

**TREATMENT OLI TRAFU TERHADAP PENINGKATAN TEGANGAN TEMBUS  
PADA TRAFU DISTRIBUSI KA 756 DI BY PASS NGURAH RAI**

**I Gusti Ketut Abasana\*, I Wayan Teresna\***

---

\*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, PO Box 1064 Tuban Badung – Bali  
Phone : (0361)701981, Fax. (0361)701128, Email : [abasanaigk@yahoo.com](mailto:abasanaigk@yahoo.com)

**ABSTRAK**

Trafo adalah suatu peralatan listrik yang termasuk dalam klasifikasi mesin listrik statis dan berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, dengan frekuensi sama. Oli trafo, sesuai dengan standar uji PLN ( SPLN ) 49-1/1992 Metode IEC 158 dan 296 harus mempunyai tahanan isolasi minimal sebesar 30 kV/2,5 mm. Menurunnya tahanan isolasi ini menyebabkan tidak optimalnya daya yang disalurkan ke pelanggan. Juga bisa menyebabkan kerusakan fatal pada trafo itu sendiri misalnya terjadinya short circuit yang menyebabkan trafo meledak. Oleh karena itu, untuk menjaga unjuk kerja ataupun life time dari trafo itu sendiri perlu dilakukan perawatan minimal sekali dalam setahun. Men-treatment oli adalah upaya yang harus dilakukan untuk menjaga agar tahanan isolasinya sesuai standar yang diijinkan dan trafo bisa beroperasi secara optimal.

**Kata Kunci :** Trafo, Tahanan Isolasi, Perawatan.

**TRANSFORMER OIL TREATMENT ON THE IMPROVEMENT ON BREAKDOWN  
VOLTAGE DISTRIBUTION TRANSFORMER 756 KA  
IN BY PASS NGURAH RAI**

**ABSTRACT**

The transformer is an electrical apparatus that is included in the classification of static electricity machine and serves to channel the energy / power from high voltage to low voltage or vice versa, with the same frequency. Transformer oil, according to the standard test PLN (SPLN) 49-1/1992 method IEC 158 and 296 shall have a minimum insulation resistance of 30 kV / 2.5 mm. This causes the decrease in insulation resistance not optimal power is supplied to the customer. Also can cause fatal damage to the transformer itself as the occurrence of a short circuit causing the transformer to explode. Therefore, to maintain performance or life time of the transformer itself needs to be treated at least once a year. Men-oil treatment is that efforts should be made to ensure that prisoners are permitted insulation standards and transformer can operate optimally.

**Keywords:** Transformer, Insulation Resistance, Treatment.

## I Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Trafo adalah suatu peralatan listrik yang termasuk dalam klasifikasi mesin listrik statis dan berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, dengan frekuensi sama.

Oli yang Ada di dalam trafo berfungsi sebagai insulator yaitu mengisolasi komponen/kumparan di dalam trafo agar tidak terjadi loncatan bunga api listrik akibat tegangan/beban tinggi, sebagai pendingin dengan mengambil panas yang ditimbulkan saat trafo dibebani lalu melepaskannya, serta sebagai pelindung isolator padat/komponen dalam trafo dari korosif dan oksidasi. Standar Uji PLN (SPLN) 49-1/1992 Metode IEC 158 dan 296 tegangan oli trafo adalah  $> 30 \text{ kV}/2.5\text{mm}$ . Apabila tegangan tembus lebih kecil dari standar uji yang diijinkan bisa mengakibatkan timbulnya flash over antar live part atau live part dengan body atau ground, naiknya temperatur kerja trafo, ataupun terjadi short circuit (trafo bisa meledak). Menurunnya tegangan tembus ini bisa disebabkan oleh karena trafo beroperasi dalam keadaan berbeban maksimum secara terus menerus ataupun pengoperasian trafo yang tidak konsisten. Untuk menjaga mutu oli trafo tersebut, perlu dilakukan tindakan preventive dengan melakukan perawatan oli minimal sekali dalam setahun [4].

Men-treatment oli bertujuan untuk meningkatkan tahanan isolasinya, membersihkan kotoran misalnya partikel-partikel yang tidak perlu dan gram-gram yang terkelupas dari kumparan trafo, mengurangi kadar air, serta untuk mengurangi biaya sebab kalau dilakukan penggantian setiap tahun biayanya jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya perawatan [5].

### 1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tindakan preventive yang dilakukan oleh PT. PLN untuk menjaga mutu oli trafo KA 756 di By Pass Ngurah Rai

Untuk mengetahui peningkatan daya isolasi atau tegangan tembus yang diperoleh dari treatment trafo yang dilakukan dengan menggunakan alat khusus yang disebut dengan Oil Treatment Plant.

### 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Berapa besar tegangan tembus atau daya isolasi sebelum treatment trafo
2. Berapa besar tegangan tembus atau daya isolasi dari trafo KA 756 setelah treatment trafo dilakukan.

## II Transformator

Transformator merupakan alat yang memegang peranan penting dalam sistem distribusi. Transformator distribusi mengubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah[1].

### 2.1 Bagian-Bagian Transformator

- a. Inti Besi : Berfungsi untuk menampung fluksi yang ditimbulkan arus listrik yang ada pada belitan kumparan trafo.
- b. Kumparan Trafo : Kumparan adalah sebagai alat transformasi tegangan dan arus dari sisi primer trafo ke sisi sekunder trafo. Kumparan tersebut diisolasi terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lainnya dengan isolasi padat tipis seperti karton, pertinax dan lain-lain.

- c. Minyak Trafo : minyak trafo berfungsi sebagai media isolasi dan media pemindah panas (sebagai pendingin). Kumparan dan inti trafo seluruhnya direndam dalam minyak trafo.  
Adapun sifat dari minyak trafo sebagai berikut :
- Besar jenis (specific gravity) = 0.85-0.9 gr/cm pada 13.5° C
  - Viscilitas (kekentalan) rendah untuk memudahkan sirkulasi dari bagian yang panas kebagian yang dingin : 100-110 saybolt second pada 40° C.
  - Titik didih tidak kurang dari 135° C.
  - Titik beku tidak lebih dari -45° C
  - Tegangan tembus minyak trafo tidak kurang dari 30 KV/2,5mm atau 120 KV/cm.
  - Coefisien volume (cv) = 0,069 % per 1° C
  - Titik api (flash point) = 180° C – 190° C
  - Titik nyala (burning point) = 205° C
  - Kelembaban terhadap uap air (moisture) = nihil
- d. Bushing : Hubungan antara trafo ke jaringan dibagian luar tangki melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, dimana alat ini berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.
- e. Tangki dan Konservator : Untuk menampung pemuaiian minyak trafo, maka tangki dilengkapi konservator. Konservator adalah sebuah tabung yang mempunyai sebagian ruang kosong untuk menampung volume pemuaiian minyak trafo.
- f. Alat Pendingin (cooler) : Media yang dipakai pada sistem pendingin trafo adalah berupa udara, gas, minyak dan air.
- g. Tap Changer : Alat ini berfungsi untuk mendapatkan tegangan operasi yang lebih baik sesuai standar PLN.
- h. Alat Pernafasan : Karena pengaruh naik turunnya beban trafo maupun suhu udara luar, maka suhu minyak akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut, bila suhu tinggi minyak akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan minyak keluar dari dalam tangki, sebaliknya bila suhu minyak dingin maka minyak akan menyusut dan udara luar akan masuk ke dalam tangki. Proses tersebut disebut pernafasan trafo. Akibat pernafasan diatas maka permukaan minyak akan bersinggungan dengan udara luar. Untuk mencegah hal ini maka pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi dengan alat pernafasan berupa tabung berisi Kristal zat hygrokopis.
- i. Indikator : Sebagai detektor keadaan-keadaan trafo selama operasi maka dilengkapi dengan indikator-indikator, yaitu :
- Indikator suhu minyak
  - Indikator permukaan minyak
  - Indikator kedudukan tap

## **2.2 Isolator Zat Cair**

Terdapat tiga jenis bahan isolasi yang digunakan sebagai bahan pengisi pada peralatan-peralatan listrik yaitu bahan isolasi padat, cair dan gas. Umumnya, pada peralatan-peralatan listrik seperti transformator, kapasitor, pemutus beban/ CB (Circuit Breaker), rheostat serta peralatan lain menggunakan bahan isolasi cair (liquid insulation material). Zat cair yang akan digunakan sebagai bahan isolasi harus memiliki beberapa persyaratan tertentu, diantaranya :

- Memiliki tegangan tembus (breakdown) yang besar. Bahan isolator cair tersebut dapat menahan tegangan tembus listrik dalam skala tegangan tinggi.
- Memiliki daya hantar panas yang tinggi (disirkulasi). Bahan isolator cair mampu

menyerap panas yang timbul akibat rugi-rugi pada inti besi dan tembaga, untuk dibuang atau dilepaskan kealam bebas. Dengan kata lain, isolator cair sekaligus berfungsi sebagai pendingin.

- Memiliki sifat listrik dan sifat kimia yang dapat menunjang ketahanan isolasi tersebut.

Ada beberapa bahan isolator cair, diantaranya :

- a. Minyak Organik : Kelompok minyak organik meliputi minyak sayur, minyak damar, dan ester.
- b. Minyak Mineral : Minyak mineral diketahui berisi berbagai jenis molekul dan secara luas dapat digolongkan ke dalam jenis yang mengandung malam/lilin (*paraffin*) dengan rumus kimianya  $C_nH_{2n+2}$  dan *naphthenic* ( $C_nH_{2n}$ ) serta *aromatis* ( $C_nH_n$ ). Untuk transformator distribusi menggunakan minyak jenis mineral oil.
- c. Minyak Sintetis : Merupakan hasil pengembangan bidang industry kimia. Contoh minyak jenis sintetis adalah *askarel* dan minyak *silicon* [3].

### 3.3 Fungsi Minyak Trafo

Adapun fungsi dari minyak trafo antara lain :

- a. Sebagai Insulator : Berfungsi sebagai bahan untuk mengisolasi antara kumparan yang terdapat di dalam transformator. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi percikan api listrik (*spark over*) akibat tegangan yang sangat tinggi.
- b. Sebagai Pendingin : Minyak transformator juga dapat digunakan sebagai pendingin yaitu dengan menyerap panas tersebut kemudian melepas melalui saluran udara.

- c. Sebagai Pelindung Komponen-komponen di dalam trafo : Minyak transformator juga dapat berperan sebagai pelumas untuk melindungi komponen-komponen yang berada di dalam transformator.

## III Metode Penelitian

### 3.1. Spesifikasi Alat

Oil Treatment Plant merupakan alat yang dirancang khusus untuk treatment minyak trafo. Proses pemurnian kembali (*purifying/treatment*) minyak transformator menggunakan alat yang disebut High Vacuum Oil Purifier dengan jalan sirkulasi. Berikut peralatan yang digunakan dalam mesin purifikasi beserta spesifikasinya [2].

Spesifikasi Peralatan :

Nama Alat	: Oil Treatment Plant
Konstruksi	: Tipe Hearing ex Jerman
Kapasitas	: 1000 liter/jam
Sistem	: Offline dan Online
Source	: Gearing pump motor (3 Kw)

Adapun beberapa peralatan utama yang digunakan pada alat treatment sebagai berikut :

#### a. Filter

Berfungsi untuk menyaring minyak dari butiran-butiran pengotor yang dapat mempercepat terjadinya penurunan tegangan tembus. Mesin treatment menggunakan 2 buah filter yang ditempatkan di masukan dan keluaran mesin purifikasi.

- Filter Awal : Berbentuk tabung dengan diameter 10 inchi dan tinggi 55 cm. Covernya terbuat dari plat stainless steel dan bahan filter terbuat dari creape paper dengan besar pori-pori 0.5 mikron.



Gambar 3.1 Filter Awal

- Filter Akhir : Berbentuk tabung dengan diameter 13 inci dan tinggi 70 cm. Covernya terbuat dari plat stainless steel, dan bahan filter berupa creape paper dengan ukuran pori-pori 0.5 mikron.



Gambar 3.2 Filter Akhir

#### b. Tabung Vacum

Tabung vacum juga diperlukan dalam melakukan treatment. Di dalam tabung vacum berisi alat pemanas (heater) yang berfungsi

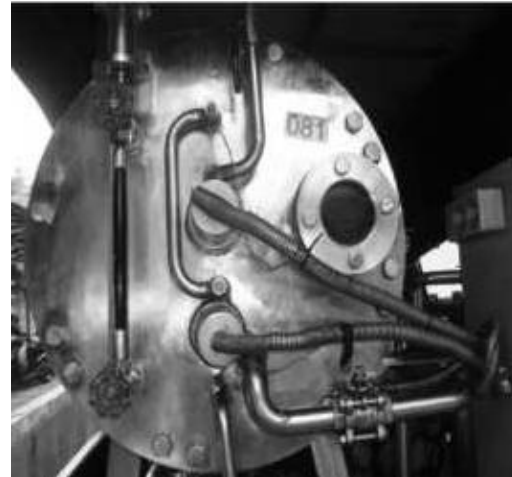
memanaskan minyak sehingga butiran-butiran air dapat menguap.

- Tabung Vacum : Memiliki ukuran fisik dengan diameter 75 cm dan panjang 175 cm. Bahan cover tabung vacum terbuat dari plat stainless steel.



Gambar 3.3 Tabung Vacum

- Heater (Pemanas) : Dilapisi oleh plat tabung dengan bahan cover yang terbuat dari plat stainless steel.



Gambar 3.4 Heater

#### c. Indikator Permukaan Minyak

Berfungsi sebagai pengatur ketinggian permukaan minyak yang terdapat dalam tabung vacum. Sehingga dalam tabung vacum tersebut masih terdapat rongga yang digunakan untuk

pernapasan. Indikator permukaan minyak ini terletak pada tabung vacum.



Gambar 3.5 Indikator Permukaan Minyak

**d. Motor Induksi 3 Fasa**

Motor ini berfungsi untuk menyedot dan memompa minyak. Motor yang digunakan memiliki daya 2 Kw, tegangan sumber 380 V dan frekuensi 50 Hz.



Gambar 3.6 Motor Induksi 3 Fasa

**e. Mesin Vacum**

Kegunaannya adalah untuk menyedot udara keluar dari dalam tabung vacum (memvacumkan).

Mesin vacum ini memiliki daya 1Hp dengan tegangan sumber 380 V.



Gambar 3.7 Mesin Vacum

**f. Panel Indikator**

Panel kontrol berisi kontrol frekuensi putaran motor dan derajat panas heater.



Gambar 3.8 Panel Indikator

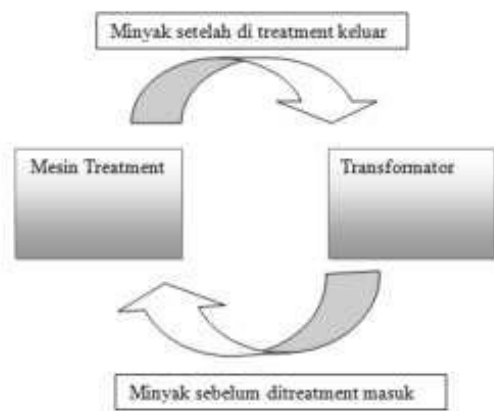
### 3.1.1 Prinsip Kerja

Dalam proses treatment minyak trafo, terdapat 2 proses utama yaitu :

- a. **Heating** : Minyak dipanaskan hingga titik didih air sehingga air yang ada dalam minyak akan menguap karena titik didih minyak lebih tinggi dari pada titik didih air. Pemanasan minyak dilakukan di dalam ruang tabung vacum. Penggunaan ruang vacum ini bertujuan agar air mendidih pada suhu rendah sehingga air menguap lebih cepat. Dengan suhu rendah diharapkan minyak tidak memuai dengan cepat.
- b. **Penyaringan (Filter press)** : Setelah minyak terpisah dari uap air dan asam, minyak trafo tersebut disaring oleh filter yang berbahan creape paper sehingga pengotor dapat disaring.

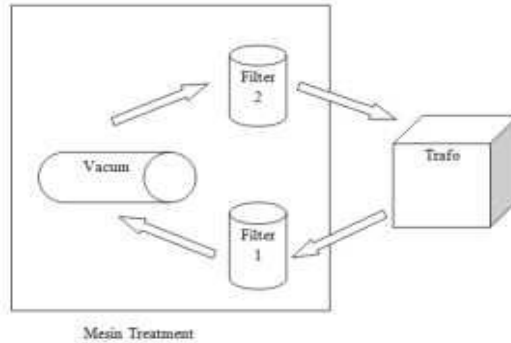
### 3.2 Metode Pemurnian

Adapun secara sederhana, prinsip kerja treatment ini yaitu mensirkulasikan minyak transformator yang akan di treatment. Minyak trafo akan disedot masuk kedalam alat purifikasi/ treatment untuk dimurnikan, kemudian dipompa kembali dimasukkan ke dalam transformator [6].



Gambar 3.9 Diagram Alir Sederhana Sistem Treatment Minyak Transformator

Secara detail, proses treatment minyak transformator dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 3.10 Diagram Alir Treatment Minyak Transformator Secara Detail

Adapun tahapan proses treatment minyak transformator sebagai berikut :

Pertama, beroperasinya motor 3 fasa yang terpasang diantara filter pertama dan tabung vacum menyebabkan minyak trafo mengalir keluar trafo menuju filter pertama. Di dalam filter ini butiran-butiran pengotor seperti butiran pasir sampai debu-debu yang berukuran 0.5 mikron akan tersaring. Setelah itu minyak dialirkan menuju tabung vacum. Pada tabung vacum terdapat heater yang berfungsi memanasi minyak untuk mencegah adanya air yang mengkontaminasi minyak. Selain itu terdapat indikator ketinggian permukaan minyak pada tabung vacum. Indikator ini berfungsi untuk pengatur ketinggian permukaan minyak yang terdapat dalam tabung vacum, sehingga dalam tabung tersebut masih terdapat rongga yang digunakan untuk pernapasan. Kemudian di dalam tabung vacum, minyak dipanaskan hingga  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ . Uap air yang berasal dari pemanasan disedot keluar melalui mesin vacum. Dengan metode vacum tersebut minyak tidak akan terkontaminasi oleh udara luar.

Setelah minyak terpisah dari kandungan air,

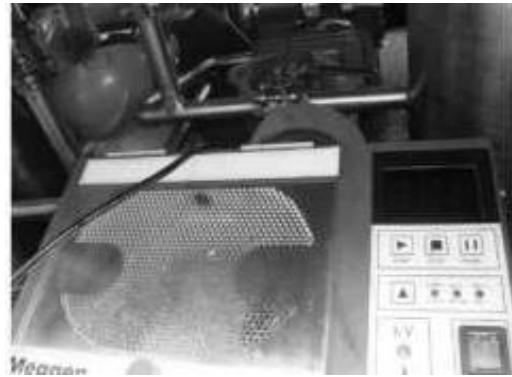
kemudian minyak dialirkan menuju ke filter kedua. Pori-pori filter ini juga berukuran 0.5 mikron. Butiran pengotor yang tidak tersaring pada filter pertama dan butiran pengotor yang terdapat pada tabung vacum pada saat minyak berada di tabung vacum, seperti debu-debu halus akan tersaring pada filter ini. Dengan adanya filter kedua ini diharapkan minyak yang melewati filter ini dan menuju kembali ke trafo benar-benar sudah bersih (tidak mengandung butiran pengotor).

Proses tersebut dilakukan secara berulang – ulang sampai dengan beberapa kali sirkulasi. Oil treatment plant ini dapat melakukan sirkulasi minyak maksimal sebanyak 10 kali. Menurut standar PLN (Manual Book Produk Trafo) untuk minyak lama dibutuhkan 4-6 sirkulasi sedangkan minyak baru membutuhkan 2-3 sirkulasi. Akan tetapi pada dasarnya yang menjadi patokan untuk menentukan jumlah sirkulasi adalah kualitas dari minyak trafo sebelum dipurifikasi. Semakin rendah kualitas dari minyak trafo maka semakin banyak pula jumlah sirkulasinya. Mesin yang digunakan pada waktu penelitian ini dilakukan yaitu mampu mensirkulasikan maksimal 3500 liter minyak dalam waktu 1 jam dengan kecepatan putar motor untuk mensirkulasikan adalah  $\pm 1200$  rpm.

### 3.3 Pengujian Minyak

Pengujian tegangan tembus minyak trafo ini dilakukan dengan mengambil sampel minyak kedalam tabung pengetesan yang didalamnya terdapat suatu alat dengan dua buah elektroda di dalamnya.

Umumnya elektroda yang digunakan adalah elektroda bola standar dengan diameter 12,5 mm dan jaraknya 2,5 mm. Tegangan pengetesan dinaikkan secara bertahap sampai terjadi lompatan listrik (break down) antara kedua elektroda bola tersebut. Pengetesan dilakukan

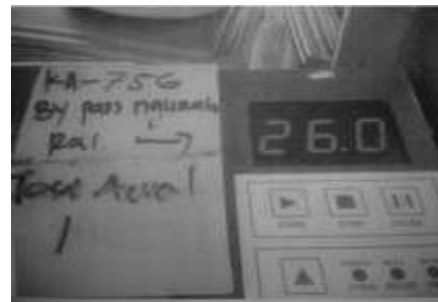


Gambar 3.11 Alat Test Tegangan Tembus Minyak Trafo

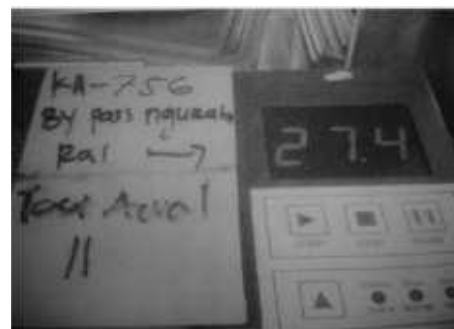
sebanyak lima kali dengan selang waktu 30 sampai 60 detik. Pengujian minyak ini dilakukan dua tahap yaitu sebelum dan sesudah treatment trafo.

Adapun sebagai berikut contoh dari hasil test tegangan tembus pada KA-756 By Pass Ngurah Rai.

- Nilai Tegangan Tembus Minyak Sebelum di treatment



Gambar 3.12 Hasil Test Awal pertama



Gambar 3.13 Hasil Test Awal Kedua





Gambar 3.14 Hasil Test Awal Ketiga

- Nilai Tegangan Tembus Minyak Sesudah di treatment



Gambar 3.17 Hasil Test Akhir Pertama



Gambar 3.15 Hasil Test Awal Keempat



Gambar 3.18 Hasil Test Akhir Kedua



Gambar 3.16 Hasil Test Awal Kelima



Gambar 3.19 Hasil Test Akhir Ketiga



Gambar 3.20 Hasil Test Akhir Keempat



Gambar 3.21 Hasil Test Akhir Kelima

#### IV Pembahasan dan Analisis

##### 1. Tegangan Tembus Sebelum di Treatment

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Minyak Trafo Tegangan Tembus Sebelum Di Treatment

No	Pengujian Ke	Tegangan Tembus Minyak (KV)
1	1	26
2	2	27.4
3	3	26.2
4	4	27.1
5	5	27.9

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa minyak yang belum di treatment memiliki tegangan tembus maksimal sebesar 27,9 kV. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa tegangan tembus minyak sebelum di treatment dibawah standar yang diijinkan. Menurut standar IEC 156 dan SPLN 49-1 nilai tegangan tembus minyak trafo minimal 30 kV/2,5mm, ini berarti minyak sudah kurang layak dipakai.

##### 2. Tegangan Tembus Setelah di Treatment

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Minyak Trafo Tegangan Tembus Setelah Di Treatment

No	Pengujian Ke	Tegangan Tembus Minyak (KV)
1	1	60
2	2	60
3	3	60
4	4	60
5	5	60

Tegangan tembus minyak yang sudah di treatment berada pada angka 60 kV seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2. Hal tersebut menunjukkan bahwa minyak yang telah dimurnikan dengan proses treatment bisa dan sangat layak untuk digunakan kembali karena hasil dari tes tegangan tembus hasilnya sesuai dengan standar yang diijinkan..

#### V Simpulan Dan Saran

##### 5.1 Simpulan

Dari pelaksanaan treatment transformator yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Dalam pemurnian minyak trafo terdapat dua proses yang utama yaitu proses penyaringan

(filter) dan proses pemanasan (heating), dimana proses penyaringan merupakan proses memisahkan minyak trafo dengan butiran-butiran pengotor dan proses heating merupakan proses pemanasan minyak trafo untuk memisahkan minyak trafo dengan butiran-butiran air.

2. Berdasarkan hasil dari 5 kali test tegangan tembus minyak trafo yang dilakukan sebelum treatment adalah maksimal sebesar 27,9 kV/2,5 mm. Dan setelah di treatment, tegangan tembus minyak trafo menjadi 60 kV/2,5 mm, sesuai dengan standar yang diharapkan ( $> 30 \text{ KV}/2,5 \text{ mm}$ )
3. Dengan dilakukannya treatment trafo disamping menaikkan tegangan tembusnya juga akan berpengaruh pada meningkatnya unjuk kerja trafo, optimalisasi pengoperasian trafo serta dapat memperpanjang usia atau kinerja trafo.

## **5.2 Saran**

1. Untuk pemurnian minyak trafo diharapkan melakukan treatment trafo minimal sekali dalam setahun
2. Sangat perlu juga dilakukan treatment trafo, setiap kali ada pengerjaan trafo yang dapat menyebabkan masuknya udara luar ke dalam trafo, seperti perbaikan trafo bocor, penggantian bushing trafo yang retak, dan lain-

lain, karena pada saat melakukan perbaikan sudah barang tentu terkontaminasinya minyak trafo dengan udara luar tidak bisa dihindarkan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] ANONIM, “Pemeliharaan Trafo Distribusi”, PT PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur, 1999.
- [2] Kelompok Pembakuan Bidang Transmisi, “SPLN 50 : Spesifikasi Transformator Distribusi “, PT PLN (PERSERO), 1997.
- [3] Kelompok Pembakuan Bidang Pembakitan dan Kelompok Kerja Analisa Kimia Laboratorium, “SPLN 49-1 : Minyak Isolasi”, Departemen Pertambangan & Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1982.
- [4] Kadir Abdul, “Distribusi dan Utilasi Tenaga Listrik”, Penerbit Universitas Indonesia, 2000.
- [5] Suryadiman Moh dan Iskak Haryanto, “Treatment Minyak Transformator 2000 KVA TR 302 Instalasi Radiometalurgi PTBN-BATAN”, Proseding Seminar Pengelolaan Perangkat Nuklir, 2008.
- [6] [www.google.com](http://www.google.com)