

## **DIELECTRIC BREAKDOWN MINYAK PADA TRANSFORMATOR PLN 2 PPSDM MIGAS**

**Oleh : Ahmad Nawawi**

### **ABSTRAK**

*Seperti yang telah kita ketahui bersama, listrik merupakan kebutuhan vital bagi kehidupan manusia, tak terkecuali pada suatu instansi, maupun industri. Oleh karena itu kebutuhan listrik harus selalu tersedia. Pemerintah atau Negara Indonesia, wajib untuk memasok energi listrik, yang dalam hal ini adalah PT. PLN (Persero). Untuk mendukung penyediaan tenaga listrik, terutama di daerah perkotaan maka peralatan-peralatan listrik di PT. PLN harus selalu dalam kondisi baik dan prima. Salah satu peralatan listrik yang harus dipertahankan dalam kondisi baik adalah transformator utama dan trafo distribusi listrik, yang biasa disebut transformator berkapasitas besar (transformator daya), transformator berfungsi untuk mengubah dari tegangan tinggi (150 kV) menjadi tegangan menengah (20 kV). Kemudian dari tegangan menengah diturunkan lagi menjadi ke tegangan rendah (380 V) untuk dipergunakan oleh konsumen dan sebagainya. Untuk menjaga keandalan transformator yang harus dijaga salah satunya adalah minyak isolasi dalam transformator. Minyak isolasi berfungsi untuk mendinginkan gulungan primer dan sekunder yang ada di transformator dan juga berfungsi untuk mengisolasi antara gulungan primer dan sekunder dan juga terhadap container atau tubuh trafo. Untuk itu perlu adanya pengujian tegangan tembus (dielectric breakdown) sekala berkala untuk mengetahui performen dari minyak trafo tersebut. Besaran tegangan tembus minyak trafo yang diperbolehkan mengacu standar IEC 156.*

**Keywords:** *minyak trafo, dielectric breakdown, pendingin dan isolasi.*

### **I. PENDAHULUAN**

#### **a. Latar Belakang**

Transformator adalah merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan Energi listrik dari sisi primer ke sisi sekunder melalui induksi magnet. Adapun cara pemindahannya yaitu melalui belitan primer dan belitan sekunder. Jika transformator tersebut berkapasitas kecil maka permasalahan panas yang ditimbulkan oleh aliran listrik tidak menjadi masalah. Tetapi jika transformator tersebut berkapasitas

besar maka panas yang ditimbulkan akan menjadi masalah utama, sebab panas tersebut dapat merusak lapisan email dari kawat belitan yang dipakai pada transformator. Untuk mengatasi hal tersebut maka belitan tersebut harus didinginkan dengan di rendam memakai minyak isolasi atau yang dikenal dengan minyak transformator.

Penulis melakukan studi kasus pada pemeliharaan transformator PLN 2 di PPSDM Migas yang berkapasitas 3000kVA yang dilaksanakan pada Februari 2016.

## b. Tujuan

Tujuan utama dari penulisan makalah ini adalah untuk mengetahui kualitas minyak trafo yang dipakai pada transformator PLN 2di PPSDM Migasyang berkapasitas 3000 kVA, sehinggadapat dipastikan apakah minyak pada transformator tersebut masih layak dipakai atau tidak.

## c. Batasan Masalah

Penulisan makalah ini dibatasi pada pengujian dielectric breakdown transformator PLN 2 (3000 kVA) di PPSDM Migas. Gambar 1 dibawah adalah bentuk fisik transformator obyek penulisan.



Gambar name plate trafo



Gambar Trafo dari depan



Gambar trafo dari belakang

**Gambar 3** Tata letak posisi dari Transformator PLN 2 PPSDM Migas

## II. DASAR TEORI

Metode yang digunakan dalam penulisan ini meliputi penelitian lapangan, studi pustaka dan analisis. Penelitian lapangan meliputi pengambilan contoh minyak, pengukuran tegangan tembus minyak trafo, dan warna minyak trafo.

Pada transformator terdapat dua kumparan yaitu kumparan primer, dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan ditentukan oleh rasio jumlah lilitan pada masing-masing kumparan. Tegangan masuk disebut tegangan primer sedangkan tegangan keluaran disebut tegangan sekunder. Perbandingan tegangan primer dibanding sekunder sama dengan perbandingan kumparan primer dibanding kumparan sekunder. Kedua kumparan tergabung secara magnetik di dalam inti, tetapi kedua kumparan tersebut tidak terhubung secara elektrik.

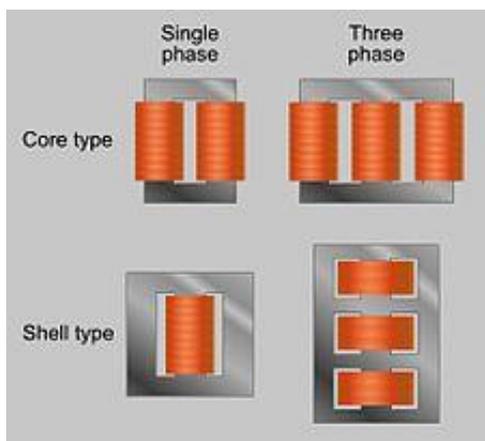
Arus bolak-balik dapat ditransformasikan dengan cara tersebut di atas, karena mempunyai perubahan fluks magnetik yang selalu berubah. Pada arus searah transformasi secara diatas tidak bisa karena pada arus

searah, fluks magnetiknya tetap, dimana fluks magnetik tetap tidak akan menghasilkan gaya gerak listrik. Cara mentransformasikan arus searah yaitu dengan jalan memotong-motong arus searah tersebut agar berfrekuensi atau membuat inverter.

Cara tersebut dalam penulisan makalah ini tidak dibahas, karena penulis hanya membahas transformator dan *dielectric breakdwon* minyak. Gambar 1 dibawah ini adalah gambar transformator secara umum, dimana konstruksi transformator tersebut, secara umum dibedakan menjadi dua bagian, yaitu konstruksi transformator tipe inti (core type), dan konstruksi transformator tipe cangkang (shall type).

Konstruksi inti yaitu tempat kedudukan kawat-kawat kumparan berada di sisi luar baik kumparan primer maupun kumparan sekundernya.

Sedangkan pada tipe cangkang, tempat kedudukan kawat kumparan berada ditengah sehingga posisi kumparan dikelilingi oleh kern.



**Gambar 1** Jenis kumparan transformator tegangan

Jenis – jenis transformator dapat dibagi menjadi beberapa macam dimana sangat tergantung dari beberapa faktor yang membedakannya.

Dari jenis-jenis tersebut dapat dibagi menjadi :

- a. Jenis fasa tegangan
- b. Perbandingan transformasi
- c. Pendinginan transformator
- d. Letak kumparan terhadap inti
- e. Konstruksi inti transformator
- f. Kegunaan

Setiap transformasi selalu mempunyai jumlah lilitan tertentu setiap voltnya. Jumlah lilitan per voltnya sangat ditentukan oleh luas inti kern. Sedangkan yang dimaksud dengan perbandingan transformasi ialah perbandingan banyaknya lilitan primer dengan lilitan sekunder.

- a. Lilitan primer biasanya digunakan untuk input atau masukan tegangan-tegangan sedangkan Lilitan sekunder adalah hasil transformasi dari lilitan sekunder.
- b. Perbandingan transformasi ini biasa ditulis dengan rumus yang sangat umum yaitu :

$$a = \frac{N_s}{N_p} = \frac{E_s}{E_p}$$

Keterangan :

- a = Hasil perbandingan
- $N_p$  = Banyaknya lilitan primer
- $N_s$  = Banyaknya lilitan sekunder
- $E_p$  = Tegangan primer (volt)
- $E_s$  = Tegangan sekunder (volt)

- c. Hasil perbandingan bisa untuk indikator bila :
  - $a > 1$  berarti transformator penurun tegangan
  - $a < 1$  berarti transformator penaik tegangan.

Sesuai dengan penjelasan diatas, maka sebuah transformator tenaga berfungsi untuk menurunkan tegangan transmisi menengah 20kV ke tegangan distribusi 220/380V sehingga

dengan demikian, peralatan utamanya adalah unit Minyak Transformator itu sendiri, antara lain:

1. Inti Besi/Kernel

Inti besi berfungsi untuk membangkitkan dan mempermudah jalan fluks yang timbul akibat adanya arus listrik dalam belitan atau kumparan Minyak Transformator. Bahan inti tersebut terbuat dari lempengan-lempengan baja tipis agar dapat mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang diakibatkan oleh arus eddy (*eddy current*).

2. Kumparan Transformator

Kumparan Transformator terdiri dari beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk kumparan, dan kumparan tersebut diisolasi, baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan menggunakan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain. Terdapat dua kumparan pada inti tersebut yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Jika kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluks yang menimbulkan induksi tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaian beban) maka mengalir arus pada kumparan tersebut. Sehingga pada kumparan ini berfungsi sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

Khusus jenis Minyak Transformator tenaga tipe basah, kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak Transformator, Minyak Transformator mempunyai sifat sebagai media pemindah panas dan bersifat pula sebagai isolasi (tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Untuk itu minyak Minyak Transformator harus memenuhi persyaratan sbb:

- a. Ketahanan isolasi harus tinggi ( $>10\text{kV/mm}$ )
- b. Berat jenis harus kecil, sehingga partikel-partikel di dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
- c. Penyalur panas yang baik.
- d. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yg dapat membahayakan.
- e. Sifat kimia yang stabil.

### III. PEMBAHASAN

Minyak transformator yang dipakai untuk mendinginkan dan sebagai isolator belitan primer maupun sekunder adalah minyak DIALA B, table 1 menunjukkan spesifikasi dari minyak Diala B. Minyak ini harus selalu dalam kondisi baik dan memenuhi standar tegangan tembus yang diijinkan oleh PT. PLN yaitu mengacu pada standar IEC 156.

Tabel 1. Spesifikasi minyak DIALA-B :

SHELL INDUSTRIAL OILS Diala B - Electrical Insulating Oils	
<b>VISCOSITY ( Kekentalan ) minyak pada kondisi suhu:</b>	
0° C	66
40° C	9.3
100° C	2.6
Pour Point ( Jumlah kandungan lilin parafin yg menentukan kadar kebekuan minyak )	-47 s/d -55° C
Flash Point ( Temperatur minimum dimana minyak akan membentuk uap yang mudah terbakar )	155 ° C
Interfacial Tension ( daya tarik antar molekul minyak dan molekul air, satuannya : dyne/cm )	47
Dielectric Strength @ 60 Hz ( Tegangan Tembus dengan celah elektroda 1.02 mm )	34 kV
<b>TAN DELTA ( Selisih derajat elektrik rugi2 minyak Trafo )</b>	
* untuk bahan dielektrik yg dikatakan sempurna, apabila dilalui tegangan AC, maka arus akan mendahului tegangan sebesar 90° ( Leading ), pada kenyataannya tidaklah demikian, sudut yang kurang dari 90 ° disebut sebagai sudut rugi-rugi. Tangen dari sudut rugi-rugi tersebut disebut sebagai faktor disipasi dielektrik. Minyak yang baik harus memiliki TAN DELTA sekecil mungkin.	< 0,01 °

Kualitas/performa (tegangan tembus) dari minyak transformator ini lambat laun akan menurun, sebab-sebab menurunnya harga tegangan tembus dari minyak transformator antara lain :

- ~ **Pertama**, adanya kelembapan udara, hal ini dapat mempengaruhi harga tegangan tembus dari minyak isolasi trafo.
- ~ **Kedua**, adanya panas yang di timbulkan dari aliran listrik yang melewati belitan trafo maka minyak isolasinya ikut menjadi panas dan berpotensi timbulnya karbon yang akan mempengaruhi harga tegangan tembus dari minyak isolasi tersebut.
- ~ **Ketiga**, Jika minyak isolasi tersebut dipakai terlalu lama maka sesuai dengan umur dari minyak tersebut akan menjadikan rendahnya tegangan tembus dari minyak isolasi tersebut.

Cara mengatasi kondisi minyak yang harga tegangan tembusnya rendah

yaitu dengan cara di rekondisioning dengan menfilter minyak isolasi tersebut melalui mesin filter minyak trafo yaitu dengan membuang kadar air dari minyak isolasi tersebut. Jika minyak isolasi tersebut warnanya sudah sangat kotor maka harus diganti dengan minyak yang baru. Gambar 2 adalah peralan uji tegangan tembus (dielectric breakdown) minyak trafo, table 2 spesifikasi dari peralatan tersebut dan table 3 adalah hasil uji tegangan tembus minyak.



Gambar 2 Peralatan uji Oil Testing Hypot

Tabel 2 Data Peralatan Uji

<b>1. KETERANGAN ALAT</b>	
<b>Nama Pembuat</b>	<i>Associated research Inc. USA</i>
<b>Merk Alat</b>	<b>OIL TESTING HYPOT</b>
<b>Kode alat</b>	<b>Model 4521AA</b>
<b>Fungsi Alat</b>	<b>Untuk Melakukan test Tegangan TembusDari Minyak isolasi.</b>
<b>INPUT</b>	
<b>Tegangan</b>	<b>230 Volts AC</b>
<b>Frekwensi</b>	<b>50/60 Hz</b>
<b>Fasa</b>	<b>Tunggal</b>
<b>Arus</b>	<b>2, 5 Ampere</b>
<b>OUTPUT</b>	
<b>Tegangan</b>	<b>0 s/d 60 KV AC yang dapat diatur</b>
<b>K V A</b>	<b>0,5</b>
<b>Frekwensi</b>	<b>50/60 Hz ( tergantung Input )</b>
<b>Arus</b>	<b>8,33 mA ( dibatasi sampai 0,5 MA oleh detektor Overload)</b>
<b>Lain-lain</b>	
<b>DETEKTOR KESALAHAN</b>	<b>Rangkaian pendeteksi Arus dan Bunga Api yang sensitif ( Manufacture )</b>
<b>PENGATURAN TEGANGAN</b>	<b>Dijalankan Motor, 500/ 2000/ 3000 Volt/detik</b>
<b>ALAT PENGUKUR VISUAL</b>	<b>Analog/ 0-60 KV dengan pembacaan setiap 100 Volt dan memory meter</b>
<b>DIMENSI</b>	<b>Lebar 14" x Tinggi 13,5" x Dalam 13,5"</b>
<b>BERAT</b>	<b>34 Kg.</b>

**Tabel 3** Hasil Pengukuran Tegangan Tembus Minyak Transformator Pada Transformator PLN 2 yang Berkapasitas 3000kVA di PPSDM Migas, pada Februari 2016

No	Uraian Kegiatan	Acuan		Hasil Pengukuran
		Standar IEC 156		
		Tegangan	Tegangan Tembus Yg Dijinkan	
1.	Tegangan Tembus Minyak ( diukur pada suhu 32° C )	< 70 kV	$\geq 30 \text{ kV} / 2,5 \text{ mm}$	<b>32</b>
		70 – 170 kV	$\geq 40 \text{ kV} / 2,5 \text{ mm}$	-
		> 170kV	$\geq 50 \text{ kV} / 2,5 \text{ mm}$	-

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran tegangan tembus transformator PLN 2 di PPSDM Migas (3000kVA) yang dilaksanakan pada Februari 2016 dan dibandingkan

dengan referensi standar IEC 156, maka dapat disimpulkan bahwa minyak isolasi pada transformator PLN 2 (3000 kVA) di PPSDM Migas masih baik dan layak dioperasikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Hage. "Komponen-Komponen Transformator," [http : dunia listrik.blogspot.com/2009/01/komponen-komponen-transformator.html](http://dunia.listrik.blogspot.com/2009/01/komponen-komponen-transformator.html) [26 April 2009]
2. Hama. (2001, April). Elektro Indonesia : Transformator Daya dan Cara Pengujiannya [25 paragraf]. 7(36). [26 April 2009].
3. Isnanto. (2009, Januari) "Transformator Distribusi," [http: masisnanto.blogdetik.com 2009/01/23transformator-distribusi.html](http://masisnanto.blogdetik.com/2009/01/23transformator-distribusi.html) [26 April 2009].
4. Kadir, A. 1989. *Transformator*. Jakarta : Gramedia.
5. Mustafa, D. (2008, November). Techno : Transformator Listrik Tenaga [35 paragraf]. [26 April 2009]