

Pengembangan Uji Eksperimental Penuaan Dipercepat Sistem Isolasi Kertas Terendam Minyak Transformator

Rohmanita Duanaputri^{a)}, Rahman Azis Prasajo^{a)}, Sigit Setya Wiwaha^{a)}, Divac Nabel Akbar^{a)}, Galuh Prawestri Citra Handani^{a)}, Arif Andrianto^{a)}, Rizki Dias Elyasa^{a)}

(Artikel diterima : September 2023, direvisi Oktober 2023)

Abstract: A transformer is a static electric device that is used to change the alternating voltage to a higher or lower level and is used to transfer energy from one electric circuit to another without changing the frequency. When the transformer is working, there is a temperature rise in the transformer which affects the degradation of the insulating paper and transformer oil. This accelerated aging tester applies the drying and vacuuming process as well as the arrangement of paper insulation racks to achieve maximum test results. The research method refers to IEC 60216-3 2006 for aging time, IEC TS 62332-1 2014 and IEC TS 62332-1 2011 as a reference for the Development of Accelerated Aging Experimental Test Cells for Transformer Oil-immersed Paper Insulation Systems. After achieving the existing goals, the addition of the drying process resulted in quite good Breakdown Voltage test results, not only that after the addition of vacuum it produced a good oil color according to ASTM D1500 as well as after the presence of paper placement racks the results of good tensile strength testing were proven by a graph which relatively decreased from sample 1 to sample 3.

Keywords: Transformer, Thermal Aging, Drying, Vacuum, IEC 60216-3 2006, IEC 62332-1 2014, IEC 62332-1 2011.

1. Pendahuluan

Transformator adalah suatu alat listrik statis yang dipergunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dan digunakan untuk memindahkan energi dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya tanpa merubah frekuensi [1]. Dalam proses kinerja transformator memiliki sistem isolasi yang berfungsi untuk melindungi proses induksinya. Sistem isolasi tersebut ialah minyak dan kertas. Keberlangsungan sistem kerja transformator di pengaruhi oleh sistem isolasi, batas kinerja atau End Of Life transformator bergantung pada kualitas sistem isolasi.

Secara umum sistem isolasi minyak maupun kertas dapat mempengaruhi keandalan kinerja transformator daya dan distribusi. Dalam keadaan transformator bekerja, terjadi kenaikan suhu pada transformator yang mempengaruhi degradasi terhadap isolasi kertas dan minyak tranformator [2]. Pada saat sistem isolasi bekerja mengalami penurunan dari waktu ke waktu disebabkan oleh thermal, hubung singkat dan gerakan mekanis. Untuk mencegah hal tersebut terjadi maka standar IEC 60076-7 menetapkan batas suhu pada belitan.

Skripsi terdahulu [3] telah mengembangkan sel uji penuaan dipercepat isolasi kertas terendam minyak. Namun, masih ditemui beberapa permasalahan seperti: pada saat pengambilan sample terjadi proses oksidasi, dan belum adanya proses drying pada saat dimualainya eksperimen sehingga, Tugas Akhir ini akan mengembangkan alat eksperimen penuaan isolasi kertas dan minyak pada transformator yang telah ada di penelitian sebelumnya dengan menambahkan beberapa komponen tambahan. Dimana penambahan komponen tersebut berupa vakum untuk mengurangi oksidasi yang masuk pada saat pembambilan sampel kertas, dan penambahan proses pengeringan pada sampel.

Metode penelitian mengacu pada [4] untuk lama waktu penuaan, IEC TS 62332-1 2014 dan IEC TS 62332-1 2011 sebagai acuan Pengembangan Sel Uji Eksperimen Penuaan Dipercepat Sistem Isolasi Kertas Terendam Minyak Transformator. Setelah mencapai tujuan yang ada, adanya penambahan proses drying dihasilkan hasil pengujian Breakdwon Voltage yang cukup baik, bukan itu saja setelah adanya penambahan vakum menghasilkan warna minyak yang baik menurut [5].

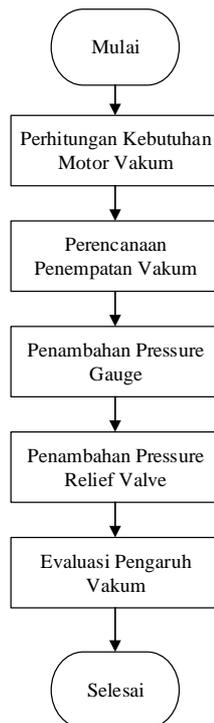
2. Metodologi

2.1 Flowchart

Pada metodologi ini, yang menjadi objek penelitian adalah analisis kinerja isolasi kertas dan minyak pada transformator menggunakan ACCELERATED THERMAL AGEING CHAMBER yang dikembangkan dengan adanya penambahan vacum setelah pengambilan sampel, dan proses pengeringan pada kertas isolasi sebelum diuji. Pada gambar 1 menunjukkan flowchart penambahan vakum dari penelitian ini dimulai merencanakan perhitungan kebutuhan motor vakum untuk mendapatkan pembuangan udara yang maksimal. Kemudian merencanakan penempatan vakum untuk mempermudah dalam pengoperasian vakum tersebut. Selanjutnya melakukan penambahan pressure gauge yang digunakan untuk mengukur tekanan. Selanjutnya melakukan penambahan pressure relief valve sebagai pengaman karena adanya tekanan yang tinggi pada tangki chamber. Kemudian mengevaluasi setelah adanya penambahan vakum apakah oksidasi pada vakum dapat di keluarkan secara maksimal. Pada gambar 2 menunjukkan penambahan proses drying dimulai dari merencanakan proses drying sesuai dengan standart [6]. Selanjutnya menentukan suhu dan lama drying pada kertas yang mengacu pada IEC 60216-3 2006 yang ada agar didapatkan hasil yang maksimal. Kemudian melakukan evaluasi apakah terdapat pengaruh dari adanya proses drying.

Korespondensi: rohmanitadp@polinema.ac.id

Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141



GAMBAR 2.1 FLOWCHART PENAMBAHAN VAKUM



GAMBAR 2.2 FLOWCHART PENAMBAHAN PROSES DRYING

2.2 Drying

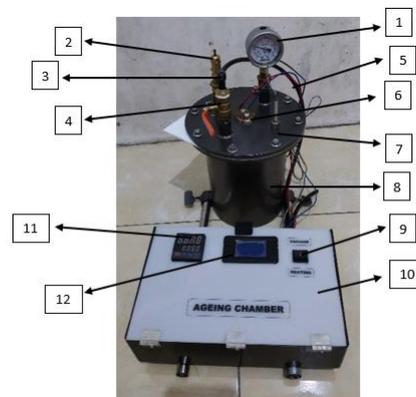
Semua sampel isolasi padat maupun cair yang akan diujikan harus terlebih dahulu mengalami proses pengeringan. Pengeringan dalam suhu rendah sangat memakan waktu yang cukup lama dari suhu tinggi, tetapi akan mencegah dari kerusakan isolasi padat sebelum penuaan percobaan. Untuk kondisi pengeringan itu sendiri yang optimal, mengacu pada standart yang ada untuk bahan isolasi padat yang relevan mengandung kadar air sebesar 0,25% dan 0,50% pada awal penuaan sebelum diuji [7].

2.3 Pemvakuman

Pemvakuman adalah proses penghilangan atau pengurangan udara dengan menggunakan pompa vakum. Tujuannya adalah untuk mengurangi kelembaban dan juga menghilangkan gas-gas yang terperangkap di dalamnya. Penerapan prosedur ekstraksi vakum telah terbukti bermanfaat dalam menghilangkan lainnya kontaminan, asalkan peralatan dapat menahan vakum [8]. adanya kontaminan berupa karbon, partikel debu karena chamber tidak tertutup rapat dan tanpa adanya proses pemvakuman, adanya uap air/air yang tertinggal dari proses pembersihan chamber, serta gas terlarut dalam cairan dielektrik yang mempercepat terjadinya dadal [9] Dasar umur trafo yang panjang adalah desain yang baik, dan material yang baik yang memadai kering. Seseorang dapat menjaga kontaminasi tetap rendah dengan penyerap kelembapan, pompa vakum, dan penyegelan membran [10].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengembangan Alat



GAMBAR 3.1 BAGIAN ALAT SETELAH PENGEMBANGAN

Dari gambar 3 dapat mengetahui bagian lengkap alat setelah adanya pengembangan yang telah dilakukan sebagai berikut :

Keterangan :

1. Pressure Gauge
2. Pressure Relief Valve
3. Fitting
4. Katup Kompresor
5. Selang
6. Input Heater
7. Input Thermocouple
8. Tangki
9. Saklar (Pemvakuman dan Heating)
10. Bok Kontrol
11. TK4S
12. LCD Monitoring

3.1.1. Cara Kerja Alat

1. Siapkan alat ageing chamber ,isolasi kertas dan minyak yang sesuai ratio yang ditentukan.
2. Buka penutup alat ageing chamber dan masukkan semua sampel kertas dan minyak kedalam ageing chamber dan tutup kembali.
3. Colokkan kabel power pada sumber PLN dan pilih mode pemvakuman, biarkan vakum bekerja sampai pressure gauge menunjukkan nilai dibawah 0, lalu pilih mode off

4. Setelah itu pilih mode heating dan atur TK4S pada suhu 160°C dan biarkan alat tersebut beroperasi.
5. Setelah 10 hari beroperasi matikan alat untuk proses pengambilan sampel 1
6. Lakukan pengambilan sampel minyak lewat valve kran dan sampel kertas lewat tabung chamber dengan membuka tutupnya.
7. Setelah dilakukan pengambilan sampel minyak tutup kran dan setelah pengambilan kertas tutup chamber.
8. Setelah melakukan pengambilan sampel pilih mode pemvakuman, biarkan vakum bekerja sampai pressure gauge menunjukkan nilai dibawah 0, lalu pilih mode off
9. Setelah itu pilih mode heating dan biarkan alat tersebut beroperasi.
10. Ulangi langkah 5-8 untuk sampel 2 dan 3 dengan durasi 10 hari.
11. Setelah selesai ageing matikan alat tersebut. (detail lengkapnya pada lampiran prosedur penggunaan alat)

3.1.2 Performa Alat

- Heater

Kemampuan heater pada system on off suhu maksimal mencapai 161°C dan minimal 157°C (pada gambar 4.2 nomor 1) dan kemampuan pada heater dapat di periksa lebih lanjut ketika sudah di uji coba selama 3 kali pengujian

- Sistem Safety

Pengaman dari chamber ini bergantung pada pressure relive valve dan pressure gauge, ketika tekanan mencapai 3 psi pada pressure gauge maka pressure relive valve akan mengeluarkan tekanan yang ada pada dalam chamber (pada pressure relive akan mendesis). (pada gambar 4.3 nomor 2)

- Vakum

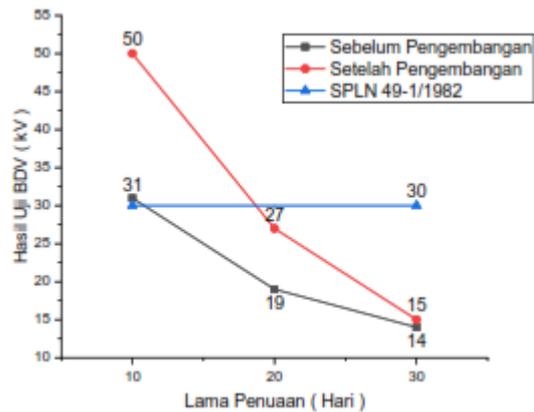
Vakum mengeluarkan udara yang terdapat pada chamber dengan kemampuan 7/1 7 liter per 1 menit, dan dapat mengeluarkan udara pada chamber selama 2 menit pada kondisi tidak ada minyak.

3.2 Pengaruh Drying Process (proses pengeringan)

Pengaruh adanya proses pengeringan sangatlah besar pada hasil uji pada minyak trafo dan kertas trafo. dimana proses pengeringan ini mengacu pada standar IEC/TS62332-112011 dan IEC/TS62332-22014 bahwa semua sampel sebelum dilakukan proses ageing diperlukan proses pengeringan terlebih dahulu dengan durasi pengeringan selama 1 hari dengan suhu 100° pada jurnal sebelumnya. dengan proses tersebut dihasilkan tabel nilai breakdown voltage sebagai berikut.

TABEL 3.1 HASIL PENGUJIAN BDV

No	Sampel	BDV sebelum pengembangan	BDV Setelah pengembangan
1	10 hari	31	50
2	20 hari	19	27
3	30 hari	14	15



GAMBAR 3.2 FLOWCHART PENAMBAHAN PROSES DRYING

Dari tabel perbandingan diatas terbukti bahwa dengan adanya proses drying yang disesuaikan dengan standar maka akan mempengaruhi nilai Breakdown Voltage dimana pada sebelum adanya drying nilai BDVnya relatif kecil pada sampel 1 dibandingkan dengan setelah adanya drying nilai BDVnya relatif besar pada sampel 1 dengan suhu 160° C.

3.3 Pengaruh Penambahan Vakum

Pengaruh adanya penambahan vakum berdampak pada warna minyak trafo yang telah dilakukan proses ageing, dimana setiap setelah pengambilan sampel minyak dan kertas pasti ada udara yang masuk ke dalam tabung ageing sehingga hal tersebut berdampak pada minyak trafonya. Berikut hasil warna minyak trafo antara sebelum dan sesudah adanya proses pemvakuman.



GAMBAR 3.3 TAMPAK PADA PREASURE GAUGE

TABEL 3.2 HASIL PENGUJIAN SKALA WARNA

Parameter	Temperatur penuaan 160°C				
	Baru	Drying	240 Jam	480 Jam	720 Jam
Sebelum pengembangan		-			

					
	0.5		2.0	4.5	5.5
Setelah pengembangan					
					
	0.5	0.5	0.5	1.0	2.0



Gambar 3 Minyak Trafo Sebelum Pengembangan



Gambar 4 Minyak Trafo Setelah Pengembangan

Dari tabel diatas terbukti bahwa proses pemvakuman sangat memengaruhi warna pada minyak trafo sehingga menyebabkan perbedaan pada pembacaan warna pada skala warna ASTM D1500. Dimana sebelum adanya proses vakum warna minyak trafo sangat keruh dan setelah adanya proses vakum warna minyak agak lebih cerah pada proses ageing terakhir yang paling mencolok.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari Pengembangan Sel Uji Eksperimen Penuaan Dipercepat Sistem Isolasi Kertas Terendam Minyak Transformator, penulis memperoleh kesimpulan yaitu; pengembangan untuk sistem *drying* sebelum dilakukan ageing mengacu pada standar IEC TS-62332-1-2011 dan IEC TS-62332-2-2014 mampu bekerja untuk mengurangi kandungan air pada minyak, dan pengembangan untuk sistem pemvakuman sudah mengacu pada standart IEC TS-62332-1-2011 dan IEC TS-62332-2-2014 mampu bekerja untuk mengosongkan udara pada dalam chamber sampai dengan tekanan sekecil mungkin terbukti pada warna minyak hasil ageing mengalami perubahan yang lebih sedikit dibandingkan sebelum adanya pemvakuman.

Daftar Pustaka

[1] M. D. Firdus and Joko, "Rancang bangun alat pendeteksi

- penuaan (aging) dan kualitas minyak transformator di pt.wismatata eltra perkasa," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 515–522, 2019.
- [2] R. A. Prasojo, K. B. Priambodho, R. Duanaputri, and G. P. Citra, "Isolasi Transformator," pp. 86–90, 2022.
- [3] K. B. Priambodo, "Rancang Bangun Accelerated Thermal Ageing Chamber Untuk Evaluasi Kinerja Isolasi Kertas Dan Minyak," 2022.
- [4] I. 60216-3 2006, "INTERNATIONAL," 2021.
- [5] ASTM D1500, "Standard test method for ASTM Color of petroleum products.," *Man. Hydrocarb. Anal. 6th Ed.*, vol. 05, no. October 1959, pp. 1–5, 1997.
- [6] IEC TS 62332-1; "IEC TS 62332-1:2011 - Electrical insulation systems (EIS) - Thermal evaluation of combined liquid and solid components - Part 1: General requirements," 2011.
- [7] IEC TS 62332-2, *IEC TS 62332-2 Technical Specification Specification*. 2014.
- [8] IEC 60422 2013, *Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance*. 2014.
- [9] N. A. K. Umiati, "Pengujian Kekuatan Dielektrik Minyak Sawit Dan Minyak Castrol Menggunakan Elektrode Bola-Bola Dengan Variasi Jarak Antar Elektrode Dan Temperatur," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 23–36, 2009.
- [10] L. Lundgaard *et al.*, *CIGRE Brochure 323: Ageing of cellulose in mineral-oil insulated transformers*, no. October. 2007. [Online]. Available: internal-pdf://120.243.240.244/2007-Lundgaard.pdf
- [11] Jumardin, Jumardin, Jumiaty Ilham, and Sardi Salim. "Studi Karakteristik Minyak Nilam Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator." *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering* 1.2 (2019): 40-48.
- [12] Prasojo, Rahman Azis, Liska Safarina, Agung Fiqh Paramonta Islam, Rohmanita Duanaputri, Mochammad Mieftah, and Eko Yulianto. "Implementasi Metode Scoring Matrix dalam Menentukan Indeks Kondisi Minyak Isolasi pada Transformator Daya 150 kV." *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan* 10, no. 1 (2023): 36-41.
- [13] Hermawan, A., Sutjipto, R., Hidayat, S. I., & Suryaningtyas, F. B. (2020). Studi Pengaruh Pembebanan sebagai Dasar Scheduling Maintenance untuk Meminimalisir Susut Umur Transformator 1 GI Blimbing. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 7(3), 33-38.
- [14] Ridzki, I., & Harijanto, P. S. (2021). Analisis Pengaruh Penambahan Suplai Daya 1000 MW Terhadap Performansi Jaringan Backbone 500 kV. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 8(1), 55-60.
- [15] Faqih, M., Firnanda, A., & Arwangi, M. S. A. (2023). Study Of The Effect Of The Number Of Coils On Voltage And Current Value. *Journal of Educational Engineering and Environment*, 1(2), 12-16.