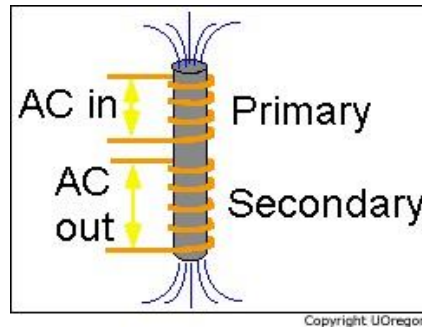


## BAB II TINJAUN PUSTAKA

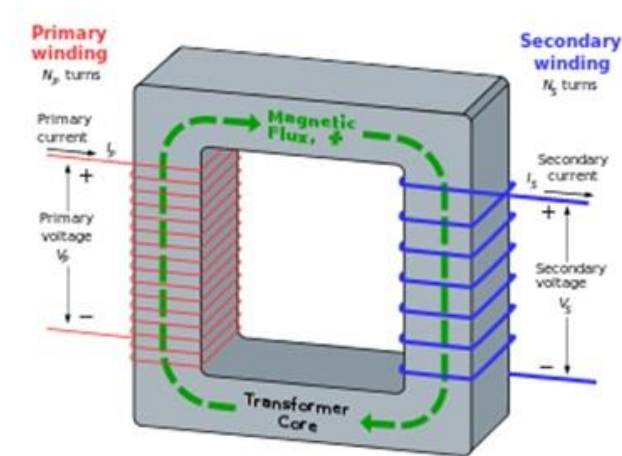
### 2.1 Transformator Tenaga



Gambar 2.1. Arus bolak balik mengelilingi inti besi

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan besaran listrik ke besaran listrik lainnya. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi faraday dan hukum lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet. Dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda potensial (gambar 2.1).

Hukum Faraday menyatakan bahwa gaya listrik yang melalui garis lengkung tertutup berbanding lurus dengan perubahan arus induksi persatuan waktu pada garis lengkung tersebut, sehingga apabila ada suatu arus yang melalui sebuah kumparan maka akan timbul medan magnet pada kumparan tersebut. Sedangkan hukum Lorentz menjelaskan bahwa arus bolak-balik (AC) yang beredar mengelilingi inti besi mengakibatkan inti besi tersebut berubah menjadi magnet, apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu lilitan maka lilitan tersebut akan memiliki perbedaan tegangan pada kedua ujung lilitannya.



Gambar 2.2. Prinsip kerja transformator

Prinsip kerja dari trafo melibatkan bagian-bagian utama pada trafo, yaitu: kumparan primer, kumparan sekunder dan inti trafo. Kumparan tersebut mengelilingi inti besi dalam bentuk lilitan. Apabila kumparan pada sisi primer trafo dihubungkan dengan suatu sumber tegangan bolak-balik sinusoidal ( $V_p$ ), maka akan mengalir arus bolak-balik yang juga sinusoidal ( $I_p$ ) pada kumparan tersebut. Arus bolak-balik ini akan menimbulkan fluks magnetik ( $\Phi$ ) yang sefasa dan juga sinusoidal di sekeliling kumparan. Akibat adanya inti trafo yang menghubungkan kumparan pada sisi primer dan kumparan pada sisi sekunder, maka fluks magnetik akan mengalir bersama pada inti trafo dari kumparan primer menuju kumparan sekunder sehingga akan membangkitkan tegangan induksi pada sisi sekunder trafo:

$$V_s = -N_s \frac{d\Phi}{dt} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$V_s$  = tegangan induksi pada sisi sekunder

$N_s$  = jumlah belitan pada sisi sekunder

$d\Phi/dt$  = perubahan fluks terhadap waktu

Dari persamaan (2.1) diketahui bahwa tegangan induksi yang terbangkitkan pada kumparan trafo berbanding lurus dengan jumlah lilitan kumparan pada inti trafo. Selain itu, tegangan induksi juga dapat terbangkitkan apabila ada perubahan fluks terhadap waktu, jika fluks yang mengalir adalah konstan maka tegangan induksi tidak dapat terbangkitkan.

## 2.2 Jenis Transformator

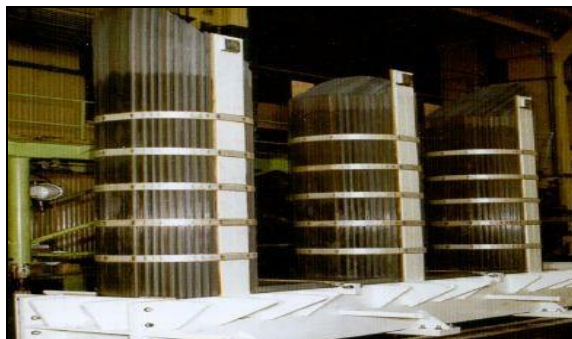
Berdasarkan fungsinya transformator tenaga dapat dibedakan menjadi:

- Transformator pembangkit
- Transformator gardu induk / penyaluran
- Transformator distribusi

## 2.3 Bagian-bagian Transformator dan Fungsinya

### 2.3.1 *Electromagnetic circuit* (inti besi)

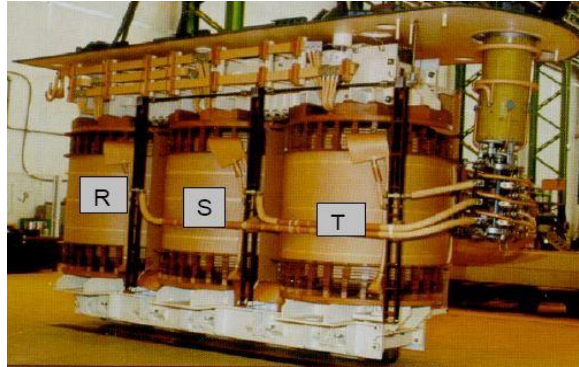
Inti besi digunakan sebagai media jalannya flux yang timbul akibat induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan – lempengan besi tipis berisolasi yang di susun sedemikian rupa.



Gambar 2.3. Inti besi

### 2.3.2 Current carrying circuit (winding)

Belitan terdiri dari batang tembaga berisolasi yang mengelilingi inti besi, dimana saat arus bolak balik mengalir pada belitan tembaga tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan flux magnetik.



Gambar 2.4. Belitan transformator 3 fasa (R-S-T)

### 2.3.3 Bushing

*Bushing* merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. *Bushing* terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor *bushing* dengan *body main tank* transformator.



Gambar 2.5. *Bushing*

Secara garis besar *bushing* dapat dibagi menjadi empat bagian utama yaitu isolasi, konduktor, klem koneksi, dan asesoris.

**a. Isolasi**

Berdasarkan media isolasi *bushing* terbagi menjadi dua (IEC 60137 tahun 2008) yaitu:

➤ *Bulshing* kondensor

▪ *Bushing* kondenser umumnya dipakai pada tegangan rating *bushing* 72,5 kV ke atas. *Bushing* kondenser terdapat tiga jenis media isolasi (IEC 60137 tahun 2008) yaitu:

▪ *Resin Bonded Paper (RBP)*

*Bushing* tipe RBP adalah teknologi *bushing* kondenser yang pertama dan sudah mulai ditinggalkan

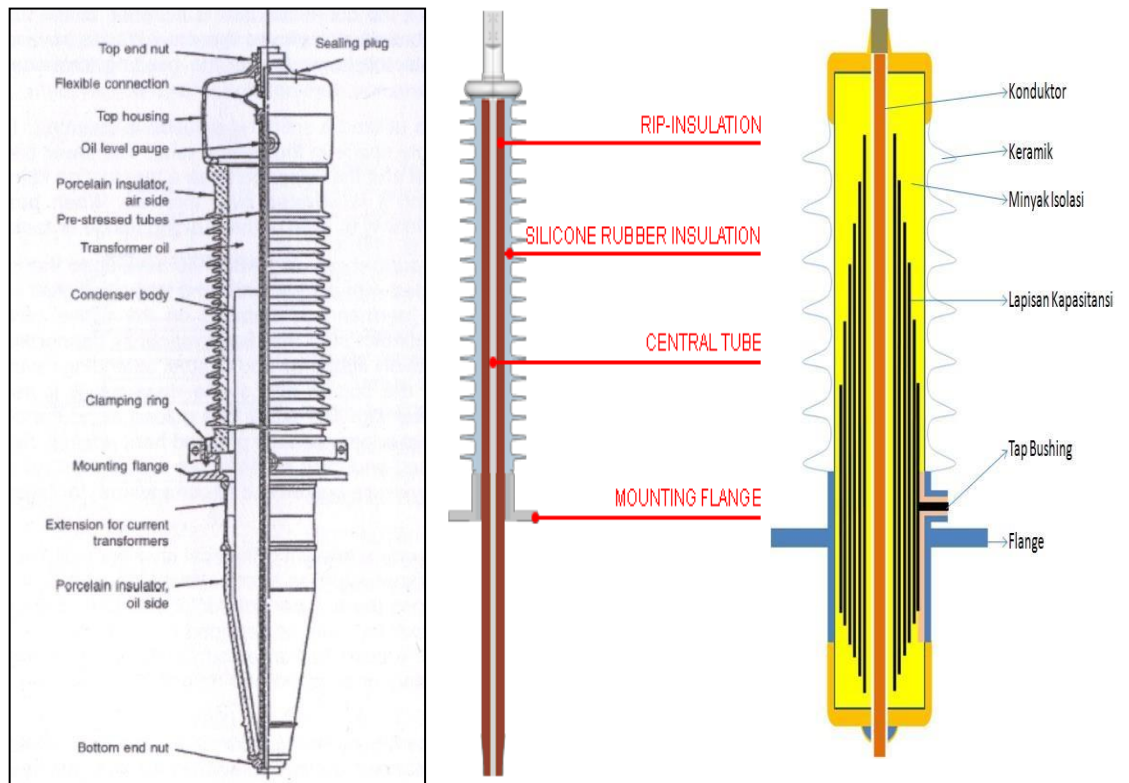
▪ *Oil Impregnated Paper (OIP)*

Pada tipe OIP isolasi yang digunakan adalah kertas dan minyak yang merendam kertas isolasi

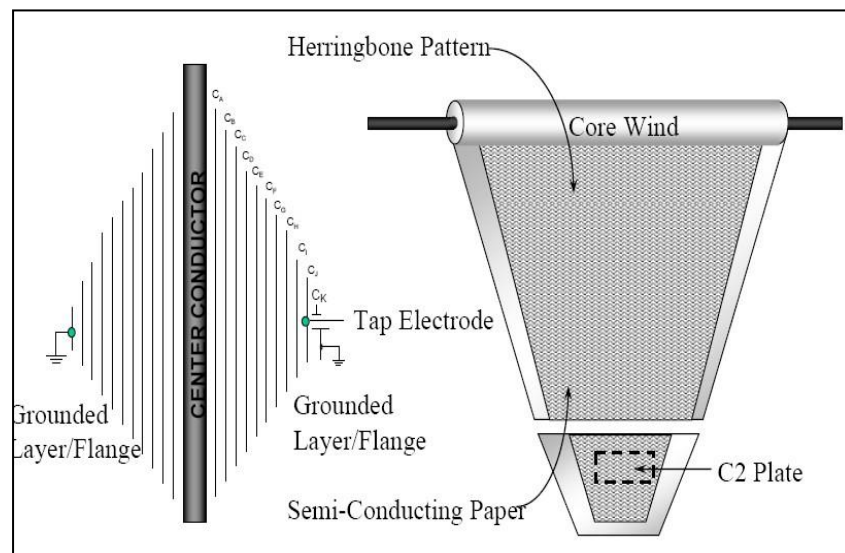
▪ *Resin Impregnated Paper (RIP)*

Pada tipe RIP isolasi yang digunakan adalah kertas isolasi dan resin.

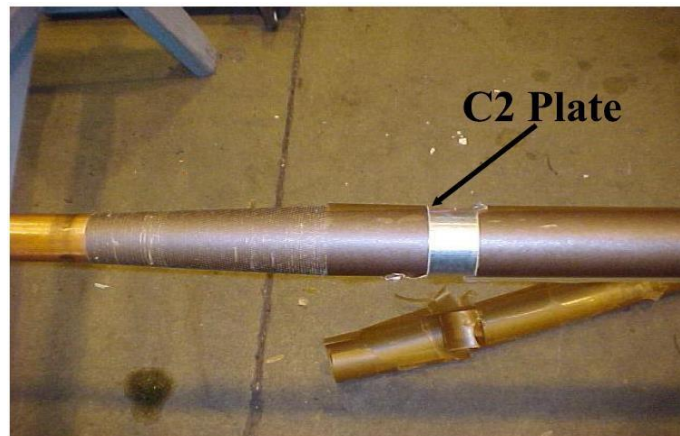
Di dalam *bushing* kondenser terdapat banyak lapisan kapasitansi yang disusun secara seri sebagai pembagi tegangan. Pada *bushing* terdapat dua kapasitansi utama yang biasa disebut C1 dan C2. C1 adalah kapasitansi antara konduktor dengan tap *bushing*, dan C2 adalah kapasitansi dari tap *bushing* ke ground (flange *bushing*). Dalam kondisi operasi tap *bushing* dihubungkan ke ground, sehingga C2 tidak ada nilainya ketika *bushing* operasi.



Gambar 2.6 Bagian-bagian dari *bushing*



Gambar 2.7 Kertas isolasi pada bushing (*oil impregnated paper bushing*)



Gambar 2.8 Konduktor *bushing* dilapisi kertas isolasi

➤ *Bulshing* non-kondensor

Bushing non kondenser umumnya digunakan pada tegangan rating 72,5 kV ke bawah. Media isolasi utama bushing non-kondenser adalah isolasi padat seperti porcelain atau keramik.

**b.** Konduktor

Terdapat jenis – jenis konduktor pada bushing yaitu *hollow conductor* dimana terdapat besi pengikat atau penegang di tengah lubang konduktor utama, konduktor pejal dan *flexiblelead*.

**c.** Klem koneksi

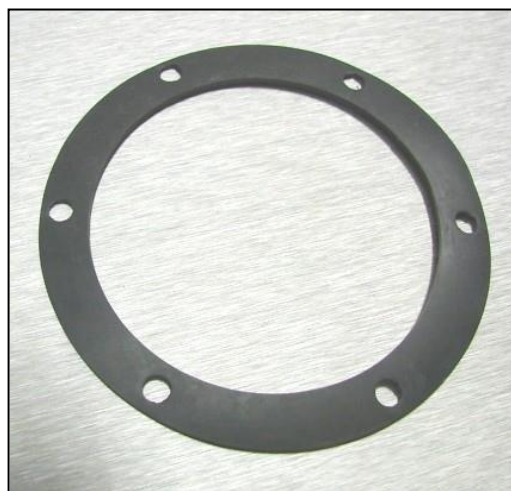
Klem koneksi merupakan sarana pengikat antara stud bushing dengan konduktor penghantar di luar bushing.

**d.** Asesoris

Asesoris bushing terdiri dari indikasi minyak, seal atau gasket dan tap pengujian. Seal atau gasket pada bushing terletak di bagian bawah mounting flange.



Gambar 2.9 Indikator level minyak *bushing*



Gambar 2.10 *Gasket/seal* antara *flangebushing* dengan bodi trafo



Gambar 2.11 Tap pengujian



### 2.3.4 Pendingin

Suhu pada transformator yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, *losses* pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada transformator. Oleh karena itu pendinginan yang efektif sangat diperlukan.

Sistem pendinginan trafo dapat dikelompokkan sebagai berikut :

#### a. ONAN (Oil Natural Air Natural)

Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak dan sirkulasi udarasecara alamiah. Sirkulasi minyak yang terjadi disebabkan olehperbedaan beratjenis antara minyak yang dingin dengan minyak yang panas.

#### b.ONAF (Oil Natural Air Force)

Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak secara alami sedangkan sirkulasi udaranya secara buatan, yaitu dengan menggunakan hembusan kipas angin yang digerakkan oleh motor listrik. Pada umumnya operasitrafo dimulai dengan ONAN atau dengan ONAF tetapi hanya sebagian kipas angin yang berputar. Apabila suhu trafo sudah semakin meningkat, maka kipas angin yang lainnya akan berputar secara bertahap.

#### c. OFAF (Oil Force Air Force)

Pada sistem ini, sirkulasi minyak digerakkan dengan menggunakan kekuatan pompa, sedangkan sirkulasi udara menggunakan kipas angin.

### 2.3.5 *Oil preservation & expansion* (konservator)

Saat terjadi kenaikan suhu operasi pada transformator, minyak isolasi akan memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volume minyak akan turun. Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat transformator mengalami kenaikan suhu.



Gambar 2.12 Konservator

Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuatan dan penyusutan minyak, volume udara didalam konservator pun akan bertambah dan berkurang. Penambahan atau pembuangan udara didalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi transformator tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar, maka udara yang akan masuk kedalam konservator akan difilter melalui *silicagel*.

Gambar 2.13 *silica gel*

### 2.3.6 Minyak isolasi transformator dan isolasi kertas



Gambar 2.14 Minyak isolasi trafo

Minyak isolasi pada transformator berfungsi sebagai media isolasi, pendingin dan pelindung belitan dari oksidasi. Minyak isolasi transformator merupakan minyak mineral yang secara umum terbagi menjadi tiga jenis, yaitu parafinik, naphthanik dan aromatik. Antara ketiga jenis minyak dasar tersebut tidak boleh dilakukan pencampuran karena memiliki sifat fisik maupun kimia yang berbeda.

### 2.3.7 Kertas isolasi transformator

Isolasi kertas berfungsi sebagai isolasi, pemberi jarak, dan memiliki kemampuan mekanis.



Gambar 2.15. Tembaga yang dilapisi kertas isolasi

### 2.3.8 Tap changer

Kestabilan tegangan dalam suatu jaringan merupakan salah satu hal yang dinilai sebagai kualitas tegangan. Transformator dituntut memiliki nilai tegangan output yang stabil sedangkan besarnya tegangan input tidak selalu sama. Dengan mengubah banyaknya belitan pada sisi primer diharapkan dapat merubah ratio antara belitan primer dan sekunder dan dengan demikian tegangan output/sekunder pun dapat disesuaikan dengan kebutuhan sistem berapapun tegangan input/primernya. Penyesuaian ratio belitan ini disebut Tap changer.

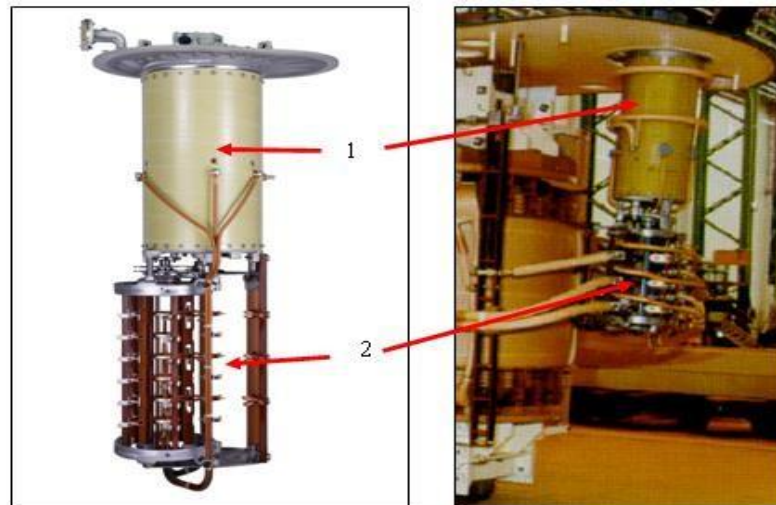
Proses perubahan ratio belitan ini dapat dilakukan pada saat trafo sedang berbeban (*On load tap changer*) atau saat trafo tidak berbeban (*Off load tap changer*).

*Tap changer* terdiri dari:

- *Selector Switch*
- *Diverter Switch*
- Tahanan transisi

Dikarenakan aktifitas tap changer lebih dinamis dibanding dengan belitan utama dan inti besi, maka kompartemen antara belitan utama dengan tap changer dipisah. *Selector switch* merupakan rangkaian mekanis yang terdiri dari terminal terminal untuk menentukan posisi tap atau ratio belitan primer.

*Diverter switch* merupakan rangkaian mekanis yang dirancang untuk melakukan kontak atau melepaskan kontak dengan kecepatan yang tinggi. Tahanan transisi merupakan tahanan sementara yang akan dilewati arus primer pada saat perubahantap.



Gambar 2.16 OLTC pada Transformator

Keterangan: 1. Kompartemen DiverterSwitch

2. SelektorSwitch

Media pendingin atau pemadam proses switching pada diverter switch yang dikenal sampai saat ini terdiri dari dua jenis, yaitu media minyak dan media vacuum. Jenis pemadaman dengan media minyak akan menghasilkan energi arcing yang membuat minyak terurai menjadi gas  $C_2H_2$  dan karbon sehingga perlu dilakukan penggantian minyak pada periode tertentu. Sedangkan dengan metoda pemadam vacuum proses pemadaman arcing pada waktu switching akan dilokalisasi dan tidak merusak minyak.

### 2.3.9 NGR (*Neutral Grounding Resistant*)

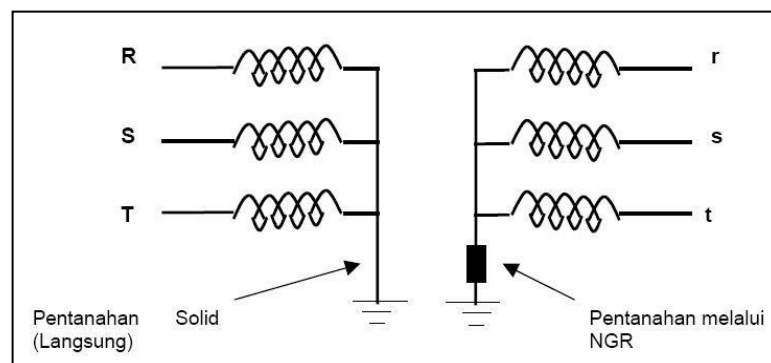
Salah satu metode pentanahan adalah dengan menggunakan NGR. NGR adalah sebuah tahanan yang dipasang serial dengan neutral sekunder pada transformator sebelum terhubung ke *ground*/tanah. Tujuan dipasangnya NGR adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi neutral ke tanah.

Ada dua jenis NGR, *Liquid* dan *Solid*

1. *Liquid* berarti resistornya menggunakan larutan air murni yang ditampung didalam bejana dan ditambahkan garam (NaCl) untuk mendapatkan nilai resistansi yang diinginkan
2. *Solid* Sedangkan NGR jenis padat terbuat dari *Stainless Steel*, *FeCrAl*, *Cast Iron*, *Copper Nickel* atau *Nichrome* yang diatur sesuai nilai tahanannya.



Gambar 2.17. *Neutral grounding resistance (NGR)*



Gambar 2.18 Pentanahan Langsung dan Pentanahan melalui NGR



## 2.4 Pedoman Pemeliharaan Transformator

### 2.4.1 *In service inspection*

*In Service inspection* adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat transformator dalam kondisi bertegangan / operasi. Tujuan dilakukannya *in service inspection* adalah untuk mendeteksi secara dini ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam transformator tanpa melakukan pemadaman.

Subsistem transformator yang dilakukan *in service inspection* adalah sebagai berikut:

- *Bushing*
- Pendingin
- Pernafasan
- Sistem kontrol dan proteksi
- OLTC
- Struktur mekanik
- Meter suhu / *temperature*
- Sistem *monitoring thermal*
- Belitan
- NGR – *Neutral grounding Resistansi*
- *Fire Protection*

### 2.4.2 *In service measurement*

*In Service Measurement* adalah kegiatan pengukuran / pengujian yang dilakukan pada saat transformator sedang dalam keadaan bertegangan / operasi (*in service*). Tujuan dilakukannya *in service measurement* adalah untuk mengetahui kondisi transformator lebih dalam tanpa melakukan pemadaman.

Adapun macam-macam pengujian yang dapat dilakukan pada *in service measurement*:

**a. *Thermovisi / thermal image***

Pada saat transformator dalam keadaan operasi, bagian transformator yang dialiri arus akan menghasilkan panas. Panas pada radiator transformator dan *maintank* yang berasal dari belitan transformator akan memiliki tipikal suhu bagian atas akan lebih panas dari bagian bawah secara gradasi. Sedangkan untuk bushing, suhu klem pada stud bushing akan lebih panas dari sekitarnya.

Suhu yang tidak normal pada trafo dapat diartikan sebagai adanya ketidaknormalan pada bagian atau lokasi tersebut. Metoda pemantauan suhu trafo secara menyeluruh untuk melihat ada tidaknya ketidaknormalan pada trafo dilakukan dengan menggunakan *thermovisi / thermal image camera*.



Gambar 2.19. Kamera thermovisi / *thermal image camera*

Lokasi-lokasi pada trafo yang dipantau dengan *thermovisi / thermal image camera* adalah sebagai berikut:

1. *Maintank*
2. Tangki OLTC
3. Radiator
4. *Bushing*
5. Klem-klem pada setiap bagian yang ada



6. Tangki konservator
7. NGR

Pada setiap pengukuran menggunakan *thermovisi / thermal image camera*, secara umum dilakukan pengukuran suhu pada tiga titik (atas, tengah, dan bawah). Pada display / tampilan alat, objek yang di monitor akan terlihat tertutupi sebuah lapisan gradasi warna atau gradasi hitam putih. Warna-warna yang muncul akan mewakili besaran suhu yang terbaca pada objek. Disamping kanan tampilan / display dilengkapi dengan batang korelasi antara warna dengan suhu sebagai referensi warna-warna yang muncul pada tampilan.

#### **b. Dissolved Gas Analysis (DGA)**

Transformator sebagai peralatan tegangan tinggi tidak lepas dari kemungkinan mengalami kondisi abnormal, dimana pemicunya dapat berasal dari internal maupun external transformator. Ketidaknormalan ini akan menimbulkan dampak terhadap kinerja transformator. Secara umum, dampak/akibat ini dapat berupa *overheat, corona dan arcing*.

Salah satu metoda untuk mengetahui ada tidaknya ketidaknormalan pada transformator adalah dengan mengetahui dampak dari ketidaknormalan transformator itu sendiri. Untuk mengetahui dampak ketidaknormalan pada transformator, digunakan metoda DGA (*Dissolved gas analysis*).

Pada saat terjadi ketidaknormalan pada transformator, minyak isolasi sebagai rantai hidrokarbon akan terurai akibat besarnya energi ketidaknormalan dan akan membentuk gas-gas hidrokarbon yang larut dalam minyak isolasi itu sendiri. Pada dasarnya DGA adalah proses untuk menghitung kadar/nilai dari gas-gas hidrokarbon yang terbentuk akibat ketidaknormalan. Dari komposisi kadar/nilai gas-gas itulah dapat diprediksi dampak-dampak ketidaknormalan apa yang ada di dalam transformator, apakah *overheat, arcing atau corona*.

Gas gas yang dideteksi dari hasil pengujian DGA adalah H<sub>2</sub> (hidrogen), CH<sub>4</sub> (Methane), N<sub>2</sub> (Nitrogen), O<sub>2</sub> (Oksigen), CO (Carbon monoksida), CO<sub>2</sub> (Carbondioksida), C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Ethylene), C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (Ethane), C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (Acetylene).

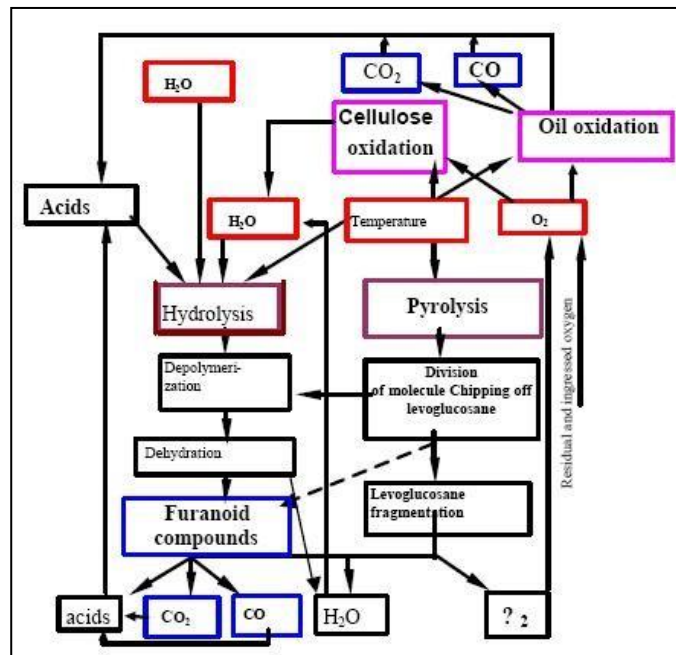


Gambar 2.20 Stopcock dan syringe glass 50 cc

Secara garis besar gas gas yang larut didalam minyak isolasi transformator akan diekstraksi/dipisahkan dari minyak isolasi itu sendiri terlebih dahulu sehingga nantinya gas tersebut dapat diuraikan dan diketahui kadarnya.

### c. Pengujian kualitas minyak isolasi (karakteristik)

Oksidasi dan kontaminan adalah hal yang dapat menurunkan kualitas minyak yang berarti dapat menurunkan kemampuannya sebagai isolasi. Oksidasi pada minyak isolasi trafo juga akan ikut andil dalam penurunan kualitas kertas isolasi trafo. Pada saat minyak isolasi mengalami oksidasi, maka minyak akan menghasilkan asam. Asam ini apabila bercampur dengan air dan suhu yang tinggi akan mengakibatkan proses hidrolisis pada isolasi kertas. Proses hidrolisis ini akan menurunkan kualitas kertas isolasi.



Gambar 2.21 Proses penurunan kualitas kertas isolasi trafo akibat oksidasi di minyak isolasi

Untuk mengetahui ada tidaknya kontaminan atau terjadi tidaknya oksidasi didalam minyak dilakukanlah pengujian *oil quality test*(karakteristik). Pengujian *oil quality test* melingkupi beberapa pengujian. Adapun jenis pengujiannya berupa:

➤ **Pengujian kadar air**

Fungsi minyak trafo sebagai media isolasi di dalam trafo dapat menurun. Salah satu penyebab turunnya tingkat isolasi minyak trafo adalah adanya kandungan air pada minyak. Oleh karena itu dilakukan pengujian kadar air untuk mengetahui seberapa besar kadar air yang terlarut / terkandung diminyak.

Metoda yang umum digunakan untuk menguji kandungan air dalam minyak adalah metoda **Karl Fischer**. Metoda ini menggunakan satu buah elektroda dan satu buah generator. Generator berfungsi menghasilkan senyawa Iodin melalui proses elektrolisis yang berfungsi sebagai titer / penetral kadar air sedangkan Elektroda berfungsi sebagai media untuk mengetahui ada tidaknya kadar air di dalam minyak melalui proses titrasi secara kolumetrik. Perhitungan berapa besar kadar air di dalam minyak dilihat dari berapa banyak iodin yang di bentuk pada reaksitersebut.



Gambar 2.22 Contoh alat uji kadar uji kadar air dalam minyak dengan metode Karl Fisher (KF)

Adapun satuan dari hasil pengujian ini adalah ppm (part per million) yang didapat dari perbandingan antara banyaknya kadar air dalam mg terhadap 1kg minyak. Pengujian ini mengacu pada standar **IEC 60814**.

#### ➤ **Pengujian tegangan tembus**

Pengujian tegangan tembus dilakukan untuk mengetahui kemampuan minyak isolasi dalam menahan stress tegangan. Minyak yang jernih dan kering akan menunjukkan nilai tegangan tembus yang tinggi. Air bebas dan partikel solid, apalagi gabungan antara keduanya dapat menurunkan tegangan tembus secara dramatis. Dengan kata lain pengujian

ini dapat menjadi indikasi keberadaan kontaminan seperti kadar air dan partikel. Rendahnya nilai tegangan tembus dapat mengindikasikan keberadaan salah satu kontaminan tersebut, dan tingginya tegangan tembus belum tentu juga mengindikasikan bebasnya minyak dari semua jenis kontaminan.

Terdapat beberapa metode pengukuran tegangan tembus pada minyak berdasarkan standar, dimana setiap metode pengujian menggunakan bentuk dan jarak antar elektroda.:

1. IEC 60156-02 Tahun 1995, dengan elektroda mushroom dengan jarak elektroda 2,5mm (yang umum digunakan di PLN).
2. ASTM D1816 - 12 (*VDE electrode*) dengan elektroda mushroom dengan jarak elektroda 1 atau 2mm.
3. ASTM D877 - 02 Tahun 2007 (*Disc-electrodes*) dengan elektroda silindris dengan jarak elektrode 2.54 mm.



Gambar 2.23 contoh alat pengujian tegangan tembus

#### ➤ Pengujian kadar asam

Minyak yang rusak akibat oksidasi akan menghasilkan senyawa asam yang akan menurunkan kualitas kertas isolasi pada transformator. Asam ini juga dapat menjadi penyebab proses korosi pada tembaga dan bagian transformator yang terbuat dari bahan metal.

Untuk mengetahui seberapa besar asam yang terkandung di minyak, dilakukan pengujian kadar asam pada minyak isolasi. Besarnya kadar asam pada minyak juga dapat dijadikan sebagai dasar apakah minyak isolasi trafo tersebut harus segera dilakukan reklamasi atau diganti.

Pada dasarnya minyak yang akan diuji dicampur dengan larutan alkohol dengan komposisi tertentu lalu campuran tersebut (bersifat asam) di titrasi (ditambahkan larutan) dengan larutan KOH (bersifat basa). Perhitungan berapa besar asam yang terkandung didalam minyak didasarkan dari berapa banyak KOH yang dilarutkan.



Gambar 2.24 contoh alat uji kadar asam

➤ **pengujian tegangan antar muka**

Pengujian **IFT** antara minyak dengan air dimaksudkan untuk mengetahui keberadaan *polar contaminant* yang larut dari hasil proses pemburukan. Karakteristik dari IFT akan mengalami penurunan nilai yang sangat drastis seiring tingginya tingkat penuaan pada minyak isolasi. IFT juga dapat mengindikasikan masalah pada minyak isolasi terhadap material isolasi lainnya. Atau terjadinya kesalahan pada saat pengisian minyak yang berdampak pada tercemarnya minyak isolasi.



Gambar 2.25 Contoh alat pengujian tegangan antar muka

➤ **Pengujian warna minyak**

Warna minyak isolasi transformator akan berubah seiring penuaan yang terjadi pada minyak dan dipengaruhi oleh material-material pengotor seperti karbon. Pengujian minyak pada dasarnya membandingkan warna minyak terpakai dengan minyak yang baru.



Gambar 2.26 Contoh alat pengujian warna minyak

➤ **Pengujian sediment**

Banyak material yang dapat mengkontaminasi minyak trafo, seperti karbon dan endapan Lumpur (*sludge*). Pengujian sediment ini bertujuan mengukur seberapa banyak (%) zat pengotor terhadap minyak isolasi trafo. Pengujian ini pada dasarnya membandingkan berat endapan yang tersaring dengan berat minyak yang diuji.

➤ **Pengujian titik nyala api**

Pengujian titik nyala api atau *flash point* dilakukan dengan menggunakan sebuah perangkat yang berfungsi memanaskan minyak secara manual ( *heater* atau kompor ). Dimana diatas cawan pemanas tersebut di letakan sumber api yang berasal dari gas. Sumber api ini berfungsi sebagai pemancing saat mulai terbakarnya minyak. Seiring dengan lamanya proses pemanasan, suhu minyak pun akan mengalami peningkatan. Pada suhu tertentu minyak akan terbakar dengan sumber api sebagai media pembakarnya. Suhu tersebut merupakan titik nyala api.



Gambar 2.27 Contoh alat pengujian titik nyala api (*flash point*)

➤ **Tangen delta minyak**

Salah satu pengujian yang dilakukan terhadap minyak isolasi adalah pengujian tangen delta. Besar kecilnya nilai tangen delta akan dipengaruhi kontaminasi polar yang terlarut di minyak, produk penuaan dan koloid. Dari hasil pengujian tangen delta dapat diketahui sejauh mana minyak isolasi mengalami penuaan / *ageing*.





Gambar 2.28 alat pengujian tangen delta minyak

#### **d. *Metal in oil***

Pengujian metal in oil digunakan sebagai pelengkap dari pengujian DGA. Saat DGA mengindikasikan kemunculan kemungkinan gangguan, pengujian *metal in oil* akan membantu menentukan jenis gangguan dan lokasinya. Biasanya partikel metal yang terkandung di sample minyak akan dibakar pada suhu tinggi untuk menghasilkan atom metal yang bersifat bebas.

#### **e. Pengujian furan**

Isolasi kertas merupakan bagian dari sistem isolasi transformator. Isolasi kertas berfungsi sebagai media dielektrik, menyediakan kekuatan mekanik dan spacing. Panas yang berlebih dan *by-product* dari oksidasi minyak dapat menurunkan kualitas minyak isolasi. Proses penurunan isolasi kertas merupakan proses depolimerisasi. Pada proses depolimerisasi isolasi kertas yang merupakan rantai hidrokarbon yang panjang akan terputus/terpotong potong dan akhirnya akan menurunkan kekuatan tensile dari isolasi kertas itu sendiri. Proses depolimerisasi akan selalu diiringi oleh terbentuknya gugus furan. Nilai furan yang terbentuk akan sebanding dengan tingkat DP (*degree of polimerization*)

Dari informasi besarnya kandungan gugus furan yang dalam hal ini hanya 2Fal (2-Furfural) yang terdeteksi, dapat diketahui estimasi atau perkiraan kondisi DP yang dialami isolasi kertas dan estimasi sisa umur daripada kertas isolasi tersebut.

#### **f. Pengujian *corrosive sulfur***

Salah satu yang dapat menurunkan kualitas isolasi kertas pada transformator adalah *corrosive sulfur* yang terkandung di dalam minyak isolasi transformator. *Corrosive sulfur* adalah senyawa sulfur yang bersifat tidak stabil terhadap suhu yang berada di minyak isolasi yang dapat menyebabkan korosi pada komponen tertentu dari transformator seperti tembaga dan perak.

Senyawa sulfur yang terkandung di dalam minyak isolasi saat bersentuhan dengan Tembaga (Cu) maka akan bereaksi dengan tembaga (Cu) dari belitan transformator tersebut. Tidak memerlukan panas dalam reaksi tersebut, namun dengan adanya peningkatan suhu maka reaksi akan lebih cepat. Reaksi ini akan menghasilkan *Copper Sulfide* yang akan terbentuk dipermukaan tembaga dan meresap kedalam lapisan isolasi kertas yang membungkus belitan transformator. Karena sifat dari *copper sulfide* adalah konduktor maka semakin banyak senyawa tersebut terbentuk maka akan semakin banyak juga penurunan kekuatan isolasi dari kertas tersebut.

#### **g. Pengujian *partial discharge***

Kegagalan pada isolasi dapat diindikasikan dengan munculnya *partial discharge*. *Partial discharge* (pelepasan parsial) adalah peristiwa pelepasan/ loncatan bunga api listrik yang terjadi pada suatu bagian isolasi (pada rongga dalam atau permukaan) sebagai akibat adanya beda potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut.

#### **h. Vibrasi dan noise**

*Noise* pada transformator dikarenakan adanya fenomena yang disebut *magnetostriction*. Arti sederhananya adalah jika sebuah lapisan baja diberi medan magnet maka akan membuat lapisan tersebut memuai, namun pada saat medan tersebut dihilangkan, maka lapisan tersebut akan kembali kepada ukuran yang sebenarnya.

### *i. Shutdown testing / measurement*

*Shutdown testing / measurement* adalah pekerjaan pengujian yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan padam. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi ketidaknormalan. Adapun pengujian yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- **Pengukuran tahanan isolasi**

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi antara belitan dengan ground atau antara dua belitan. Metoda yang umum dilakukan adalah dengan memberikan tegangan dc dan merepresentasikan kondisi isolasi dengan satuan megohm.

- **Tes Index Polarisasi**

Tujuan dari pengujian index polarisasi adalah untuk memastikan peralatan tersebut layak dioperasikan atau bahkan untuk dilakukan overvoltage test. Index polarisasi merupakan rasio tahanan isolasi saat menit ke 10 dengan menit ke 1 dengan tegangan yang konstant.

- **Pengukuran tangen delta**

Tangen delta atau sering disebut Loss Angle atau pengujian faktor disipasi adalah metoda diagnostik secara elektikal untuk mengetahui kondisi isolasi. Jika isolasi bebas dari defect, maka isolasi tersebut akan bersifat kapasitif sempurna seperti halnya sebuah isolator yang berada diantara dua elektroda pada sebuah kapasitor. Pada isolasi yang sempurna, sudut akan mendekati nol. Meningkatnya sudut mengindikasikan meningkatnya arus resistif yang melewati isolasi yang berarti kontaminasi. Semakin besar sudut semakin buruk kondisi isolasi.

### a. Pengujian tangen delta pada isolasi transformator

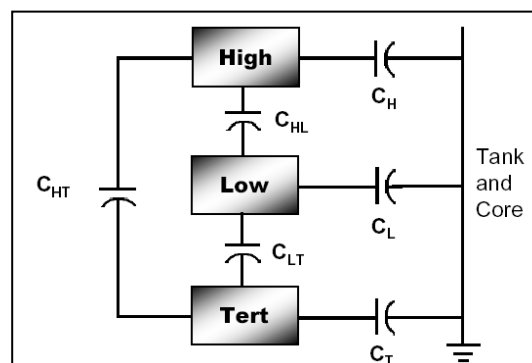
Sistem isolasi trafo secara garis besar terdiri dari isolasi antara belitan dengan ground dan isolasi antara dua belitan. Terdapat tiga metode pengujian untuk trafo di lingkungan PT PLN, yaitu metode trafo dua belitan, metode trafo tiga belitan dan metode autotrafo.

Titik pengujian trafo dua belitan yaitu:

- Primer – Ground (CH)
- Sekunder – Ground (CL)
- Primer – Sekunder (CHL)

Untuk pengujian trafo tiga belitan titik pengujiannya adalah:

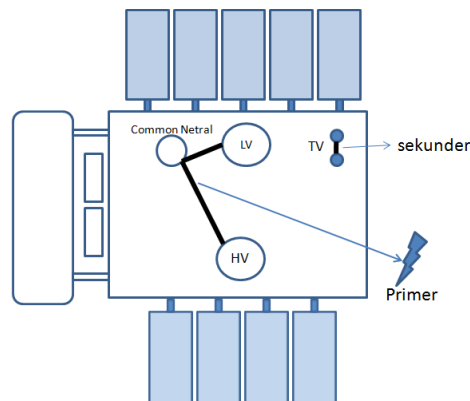
- Primer – Ground
- Sekunder – Ground
- Tertier – Ground
- Primer – Sekunder
- Sekunder – Tertier



Gambar 2.29 Rangkaian ekuivalen pengujian tangen delta

Untuk autotrafo, metode pengujian dilakukan sama dengan metode trafo dua belitan dengan perbedaan dan beberapa pertimbangan yaitu; Sisi HV dan LV pada autotrafo dirangkai menjadi satu belitan yang tidak dapat dipisahkan, sehingga bushing HV, LV dan Netral dijadikan

satu sebagai satu titik pengujian (Primer). Sisi Belitan TV dijadikan sebagai satu titik pengujian (Sekunder).



Gambar 2.30 Skema rangkaian pengujian tan delta auto trafo

#### b. Pengujian tangen delta *bulshing*

Pengujian tangen delta pada bushing bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi pada C1 (isolasi antara konduktor dengan center tap) dan C2 (isolasi antara center tap dengan Ground). Pengujian *hot collar* dilakukan untuk mengetahui kondisi keramik. *Metode hotcollar* hanya digunakan untuk pengujian lanjut atau apabila bushing tidak memiliki tap pengujian. Apabila tap pengujian rusak maka bushing segera diusulkan untuk penggantian.

- **Pengukuran SFRA (*Sweep Frequency Response Analyzer*)**

SFRA adalah suatu metode untuk mengevaluasi kesatuan struktur mekanik dari inti, belitan dan struktur *clamping* pada trafo dengan mengukur fungsi transfer elektrik terhadap sinyal bertengangan rendah dalam rentang frekuensi yang lebar. SFRA merupakan metode komparatif, yaitu evaluasi kondisi trafo dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran terbaru terhadap referensi.



Gambar 2.31 Wiring pengujian SFRA

SFRA dapat mendeteksi:

- Deformasi belitan (Axial dan Radial seperti *hoop buckling*, *tilting* dan *spiraling*)
- Pergeseran antar belitan
- *Partial Winding Collapse*
- Lilitan yang terhubung singkat atau putus
- Kegagalan pentanahan pada inti atau *screen*
- Pergerakan inti
- Kerusakan struktur clamping
- Permasalahan pada koneksi internal

#### • Ratio Tes

Tujuan dari pengujian ratio belitan pada dasarnya untuk mendiagnosa adanya masalah dalam antar belitan dan seksi – seksi sistem isolasi pada trafo. Pengujian ini akan mendeteksi adanya hubung singkat antar lilitan, putusnya lilitan, maupun ketidaknormalan pada tap changer.

Metoda pengujiannya adalah dengan memberikan tegangan variabel pada sisi HV dan melihat tegangan yang muncul pada sisi LV. Dengan

membandingkan tegangan sumber dengan tegangan yang muncul maka dapat diketahui ratio perbandingannya. Pengujian dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Transformer Turn Ratio Test*.



Gambar 2.32 salah satu alat pengujian Rasio test

- **Pengukuran tahanan DC (R<sub>dc</sub>)**

Belitan pada transformator merupakan konduktor yang dibentuk mengelilingi / melingkari inti besi sehingga pada saat diberikan tegangan ac (*Alternating current*) maka belitan tersebut akan memiliki nilai induktansi (XL) dan nilai resistif (R). Pengujian tahanan dc dimaksudkan untuk mengukur nilai resistif (R) dari belitan dan pengukuran ini hanya bisa dilakukan dengan memberikan arus dc (*direct current*) pada belitan. Oleh karena itu pengujian ini disebut pengujian tahanan dc.

Pengujian tahanan dc dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari koneksi-koneksi yang ada di belitan dan memperkirakan apabila ada kemungkinan hubung singkat atau resistansi yang tinggi pada koneksi di belitan. Alat uji yang digunakan untuk melakukan pengukuran tahanan dc adalah *micro ohmmeter* atau jembatan *wheatstone*.

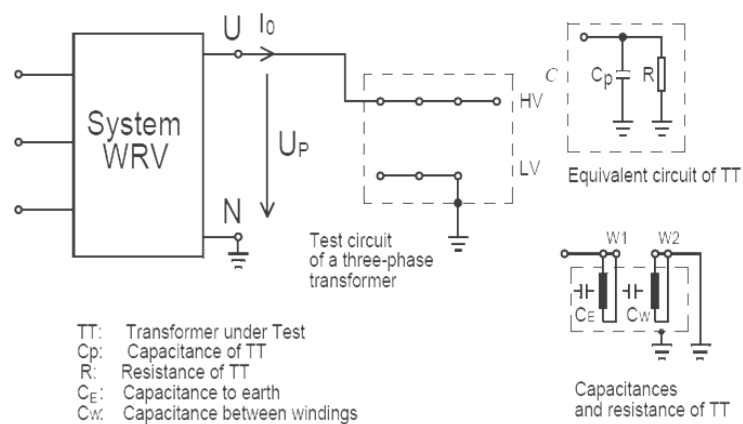


Gambar 2. 33 alat ukur *micro ohmmeter*

- **HV test**

Pengujian HV test dilakukan dengan tujuan untuk meyakinkan bahwa ketahanan isolasi trafo sanggup menahan tegangan. Isolasi yang dimaksud adalah isolasi antara bagian aktif (belitan) terhadap ground, koneksi-koneksi terhadap ground dan antara belitan satu dengan yang lainnya.

Secara umum ada dua jenis pengujian HV test, *Applied voltage test* dan *induce voltage test*. *Applied voltage test* berarti menghubungkan objek uji langsung dengan sumber tegangan uji.



Gambar 2.34 Prinsip dan rangkain pengujian *applied voltage test*



- **Pengujian OLTC**

1. **Continuity Test**

OLTC adalah bagian trafo yang berfungsi sebagai mekanisme tapping dari perubahan ratio belitan trafo. Nilai tahanan belitan primer pada saat terjadi perubahan ratio tidak boleh terbuka (*open circuit*).

2. **Dynamic resistance**

OLTC merupakan satu satunya bagian trafo yang bergerak secara mekanik. Pada umumnya OLTC dibagi menjadi dua bagian utama yaitu diverter switch dan selector switch. Untuk mengetahui ketidaknormalan kerja pada OLTC khususnya yang berkaitan dengan kontak diverter maupun selektor switch maka dilakukan pengukuran *dynamic resistance*.

3. **Pengukuran tahanan transisi dan ketebalan kontak diverter switch**

Transisi resistor berfungsi untuk meredam arus yang mengalir melalui OLTC agar pada saat perpindahan *selector switch* tidak terjadi arcing. Untuk memastikan resistor masih tersambung dan nilai tahanannya masih memenuhi syarat, harus dilakukan pengukuran tahanan transisi. Untuk menjaga kinerja kontak tetap baik pabrikan telah menentukan batasan dari ketebalan kontak tersebut.

- **Pengujian relay Bucholz**

Rele bucholz menggunakan kombinasi *limit switch* dan pelampung dalam mendeteksi ketidaknormalan di trafo. Oleh karena itu perlu dipastikan limit switch dan pelampung tersebut masih berfungsi dengan baik. Indikasi alarm yang diinformasikan dari rele ke ruang kontrol disampaikan melalui kabel kontrol. Pengujian rele bucholz juga ditujukan untuk memastikan kondisi kabel kontrol masih dalam kondisi baik sehingga mala kerja rele yang berakibat pada kesalahan informasi dapat dihindari.

Item-item pelaksanaan pemeliharaan Rele Bucholz adalah sebagai berikut:

1. Lepas terminasi kabel untuk kontak Alarm, kontak Trip, dan Common dikontrol panel dan diberi tagging supaya tidak keliru pada saat memasang kembali.
2. Pastikan kontak Alarm, kontak *Trip*, dan *Common* sudah lepas dengan mengukur tahanannya terhadap *Ground*.
3. Hubungkan probe alat uji tahanan isolasi dengan tegangan uji 500 V ke terminal kontak relai Bucholz di kontrol panel.
4. Ukur tahanan isolasi kontak (fasa-fasa) dan pilih yang terkecil nilainya dari.
  - o Alarm – Common
  - o Trip – Common
  - o Alarm – Trip
5. Ukur tahanan isolasi pengawatan (fasa-ground) dan pilih yang terkecil nilainya dari
  - o Alarm – Ground
  - o Trip – Ground
  - o Common – Ground

Hasil ujinya harus mempunyai nilai  $R > 2M\Omega$

- **Pengujian rele Jansen**

Sama halnya dengan rele bucholz, indikasi alarm dari rele jansen yang diinformasikan ke ruang kontrol disampaikan melalui kabel kontrol. Pengujian rele jansen ditujukan untuk memastikan kondisi kabel kontrol

masih dalam kondisi baik sehingga mala kerja rele yang berakibat pada kesalahan informasi dapat dihindari.

Item – item pelaksanaan pemeliharaan Rele Jansen adalah sebagai berikut:

1. Pada terminal blok, lakukan cek continuity dengan AVO meter pada terminal ukur untuk memastikan posisi dari terminal common dan kontak NO. Sebelumnya, pastikan katup penggerak pada posisi normal.
2. Ukur tahanan isolasi kontak (NO) dengan cara menghubungkan probe alat uji tahanan isolasi (tegangan uji 500 V) ke kontak NO dan Common pada terminal ukur relai jansen.
3. Mengukur tahanan isolasi terminal ukur untuk Phasa-Phasa dan Phasa-Ground.
4. Mengukur tahanan isolasi pengawatan.
5. Hasil ujinya harus mempunyai nilai sebesar  $R > 2M\Omega$



Gambar 2.35 rele jansen

- **Pengujian Sudden pressure**

Rele sudden pressure ini didesain sebagai titik terlemah saat tekanan didalam trafo muncul akibat gangguan. Dengan menyediakan titik terlemah maka tekanan akan tersalurkan melalui sudden pressure dan tidak akan merusak bagian lainnya pada maintank. Untuk menjaga kesiapan kerja rele

sudden pressure maka dilakukan pemeliharaan dengan item-item sebagai berikut:

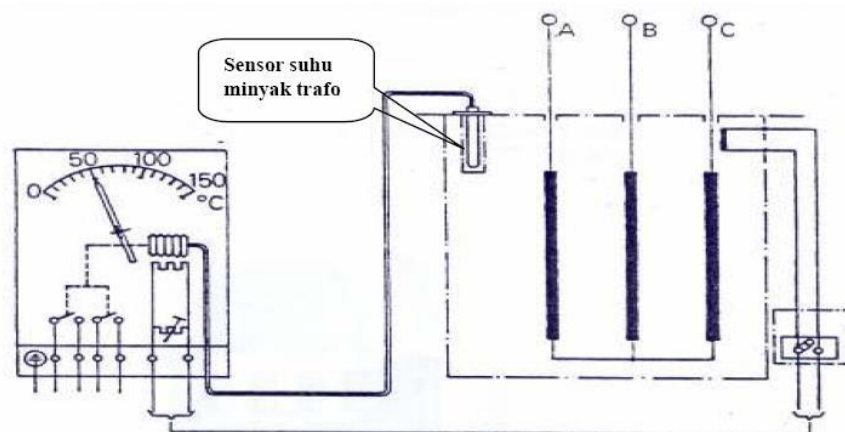
1. Membuka terminal kontak microswitch.
2. Lakukan cek kontinuity dengan AVO meter pada terminal kontak untuk memastikan posisi kontak NO.
3. Hubungkan probe alat uji tahanan isolasi dengan tegangan uji 500 V ke terminal kontak pada relai sudden pressure.
4. Mengukur tahanan isolasi kontak untuk Phasa - Phasa dan Phasa - Ground (serta tahanan isolasi pengawatan).
5. Catat hasil pengukuran pada blanko yang telah disiapkan.
6. Hasil ujinya harus mempunyai nilai sebesar  $R > 2M\Omega$



Gambar 2.36 rele *sudden pressure*

- **Kalibrasi indikator suhu**

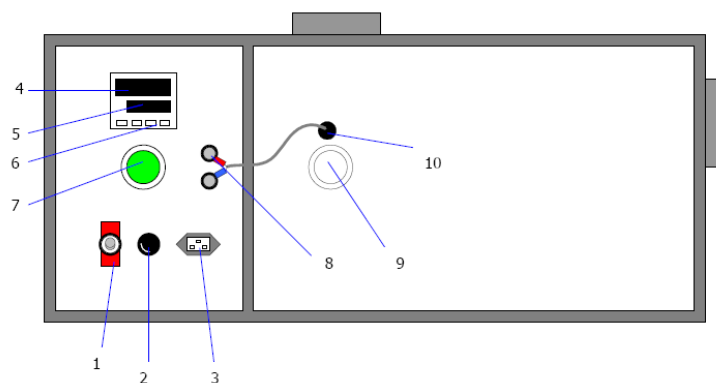
Kondisi sistem isolasi trafo akan terpengaruh dengan kondisi suhu operasi trafo. oleh karena itu sangatlah penting untuk mengetahui besaran real suhu operasi dari trafo tersebut. Indikator yang digunakan untuk mendeteksi suhu tersebut adalah dengan menggunakan thermal sensor yang disentuhkan dengan suhu minyak bagian atas. Untuk memastikan bahwa suhu yang dideteksi sensor adalah akurat maka dilakukan proses kalibrasi sensor suhu tersebut.



Gambar 2.37 Lokasi sensor suhu top oil

Proses kalibrasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan pembacaan sensor suhu tersebut dengan pembacaan thermometer standar pada saat kedua alat pembaca suhu itu di panaskan dengan suhu yang sama. Apabila terdapat deviasi atau perbedaan penunjukan maka akan dilakukan penyesuaian penunjukan pada indikator sensor suhu.

Alat yang digunakan adalah sebuah wadah / kotak yang terdiri dari sebuah *heater* yang suhunya telah diatur dengan menggunakan microprocessor sehingga dapat di tentukan sesuai kebutuhan.

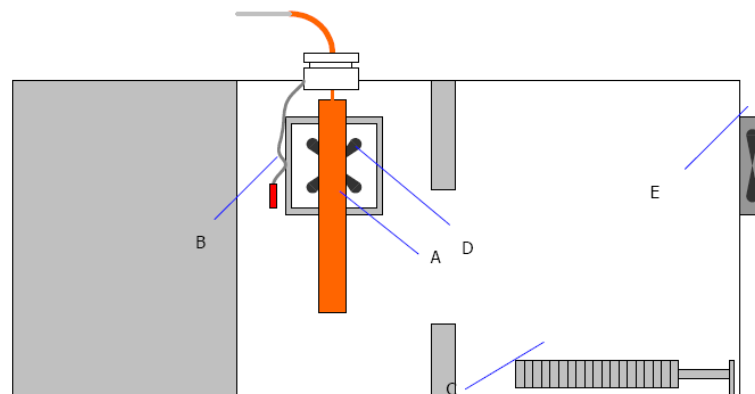


Gambar 2.38 Variable setting heater tampak atas

Dimana:

1. Saklar utama
2. Fuse

3. Terminal power supply
4. Display suhu yang terbaca
5. Display setting suhu
6. Tombol setting
7. Lampu indikasi kerja elemen
8. Terminal sensor suhu (thermocouple)
9. plug untuk sensor suhu minyak
10. Lubang bantu



Gambar 2.39 Komponen Variable *setting heater*

Dimana:

- A = Sensor suhu minyak
- B = Sensor suhu Standar (thermometer)
- C = Elemen Pemanas
- D = Kipas sirkulasi
- E = Kipas sirkulasi

- **Motor kipas pendingin**

Motor kipas pendingin merupakan salah satu mesin listrik yang didalam fungsinya menggunakan prinsip elektrodinamis. Bagian bagian yang

perlu dipelihara dalam menjaga kinerja motor tersebut adalah belitan, isolasi, terminal dan bearing.

Untuk mengetahui baik tidaknya kondisi belitan motor dilakukan pengukuran tahanan DC dari belitan tersebut dengan menggunakan Ohm meter. Untuk memastikan bahwa sambungan dari sumber tegangan ke belitan tidak terputus dilakukan pengukuran tegangan pada terminal motor.

- **Tahanan NGR**

Neutral grounding resistor berfungsi sebagai pembatas arus dalam saluran netral trafo. Agar NGR dapat berfungsi sesuai desainnya perlu dipastikan bahwa nilai tahanan dari NGR tersebut sesuai dengan spesifikasinya dan tidak mengalami kerusakan. Untuk mengukur nilai tahanan NGR dilakukan dengan menggunakan voltage slide regulator, voltmeter dan amperemeter.

Pada prinsipnya NGR akan diberikan beda tegangan pada kedua kutubnya dan dengan memanfaatkan pengukuran arus yang mengalir pada NGR dapat diketahui nilai tahanan.



Gambar 2.40 Voltage slide regulator dan kabel



Gambar 2.41 Amperemeter (tang ampere)

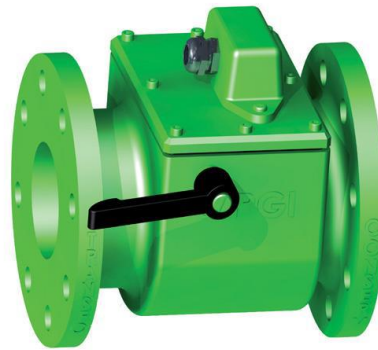
Dengan memanfaatkan rumus  $R = V / I$ , dimana R adalah tahanan, V adalah tegangan dan I adalah arus maka nilai tahanan dari NGR dapat ditentukan.

- ***Fire Protection***

Kegagalan fungsi dari sistem isolasi transformator dapat menyebabkan gangguan pada transformator itu sendiri. Kegagalan isolasi tersebut dapat berdampak pada terbakarnya transformator dikarenakan besarnya energi gangguan yang menyebabkan suhu tinggi yang melewati titik bakar sistem isolasi (minyak dan kertas). Untuk meminimalisir / mengeliminasi dampak gangguan yang berpotensi membakar transformator, dilengkapilah transformator tersebut dengan *fire protection*.

Prinsip dasar sebuah sistem *fire protection* adalah dengan menguras dan memutar minyak trafo dengan menggunakan aliran gas nitrogen ( $N_2$ ) yang bersifat tidak terbakar.



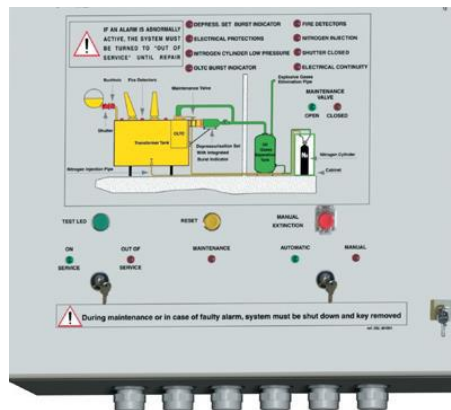
Gambar 2.42 *Shutter*

Secara garis besar sistem fire protection terdiri dari beberapa bagian yaitu shutter, detektor, control box, dan kabinet. Shutter berfungsi untuk menghentikan aliran minyak dari konservator trafo dan dipasang pada pipa penghubung antara konservator dengan tangki trafo.

Detektor berfungsi untuk mendeteksi kenaikan suhu akibat adanya kebakaran. Detektor dipasang pada plat tutup tangki trafo bagian atas (dekat bushing 150 kV)

Gambar 2.43 Contoh *detector Fire protection*

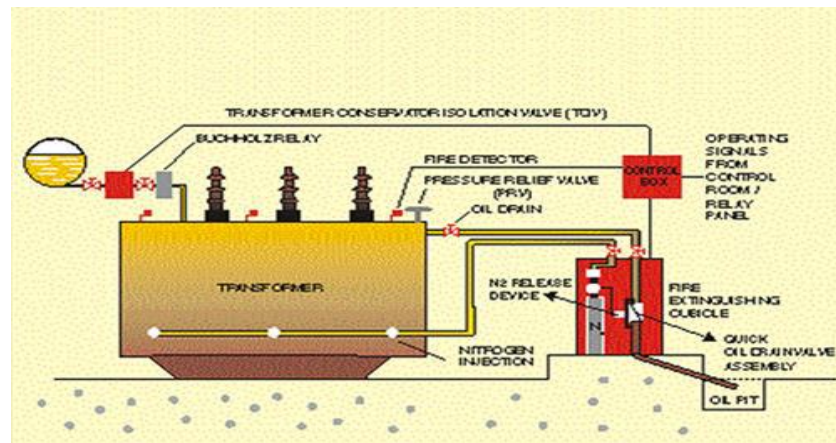
Kontrol box berfungsi untuk mengatur bekerjanya sistem pemadam kebakaran dan tempat dipasangnya lampu-lampu indikator. Kontrol box dipasang didalam ruang kontrol (Control room).

Gambar 2.44 Contoh kontrol *box fire protectio*

Kabinet Berfungsi sebagai tempat memasang peralatan sistem pemadam kebakaran seperti tabung gas nitrogen, regulator tekanan, drain valve, bandul pembuka katup 1 dan 2 pressostat, solenoid dan wiring lainnya. Kabinet ini dipasang pada sel trafo di switchyard.

Gambar 2.45 Contoh kabinet *fire protection*

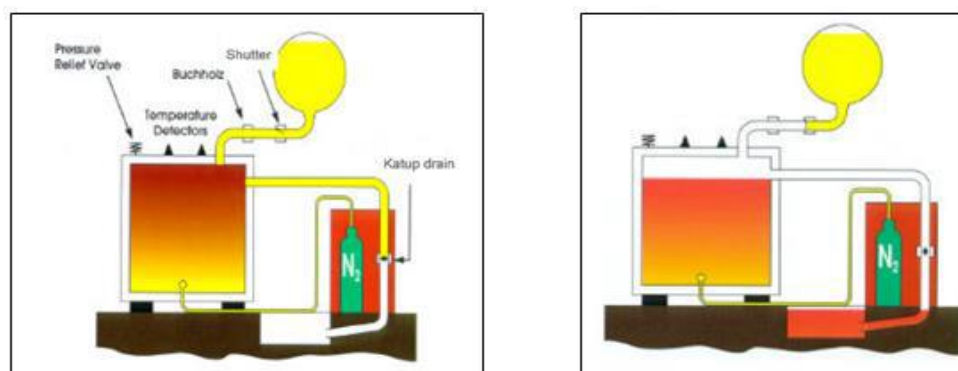
Proses pembukaan valve – valve pada sistem fire protection saat melakukan pengamanan trafo dari kemungkinan kebakaran dilakukan secara mekanis dan elektrik.



Gambar 2.46 rangkaian umum system fire proteksi

Proses pengamanan trafo dari kemungkinan terbakar adalah sebagai berikut:

1. Pada saat terjadi kebakaran didalam tangki trafo maka lapisan minyak yang mencapai titik nyala adalah lapisan yang paling atas.
2. Seketika itu pula sistem pemadam kebakaran bekerja, mentriapkan PMT dan dan membuka katup drain untuk membuang sebagian minyak. Pada saat ini aliran minyak pada konservator akan mengalir lebih deras sehingga mengaktifkan “shutter” dan menghentikan aliran dari konservator tersebut.



(a)

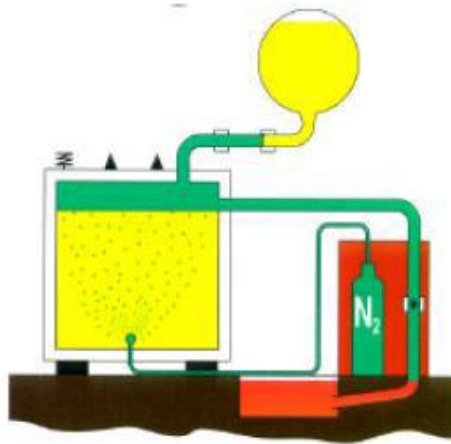
(b)

(a) bagian-bagian fire protection

(b) langkah pertama dari proses pengamanan oleh fire protection

Gambar 2.47 Fire Protection

3. Pada saat itu juga gas nitrogen dialirkan melalui Nozle didasar tangki trafo dengan gerakan memutar mengaduk seluruh isi minyak trafo. Gerakan ini dimaksudkan agar suhu seluruh minyak trafo turun dibawah titik nyalanya. Pada akhirnya seluruh permukaan minyak trafo tertutup oleh gas nitrogen yang masih mengalir Hal yang harus dilakukan dalam rangka memastikan kesiapan kerja fire protection ini adalah dengan mengukur tekanan N<sub>2</sub>.



Gambar 2.48 Proses pengamanan *Fire Protection* (masuknya N<sub>2</sub>)

## 2.5 *Shutdown Function Check*

*Shutdown function check* adalah pekerjaan yang bertujuan menguji fungsi dari rele – rele proteksi maupun indikator yang ada pada transformator. Item – item yang harus di check pada saat inspeksi dan pengujian fungsi adalah sbb :

### 2.5.1 Rele bucholz

Pemeliharaan pada rele bucholz dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ada tidaknya kebocoran dan kenormalan dari fungsi pada rele tersebut. Parameter pengukuran dan pengujian fungsi rele bucholz adalah sebagai berikut :

- Uji mekanik, dengan menekan tombol test setelah covernya dilepas

- Uji pneumatik, dengan memompakan udara pada valve test sampai udara mengisi ruang bucholz dan merubah posisi bola pelampung. Buanglah udara setelah pengujian melalui sarana venting.

### 2.5.2 Rele jansen

Pelaksanaan uji fungsi rele jansen adalah sebagai berikut:

- Hubungkan kembali kabel yang telah dilepas pada terminal ukur (sesuai tanda yang diberikan). Pastikan koneksi sudah benar.
- Kerjakan relai jansen dengan mendorong katup penggerak relai Jansen atau menekan tombol tes/control.
- Pantau kondisi indikator trip.
- Untuk me-reset, tekan tombol reset pada relai Jansen kemudian reset di kontrol panel.



Gambar 2.49 Bagian dalam rele jansen

### 2.5.3 Rele *sudden pressure*

- ✓ Hubungkan kabel kontrol ke terminal kontak relai *sudden pressure*
- ✓ Kerjakan relai *sudden pressure* (dengan menekan tuas relai *sudden pressure* ke posisi trip)

- ✓ Amati indikasi trip pada Marshaling Kios atau Kontrol Panel
- ✓ Catat hasil penunjukan indikator pada blanko yang telah disiapkan
- ✓ Untuk me-reset, harus dilakukan pada relai terlebih dahulu baru reset di kontrol panel



Gambar 2.50 tuas rele *sudden pressure*

#### 2.5.4 Rele *thermal*

Tinggi rendahnya suhu yang terjadi pada trafo sangat berpengaruh terhadap usia trafo. Suhu operasi yang terlalu tinggi/melebihi batasan yang ditentukan, akan berakibat menurunnya nilai tahanan isolasi baik isolasi kertas maupun isolasi minyak. Untuk menjaga agar kenaikan suhu tidak melampaui batas yang ditentukan, maka pada trafo dipasang termometer untuk memantau suhu operasi trafo dan rele *thermal* yang berfungsi mengamankan trafo dari adanya suhu yang melampaui batas.

Pada umumnya rele *thermal* terpasang menjadi satu dengan thermometer suhu yang dilengkapi dengan kontak – kontak untuk fungsi alarm dan fungsi trip. Karena perannya yang sangat penting, maka pemeliharaan terhadap termometer dan rele *thermal* harus dilakukan secara periodik.

Pengujian fungsi tes rele *thermis* hanya dapat dilakukan dengan cara simulasi kontak dengan cara menghubungkan singkat kontak yang ada pada rele *thermis* untuk indikasi alarm dan trip (PMT sisi primer dan sekunder), jika tidak trip maka harus diperbaiki terlebih dahulu sebelum dioperasikan.

### **2.5.5 Oil level**

Pengujian fungsi tes *oil level* konservator hanya dapat dilakukan dengan cara simulasi kontak dengan menghubungkan singkat kontak yang ada pada *oil level* konservator untuk indikasi alarm *low oil level* dan *high oil level*, jika alarm tidak menyala maka harus diperbaiki terlebih dahulu sebelum dioperasikan.

## **2.6 Treatment**

*Treatment* merupakan tindakan korektif yang dilakukan berdasarkan hasil *in service inspection*, *in service measurement*, *shutdown measurement* dan *shutdown function check*.

### **2.6.1 Purification / filter**

Proses *purification / filter* ini dilakukan apabila berdasarkan hasil kualitas minyak diketahui bahwa pengujian kadar air dan tegangan tembus berada pada kondisi buruk.

### **2.6.2 Reklamasi**

Hampir sama dengan proses *purification / filter*, proses reklamasi dilengkapi dengan melewati minyak pada *fuller earth* yang berfungsi untuk menyerap asam dan produk-produk oksidasi pada minyak. Reklamasi dilakukan apabila berdasarkan hasil kualitas minyak diketahui bahwa pengujian kadar asam berada pada kondisi buruk.

### 2.6.3 Ganti minyak

Penggantian minyak dilakukan berdasarkan rekomendasi hasil pengujian kualitas minyak dan diperhitungkan secara ekonomis.

### 2.6.4 *Cleaning*

Merupakan pekerjaan untuk membersihkan bagian peralatan / komponen yang kotor. Kotornya permukaan peralatan listrik khususnya pada instalasi tegangan tinggi dapat mengakibatkan terjadinya *flash over* pada saat operasi atau mengganggu konektivitas pada saat pengukuran. Adapun alat kerja yang dipakai adalah majun, lap, acetone, deterjen, sekapan hijau, vacuum cleaner, minyak isolasi trafo.



Gambar 2.51 Proses pembersihan (*Cleaning*) NGR

### 2.6.5 *Tightening*

Vibrasi yang muncul pada transformator dapat mengakibatkan kendornya baut-baut pengikat. Pemeriksaan secara periodik perlu dilakukan terhadap baut-baut pengikat. Peralatan kerja yang diperlukan dalam melakukan pekerjaan ini adalah kunci-kunci. Pelaksanaan *tightening* atau pengencangan harus dilakukan dengan menggunakan kunci momen dengan nilai yang sesuai dengan spesifikasi peralatan.





### 2.6.6 *Replacing parts*

Merupakan tindakan korektif yang dilakukan untuk mengganti komponen transformer akibat kegagalan fungsi ataupun berdasarkan rekomendasi pabrikan.

### 2.6.7 *Greasing*

Akibat proses gesekan dan suhu, grease-grease yang berada pada peralatan dapat kehilangan fungsinya. Untuk mengembalikan fungsinya dilakukan penggantian grease / *greasing*. Penggantian grease harus sesuai dengan spesifikasi grease yang direkomendasikan pabrikan. Adapaun jenis jenis grease berdasarkan jenisnya adalah sebagai berikut :

- *Ceramic / glass cleaner grease* adalah grease yang digunakan untuk membersihkan isolator yang berbahan dasar keramik atau kaca.
- *Roller bearing grease (Spray type)* adalah grease yang digunakan pada kipas trafo dan sambungan tuas penggerak OLTC
- *Electrical jointing compound / contact grease* adalah grease yang digunakan pada terminal *grounding* dan *bushing*.

Minyak pelumas SAE 40 adalah pelumas yang digunakan pada gardan penggerak OLTC.