

## **EVALUASI PENGUJIAN MINYAK ISOLASI TRAF0 PADA PERAWATAN TAHUNAN DI RSG-GAS**

Asep Saepuloh

### **ABSTRAK**

**EVALUASI PENGUJIAN MINYAK ISOLASI TRAF0 PADA PERAWATAN TAHUNAN DI RSG-GAS.** Perawatan trafo berpendingin minyak merupakan suatu keharusan untuk menjaga kualitas minyak trafo agar fungsinya sebagai isolator dan pendingin memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Telah dilakukan evaluasi hasil pengujian minyak isolasi pakai dari tahun 2006-2009 dengan menguji tegangan tembus menggunakan alat uji dengan tipe yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai akhir tegangan tembus minyak pada setiap perawatan berbeda-beda pula. Dari hasil evaluasi disimpulkan bahwa minyak isolasi trafo harus dimurnikan minimum satu kali setiap tahunnya karena setiap pengujian nilai tegangan tembus mencapai nilai ambang batas rendah yaitu  $<30 \text{ kV}/2.5\text{mm}$  yang mengindikasikan bahwa fungsi minyak sebagai isolasi dan pendingin sudah tidak memadai lagi (disyaratkan di atas  $30 \text{ kV}/2.5\text{mm}$ ). Hasil pengujian minyak isolasi trafo pada perawatan tahunan dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk mengambil keputusan terhadap pengelolaan minyak trafo.

Kata kunci : Evaluasi pengujian minyak, peralatan uji

### **ABSTRACT**

**EVALUATION OF INSULATION OIL TESTING OF ANNUALLY MAINTENANCE OF THE G.A SIWABESSY REACTOR TRANSFORMER.** Maintenance of oil-cooled transformer is a must in order to assure that oil quality continuously fulfills prescribed requirement, of this paper. Intention is aimed to evaluate several testing on insulation oil carried out in year 2006 to year 2009. Through its breakdown-voltage measurement using different tools demonstrating different result as well. Its can be recognized that at the end of 1 year used, value of breakdown-voltage decreased to about  $<30 \text{ kV}/2.5\text{mm}$  which indicated that oil performance was not complied with the prescribed requirement of more than  $30 \text{ kV}/2.5\text{mm}$ . It is concluded that purification process is needed after at least 1 year service. Testing result of annually maintenance act as indicator whether the oil was still good or it need to be replaced.

Key Words : Oil test evaluated, test tools

## PENDAHULUAN

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. Jenis trafo adalah trafo tenaga kelas C karena  $< 72.5$  kV yaitu hanya 20 kV, khusus untuk trafo media isolasi minyak perawatan menjadi suatu keharusan karena apabila kualitas minyak yang fungsinya sebagai isolator dan pendingin trafo tidak bisa dipertahankan maka akan berakibat menurunnya unjuk kerja trafo. Keandalan trafo dalam sistem kelistrikan RSG-GAS perlu dipertahankan, untuk itu perawatan trafo telah berlangsung lama yang dilaksanakan satu kali dalam setahun sehingga perlu kiranya dilakukan evaluasi dari hasil-hasil perawatan yang telah dilaksanakan dimana kepentingan judul makalah ini untuk mengetahui perbandingan dari setiap periode perawatan.

Perawatan trafo mencakup: pengujian minyak trafo dan purifikasi minyak trafo dengan tujuan agar kondisi minyak pada trafo selalu terpantau sehingga minyak trafo tetap akan terjaga sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Kualitas minyak yang tidak standar menjadi kurang optimal sebagai pendingin dan sebagai isolator karena akan mengakibatkan terjadinya panas pada sisi trafo<sup>[3]</sup>. Perawatan trafo dapat dilakukan ketika reaktor dalam kondisi *shutdown* atau reaktor dalam kondisi beroperasi.

Tujuan penulisan ini untuk mengevaluasi hasil pengujian minyak trafo dari tahun 2006-2009 dengan menampilkan hasil uji tegangan tembus dan hasil analisis minyak trafo yang dilaksanakan di laboratorium jasa teknik kelistrikan LMK PLN. Kegiatan ini

dilakukan karena frekuensi operasi reaktor yang cukup padat yang mengakibatkan unjuk kerja trafo sebagai fasilitas utama kelistrikan juga akan meningkat.

*Oil analysis* adalah suatu metoda yang digunakan dalam analisis minyak trafo untuk mengetahui kondisi minyak. Standar pengujian mengacu kepada IEC 156, IEC 814, IEC 296. ISO 2719, ISO 6295 dan IEC 422. Parameter yang diuji pada analisis minyak trafo yang dilaksanakan di RSG-GAS adalah uji tegangan tembus minyak trafo, sedangkan pengujian minyak yang dilaksanakan di laboratorium jasa teknik kelistrikan LMK PLN terdiri dari: kadar air, angka kenetralan, titik nyala, tegangan permukaan, Sedimen, dan Viskositas kinematik<sup>[4]</sup>.

Tipe peralatan uji untuk perawatan trafo berbeda-beda, antara lain ; OPG-100S, OCD-90, OC-60D, LD-60, DPA-75, tipe tersebut menunjukkan kemampuan maksimal dalam pengukuran sehingga hasil uji yang diperoleh dari setiap peralatan uji akan berbeda, perbedaan nilai pengukuran tidak dipermasalahkan. Yang menjadi ukuran baik buruknya tegangan tembus pada minyak trafo adalah nilai tegangan tembus sebelum dan setelah dilakukan purifikasi, sedangkan perbedaan nilai tegangan tembus setiap tipe peralatan uji yang dipakai lebih kepada kemampuan masing-masing peralatan uji tersebut sesuai dengan yang dikeluarkan dari pabrikan.

Hasil yang diharapkan dari evaluasi ini dapat diperoleh kajian pembelajaran dari setiap hasil perawatan trafo yang dilakukan pada setiap tahunnya di RSG-GAS yang mungkin ada pemikiran-pemikiran baru untuk dapat dikembangkan dimasa mendatang.

## LANDASAN TEORI

### Mekanisme Kegagalan Isolasi Cair

Pengertian "kegagalan" adalah tidak optimalnya fungsi minyak sebagai isolator dan sebagai pendingin trafo dikarenakan menurunnya kualitas minyak. Penyebabnya adanya kandungan air yang terkungkung dalam minyak yang terakumulasi secara terus menerus sehingga tegangan tembusnya menurun, apabila kondisinya dibiarkan dalam jangka waktu lama akan membahayakan unjuk kerja trafo yaitu terjadi panas pada sisi trafo hingga dapat mengakibatkan meledaknya trafo. Batasan minimal tegangan tembus trafo tenaga < 72.5 kV adalah 30 kV/2.5mm artinya nilai tersebut masih kategori aman untuk trafo, tentunya semakin besar nilai tegangan tembus maka akan semakin baik.

Teori kegagalan isolasi cair dapat dibagi menjadi empat jenis<sup>[1]</sup> :

#### a. Teori Kegagalan Elektronik

Teori ini merupakan perluasan dari teori kegagalan dalam gas, artinya proses kegagalan yang terjadi dalam zat cair dianggap serupa dengan yang terjadi dalam gas, karena itu supaya tidak terjadi kegagalan diperlukan elektron awal yang dimasukkan dalam zat cair. Elektron awal inilah yang akan menghambat 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 tersebut 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 akan menjalar dari ujung tetesan yang memanjang sehingga menghasilkan kegagalan total.

#### d. Teori Kegagalan Tak Murnian Padat

Kegagalan Tak Murnian Padat adalah jenis kegagalan disebabkan oleh adanya butiran zat padat (partikel) didalam isolasi cair yang akan memulai terjadi kegagalan.

### Proses Pemurnian Minyak

Proses pemurnian minyak dilakukan dengan sirkulasi minyak dengan cara membuka katup sisi bawah dan sisi atas pada trafo untuk dihubungkan dengan selang ke peralatan purifikasi untuk dilakukan penguapan agar partikel-partikel udara yang terkungkung di dalam minyak dapat tereliminasi sehingga diharapkan kualitas minyak trafo setelah disirkulasi dapat kembali meningkat. Peralatan purifikasi dilengkapi antara lain dengan pompa sirkulasi, tabung pemanas (*heater*), filter, tabung penampung air, katup-katup dan kontrol suhu.

### TATA KERJA

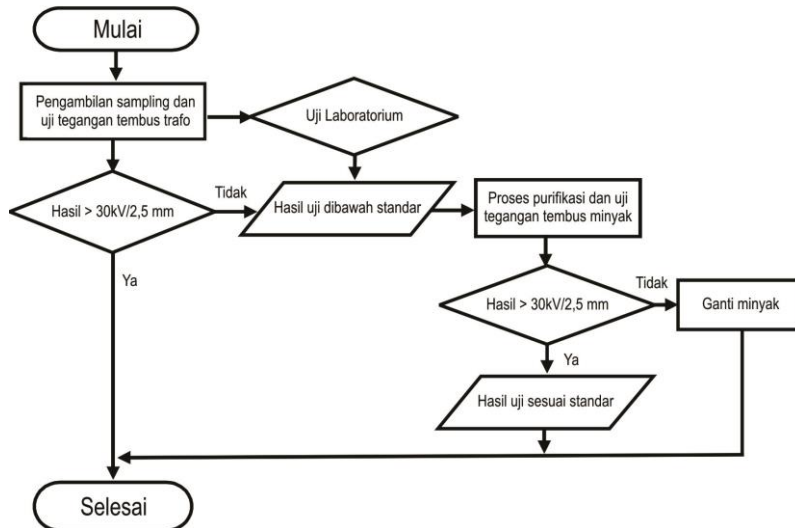
Langkah-langkah pengujian dan proses purifikasi adalah sebagai berikut :

- a. Pengambilan sampling minyak.
- b. Memasukkan sampling minyak ke dalam peralatan uji.
- c. Seting panjang ruang celah sebesar 2.5 mm.
- d. Memberikan input tegangan 220 Vac.
- e. Putar/ tekan sakelar regulator untuk memulai pengukuran.
- f. Atur durasi waktu pengukuran (untuk alat uji yang beroperasi otomatis).
- g. Pengukuran dilakukan dengan beberapa pengulangan.
- h. Catat/ rekam hasil pengukuran awal.

- i. Proses purifikasi minyak trafo.
- j. Lakukan langkah yang sama dari a – h setelah proses purifikasi / pemurnian.

- k. Ganti minyak trafo bila nilai tegangan tembus tidak memenuhi persyaratan.

Urutan kerja perawatan trafo dijabarkan dalam suatu laju alir kegiatan seperti terlihat pada Gambar 1 :



Gambar 1: Laju alir kegiatan perawatan trafo

**Prinsip Kerja dan Peralatan Uji**

Tipe peralatan uji menunjukkan kemampuan kapasitas maksimum dari peralatan tersebut untuk mengukur nilai tegangan tembus suatu sampel minyak. Sedangkan prinsip kerja peralatan uji adalah sama, yaitu apabila diberi tegangan input 220 Vac, kemudian tombol/ sakelar regulator diaktifkan yang disetel dalam satuan detik pada setiap pengukuran, secara otomatis pengukuran akan berlangsung sampai terjadinya lompatan api (*spark flux*) pada ruang celah peralatan uji. Setiap nilai pengukuran terbaca pada parameter digital, ada juga yang dilengkapi data rekam (*print out*). Suhu ruangan peralatan uji dirancang 30°C.

Peralatan uji tegangan tembus yang pernah dipergunakan untuk melakukan

analisis minyak isolasi pakai adalah sebagai berikut :

- Phenix tipe LD-60 (Buatan Jerman) ; kapasitas maks. 60 kV/2.5mm, digital.
- Hipotronic tipe OC-60D (Buatan Jerman) ; kapasitas maks. 60 kV/2.5mm, digital.
- Hipotronic tipe OPG-100 (Buatan Jerman) ; kapasitas maks. 90 kV/2.5mm, digital.
- Baur tipe DPA-75 (Buatan Jerman) ; kapasitas maks. 75 kV/2.5mm, digital dan data rekam.

Gambar dari peralatan uji tegangan tembus ditunjukkan pada Gambar 2a–2c :



Gambar 2a. Phenix LD-60



Gambar 2c. Baur DPA-75



Gambar 2b. Hipotronic OCD-90

Karakteristik pengujian minyak isolasi trafo mengacu kepada standar yang direkomendasikan PLN yaitu IEC 60422:2005 yaitu seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik pengujian standar IEC 60422:2005

No.	Parameter	Hasil	Metoda	Batasan IEC 60422:2005			
				Jenis trafo <sup>3)</sup>	Baik	Cukup	Buruk
1.	Tegangan tembus (kV/2.5mm)		IEC 156	O,A	> 60	50 – 60	< 50
				B	> 50	40 – 50	< 40
				C	> 40	30 – 40	< 30
2.	Kadar air terkoreksi pada 20 °C (mg/l) <sup>1)</sup>		IEC 814	O,A	< 5	5 – 10	> 10
				B	< 5	5 – 15	> 15
				C	< 10	10 – 25	> 25
3.	Keasaman (mgKOH/g) <sup>2)</sup>		IEC 296	O,A	< 0.10	0.10 – 0.15	> 0.15
				B	< 0.10	0.15 – 0.20	> 0.20
				C	< 0.15	0.15 – 0.30	> 0.30
4.	Sedimen (% berat)		IEC 422	Semua peralatan	< 0.02		
5.	Tegangan antar muka (mili/Nm)		ISO 6295	O,A,B,C	> 28	22 – 28	< 22
6.	Titik nyala (°C)		ISO 2719	Semua peralatan	Maks penurunan 10%		
Catatan : 1,2 = terakreditasi KAN							
Catatan : 3 (Jenis trafo) O = Trafo tenaga > 400 kV ; A = Trafo tenaga 170 kV – 400 kV							
B = Trafo tenaga 72.5 kV – 170 kV ; C = Trafo tenaga < 72.5 kV							

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-langkah pengujian minyak isolasi pakai trafo BHT03 sesuai dengan urutan tata kerja, pengujian sampling minyak trafo dilakukan dua kali, yaitu pertama saat kondisi nilai awal dan yang kedua saat kondisi nilai akhir setelah proses pemurnian. Sebelum perawatan dilaksanakan, sampling minyak trafo dibawa ke laboratorium LMK PLN untuk dianalisis partikel-partikel yang terkandung di dalam minyak apakah masih memenuhi syarat. Hasil laboratorium dilampirkan dengan hasil uji tegangan tembus.

Gambar 2 adalah pengambilan sampling minyak sebelum dilakukan perawatan yang ditampung pada tabung gelas, sampling minyak diuji di laboratorium, untuk mengetahui kadar air, keasaman, *sediment*, tegangan antar muka, serta tegangan titik nyala. Sedangkan perawatan trafo tahunan dilanjutkan proses purifikasi karena hasil tegangan tembus  $<30$  kV/2.5mm. Langkah purifikasi yaitu katup sisi bawah dan sisi atas trafo dihubungkan dengan slang ke peralatan purifikasi selanjutnya minyak disirkulasi selama empat jam. Hasil pengujian pasca proses purifikasi minyak trafo meningkat menjadi  $>30$  kV/2.5mm sehingga minyak masih layak digunakan kembali.



**Gambar 3.** Pengambilan sampel minyak<sup>[5]</sup>

Sumber data yang menjadi acuan evaluasi adalah kegiatan perawatan trafo yang dilaksanakan sejak tahun 2006 hingga tahun 2009, seperti terlihat pada tabel 2-3 :

Pada perawatan tahun 2007 dan tahun 2009 hasil nilai awal ada yang mencapai  $>30$  kV/2.5mm. Setelah dipelajari penyebabnya karena pada saat minyak diuji timbul lompatan api (*spark flux*) pada ruang celah alat uji yang merupakan tegangan tinggi, lompatan api tersebut akan memanaskan minyak sampling sehingga pengukuran satu dengan lainnya ada perbedaan, sebaliknya nilai akhir pada perawatan 2009 karena faktor toleransi alat uji sehingga antara pengukuran satu dengan lainnya ada perbedaan. Sedangkan pada perawatan tahun 2008 nilai akhir melebihi batas alat uji karena ada kerusakan pada alat uji tersebut.

**Tabel 2.** Hasil pengujian tegangan tembus minyak isolasi pakai tahun 2006-2009

Tahun perawatan	Tipe alat uji <i>breakdown voltage</i>	Nilai awal (kV/2.5mm)	Nilai akhir (kV/2.5mm)	Ket
2006	Hipotronic OPG-100 (Buatan Jerman, digital)	1 = 29.0 2 = 29.0 3 = 29.0 Rerata = 29.0	1 = 76.0 2 = 88.0 3 = 96.0 Rerata = 86.3	Awal dan akhir 3x pengulangan
2007	Phenix LD-60 (Buatan Jerman, digital)	1 = 30.0 2 = 31.0 3 = 31.0 Rerata = 30.6	1 = 59.0 2 = 60.0 3 = 60.0 Rerata = 59.6	Awal dan akhir 3x pengulangan
2008	Hipotronic OC-60D (Buatan Jerman, digital)	1 = 19.1 2 = 16.5 3 = 27 4 = 28 5 = 27 6 = 28 Rerata = 24.2	1 = 64.4 2 = 64.1 3 = 66.3 4 = 66.8 5 = 67.0 6 = 64.3 Rerata = 65.5	Awal dan akhir 6x pengulangan Alat tdk akurat krn nilai akhir melebihi kap. maksimum
2009	Baur DPA-75 (Buatan Jerman, digital, data rekam)	1 = 25.7 2 = 27.3 3 = 33.7 4 = 52.5 5 = 47.7 6 = 58.3 Rerata = 40.9	1 = 75.1 2 = 75.1 3 = 75.0 4 = 75.0 5 = 75.1 6 = 75.1 Rerata = 74.9	Awal dan akhir 6x pengulangan

**Tabel 3.** Data pengujian minyak isolasi pakai di laboratorium LMK<sup>[4]</sup>

Standar uji	Perawatan 2006	Perawatan 2007	Perawatan 2008	Perawatan 2009
Tegangan tembus (> 30 kV/2.5mm)	86	60	74	75
Kadar air terkoreksi (< 25 mg/l)	-	-	7	6.6
Keasaman (< 0.3 mgKOH/g)	-	-	0.041	0.033
<i>Sediment</i> (Tidak Terukur)	-	-	Tidak terukur	Tidak terukur
Teg. Antar muka (> 22 mN/m)	-	-	38	36
Titik nyala (Maks. 10%)	-	-	142	143

Sebelum tahun 2006 perawatan trafo tidak dilakukan setiap tahun, karena trafo isolasi minyak belum lama terpasang di RSG-GAS dianggap masih

baru menggantikan trafo sebelumnya yang meledak yaitu trafo berpendingin udara yang bebas perawatan seperti halnya BHT01 dan BHT02 yang hingga saat ini masih kondisi

baik, sejak tahun 2006 perawatan dilakukan setiap tahun. Pada tahun pertama pengujian menggunakan alat uji tipe OPG-100 menghasilkan nilai awal pengukuran rata-rata 29 kV/2.5mm dan nilai akhir setelah dipurifikasi nilai tegangan tembus menjadi rata-rata 86.3 kV/2.5mm, pengujian hanya dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Begitu juga saat perawatan tahun 2007 pengujian hanya tiga kali pengulangan. Alat uji yang digunakan tipe LD-60 dengan hasil nilai awal rata-rata 30.6 kV/2.5mm dan hasil nilai akhir setelah disirkulasi menjadi rata-rata 59.6 kV/2.5mm.

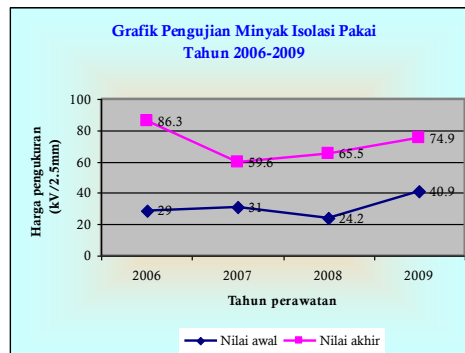
Pada tahun 2008 pengujian menggunakan tipe OC-60D dengan pengukuran enam kali pengulangan (yang menentukan pihak pelaksana) menghasilkan nilai awal rata-rata 24.2 kV/2.5mm dan nilai akhir pengukuran rata-rata 65.5 kV/2.5 mm mengacu kepada tipe alat yang digunakan hasil pengukuran akhir diketahui melebihi kemampuan maksimal peralatan uji, penyimpangan tersebut tidak berpengaruh terhadap kualitas minyak karena pada umumnya kualitas minyak setelah disirkulasi menjadi lebih baik. Diyakini karena peralatan uji ada sedikit kerusakan yang menyebabkan hasil tidak akurat. Sedangkan perawatan tahun 2009 pengujian analisis minyak isolasi pakai dilakukan dengan alat uji tipe DPA-75. Nilai awal hasil pengujian adalah rata-rata 40.9 kV/2.5mm. Setelah minyak trafo disirkulasi selama empat jam hasil pengukuran akhir rata-rata 74.9 kV/2.5mm. Proses sirkulasi sangat berpengaruh kepada perubahan kualitas minyak karena minyak telah mengalami proses pemurnian dengan tereliminasi partikel-partikel udara dari kandungan minyak.

Dari keempat kali analisis minyak isolasi pakai pada trafo BHT03 dari tahun 2006 hingga tahun 2009

menunjukkan bahwa nilai awal tegangan tembus lebih kecil dari harga yang disyaratkan yaitu 30 kV/2.5mm. Apabila kondisi tersebut dibiarkan maka akan membahayakan kinerja trafo itu sendiri. Sedangkan perbedaan hasil nilai akhir pengujian minyak isolasi pakai disebabkan karena pengujian menggunakan peralatan uji dengan tipe yang berbeda, hal ini tidak masalah yang penting sudah memenuhi persyaratan yaitu > 30 kV/2.5mm.

Perbandingan pengujian minyak isolasi pakai berdasarkan pada berapa hasil pengukuran nilai awal dan berapa hasil pengukuran nilai akhir. Apabila setelah proses purifikasi harga tegangan tembus naik > 30 kV/2.5mm maka minyak dapat dipakai kembali, sebaliknya apabila harga tegangan tembus setelah melalui proses purifikasi harga tegangan tembus di bawah 30 kV/2.5mm maka minyak harus diganti.

Gambar 4 memperlihatkan grafik pengujian minyak isolasi pakai dari tahun 2006 hingga 2009, dimana nilai tegangan tembus sebagai fungsi sela 2.5mm pada temperatur suhu ruang 30°C menunjukkan adanya peningkatan setelah proses purifikasi.



**Gambar 4.** Grafik pengujian tegangan tembus

Sesuai batasan IEC 60422:2005 yang ditetapkan oleh PLN seperti yang ditunjukkan pada tabel 1: dapat diketahui bahwa untuk trafo kelas C yaitu kapasitas trafo tenaga <72.5 kV, kualitas minyak yang digunakan pada perawatan tahun 2007 dan



tahun 2009 tergolong katagori “cukup” karena tegangan tembus masih sedikit di atas 30 kV/2.5mm, sedangkan kualitas minyak isolasi pada perawatan tahun 2006 dan tahun 2008 tegangan tembus masuk katagori “buruk” (<30 kV/2.5mm). Meskipun demikian seluruh minyak isolasi pakai perlu dipurifikasi terlebih dahulu sebelum dipakai kembali. Sedangkan nilai akhir tegangan tembus hasil evaluasi pengujian minyak isolasi pakai pada perawatan trafo tahun 2006 hingga 2009 masuk katagori “baik” (> 40 kV/2.5mm).

Untuk mendapatkan hasil analisis lengkap seperti pada tabel 3 maka mulai tahun 2008 sebelum dilakukan perawatan, sampling minyak diambil terlebih dahulu untuk diuji di laboratorium jasa teknik kelistrikan LMK PLN, selanjutnya hasil pengujian minyak yang mencakup; kadar air, keasaman, *sediment*, tegangan antar muka, serta titik nyala dilampirkan kepada pihak pengguna berikut hasil nilai akhir pengujian tegangan tembus minyak isolasi setelah dilakukan perawatan dalam bentuk surat rekomendasi kelayakan minyak yang diuji sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh PLN.

Pada tabel 3 di atas terlihat bahwa hasil pengujian minyak isolasi pakai trafo BHT03 sudah sesuai dengan batas standar uji yang ditetapkan oleh PLN, unjuk kerja trafo dengan media isolasi minyak dapat dijamin keandalannya.

## KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi dapat diambil beberapa kesimpulan, bahwa :

1. Minyak isolasi pakai pada trafo harus dimurnikan minimal sekali dalam satu tahun karena pada setiap perawatan trafo, nilai tegangan tembus mencapai nilai ambang batas rendah <30kV/2.5mm yang

mengindikasikan bahwa fungsi minyak sebagai isolator dan pendingin trafo sudah tidak memadai lagi.

2. Nilai akhir tegangan tembus pengujian minyak isolasi pakai berpengaruh terhadap kemampuan minyak trafo sebagai isolator dan pendingin, tetapi karena hasil nilai akhir >30 kV/2.5mm maka faktor perbedaan selisih karena menggunakan alat uji berbeda tidak menjadi masalah, yang penting hasil tegangan tembus minyak trafo setelah proses purifikasi/ pemurnian mencapai di atas 30 kV/2.5mm.
3. Hasil pengujian minyak dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk mengambil keputusan apakah minyak masih memenuhi persyaratan/ dalam keadaan baik, perlu perawatan atau bahkan mengganti dengan minyak baru.

## 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 BHT03 di RSG-GAS, *Buletin Reaktor*, Vol. III, No.2, Okt 2006.
3. **ASEP SAEPULOH**, dkk, Pengujian karakteristik minyak sebagai media isolasi trafo pada sistem kelistrikan RSG-GAS, *Buletin Reaktor*, Vol. V, No.2, Okt 2008.
4. **PT. SYSTEM ELECTRIC INDONESIA**, *Oil analysis PRSG-BATAN*, 2009
5. **ANONYMOUS, PRSG**, Kegiatan perawatan tahunan trafo BHT03RSG-GAS, 2009.