

## PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS PADA MINYAK TRAF0

Nizar Rosyidi AS <sup>1</sup> , Deki P <sup>2</sup>

Program Studi Teknik Elektro, FTI – ISTN

Jl. Moh Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa 12460 Jaksel 12630 telp.(021) 7270090

**ABSTRAK** : Isolasi memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Isolasi sangat diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan sehingga tidak terjadi lompatan listrik atau percikan, contoh bahan isolasi adalah minyak transformator yang di gunakan sebagai penyekat juga berfungsi sebagai pendingin. Pada saat minyak transformator ini digunakan kekuatan isolasi minyak akan menurun di sebabkan oleh beberapa hal antara lain terpaan listrik yang terus-menerus adanya ketidakmurnian partikel padat, gelembung gas dan gelembung bola cair.

Untuk mengembalikan kualitas isolasi maka dilakukan perbaikan kekuatan isolasi minyak dengan cara filtering tersebut secara berkala agar kualitas minyak menjadi lebih baik. Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo merk Shell type Diala B sebelum dan sesudah di filter. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji minyak merk Megger OTS100AF dengan acuan standard pengujian IEC 156.

**Kata Kunci** : *Minyak transformer, Tegangan tembus, Filtering minyak*

**ABSTRACT** : *Isolation has a very important role in electric power systems. Isolation is very necessary to separate two or more voltage conductors so that the conductor does not have an electrical jump or spark, for example an insulating material is a transformer oil that is used as a baffle also functions as a cooler. When the transformer oil is used, the insulation strength of the oil will decrease due to several things, including continuous electrical exposure to the impurities of solid particles, gas bubbles and liquid ball bubbles.*

*To restore the quality of the insulation, the oil insulating strength is repaired by filtering it regularly so that the quality of the oil becomes better.*

*the results of transformer oil penetrating voltage testing of Shell brand type Diala B before and after the filter. Tests are carried out using the Megger OTS100AF brand oil test equipment with reference to the IEC 156 testing standard.*

**Keywords** : *Transformer oil, penetrating voltage, oil filtering*

### 1. PENDAHULUAN

Umumnya, kegagalan alat listrik pada waktu dipakai karena kegagalan isolasi dalam menjalankan fungsinya sebagai isolator. dalam hal ini isolasi minyak merupakan hal yang sangat penting dalam peralatan sistem tenaga khususnya transformator, *circuit breaker*. Isolasi minyak mempunyai kerapatan lebih tinggi daripada isolasi gas, dan dapat mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi secara serentak. Akan tetapi minyak juga mudah terkontaminasi. partikel-partikel dan uap air yang menyebabkan ketidakmurnian dalam minyak.

Karena mudahnya isolasi cair terkontaminasi sehingga menyebabkan jumlah isolasi cair yang tidak lagi di pakai bertambah banyak karena kekuatan dielektriknya menurun, semakin banyak isolasi cair yang tidak layak pakai yang akan menjadi sampah bahkan akan menjadi limbah yang akan menyebabkan pencemaran lingkungan. dan juga isolasi dari minyak bumi yang sewaktu- waktu akan

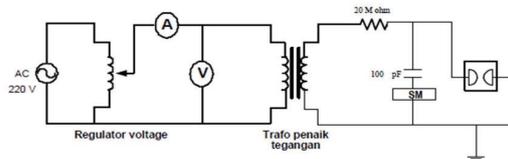
berkurang jumlahnya. Untuk mengembalikan lagi kekuatan dielektrik isolasi cair yang tidak di pakai lagi dengan cara di filter ulang, dengan mencoba melakukan pengukuran tegangan tembus minyak trafo bekas sebelum dan sesudah di filter menggunakan alat uji minyak merk Megger OTS100AF dengan acuan standard pengujian IEC 156.

### 2. LANDASAN TEORI

#### 2.1 PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK

2.2 Transformator daya yang digunakan di gardu induk, terdapat minyak trafo yang berfungsi untuk memisahkan secara listrik kumparan primer dengan kumparan sekundernya agar tidak terjadi tegangan tembus (*breakdown*). Minyak trafo ini memiliki tingkat isolasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan udara bebas. Salah satu parameter yang dapat menunjukkan baik

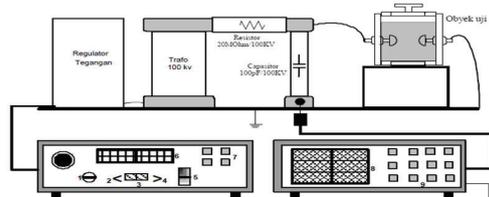
buruknya tingkat isolasi suatu bahan adalah tegangan tembusnya.



Gambar 2.1 Rangkaian pengujian tegangan tembus minyak

### 2.3 PEMBANGKITAN TEG TINGGI AC

Untuk memastikan kelayakan tegangan tembus minyak trafo harus di lakukan pengujian tegangan tembus minyak menggunakan tegangan tinggi AC untuk membangkitkan tegangan tinggi arus bolak-balik. Trafo uji yang digunakan adalah trafo satu fasa, hal ini disebabkan pengujian biasanya dilakukan untuk setiap fasa.



Gambar 2.2 Bagan pengujian tegangan tembus minyak

Pada gambar 2.1 dan 2.2 .pengujian tegangan tembus minyak trafo dari mulai supply yang di gunakanan yaitu AC 220V kemudian ada regulator tegangan untuk menaik turunkan tegangan secara manual, trafo tegangan 100kV sebagai penaik tegangan maksimal 100kV, resistor disini berfungsi sebagai penahan apabila nilai tegangan tembus sudah di dapatkan tegangan tidak bisa naik terus oleh karena itu dipasanglah resistor, kapasitor disini berfungsi sebagai penunjuk hasil dari pengujian tegangan tembus tersebut, sedangkan yang terakhir ada elektroda pada kotak uji yang berfungsi sebagai patokan titik tembus minyak dengan jarak 2.5mm.

### 2.4 KEKUATAN DIELEKTRIK

Suatu dielektrik tidak mempunyai elektron-elektron bebas, melainkan elektron-elektron yang terikat pada inti atom unsur yang membentuk dielektrik tersebut. Suatu dielektrik ditempatkan diantara dua elektroda piring sejajar. Bila elektroda diberi tegangan searah V, maka akan timbul medan listrik (E) di dalam dielektrik. Medan listrik ini akan memberi gaya kepada elektron- elektron agar terlepas dari ikatannya dan menjadi elektron bebas. Maka dapat

dikatakan bahwa medan listrik merupakan suatu beban yang menekan dielektrik agar berubah sifat menjadi konduktor.

Beban yang dipikul dielektrik disebut juga terpaan medan listrik yang satuannya dinyatakan dalam Volt/cm. Setiap dielektrik mempunyai batas kekuatan untuk memikul terpaan listrik. Jika terpaan listrik yang dipikulnya melebihi batas tersebut dan terpaan berlangsung lama, maka dielektrik akan menghantar arus atau gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolator. Dalam hal ini dielektrik mengalami tembus listrik atau "breakdown".

#### 2.4.1 Sifat-Sifat Listrik Bahan Dielektrik

Adapun fungsi yang paling penting dari suatu bahan dielektrik adalah:

- Untuk mengisolasi antara satu penghantar dengan penghantar lainnya.
- Menahan gaya mekanis akibat adanya arus pada konduktor yang diisolasinya.
- Mampu menahan tekanan yang diakibatkan panas dan reaksi kimia.

Dari sifat-sifat bahan dielektrik yang ada, terdapat 6 sifat yang perlu diketahui, yaitu;

Kekuatan dielektrik, konduktansi, Rugi dielektrik, Tahanan Isolasi dan Partial discharge dan Kekuatan kerak isolasi (*tracking strenght*)

#### 2.4.2 Dielektrik Cair

**2.4.3** Kekuatan dielektrik cair tergantung pada sifat atom dan molekul cairan itu sendiri, material dari elektroda, suhu, jenis tegangan yang diberikan, gas yang terdapat dalam cairan, dan sebagainya yang dapat merubah sifat molekulcairan. Dalamisolasicairkekuatan dielektrik setara dengan tegangan yang terjadi. Menurut hukum Paschen's, kekuatan dielektrik cair berkisar antara  $10^7$  V/cm. Dielektrik cairmempunyai kerapatan 1000 kali lebih besar daripada dielektrik gas sehingga kekuatan dielektriknya lebih tinggi daripada dielektrik gas. Kelebihan lain dari dielektrik cair murni yaitu mempunyai kemampuan untuk memperbaiki diri sendiri jika terjadi suatu pelepasan muatan. Salah satu kekurangan dielektrik cair yaitu mudah terkontaminasi.

### 2.5 ELEKTRODA UJI

Dalam melakukan pengujian tegangan tembus minyak ada beberapa elektroda yang digunakan, antara lain :

- Elektroda Setengah Bola

Elektroda setengah bola yang digunakan standar IEC 156 untuk pengukuran tegangan tembus isolasi cair mempunyai diameter 50

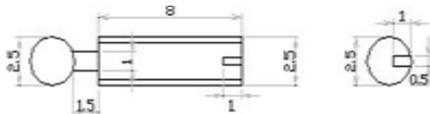
mm. Jarak elektroda pada saat pengujian adalah 2 mm dan 2.5 mm, dan 3 mm, karena jarak sela elektroda akan mempengaruhi tegangan tembus yang diterapkan pada isolasi cair.



Gambar 2.3 Elektroda setengah bola

B. Elektroda Bola

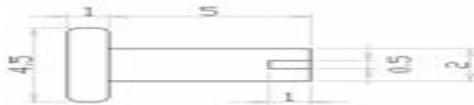
Elektroda bola yang digunakan untuk pengukuran tegangan tembus minyak trafo mempunyai diameter 25 mm . Elektroda bola digunakan sebagai contoh penggunaan bentuk elektroda seragam dan selain itu, elektroda bola juga digunakan untuk menganalisis pengaruh jarak sela antar elektroda.



Gambar 2.4 Elektroda Bola

C. Elektroda Bidang

Elektroda bidang yang digunakan untuk pengukuran tegangan tembus minyak trafo mempunyai diameter 45 mm dan secara khusus dipasangkan dengan elektroda bola diameter 20 mm untuk melakukan pengujian pengaruh medan tak seragam.



Gambar 2.5 Elektroda Bidang

2.6 MINYAK TRAF0 SEBAGAI BAHAN ISOLASI CAIR

Minyak trafo merupakan jenis minyak organik. Minyak trafo hampir tidak berwarna yang tersusun dari senyawa hidrokarbon yang terdiri dari paraffin, iso-paraffin, naphthalene dan aromatic. Ketika diaplikasikan untuk jangka waktu tertentu, minyak trafo difungsikan untuk mengalirkan panas dan pada suhu 95<sup>0</sup>C akan mengakibatkan proses penuaan pada minyak. Beberapa pengotor mempunyai sifat korosif terhadap material isolasi padat dan bagian-bagian konduktor pada trafo. Lumpur yang menumpuk pada inti trafo, lilitan dan didalam saluran

minyak akan menghambat sirkulasi minyak sehingga proses aliran panas akan terhambat.

2.6.1 Jenis – Jenis Minyak Trafo

Jenis – jenis minyak yang dapat digunakan untuk bahan isolasi terdiri dari :

a. Minyak isolasi Dari Bahan Olahan Bumi, terdiri dari

**Minyak Isolasi Mineral** Minyak yang berasal dari minyak bumi yang diproses secara fraksinasi dan destilasi.

**Minyak Isolasi Sintesis.** contoh dari minyak isolasi sintesis adalah askarel, silikon cair, fluorinasi cair, ester sintesis.

**Minyak Isolasi Dari Bahan Olahan Nabati,** contohnya :Minyak jarak,Minyak kelapa murni (VCO),Minyak kelapa sawit (CPO),Minyak kedelai danMinyak jagung

2.6.2 Pemurnian Minyak Trafo

Minyak transformator dapat terkontaminasi oleh berbagai macam pengotor seperti kelembaban, serat, resin dan sebagainya. Ketidakmurnian dapat tinggal di dalam minyak karena pemurnian yang tidak sempurna. Pengotoran dapat terjadi saat pengangkutan dan penyimpanan, ketika pemakaian, dan minyak itu sendiri pun dapat membuat pengotoran pada dirinya sendiri. Beberapa metode pemurnian minyak transformator adalah sebagai berikut :

A. Mendidihkan (boiling)

Minyak dipanaskan hingga titik didih air dalam alat yang disebut Boiler.

B. Alat Sentrifugal (Centrifuge reclaiming)

Air serat, karbon dan lumpur yang lebih berat dari minyak dapat dipindahkan minyak setelah mengendap. Untuk masalah ini memerlukan waktu lama, sehingga untuk mempercepatnya minyak dipanaskan hingga 45 - 55<sup>0</sup>C dan diputar dengan cepat dalam alat sentrifugal. minyak yang bersih akan tetap berada ditengah bejana.

C. Penyaringan (Filtering)

Dengan metode ini minyak disaring melalui kertas penyaring sehingga pengotor tidak dapat melalui

pori-pori penyaring yang kecil, sementara embun atau uap telah diserap oleh kertas yang mempunyai hygrosopicity yang tinggi.

#### D. Regenerasi (Regeneration)

Produk-produk penuaan tidak dapat dipindahkan dari minyak dengan cara sebelumnya. Penyaringan hanya baik untuk memindahkan bagian endapan yang masih tersisa dalam minyak. Semua sifat sifat minyak yang tercemar dapat dipindahkan dengan pemurnian menyeluruh yang khusus yang disebut regenerasi.

### 2.6.3 Teori Kegagalan Isolasi Cair

Pada dasarnya tegangan pada isolasi merupakan suatu tarikan atau tekanan yang harus dilawan oleh gaya yang terdapat pada isolasi. Perlawanan ini diharapkan mampu mencegah terjadinya kegagalan pada isolasi tersebut.

Teori kegagalan isolasi yang terjadi pada minyak transformator dibagi menjadi empat jenis sebagai berikut :

#### A. Teori kegagalan zat murni atau elektronik

Jika diantara elektroda diterapkan suatu kuat medan yang sangat kuat, sedangkan pada elektroda tersebut terdapat permukaan yang tidak rata, maka kuat medan yang terbesar terdapat pada bagian yang tidak rata tersebut. Perolehan ini digunakan untuk mengionisasikan molekul karena benturan dan mengawali banjir.

#### B. Teori kegagalan gelembung gas

Yaitu ketakmurnian (misalnya gelembung udara ) mempunyai tegangan gagal yang lebih rendah dari zat cair, disini adanya gelembung udara dalam cairan merupakan awal dari pencetus kegagalan total dari pada zat cair. Kegagalan gelembung merupakan bentuk kegagalan isolasi cair yang disebabkan oleh gelembung-gelembung gas didalamnya.

#### C. Teori kegagalan uap air

Air dan uap air terdapat pada minyak, terutama pada minyak yang telah lama digunakan. Jika terdapat medan listrik, maka molekul uap air yang terlarut memisah dari minyak dan terpolarisasi membentuk suatu dipole. Jika jumlah molekul molekul uap air ini banyak, maka akan tersusun semacam jembatan yang menghubungkan kedua elektroda, sehingga terbentuk suatu kanal peluahan. Kanal ini akan merambat dan memanjang sampai menghasilkan tembusan listrik.

#### D. Teori kegagalan partikel padat

Partikel debu atau serat selulosa yang ada disekeliling isolasi padat (kertas) seringkali ikut tercampur dengan minyak. Selain itu partikel padat ini pun dapat terbentuk ketika terjadi pemanasan dan tegangan lebih. Pada saat terjadi medan listrik,

partikel – partikel ini akan terpolarisasi dan membentuk jembatan. Arus akan mengalir melalui jembatan dan menghasilkan pemanasan local serta menyebabkan terjadinya kegagalan.

## 2.7 KEKUATAN KEGAGALAN

Dari semua teori yang membahas tentang kegagalan zat cair tidak memperhitungkan hubungan antar panjang ruang celah (sela) dengan kekuatan kegagalan maksimum yang dicapai. Namun dari semua teori diatas dapat ditarik suatu persamaan baru yang berisi komponen panjang ruang celah dan komponen kekuatan peristiwa kegagalan pada benda cair, yaitu :

$$V_b = A.d^n$$

Dimana :

$V_b$  = tegangan gagal / breakdown (kV)

$d$  = panjang ruang celah (mm)

$A$  = konstanta

$n$  = konstanta yang nilainya <1

Namun pada pengujian tegangan tembus yang kita lakukan tidak dapat dicari tegangan kegagalan / breakdown minyak trafo menggunakan rumus di atas dikarenakan pada saat purifikasi yang dilakukan tidak menggunakan fenol sebagai bahan pemurnian namun yang kita lakukan adalah purifikasi menggunakan metode filtering jadi tidak ada zat kimiawi pada proses pemurniannya.

## 2.8 STANDARISASI PENGUJIAN ISOLASI CAIR

### 2.8.1 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengujian tegangan tembus isolasi cair menurut IEC 156 antara lain :

1. Pemasangan Temporary Grounding pada alat Uji Untuk pengantisipasi kerusakan alat maka temporary grounding harus di pasang terlebih dahulu

#### 2. Persiapan Sampling

Sesegera mungkin sebelum mengisi kotak uji, sampling harus dikocok berulang kali secara lembut untuk memastikan adanya homogenisasi kontaminan cairan tanpa menimbulkan gelembung udara pada cairan.

#### 3. Pengisian Kotak Uji

Sebelum melaksanakan pengujian, bersihkan kotak uji, dinding-dindingnya, elektroda dan komponen lainnya. Kemudian tuang kedalam kotak uji secara

perlahan dan hindari terjadinya gelembung-gelembung udara.

**A. Pemberian Tegangan**

Berikan tegangan pada elektroda dengan kenaikan yang seragam (konstan) dimulai dari 0 V sampai sekitar 2,0 kV/dt ± 0.2 kV/dt sampai timbul tegangan tembus

**B. Pencatatan data**

Dilakukan 6 kali percobaan pengujian tegangan tembus pada alat uji dengan jeda sekurang-kurangnya 2 menit dari setiap pengujian. Pastikan tidak muncul gelembung udara diantara jarak sela. Kecuali jika menggunakan pengaduk maka percobaan dapat dilakukan secara terus-menerus.

**C. Laporan**

Data yang dimasukkan dalam laporan adalah hasil dari nilai rata-rata dari 6 kali percobaan yang sudah dilakukan.

**2.8.2 Tegangan Tembus Isolasi Cair**

Untuk mengetahui sampel minyak masih dalam keadaan baik maka dibutuhkan perbandingan hasil uji dengan suatu standarisasi. Pengujian tegangan tembus pada isolasi minyak trafo dilakukan pada kondisi temperatur 30° C. Dengan menggunakan 2 jenis minyak trafo yaitu minyak trafo baru dan minyak trafo bekas. Standarisasi yang digunakan untuk minyak trafo adalah Standar IEC 156 yang dapat terlihat pada tabel di bawah ini :

TEGANGAN	BAGUS	CUKUP	BURUK
500kV	>60kV/2.5mm	50-60 kV/2.5mm	<50 kV/2.5mm
150kV	>50kV/2.5mm	40-50 kV/2.5mm	<40 kV/2.5mm
70kV	>40kV/2.5mm	30-40 kV/2.5mm	<30 kV/2.5mm

Tabel 2.1 Standarisasi tegangan tembus untuk minyak trafo IEC 156

Menurut standarisasi SPLN 49-1 tegangan tembus yang harus dipenuhi untuk spesifikasi minyak isolasi baru adalah >50 kV/2.5 mm.

**2.8.3 Fenomena yang Terjadi Saat Pengujian Tegangan Tembus Minyak**

Untuk mendapatkan nilai tegangan tembus pada sampel minyak, maka dimulai dengan menaikkan tegangan uji secara bertahap, saat kondisi sampel uji mendekati nilai tegangan tembusnya, akan timbul suara mendesis. Hal ini terjadi karena adanya tekanan yang terus-menerus dan semakin besar pada sampel minyak. Pada saat terjadi tegangan tembus pada sampel uji akan timbul suara ledakan. Dalam kondisi sesudah terjadi tegangan tembus akan timbul gelembung gas dan kabut hitam (arang) pada sampel minyak. Hal ini disebabkan oleh :

a.Permukaan elektroda tidak rata, sehingga terdapat kantong-kantong udara di permukaannya

b.Adanya tabrakan elektron saat terjadi tegangan tembus, sehingga muncul produk-produk baru berupa gelembung gas atau arang.

c.Adanya penguapan cairan karena lucutan pada bagianbagian elektroda yang tajam dan tak teratur

d.Zat cair dikenai perubahan suhu dan tekanan

**2.9 PROSES FILTERING**

Oil Treatment Plant adalah alat yang dirancang khusus untuk treatment oil transformer. Purifying atau Filtering minyak trafo merupakan proses pemurnian kembali minyak trafo dengan menggunakan alat yang disebut High Vacum Oil Purifier dengan jalan sirkulasi



Gambar 2.6 Oil Treatment Plan atau mesin Filtering

**A. Filter Awal**

Filter awal ini bertujuan untuk menyaring butiran-butiran pengotor seperti sisa korosi peralatan maupun arang yang besarnya lebih dari 10 mikron.

**B. Filter Akhir**

Filter yang ditempatkan di akhir ini bertujuan untuk menyaring kembali minyak yang telah di vacum agar minyak tersebut lebih jernih.

**C. Tabung Vacum**

Tabung vacum ini berfungsi menyimpan minyak yang akan di vacum.

**D. Motor 3 Phase**

Motor 3 Phase ini berfungsi sebagai penyedot dan pendorong minyak agar dapat bersirkulasi dengan baik.

**E. Mesim Vacum**

Pada mesin vacum ini terdapat 2 buah heater yang berfungsi memanaskan minyak sampai titik didih sehingga kandungan air atau kelembapan pada minyak terpisah agar minyak trafo tersebut kembali murni tanpa ada kandungan lain didalamnya.

**F. Panel Indikator**

Panel indikator ini berfungsi sebagai pengontrol dari mesin filter tersebut dan indikator apabila bila minyak telah selesai di filter.

**2.9.1 Prinsip Kerja Mesin Filter Minyak**

Ada 2 proses penting dalam proses purifikasi minyak trafo, antara lain :

**A. Heating**

Minyak dipanaskan hingga titik didih air. Air yang ada dalam minyak akan menguap karena titik didih minyak lebih tinggi dari pada titik didih air. Pemanasan dilakukan dalam ruang vacum. Penggunaan ruang vacum ini bertujuan agar air mendidih pada suhu rendah sehingga air menguap lebih cepat. Dengan suhu rendah diharapkan minyak tidak menua dengan cepat.

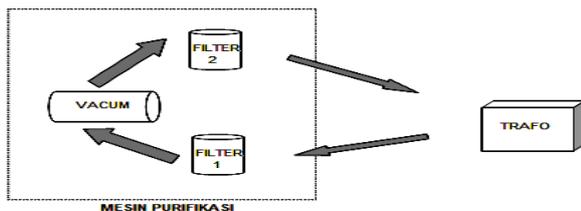
**B. Penyaringan ( filter press )**

Setelah minyak terpisah dari uap air dan asam, minyak trafo tersebut disaring oleh filter yang berbahan higroscopicity sehingga pengotor dapat tersaring.

**2.9.2 Metode Filtering**

Purifikasi minyak transformator dilakukan dalam kondisi transformator tersebut sedang bekerja (*on line*). Secara sederhana, prinsip kerja purifikasi ini yaitu mensirkulasikan minyak transformator yang akan dipurifikasi. Minyak disedot masuk ke dalam alat purifikasi untuk dimurnikan, kemudian dipompa kembali dimasukkan ke dalam transformator

Secara detail, proses purifikasi minyak transformator dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 2.7 Diagram Alir Purifikasi Minyak Trafo Secara detail

Tahap proses purifikasi:

- A. Minyak yang ada di dalam trafo dialirkan keluar menuju filter pertama dengan bantuan daya hisap motor 3 fasa yang dipasang setelah filter pertama, sehingga minyak masuk ke dalam filter pertama. Di dalam filter ini butiran-butiran pengotor seperti sisa korosi peralatan maupun

arang yang besarnya lebih dari 10 mikron akan tersaring.

- B. Setelah itu minyak dialirkan menuju ke rung boiler vacum. Ruang ini terdapat dua heater yang disusun secara vertikal. Heater ini berfungsi memanasi minyak. Selain itu juga dipasang indikator ketinggian permukaan minyak dalam tabung vacum. Indikator ini berupa sensor infra merah. Ketika sinar infra merah terhalang oleh minyak maka motor yang berfungsi menghisap minyak dari filter akan berhenti. Di dalam ruang ini minyak dipanaskan hingga ± 70°C. Dalam ruang vacum, air akan menguap dibawah titik didih air (titik didih air = 100°C). Uap air yang berasal dari pemanasan disedot keluar melalui mesin vacum. Dengan metode vacum, minyak tidak tercampur oleh udara luar.
- C. Setelah minyak terpisah dari kandungan air, selanjutnya dialirkan menuju filter kedua. Pori-pori filter ini berukuran 5 mikron. Butiran pengotor yang tidak tersaring pada filter pertama akan tersaring pada filetr ini. Tahap proses di atas tersebut akan diulang – ulang atau minyak disirkulasikan secara berulang – ulang. 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 ketika sebelum dipurifikasi..

Mesin yang digunakan mampu mensirkulasikan 1000 liter minyak dalam waktu 1 jam dengan kecepatan putar motor untuk mensirkulasikan adalah ± 19 rpm. Berarti dapat diambil kesimpulan bahwa 1 liter minyak mampu disirkulasikan dalam waktu ± 7 detik. Dengan lama waktu tersebut diharapkan proses penyaringan dan pemanasan minyak dapat optimal.

**3. ROSEDUR PENGUJIAN DAN PENGAMBI LAN DATA**

Pengujian tegangan tembus yang dilakukan menggunakan standar IEC 156 dan

menggunakan elektroda setengah bola, minyak trafo yang digunakan pada pengujian ini adalah minyak trafo jenis shell diala B sebelum dan sesudah di filter untuk mendapatkan perbandingan nilai tegangan tembus dari minyak trafo tersebut.

**3.2 ALAT DAN BAHAN**

Alat dan bahan yang diperlukan untuk pelaksanaan pengujian ini antara lain sebagai berikut.

Alat :

- A. Alat uji tegangan tembus minyak merk Megger OTS100AF



Gambar 3.1 Alat uji tegangan tembus minyak

Pada alat uji tegangan tembus tersebut ada beberapa panah yang menunjukkan fungsi dari item tersebut diantaranya : Tombol On/Off untuk menghidupkan dan mematikan alat 2) Tombol arah untuk memilih item pada layar 3) Tombol Test untuk memulai pengujian 4) Tombol huruf dan angka untuk mengedit item pengujian 5) Layar monitor untuk melihat hasil pengujian 6) Tempat kotak minyak diletakan untuk di uji 7) Printer hasil pengujian untuk mengetahui detail dari pengujian

- B. Mesin Filtering minyak



Gambar 3.2 Mesin Filtering minyak

Bahan :

Minyak Trafo merk Shell Type Diala B sebelum dan sesudah di filter



Gambar 3.3 Minyak trafo merk shell type diala B sebelum di filter



Gambar 3.4 Minyak trafo merk shell type diala B sesudah di filter

**3.3 WAKTU DAN TEMPAT**

Pengujian tegangan tembus minyak trafo ini sudah dilakukan di PT. PLN ( Persero ) Gardu Induk Danayasa Jl. Sudirman, kawasan SCBD Lot12 Jakarta Selatan.

**3.4 DATA-DATA YANG DIBUTUHKAN**

Data-data yang dibutuhkan merupakan data yang diambil dari survey langsung ke lapangan dan data dari Gardu Induk tersebut, seperti : Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum di filter dan Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah di filter

**3.5 METODE PENGAMBILAN DATA**

melakukan studi pustaka yang berkaitan dengan pengujian tegangan tembus minyak trafo Pengambilan data baik data tertulis maupun pengamatan langsung.

**3.6 PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA**

Proses pengambilan data dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan tembus pada minyak trafo tersebut sebelum dan sesudah di filter.

**3.6.1 Urutan Pengujian**

Urutan pengujian isolasi cair berdasarkan IEC 156 adalah sebagai berikut:

- A. Sampel minyak trafo bekas diuji terlebih dahulu untuk mengetahui tegangan tembusnya.
- B. Kemudian minyak trafo bekas di filter dengan menggunakan mesin filter minyak.
- C. Sebelum minyak dituang, kotak uji harus dalam keadaan bersih dan kering.
- D. Pada saat menuang minyak ke dalam kotak uji harus hati-hati agar tidak menimbulkan gelembung gas dalam minyak.
- E. Banyaknya minyak harus sedemikian rupa sehingga tingginya di atas puncak elektroda lebih dari 20 mm.
- F. Kemudian minyak dibiarkan kira-kira 10 menit untuk menghilangkan gelembung gas yang masih mungkin terjadi saat pengisian minyak ke dalam kotak uji.
- G. Selanjutnya tegangan naik otomatis secara bertahap 2 kV/detik sampai terjadi tembus listrik
- H. Setelah terjadi tembus listrik minyak diaduk dengan suatu tangkai tipis dan bersih untuk menghilangkan gelembung gas yang timbul saat terjadi tembus listrik.
- I. Setelah terjadi tembus listrik elektroda juga harus di periksa untuk meyakinkan

bahwa elektroda tidak mengalami kerusakan pada permukaannya yang diakibatkan saat terjadi tembus listrik.

- J. Selang dua menit pengujian di ulang kembali sampai dengan enam kali pengujian.
- K. Tegangan tembus dari keenam pengujian dijumlahkan untuk mendapatkan tegangan rata-rata.

**4. PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRAFU SEBELUM DAN SESUDAH DI FILTER**

**4.1 PENGUJIAN**

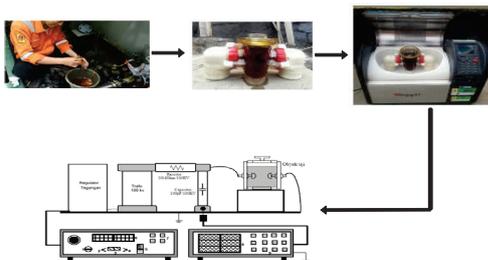
Pengujian yang telah dilakukan pada minyak trafo dengan metode uji IEC 156 dan rangkaian pengujian seperti pada gambar 2.2 Elektroda uji medan seragam yang digunakan adalah elektroda setengah bola.

Data pengujian yang didapatkan adalah sebagai berikut :

- A. Pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum di filter menggunakan elektroda setengah bola dengan suhu dan jarak sela elektroda.
- B. Pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah di filter menggunakan elektroda setengah bola dengan suhu dan jarak sela elektroda .

proses pengujian tegangan tembus minyak sebelum dan sesudah di filter,

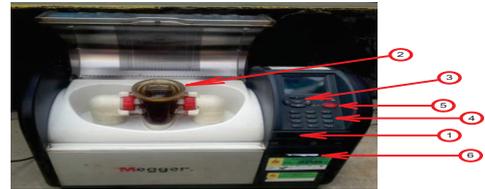
**4.2 Pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum di filter**



Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sebelum di Filter

Pada gambar 4.2 bisa dilihat langkah pengujian tegangan tembus minyak trafo dari rangkaian tersebut dari mulai pengambilan sample minyak dari valf bawah, kemudian sample di siapkan di dalam alat uji da terakhir sample minyak di uji tegangan tembusnya.

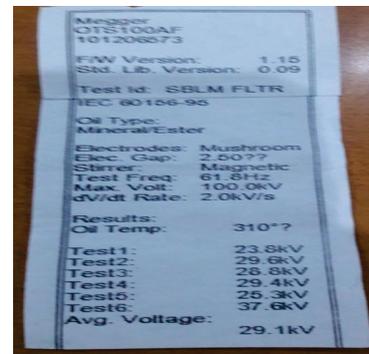
Untuk memulai pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum di filter menggunakan alat uji merk megger



Gambar 4.2 Pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum di Filter

OTS100AF dapat kita lihat langkah – langkah nya sebagai berikut :

- [1] Nyalakan alat uji dengan menekan tombol On
- [2] Siapkan sample minyak yang akan di uji pada kotak uji
- [3] Pilih edit id pada monitor dan tekan ok
- [4] Edit id sesuai dengan tempat atau waktu pengujian
- [5] Tekan tombol Test untuk memulai pengujian
- [6] Hasil pengujian sebanyak 6 kali di print untuk melihat hasil rata – rata dari 6 kali pengujian tersebut

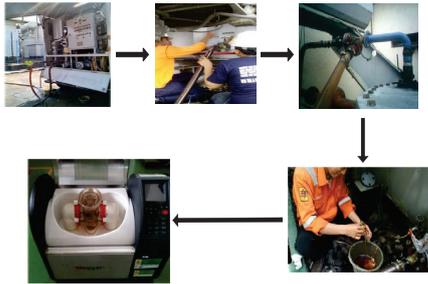


Gambar 4.3 Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum di Filter

Dari gambar 4.3 bisa dilihat hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum di filter sebanyak 6 kali dan hasil rata – rata dari pengujian tersebut.

**4.2.1 Pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah di filter**

Pada gambar 4.4 bisa dilihat sebelum pengujian tegangan tembus minyak trafo di lakukan minyak di filter terlebih dahulu dengan memasang selang pada valf bawah trafo untuk penyedot minyak dan selang



Gambar 4.4 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sesudah di Filter dipasang di valf atas atas maintank untuk mendorong minyak dari mesin filter, kemudian memulai pengambilan sample minyak adri valf bawah, sample di siapkan dalam alat uji dan terakhir sample minyak di uji tegangan tembusnya.



Gambar 4.5 Pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah di Filter

untuk memulai pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah di filter menggunakan alat uji merk megger OTS100AF dapat kita lihat langkah – langkah nya sebagai berikut :

- [1] Nyalakan alat uji dengan menekan tombol On
- [2] Siapkan sample minyak yang akan di uji pada kotak uji
- [3] Pilih edit id pada monitor dan tekan ok
- [4] Edit id sesuai dengan tempat atau waktu pengujian
- [5] Tekan tombol Test untuk memulai pengujian
- [6] Hasil pengujian sebanyak 6 kali di print untuk melihat hasil rata – rata dari 6 kali pengujian tersebut.



Gambar 4.6 Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah di Filter

### 4.3 ANALISIS

Pengujian tegangan tembus minyak trafo dilakukan dengan menerapkan 6 tahap pengujian untuk mendapatkan nilai rata-rata dari hasil pengujian sebelum dan sesudah di filter. Dari hasil pengujian yang telah didapatkan, diperoleh gambar grafik karakteristik yang menunjukkan tegangan tembus minyak transformator sebelum dan sesudah di filter.

#### 4.3.1 Analisis karakteristik tegangan tembus minyak trafo sebelum di filter

APP : APP PULOGADUNG Merk Serial : PASTI / ORF.60/275 / 96P002  
 Gardu Induk : GIS DANAYASA Phase Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2 150/20KV 60MVA Sample Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING

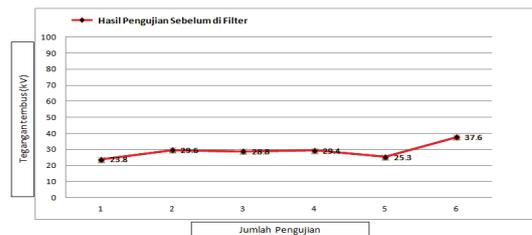
NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KESIMPULAN	REFERENSI
			NILAI	SATUAN	KONDISI MINYAK		
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	23.8	kV/2.5mm	>50	JELEK	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	29.6	kV/2.5mm	>50	JELEK	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	28.8	kV/2.5mm	>50	JELEK	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	29.4	kV/2.5mm	>50	JELEK	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	25.3	kV/2.5mm	>50	JELEK	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	37.6	kV/2.5mm	>50	JELEK	IEC 60422

Gambar 4.7 Tabel hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum di Filter

APP : APP PULOGADUNG Merk Serial : PASTI / ORF.60/275 / 96P002  
 Gardu Induk : GIS DANAYASA Phase Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2 150/20KV 60MVA Sample Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Pengujian Karakteristik Minyak Trafo Merk Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Diala B

NO	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK	KESIMPULAN	REFERENSI
		NILAI	SATUAN	BAGUS			
1	TEGANGAN TEMBUS	29.1	kV/2.5mm	>50	JELEK	IEC 60156	
2	VISKOSITAS (WARNA)	3.5	-	<3.5	3.5	SEDANG	IEC 60422

Gambar 4.8 Hasil rata – rata pengujian tegangan tembus minyak trafo dan viskositas sebelum di filter



Gambar 4.9 Grafik Tegangan tembus minyak trafo sebelum di filter

Bahwa nilai kekuatan dielektrik dari minyak trafo yang di uji sebelum di filter rata-rata berada di kisaran 29.1kV/2.5mm dengan menggunakan elektroda setengah bola. Dari hasil rata-rata pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan tembus pada minyak trafo sebelum di filter adalah JELEK.

APP : APP PILUGADUNG      Merk Serial : PASTI / ORF 60/275 / 96P0022  
 Gardu Induk : GIS DANAYASA      Phase Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2 150/20kV 60MVA      Sample Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak      Merk Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING      Type Minyak : Diala B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK			KESIMPULAN	REFERENSI
			NILAI	SATUAN	BAGUS	SEDANG	JELEK			
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	62	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422	
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	60.4	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422	
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	59.9	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422	
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	58.9	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422	
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	57.5	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422	
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	56.7	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422	

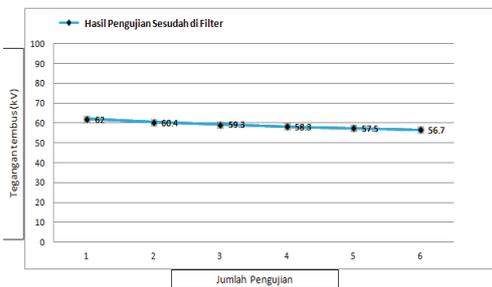
**4.3.2 Analisis karakteristik tegangan tembus minyak trafo sesudah di filter**

Gambar 4.10 Tabel hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah di filter

APP : APP PILUGADUNG      Merk Serial : PASTI / ORF 60/275 / 96P0022  
 Gardu Induk : GIS DANAYASA      Phase Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2 150/20kV 60MVA      Sample Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Pengujian Karakteristik Minyak Trafo      Merk Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING      Type Minyak : Diala B

NO	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK			KESIMPULAN	REFERENSI
		NILAI	SATUAN	BAGUS	SEDANG	JELEK			
1	TEGANGAN TEMBUS	59	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60156	
2	VISKOSITAS (WARNA)	0	-	<3.5	3.5	>3.5	BAGUS	IEC 60422	

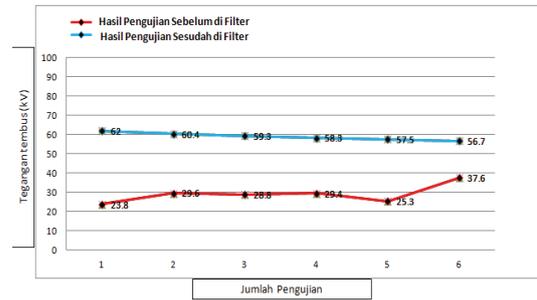
Gambar 4.11 Hasil rata – rata pengujian tegangan tembus minyak trafo dan viskositas sesudah di filter



Gambar 4.12 Grafik Tegangan tembus minyak trafo sesudah di filter

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa nilai kekuatan dielektrik dari minyak trafo yang di uji setelah di filter rata-rata berada di kisaran 59kV/2.5mm dengan menggunakan elektroda setengah bola. Dari hasil rata-rata pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan tembus pada minyak trafo sesudah di filter adalah BAGUS.

**4.3.3 Karakteristik perbandingan hasil pengujian tegangan tembus sebelum dan sesudah di Filter**



Gambar 4.13 Grafik perbandingan hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum dan sesudah di Filter

Dari gambar 4.13 dapat dilihat bahwa hasil pengujian tegangan tembusi minyak trafo sebelum dan sesudah di filter sangat berbeda, itu menunjukan bahwa proses filtering pada minyak trafo adalah salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas tahanan isolasi minyak pada trafo.

**4.3.4 Analisis Fenomena Yang Terjadi Pada Pengujian Tegangan Tembus Minyak trafo**

Jika suatu tegangan diterapkan pada elektroda yang di celup pada isolasi cair maka akan timbul medan listrik pada isolasi cair tersebut. Medan listrik ini akan memberi gaya kepada elektron-elektron agar terlepas dari ikatannya dan menjadi elektron bebas. Sehingga medan listrik ini merupakan beban yang menekan isolasi cair agar berubah sifat menjadi konduktor.

Beban yang dipikul isolasi cair disebut juga terpaan medan listrik. Setiap isolasi cair atau dielektrik mempunyai batas kekuatan untuk memikul terpaan listrik. Jika terpaan listrik yang dipikulnya melebihi batas tersebut dan terpaan berlangsung lama, maka isolasi cair akan menghantar arus atau gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolator. Dalam hal ini isolasi cair atau dielektrik mengalami tembus listrik atau “breakdown”.

Jika zat cair yang digunakan dalam pengujian ini adalah minyak trafo maka pada saat tegangan diterapkan pada dua buah elektroda yang dicelup pada minyak trafo , maka akan timbul medan listrik dalam minyak trafo tersebut. Medan listrik ini akan memberikan gaya pada elektron-elektron yang terikat pada struktur molekul minyak trafo agar terlepas dari ikatannya. Jika ikatan ini lepas maka isolasi hilang pada tempat itu dan minyak trafo akan menghantar arus (konduktor) dan minyak trafo gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolator.

Jadi sesungguhnya bagi bahan isolasi tegangan merupakan tekanan yang harus dilawan oleh suatu gaya dalam bahan isolasi itu sendiri supaya bahan isolasi tidak gagal menjalankan fungsinya sebagai isolator.

Untuk memperoleh tegangan tembus pada setiap pengujian, tegangan uji diberikan pada sistem secara bertahap dengan tingkat kenaikan yang sama per satuan waktu menggunakan peralatan pengontrol. Dengan demikian dapat diamati fenomena apa saja yang terjadi selama pelaksanaan pengujian dengan digolongkan kedalam kelompok sebagai berikut :

**A. Saat sebelum terjadi Tegangan Tembus**

Proses sebelum terjadi tembus dimulai dari menaikkan tegangan uji secara bertahap dari keadaan tegangan rendah sampai mendekati tegangan tembus. Dalam kondisi mendekati nilai tegangan tembus timbul suara mendesis, Hal ini terjadi karena adanya tekanan yang terus-menerus dan semakin besar pada minyak isolasi.

**B. Saat terjadi terjadi tegangan tembus**

Pada saat terjadi tegangan tembus terjadi lucutan diantara kedua elektroda tersebut. Lucutan dalam ini terdiri dari unsur-unsur sebagai berikut :

- Aliran listrik yang besarnya ditentukan oleh karakteristik rangkaian.
- Lintasan cahaya yang cerah yang bergerak dari satu elektroda ke elektroda lainnya.
- Pembentukan lubang pada elektroda.
- Tekanan impulsif dalam zat cair disertai suara ledakan.

**C. Saat sesudah terjadi tembus**

Dalam kondisi sesudah terjadi tegangan tembus timbul gelembung gas dan kabut hitam (arang) pada minyak isolasi. Hal ini disebabkan oleh :

- Permukaan elektroda tidak rata, sehingga terdapat kantong-kantong udara di permukaannya
- Adanya tabrakan elektron saat terjadi tegangan tembus, sehingga muncul produk-produk baru berupa gelembung gas atau arang,
- Adanya penguapan cairan karena lucutan pada bagian-bagian elektroda yang tajam dan tak teratur
- Zat cair dikenai perubahan suhu dan tekanan.

**4.3.5 Record Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Sebelum dan Sesudah di Filter 1 tahun ke belakang**

**A. Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Sebelum di Filter 1 Tahun ke belakang dengan kurun waktu 3 bulan sekali**

Tgl. Pengujian : 01 Agustus 2017  
 APP : APP PULOGADUNG Merik Serial : PASTI / ORF 60/275 / 96P0022  
 Gerdu Induk : GIS DANAYASA Phasa Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2 150/20kV 60MVA Sampel Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Merik Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Dially B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK			KESIMPULAN	REFERENSI
			NILAI	SATUAN	BAGUS	SEDANG	JELEK	BAGUS		
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	42.2	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	42	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	45	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	45.8	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	44	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	45	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
		Rata Rata - rata	45.3	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422

Gambar 4.14 Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo

Tgl. Pengujian : 01 November 2017  
 APP : APP PULOGADUNG Merik Serial : PASTI / ORF 60/275 / 96P0022  
 Gerdu Induk : GIS DANAYASA Phasa Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2 150/20kV 60MVA Sampel Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Merik Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Dially B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK			KESIMPULAN	REFERENSI
			NILAI	SATUAN	BAGUS	SEDANG	JELEK	BAGUS		
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	45	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	45.3	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	45	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	44.8	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	44	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	41	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
		Rata Rata - rata	44.18	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422

Gambar 4.15 Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sebelum di Filter

Tgl. Pengujian : 01 Februari 2018  
 APP : APP PULOGADUNG Merik Serial : PASTI / ORF 60/275 / 96P0022  
 Gerdu Induk : GIS DANAYASA Phasa Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2 150/20kV 60MVA Sampel Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Merik Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Dially B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK			KESIMPULAN	REFERENSI
			NILAI	SATUAN	BAGUS	SEDANG	JELEK	BAGUS		
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	42	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	41	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	40.1	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	39.9	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	39	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	39.2	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422
		Rata Rata - rata	40.2	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		SEDANG	IEC 60422

Gambar 4.16 Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sebelum di Filter

Tgl. Pengujian : 01 Mei 2018  
 APP : APP PULOGADUNG Merik Serial : PASTI / ORF 60/275 / 96P0022  
 Gerdu Induk : GIS DANAYASA Phasa Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2 150/20kV 60MVA Sampel Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Merik Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Dially B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK			KESIMPULAN	REFERENSI
			NILAI	SATUAN	BAGUS	SEDANG	JELEK	BAGUS		
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	39	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		JELEK	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	38	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		JELEK	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	38.5	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		JELEK	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	38.8	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		JELEK	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	39.1	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		JELEK	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	39.5	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		JELEK	IEC 60422
		Rata Rata - rata	39.98	kV/2.5mm	>50	40-50	<40		JELEK	IEC 60422

Gambar 4.17 Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sebelum di Filter

B. Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Sesudah di Filter 1 Tahun ke belakang dengan kurun waktu 3 bulan sekali

Tgl. Pengujian : 01 Agustus 2017  
 APP : APP PULOGADUNG Merk Serial : PASTI / ORF.60/275 / 96P002  
 Gardu Induk : GIS DANAYASA Phase Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2.150/20kV 60MVA Sample Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Merk Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Diala B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK	KESIMPULAN	REFERENSI	
			NILAI	SATUAN	BAGUS				SEDANG
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	77.9	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	77	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	76.5	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	76.8	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	77	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	77.1	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
		Hasil Rata - rata	77.05	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422

Gambar 4.18 Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sesudah di Filter

Tgl. Pengujian : 01 November 2017  
 APP : APP PULOGADUNG Merk Serial : PASTI / ORF.60/275 / 96P002  
 Gardu Induk : GIS DANAYASA Phase Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2.150/20kV 60MVA Sample Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Merk Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Diala B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK	KESIMPULAN	REFERENSI	
			NILAI	SATUAN	BAGUS				SEDANG
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	69	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	69.2	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	69.6	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	68	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	68.5	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	66	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
		Hasil Rata - rata	68.7	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422

Gambar 4.19 Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sesudah di Filter

Tgl. Pengujian : 01 Februari 2018  
 APP : APP PULOGADUNG Merk Serial : PASTI / ORF.60/275 / 96P002  
 Gardu Induk : GIS DANAYASA Phase Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2.150/20kV 60MVA Sample Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Merk Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Diala B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK	KESIMPULAN	REFERENSI	
			NILAI	SATUAN	BAGUS				SEDANG
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	65.2	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	64	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	64.2	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	63.8	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	63.9	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	63.6	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
		Hasil Rata - rata	64.11	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422

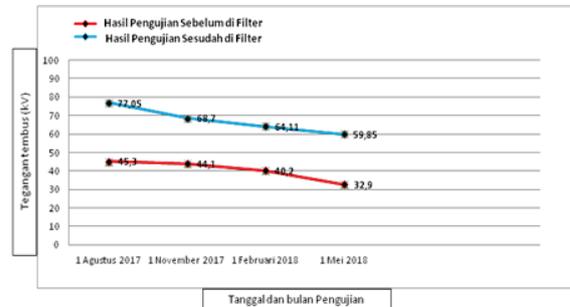
Gambar 4.20 Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sesudah di Filter

Tgl. Pengujian : 01 Mei 2018  
 APP : APP PULOGADUNG Merk Serial : PASTI / ORF.60/275 / 96P002  
 Gardu Induk : GIS DANAYASA Phase Tegangan : RST / 150  
 Trafo : Trafo-2.150/20kV 60MVA Sample Minyak : MAINTANK  
 Jenis Pengujian : Tegangan Tembus Minyak Merk Minyak : SHELL  
 Alasan Pengujian : MONITORING ONLINE FILTERING Type Minyak : Diala B

NO	TAHAP PENGUJIAN	PARAMETER	HASIL PENGUJIAN			KONDISI MINYAK	KESIMPULAN	REFERENSI	
			NILAI	SATUAN	BAGUS				SEDANG
1	Test 1	TEGANGAN TEMBUS	62.9	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
2	Test 2	TEGANGAN TEMBUS	61	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
3	Test 3	TEGANGAN TEMBUS	60.1	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
4	Test 4	TEGANGAN TEMBUS	59.5	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
5	Test 5	TEGANGAN TEMBUS	58.2	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
6	Test 6	TEGANGAN TEMBUS	57.4	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422
		Hasil Rata - rata	59.85	kV/2.5mm	>50	40-50	<40	BAGUS	IEC 60422

Gambar 4.21 Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo sesudah di Filter

C. Grafik perbandingan hasil dari pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum dan sesudah di filter 1 tahun ke belakang dengan kurun waktu 3 bulan sekali



Gambar 4.22 Grafik perbandingan hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum dan sesudah di filter 1 tahun ke belakang dengan kurun waktu 3 bulan sekali

Dari record 1 tahun kebelakang per 3 bulan sekali semua hasil pengujian sebelum dan sesudah di filter terlihat jelas penurunan nilai tegangan tembus dari minyak trafo tersebut meskipun sudah di filter 3 bulan kedepan nilai tegangan tembusnya akan menurun kembali. Rata – rata penurunan nilai tegangan tembus minyak trafo sebelum di filter yaitu 4.13kV / 3 bulan, sedangkan rata – rata penurunan nilai tegangan tembus setelah difilter yaitu 5,73kV / 3 bulan. Dapat disimpulkan bahwa lifetime untuk mempertahankan nilai tegangan tembus dari minyak trafo tersebut dengan cara filtering hanya bertahan kurang dari 1 tahun.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 simpulan

Dari hasil uji dan data tegangan tembus minyak trafo merk shell type diala B sebelum dan sesudah di filter yang telah didapatkan, muncul beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- A. Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo dalam 6 kali pengujian sebelum di filter menunjukkan nilai rata-rata tegangan tembusnya 29.1kV/2.5mm. Sedangkan pengujian tegangan tembus minyak trafo dalam 6 kali pengujian sesudah di filter menunjukkan nilai rata-rata tegangan tembusnya 59kV/2.5mm.
- B. Filtering minyak trafo sangat berpengaruh pada hasil uji tegangan tembus minyak trafo tersebut.
- C.

Dari record 1 tahun kebelakang per 3 bulan sekali semua hasil pengujian sebelum dan sesudah di filter terlihat jelas penurunan nilai tegangan

tembus dari minyak trafo tersebut meskipun sudah di filter 3 bulan kedepan nilai tegangan tembusnya akan menurun kembali. Rata – rata penurunan sebelum di filter yaitu 4.13kV / 3 bulan, sedangkan rata – rata penurunan nilai tegangan tembus setelah difilter yaitu 5,73kV / 3 bulan. Dapat disimpulkan bahwa lifetime nilai tegangan tembus minyak trafo untuk mempertahankan nilai tegangan tembus dari minyak trafo tersebut dengan cara filtering hanya bertahan kurang dari 1 tahun.

- D. Karena PLN mengutamakan pelayan kepada konsumen makaantisipasi untuk mencegah breakdown pada trafo yang digunakan maka salah satu cara mengantisipasinya yaitu dengan metode Filtering minyak trafo tersebut.

- [10] Abduh, Syamsir, Dasar Pembangkitan dan Pengukuran *Teknik Tegangan Tinggi*, Salemba Teknika, Jakarta, 2001.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Naidu, M.S., and Karamaju, V., *High Voltage Engineering*, McGraw-Hill, New Delhi, 1995.
- [2] Bonggas, L. Tobing, *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Gramedia Pustaka Utama.Jakarta.2003.
- [3] Malik, N.H., Al-Arainy, A.A, and Qureshi, M.I., *Electrical Insulation in Power Systems*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1998.
- [4] Abdel-Salam, M., Anis, H., El-Morshedy, A., Radwan, R., *High Voltage Engineering*, Marcel Dekker, Inc., New York, 2000.
- [5] Syakur, A., *Bahan Ajar Gejala Medan Tinggi*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2004.
- [6] Arismunandar A., DR., *Teknik Tegangan Tinggi*, Ghalia, Indonesia. Jakarta, 1983.
- [7] ---, IEC-156, *Insulating Liquid Determinan of Breakdown Voltage at Power Frequency Tes Method*, 1995.
- [8] Manjang, S., Utina, A., *Analisa Ketidakmurnian Minyak Trafo Terhadap Kekuatan Isolasinya Pada Berbagai Kondisi Penuaan*, Makalah seminar Nasional Ketenagalistrikan 2005 – Semarang.
- [9] Asyari, H., Jatmiko, *Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tegangan Tembus pada Media Isolasi Cair*, Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Emitor, Vol.4, No.2, September 2004.