

PENGARUH DURASI PENYIMPANAN TERHADAP TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRANSFORMATOR

The Effect Of Storage Duration On Transformer Oil Breakdown Voltage

Ndaru Wijaya¹, Hendra Setiawan², Warindi Warindi³

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang KM 12 Sleman, Indonesia

³Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram, Indonesia

Email: ndaru25.wijaya@gmail.com¹, hendra.setiawan@uii.ac.id², warindi@unram.ac.id³

ABSTRAK

Terjadinya penumpukan minyak bekas transformator menyebabkan berbagai masalah, misalnya tercemarnya lingkungan dan kemubaziran. Mengingat harga minyak transformator cukup mahal, sementara di sisi lain terdapat penumpukan minyak transformator bekas pada gudang-gudang milik PT. PLN, perlu kiranya diteliti kemungkinan pemanfaatan kembali minyak transformator tersebut. Penelitian difokuskan pada pengujian tegangan tembus minyak transformator bekas yang telah tersimpan lama. Apabila hasil pengujian tegangan tembus di atas 30 kV maka minyak bekas transformator tersebut dianggap masih layak digunakan kembali. Sampel yang digunakan merupakan minyak transformator distribusi dengan rating tegangan 20kV/400 V dengan variasi waktu penyimpanan 3 hingga 11 tahun. Hasil pengujian nilai tegangan tembus menunjukkan bahwa minyak bekas tersimpan hingga 6 tahun mempunyai nilai tegangan tembus minimal 30 kV dan masih layak untuk digunakan kembali.

Kata kunci: tegangan tembus, minyak transformator, waktu

ABSTRACT

The accumulation of used transformer oil causes various problems, such as environmental pollution and waste. Considering the price of transformer oil is quite expensive, while on the other hand there is a buildup of used transformer oil in warehouses owned by PT. PLN, it is necessary to investigate the possibility of reusing the transformer oil. The research is focused on testing the breakdown voltage of used transformer oil that has been stored for a long time. If the results of the breakdown voltage test are above 30 kV, the used transformer oil is considered to be still suitable for reuse. The sample used is distribution transformer oil with a voltage rating of 20kV/400 V with variations in storage time of 3 to 11 years. The results of the breakdown voltage test show that used oil stored for up to 6 years has a breakdown voltage value of at least 30 kV and is still suitable for reuse.

Key words: breakdown voltage, transformer oil, storing

PENDAHULUAN

Saat ini harga minyak transformator yang terbilang mahal. Sedangkan di gudang perusahaan listrik banyak dijumpai minyak transformator yang tidak pernah digunakan bahkan sampai bertahun-tahun. Akibat dari penumpukan minyak tersebut, maka biasanya minyak bekas dibuang begitu saja guna mengurangi tempat penampungan transformator bekas, terutama transformator step-down atau gantung. Pada sekitar daerah tersebut mulai tercemar dari limbah minyak tersebut akibat dari kebocoran tempat penampung minyak. Minyak atau isolasi cair

ini hanya disimpan dan tidak dimanfaatkan kembali.

Minyak transformator sangat penting dalam proses pendinginan. Panas yang timbul dari transformator akan terminimalisir oleh isolasi cair. Isolasi dianggap penting karena selain sebagai pemisah antar inti transformator isolasi, juga dapat bekerja sebagai pendingin dari panas yang timbul. Terjadinya uap air pada minyak transformator karena minyak tersebut mendidih dalam kurun waktu yang lama. Pada bagian inti terjadi pengendapan akibat dari uap air yang timbul. Terjadi ketidakmurnian akibat berkurangnya nilai tegangan

tembus dan sudah terjadi dalam kurun waktu bertahun-tahun.

Tujuan utama penelitian adalah melakukan studi terkait masalah lama waktu penyimpanan minyak transformator terhadap perubahan tegangan tembus, dan mengetahui karakteristik minyak transformator dapat digunakan dalam batas waktu dan suhu tertentu agar tidak terjadi penumpukan limbah dan penghematan minyak transformator bekas yang tidak dimanfaatkan.

Menurut [1] yang meneliti tentang pengaruh perubahan suhu yang mempengaruhi nilai tegangan tembus yaitu semakin meningkat suhu maka akan semakin menurun nilai tegangan tembus. Bahan minyak transformator (DialaB) lebih baik mutunya (nilai tegangan tembus lebih tinggi) dibanding dengan minyak Mesran Super SAE 40. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan menahan tegangan tembus bahan isolator cair (Mesran Super SAE 40) masih di bawah standar yang ditetapkan oleh standar ASTM D-877. Dalam penelitian ini terdapat kejangalan yaitu pengujian tegangan tembus yang biasanya malah meningkat seiring bertambahnya suhu, malah menurun.

Pada peralatan tegangan tinggi isolasi sangat diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan sehingga antara penghantar-penghantar tersebut tidak terjadi lompatan listrik atau percikan. Oleh karena itu untuk mengetahui pengaruh bentuk elektroda terhadap besarnya tegangan tembus, maka perlu dilakukan pengujian pada bentuk elektroda yang lain-lainnya. Salah satu bentuk elektroda yang dapat digunakan adalah elektroda bidang-bidang [2].

Dengan menggunakan metode pengaruh pemanasan, magnetisasi dan penyaringan dengan kertas saring terhadap kenaikan kualitas minyak dengan pemanasan sampai suhu 80oC mempengaruhi nilai tegangan tembusnya. Pada sampel terjadi kenaikan 18kV, yang sebelumnya 13kV, hal ini dikarenakan adanya molekul air yang mempengaruhi tingkat kemurnian minyak transformator yang mudah menghantarkan listrik. Peningkatan kualitas minyak transformator dengan magnetisasi membuktikan bahwa di dalam minyak transformator yang diujikan terdapat partikel-partikel logam bersifat magnetik dan konduktor yang mengurangi batas normal tegangan tembusnya sehingga minyak transformator dengan penyaringan kertas

diperoleh hasil tertinggi sebesar 2,09 kV. Hal ini membuktikan di dalam minyak transformator terdapat partikel-partikel kecil yang melayang dan tercampur pada minyak akibat digunakan sebagai isolator [3].

Parameter yang selanjutnya yang dicari adalah fenomena-fenomena yang terjadi saat eksperimen berlangsung yang meliputi perubahan arus yang terjadi selama pengujian berlangsung dan pergerakan minyak sesaat sebelum terjadi breakdown. Permasalahan dalam studi ini dibatasi pada analisis yang dilakukan terhadap hasil eksperimen fenomena pre-breakdown voltage dengan pembangkitan tegangan DC pada isolasi minyak menggunakan elektroda pengujian jarum-plat dengan jarak 1 cm [4].

Bahan yang dipakai dalam pengujian, metode pengujian tegangan gagal dan metode pengujian sifat-sifat kelistrikan, fisika, dan kimia yang diuji maka minyak kelapa sawit layak diperhitungkan sebagai pengganti minyak transformator, disamping harganya yang lebih murah dibanding minyak transformator mineral, juga bahan ini mudah didapat di Indonesia [5].

Menurut hukum Paschen, isolasi cair digunakan karena memiliki beberapa alasan, antara lain karena memiliki kekuatan dielektrik 1000 kali dibandingkan isolasi gas. Panas yang timbul akan hilang akibat rugi energi melalui konversi atau perubahan energy dengan cara mengisi ruang atau celah kedua isolasi cair. Apabila terjadi pelepasan muatan atau discharge isolasi cair dapat memperbaiki diri sendiri atau self handling. Mudahnya terkontaminasi merupakan salah satu kekurangan isolasi cair. Luas daerah elektroda, pendinginan, pendinginan, jarak celah (gap spacing), perawatan sebelum pemakaian (elektroda dan minyak merupakan beberapa macam faktor yang mempengaruhi ketembusan minyak transformator seperti Ketembusan isolasi (insulation failure/insulation breakdown) disebabkan karena beberapa hal antara lain: isolasi tersebut dikenakan tegangan lebih dapat mengurangi kekuatan dielektrik, dan isolasi tersebut sudah lama dipakai. Agar isolasi tidak tembus prinsipnya tegangan pada isolator merupakan suatu tekanan atau tarikan yang harus dilawan oleh gaya dalam isolator. Dalam struktur elektron erat pada molekulnya. Molekul material isolasi dan ikatan melakukan perlawanan terhadap tekanan yang disebabkan adanya tegangan. Sifat isolasi akan hilang apabila ikatan. Timbulnya arus bocor disebabkan karena terjadinya tegangan

pada bahan isolasi yang berakibat berpindahnya elektron-elektron dari satu elektron ke elektron lain dan timbul arus bocor atau konduksi. Material arang dan kelembaban yang masuk atau terjadi ketidakh murnian (impurity) dapat mempengaruhi karakteristik isolator [6].

Tegangan tembus yaitu besar tegangan maksimum yang mampu "ditahan" oleh isolator dalam hal ini yaitu minyak transformator atau dengan kata lain minyak transformator masih berfungsi sebagai media isolasi selama tegangan tembus tersebut dilampaui, jika dilampaui maka minyak transformator tersebut sudah tidak bisa mengisolasi lagi.

Perubahan suhu dan umur minyak transformator akan mempengaruhi kualitas dan tegangan tembus dari isolasi cair. Secara terus menerus pada beban yang mempengaruhi kenaikan suhu minyak transformator. Baik buruknya suatu isolasi cair dilihat dari tegangan tembusnya. Pengujian pada pengaruh kenaikan suhu dan lama waktu penyimpanan minyak perlu dilakukan guna mengetahui baik buruknya suatu isolasi cair dilihat dari perubahan nilai tegangan tembusnya. Sela bola yang dipakai sebagai standar pengujian tegangan tinggi, karena pada suatu keadaan tertentu jarak sela bola dan diameter bola mempunyai tegangan tembus yang tertentu pula. Adapun tegangan tembus standar adalah pada suhu 20°C [13].

Isolasi memiliki dua tujuan, yaitu untuk mengisolasi antar penghantar agar tidak saling berhubungan dan untuk menyimpan muatan listrik jika tegangan listrik diberikan pada bahan isolasi, isolasi akan mempertahankan muatannya karena elektron tidak dapat mengalir untuk menetralkan muatan tersebut. Tegangan yang dapat merusak bahan isolasi disebut tegangan tembus. Begitu juga dengan peristiwa arus bocor yang merupakan salah satu fenomena tegangan tinggi.

Isolasi yang dipakai dalam setiap peralatan listrik tegangan tinggi merupakan bagian terbesar dari biaya yang diperlukan. Oleh sebab itu pemakaian isolasi haruslah rasional, artinya tetap memenuhi standar yang telah ditentukan dan pemakaian isolasi haruslah seekonomis mungkin, dengan tidak mengorbankan fungsinya sebagai isolator [8].

Bahan yang dipakai untuk mengisolasi di dalam rangkaian listrik disebut isolator. Agar tidak terjadi loncatan apa atau flashover, isolasi harus memiliki kemampuan untuk memisahkan dua buah penghantar atau lebih

secara elektrik, sehingga kebocoran arus tidak akan terjadi. Sifat hantaran dapat hilang apabila kekuatan dielektrik dari bahan isolasi baik. Hantaran yang bernilai nol merupakan media dielektrik yang paling baik. Sebagian besar isolator berasal dari minyak bumi [9].

Banyak sifat-sifat minyak yang penting dalam penggunaannya sebagai cairan isolasi. Sifat-sifat tersebut dibagi dalam beberapa kelompok sifat-sifat fisika, dan sifat-sifat kelistrikan. Sifat-sifat fisika penting karena secara umum karakteristik panas dan aliran suatu cairan sangat penting dalam proses perencanaan peralatan [10].

Sifat-sifat kelistrikan yang penting pada isolator minyak diantaranya: Tegangan gagal/tembus (breakdown voltage) atau dielectric strength. Tegangan gagal minyak transformator perlu diukur karena merupakan ukuran kesanggupan minyak untuk menahan elektrik stress tanpa kerusakan. Selain itu kegagalan tegangan rendah dapat menunjukkan adanya zat kotoran/kontaminan seperti air, debu atau partikel penghantar dalam minyak; ketahanan kegagalan (withstand breakdown). Kemampuan untuk tidak mengalami kegagalan kondisi tekanan listrik (electric stress) yang tinggi; Kekuatan impuls (impulse strength), Sifat ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan isolator minyak menahan tegangan impuls yang terjadi dalam sesaat akibat faktor luar dan faktor dalam; Resistivitas (resistivity), Nilai tahanan yang dimiliki oleh suatu isolator atau muatan dari kekuatan di daerah listrik searah, dan kepadatan arus pada keadaan tetap dalam bahan. Resistivitas erat hubungannya dengan partikel zat yang bersifat penghantar. Resistivitas yang rendah menunjukkan minyak mengandung kontaminasi yang bersifat konduktif seperti air, asam-asam dan partikel bermuatan lainnya; Faktor kebocoran dielektrik (dielectric dissipation factor). Daya yang hilang dalam operasi transformator disebabkan kehilangan energi sebagai panas akibat pemecahan molekul-molekul [11].

Kegagalan tegangan pada isolator jenis padat, cair, gas dan vakum tidak sama. Ada berbagai faktor yang mempengaruhi kekuatan dielektrik masing-masing jenis tersebut. Faktor kegagalan tegangan pada isolator cair yang diketahui tidak seluas faktor pada gas dan vakum. Jika beda potensial pada sepasang elektroda di dalam isolator cair, akan terlihat arus konduksi yang kecil. Tegangan yang dinaikkan secara kontinyu mengakibatkan loncatan api yang lewat diantara elektroda. Loncatan api yang terjadi dalam cairan

tersebut meliputi [9]: 1) Aliran listrik yang bertegangan besar yang ditentukan oleh karakteristik rangkaian. 2) Bentuk cahaya terang seperti kilat dari elektroda ke elektroda. 3) Adanya bentuk gelombang gas dan bentuk butiran padat hasil dekomposisi zat cair. 4) Terbentuknya lubang kecil pada kedua elektroda terjadinya tekanan impuls melalui cairan dengan disertai suara ledakan.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Adanya indikasi tahun lamanya penyimpanan dan suhu mempengaruhi kualitas minyak transformator, dalam hal ini tegangan tembus yang menurun sehingga perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah: Untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan minyak dan suhu terhadap tegangan tembus transformator.

Sedangkan pembahasan masalah sebagai berikut : 1) Transformator yang akan diuji merupakan transformator step-down 3 fasa 20 kVA 20 kV/ 400 V. 2) Tidak membahas tentang kejernihan dan kontaminasi partikel. 3) Tidak membahas pengaruh luar dalam pengujian seperti kelembaban, kandungan kimia, tekanan, dan standar purifikasi. 4) Tidak membahas arus bocor, kekuatan impuls, resistivitas, sifat kimia, sifat mekanis, korosi, endapan, viskositas dan kekentalan. 5) Hanya melakukan pengujian tegangan tembus.

Pengujian ini menggunakan minyak transformator bekas penyimpanan dengan 8 jenis minyak bekas penyimpanan yang berbeda tahun pemakaian yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

Sampel Pengujian

Pengujian ini menggunakan minyak transformator bekas penyimpanan dengan 8 jenis minyak bekas penyimpanan 3-11 tahun pemakaian seperti pada Gambar 1.

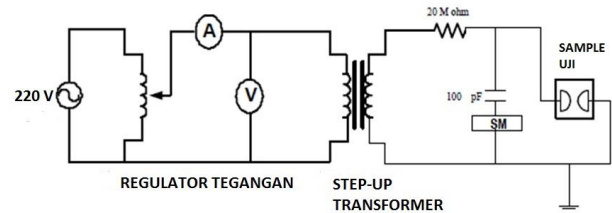


Gambar 1. Sampel pengujian minyak transformator; nomor a: 3, b: 4, c: 5, d: 6, e: 8, f: 9, g: 10, dan h: 11 tahun penyimpanan

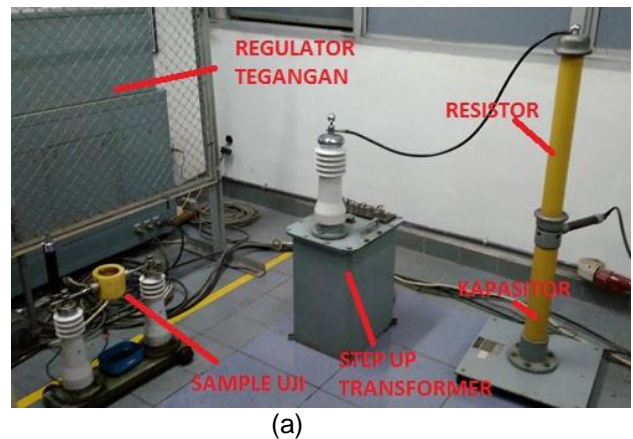
Peralatan

Peralatan yang digunakan diantaranya: 1) Regulator tegangan 2) Transformator Step up 3) Resistor Pembatas Arus 4) Sistem Switching 5) Instrumen Pengukuran 6) Tabung penguji 7) Thermometer Suhu 8) Heater 9) Barometer 10) Hygrometer.

Gambar 2 dan 3 menunjukkan skema dan foto tata letak pengujian tegangan tembus minyak transformator.



Gambar 2. Skema pengujian tegangan tembus minyak transformator



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Tata letak pengujian tegangan tembus minyak transformator di lab tegangan tinggi (b) panel regulator tegangan

Alir pengujian

Pengujian dilakukan dengan berpedoman pada standar IEC 156 edisi ke 2 1995-07: Pengujian tegangan tembus terhadap bahan isolasi cair pada frekuensi tenaga. Urutan kerja

yang dilakukan sesuai IEC 156 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan dengan 4 macam variasi yaitu tanpa perlakuan (tidak disaring dan tidak dipanaskan), pengujian dengan cara dipanaskan pada suhu 70oC dan 100oC dan tanpa penyaringan, pengujian dengan cara penyaringan tanpa dipanaskan, pengujian dengan cara disaring dan dipanaskan pada suhu 70°C dan 100°C.
2. Gelas uji harus dalam keadaan bersih dan kering.
3. Banyaknya harus sedemikian rupa sehingga di atas puncak elektroda lebih dari 20 mm atau 40 mm dari sumbu elektroda.
4. Minyak didiamkan kira-kira 10 menit untuk menghilangkan gelembung gas yang mungkin masih terjadi saat pengisian minyak kedalam gelas uji.
5. Selanjutnya tegangan dinaikan secara bertahap sampai terjadi tembus
6. Setelah terjadi tembus listrik kemudian minyak diaduk dengan sesuatu seperti tangkai tipis dan bersih untuk menghilangkan gelembung gas yang timbul saat terjadi tembus listrik
7. Selang dua menit pengujian dilakukan kembali sampai dengan 6 kali percobaan

Acuan Normatif

Acuan yang digunakan adalah:

- a) IEC 156 edisi ke dua : pengujian tegangan tembus terhadap bahan isolasi cair pada frekuensi tenaga
- b) IEC 475 : 1974 Metode pengambilan sampel isolasi cair
- c) IEC 422 : batasan tegangan tembus minyak isolasi bekas

Perhitungan

Perhitungan pada penelitian menggunakan rumus sebagai berikut :

densitas udara:

$$\delta = \frac{0,386 \times b}{273+t} \tag{1}$$

tegangan tembus:

$$V_{ds} = \frac{V_d}{\delta} \tag{2}$$

simpangan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{3}$$

Keterangan :

t : suhu pengujian (°C)

- b : tekanan udara 745 (mmHg)
- H : kelembapan udara (%)
- δ : faktor koreksi
- V_d : tegangan dadal (kV)
- V_{ds} : tegangan dadal standar (kV)
- S : standar deviasi (simpangan baku)
- x_i : nilai derajad x ke-i
- \bar{x} : derajad Rata-rata
- n : ukuran sampel
- s : rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data diukur dari nilai rata-rata data tersebut (standar deviasi)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian minyak transformator berdasar lama penyimpanan tanpa perlakuan

Kelompok minyak transformator bekas yang digunakan berdasarkan jumlah lama waktu pemakaian berapa tahun. Sampel yang diuji dalam penelitian ini terdiri dari minyak transformator dengan lama waktu pemakaian dalam hitungan tahun. Pengujian pertama dilakukan tanpa perlakuan. Data pengujian dapat kita hitung tegangan tembus dalam kondisi standar dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Hasil Uji Minyak Transformator berdasar lama penyimpanan Tanpa Penyaringan dan Tanpa Pemanasan. Jumlah percobaan 10 kali, suhu 27°C, tekanan udara 745 mmHg, Kelembaban 70%, factor koreksi 0,72.

Lama penyimpanan (tahun)	V _d (kV)	V _{ds} (kV)	Std
3	24,27	33,76	2,24
4	24,18	33,64	3,60
5	24,09	33,51	4,01
6	22,36	31,11	5,10
8	21,55	29,97	2,30
9	19,55	27,19	3,56
10	19,27	26,81	3,55
11	19,18	26,68	3,09

Minyak yang memiliki tegangan tembus paling tinggi yaitu minyak yang berumur 3 tahun pemakaian.

Diperkirakan untuk sampel yang lain memiliki kandungan kadar air yang lebih tinggi dan sudah terkontaminasi.

Dari tabel 1 diatas standar deviasi terendah ditunjukkan pada sampel minyak 3 tahun sebesar 2,24. Sedangkan untuk hasil deviasi tertinggi yakni pada sampel minyak berumur 6 tahun dengan hasil sebesar 5,10.

Kemungkinan pada saat pengujian kondisi lingkungan tidak stabil sehingga jarak nilai uji antar sampel menjadi jauh.

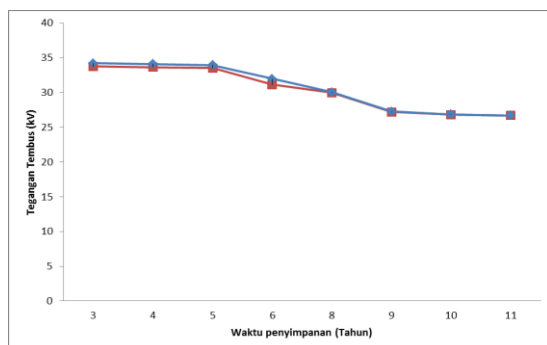
Pengujian minyak transformator berdasar lama penyimpanan dengan cara disaring

Pada pengujian kali ini perlakuan minyak dengan cara disaring tanpa dipanaskan teknik penyaringan menggunakan kertas saring, kertas saring yang digunakan merupakan kertas saring whatman dengan ukuran 0,7 mikron. Dengan cara ini diharapkan terjadi kenaikan tegangan tembus. Dengan proses penyaringan diharapkan untuk memperoleh minyak transformator bekas dengan tegangan gagal yang lebih tinggi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Hasil Pengujian Minyak Transformator Berdasar Lama Penyimpanan Dengan Cara Disaring dan Tanpa Dipanaskan Jumlah percobaan 10 kali, suhu 27°C, tekanan udara 745 mmHg, Kelembaban 70%, factor koreksi 0,72.

Lama penyimpanan (tahun)	V_d (kV)	V_{as} (kV)	Std
3	24,60	34,22	5,93
4	24,50	34,08	5,36
5	24,40	33,94	4,30
6	23,00	31,99	5,93
8	21,60	30,04	3,84
9	19,60	27,26	2,07
10	19,30	26,85	1,95
11	19,20	26,71	1,99

Secara lengkap hasil-hasil pengujian tegangan tembus minyak transformator sebelum dan sesudah dilakukan penyaringan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian tegangan tembus minyak transformator. Grafik warna merah dan biru adalah tegangan tembus minyak transformator sebelum dan sesudah dilakukan penyaringan.

Setelah dilakukan perbaikan karakteristik minyak transformator bekas dengan cara disaring maka semakin lama tahun penyimpanan akan tetap terjadi penurunan tegangan tembus, tetapi memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan pengujian yang pertama yaitu tanpa perlakuan. Minyak yang memiliki tegangan tembus yang tinggi yaitu minyak yang berumur 3 tahun pemakaian dengan nilai tegangan tembus 34,22 kV. Diperkirakan untuk sampel minyak yang lain memiliki kandungan kadar air yang lebih tinggi dan sudah terkontaminasi.

Untuk tegangan tembus diatas 30 kV berarti minyak tersebut masih layak digunakan. Dilihat dari data pengujian tegangan tembus minyak yang layak pakai yaitu umur 3,4,5,6,8 tahun penyimpanan. Dikarenakan pada saat penggantian dan waktu disimpan tidak ada masalah dengan minyak tersebut. Untuk hasil pemakaian 9,10,dan 11 tahun pakai kemungkinan sudah banyak terkontaminasi oleh air, gelembung udara, dan karbon pada saat beroperasi.

Semakin lama tahun penyimpanan minyak maka terjadi penurunan tegangan gagal terhadap minyak. Hal ini disebabkan karena semakin lama tahun pemakaian minyak transformator akan terjadi peningkatan jumlah oksigen dari udara, kelembaban dari transformator, dan kandungan zat kimia seperti karbon dan asam dapat menyebabkan kualitas minyak transformator semakin buruk karena susunan kimia dari minyak transformator yang terurai

Penilaian yang dilakukan berdasarkan nilai tegangan tembus menggunakan batasan minyak isolasi bekas pakai yaitu IEC (442):1989 bahwa tegangan tembus minimal 30kV untuk trafo tegangan < 70 kVA.

Semakin tua umur minyak transformator atau semakin lama penyimpanannya, maka terjadi penumpukan kotoran yang akan menyebabkan berkurangnya tegangan tembus akibat. Viskositas dari resistivitas akan terpengaruh oleh umur transformator yang semakin tua dari minyak transformator itu sendiri. Hal tersebut sesuai dengan salah satu jurnal yang menyebutkan bahwa resistivitasnya akan berkurang dan viskositas dari minyak semakin tinggi apabila umur transformator yang semakin tua. Perubahan nilai viskositas dan resistivitas dari minyak transformator akan mengakibatkan berkurangnya tegangan tembus, karena sudah tidak murni lagi dan terdapat banyak endapan dari bahan kimia

KESIMPULAN

1. Pada pengujian tegangan tembus diketahui bahwa semakin lama penyimpanan sebuah minyak transformator mempengaruhi hasil dari tegangan tembusnya.
2. Apabila penyimpanan sebuah minyak transformator semakin lama maka tegangan tembusnya akan menurun. Hal ini disebabkan karena semakin lama tahun penyimpanan minyak transformator dan suhu transformator yang mengalami perubahan dari waktu ke waktu sehingga terjadi peningkatan jumlah oksigen dari udara, kandungan zat kimia lain seperti asam dan karbon, dan kelembaban dari transformator.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada Daryadi dan Prasetyohadi, Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Dep. Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada, atas bantuannya dalam mempersiapkan peralatan eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Junaidi, "Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur Pada Minyak Transformator," vol. 1, no. 1, 2011.
- A. Syakur, dan M. Facta, "Perbandingan Tegangan Tembus Media Isolasi Udara dan Media Isolasi Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Bidang-Bidang," vol. 1, 2003.
- H. Hayyudiasto, "Peningkatan Kualitas Minyak Transformator Bekas," Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada, vol. 2, no. 3, 2015.
- K. Cahyaningrum, I. M. Y. Negara, dan D. Fahmi, "Analysis Of Characteristic Pre-Breakdown Voltage Phenomenon Based Experiment On Oil," 2016.
- T. Tribawono, "Karakteristik Minyak Nabati Sebagai Bahan Isolasi Cair," Univ. Gajah Mada, vol. 1, pp. 56–63, 2003.
- M. Kim, R. E. Hebner, dan G. A. Hallock, "Modeling the growth of streamers during liquid breakdown," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 15, no. 2, pp. 547–553, 2008.
- I. M. Y. Negara, "Teknik Tegangan Tinggi Prinsip dan Aplikasi Praktis," Yogyakarta, Graha Ilmu, 2013.
- S. N. Singgih, "Analisis pengaruh keadaan suhu terhadap tegangan tembus Ac dan Dc pada minyak transformator," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 93–99, 2009.
- A. S. Martono, Juningtyastuti, dan A. Syakur, "Karakteristik Dielektrik Minyak Hidrolik Sebagai Alternatif Isolasi Cair untuk Transformator Daya," 2013.
- H. Sanjaya, "Minyak transformator (minyak isolasi)," Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada, vol. 1, no. 1, 2012.
- I. M. Wijaya, "Karakteristik Korona dan Tegangan Tembus Isolasi Minyak Pada konfigurasi elektroda Jarum-Plat," pp. 1–7, 2010.
- A. Hasyim, "Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tegangan Tembus pada Bahan Isolasi Cair," *Tugas Akhir*, vol. 1, no. 1, 2004.