

Analisis Karakteristik Tegangan Tembus Isolasi Minyak Transformator Menggunakan Oli Sepeda Motor Shell Advance 20w-50 Dan Pertamina Mesran 20w-50

Adi Purwanto Umar¹, Sutiyono Hulopi², Lanto Mohamad Kamil Amali³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Gorontalo

Jl. Jend. Sudirman No. 6, Dulalowo Tim, Kec. Kota Tengah, Kota Gorontalo, Gorontalo 96128

Telp. 082349366957

E- mail: purw4ntoum4r@gmail.com

ABSTRAKS

Peralatan listrik menggunakan insulasi cairan yang terdapat pada peralatan tegangan tinggi sebagai pendingin. Tegangan tembus akan muncul, menandakan kegagalan insulasi, jika tegangan yang diberikan lebih besar dari kekuatan dielektrik insulasi cairan. Berdasarkan SPLN'50-1982 dan IEC No.56 tahun 1991, rata-rata tegangan kegagalan isolasi minyak trafo pada suhu 30°C sebelum dilakukan pembersihan/pemeliharaan adalah 14.59 kV/2.5 mm untuk Pertamina Mesran. Di bawah tanda tersebut, isolasi minyak trafo wajib 30 kV/2.5mm. Berdasarkan SPLN'50-1982 dan IEC No.56 tahun 1991, tegangan kegagalan isolasi minyak transformator Pertamina Mesran pada suhu 30°C setelah pembersihan/pemeliharaan adalah 15.18 kV/2.5mm. Klasifikasi pelindung minyak transformator adalah standar 30 kV/2.5mm. Berdasarkan SPLN'50-1982 dan IEC No.56 dari tahun 1991, tegangan kegagalan isolasi minyak transformator Shell Advance pada suhu 300°C sebelum pembersihan maupun perawatan adalah 16.52 kV/2.5mm. Isolasi pada minyak trafo dikategorikan standar (standar 30 kV /2.5 mm).

Kata Kunci: Isolasi Minyak, Pengujian, Tegangan Tembus, Transformator.

1. PENDAHULUAN

Permasalahan umum yang sering terjadi dalam distribusi tenaga listrik ialah *transformator*, karena *transformator* selalu bekerja. Salah satu bagian terpenting dari *transformator* adalah *oil seal transformator* adalah seal yang berfungsi sebagai penyalur listrik untuk dua konduktor, pendingin, arus listrik dan pelarut gas.[1]. Gulungan dan inti *transformator* menghasilkan beban listrik dan termal saat beroperasi, yang selalu mengisi oli di *transformator*. Oli konverter mungkin mengandung kontaminan akibat perubahan suhu yang terjadi selama proses konversi. Padatan, uap air, atau gelembung gas semuanya bisa menjadi polutan yang ada [2].

2.. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Minyak Transformator

Isolasi cairan *transformator* merupakan bahan yang menutupi dan mendinginkan bagian dalam transformator [3]. Minyak *transformator* sebagai isolator harus mampu mengisolasi komponen tegangan dengan fasa yang berbeda dengan minyak *transformator* yang mampu membuang panas secara efektif [1].

Proses penuaan minyak dipercepat ketika minyak *transformator* perpindahan panas terkena suhu tinggi untuk jangka waktu yang lama. Panas juga dapat mencegah minyak terserap. Ini karena kotoran dan resin telah ditambahkan ke dalam minyak, mengaburkan warnanya dan mengurangi kemampuannya untuk berdifusi [4].

Secara umum, minyak *transformator* akan kehilangan sebagian sifat kelistrikannya saat mengalami temperatur tinggi. Munculnya polutan segar juga dapat mengakibatkan penurunan tegangan tembus. Saat minyak *transformator* terus memanaskan, kerusakan genetik akan terjadi, menghasilkan polutan baru dan meningkatkan bahaya kebakaran. Derajat kekentalan dan ketahanan minyak *transformator* juga dapat dipengaruhi oleh penuaan *transformator* [12].

Flap udara, fitur penjualan, telah digunakan dalam banyak terjemahan sejauh ini. Proses degradasi biologis dan minyak itu sendiri adalah dua faktor yang harus dipertimbangkan ketika mencari metode ramah lingkungan untuk memasukkan air. Minyak mentah memiliki daya tampung yang tinggi pada kotoran di dua perut bumi dan sulit terurai.

2.2. Kegagalan Isolasi Minyak Transformator

Insulasi yang menua, penurunan kekuatan dielektrik, dan tegangan berlebih pada isolasi hanyalah beberapa penyebab isolasi. Perbedaan antara elektroda, permukaan elektroda, dan sistem pendingin merupakan faktor tambahan yang dapat menyebabkan kegagalan pelapisan [9].

Perubahan kualitas fluida akan mengakibatkan kegagalan. Kehadiran padatan, uap air, dan gelembung gas merupakan faktor yang berkontribusi terhadap kegagalan isolasi. Teori kegagalan material waterproofing dapat dipecah menjadi empat kategori berikut: [14].

2.3. Teori Kegagalan Elektronik

Teori ini adalah perpanjangan dari teori keruntuhan gas dan memperlakukan proses keruntuhan pada cairan dengan cara yang sama seperti dalam gas. Akibatnya, jika terjadi kegagalan internal, elektron pertama diantisipasi diserap ke dalam cairan. Proses keruntuhan akan dimulai dengan elektron pertama ini. Proses kegagalan dielektrik cair yang disebabkan oleh elektron yang memasuki gas adalah fokus dari pengembangan awal teori kegagalan gas ini. Diperkirakan bahwa atom-atom dalam dielektrik cair dipukul oleh sinar lubang elektron dari katoda. Beberapa elektron bisa dilepaskan dari atom dan menuju ke anoda menggunakan elektron bebas jika pukulan tersebut menghasilkan medan yang cukup kuat. Aliran elektron ini, yang menyerupai pelepasan gas, akan memulai proses keruntuhan.

2.4. Teori Kegagalan Karena Adanya Gelembung Gas

Jenis kegagalan bisa disebabkan oleh adanya udara dalam cairan isolasi atau yang dikenal sebagai kegagalan gelembung atau kavitasi. Cairan tersebut akan berisi gelembung udara yang akan memancar ke arah lapangan. Gelembung berusaha untuk memiliki energi potensial serendah mungkin, yang menjelaskan hal ini. Gelembung memanjang pada akhirnya akan membentuk jembatan dan terhubung satu sama lain, memulai proses kegagalan.

2.5. Teori Kegagalan Tak Murnian Padat

Suatu jenis kegagalan yang dikenal sebagai kegagalan pengotor padat disebabkan karena adanya partikel padat (partikel) pada isolasi cair, yang bisa menyebabkan kegagalan untuk memulai. Di sekitar insulasi padat (kertas), debu atau serat selulosa sering bercampur dengan minyak. Partikel padat ini juga dapat berkembang sebagai akibat dari pemanasan dan tegangan berlebih. Partikel-partikel ini bisa terpolarisasi dalam bentuk jembatan pada medan listrik. Jembatan akan mengalami aliran arus, yang akan mengakibatkan pemanasan dan kegagalan lokal.

2.6. Teori Kegagalan Bola Cair

Kegagalan mungkin diakibatkan oleh ketidakstabilan bola cair di medan listrik. Medan listrik akan menyebabkan tetesan bola cair yang tersuspensi dalam minyak mengembang ke arah medan jika bahan isolasi mengandung bola cair cairan lain. Tetesan ini menjadi tidak stabil di wilayah kritis, yang memperpanjang bola air. Saluran pelepasan terbentuk ketika panjangnya mencapai dua pertiga dari celah elektroda. Oli bisa sangat tua dan banyak digunakan mengandung air dan uap. Molekul uap air yang larut dalam minyak terpisah satu sama lain dan terpolarisasi untuk membentuk dipol dengan adanya medan listrik. Akan ada jembatan yang menghubungkan dua elektroda dan saluran pelepasan dipasang jika banyak molekul uap air. Sampai terjadi pemadaman listrik, saluran ini akan menyebar dan berkembang.

2.7. Tegangan Tembus

Tegangan di mana isolator tidak dapat lagi menahan tekanan karena medan listrik antara elektroda dengan potensi berbeda, mengubah isolator menjadi konduktor, dikenal sebagai tegangan tembus. Minyak transformator dan proses kerusakan listrik keduanya dipengaruhi oleh banyak faktor. Pengalihan polusi di area tekanan listrik antara dua elektroda dapat menjadi penyebab salah satunya [5].

Jenis tegangan, pola tegangan, dan lamanya aplikasi tegangan semuanya dapat mempengaruhi tegangan tembus pada isolasi cair [6]. Selain itu, adanya material lain dan kekuatan dielektrik masing-masing material mempengaruhi besarnya tegangan tembus [7].

Tegangan tembus dapat menurun dengan naiknya suhu karena berbagai alasan, termasuk penurunan resistansi, kerusakan material, munculnya polusi yang membahayakan kualitas isolasi, tingkat tegangan tinggi, dan umur trafo [11]. Istilah "titik pengapian" mengacu pada suhu terendah bahan bakar yang akan memanaskan sebelum udara buangan keluar. Jika bahan bakar ini digabungkan dengan udara, nyala api akan terbentuk, tetapi tidak akan menyala terlalu lama. Suhu terendah di mana udara yang muncul dari air panas akan membakar udara di sekitarnya dan bergabung dengan api dikenal sebagai titik nyala air panas.

Titik panas adalah suhu dimana udara yang dihasilkan akan selalu terbakar jika api mendekatinya di permukaan air. Dengan melewati api panas melalui minyak yang terus dipanaskan, titik nyala dapat ditentukan. Sistem keamanan berbasis minyak yang disebut titik nyala digunakan untuk mengurangi risiko kebakaran. Oli yang memiliki titik bakar lebih tinggi aman untuk digunakan dan disimpan. ASTM D-92 adalah teknik yang diterima untuk menghitung titik api.[13]

2.8. Kandungan Air

Kandungan air dapat menyebabkan ionisasi, yang merusak lapisan keras dan cair dari minyak trafo dan menurunkan hambatan listriknya. Kertas penutup insulasi insulasi dapat terbakar dan menghasilkan karbon jika terjadi korsleting antar kabel. Kandungan air dapat merusak lapisan dan cairan dengan meningkatkan ionisasi dan menurunkan hambatan listrik minyak trafo. Kertas isolasi berpotensi terbakar dan menghasilkan karbon jika terjadi korsleting antar kabel. Ionisasi lapisan kertas akan menghasilkan atom hidrogen dan oksigen bebas, yang akan bergabung membentuk air majemuk baru. (H_2O). Air dan oksigen yang dihasilkan dapat menyebabkan asam, pengkaratan, sedimen, dan pengurangan umur saklar yang lebih cepat. Warna oli yang masih bagus atau bekas berwarna kuning cerah [8].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Peralatan Pengujian Pada Pengujian Tegangan Tembus

Berikut ini spesifikasi yang digunakan saat pengujian dengan sebuah *transformator step-up* dan memiliki tegangan primer 220volt dan tegangan sekunder 100 kV, memiliki 3 belitan 1 fase dengan rating tegangan 220/100kV.



Gambar 1. Transformator yang diujikan

Di meja kendali terdapat *voltmeter* elektrostatis yang berfungsi sebagai pengukur tegangan tembus.



Gambar 2. Control Desk

Capacitive Divider (Kapasitor) merk Terco dengan spesifikasi sebagai berikut: 100 pF, 100 kV, berfungsi sebagai pembagi tegangan pada standar tertentu.



Gambar 3. Pembagi Kapasitor

Jenis oli pelumas yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis Oli pelumas: *Shell Advance 20W-50* dan *Pertamina Mesran 20W-50*.



Gambar 4. Jenis Oli Pelumas yang digunakan

4. HASIL PENELITIAN

Penelitian ini melakukan uji semburan voltase dengan oli pelumas sintetik. Informasi pada tabel dibawah ini berkaitan dengan hasil uji tegangan tembus pada oli sintetik yang dilakukan pada suhu kamar menggunakan elektroda setengah bola pada jarak 2.5 mm.

Tabel 1. Pengujian Tegangan Tembus Oli Pelumas Sintetis (pertamina mesran) Pada Suhu Normal

Pengujian	Tegangan Tembus (kV)
	Hasil Pengujian (kV)
1	13.39
2	13.82
3	16.58

Menurut SPLN 49-1 tahun 1982, pada Tabel 1 menampilkan nilai pengujian tegangan tembus (kV) bahan bakar minyak sintetik menggunakan elektroda *hemispherical* pada temperatur normal. Nilai tegangan tembus 13.39 kV, pengujian kedua 13.82 kV, dan pengujian ketiga 16.58 kV, sedangkan nilai tegangan tembus pertama oli pelumas sintetik sesuai dengan yang akan terjadi.



Gambar 5. Proses Pemanasan Oli

Pada Tabel 2 dibawah ini merupakan data hasil pengujian tegangan tembus Oli pelumas sintetis setelah di panaskan pada suhu 120°C, 90°C, 60°C dan 30°C

Tabel 2. Tegangan Tembus Oli Pelumas Sintetis pada Suhu 120°C, 90°C, 60°C dan 30°C.

Pengujian	Tegangan Tembus (kV)	
	Suhu (°C)	Hasil Pengujian (kV)
1	120	35.42
2	90	33.97
3	60	20.90
4	30	15.18

Hasil dari tiga pengujian tegangan tembus menggunakan elektroda setengah bola dan oli pelumas sintetis ditunjukkan pada Tabel 2 dengan tiga temperatur yang berbeda. Pada suhu 120°C, nilai tegangan tembus pengujian pertama adalah 35.2 kV, pengujian kedua pada suhu 90°C sebesar 33.97 kV, pengujian ketiga pada suhu 60°C sebesar 20.90 kV dan pengujian keempat pada suhu 30°C sebesar 15.18 kV. Nilai tegangan tembus minyak sintetis saat dipanaskan menurut hasil pengujian dapat dikatakan sesuai dengan standar SPLN-1 tahun 1982 bagi tegangan tembus minyak isolasi pada trafo yaitu 30 kV.

Tabel 3. Pengujian Tegangan Tembus Oli Pelumas Sintetis *Shell Advance* pada Suhu Normal.

Pengujian	Tegangan Tembus (kV)
	Hasil Pengujian (kV)
1	09.91
2	13.28
3	26.39

SPLN 49-1 tahun 1982 menyatakan bahwa Tabel 3 menunjukkan apa yang akan terjadi jika pengujian nilai tegangan tembus (kV) bahan bakar minyak sintetis dilakukan menggunakan elektroda *hemispherical* pada suhu kamar menggunakan uji tiga tegangan tembus, khususnya tegangan tembus atas gangguan pertama. Ketika output transformator menunjukkan bahwa minyak pelumas sintetis memiliki tegangan tembus 30 kV, pengujian pertama memiliki tegangan 09.91 kV, pengujian kedua memiliki tegangan 13.28 kV, dan pengujian ketiga memiliki tegangan 26.39 kV.

Berikut data hasil pengujian tegangan tembus Oli pelumas sintetis setelah di panaskan pada suhu 120°C, 90°C, 60°C dan 30°C.

Tabel 4. Tegangan Tembus Oli pelumas Sintetis Pada suhu 120°C, 90°C, 60°C dan 30°C.

Pengujian	Tegangan Tembus (kV)	
	Suhu (°C)	Hasil Pengujian (kV)
1	120	27.79
2	90	37.32
3	60	29.69
4	30	22.83

Tegangan tembus (kV) minyak pelumas sintetis diuji menggunakan elektroda setengah bola sebanyak tiga kali pada suhu pemanasan asinkron, seperti terlihat pada Tabel 4. Tegangan tembus uji pertama adalah 27.79 kV pada suhu 120°C, tegangan tembus uji kedua adalah 37.32 kV pada suhu 90°C, pengujian ketiga tegangan tembus adalah 29.69 kV pada 60°C, dan tegangan tembus uji keempat adalah 22.83 kV pada 30°C. Pengujian menunjukkan bahwa semuanya dapat memenuhi syarat SPLN-1 1982 untuk tegangan tembus minyak isolasi ditransformator, yaitu 30 kV, sehubungan dengan nilai tegangan tembus minyak pelumas sintetis saat dipanaskan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tegangan tembus isolasi minyak Transformator oli dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan SPLN'50-1982 dan IEC No. 56 tahun 1991, tegangan tembus rata-rata isolasi minyak trafo yang digunakan Pertamina Mesran pada suhu 30°C sebelum dilakukan pembersihan atau pemeliharaan adalah 14.59 kV/2.5 mm. Isolasi minyak trafo tercatat di bawah standar $\geq 30 \text{ kV}/(2.5\text{mm})$.
2. Berdasarkan SPLN'50-1982 dan IEC No. 56 tahun 1991, tegangan tembus rata-rata isolasi minyak *transformator* Pertamina Mesran pada

suhu 30°C setelah pembersihan atau pemeliharaan adalah 15.18 kV/2.5 mm. Oli *transformator* termasuk dalam kategori standar (di bawah standar) ≥ 30 kV/2.5 mm.

3. Berdasarkan SPLN'50-1982 dan IEC No. 56 tahun 1991, tegangan tembus isolasi minyak *transformator Shell Advance* pada suhu 30°C sebelum pembersihan/pemeliharaan adalah 16.52 kV/2.5 mm. Isolasi minyak transformator ditandai di bawah standar (standar 30 kV/2.5 mm).
4. Berdasarkan SPLN'50-1982 dan IEC no. 56 tahun 1991, insulasi minyak trafo dinilai kurang lancar karena biasanya rusak pada suhu 30°C untuk insulasi minyak *transformator Shell Advance* pada tegangan 22.83 kV/2.5 mm. konvensional (30 kV/ 2.5 mm).

Pemantauan harus dibuat untuk memastikan stabilitas dan perlindungan transformator terhadap kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsudi, Djiteng. 2011. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Munandar, A. 1983. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [3] Suherman, Andri. 2016. *Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator Dan Minyak Kelapa Murni*. Gravity, 2 (2) 99-111.
- [4] Tobing, L. 2012. *Dasar-dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Muhaimin. 1999. *Bahan-Bahan Listrik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [6] Abduh, Syamsir. 2003. *Teori Kegagalan Isolasi*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- [7] Naidu, M.S., dan V Kamaraju. 1996. *High Voltage Engineering Second Edition*. United States: The McGraw Hill.
- [8] ASTM D1500-12, *Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale)- Test Methods*, 1997.
- [9] IEC 60156, *Insulating liquids Determination Of Breakdown Voltage at Power Frequency-Test Methods*, 1995.
- [10] Saprianto. 2017. *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kekuatan Dielektrik Minyak Isolasi Transformator 6.6kV/380V di PT. Inti benua Perkasatama Dumai*. Jom FTEKNIK, 4 (2) 1-8.
- [11] Hidayat, Ahmad Y. 2013. *Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur Terhadap Tegangan Tembus Dan Nilai Harapan Hidup Isolasi Padat Dan Cairan Transformator*. Skripsi. TE. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- [12] Putra, I.G. N Segara. 2015. *An Experience in Oil Testing of Medium Voltage Transformers*. IEEE ICPADM, 1007-1010.
- [13] Wahyu Purwo Raharjo. *Pemanfaatan Oli Bekas dengan Pencampuran Minyak Tanah Sebagai Atomizing Burner*. Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret.
- [14] IEC-156, *Insulating Liquid Determination of Breakdown Voltage at Power Frequency Test Method*, 1995.
- [15] Rahayu, Kholinda and Irnanda, Priyadi and Yenni, Suhartini. *Analisis Karakteristik Dielektrik Minyak Jagung Sebagai Alternatif Bahan Isolasi Cair*. Undergraduated thesis, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

Halaman ini sengaja dikosongkan