

LAPORAN AKHIR
PENGUJIAN RUGI TEGANGAN DARI PEMBANGKIT
KE KONSUMEN



Oleh:

Alby Candra Lonteng

13 021 002

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI
DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

2016

LEMBAR PENGESAHAN
RUGI TEGANGAN PADA JARINGAN MENENGAH DAN RENDAH

Oleh:

Alby Candra Lonteng

NIM : 13 021 002

Laporan akhir ini telah di terima dan di sahkan sebagai persyaratan

Menyelesaikan Pendidikan Diploma III Teknik Elektro

Program Study Teknik Listrik

Politeknik Negeri Manado

Manado, 2016

Menyetujui :

Ketua Panitia Laporan Akhir

Dosen Pembimbing

Ir.Djankung Sardjono,MT

Djemmy Lahinta,ST

NIP:195907221990031001

NIP:196201131988031001

KetuaJurusanTeknikElektro

Ir, Jusuf Luther Mapadang, MT

NIP : 196106011990031002

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam masa persaingan yang sedemikian ketatnya sekarang ini, menyadari sumber daya manusia merupakan modal utama dalam suatu usaha, maka kualitas tenaga kerja harus dikembangkan dengan baik. Jadi perusahaan atau instansi diharapkan memberikan kesempatan pada mahasiswa/i untuk lebih mengenal dunia kerja dengan cara menerima mahasiswa/i yang ingin mengadakan kegiatan praktek kerja lapangan. Praktek kerja lapangan adalah penerapan seorang mahasiswa/I pada dunia kerja nyata yang sesungguhnya, yang bertujuan untuk mengembangkan keterampilan dan etika kerja, serta untuk mendapatkan kesempatan dalam menerapkan ilmu pengetahuan dan keterampilan yang ada kaitanya dengan kurikulum pendidikan.

Untuk itu sebagaimana dengan kegiatan praktek kerja lapangan penulis selaku mahasiswa dari Politeknik Negeri Manado ditempatkan di PT. PLN (Persero) sub Rayon Amurang. Dengan adanya praktek kerja lapangan ini penulis mencari tahu masalah yang di hadapi di PT. PLN (Persero) sub Rayon Amurang dari beberapa masalah yang ada penulis mendapati tentang adanya rugi-rugi tegangan dalam proses penyaluran.

Berdasarkan hal di atas penulis mengangkat judul “PENGUJIAN RUGI TEGANGAN DARI PEMBANGKIT SAMPAI KE KONSUMEN”. Adapun alasan mengangkat judul tersebut karena penulis tertarik tentang gejala yang mengakibatkan terjadinya losis sampai pembentukan laporan. Hal ini mendorong penulis untuk memilih judul tersebut.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam Laporan Akhir ini adalah :

1. Apa yang menyebabkan terjadinya rugi-rugi tegangan
2. Timbulnya gejala yang mengakibatkan terjadinya rugi-rugi tegangan.

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam pembahasan dan penulisan Laporan Akhir ini, penulis membatasi permasalahan seputar penyaluran system distribusi dan alat-alat pada system penyaluran distribusi.

1.4 TUJUAN PENULISAN

Yang menjadi tujuan dalam penulisan Laporan Akhir ini, yaitu untuk lebih mengetahui tentang system bagaimana cara mengurangi kerugian pada system penyaluran daya. Secara terperinci tujuan yang hendak dicapai dalam pembahasan ini adalah :

1. Untuk mengetahui penyebab kerugian pada system penyaluran distribusi.
2. Untuk mengetahui cara mengatasi permasalahan pada system penyaluran distribusi.

1.5 MANFAAT PENULISAN

Laporan Akhir ini diharapkan bermanfaat untuk :

1. Bagi penulis sendiri untuk menambah pengetahuan dan pengalaman
2. Bahan ajar untuk mahasiswa yang ingin membahas hal yang sama

3. Dapat digunakan sebagai dasar dalam mengambil tindakan untuk melakukan penanganan dalam menghadapi kasus – kasus kerugian daya pada system penyaluran PT PLN (Persero) sub rayon Dapalan
4. Dapat mengidentifikasi gangguan lebih awal, sehingga dapat melakukantindakan pencegahan kerusakan pada alat – alat penyaluran distribusi

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Laporan Akhir ini ditujukan untuk memeparkan hasil pengamatan kerugian daya serta cara penanganannya. Untuk mempermudah pembahasan , maka penulis menyusun laoparan akhir ini dalam beberapa bab, baik masing-masing mempunyai hubungan saling terkait dengan bab lain, Bab yang terkandung dalam bab ini adalah sebagai berukut :

isolator saluran distribusi, konduktor, Travo

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. GEJALA UMUM

Dengan semakin besarnya energy listrik yang diselurkan melalui kawat distribusi, maka semakin tinggi pula kerugiannya, namun hal ini dapat diminimalkan dengan menaikkan tegangan dari kawat tersebut. Akan tetapi dengan menaikkan tegangan kerja distribusi, akan pula timbul factor-faktor lain yang dahulunya belum kelihatan dan masih diabaikan adapun factor-faktor itu diantaranya :

1. Dengan semakin tingginya tegangan maka timbul persoalan mengenai isolasi kawat, bentuk tiang dan cara pengoperasiannya yang berbeda
2. Timbulnya masalah isolasi pada alat-alat yang menyebabkan perubahan Kontruksi sehingga perlu penyelidikan lebih lanjut mengenai bahan-bahan isolasi.

2.2. Mekanisme Terjadinya Losis

Terjadinya jatuh tegangan pada saluran disuatu lokasi adalah disebabkan oleh bagian yang berbeda tegangan didalam suatu sistem daya tersebut dan juga dipengaruhi oleh resistansi, reaktansi, dan impedansi pada saluran. Jatuh tegangan pada saluran adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik

2.3. Beberapa Alat yang di gunakan dalam proses Penyaluran

2.3.1. Isolator

Pada system penyaluran daya listrik dari pembangkit listrik ke konsumen, perlu digunakan tegangan tinggi untuk mengurangi rugi-rugi daya disepanjang saluran. Pada saluran transmisi dan distribusi, masalah isolasi harus lebih

diperhat ikan karena tegangan yang digunakan cukup tinggi. Isolator yang sering digunakan pada menara transmisi adalah isolator rantai yang terdiri dari beberapa isolator piring yang diserikan. Pada jaringan distribusi, isolator piring juga banyak digunakan. Karena terpasang di ruang terbuka, permukaan isolator akan dilapisi polutan-polutan yang dapat mengurangi kemampuan isolator tersebut. Polutan ini juga dipengaruhi oleh kondisi udara sekitar seperti kelembaban dan hujan yang membuat polutan menjadi basah.

2.3.2. Bahan – bahan isolator Jarinngan

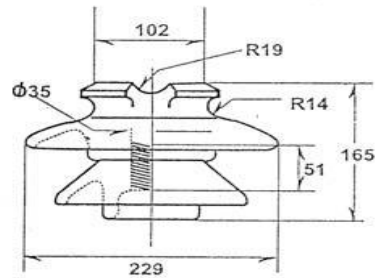
Bahan-bahan yang baik untuk isolator adalah bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik. Walaupun ada yang sanggup menghantarkan arus listrik tetapi relatif sangat kecil, sehingga bisa diabaikan terhadap maksud penggunaan atau pemakaiannya. Pemakaian bahan isolasi ini diharapkan seekonomis mungkin tanpa mengurangi kemampuannya sebagai isolator. Sebab makin berat dan besar ukuran isolator tersebut akan mempengaruhi beban penyangga pada sebuah tiang listrik.

Bahan-bahan isolasi yang dipakai untuk isolator jaringan kebanyakan terbuat dari bahan padat, seperti bahan porselin, gelas, mika, ebonit, keramik, parafin, kuarts, dan veld spaat. Persyaratan bahan isolator adalah :

1. bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik.
2. bahan isolasi yang ekonomis, tanpa mengurangi kemampuannya sebagai isolator. Sebab makin berat dan besar ukuran isolator tersebut akan mempengaruhi beban penyangga pada sebuah tiang listrik.
3. bahan yang terbuat dari bahan padat, seperti : porselin, gelas, mika, ebonit, keramik, parafin, kuarts, dan veld spaat.

1. Isolator Jenis Pasak (*pin type insulator*).

Isolator jenis pasak (*pin type insulator*), digunakan pada tiangtiang lurus (*tangent pole*) dan tiang sudur (*angle pole*) untuk sudut 5° sampai 30° . Banyak terbuat dari bahan porselin maupun bahan gelas yang dibentuk dalam bentuk kepingan dan bagian bawahnya diberi suatu pasak (*pin*) yang terbuat dari bahan besi atau baja tempaan. Tiap kepingan diikat oleh suatu bahan semen yang berkualitas baik. Bentuk kepingan dibuat mengembang ke bawah seperti payung, untuk menghindarkan air hujan yang menimpa permukaan kepingan secara mudah. Banyaknya kepingan tergantung pada kekuatan elektris bahan kepingan. Biasanya jumlah kepingan ini maksimum lima buah. Isolator pasak yang mempunyai satu keping, biasanya digunakan untuk jaringan distribusi sekunder pada tegangan 6 kV ke bawah yang terbuat dari bahan gelas atau porselin. Untuk jaringan distribusi primer biasanya terdiri dari dua keping yang terbuat dari bahan porselin. Isolator jenis pasak ini banyak digunakan pada tiang-tiang lurus (*tangent pole*) dengan kekuatan tarikan sudut (*angle tensile strenght*) hingga 10° . Kawat penghantar jaringan diletakkan di bagian atas untuk posisi jaringan lurus, sedangkan untuk jaringan dengan sudut di bawah 10° kawat penghantarnya diikat pada bagian samping agar dapat memikul tarikan kawat.



Gambar 1. Isolator jenis Pasak

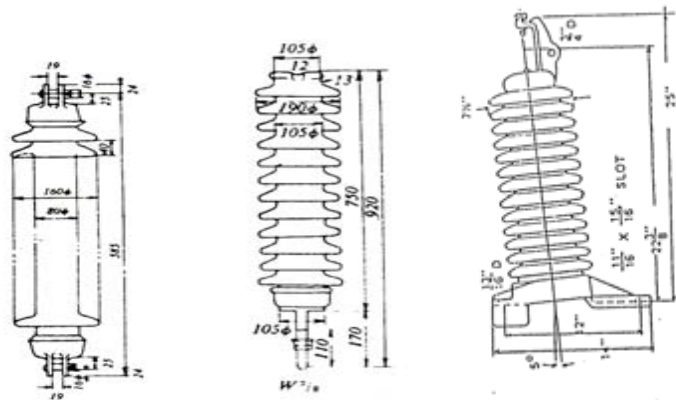
Kekuatan tarik isolator jenis pasak ini lebih rendah bila dibandingkan dengan isolator jenis gantung, karena kekuatan isolator jenis pasak ini ditentukan oleh kekuatan pasaknya terhadap gaya tarikan kawat penghantar. Pemasangan isolator jenis pasak ini direncanakan pada puncak tiang maupun pada palang kayu (*cross-arm*) yang disekrupkan pada isolator tersebut. Pemasangan isolator jenis pasak pada tiang kayu saluran satu fasa yang memiliki sudut : 0° sampai 5° , dan sudut 5° sampai 30° , serta untuk saluran tiga fasa dengan sudut 0° sampai 5° , dan untuk sudut 5° sampai 30° . Isolator jenis pasak banyak digunakan karena :

- a. lebih banyak jaringan dibuat lurus
- b. sudut saluran dibuat kurang dari 15°
- c. isolator jenis gantung lebih mahal dari isolator jenis pasak
- d. konstruksi tiang dibuat dengan *cross-arm* (*travers*) lebih menonjolkan ke laur sudut.

2. Isolator Jenis Pos (*post type insulator*).

Isolator jenis pos (*post type insulator*) , digunakan pada tiangtiang lurus (*tangent pole*) dan tiang sudur (*angle pole*) untuk sudut 5° sampai 15° . Dibandingkan dengan isolator jenis pasak, isolator jenis pos ini lebih sederhana perencanaannya. Diameternya lebih kecil dan tak menggunakan kepingan-

kepingan seperti isolator jenis pasak. Terdapat lekukan-lekukan pada permukaannya untuk mengurangi makin banyak lekukan-lekukan tersebut. Isolator jenis pos ini bagian atasnya diberi tutup (*cap*) dan bagian bawah diberi pasak yang terbuat dari bahan besi atau baja tempaan. Bahan yang digunakan untuk isolator jenis pos ini terbuat dari bahan porselin basah yang murah harganya



Gambar 2..Isolator jenis Pos

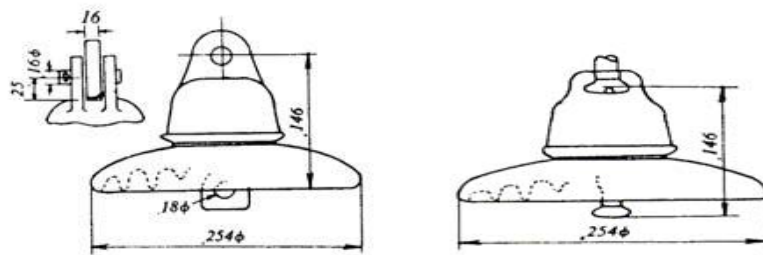
Kekuatan mekanis isolator jenis pos ini lebih tinggi dibandingkan isolator jenis pasak dan penggunaannya hanya pada jaringan distribusi primer untuk tiang lurus (*tangent pole*) pada sudut 5° sampai 15° . Isolator jenis pos yang digunakan untuk jaringan distribusi 20 kV, memiliki tegangan tembus sebesar 35 kV dengan kekuatan tarik (*tensile strenght*) sebesar 5000 pon.

3. Isolator Jenis Gantung (*suspension type insulator*).

Isolator jenis gantung (*suspension type insulator*), digunakan pada tiang-tiang sudut (*angle pole*) untuk sudut 30° sampai 90° , tiang belokan tajam, dan tiang ujung (*deadend pole*). Isolator jenis clevis lebih banyak digunakan karena

lebih kokoh dan kuat dalam penggandengannya, serta tidak ada kemungkinan lepas dari gandengannya, karena pada ujungnya digunakan mur baut untuk mengikatnya. Isolator gantung (*suspension insulator*) terdiri dari sebuah piringan yang terbuat dari bahan porselin, dengan tutup (*cap*) dari bahan besi tempaan (*malleable iron*) dan pasaknya terbuat dari bahan baja yang diikatkan dengan semen yang berkualitas, sehingga membentuk satu unit isolator yang berkualitas tinggi.

Dibandingkan isolator jenis pasak, isolator gantung ini hanya mempunyai satu piringan yang terbuat dari bahan porselin atau bahan gelas biru kelabu (*blue gray glaze*). Dengan menggunakan bahan gelas biru kelabu ini harga isolator dapat ditekan lebih murah dan dapat digunakan untuk beberapa gandengan. Umumnya isolator gantung dengan bahan gelas ini digunakan untuk jaringan distribusi primer, sedangkan isolator gantung dari bahan porselin banyak digunakan untuk gandengan-gandengan pada jaringan transmisi tegangan tinggi.



Gambar 3.

Isolator gantung jenis clevis dan jenis ball and socket

Dilihat dari konstruksinya, isolator gantung ini dikenal dalam dua jenis, yaitu jenis clevis dan jenis ball and socket. Jenis clevis ini memiliki bentuk tutup (*cap*) dan pasaknya (*pin*) berbentuk pipih dengan lubang ditengahnya, yang digunakan untuk keperluan penggandengan dari beberapa isolator gantung

dengan mengikatnya dengan mur baut sehingga bisa lebih kuat penggandengannya. Jenis ball and socket memiliki bentuk tutup (*cap*) berlubang (*socket*) untuk menyangkut-kan pasak (*pin*) yang berbentuk bulat (*ball*), sehingga penggandengan dari beberapa isolator gantung tidak menggunakan baut (*bolt*) lagi.

Kedua jenis ini yang paling banyak dipakai adalah jenis clevis, karena dibandingkan dengan jenis ball and socket maka jenis clevis ini lebih kokoh dan kuat serta tidak ada kemungkinan lepas.

Isolator gantung mempunyai kualitas tegangan isolasi tidak begitu tinggi dibandingkan isolator jenis pasak, karena isolator gantung hanya memiliki satu piringan untuk setiap unit isolator. Oleh sebab itu agar memenuhi kebutuhannya maka isolator gantung ini digandeng-gandengkan satu unit dengan unit yang lain agar mendapatkan kualitas tegangan isolasi yang tinggi. Bila digandengkan isolator gandeng mempunyai kualitas yang lebih tinggi dari isolator jenis pasak. Makin banyak gandengannya makin tinggi kualitas tegangan isolasinya. Saluran transmisi banyak sekali menggunakan isolator gantung ini. Karena kekuatan mekanis isolator gantung ini lebih tinggi bila digandengkan, maka banyak digunakan untuk menahan besarnya tarikan atau ketegangan kawat pada tiang-tiang sudut (*angle pole*), tiang belokan tajam, dan tiang ujung (*deadend pole*).

4. Isolator Jenis Cincin (*spool type insulator*).

Isolator jenis cincin (*spool type insulator*), digunakan pada tiangtiang lurus (*tangent pole*) dengan sudut 0° sampai 10° , yang dipasang secara horizontal maupun vertikal. Isolator cincin bentuknya bulat berlubang ditengahnya seperti cincin yang hanya terdapat satu atau dua lekukan saja yang seluruhnya terbuat dari bahan porselin.

Isolator cincin ini tidak menggunakan pasak (*pin*) sehingga isolator cincin memiliki kualitas tegangannya lebih rendah. Biasanya tak lebih dari 3 kV. Isolator cincin ini besarnya tidak lebih dari 7,5 cm tinggi maupun diameternya, yang dipasangkan pada jaringan distribusi sekunder serta saluran pelayanan ke rumah-rumah. Isolator ini dipasang pada sebuah *clamp* (pengapit) dengan sebuah pasak yang dimasukkan ke dalam lubang ditengahnya. Pemasangan secara horizontal digunakan untuk jaringan lurus (*tangent line*) dengan sudut antara 0° sampai 10° . Untuk jaringan lurus (*angle line*) untuk sudut lebih dari 10° dipasang pada kedudukan vertikal. Kesemuanya dipasang pada tiang penyangga dengan jarak satu meter dari tiang atau 60 cm dari palang kayu (*cross arm*).

2.3.3. Karakteristik Isolator Jaringan

1. Karakteristik Isolator

- a. Mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi agar dapat menahan beban kawat penghantar
- b. Memiliki konstanta dielektrikum (*relative permittivity*) yang tinggi
- c. Mempunyai tahanan isolasi (*insulation resistance*) yang tinggi agar dapat menghindari kebocoran arus ke tanah.
- d. Mempunyai perbandingan (*ratio*) yang tinggi antara kekuatan pecah dengan tegangan loncatan api (*flashover voltage*).
- e. Menggunakan bahan yang tidak berpori-pori dan tidak terpengaruh oleh perubahan temperatur
- f. Bebas dari kotoran dari luar dan tidak retak maupun tergores, agar dapat dilewati oleh air atau gas di atmosfer
- g. Mempunyai kekuatan dielektrik (*dielectric strenght*) dan kekuatan mekanis (*mechanis strenght*) yang tinggi
- h. Bahan yang mampu mengisolir atau menahan tegangan yang mengenainya.

- i. Harganya murah
- j. Tidak terlalu berat

2.3.4. Karakteristik Elektris

Isolator memiliki dari dua elektroda yang terbuat dari bahan logam berupa besi atau baja campuran sebagai tutup (*cap*) dan pasak (*pin*) yang dipisahkan oleh bahan isolasi. Dimana tiap bahan isolasi mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang mengenainya tanpa menjadi rusak, yang disebut dengan *kekuatan dielektrikum*. Apabila tegangan diterapkan pada isolator yang ideal di kedua elektroda tersebut, maka dalam waktu singkat arusnya yang mengalir terhenti dan didalam bahan isolasi terjadi suatu muatan (Q). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan tegangan (V) diantara kedua elektroda. Besarnya muatan itu adalah :

$$Q = C.V.....1$$

Dimana nilai kapasitas C tergantung pada nilai konstanta dielektrik dari suatu bahan yang terdapat diantara kedua elektroda tersebut. Makin tinggi nilai konstanta dielektrikum suatu bahan isolasi makin besar kapasitansi isolasi tersebut. Untuk bahan isolasi porselin dan gelas nilai konstante dielektriknya lebih tinggi dibandingkan dengan bahan-bahan isolasi yang lain. Bandingkan konstante dielektrik bahan-bahan di bawah ini.

Tabel . 1 .

Nilai Konstante Dielektrikum Beberapa Bahan

| Macam Bahan | E | Macam Bahan | E |
|-------------|-----------|-------------|-----------|
| Ebinit | 2.8 | Parafin | 2.1 – 2.5 |
| Fiber | 2.5 – 5 | Kertas | 2.0 – 2.6 |
| Gelas | 5.4 – 9 | Porselin | 5.7 – 6.8 |
| Mika | 2.5 – 6.6 | Air | 2.0 – 3.5 |
| Minyak | 2.2 – 6.6 | Kayu | 2.5 – 7.7 |

Selain nilai konstante dielektrik yang mempengaruhi nilai kapasitansi, luas dan tebalnya suatu bahan mempengaruhi juga nilai kapasitansi tersebut. Makin besar volume suatu bahan makin bertambah tinggi muatannya, dan makin besar nilai kapasitansinya yang ditentukan dengan persamaan.

Dimana :

C = kapasitansi suatu bahan (Farad)

ϵ = konstanta dielektrikum

A = luas permukaan bahan (m²)

d = diameter atau tebal bahan (m)

Nilai kapasitansi ini akan diperbesar lagi karena kelembaban udara, debu, panas udara, kerusakan mekanis, proses kimia serta tegangan lebih yang mempengaruhi permukaan dari bahan isolasi tersebut.

Oleh karena itu pendistribusian tegangan pada bahan isolasi tidak seragam, dan lebih besar pada bagian yang terkena tegangan. Hal ini disebabkan terjadinya arus kebocoran (*leakage current*) yang melalui permukaan bahan tersebut. Arus kebocoran ini kecil kalau dibandingkan dengan arus yang mengalir pada bahan isolasi tersebut, yang besarnya adalah :

$$I_l = \frac{V}{R_i} \dots\dots\dots 2$$

Dimana :

I_l = arus kebocoran dalam Ampere

V = tegangan yang melaluinya dalam Volt

R_i = tahanan isolasi dalam Ω

Hal tersebut diatas membuat isolator menjadi tidak ideal, yang seharusnya arus mengalir berhenti dalam waktu yang singkat, akan tetapi turun perlahan-lahan. Lihat gambar grafik dibawah ini. Akan tidak ideal lagi isolator tersebut apabila terjadi tegangan yang diterapkan diantara kedua elektroda isolator tersebut mengalami tegangan loncatan api (*flash over voltage*) atau tegangan tembus pada isolator ini. Dalam sistim tenaga listrik tegangan loncatan api ini biasa dikatakan sebagai tegangan lebih (*over voltage*) yang ditimbulkan dari dua sumber. Pertama sumber berasal dari sistim itu sendiri yang berupa hubungan singkat (*short circuit*), sedang yang kedua sumber dari luar sistim biasa disebut gangguan sambaran petir. Tegangan tembus inilah yang terutama menentukan nilai suatu isolator sebagai penyekat dan menunjukkan kekuatan dielektrik dari isolator yang besarnya untuk tiap-tiap isolator berbeda-beda seperti yang terlihat pada tabel-tabel dibawah ini. Isolator terdiri dari bahan porselin yang diapit oleh elektrodaelektroda. Dengan demikian isolator terdiri dari sejumlah kapasistansi. Kapasistansi ini diperbesar oleh terjadinya lapisan yang menghantarkan listrik, karena kelembaban udara, debu dan bahanbahan lainnya pada permukaan isolator tersebut. Karena kapasistansi ini maka distribusi tegangan pada saluran gandingan isolator tidak seragam. Potensial pada bagian yang terkena tegangan (ujung saluran) adalah paling besar dengan

memasang tanduk busur api (arcing horn), maka distribusi tegangan diperbaiki. Tegangan lompatan api (flashover voltage) pada isolator terdiri atas tegangan-tegangan lompatan api frekuensi rendah (bolak-balik), impuls dan tembus dalam minyak (bolak-balik frekuensi rendah). Tegangan lompatan api frekuensi rendah kering adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan diterapkan diantara kedua elektroda isolator yang bersih dan kering permukaannya, nilai konstanta serta nilai dasar karakteristik isolator. Tegangan lompatan api basah adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan diterapkan diantara tegangan kedua elektroda isolator yang basah karena hujan, atau dibasahi untuk menirukan hujan. Tegangan lompatan api impuls adalah tegangan lompatan api yang terjadi bila tegangan impuls dengan gelombang standar diterapkan. Karakteristik impuls terbagi atas polaritas positif dan negative. Biasanya tegangan dengan polaritas positif (yang memberikan nilai loncatan api yang rendah) yang dipakai. Untuk polaritas positif tegangan loncatan api basah dan kering sama. Tegangan tembus (puncture) frekuensi rendah menunjukkan kekuatan dielektrik dari isolator, dan terjadi bila tegangan frekuensi rendah diterapkan antara kedua elektroda isolator yang dicelupkan pada minyak sampai isolator tembus. Untuk isolator dalam keadaan baik tegangan tembus ini lebih tinggi dari tegangan loncatan api frekuensi rendah, dan nilainya kira-kira 140 kV untuk isolator gantung 250 mm.

2.3.5. Karakteristik Mekanis

Kecuali harus memenuhi persyaratan listrik, isolator harus memiliki kekuatan mekanis guna memikul beban mekanis penghantar yang diisolasiannya. Porselin sebagai bagian utama isolator, mempunyai sifat sebagai besi cor, dengan tekanan-tekanan yang besar dan kuat-tarik yang lebih kecil. Kuat tariknya biasanya 400-900 kg/cm², sedangkan kuat tekanannya 10

kali lebih besar. Porselin harus bebas dari lubang-lubang (blowholes) goresangoresan, keretakan-keretakan, serta mempunyai ketahanan terhadap perubahan suhu yang mendadak tumbukan-tumbukan dari luar. Gaya tarik isolator yang telah dipasang relatif besar, sehingga kekuatan porselin dan bagian-bagian yang disemenkan padanya harus dibuat besar dari kekuatan bagian-bagian logamnya. Kekuatan mekanis dari isolator gantung dan isolator batang panjang harus diuji untuk mengetahui kemampuan mekanis dan keseragamannya. Kekuatan jenis ini dan line post ditentukan oleh kekuatan pasaknya (pin) terhadap moment tekukan (bending momen) oleh penghantar. Pengkajian kekuatannya karena itu dilakukan dengan memberikan beban kawat secara lateral terhadap pasak. Dalam perencanaan saluran transmisi udara, tegangan lebih pada isolator merupakan factor penting. Ditempat-tempat dimana pengotoran udara tidak mengkhawatirkan, surja-hubung (switchingsurge) merupakan factor penting dalam penentuan jumlah isolator dan jarak isolator. Karakteristik lompatan api dari surja-hubung lain dari karakteristik frekuensi rendah dan impuls.

2.3.6. SIFAT ISOLATOR

1. Sifat Listrik

Isolator terdiri dari badan porselin yang diapit oleh elektroda-elektroda. Dengan demikian maka isolator terdiri dari sejumlah kapasitansi. Nilai kapasitansi ini akan semakin besar oleh timbulnya lapisan yang menghantarkan listrik karena kelembapan udara, debu dan bahan-bahan lainnya yang melekat pada permukaan isolator. Pada jaringan distribusi isolator yang paling dekat dengan konduktor tegangan menengah akan memikul tegangan terbesar, dengan memasang busur tanduk (arching horn), dan tegangan maka distribusi tegangan di perbaiki dan tegangan pada isolator yang paling dekat dengan kawat fasa akan berkurang. Kegagalan listrik pada isolator dapat disebabkan

oleh adanya rongga-rongga kecil pada dielektrik padat (porselin) atau disebabkan terjadinya flashover disepanjang permukaan isolator. Rongga-rongga kecil pada isolator ditimbulkan karena isolator dibuat kurang sempurna pada saat pembuatan, dengan demikian karkteistik listrik dari pada isolator isolator tersebut kurang baik. Rongga kecil pada isolator lama-kelamaan akan menyebabkan kerusakan mekanik pada isolator. Terjadinya flashover menyebabkan kerusakan pada isolator oleh karena panas yang dihasilkan oleh busur di sepanjang permukaan isolator. Oleh sebab itu isolator harus dibuat sedemikian rupa sehingga tegangan pada rongga kecil lebih tinggi dari pada tegangan yang menyebabkan flashover.

2. Sifat Thermal

Dalam peralatan dan instansi pencatu listrik, panas terjadi karena adanya rugi-rugi ohmik pada konduktor, rugi-rugi dielektrik pada bahan isolasi, rugi-rugi magnetisasi dan rugi-rugi arus eddy pada inti besi. Jika dibandingkan dengan bahan logam, bahan isolasi mempunyai stabilitas thermal yang sangat rendah, sehingga kenaikan suhu yang diijinkan pada bahan isolasi menjadi patokan dalam menentukan batas suhu kerja dari peralatan.

3. Sifat Kimia

Jika ada zat asing dari luar menyusup ke dalam bahan isolasi, maka hal ini dapat menyebabkan perubahan sifat kimia bahan isolasi tersebut. Hanya bahan anorganik seperti gelas dan bahan keramik padat yang kedap terhadap zat-zat lain di sekitarnya. Bahan isolasi organik menyerap uap air secara difusi. Sehingga sifat dielektrik dan listriknnya memburuk. Kecepatan difusi tergantung kepada struktur bahan dan gaya tarik-menarik molekul bahan dengan molekul zat asing. Sebagai tambahan, penyerapan air menyebabkan perubahan dimensi (menggelembung) dan kerusakan elektroda. Sehingga

diharapkan bahan isolasi pasangan luar harus memiliki kemampuan menyerap air yang rendah untuk mencegah pengurangan kekuatan dielektrik.

2.3.7. Pasangan Isolator

Dalam kategori pasangan isolator (*fittings*) termasuk pasangan-pasangan logam dan perlengkapan-perlengkapan lainnya guna menghubungkan penghantar, isolator dan tiang transmisi pasangan isolator terbuat dari besi atau baja tempaan (*malleable*) yang ukurannya disesuaikan dengan tegangan, jenis dan ukuran penghantar, kekuatan mekanisnya, serta konstruksi penopangnya (*supporting structure*). Permukaan pasangan logam ini biasanya digalvanis.

2.3.8. Kegagalan Pada Isolator

Beberapa hal yang menyebabkan kegagalan pada suatu isolator adalah :

a. Keretakan Isolator

Penebab utama pecahnya atau retaknya suatu isolator adalah tekanan yang dihasilkan didalam bahan porselen yang diakibatkan oleh ketidakseragaman pemuaian dan penyusutan yang terdapat dalam bahan semen, baja, dan porselen yang disebabkan oleh musim panas, dingin, kekeringan dan kelembaban atau akibat adanya pemanasan pada isolator tersebut. Untuk menghindari keretakan pada isolator tersebut, maka telah dilakukan beberapa perbaikan dalam desain pembuatannya, yakni dengan cara menempatkan sejenis pelindung yang kecil diantara lapisan terluar dari porselen dengan pasak baja sehingga pemuaiannya dapat terlaksana secara merata.

b. Ketidakmurnian Bahan Isolator

Jika bahan yang digunakan untuk pembuatan isolator tersebut amat buruk, hal ini dapat menimbulkan kebocoran pada isolator sehingga isolator tidak baik untuk pemakaian yang kontiniu.

c. Sifat Penyerapan Bahan Yang Digunakan Dalam Pembuatan Isolator

Jika bahan porselen yang digunakan dalam pembuatan isolator dipabrikasi pada suhu rendah, maka hal ini akan mengakibatkan kekeroposan pada isolator tersebut dan dengan alasan ini maka isolator akan menyerap embun dari lapisan udara atau semen. Kebocoran arus akan dimulai dari isolator tersebut yang akan menyebabkan kegagalan sebagai akibat dari pemakaian bahan yang digunakan dalam pembuatan isolator.

d. Bahan Pelapis Isolator Yang Kurang Baik

Bila bahan isolator tidak benar-benar dilapisi pelapis yang baik sebagaimana mestinya, maka air akan mudah merembes yang dapat menyebabkan menempelnya debu pada permukaan isolator tersebut yang dapat bersifat sebagai penghantar dan mereduksikan jarak lompatan bunga api listrik.

e. Lompatan Bunga Api Listrik (*Flashover*)

Bila terjadi lompatan bunga api listrik dari suatu kawat ke kawat yang lain maka hal ini akan menimbulkan pemanasan yang berlebihan pada isolator dan dapat menyebabkan pecahnya isolator tersebut.

f. Tekanan Mekanis

Pada saat penarikan kawat-kawat penghantar pada suatu pemasangan jaringan maka isolator akan mengalami tekanan mekanis, sehingga bila bahan digunakan kurang baik, maka hal ini dapat menyebabkan kerusakan atau pecahnya isolator.

g. Terjadinya Hubung Singkat

Terkadang gangguan alam seperti kumpulan burung yang hinggap atau pepohonan yang mengena pada kawat penghantar maupun isolator dapat mengakibatkan terjadinya arus hubung singkat, kondisi ini merupakan penyebab terjadinya kegagalan dari suatu isolator. Keadaan seperti ini hanya mungkin terjadi bila jarak antar konduktor lebih kecil dari standar yang telah ditentukan.

2.4. Konduktor

Konduktor atau penghantar adalah zat atau bahan yang bersifat dapat menghantarkan energy, baik energy listrik maupun energy kalor, baik berupa zat padat, cair atau gas. Bahan-bahan yang bersifat konduktor ini biasanya digunakan untuk membuat alat-alat yang sifatnya membutuhkan kecepatan transfer energy, misalnya panci, setrika, kabel dan solder. Konduktor yang baik adalah yang memiliki tahanan jenis yang kecil. Pada umumnya logam bersifat konduktif. Emas, perak, tembaga, alumunium, zink, besi berturut-turut memiliki tahanan jenis semakin besar. Jadi sebagai penghantar emas adalah sangat baik, tetapi karena sangat mahal harganya, maka secara ekonomis tembaga dan alumunium paling banyak digunakan.

2.4.1. Jenis –jenis Konduktor

1. Alumunium

Alumunium ialah unsur kimia. Lambang alumunium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Alumunium ialah logam paling berlimpah. Titik didih 2792 K (2519 °C, 4566 °F)

2. Perak

Perak adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Ag dan nomor atom 47. Lambangnya berasal dari bahasa latin *Argentum* . Sebuah logam transisi lunak, putih, mengkilap, perak memiliki konduktivitas listrik dan panas tertinggi di seluruh logam dan terdapat di mineral dan dalam bentuk bebas. Logam ini digunakan dalam koin, perhiasan, peralatan meja, dan fotografi. Perak termasuk logam mulia seperti emas. Titik didih 2435 K (2162 °C, 3924 °F).

3. Emas

Emas adalah unsure kimia dalam tabel periodik yang memiliki symbol Au (bahasa Latin : ‘aurum’) dan nomor atom 79. Sebuah logam transisi (trivalent dan univalent) yang lembek, mengkilap, kuning berat, “malleable”, dan “ductile”. Emas tidak bereaksi dengan zat kimia lainnya tapi terserang oleh krorin, fluorin dan aqua regia. Logam ini banyak terdapat di nugget emas atau serbuk di bebatuan dan di deposit alluvial dan salah satu logam coinage. Kode ISOnya adalah XAU. Emas melebur dalam bentuk cair pada suhu sekitar 1000 derajat celsius. Titik didih 3129 K (2856 °C, 5173 °F).

4. Seng

Seng (bahasa Belanda: *zink* adalah unsur kimia dengan lambing kimia Zn, nomor atom 30, dan Masa atom relatif 65,39. Ia merupakan unsure pertama golongan 12 pada tabel periodik. Beberapa aspek kimiawi seng mirip dengan magnesium. Hal ini dikarenakan ion kedua unsur ini berukuran hampir sama. Selain itu, keduanya juga memiliki keadaan oksidasi +2. Seng merupakan unsur paling melimpah ke-24 di kerak Bumi dan memiliki lima isotop stabil. Bijih seng yang paling banyak ditambang adalah sfalerit (seng sulfida). Titik didih 1180 K (907 °C, 1665 °F)

5. Tembaga

Tembaga adalah suatu 21utrie kimia dalam 21utri 21utrient yang memiliki lambing Cu dan nomor atom 29. Lambangnya berasal dari bahasa Latin Cuprum. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu 21utrie ini memiliki korosi yang cepat sekali. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga dicampurkan dengan timah untuk membuat perunggu. Logam ini dan aloiunya telah digunakan selama empat hari. Di era Roma, tembaga

umumnya ditambang di Siprus, yang juga asal dari nama logam ini (*cyprium*, logam Siprus), nantinya disingkat jadi *cuprum*). Ikatan dari logam ini biasanya dinamai dengan tembaga (II) dapat berlarut ke dalam air, dimana fungsi mereka dalam konsentrasi tinggi adalah sebagai agen anti bakteri, fungisiddol, dan bahan tambahan kayu. Dalam konsentrasi tinggi maka tembaga akan bersifat racun, tapi dalam jumlah sedikit tembaga merupakan 22utrient yang penting bagi kehidupan manusia dan tanaman tingkat rendah. Di dalam tubuh, tembaga biasanya ditemukan di bagian hati, otak, usus, jantung, dan ginjal. Titik didih 2835 K (2562 °C, 4643 °F).

6. Logam

Logam pada umumnya mempunyai angka yang tinggi dalam konduktivitas listrik, konduktivitas termal, sifat luster dan massa jenis. Logam yang mempunyai massa jenis, tingkat kekerasan, dan titik lebur yang rendah (contohnya logam alkali dan logam alkali tanah) biasanya bersifat sangat reaktif. Jumlah 22electron bebas yang tinggi di segala bentuk logam padat menyebabkan logam tidak pernah terlihat transparan. Mayoritas logam memiliki massa jenis yang lebih tinggi dari pada nonlogam. Meski begitu, variasi massa jenis ini perbedaannya sangat besar, mulai dari litium sebagai logam dengan massa jenis paling kecil sampai osmium dengan logam dengan massa jenis paling besar.

7. Besi

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai symbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Titik didih 3134 K (2861 °C, 5182 °F).

2.4.2. Konduktor yang di gunakan dalam STR

Kawat dengan bahan konduktor untuk saluran distribusi tegangan rendah selalu mempunyai pelindung/isolasi kawat. Ini hanya kawat berbahan tembaga atau alumunium dengan inti baja (stell-reinforcet alumunium cable/ACSR) besar yang terbentang untuk mengalirkan arus listrik. Jenis-jenis kawat penghantar yang biasa digunakan antara lain :

1. Tembaga dengan konduktivitas 100% (cu 100%)
2. Tembaga dengan konduktivitas 97,5% (cu 97.5%)
3. Alumunium dengan konduktivitas 61% (A1 61%)

Kawat tembaga mempunyai kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar alumunium, karena konduktivitas dan kuat tariknya lebih tinggi. Akan tetapi juga mempunyai kelemahan yaitu untuk besaran tahanan yang sama, tembaga lebih berat dan lebih mahal dari alumunium. Oleh karena itu kawat penghantar alumunium telah mulai menggantikan kedudukan kawat tembaga. Untuk memperbesar kuat tarik dari kawat alumunium, digunakan campuran alumunium (alumunium alloy). Untuk saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara/tiang berjauhan, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, oleh karena itu digunakan kawat penghantar ACSR. Kawat penghantar alumunium, terdiri dari berbagai jenis, dengan lambing sebagai berikut :

1. AAC (A11-Alumunium Conductor), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari alumunium.
2. AAAC (A11-Alumunium-Alloy Conductor), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran alumunium.

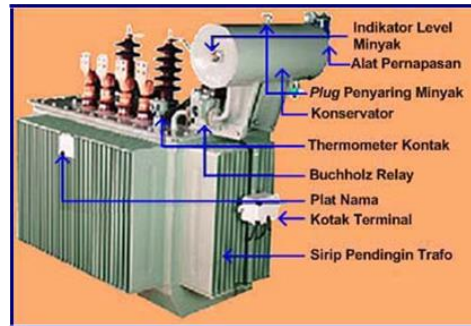
3. ACSR (Aluminium Conductor, Steel-Reinforced), yaitu kawat penghantar aluminium berinti kawat baja.
4. ACAR (Aluminium Conductor, Alloy-Reinforced), yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

2.5. Travo

2.5.1. Pengertian transformator

Transformer adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Trafo satu fasa sama seperti trafo pada umumnya hanya penggunaannya untuk kapasitas kecil Frekuensi pada kumparan primer dan kumparan sekunder adalah sama.

Tegangan dan arus pada kumparan primer dan kumparan sekunder dapat diubah ubah sesuai dengan yang dikehendaki. Transformator merupakan suatu peralatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah daya listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui suatu gandengan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya.



Gambar 3.. Model Trafo.

2.5.2. Sejarah Transformator

Sejarah dari transformator adalah sebagai berikut :

1. 1831, Michael Faraday mendemonstrasikan sebuah koil dapat menghasilkan tegangan dari koil lain.
2. 1832, Joseph Henry menemukan bahwa perubahan flux yang cepat dapat menghasilkan tegangan koil yang cukup tinggi
3. 1836, Nicholas Callan memodifikasi penemuan Henry dengan dua koil.
4. 1850 – 1884, era penemuan generator AC dan penggunaan listrik AC
5. 1885, Georges Westinghouse & William Stanley mengembangkan transformer berdasarkan generator AC.
6. 1889, Mikhail Dolivo-Dobrovolski mengembangkan transformer 3 fasa pertama

2.5.3. Jenis-jenis Transformator

1. Klasifikasi trafo

Berdasarkan frekuensi kerja trafo di kelompokkan menjadi beberapa kelompok, yaitu :

- a. Trafo daya (50) Hz
- b. Trafo pendengaran (20 Hz – 20 KHz)
- c. Trafo MF (455 KHz)
- d. Trafo RF (>455 KHz)

Pengelompokan trafo dalam tenaga listrik, yaitu :

a. Trafo daya

Trafo ini berfungsi untuk menaikkan tegangan. Disebut sebagai trafo daya karena trafo ini digunakan untuk menaikkan daya pada energi listrik dari pembangkit untuk kemudian disalurkan ke gardu induk. Ciri-ciri trafo daya yaitu:

- a. jumlah lilitan primer lebih sedikit daripada jumlah lilitan sekunder
- b. tegangan primer lebih kecil daripada tegangan sekunder
- c. kuat arus primer lebih besar dari pada kuat arus sekunder

b. Trafo Distribusi (step down)

Trafo ini berfungsi untuk menurunkan tegangan. Disebut trafo distribusi karena trafo ini digunakan untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu induk ke konsumen. Ciri-cirinya yaitu:

- a. jumlah lilitan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder
- b. tegangan primer lebih besar daripada tegangan sekunder
- c. kuat arus primer lebih kecil dari pada kuat arus sekunder

c. Trafo pengukuran

Untuk pemasangan alat-alat ukur dan proteksi pada jaringan tegangan tinggi diperlukan transformator pengukuran. Transformator pengukuran terdiri dari :

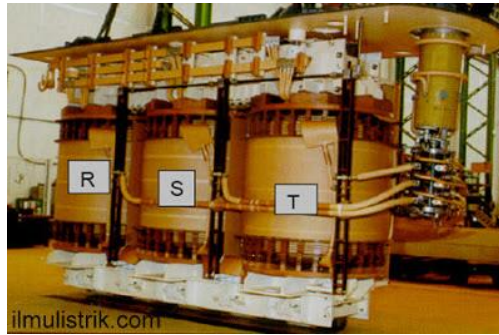
1. Trafo arus (Current Transformator) berfungsi untuk menurunkan besarnya arus listrik pada tegangan tinggi menjadi arus listrik yang kecil dan diperlukan untuk alat ukur dan pengaman
2. Trafo tegangan (Potensial transformator) Berfungsi untuk menurunkan besarnya tegangan tinggi menjadi tegangan rendah yang diperlukan untuk alat ukur dan pengaman/proteksi.

2.5.4. Kontruksi transformator

Komponen transformator terdiri dari dua bagian, yaitu peralatan utama dan peralatan bantu.

a. Kumparan Trafo;

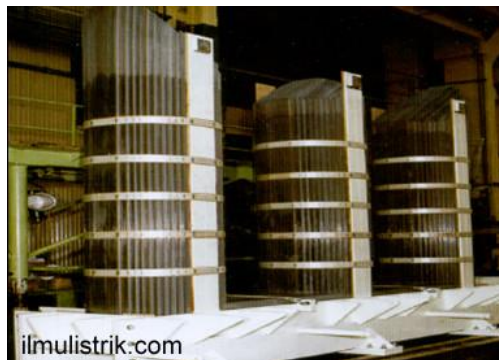
Kumparan trafo terdiri dari beberapa lilitan kawat tembaga yang dilapisi dengan bahan isolasi (karton, pertinax, dll) untuk mengisolasi baik terhadap inti besi maupun kumparan lain. . Untuk trafo dengan daya besar lilitan dimasukkan dalam minyak trafo sebagai media pendingin. Banyaknya lilitan akan menentukan besar tegangan dan arus yang ada pada sisi sekunder.Kadang kala transformator memiliki kumparan tertier. Kumparan tertier diperlukan untuk memperoleh tegangan tertier atau untuk kebutuhan lain. Untuk kedua keperluan tersebut, kumparan tertier selalu dihubungkan delta. Kumparan tertier sering juga untuk dipergunakan penyambungan peralatan bantu seperti kondensator synchrone, kapasitor shunt dan reactor shunt.



Gambar 4. Kumbaran Trafo

b. Inti Besi;

Dibuat dari lempengan-lempengan feromagnetik tipis yang berguna untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumbaran. Inti besi ini juga diberi isolasi untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus eddy “Eddy Current”.



Gambar 5. Inti Besi Trafo

c. Minyak Trafo;

Berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Minyak trafo mempunyai sifat media pemindah panas (disirkulasi) dan mempunyai daya tegangan tembus tinggi. Pada power transformator, terutama yang berkapasitas besar, kumparan-kumparan dan inti besi transformator direndam dalam minyak-trafo.

Syarat suatu cairan bisa dijadikan sebagai minyak trafo adalah sebagai berikut:

- a. Ketahanan isolasi harus tinggi ($>10\text{kV/mm}$)
- b. Berat jenis harus kecil, sehingga partikel-partikel inert di dalam minyak dapat mengendap dengan cepat
- c. Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan
- d. Tidak merusak bahan isolasi padat
- e. Sifat kimia yang stabil



Gambar 6. Minyak Isolasi Trafo

d. Bushing;

Sebuah konduktor (porselin) yang menghubungkan kumparan transformator dengan jaringan luar. Bushing diselubungi dengan suatu isolator dan berfungsi sebagai konduktor tersebut dengan tangki transformator. Selain itu juga bushing juga berfungsi sebagai pengaman hubung singkat antara kawat yang bertegangan dengan tangki trafo.



Gambar 7. Bushing Trafo

e. Tangki dan Konservator (khusus untuk transformator basah);

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo ditempatkan di dalam tangki baja. Tangki trafo-trafo distribusi umumnya dilengkapi dengan sirip pendingin (cooling fin) yang berfungsi memperluas permukaan dinding tangki, sehingga penyaluran panas minyak pada saat konveksi menjadi semakin baik dan efektif untuk menampung pemuain minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.



Gambar 8. Konservator Trafo

2.5.5. peralatan bantu transformator terdiri dari :

a. Peralatan Pendingin ;

Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi di dalam trafo, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut trafo perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar trafo. Media yang digunakan pada sistem pendingin dapat berupa: udara/gas, minyak dan air



Gambar 9. Radiator Trafo

b. Tap Changer;

Suatu alat yang berfungsi untuk merubah kedudukan tap (sadapan) dengan maksud mendapatkan tegangan keluaran yang stabil walaupun beban berubah-ubah. Tap changer selalu diletakkan pada posisi tegangan tinggi dari trafo pada posisi tegangan tinggi. Tap changer dapat dilakukan baik dalam keadaan berbeban (on-load) atau dalam keadaan tak berbeban (off load), tergantung jenisnya.



Gambar 10. Tap Changer

c. Peralatan Proteksi;

Peralatan yang mengamankan trafo terhadap bahaya fisis, elektris maupun kimiawi. Yang termasuk peralatan proteksi transformator antara lain sebagai berikut:

1. Rele Bucholz;

Peralatan rele yang dapat mendeteksi dan mengamankan terhadap gangguan di dalam trafo yang menimbulkan gas. Di dalam transformator, gas mungkin dapat timbul akibat hubung singkat antar lilitan (dalam phasa/ antar phasa), hubung singkat antar phasa ke tanah, busur listrik antar laminasi, atau busur listrik yang ditimbulkan karena terjadinya kontak yang kurang baik.



Gambar 11. Rele Bucholz

2. Rele tekanan lebih;

Peralatan rele yang dapat mendeteksi gangguan pada transformator bila terjadi kenaikan tekanan gas secara tiba-tiba dan langsung mentriapkan CB pada sisi upstream-nya.

3. Rele diferensial;

Rele yang dapat mendeteksi terhadap gangguan transformator apabila terjadi flash over antara kumparan dengan kumparan, kumparan dengan tangki atau belitan dengan belitan di dalam kumparan ataupun antar kumparan.

4. Rele beban lebih;

Rele ini berfungsi untuk mengamankan trafo terhadap beban yang berlebihan dengan menggunakan sirkit simulator yang dapat mendeteksi lilitan trafo yang kemudian apabila terjadi gangguan akan membunyikan alarm pada tahap pertama dan kemudian akan menjatuhkan PMT.

5. Rele arus lebih;

Rele ini berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubunga singkat antar fasa didalam maupun diluar daerah pengaman trafo, juga

diharapkan rele ini mempunyai sifat komplementer dengan rele beban lebih. Rele ini juga berfungsi sebagai cadangan bagi pengaman instalasi lainnya. Arus berlebih dapat terjadi karena beban lebih atau gangguan hubung singkat.

6. Rele fluks lebih;

Rele ini berfungsi untuk mengamankan transformator dengan mendeteksi besaran fluksi atau perbandingan tegangan dan frekwensi.

7. Rele tangki tanah;

Rele ini berfungsi untuk mengamankan transformator bila terjadi hubung singkat antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan pada transformator.

8. Rele gangguan tanah terbatas;

Rele ini berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan tanah didalam daerah pengaman transformator khususnya untuk gangguan di dekat titik netral yang tidak dapat dirasakan oleh rele diferensial

9. Rele termis;

Rele ini berfungsi untuk mengamankan transformator dari kerusakan isolasi kumparan, akibat adanya panas lebih yang ditimbulkan oleh arus lebih. Besaran yang diukur di dalam rele ini adalah kenaikan temperatur.



Gambar 12. Thermal Relay

2.5.6. Prinsip kerja transformator

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektris namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (reluctance) rendah.

Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (self induction) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (mutual induction). yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder di bebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi). Prinsip dasar suatu transformator adalah induksi bersama(mutual induction) antara dua rangkaian yang dihubungkan oleh fluks magnet. Dalam bentuk yang sederhana,transformator terdiri dari dua buah kumparan induksi yang secara listrik terpisah tetapi secara magnet dihubungkan oleh suatu path yang mempunyai relaktansi yang rendah. Kedua kumparan tersebut mempunyai mutual induction yang tinggi. Jika salah satu kumparan dihubungkan

dengan sumber tegangan bolak-balik, fluks bolak-balik timbul di dalam inti besi yang dihubungkan dengan kumparan yang lain menyebabkan atau menimbulkan ggl (gaya gerak listrik) induksi (sesuai dengan induksi elektromagnet) dari hukum faraday, Bila arus bolak balik mengalir pada induktor, maka akan timbul gaya gerak listrik (ggl).

2.5.7. Aplikasi Trafo

Penggunaan trafo dimanapun adalah sama, khususnya untuk trafo daya, yaitu sebagai penaik atau penurun tegangan, menyesuaikan tegangan dari mesin itu sendiri. pada industri banyak diperlukan trafo, karena untuk pemakaian daya yg besar (misalnya untuk industri) itu biasanya tegangan yg masuk adalah diatas 380 V (biasanya 20 kV atau 20000V), jadi diperlukan trafo step down/penurun tegangan untuk menyesuaikan tegangan mesin, misalnya tegangan untuk motor-motor listrik itu biasanya 380V 3 phase, dan sebagainya. jadi diperlukan trafo 20kV/380Volt, dan sebagainya.