



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang mengubah bentuk listrik menjadi suatu bentuk energi listrik yang lainnya. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh transformator ditentukan oleh kebutuhan energi listrik.

pada dasarnya, transformator berbentuk kumparan dari kawat yang dililitkan pada suatu inti besi. Selain itu, terdapat dua jenis kumparan primer dan kumparan sekunder.

Kumparan primer adalah lilitan pada satu sisi inti besi dan menjadi tempat masuk arus listrik, sementara itu, kumparan sekunder adalah lilitan sisi lainnya dari inti besi dan menjadi tempat keluar masuknya arus listrik.

Dalam bidang listrik pemakai transformator dikelompokkan menjadi:

1. Transformator Daya
2. Transformator distribusi
3. ¹Transformator pengukuran., transformator ini dibagi 2
 - 3.1 Arus
 - 3.2 Tegangan

2.2 Prinsip Kerja Transformator

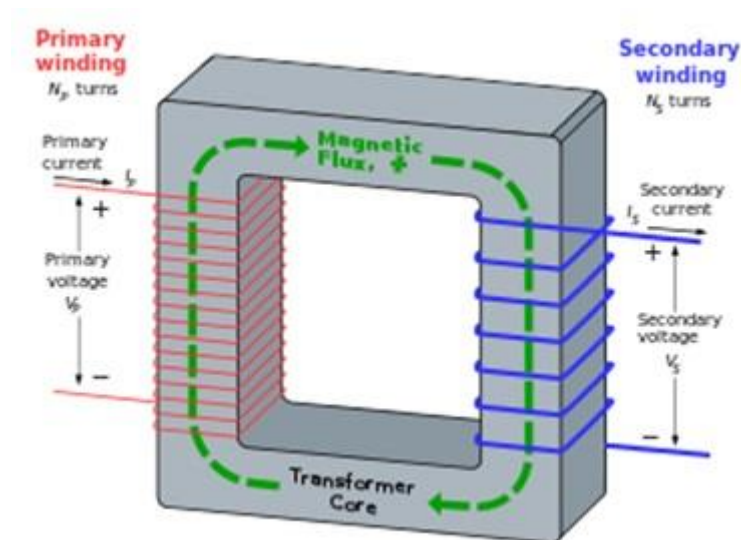
Cara kerja transformator didasarkan oleh prinsip induksi elektromagnetik. Trafo menggunakan kumparan kawat yang jika dialiri arus bolak balik, maka akan menciptakan induksi elektromagnetik. Artinya, arus listrik pada kawat melingkar menghasilkan medan magnet.

¹ Zuhail. Dasar Tenaga Listrik, Bandung, Penerbit ITB, Cetakan Kedua. 1977



Inti besi atau tempat melilitnya kumparan kawat akan meningkatkan medan magnet yang dihasilkan dari induksi. Arus listrik AC yang bolak-balik menghasilkan fluks yang terus berubah. Fluks bolak-balik ini dapat mempengaruhi kumparan sekunder dan menghasilkan gaya gerak listrik juga arus listrik.

Transformator dapat menaikkan atau menurunkan tegangan listrik tergantung pada jumlah lilitan kawatnya. Untuk menaikkan tegangan maka jumlah lilitan primer atau trafo harus lebih sedikit dari jumlah lilitan sekundernya. Sedangkan jika ingin menurunkan tegangan maka jumlah lilitan primer trafo harus lebih banyak dari jumlah lilitan sekundernya.²



Gambar 2.1 Prinsip kerja transformator

2.3 Komponen Tranformator

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

² https://www.gramedia.com/literasi/pengertian-trafo/_prinsip_kerja_transformator, pada tanggal 4 mei 2023



2.3.1 Inti Tranformator

Inti transformator terdiri atas plat – plat atau laminasi tipis dari campuran besi khusus yang berisi sedikit silikon. Laminasi saling terisolasi untuk menghindari terjadinya arus pusar. Semua laminasi dijepit secara kuat agar tidak terjadi getaran. Kemudian harus pula terdapat isolasi antara kumparan primer dan sekunder, serta terhadap bumi. Bahan isolasi terdiri dari kertas, minyak atau bahan sintesis. Minyak itu harus bersih dan murni, dan memiliki sifat dielektrik tinggi, titik isolasi tinggi , tingkat viskositas (kekentalan) rendah untuk memudahkan sirkulasi, sepenuhnya bebas kelembapan, tidak berisi bahan lain, tidak membentuk endapan dan tidak bereaksi secara kimia dengan logam dan bahan isolasi.

Inti transformator merupakan bagian pada transformator yang dililit kawat penghantar. Jumlah kumparan dan banyaknya lilitan yang melilit transformator berbeda – beda sesuai dengan rancangan besar tegangan arus yang diinginkan. Saat kumparan primer transformator diberikan arus listrik, maka akan timbul aliran fluks magnetik di dalam inti transformator. Aliran ini akan menginduksikan kumparan sekunder sehingga menimbulkan tegangan induksi pada kumpran sekunder tersebut.

Bentuk dan jenis bahan pembuat inti bermacam macam sesuai desain pabriknya. Namun secara umum, inti transformator terbuat dari bahan besi atau baja lunak yang berbentuk lembaran lembaran dan disusun dalam formasi bentuk tertentu.

Pemilihan bahan inti transformator dan desain bentuknya ini akan berpengaruh terhadap nilai kerugian daya yang dihasilkan oleh transformator. Karena itu diperlukan desain transformator dan penggunaan bahan inti transformator bermutu tinggi agar bisa menekan jumlah kerugian hingga 99%.

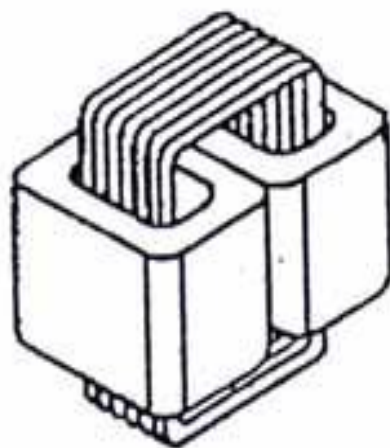
Rumus menghitung tegangan output atau tegangan sekunder



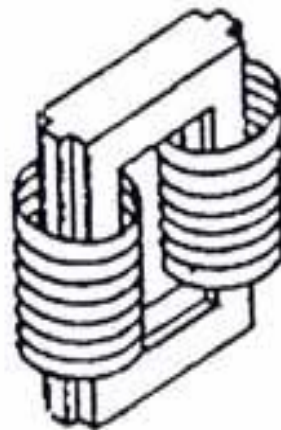
$$V_S = \frac{N_S \times V_P}{N_P} \dots\dots\dots (2,1)$$

Dimana :

- V_S = Tegangan sekunder
 N_S = Jumlah lilitan sekunder
 V_P = Tegangan primer
 N_P = Jumlah lilitan primer



Tipe cangkang



Tipe inti

Gambar 2.2 Inti Tranformator

2.3.2 Inti Besi

Inti besi yang merupakan bahan magnet yang mana berfungsi sebagai melipat gandakan nilai atau mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang dialirkan melalui kumparan. Nilai induksi atau kerapatan fluksi didalam inti besi jauh lebih besar dari nilai induksi kumparan yang sama jika intinya terbuat dari bahan non fero. Karena nilai permeabilitas bahan ferro ribuan kali lebih besar dari nilai permeabilitas bahan non fero magnet. Inti besi juga berfungsi menghantarkan dan mengarahkan arus magnet

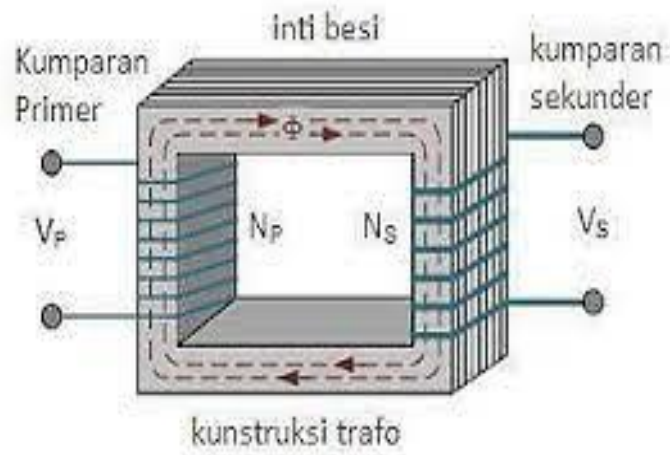


(fluksi), sehingga hampir seluruh fluksi dibangkitkan kumparan primer menerobos kumparan sekunder, sehingga kumparan sekunder terinduksi GGL yang selanjutnya memasok energi listrik ke beban. Dengan demikian hampir seluruh energi listrik dikumparan primer dipindahkan dan diubah menjadi energi listrik dikumparan sekunder melalui medan magnet. Namun inti besi juga memberikan efek negatif pada operasi transformator, yaitu menyebabkan timbulnya rugi – rugi energi yang di selubungi besi yaitu.

- a. Rugi rugi arus pusar, rugi – rugi ini timbul akibat fluksi bolak balik menerobos inti besi sehingga timbul arus pusar yang mengalir didalam inti besi tersebut
- b. Rugi – rugi histerisis, rugi ini juga menimbulkan panas pada inti besi tersebut, sehingga rugi nilai histeresis proposional dengan luas lengkung kemagnetan inti besi tersebut.

Untuk menekan rugi besi akibat arus pusar, inti besi harus dibuat berlapis dengan dilaminasi antar lapis satu dengan lapis lain agar nilai arus pusar dapat ditekan. Dengan demikian, inti besi merupakan salah satu bagian yang paling utama, karena inti sebagai jalan sirkulasi fluks magnet, maka bahan yang digunakan pada inti besi harus dipilih yang mempunyai rugi histerisis rendah yang dikenal dengan nama besi lunak.

Luas penampang inti besi sangat menentukan terhadap desain transformator yang akan dibuat. Dimensi yang diinginkan baik itu lebarnya maupun tingginya dapat diatur melalui luas dan tinggi dari inti besi yang dibuat. Tulisan ini tidak menampilkan proses menghitung atau menentukan luas penampang dan inti besi. Luas penampang dan tinggi inti besi mengikuti desain yang ada atau yang sudah didesain oleh pabrikan, hanya mengikuti desain yang ada dan menghitung ulang terhadap material yang rusak untuk direkondisi supaya kembali ke spesifikasi semula seperti merekondisi kumparan primer yang sering mengalami kerusakan yang sangat parah sehingga diperlukan penggantian dan penggulangan ulang.



Gambar 2.3 Inti besi

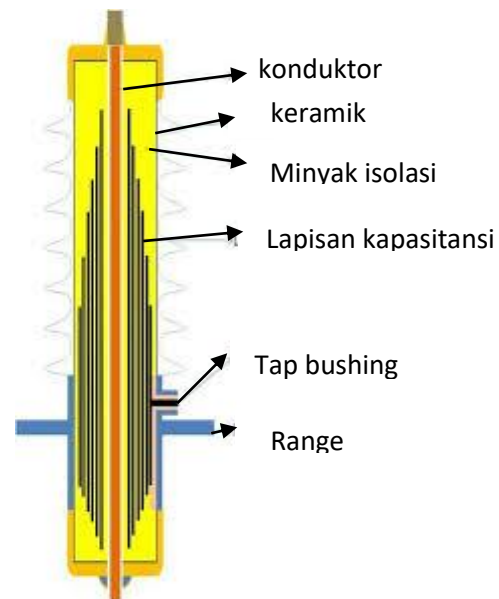
2.3.3 Bushing

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 trafo.

2.3.4 Tangki konverter

Tangki transformator berfungsi untuk menyimpan minyak transformator dan sebagai pelindung bagian-bagian transformator yang direndam dalam minyak. Ukuran tangki disesuaikan dengan ukuran inti dan kumparan. Konservator merupakan tabung berisi minyak transformator yang diletakan pada bagian atas tangki. Fungsinya adalah :

- Untuk menjaga ekspansi atau meluapnya minyak akibat pemanasan;
- Sebagai saluran pengisian minyak



Gambar 2.4 Bushing



Gambar 2.5 Tanki koverator

(sumber: <https://www.ruangteknisi.com/bagian-transformator/>)



2.3.5 Breather

Bagian transformator satu ini berfungsi untuk mengatur aliran udara pada tangki transformator. Dengan adanya sistem ini, minyak pendingin yang ada didalam tangki akan terhindar dari kelembapan yang berdampak kurang baik. Sirkulasi udara akan diatur oleh sistem breather sehingga aliran udara yang masuk keluar tangki dapat berlangsung dengan bebas seiring peningkatan dan penyusunan minyak pendingin oleh suhu transformator. Breather dipasang pada ujung pipa udara yang terhubung ke tangki sehingga udara luar bisa keluar masuk ke tangki melewatinya.



Gambar 2.6 Breather

2.3.6 Radiator dan Kipas Pendingin

Terkadang pada jenis transformator besar dengan daya sangat besar akan menghasilkan suhu panas yang tinggi, sehingga diperlukan radiator untuk mendinginkan minyak lebih cepat. Minyak pendingin yang merendam transformator akan bersirkulasi melewati radiator untuk didinginkan.

Kipas besar ditambahkan pada radiator yang berfungsi untuk mempercepat proses sirkulasi pendingin minyak. Dengan adanya radiator ini, panas yang diserap oleh minyak pendingin akan dibuang keluar sehingga suhu minyak akan kembali turun.



2.3.7 Grounding

Grounding atau biasa disebut juga sebagai pentanahan, merupakan suatu faktor penting dalam suatu sistem ketenagalistrikan. Untuk membuat sistem pentanahan yang baik, maka grounding harus memiliki syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan
- b. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap kondisi kimiawi tanah untuk menjaga sistem selama peralatan masih berfungsi
- c. Sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan
- d. Mampu mengatasi gangguan berulang akibat surja hubung Pada jaringan transmisi substation tahanan pentanahan tidak melebihi 5 ohm, pada saluran tegangan tinggi tahanan yang diperbolehkan adalah maksimal 15 ohm, sedangkan pada saluran tegangan menengah tahanan yang digunakan maksimal 25 ohm.

Pada jaringan transmisi substation tahanan pentanahan tidak melebihi 5 ohm, pada saluran tegangan tinggi tahanan yang diperbolehkan adalah maksimal 15 ohm, sedangkan pada saluran tegangan menengah tahanan yang digunakan maksimal 25 ohm. Tahanan pentanahan berkaitan dengan kandungan air dan suhu, maka tahanan pentanahan suatu sistem dapat saja berubah sesuai dengan perubahan iklim disetiap tahunnya

2.3.8 Kabel

Kabel listrik adalah media untuk menghantarkan arus listrik ataupun informasi, kabel listrik biasanya terbentuk dari bermacam aneka bahan yang dapat mengantarkan listrik, biasanya terbuat dari tembaga, namun ada juga dari serat optik, baja dll.

2.3.9 Aluminium conduct steel reinforced

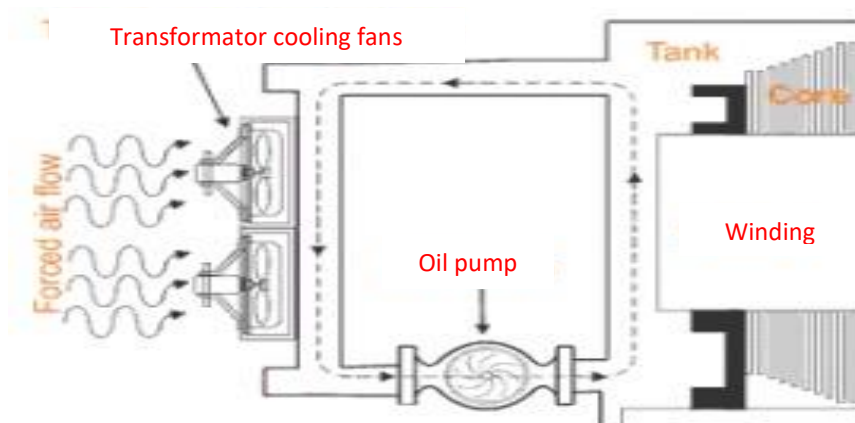
Kabel ACSR merupakan kawat penghantar yang terbuat dari aluminium berinti kawat baja, kabel ini digunakan untuk saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara atau tiang berjauhan mencapai ratusan



meter, maka dibutuhkan kemampuan kuat tarik penghantar yang lebih tinggi, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR.



Gambar 2.7 Kabel ACSR



Gambar 2.8 Kipas Pendingin Transformator

(sumber:<https://wordpress.com/2019/04/05/sistem-pendingintransformator>)

Tabel 2.1 Macam – Mcam Pendingin pada Transformator

No	macam - macam Pendingin	Kondisi			
		dalam transformator		luar transformator	
		Sirkulasi alamiah	Sirkulasi Paksa	sirkulasi alamiah	Sirkulasi Paksa
1	AN			Udara	
2	AF				Udara
3	ONAN	Minyak		Udara	
4	ONAF	Minyak			Udara
5	OF AN		Minyak	Udara	
6	OF AF		Minyak		Udara
7	OFWF		Minyak		Udara
8	ONAN / ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9	ONAN / OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10	ONAN / OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11	ONAN / OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

(sumber : <http://engineeringbuilding.blogspot.com/2011/08/transformatordaya>)

2.3.10 Minyak Trafo

Minyak transformator memiliki fungsi sebagai penyekat dan media pendingin pada transformator. Minyak transformator mempunyai sifat media pemindah panas (disirkulasi) dan harus mempunyai daya tegangan tembus tinggi. Kumparan-kumparan dan inti besi pada transformator tenaga yang berkapasitas besar direndam dalam minyak transformator.


Gambar 2.9 Minyak Transformator



Minyak transformator juga harus diperhatikan keadaannya agar tidak mempengaruhi kualitasnya ketika dimasukkan kedalam bodi trafo dan gas apa saja yang terkandung didalam minyak transformator tersebut.

Isolasi minyak transformator yang baik mempunyai karakteristik fisik diantaranya, yaitu :

- a. Kejernihan penampilan dilihat dari warna minyak, warna minyak yang baik memiliki warna yang jernih, bersih, dan bebas endapan. Selama transformator dioperasikan, isolasi minyak akan melarutkan suspensi atau endapan. Semakin banyak isolasi minyak mengalami endapan yang terlarut, maka warna minyak akan semakin gelap.
- b. Viskositas minyak adalah suatu hal yang sangat penting karena minyak transformator yang baik akan memiliki viskositas yang rendah, sehingga dapat bersirkulasi dengan baik dan akhirnya pendinginan inti dan belitan transformator dapat berlangsung dengan baik pula. Nilai viskositas untuk minyak baru harus $\leq 18 \text{Cst}$. Uji viskositas hanya dilakukan untuk minyak isolasi baru.
- c. Massa Jenis minyak transformator harus mempunyai massa jenis yang kecil, agar partikel - partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat. ³Massa jenis merupakan perbandingan massa suatu volume cairan pada suhu 15,560 C dengan massa volume air. Massa jenis isolasi minyak transformator harus lebih ringan dari pada massa jenis air.
- d. Titik nyala dari minyak transformator yang baru tidak boleh lebih kecil dari 1350C, sedangkan suhu minyak bekas tidak boleh kurang dari 1300C. Flash point (titik nyala) suatu minyak transformator perlu diketahui dengan pertimbangan keamanan. IEC menetapkan pengujian titik nyala minyak transformator dengan menggunakan metode pensky martin tertutup. Karakteristik titik nyala minyak menentukan terjadinya penguapan dalam minyak. Jika titik nyala minyak rendah, mengidentifikasi terdapat kandungan yang bersifat volatile combusite, sehingga minyak akan mudah menguap dan menyebabkan volume

³ [https://kompatibilitas-minyak transformator](https://kompatibilitas-minyak-transformator)) Minyak_transformator



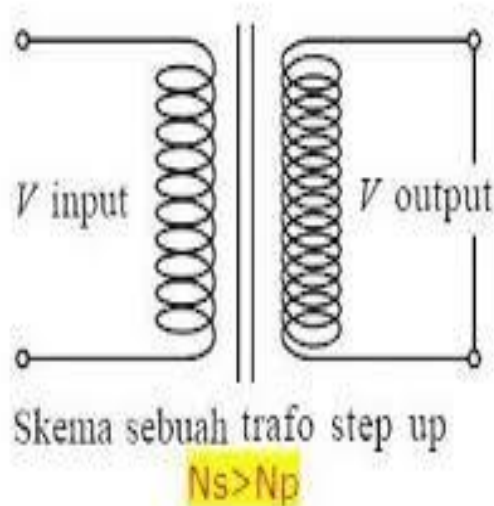
minyak akan berkurang yang pada akhirnya minyak semakin kental (viskositasnya semakin tinggi).

- e. Titik tuang dipakai untuk mengidentifikasi dan menentukan jenis peralatan yang akan menggunakan minyak isolasi. Titik tuang merupakan nilai batas isolasi minyak akan terus mengalir saat didinginkan pada temperatur di bawah normal. Semakin rendah nilai titik tuang semakin baik isolasi minyak.

2.4 Jenis – jenis Tranformator

2.4.1 Step up

Transformator step-down adalah trafo yang digunakan untuk menurunkan tegangan. $V_s < V_p$. Biasanya akan terlihat dari jumlah lilitan pada kumparan sekunder yang lebih sedikit dibanding kumparan primernya. Trafo step-down biasanya digunakan PLN untuk mengalirkan arus tegangan tinggi ke rumah-rumah supaya aman dan sesuai dengan alat elektronik yang tersedia. Selain itu, trafo step down juga banyak terdapat dalam adaptor AC-DC.

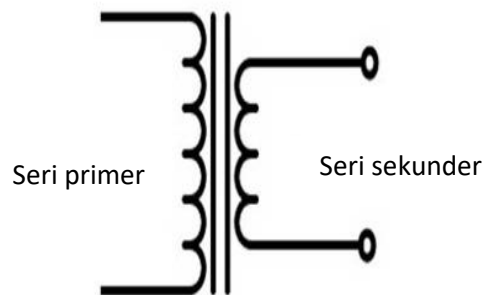


Gambar 2.10 Transformator Step



2.4.2 Step down

Transformator step-up adalah trafo yang digunakan untuk menaikkan tegangan. $V_s > V_p$. Biasanya akan terlihat dari jumlah lilitan pada kumparan sekunder yang lebih banyak dibanding kumparan primernya.⁴

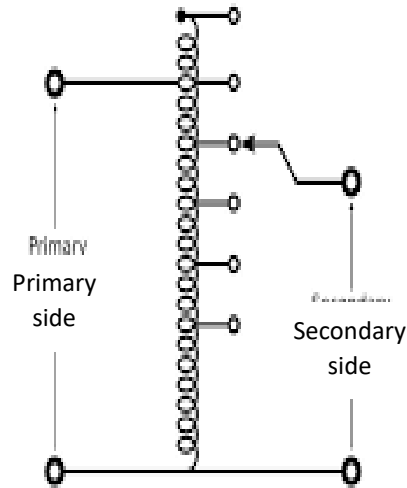


Gambar 2.11 Step Down

2.4.3 Autotransformator

Transformator jenis ini hanya terdiri dari satu lilitan yang berlanjut secara listrik, dengan sadapan tengah. Dalam transformator ini, sebagian lilitan primer juga merupakan lilitan sekunder. Fasa arus dalam lilitan sekunder selalu berlawanan dengan arus primer, sehingga untuk tarif daya yang sama lilitan sekunder bias dibuat dengan kawat yang lebih tipis dibandingkan transformator biasa. Keuntungan dari autotransformator adalah ukuran fisiknya yang kecil dan kerugian yang lebih rendah daripada jenis dua lilitan. Tetapi transformator jenis ini tidak dapat memberikan isolasi secara listrik antara lilitan primer dengan lilitan sekunder. Selain itu, autotransformator tidak dapat digunakan sebagai penaik tegangan lebih dari beberapa kali lipat (biasanya tidak lebih dari 1,5 kali).

⁴ https://tambahpinter.com/transformato/Step_down_dan_Step_up_pada_tanggal_22_mei_2023

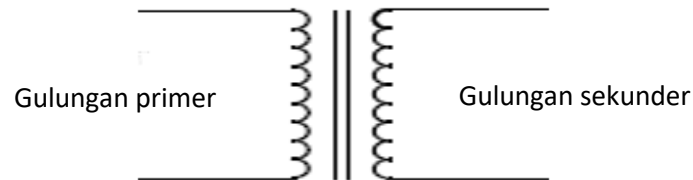


Gambar 2.12 Autotransformator

2.4.4 Transformator Isolasi

Transformator isolasi memiliki lilitan sekunder yang berjumlah sama dengan lilitan primer, sehingga tegangan sekunder sama dengan tegangan primer. Tetapi pada beberapa desain, gulungan sekunder dibuat sedikit lebih banyak untuk mengkompensasi kerugian. Transformator seperti ini berfungsi sebagai isolasi antara dua kalang. Untuk penerapan audio, transformator jenis ini telah banyak digantikan oleh kopling kapasitor.⁵

⁵ https://www.mettakindo.com/pengertian-trafo-isolasi-beserta-kelebihan-dan-kekurangannya/transformator_isolasi



2.4.5 Transformator Pulsa

Transformator pulsa adalah transformator yang didesain khusus untuk memberikan keluaran gelombang pulsa. Transformator jenis ini menggunakan material inti yang cepat jenuh sehingga setelah arus primer mencapai titik tertentu, fluks magnet berhenti berubah. Karena GGL induksi pada lilitan sekunder hanya terbentuk jika terjadi perubahan fluks magnet, transformator hanya memberikan keluaran saat inti tidak jenuh, yaitu saat arus pada lilitan primer berbalik arah.

2.5 Jenis – Jenis Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

1. Gangguan Internal

Busur api adalah salah satu gangguan internal yang dapat dipicu oleh penyambungan konduktor yang tidak sesuai atau tidak baik, kontak-kontak listrik yang tidak baik, serta kerusakan isolasi antara inti baut.

2. Gangguan pada sistem pendingin

Umumnya pendingin pada transformator adalah minyak transformator mempunyai fungsi sebagai isolasi sekaligus bahan pendingin. Namun, ketika terjadi suatu gangguan didalam transformator maka minyak tersebut memunculkan sejumlah gas yang dapat mengganggu sistem kerja transformator



2.5.1 Penyebab Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Ada beberapa penyebab dari banyaknya gangguan yang kerap terjadi pada sistem tenaga listrik, diantaranya:

1. Faktor Manusia

Di dalam proses kerja dari sistem tenaga listrik, banyak melibatkan semua aspek, khususnya manusia. Faktor ini disebabkan oleh kesalahan atau kelalaian manusia. Hal ini dikarenakan manusia dalam proses penanganan sistem, bekerja tidak sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Contohnya salah menyambung rangkaian, keliru dalam mengkalibrasi suatu piranti pengaman, dan sebagainya.

2. Faktor Internal

Terjadinya faktor ini dikarenakan adanya beberapa gangguan pada sistem itu sendiri, contohnya adalah faktor usia pakai, keausan dan lain sebagainya. Hal ini berdampak pada kurangnya sensitivitas relay pengaman, juga dapat mengurangi daya isolasi peralatan listrik lainnya.

3. Faktor Eksternal

Faktor ini meliputi gangguan-gangguan yang disebabkan dari luar atau lingkungan di sekitar sistem. Contohnya cuaca, gempa bumi, banjir, dan sambaran petir. Dan bisa saja disebabkan oleh gangguan dari binatang, contohnya gigitan tikus, burung, kelelawar, ular, dan lain sebagainya

2.6 Pengertian dan Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat di cegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan.

Tujuan pemeliharaan peralatan listrik adalah untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain :

1. Untuk meningkatkan reability, availability, dan efficiency
2. Untuk memperpanjang umur peralatan
3. Untuk mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan
4. Meningkatkan safety peralatan



2.7 Jenis – jenis Pemeliharaan

1. Predictive Maintenance (conditional maintenance)

Pemeliharaan yang di lakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan

2. Preventive Maintenance (time base maintenance)

Pemeliharaan yang di laksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya

3. Corretive Maintenance

Pemeliharaan yang di lakukan dengan berencana pada waktu waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula di sertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi.

2.8 Pengukuran Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi adalah yang terdapat diantara dua kawat saluran (kabel) yang isolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground). Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi antara belitan dengan ground atau antara dua belitan. Metode yang umum dilakukan adalah dengan memberikan tegangan dc dan mempresentasikan kondisi isolasi dengan satuan megaohm. Tahanan isolasi yang diukur merupakan fungsi dari arus bocor yang menembus melewati isolasi atau melalui jalur bocor pada permukaan eksternal. Tujuan pengukuran tahanan isolasi ini adalah untuk mengetahui besarnya tahanan isolasi dari suatu peralatan listrik merupakan hal yang penting untuk menentukan apakah peralatan tersebut dapat dioperasikan dengan aman.

Karena terdapat banyaj variable adalah penting bahwa semua faktor seperti suhu dan kelembapan dicatat bersamaan pada saat pengujian dilakukan. Faktor itu perlu dipebandingkan bilamana dikemudian hari dilakukan pengujian lagi, guna menentukan kecenderungan yang berlangsung.



Pengujian ini biasanya dilakukan dengan sebuah megger yang mengukur tahanan atau resistansi di antara belitan dari tanah. Secara umum jika akan mengoperasikan peralatan tenaga listrik seperti generator, transformator dan motor, sebaiknya terlebih dahulu memeriksa tahanan isolasinya, tidak apakah alat tersebut baru atau lama tidak dipakai. Untuk mengukur tahanan isolasi digunakan megaohm. Isolasi yang dimaksud adalah isolasi antara bagian yang bertegangan dengan yang tidak bertegangan seperti ground. Untuk mengetahui bahwa isolasi kabel listrik dalam keadaan baik, berfungsi untuk mencegah kebocoran listrik, maka setiap isolasi listrik harus memiliki nilai tahanan minimum 1000 ohm dikali tegangan listrik kabel tersebut

Tabel 2.2 Teknik pengukuran tahanan isolasi

Kondisi	Polarization Index
Berbahaya	<1,0
Jelek	1,0 – 1,1
Dipertanyakan	1,1 – 1,25
Baik	1,25 – 2,0
Sangat baik	Diatas 2,0

(sumber:<https://teknik-pengukuran-tahanan-isolasi.html&psig>)

Pengukuran tahanan isolasi belitan transformator adalah proses pengukuran dengan suatu alat ukur insulation taster untuk memperoleh hasil (besaran) tahanan isolasi transformator tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (case) maupun antara belitan primer, sekunder. Pengukuran tahanan isolasi dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan isolasi transformator ukur seperti transformator arus dan transformator tegangan namun ada beberapa ketentuan yang harus dipenuhi sehingga diperoleh harga yang optimal.

Tahanan isolasi dari bagian instalasi listrik dalam ruangan yang kering harus mempunyai nilai sekurangnya 100 ohm tiap 1 volt tegangan nominalnya, dengan pengertian bahwa arus bocor dari tiap bagian instalasi listrik pada tegangan nominalnya tidak boleh lebih 1 mA tiap 100 m panjang instalasi listrik. Pengujian transformator merupakan tahapan akhir dari suatu



produksi transformator. Pengujian tersebut bertujuan agar transformator hasil produksi memenuhi standar yang ditentukan sebelum transformator tersebut dioperasikan.

2.9 Perhitungan Nilai Polarization Index

Tujuan dari pengujian index polarisasi adalah untuk memastikan peralatan tersebut layak dioperasikan atau bahkan untuk dilakukan over voltage test. Indeks yang biasa digunakan dalam menunjukkan pembacaan tahanan isolasi transformator dikenal sebagai dielectric absorption, yang diperoleh dari pembacaan berkelanjutan untuk periode waktu yang lebih lama dengan sumber tegangan yang konstan. Pengujian berkelanjutan dilakukan dalam selama 10 menit, tahanan isolasi akan mempunyai kemampuan untuk mengisi kapasitansi tinggi ke dalam isolasi transformator, dan pembacaan resistansi akan meningkat lebih cepat jika isolasi bersih dan kering. Rasio pembacaan 10 menit dibandingkan pembacaan 1 menit dikenal sebagai Polarization Index (PI) atau Polarisasi Index (IP).

Pengujian Polarization Index (PI) adalah variasi dari pengujian IR, yang mana PI adalah perbandingan nilai IR 10 menit dan nilai IR 1 menit, sehingga nilai PI yang rendah menandakan bahwa belitan kumparan bisa saja telah terkontaminasi oli, debu koran dan lain-lain atau uap air. Insulation resistance test bertujuan untuk mengetahui besar tahanan isolasi antara belitan dengan ground atau antara dua belitan. Pengujian tersebut menggunakan megger (Mega ohm meter). Metode yang umum dilakukan adalah dengan memberikan tegangan de dan merepresentasikan kondisi isolasi dengan satuan Mega ohm. Semakin besar nilai polarization index maka semakin bagus kualitas bahan isolasi Polarization index juga memberikan informasi tentang penurunan arus absorpsi pada bahan isolasi. Polarization index dikatakan baik jika melewati nilai 1,5. Rumus yang digunakan menghitung Polarization Index sebagai berikut:

$$PI = \frac{R_{10}}{R_1} \dots \dots \dots (2.2)$$



2.10 Pengukuran Insulation Resistansi

Insulation resistance test / megger test merupakan pengujian yang paling mudah dan sederhana untuk menentukan kemampuan isolasi. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi antara dua belitan. Metoda yang umum dilakukan adalah dengan memberikan tegangan dc dan mempersentasikan kondisi isolasi dengan satuan megaohm. Tahanan Yng diukur merupakan fungsi merupakan fungsi dari arus bocor yang menembus melewati isolasi atau jalur bocor pada permukaan eksternal seperti kotoran pada bushing atau isolator. Alat ukur tahanan isolasi biasanya memiliki kapasitas pengujian 500, 1000, 2500, dan 5000 V dc. Megger test ini dilakukan pada stator dan belitan transformator, selain itu juga dapat diterapkan pada semua mesin. Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini disebut mega ohm meter atau megger tester atau megger saja. Pengukuran insulation resistance berdasarkan standar IEEE 43 – 2000 mengenai index polarisasi dan resistance isolasi berdasarkan table berikut ini :

Tabel 2.3 Tegangan test tiap – tiap tegangan kerja

Tegangan Kerja Mesin Yang Di Ukur	Tegangan Test
Mesin dengan tegangan kerja : 240 – 2400 volt	500 Volt DC
Mesin dengan tegangan kerja : 3000 – 4800 volt	2500 Volt DC
Mesin dengan tegangan kerja : 5200 – 13800 volt	2500 atau 5000 volt DC
Semua mesin DC	500 Volt DC
Semua winding rotor dengan rated tegangan > 100 volt	500, max 1000 Volt DC

(sumber:<https://123dok.com/document/zx3rg6wz-babII-tinjauan-pustaka>)

Serta nilai tahanan isolasi antara penghantar satu dan penghantar yang lain maupun antara penghantar dan ground. Nilai resistansi minimumnya adalah sebesar tegangan operasi dalam KV ditambah 1 kemudian dikalikan 100 mΩ yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R_{min} = (V_{rms} + 1) \times 100 \text{ M}\Omega \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

R_{min} = Insulation Resistansi minimum lilitan (MΩ)



V_{rms} = Tegangan kerja dalam KV (line-to-line)

Nilai rata – rata insulation resistansi dapat dihitung dengan rumus

$$IR = \frac{\sum IR}{n} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

IR = Nilai rata – rata insulation resistansi

$\sum IR$ = Nilai tahanan isolasi

N = banyaknya tahanan isolasi

2.11 Pembangkit Listrik dan Tenaga gas Uap (PLTGU)

PLTGU adalah gabungan antara PLTG dengan PLTU, dimana panas dari gas buang dari PLTG digunakan untuk menghasilkan uap yang digunakan sebagai fluida kerja di PLTU. Dan bagian yang digunakan untuk menghasilkan uap tersebut adalah HRSG (Heat Recovery Steam Generator). PLTGU merupakan suatu instalasi peralatan yang berfungsi untuk mengubah energi panas (hasil pembakaran bahan bakar dan udara) menjadi energi listrik yang bermanfaat. Pada dasarnya, sistem PLTGU ini merupakan penggabungan antara PLTG dan PLTU. PLTU memanfaatkan energi panas dan uap dari gas buang hasil pembakaran di PLTG untuk memanaskan air di HRSG (Heat Recovery Steam Generator), sehingga menjadi uap jenuh kering. Uap jenuh kering inilah yang akan digunakan untuk memutar sudu (baling-baling) Gas yang dihasilkan dalam ruang bakar pada Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG) akan menggerakkan turbin dan kemudian generator, yang akan mengubahnya menjadi energi listrik. Sama halnya dengan PLTU, bahan bakar PLTG bisa berwujud cair (BBM) maupun gas (gas alam). Penggunaan bahan bakar menentukan tingkat efisiensi pembakaran dan prosesnya.



Gambar 2.17 PLTGU