

Karakteristik Minyak Zaitun dan Minyak Goreng Kelapa Sawit sebagai Minyak untuk Transformator

Gema Romadhona¹, T. Haryono²

Abstract—Transformer insulating oil still commonly used in Indonesia is Shell Diala B pertamina production derived from petroleum. Vegetable oils (olive oil, palm cooking oil, and a mixture of both) to be known as the suitability for transformer oil were used in this study. Vegetable oils have advantages over petroleum that is renewable, sustainable, not toxic, biodegradable, and environmentally friendly. Parameters measured and tested were the value of breakdown voltage, at a temperature of 28 °C to 90 °C with each increment of 20 °C, flash point, pour point and viscosity. The test results showed that the pure olive oil at 28 °C had the most high breakdown voltage and fit for use as transformer oil because it has a breakdown voltage of 43 kV, over the test method standard of IEC 156 i.e. ≥ 30 kV/2.5 mm. On all the oil, the temperature rise will cause an increase in the value of breakdown voltage, it is due to the air bubbles in the oil reduced. At a temperature of 90 °C, olive oil still has the highest value with the value of breakdown voltage is 52.31 kV. The most high flash point on pure palm cooking oil is 324 °C over the test method standard of IEC 296 A (> 140 °C). The lowest pour point in the pure olive oil is at -12 °C, under the test method standard of IEC 296 (≤ -30 °C). While the viscosity of the oil composition has almost the same value of about 40 cSt, under the test method standard of IEC 296 class 1 (≤ 11 cSt).

Intisari—Minyak isolasi transformator yang masih umum digunakan di Indonesia adalah Shell Diala B produksi pertamina yang berasal dari minyak bumi. Pada penelitian ini digunakan minyak nabati (minyak zaitun, minyak goreng kelapa sawit, dan percampuran keduanya) untuk diketahui kelayakannya sebagai minyak untuk transformator. Minyak nabati memiliki kelebihan dibandingkan dengan minyak bumi yaitu dapat diperbaharui/terbarukan/renewable, sustainable, tidak beracun, dapat diurai kembali/biodegradable, dan ramah lingkungan. Parameter yang diketahui dalam pengujian yaitu besarnya nilai tegangan tembus (*breakdown voltage*), pada suhu 28 °C sampai 90 °C dengan kenaikan setiap 20 °C, titik nyala (*flash point*), titik tuang (*pour point*), dan kekentalan/viskositas (*viscosity*). Dari hasil pengujian didapat bahwa pada suhu 28 °C minyak zaitun murni merupakan minyak yang paling tinggi tegangan tembusnya dan layak digunakan sebagai minyak trafo karena memiliki tegangan tembus sebesar 43 kV, di atas standar metode uji IEC 156 yaitu ≥ 30 kV/2,5 mm. Pada semua minyak, kenaikan suhu akan menyebabkan kenaikan nilai tegangan tembus, karena gelembung udara pada minyak akan berkurang. Pada suhu 90 °C hasil yang paling tinggi tetap dipegang oleh minyak zaitun yaitu dengan nilai tegangan tembus 52,31 kV. Titik nyala yang paling tinggi adalah pada minyak goreng kelapa sawit murni sebesar 324 °C di atas standar metode uji IEC 296 A (> 140 °C). Titik tuang yang paling rendah pada minyak zaitun murni sebesar -12 °C, di bawah standar metode uji IEC 296 (≤ -30 °C). Sementara viskositas dari semua komposisi minyak

memiliki nilai yang hampir sama yaitu sekitar 40 cSt, di bawah standar metode uji IEC 296 class 1 (≤ 11 cSt).

Kata Kunci—Minyak transformator, minyak goreng kelapa sawit, minyak zaitun, tegangan tembus, titik nyala, titik tuang, viskositas.

I. PENDAHULUAN

Minyak transformator/trafo/transformer mempunyai dua peranan/fungsi utama yang sangat penting, yaitu sebagai isolasi dan sebagai pendingin. Minyak transformator mengisolasi antara bagian trafo yang bertegangan maupun dengan yang tidak bertegangan seperti inti besi, kumparan, dan body trafo, karena bagian-bagian tersebut tercelup/terkena minyak.

Kegagalan minyak trafo dalam mengisolasi bagian yang bertegangan tentunya dapat mempengaruhi/mengganggu kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Karena itu, minyak trafo merupakan komponen yang sangat vital, untuk itu perlu diuji berapa besar kekuatan dielektriknya dengan mengetahui nilai tegangan tembus (*breakdown voltage*) yaitu besarnya tegangan yang dapat menyebabkan terjadinya lompatan listrik (*flashover*) atau percikan (*sparkover*).

Pengujiannya dilakukan pada berbagai nilai suhu karena suhu minyak di dalam transformator saat bekerja/beroperasi dapat berbeda-beda yang dapat disebabkan karena gangguan, pembebanan yang berlebih, dan keadaan suhu di luar trafo.

Jenis minyak yang sering digunakan pada minyak transformator di Indonesia adalah minyak bumi jenis shell diala B produksi pertamina. Dalam penelitian ini, peneliti ingin meneliti sesuatu yang baru yaitu menggunakan minyak zaitun (*olive oil*), minyak goreng kelapa sawit, dan percampuran keduanya sebagai minyak transformator dengan menerapkan suhu yang berbeda-beda mulai dari 28 °C (suhu minyak dalam ruangan) sampai 90 °C dengan kenaikan tiap 20 °C untuk diketahui berapa besarnya nilai tegangan tembusnya. Selain meneliti besarnya tegangan tembus dengan bermacam-macam suhu, peneliti juga meneliti mengenai besarnya nilai titik nyala (*flash point*), titik tuang (*pour point*), dan kekentalan/viskositas (*viscosity*) minyak tersebut.

Minyak zaitun (*olive oil*) dan minyak goreng kelapa sawit yang merupakan minyak nabati yang memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan minyak bumi, seperti tidak beracun, dapat dikonsumsi manusia, *biodegradable*/dapat diurai kembali, ramah lingkungan, dan dapat diperbaharui (*renewable*).

Dari sifat-sifat tersebut maka minyak zaitun dan minyak goreng kelapa sawit aman digunakan sebagai minyak pada trafo apabila minyak pada trafo tumpah ke tanah, sungai, lingkungan, dan sebagainya, tidak seperti minyak bumi yang sifatnya tidak dapat diperbaharui, beracun, tidak dapat dikonsumsi oleh manusia/makhluk hidup, *nonbiodegradable*/

¹Mahasiswa, Universitas Gadjah Mada, Jl Grafika No.2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281 (telp: (0274) 547506; fax: 510983; gema_s2te_11@mail.ugm.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Jalan Grafika no.2 Yogyakarta, 55281, INDONESIA

tidak dapat diurai kembali, dan tidak ramah lingkungan sehingga dapat mencemari lingkungan.

II. METODOLOGI

A. Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak goreng kelapa sawit, minyak zaitun dan percampuran antara keduanya, seperti dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gbr. 1 Minyak goreng kelapa sawit, minyak zaitun, dan percampuran antara keduanya.

Paling kiri adalah minyak goreng kelapa sawit murni, semakin ke kanan campurannya menjadi 75 %, 50 %, 25 % sampai 0 % minyak goreng kelapa sawit 100 % minyak zaitun (minyak zaitun murni).

B. Peralatan pengujian tegangan tembus (*breakdown voltage*)

Elektroda yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 12,5 mm (standar VDE), dengan jarak sela antar elektroda sebesar 2,5 mm, sesuai standar IEC 156. Elektroda berada pada mangkuk pengujian yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gbr. 2 Mangkuk pengujian

Volume minyak pada mangkuk pengujian sebesar 200 ml. Tegangan dibangkitkan dari trafo *step-up* sampai terjadi tegangan tembus.

C. Peralatan pengujian titik nyala (*flash point*)

Alat yang digunakan dalam pengujian menggunakan mangkuk dengan cawan terbuka, sesuai standar metode uji ASTM D 92 atau IEC 296 A, seperti pada gambar berikut:



Gbr. 3 Cleveland Open Cup

Dalam pengujiannya dimulai pada suhu ruangan (28 °C), suhu dinaikkan (12-17 °C) sampai kira-kira 56 °C sebelum nilai titik nyala, setelah itu suhu dinaikkan sebesar 2 °C sampai terjadi titik nyala.

D. Peralatan pengujian titik tuang (*pour point*)

Gambar 4 di bawah ini menunjukkan alat yang digunakan dalam pengujian titik tuang.



Gbr. 4 Seta-Lec Cloud and Pour Point Refrigerator

Sampel dimasukkan ke dalam alat pengujian, kemudian suhunya dicatat sampai minyak tidak bergerak apabila tabung uji dalam keadaan mendatar selama 5 detik. Suhunya diukur menggunakan termometer negatif.

E. Peralatan pengujian kekentalan/viskositas (*viscosity*)

Alatnya sebagai berikut:



Gbr. 5 Seta KV-8 Viscometer Bath



Gbr. 6 Pipa Kapiler Viscometer

Mengukur waktu alir minyak yang disebabkan oleh adanya gaya gravitasi di dalam suatu pipa kapiler *viscometer* yang dimasukkan ke dalam *Seta KV-8 viscometer bath*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

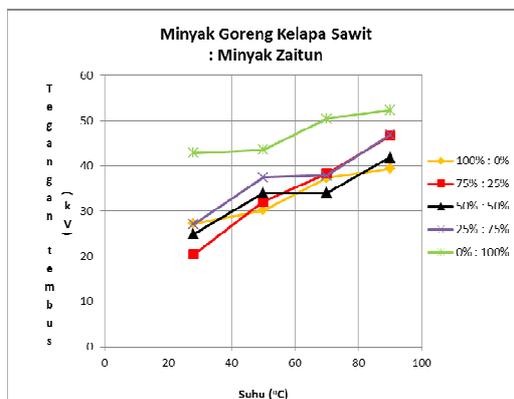
A. Tegangan Tembus

Besarnya nilai tegangan tembus merupakan hasil rata-rata dari lima kali percobaan, hasilnya dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini:

TABEL I
HASIL PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS PADA BERBAGAI KOMPOSISI MINYAK DAN DENGAN SUHU YANG BERBEDA-BEDA

| Tegangan Tembus (kV) | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Suhu | 28 °C | 50 °C | 70 °C | 90 °C |
| MGKS 100 % : MZ 0 % | 27,23 | 30,16 | 37,29 | 39,36 |
| MGKS 75 % : MZ 25 % | 20,40 | 32,07 | 38,33 | 46,63 |
| MGKS 50 % : MZ 50 % | 24,96 | 34,01 | 34,05 | 41,86 |
| MGKS 25 % : MZ 75 % | 27,07 | 37,47 | 37,86 | 46,86 |
| MGKS 0 % : MZ 100 % | 42,85 | 43,51 | 50,46 | 52,31 |

Ket: MGKS: Minyak Goreng Kelapa Sawit; MZ: Minyak Zaitun



Gbr. 7 Grafik hasil pengujian tegangan tembus dengan berbagai komposisi minyak dan suhu yang berbeda-beda

Dari data di atas dapat diketahui bahwa semakin besar suhu, semakin besar pula nilai tegangan tembusnya. minyak zaitun murni dari semua suhu memiliki nilai tegangan tembus di atas standar dan yang paling tinggi di antara yang lainnya. Pada suhu 28 °C hanya minyak zaitun yang di atas standar, sedangkan yang lainnya di bawah standar, sedangkan pada

suhu 50 °C, 70 °C, dan 90 °C, semua minyak memiliki nilai di atas standar, hal ini dikarenakan gelembung udara pada minyak semakin berkurang dengan kenaikan suhu, sehingga semakin tinggi suhu besarnya nilai tegangan tembus juga semakin besar.

Dalam pengujian ini tidak sampai 100 °C karena pada praktiknya akan menimbulkan uap air, yang dapat bercampur dengan minyak dan dapat mengurangi kekuatan dielektrik minyak.

Pada suhu 70 °C dan 90 °C, percampuran 75 % minyak goreng kelapa sawit : 25 % minyak zaitun dan 25 % minyak goreng kelapa sawit : 75 % minyak zaitun, diperoleh hasil yang hampir sama.

Untuk menghitung kekuatan dielektriknya:

$$Eb = \frac{Vb}{d} \quad (1)$$

$$\text{kekuaran dielektrik} = \frac{\text{tegangan tembus (kV)}}{\text{jarak antar elektroda (mm)}} \quad (2)$$

B. Titik Nyala

Pada pengujian ini sebagai standar acuan yaitu IEC 296 class 1, class 1 menunjukkan untuk minyak baru, belum disaring. Hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL II
HASIL PENGUJIAN TITIK NYALA

| Komposisi | Titik Nyala (°C) | |
|---------------------|------------------|-----------|
| | Hasil Pengujian | IEC 296 A |
| MGKS 100 % : MZ 0 % | 324 | > 140 |
| MGKS 75 % : MZ 25 % | 322 | > 140 |
| MGKS 50 % : MZ 50 % | 320 | > 140 |
| MGKS 25 % : MZ 75 % | 318 | > 140 |
| MGKS 0 % : MZ 100 % | 316 | > 140 |

Ket: IEC = *International Electrotechnical Commission*

Titik nyala yang paling tinggi pada minyak goreng kelapa sawit, yaitu sebesar 324 °C, semakin banyak campuran minyak zaitunnya semakin rendah besarnya titik nyala. Titik nyala paling rendah pada minyak zaitun sebesar 316 °C. Besarnya titik nyala pada semua komposisi sudah di atas standar IEC 296 class 1 (lebih dari 140 °C).

C. Titik Tuang

Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel di berikut:

TABEL III
HASIL PENGUJIAN TITIK TUANG

| Komposisi | Titik Tuang (°C) | |
|---------------------|------------------|---------|
| | Hasil Pengujian | IEC 296 |
| MGKS 100 % : MZ 0 % | 6 | ≤ -30 |
| MGKS 75 % : MZ 25 % | 6 | ≤ -30 |
| MGKS 50 % : MZ 50 % | 3 | ≤ -30 |
| MGKS 25 % : MZ 75 % | -9 | ≤ -30 |
| MGKS 0 % : MZ 100 % | -12 | ≤ -30 |

Titik tuang yang paling rendah pada minyak zaitun sebesar -12 °C, masih di bawah standar IEC 296 (-30 °C), tetapi komposisi minyak yang diujikan masih layak digunakan untuk Indonesia, di daerah khatulistiwa dan negara-negara yang suhunya tidak mencapai mencapai -12 °C.

D. Viskositas

Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN VISKOSITAS

| Komposisi | Viskositas Kinematic pada suhu 40 °C (mm ² /s)/(cSt) | |
|---------------------|--|-----------------|
| | Hasil Pengujian | IEC 296 class 1 |
| MGKS 100 % : MZ 0 % | 39,90 | ≤ 11 |
| MGKS 75 % : MZ 25 % | 39,48 | ≤ 11 |
| MGKS 50 % : MZ 50 % | 39,36 | ≤ 11 |
| MGKS 25 % : MZ 75 % | 39,35 | ≤ 11 |
| MGKS 0 % : MZ 100 % | 40,21 | ≤ 11 |

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa nilai viskositas pada semua komposisi memiliki nilai yang hampir sama yaitu sekitar 40 cSt, di bawah standar IEC 296 class 1 yaitu ≤ 11 cSt.

IV. KESIMPULAN

1. Pada semua suhu yang diujikan yaitu 28 °C, 50 °C, 70 °C, dan 90 °C minyak zaitun murni memiliki tegangan tembus yang paling tinggi dan di atas standar metode uji IEC 156.
2. Perubahan suhu akan mempengaruhi nilai tegangan tembus. Semakin tinggi suhu minyak, semakin besar nilai tegangan tembusnya.
3. Titik nyala yang paling tinggi yaitu pada minyak goreng kelapa sawit murni sebesar 324 °C, di atas standar metode uji IEC 296 A (> 140 °C).
4. Titik tuang yang paling rendah yaitu pada minyak zaitun murni sebesar -12 °C, di bawah standar metode uji IEC 296 (-30 °C)
5. Viskositas menunjukkan nilai yang hampir sama pada semua komposisi minyak, tetapi yang paling rendah pada komposisi minyak goreng kelapa sawit 25 %: minyak zaitun 75 % sebesar 39,35 cSt.
6. Minyak zaitun layak digunakan sebagai minyak transformator.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap jajaran Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi dan Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah mengizinkan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Asy'ari, Hayim. Jatmiko. "Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tegangan Tembus pada Bahan Isolasi Cair". Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Emitor Vol. 4, No. 2, September 2004.
- [2] Singgih, Sugeng Nur. Berahim, Hamzah. "Analisis Pengaruh Keadaan Suhu terhadap Tegangan Tembus AC dan DC pada Minyak Transformator". Jurnal Teknik Elektro Vol. 1 No.2, Juli – Desember 2009.
- [3] Nugroho, Dedi. "Kegagalan Isolasi Minyak Trafo". Media Elektrika, Vol. 3 No. 2, Desember 2010.
- [4] Citarsa, Ida Bagus. "Pengaruh Sifat Kimia terhadap Sifat Listrik dari Minyak Isolasi Transformator". Dielektrika Vol. 2, No. 1: 41 - 48, Februari 2011.
- [5] Roza, Indra. "Pengaruh Kepadatan Polutan terhadap Tegangan Tembus Isolasi Minyak Transformator". Jurnal Ilmiah Pendidikan Tinggi, Vol.5 No.2 Agustus 2012.
- [6] Leask, P J. "Pulse Breakdown Strengths of Liquid, Gel and Solid Insulating Materials Using Closely Spaced Spherical Electrodes". Proceedings of the 2nd Euro-Asian Pulsed Power Conference, Vilnius, Lithuania, September 22-26, 2008.
- [7] Qian, Yihua. dkk. "A Comparative Study on the Electrical Properties of the Hydrogenated Transformer Oil with Four Other Naphthenic Transformer Oil". 2012 Asia Pacific Conference on Environmental Science and Technology Advances in Biomedical Engineering, Vol.6.
- [8] Suwarno, Aditama. "Dielectric Properties of Palm Oils as Liquid Insulating Materials: Effects of Fat Content". Proceedings of 2005 International Symposium on Electrical Insulating Materials June 5-9, 2005, Kitakyusyu, Japan.
- [9] Rajab, Abdul. "Evaluasi Sifat Listrik Minyak Kelapa Sawit RBDPO Olein sebagai Kandidat Minyak Isolasi Transformator Ramah Lingkungan". TeknikA No. 28 Vol.1 Thn. XIV November 2007.
- [10] Suwarno. Sutikno, Heri. "Effects of Temperature on the Breakdown Voltage and Partial Discharge Patterns of Biodegradable Oil". 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics 17-19 July 2011, Bandung, Indonesia.
- [11] Latif, Melda. "Pengaruh Temperatur terhadap Kekuatan Dielektrik Minyak Nabati sebagai Bahan Isolasi Transformator Daya". TeknikA No. 30 Vol.1 Thn. XV November 2008
- [12] Umiaiti, Ngrurah Ayu Ketut. "Pegujian Kekuatan Delektrik Minyak Sawit dan Minyak Castor Menggunakan Elektrode Bola-Bola dengan Variasi Jarak antar Elektrode dan Temperatur". Transmisi, Jurnal Teknik Elektro, Jilid 11, Nomor 1, Maret 24 2009, hlm. 23-36
- [13] Martin, D. Wang, Z D. "Statistical Analysis of the AC Breakdown Voltages of Ester Based Transformer Oils". IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 15, No. 4; August 2008.
- [14] Abdelmalik, A A. dkk. "Electrical Conduction and Dielectric Breakdown Characteristics of Alkyl Ester Dielectric Fluids obtained from Palm Kernel Oil". IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 19(5), 1623 - 1632.
- [15] Mansor, Noor Syazwani. "Breakdown Voltage Characteristic of Biodegradable Oil under Various Gap of Quasi-Uniform Electrode Configuration". 2012 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), 2-5 December 2012, Kota Kinabalu Sabah, Malaysia
- [16] Pukel, G J. dkk. "Large Power Transformers for Alternative Insulating Fluids". Proceedings of the 16th International Symposium on High Voltage Engineering, 2009 SAIEE, Innes House, Johannesburg.
- [17] Shah, Z H. Tahir, Q A. "Dielectric Properties of Vegetable Oils". J. Sci. Res. 3 (3), 481-492 (2011).
- [18] Rajab, Abdul. dkk. "A Comparison of Dielectric Properties of Palm Oil with Mineral and Synthetic Types Insulating Liquid under Temperature Variation". ITB J. Eng. Sci., Vol. 43, No. 3, 2011, 191-208.
- [19] Nagashree, A N. dkk. "Investigations on Breakdown Voltages In Chemically Treated Natural Esters When Used As Liquid Dielectric". International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 2 Issue 3, March – 2013.
- [20] Koch, Mark. dkk. "The Breakdown Voltage of Insulation Oil under the Influences of Humidity, Acidity, Particles and Pressure". International Conference APTADM, September 26 - 28, 2007, Wroclaw, Poland
- [21] Y, Yusnida M. dkk. "Breakdown Voltage Characteristic of MO and RBDPO Mixture for Power Transformer Insulation". 2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science & Engineering Research (CHUSER 2012), December 3-4, 2012, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
- [22] Usman, M A. "A Comparative Study of Soya Bean Oil and Palm Kernel Oil as Alternatives to Transformer Oil". Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS) 3 (1): 33-37.

- [23] Rahardjo, Amien. 2004. *Pengaruh Kenaikan Temperatur terhadap Tegangan Tembus Minyak Goreng sebagai Bahan Isolasi Cair*. Thesis. Universitas Indonesia.
- [24] Arismunandar, A. 2001. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta : P.T Pradnya Paramita.
- [25] L. Tobing, Bonggas, *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi Edisi Kedua*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2012.
- [26] L. Tobing, Bonggas, *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.