

**PENGUJIAN KARAKTERISTIK MINYAK  
SEBAGAI MEDIA ISOLASI TRAFO  
PADA SISTEM KELISTRIKAN DI RSG-GAS**

Asep Saepuloh, Yayan Andriyanto

**ABSTRAK**

PENGUJIAN KARAKTERISTIK MINYAK SEBAGAI MEDIA ISOLASI TRAFO PADA SISTEM KELISTRIKAN DI RSG-GAS. Isolasi sangat diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan, sehingga antara penghantar tersebut tidak terjadi lompatan listrik atau percikan. Bahan isolasi akan mengalami pelepasan muatan dan merupakan bentuk kegagalan listrik bila tegangan yang diterapkan melampaui kekuatan isolasinya. Tingkat kekentalan minyak yang buruk mengakibatkan kegagalan saat peralatan sedang beroperasi yang akan menyebabkan kerusakan alat sehingga kontinuitas kerja sistem terganggu. Pada perawatan tahun 2007 telah dilakukan uji karakteristik minyak trafo BHT03 dengan cara mengambil sampel minyak bekas kemudian dimasukkan dalam alat uji. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata 24.2 kV/2.5 mm, setelah proses sirkulasi hasil pengujian rata-rata 65.5 kV/2.5 mm sehingga minyak trafo masih layak digunakan sebagai media isolasi trafo BHT03 karena masih sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu  $\geq 30$  kV/2.5 mm.

Kata kunci : karakteristik minyak trafo

**ABSTRACT**

*EXAMINATION OF OIL CHARACTERISTIC AS TRANSFORMER ISOLATION MEDIA AT ELECTRICITY SYSTEM AT RSG-GAS. Isolation is strongly needed to separate two or more electric conductors in order to avoid a sudden electrical spark flux between conductors. Charge particles will be released by isolation material. If voltage applied beyond the isolation strength failure will occur. Improper oil viscosity have to be restored to maintain a good performance of equipment then its malfunction can be evaded. During a maintenance. in 2007, test of oil characteristic of BHT03 transformer has been conducted by taking used oil then put it into a testing tool. From examination result it is noticed that oil viscosity of BHT03 transformer was 24.2 kV/2.5 mm, while oil viscosity of BHT03 transformer, after circulation process was 65.5 kV/2.5 mm which is more than the acceptable value of 30 kV/2.5 mm. It can be concluded that oil currently used is still be accepted as an isolation media of BHT03 transformer.*

*keyword : Transformer oil characteristic*

## PENDAHULUAN

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. Ada beberapa metode pengujian karakteristik minyak diantaranya adalah menggunakan elektroda setengah bola (standar VDE 0370), menggunakan alat uji tegangan tembus tipe OC-60/ OC-90 atau metode menggunakan elektroda bidang-bidang <sup>[1]</sup> yang dapat digunakan untuk uji tegangan tembus isolasi udara dan juga tegangan tembus isolasi minyak.

RSG-GAS memiliki tiga trafo yaitu trafo BHT 01/02/03 yang terdiri dari dua unit trafo dengan media isolasi udara, dan satu unit trafo dengan media isolasi minyak. Untuk trafo dengan media isolasi udara belum pernah dilakukan uji tegangan tembus, sedangkan untuk trafo media isolasi minyak pengujian tegangan tembus dilakukan secara berkala dengan menggunakan alat *breakdown voltage* tipe OC-60D <sup>[2]</sup>.

Tujuan pengujian yaitu agar kondisi minyak pada trafo selalu terpantau sehingga kondisi trafo tetap akan terjaga serta akan didapatkan standar kualitas minyak yang ditetapkan. Kekentalan minyak yang tidak standar menjadi kurang optimal sebagai pendingin sehingga akan mengakibatkan terjadinya panas pada sisi trafo. Kondisi dari temperatur ruangan trafo yang tidak memadai juga berpengaruh kepada kondisi trafo.

## DESKRIPSI SISTEM

### Kegagalan pada isolasi cair (minyak)

Karakteristik isolasi minyak pada trafo akan berubah jika terjadi ketidakmurnian minyak yang ada di dalamnya. Hal ini akan mempercepat proses kegagalan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan isolasi pada trafo antara lain adanya partikel padat, uap air dan adanya gelembung gas.

### Mekanisme kegagalan isolasi cair

Teori mengenai kegagalan dalam zat cair kurang banyak diketahui dibandingkan dengan teori kegagalan gas atau zat padat. Hal tersebut disebabkan karena sampai saat ini belum didapatkan teori yang dapat menjelaskan proses kegagalan dalam zat cair yang benar-benar sesuai antara keadaan secara teoritis dengan keadaan sebenarnya.

Teori kegagalan zat isolasi cair dapat dibagi menjadi empat jenis <sup>[3]</sup> :

#### a. Teori kegagalan Elektronik

Teori ini merupakan perluasan teori kegagalan dalam gas, artinya proses kegagalan yang terjadi dalam zat cair dianggap serupa dengan yang terjadi dalam gas. Oleh karena itu supaya terjadi kegagalan diperlukan elektron awal yang dimasukkan dalam zat cair. Elektron awal inilah yang akan memulai proses kegagalan.

#### b. Teori kegagalan Gelembung

Kegagalan gelembung atau kavitasi merupakan bentuk kegagalan zat cair yang disebabkan oleh adanya gelembung-gelembung gas di dalamnya.

#### c. Teori kegagalan Bola cair

Jika suatu zat isolasi mengandung sebuah bola cair dari jenis cairan lain, maka dapat terjadi kegagalan akibat ketakstabilan bola cair dalam medan listrik. Medan listrik akan menyebabkan tetesan bola cair yang tertahan didalam minyak yang memanjang searah medan dan pada medan yang kritis tetesan ini menjadi tidak stabil. Kanal kegagalan menjalar dari ujung tetesan yang memanjang sehingga menghasilkan kegagalan total.

#### d. Teori kegagalan butiran zat padat

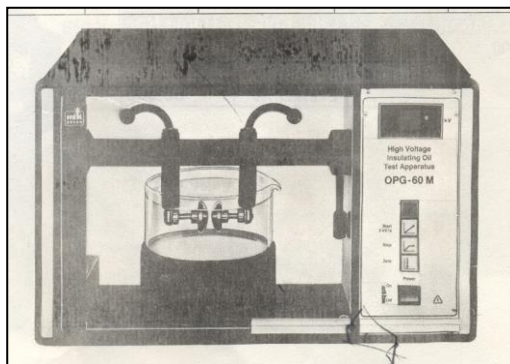
Jenis kegagalan yang disebabkan oleh adanya butiran zat padat (partikel) didalam isolasi cair yang akan memulai terjadinya kegagalan pada trafo.

### Prinsip kerja alat uji

Alat uji diberi tegangan input 220 Vac, kemudian masukan sampel yang akan diuji,

putar sakelar regulator dan secara otomatis pengujian akan berlangsung sampai terjadi lompatan api (*spark flux*) pada ruang celah.

Kapasitas maksimum alat uji adalah 60 kV, suhu ruang pada alat uji umumnya dirancang 30 °C.



Gambar 1. Profil alat uji tegangan tembus

## METODOLOGI

### Pengambilan data sampel minyak

Sebagai langkah awal untuk mengetahui sejauh mana kondisi kadar minyak pada trafo yaitu dengan melakukan pengukuran dan pengujian karakteristik minyak trafo BHT03 dengan cara mengambil sampel minyak terpakai dari trafo.

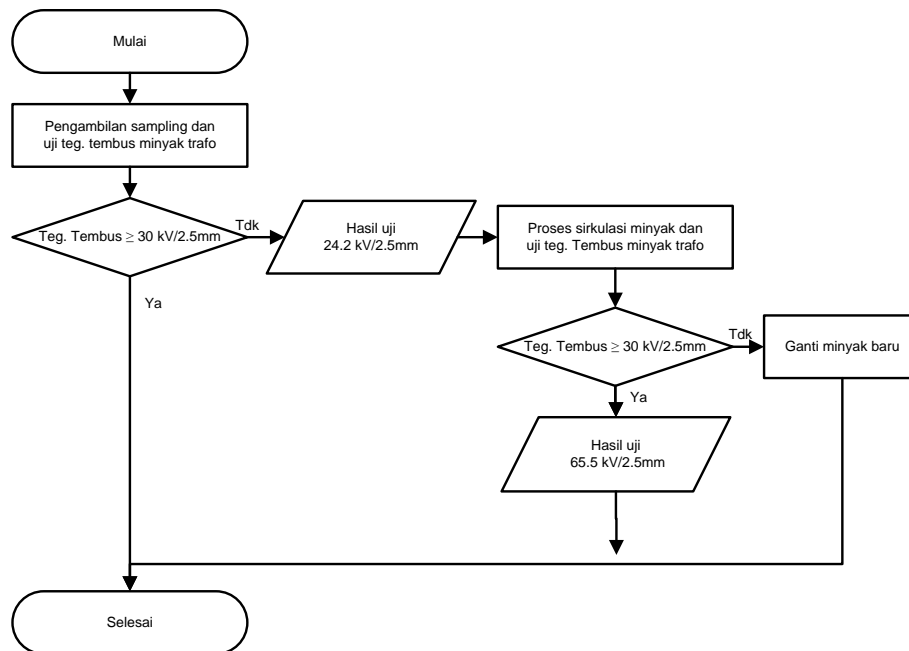
Alat yang digunakan untuk mengetahui karakteristik minyak adalah alat uji tegangan tembus (*breakdown voltage*) tipe OC-60D (Seperti terlihat pada Gambar 2). Sebelum

dilakukan pengujian, alat tersebut diberikan tegangan input sebesar 220 Vac. Proses pengujian dilaksanakan dengan menggunakan sampel minyak terpakai dari trafo, minyak trafo dimasukkan ke dalam peralatan uji, selanjutnya dengan memutar sakelar regulator, parameter harga akan menunjuk besaran tegangan tembus minyak setelah terjadi lompatan api (*spark flux*) pada ruang celah. Agar mendapatkan tingkat akurasi harga maka pengukuran dilakukan dengan enam kali pengulangan.



Gambar 2. Alat uji tegangan tembus tipe OC-60D <sup>[4]</sup>

Urutan kegiatan pengujian karakteristik minyak trafo dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram alir pengujian minyak trafo

Hasil pengukuran rata-rata tegangan tembus minyak menunjukkan penurunan yaitu < 30 kV/2.5 mm, kondisi kadar minyak sudah tidak memenuhi persyaratan sehingga harus dilakukan proses sirkulasi agar tingkat kekentalan minyak kembali meningkat, apabila setelah proses sirkulasi dilakukan tetapi tingkat kekentalan minyak masih di bawah yang dipersyaratkan maka minyak trafo harus diganti baru.

**Sirkulasi minyak dan uji antar belitan trafo**

Kegiatan sirkulasi minyak trafo dilakukan karena hasil pengujian menunjukkan tingkat kekentalan (viskositas) dan tegangan tembusnya menurun, artinya

pada minyak terdapat kadar air atau adanya gelembung udara, sehingga diharapkan dengan proses sirkulasi akan mengembalikan tingkat kekentalan oli seperti semula.

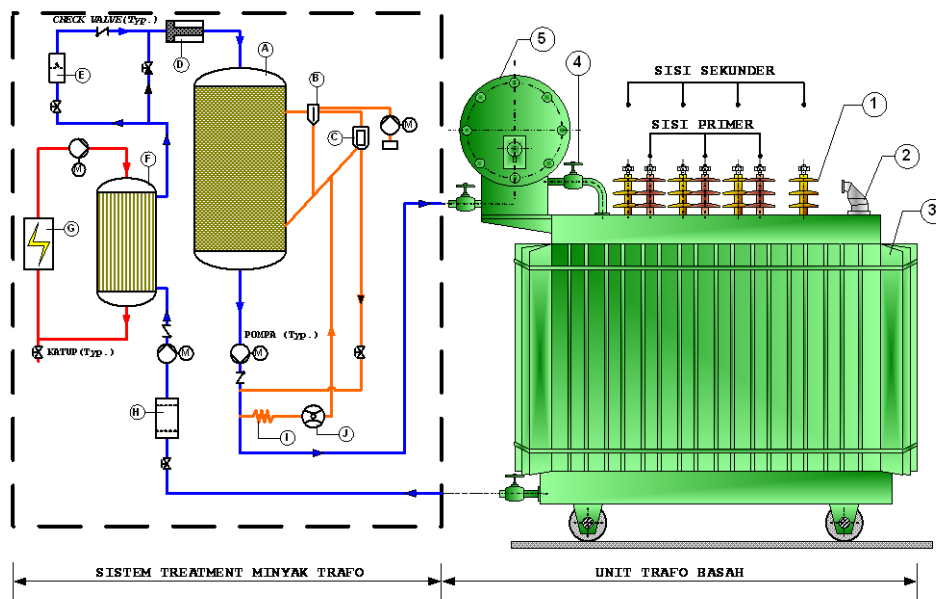
Gambar 4 adalah gambar *Viscosity meter* yang dipasang catu daya 220 Volt. Peralatan ini berfungsi untuk mengembalikan tingkat viskositas pada proses sirkulasi dengan mengurangi kadar uap air dan gelembung udara pada rumah trafo. Sistem pengoperasian alat dilaksanakan dengan cara menghubungkan sisi katup keluaran dan katup masukan dari trafo yang kemudian dihubungkan ke sisi katup keluaran dan katup masukan pada *viscosity meter*, kemudian alat dioperasikan kurang lebih selama 5 jam.



Gambar 4. Viscosity meter untuk proses sirkulasi<sup>[4]</sup>

Selama proses sirkulasi berlangsung jalur busbar utama tidak perlu dimatikan sehingga saat pemasangan selang-selang pada trafo harus dilaksanakan dengan hati-hati karena pekerja perawatan langsung berdekatan dengan badan trafo.

Adapun hubungan rangkaian instalasi dari peralatan Viscosity meter ke bagian trafo untuk proses sirkulasi dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5. Rangkaian instalasi proses sirkulasi

Kegiatan pasca proses sirkulasi adalah pengujian kembali minyak trafo dengan enam

kali pengulangan untuk mendapatkan nilai rata-rata tegangan tembus dari minyak trafo

secara akurat, kemudian slang-slang pada sisi trafo dan *viscosity meter* dilepaskan kembali dari masing-masing katupnya.

Untuk melakukan pengukuran tahanan isolasi kabel antar belitan trafo dan antar fasa maka jalur distribusi utama harus

dalam kondisi mati dikarenakan kabel-kabel harus dilepaskan dari konektornya. Untuk sementara jalur distribusi akan dipasok oleh catu daya darurat diesel selama pengukuran berlangsung.



Gambar 6. Pengujian tahanan isolasi kabel <sup>(4)</sup>

Gambar 6 adalah gambar kegiatan pelepasan dan pemasangan kabel-kabel trafo dari konektornya untuk dilakukan pengujian dan pengukuran. Setelah selesai dilakukan pengukuran selanjutnya dilaksanakan pembersihan pada baut-baut terminal kabel.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil rata-rata pengujian sampel minyak terpakai (bekas) seperti terlihat pada tabel 1 adalah 24,2 kV ini menunjukkan adanya

penurunan dari yang dipersyaratkan yaitu  $\geq 30 \text{ kV}/2,5 \text{ mm}$ , sehingga dampaknya akan membahayakan bagi kinerja trafo dan apabila dibiarkan dalam jangka waktu lama maka akan terjadi ledakan pada trafo.

Sesuai standar yang ditetapkan dari PLN untuk perusahaan minyak, trafo berpendingin minyak dengan kekuatan dielektrik dibawah 60 kV, dengan kondisi minyak terpakai maka tegangan tembusnya adalah  $\geq 30 \text{ kV}/2,5 \text{ mm}$  <sup>[2]</sup>.

Tabel 1. Hasil rata-rata tegangan tembus minyak sebelum sirkulasi

Pengukuran	Sela (mm)	Tegangan Tembus (kV)
		Minyak bekas
1.	2,5	19,1
2.	2,5	16,5
3.	2,5	27
4.	2,5	28
5.	2,5	27
6.	2,5	28
	Rata-rata	24,2

Hasil rata-rata pengujian tegangan tembus minyak trafo setelah melalui proses sirkulasi menjadi 65,5 kV/2,5 mm sehingga ada peningkatan yang baik dibandingkan sebelumnya. seperti terlihat pada tabel 2. Selanjutnya untuk mengetahui buruk atau tidaknya isolasi kabel-kabel penghantar, maka setelah pengujian karakteristik minyak, dilakukan juga pengujian tahanan isolasi ;

belitan trafo sisi primer sebesar 2500 MΩ, belitan sisi sekunder sebesar 3000 MΩ, antara fasa dengan fasa sebesar 3000 MΩ sedangkan pada XLPE sebesar 200.000 MΩ, artinya tahanan isolasi masih dalam kondisi sangat baik. Untuk lebih jelasnya hasil pengujian dan pengukuran tahanan isolasi seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian dan pengukuran setelah pelaksanaan sirkulasi.

NO	HASIL PENGUJIAN DAN PENGUKURAN	KETERANGAN
1.	Pengujian sample minyak setelah sirkulasi; Pengukuran 1 = 64,6 KV/2,5 mm Pengukuran 2 = 64,1 KV/2,5 mm Pengukuran 3 = 66,3 KV/2,5 mm Pengukuran 4 = 66,8 KV/2,5 mm Pengukuran 5 = 67 KV/2,5 mm Pengukuran 6 = 64,3 KV/2,5 mm Rata-rata = 65,5 KV/2,5 mm atau 262,8 kV/cm	Pengujian menggunakan alat <i>breakdown voltage</i> Hipotronics mod. OC60D
2.	Tahanan Isolasi antar belitan trafo; Fasa R dengan ground = 2500 MΩ Fasa S dengan ground = 2500 MΩ Fasa T dengan ground = 2500 MΩ Fasa R dengan Nol = 3000 MΩ Fasa S dengan Nol = 3000 MΩ Fasa T dengan Nol = 3000 MΩ Fasa R dengan ground = 1600 MΩ Fasa S dengan ground = 1600 MΩ Fasa T dengan ground = 1600 MΩ Nol dengan ground = 1600 MΩ	Pengukuran dilakukan pada belitan trafo sisi primer dan sisi sekunder dengan <i>Megger</i> tipe Kyoritsu mod.3122
3.	Tahanan Isolasi antar fasa; Fasa R dengan R = 3000 MΩ Fasa R dengan S = 3000 MΩ Fasa R dengan T = 3000 MΩ Fasa S dengan R = 3000 MΩ Fasa S dengan S = 3000 MΩ Fasa S dengan T = 3000 MΩ Fasa T dengan R = 3000 MΩ Fasa T dengan S = 3000 MΩ Fasa T dengan T = 3000 MΩ	Pengukuran dengan <i>Megger</i> tipe Kyoritsu mod.3122

Tabel 2. lanjutan

NO	HASIL PENGUJIAN DAN PENGUKURAN	KETERANGAN
4.	Pengukuran kabel XLPE (cross link polyethylene) ; Fasa R dengan ground = 190.000 MΩ Fasa S dengan ground = 200.000 MΩ Fasa T dengan ground = 200.000 MΩ Fasa R dengan R = 200.000 MΩ Fasa R dengan S = 200.000 MΩ Fasa R dengan T = 200.000 MΩ	Pengukuran dengan <i>Megger</i> tipe Kyoritsu mod.3122

Menurut standar VDE (Catalogue 228/4) dari PLN, minimum besarnya tahanan isolasi kumparan trafo, pada suhu operasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$$

Catatan 1 kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah.

Kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA

Sehingga untuk trafo dengan input tegangan 20 kV maka tahanan isolasi pada belitan trafo dan kabel penghantar adalah minimum 20 MΩ.

### KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan pengujian karakteristik minyak trafo BHT03 ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil pengujian tegangan tembus sampel minyak bekas trafo BHT03 sebelum di sirkulasi menunjukkan harga di bawah standar yang ditetapkan yaitu < 30 kV/2.5 mm dan setelah dilakukan sirkulasi menunjukkan kenaikan yang lebih baik yaitu mencapai 65,5 kV/2,5 mm, sehingga minyak trafo masih layak digunakan kembali sebagai media isolasi trafo.

- 2) Pengujian tegangan tembus minyak sebagai fungsi sela pada suhu 30 °C sangat diperlukan sebagai acuan untuk melakukan proses sirkulasi pada minyak trafo.
- 3) Perawatan trafo secara berkala harus dipertahankan agar kondisi tingkat kadar kemurnian (*viscositas*) minyak sebagai isolasi pendingin trafo akan tetap terjaga.
- 4) Kondisi tahanan isolasi antar belitan trafo, antar fasa dengan fasa, dan antar fasa dengan *grounding* masih dalam keadaan sangat baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] ABDUL SYAKUR, MOCHAMMAD FACTA, *Perbandingan tegangan tembus media isolasi udara dan media isolasi minyak trafo menggunakan elektroda bidang-bidang*, Transmisi, Vol. 10, No.2, Des 2005:26-29
- [2] ASEP SAEPULOH, dkk, *Evaluasi unjuk kerja trafo berpendingin minyak*, Buletin Reaktor, Vol. III, No.2, Okt 2006:1-10
- [3] ARISMUNANDAR, A, *Teknik tegangan tinggi suplemen*, Ghalia Indonesia, Jakarta, 1983
- [4] Anonymous PRSG, *Data elektronik perawatan trafo BHT03*, 2007.



