Jurnal Teknologia
Aliansi Perguruan Tinggi (APERTI) BUMN
Vol. 1, No. 1, Agustus 2018, P-ISSN xxx-xxxx, E-ISSN xxxx-xxxX

ANALISIS EFEK VISKOSITAS TERHADAP TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRANSFORMATOR

Wahyu Kunto Wibowo[1], Herminarto Nugroho[1],Teguh Aryo Nugroho[1], Nita Indriani Pertiwi[1], dan Ade Irawan[2]

[1]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pertamina, Simprug, Kebayoran Lama, DKI Jakarta
[2]Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Pertamina, Simprug, Kebayoran Lama, DKI Jakarta

E-mail: wahyu.kw@universitaspertamina.ac.id

ABSTRACT

In this research, high voltage testing on transformer oil were done to obtain its breakdown voltage. Type of the transformer oil that used in this testing is Shell Oil Diala B. The breakdown voltage test was carried out by increasing the temperature of the oil to change its viscousity. Half ball electrodes was used in the testing by applying AC high voltage 50 Hz to measure the breakdown voltage. Experimental results shows that the viscousity of the transformer oil is affecting the value of breakdown voltage. The breakdown voltage of the transformer oil will be bigger when the viscousity is lower. This is because oil which has low viscousity will be difficult to be contaminated by impurities that have potential to form conductive bridge on the oil.

Keywords: *Transformer oil, Shell Oil Diala B, breakdown voltage test, viscousity of the transformer oil*

ABSTRAK

Pada penelitian ini, pengujian tegangan tinggi pada minyak transformator dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan tembusnya. Minyak transformator yang diujikan pada penelitian ini berjenis Shell Oil Diala B. Pengujian tegangan tembus dilakukan dengan menaikan suhu minyak transformator untuk mengubah viskositasnya. Pengukuran tegangan tembus dilakukan dengan menggunakan elektroda setengah bola yang diterapkan tegangan tinggi bolak-balik (AC) frekuensi 50 Hz. Dari pengujian yang telah dilakukan, nilai viskositas sangat mempengaruhi nilai tegangan tembus dari minyak transformator. Semakin rendah viskositas minyak, maka nilai tegangan tembus minyak transformator akan semakin besar. Ini terjadi karena minyak yang memiliki viskositas rendah akan sulit terkontaminasi oleh kontaminan-kontaminan asing yang berpotensi membentuk jembatan konduktif pada minyak.

Kata kunci: *Minyak transformator, Shell Oil Diala B, pengujian tegangan tembus, viskositas minyak*

1. PENDAHULUAN

Transformator memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem kelistrikan yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan tanpa merubah frekuensinya. Transformator menggunakan material dielektrik sebagai media pendingin dan isolasi antar penghantarnya yaitu minyak transformator. Minyak transformator digunakan sebagai media isolasi untuk mencegah adanya kerusakan-kerusakan (breakdown) baik kerusakan elektrik (*electrical breakdown*), kerusakan mekanik (*mechanical breakdown*), maupun kerusakan suhu (*thermal breakdown*)[1]–[3]. Minyak transformator tidak akan bisa menjalankan fungsinya lagi jika sering terjadi gangguan yang mengakibatkan sering terjadinya *breakdown*.

Salah satu penyebab utama kerusakan pada minyak transformator adalah banyaknya kontaminan yang terkandung didalamnya. Kontaminan-kontaminan ini bisa masuk pada minyak saat proses penyimpanan dalam waktu yang lama ataupun terkontaminasi oleh penghantar yang diisolasinya. Jika minyak transformator mengandung banyak kontaminan didalamnya, maka kerusakan elektrik akan semakin mudah terjadi. Kontaminan ini akan membentuk suatu jembatan konduktif yang memicu terjadinya *breakdown*. Nilai tegangan listrik yang terjadi pada saat terjadinya kerusakan elektrik disebut dengan tegangan tembus (*breakdown voltage*). Menurut IEC 156, standar nilai tegangan tembus minyak trafo pada suhu $30°C$ adalah $30\ kV$ pada pengujian tegangan tinggi dengan jarak sela $2{,}5\ cm$ [4], [5].

Pada makalah ini, tegangan tembus pada minyak transformator *shell diala B* diinvestigasi berdasarkan efek dari viskositasnya. Pengujian tegangan tinggi untuk mendapatkan nilai tegangan tembus dilakukan berdasarkan standar IEC 156 dengan menggunakan elektroda setengah bola berjarak sela $2{,}5\ mm$. Berdasarkan hasil pengujian, tegangan tembus dari minyak transformator *shell diala B* semakin besar seiring dengan nilai viskositasnya yang semakin kecil

2. DIELEKTRIK MINYAK TRANSFORMATOR

Dielektrik cair sebagai salah satu bahan listrik memiliki beberapa fungsi utama antara lain untuk mengisolasi antara satu penghantar dan penghantar lainya, untuk menahan gaya mekanik akibat adanya arus pada konduktor yang diisolasi, dan mampu menahan tekanan yang diakibatkan panas dan reaksi kimia. Tekanan yang diakibatkan oleh medan elektrik, gaya mekanik, maupun termal dapat terjadi secara serentak. Dielektrik cair memiliki kerapatan seribu kali lebih besar daripada dielektrik gas sehingga kekuatan dielektriknya lebih tinggi daripada dielektrik gas. Kekuatan dari dielektrik cair berkisar antara $10^7\ V/cm$ menurut hukum Paschen. Akan tetapi dielektrik cair memiliki kekurangan yaitu mudah terkontaminasi oleh zat-zat lain.

Salah satu sifat fisis dari dielektrik cair yang mempengaruhi keberadaan kontaminan adalah viskositas. Viskositas berpengaruh besar pada kemurnian dari dielektrik cair. Bahan dielektrik dikategorikan baik jika memiliki nilai viskositas yang rendah sehingga kemungkinan isolasi cair terkontaminasi akan semakin kecil. Viskositas dinamis dan kinematik dalam isolasi cair dapat dinyatakan dalam persamaan (1) dan (2).

$$\mu = \frac{2r^2 g}{9v}(\rho - \rho^1) \tag{1}$$

$$V = \frac{\mu}{\rho^1} \tag{2}$$

dengan $\mu, r, g, v, \rho, \rho^1$, dan V berurutan menunjukan viskositas dinamik (*poise*), jari-jari bola ukur (cm), konstanta gravitasi (m/s^2), kecepatan bola ukur (cm/s), massa jenis bola ukur (gr/cm^3), massa jenis dielektrik cair (gr/cm^3), dan viskositas kinematic (St).

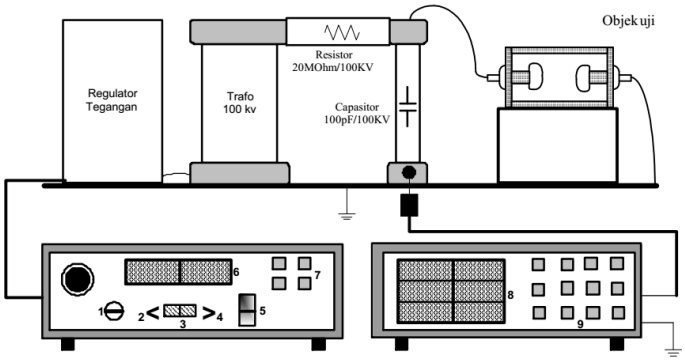
Viskositas dari dielektrik cair mempengaruhi kekuatan dari dielektrik cair yang dilihat dari kandungan kontaminan didalamnya. Kontaminan-kontaminan ini dapat memicu terjadinya kerusakan dari dielektrik cair itu sendiri. Dari banyak teori mengenai kerusakan dielektrik, persamaan (3) menunjukan hubungan antara besarnya tegangan tembus yang terjadi dengan besar sela antar penghantar.

$$V_b = Ad^n \tag{3}$$

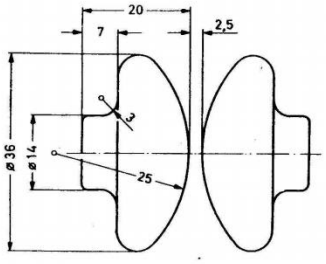
dengan $V_b, d, A,$ dan n berurutan adalah tegangan tembus (kV), panjang ruang celah (mm), konstanta dielektrik, dan konstanta yang nilainya < 1. Nilai n biasanya bernilai 2/3 untuk bahan isolasi padat dan minyak dalam perencanaan isolasi.

3. METODE PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS

Minyak transformator yang digunakan pada pengujian tegangan tembus ini adalah *shell diala B.* Pengujian tegangan tembus dilakukan sesuai dengan standar IEC 156. Elektroda yang digunakan adalah elektroda medan seragam dengan bentuk setengah bola. Suhu minyak transformator diatur dari suhu $30°C$ sampai dengan suhu $130°C$ untuk mendapatkan nilai viskositas yang berbeda-beda. Gambar 1 menunjukkan rangkaian pengujian tegangan tinggi dan gambar 2 menunjukkan elektroda setengah bola.



Gambar 1. Rangkaian pengujian tegangan tinggi



Gambar 2. Elektroda setengah bola

Rangkaian pengujian terdiri dari alat ukur dan kit pembangkit tegangan. Transformator tegangan tinggi dapat menghasilkan tegangan maksimal sampai dengan $100\ kV$. Elektroda setengah bola yang digunakan sesuai dengan standar IEC 156 memiliki diameter $50\ mm$ dengan jarak antara elektroda diatur sebesar $2{,}5\ mm$. Sumbu dari elektroda harus dipasang secara horizontal sekurang-kurangnya $40\ mm$ dibawah permukaan cairan didalam kotak uji. Tidak boleh ada bagian dari elektroda yang lebih dekat dari $12\ mm$ dari dinding kotak uji. Pengujian tegangan tinggi dilakukan pada minyak *shell diala*

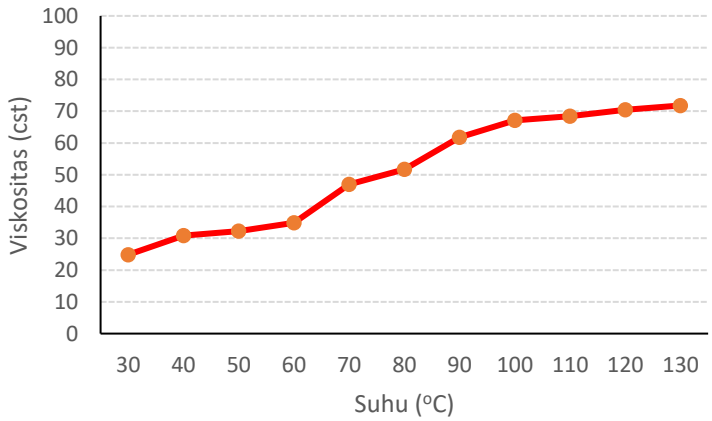
B untuk mengetahui besar nilai tegangan tembusnya sesuai dengan perubahan nilai viskositas dari minyak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, dibahas efek dari perubahan suhu terhadap nilai viskositas minyak *shell diala B*. Selain itu, nilai tegangan tembus yang terukur sesuai dengan nilai viskositas dari minyak juga dianalisis. Tabel 1 adalah data pengujian yang telah dilakukan untuk mendapatkan nilai viskositas dan tegangan tembus pada minyak *shell diala B.*

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan tembus

$T\ (°C)$	$V\ (cst)$	$V_b\ (kV)$
30	71.8	26.456
40	70.46	34.246
50	68.45	37.283
60	67.11	40.445
70	61.74	47.086
80	51.67	49.009
90	46.97	51.082
100	34.9	52.72
110	32.21	57.79
120	30.87	59.328
130	24.83	60.636

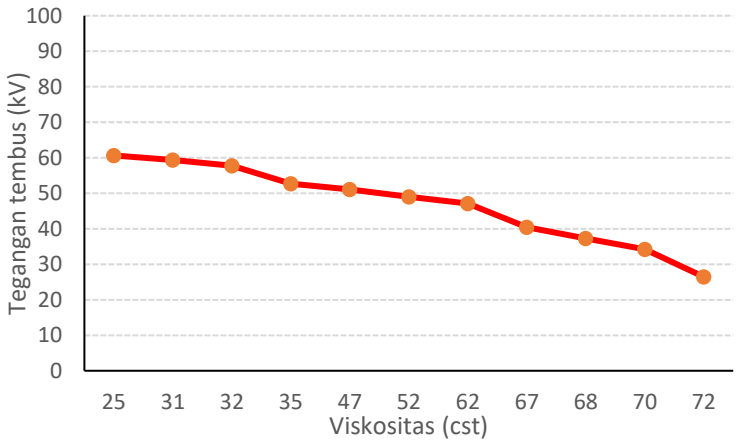


Gambar 3. Grafik pengaruh suhu terhadap viskositas

Dari tabel 1 dan gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai viskositas kinematik semakin kecil dengan naiknya suhu pada minyak *shell diala B.* Semakin naik suhu minyak menyebabkan molekul-molekul pada minyak semakin melebar jaraknya atau memuai[6]. Hal ini ditandai dengan minyak *shell diala B* terlihat semakin cair. Nilai viskositas minyak yang lebih kecil akan menghindari pengendapan berlebih oleh kontaminan yang bersifat konduktif.

Dari tabel 1 juga dapat dilihat bahwa nilai tegangan tembus dari shell diala B semakin besar ketika nilai viskositasnya kecil. Hal ini dikarenakan tingkat kontaminasi pada minyak trafo yang memiliki viskositas kecil lebih rendah daripada minyak yang berviskositas tinggi. Jika kehadiran dari kontaminan ini sangat banyak, maka gaya yang terjadi pada partikel ini akan terhubung dan akan terbentuk suatu jembatan konduktif yang menjembatani sela elektroda yang dapat mengakibatkan kerusakan antara

elektroda. Gambar 4 menunjukan hubungan antara viskositas dan tegangan tembus dari minyak *shell diala B*



Gambar 4. Grafik pengaruh viskositas terhadap tegangan tembus

Nilai kekuatan kegagalan pada dielektrik cair yang mengandung pengotor padat ini akan lebih rendah dari pada dielektrik cair murni. Kehadiran kontaminan ini akan menurunkan kekuatan kegagalan dari dielektrik cair dan jika partikel kontaminan ini mempunyai ukuran yang besar maka nilai kekuatan kegagalannya akan semakin rendah.

5. KESIMPULAN

Dari pengujian tegangan tembus yang telah dilakukan terhadap minyak transformator *shell diala B* dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu nilai viskositas dari minyak transformator akan semakin rendah dengan semakin naiknya suhu minyak. Pengendapan kontaminan pada minyak yang memiliki nilai viskositas yang rendah akan dapat dikurangi sehingga tingkat kemurnian dari minyak dapat terjaga. Selain itu, nilai tegangan tembus pada minyak yang memiliki viskositas rendah ini akan semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan isolasi dari minyak transformator semakin baik. Jika kekuatan isolasi dari minyak trafo ini tinggi maka proteksi dielektrik minyak terhadap peralatan tegangan tinggi akan memiliki keandalan yang sangat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. M. Y. Negara, N. K. Aryani, D. A. Asfani, D. Fahmi, R. Jauhari, and M. Wahyudi, "Analysis of physical and electrical characteristics of transformer oil insulation during accelerated thermal aging experiment and its lifetime estimation using arrhenius law and breakdown voltage test," *2017 Int. Semin. Intell. Technol. Its Appl. Strength. Link Between Univ. Res. Ind. to Support ASEAN Energy Sect. ISITIA 2017 - Proceeding*, vol. 2017–January, pp. 139–143, 2017.

[2] N. A. M. Ishak, N. A. M. Jamail, and N. A. Othman, "High voltage characteristics of kraft paper insulator with effect of palm oil and coconut oil," in *4th IET Clean Energy and Technology Conference (CEAT 2016)*, 2016, pp. 1–8.

[3] H. Gupta and S. Das, "Statistical Analysis of Oil Insulation Breakdown Voltage," in *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2017, no. 1, pp. 2044–2048.

[4] "IEC 60156- Determination of the breakdown voltage at power frequency - Test method," 1995.

[5] H. Nazar, A. Rashid, M. Shahzad, F. Khan, and B. Khan, "Optimization of the factors affecting the breakdown voltage of the transformer oil using genetic algorithm," in *2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*, 2018, pp. 1–6.

[6] A. M. Abd-Elhady, M. E. Ibrahim, T. A. Taha, and M. A. Izzularab, "Effect of temperature on

AC breakdown voltage of nanofilled transformer oil," *IET Sci. Meas. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 138–144, 2018.