disebut karakteristik arus waktu.

Banyak aspek yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan Fuse Cut Out yang memuaskan untuk proteksi transformator distribusi. Untuk pemilihan alat Fuse Cut Out yang sesuai bagi sesuatu transformator, tidaklah cukup dengan sekedar mengetahui kapasitas (daya atau arus) nominal dari transformator tersebut, melainkan harus pula diketahui aspek-aspek arus/beban yang lain akan mempengaruhi pemilihan karakteristik Fuse Cut Out.

Dilihat dari karakteristik waktu-arusnya maka pengaman terhadap transformator distribusi dibatasi oleh dua garis kerja

1. Garis kerja pertama (garis batas ketahanan primer) yang merupakan batas dimana Fuse Cut Out primer tidak boleh bekerja, ditentukan oleh beban lebih yang masih harus dapat ditahan transformator tersebut. Beban atau arus lebih yang dimaksud adalah:
 - Beban lebih (beban maksimum)
 - Arus beban peralihan (cold load pick-up)
 - Hubung singkat JTR ? Arus masuk awal (inrush) transformator
 - Arus asutan motor
2. Garis kerja kedua (garis batas ketahanan transformator) yang merupakan batas ketahanan transformator dimana Fuse Cut Out harus sudah bekerja/ memutus. Gangguan yang dapat melebihi batas tersebut adalah hubung singkat pada transformator pada sisi primer maupun sekunder.

Garis batas ketahanan Fuse Cut Out bagi transformator distribusi umum ditentukan oleh titik-titik berikut:

$2 \times I_n$ selama 100 detik (beban lebih)

$3 \times I_n$ selama 10 detik (arus beban peralihan)

$6 \times I_n$ selama 1 detik (arus beban peralihan)

$12 \times I_n$ selama 0,1 detik (arus inrushtransformator)

$25 \times I_n$ selama 0,01 detik (arus inrush transformator)[6]

4. Daftar Pustaka

- [1] Jamaaluddin, I. Robandi, and I. Anshory, "A very short-term load forecasting in time of peak loads using interval type-2 fuzzy inference system: A case study on java bali electrical system," *J. Eng. Sci. Technol.*, 2019.
- [2] Jamaaluddin, I. Robandi, I. Anshory, Mahfudz, and R. Rahim, "Application of interval type-2 fuzzy inference system and big bang big crunch algorithm in short term load forecasting new year holiday," *J. Adv. Res. Dyn. Control Syst.*, 2020, doi: 10.5373/JARDCS/V12I2/S202010024.
- [3] A. Supriyadi, J. Jamaaluddin, T. Elektro, and U. Muhammadiyah, "Analisa Efisiensi Penjejak Sinar Matahari Dengan Menggunakan," *Jeee-U*, vol. 2, no. APRIL, 2018, pp. 8–15, 2018.
- [4] and P. R. T. C. B. N. Assunção, J. L. Silvino, "Transformer top-oil temperature modeling and simulation," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 2, no. 10, pp. 3580–3585, 2008, doi: 10.1109/28.871267.
- [5] P. Soecipto Soewono, John Paulus Pantouw, "Pengaruh Penambahan Pendingin Air Pada Transformator Daya Untuk Pembebanan," *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 8–15, 2018, doi: 10.33322/energi.v9i1.55.
- [6] Yusmartato. Ramayulis Nasution, "Pemilihan Fuse Cut Out Untuk Pengaman Transformator Distribusi 400 KVA," vol. 4, no. 2, 2019, [Online]. Available: Universitas Islam Sumatera Utara.
- [7] P. Pendidikan and D. A. N. Pelatihan, "PT PLN (PERSERO)."