

BAB II

TEORI USIA TRANSFORMATOR

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Menyalurkan energi listrik melalui jarak – jarak yang jauh harus dilakukan dengan tegangan yang tinggi untuk memperkecil kerugian – kerugian yang terjadi, baik rugi – rugi energi, maupun penurunan tegangan (Abdul Kadir : 1998)

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen (Abdul Kadir : 2006)

Biaya pembangunan suatu jaringan distribusi merupakan suatu persoalan yang memerlukan biaya cukup tinggi untuk pengadaan suatu peralatan sistem tenaga listrik terkhusus peralatan transformator (Abdul Kadir : 2006)

Transformator atau trafo adalah peralatan yang berfungsi mengkonversi (merubah) arus atau tegangan bolak – balik dari nilai tertentu menjadi nilai yang lain (Sulasno : 2009)

Transformator merupakan suatu komponen/alat yang terdiri dari dua atau lebih kumparan yang dihubungkan oleh medan magnetik bersama (*mutual magnetic field*). Bila satu di antara kumparan ini, yang primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak – balik, akan ditimbulkan fluks bolak balik yang amplitudonya bergantung pada tegangan primer dan jumlah lilitannya. Fluks bersama akan menghubungkan kumparan yang lain yang sekunder, dan akan menginduksikan tegangan di dalamnya yang lilitannya bergantung dengan jumlah lilitan sekunder (Abdul Kadir : 1989)

Secara teknis suatu peralatan dalam hal ini adalah transformator distribusi diharapkan mampu secara kontinu dalam melakukan peyaluran daya, tetapi secara ekonomis suatu peralatan tidak selamanya menguntungkan untuk dipergunakan secara terus menerus selama operasinya (Abdul Kadir : 2003)

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Pengertian Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang termasuk ke dalam klarifikasi mesin listrik statis yang berfungsi menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan sebaliknya. Atau dapat juga di artikan mengubah tegangan arus bolak – balik dari suatu tingkat yang lain melalui suatu magnet dan berdasarkan prinsip – prinsip induksi elektromagnet.

Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan. Yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk setiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Transformator ini apabila ada arus listrik bolak – balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi suatu belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, sehingga akan timbul gaya gerak listrik.



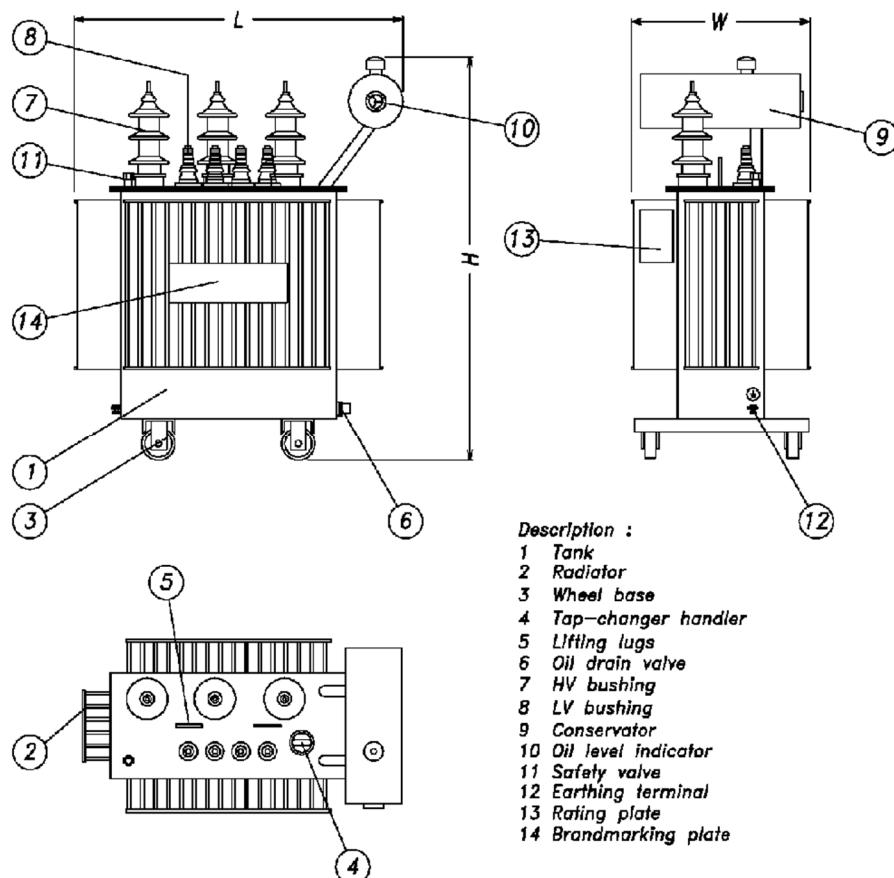
Gambar 2.1 Macam – Macam Transformator

2.2.2 Konstruksi Transformator

Konstruksi merupakan salah satu bagian terpenting dalam merancang suatu transformator, dimana dalam melaksanakan rancangan tersebut harus disesuaikan dengan keperluan dan kegunaannya serta perlu diperhatikan faktor ekonomi dan faktor efisiennya.

Untuk transformator tenaga dengan kapasitas daya yang cukup besar, konstruksinya harus benar – benar diperhatikan, terutama dalam hal pengamanannya, baik pengamanan yang mungkin timbul dari luar maupun dari dalam transformator itu sendiri serta faktor pengamanan dari pengaruh lingkungan.

Faktor pengaman lain untuk menghindari adanya induksi antara fasa dengan fasa dan untuk melindungi kumparan dan inti transformator dari gangguan panas, maka di dalam tangki transformator digunakan minyak transformator.



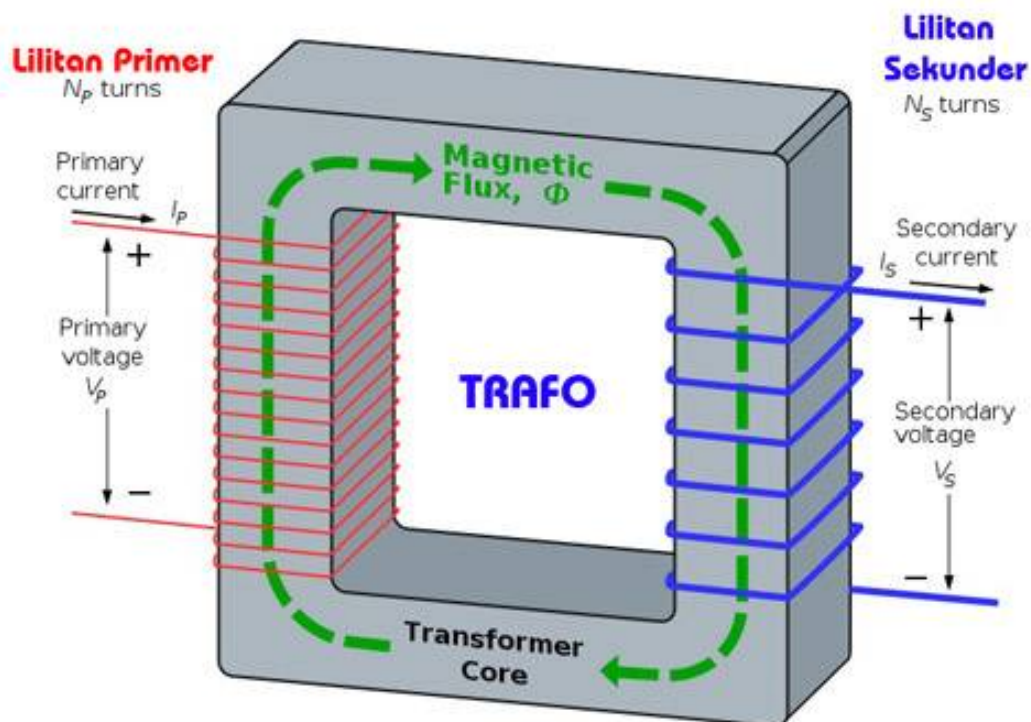
Gambar 2.2 Konstruksi Transformator

2.2.3 Prinsip Kerja Transformator

Sebuah transformator yang sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan dengan inti besi (*core*).

Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak – balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet (densitas fluks magnet) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya.

Fluktuasi medan magnet yang terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Dengan demikian, terjadilah pengubahan taraf tegangan listrik baik dari tegangan rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah.



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Transformator

2.2.4 Jenis Dan Penggunaan

Beberapa jenis transformator yang dikenal dan digunakan secara luas di masyarakat diantaranya adalah :

1. Transformator Daya (*Power Transformer*)

Biasa digunakan di gardu induk, baik di gardu induk pembangkit maupun gardu induk distribusi dimana trafo tersebut memiliki kapasitas daya yang besar. Trafo ini digunakan untuk menaikkan tegangan ke tegangan transmisi / tinggi (150/500 kV). Sedangkan di distribusi biasanya trafo digunakan untuk menurunkan tegangan transmisi ke tegangan primer / menengah (11,6/20 kV).



Gambar 2.4 Transformator Daya (*Power Transformer*)

2. Transformator Distribusi (*Distribution Transformer*)

Digunakan untuk menurunkan tegangan menengah (11,6/20 kV) menjadi tegangan rendah (220/380 V). Trafo ini tersebar luas di lingkungan masyarakat dan mudah mengenalnya karena biasa dipasang di tiang – tiang. Oleh karena itu biasa juga disebut dengan gardu cantol.



Gambar 2.5 Transformator Distribusi (*Distribution Transformer*)

3. Transformator Tegangan (*Voltage Transformer*)

Digunakan untuk mengambil input data masukan berupa besaran tegangan dengan cara perbandingan belitan pada belitan primer dan sekunder. Trafo ini biasanya digunakan untuk pengukuran tak langsung beban yang mengalir ke pelanggan kemudian membatasinya.



Gambar 2.6 Transformator Tegangan (*Voltage Transformer*)

4. Transformator Arus (*Current Transformer*)

Digunakan untuk mengambil input data masukan berupa besaran arus dengan perbandingan belitan pada belitan primer dan sekunder. Trafo ini biasa digunakan untuk pengukuran tak langsung beban arus yang mengalir ke pelanggan kemudian membatasinya.



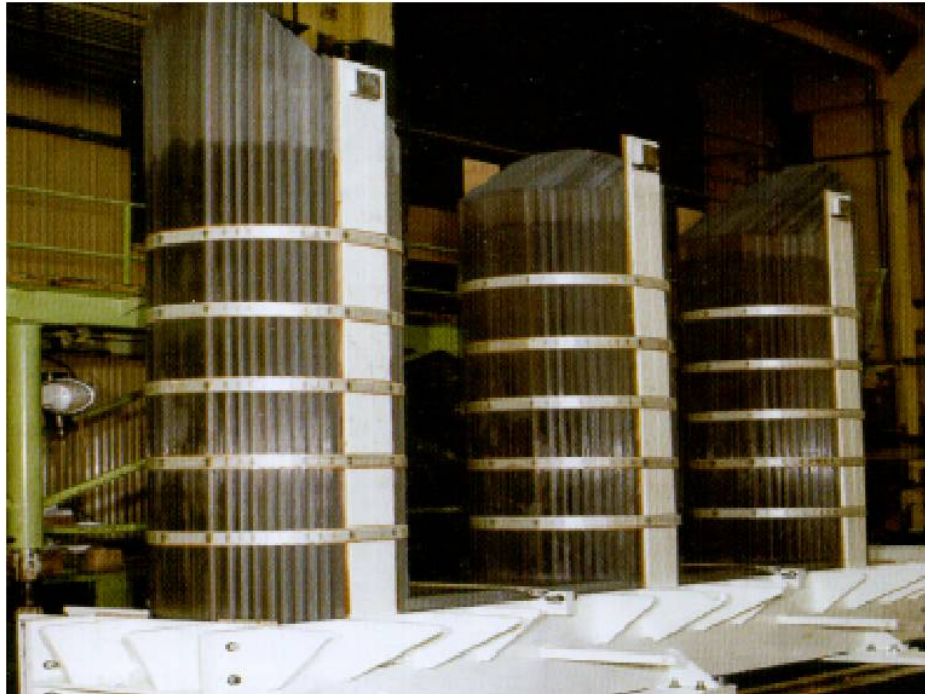
Gambar 2.7 Transformator Arus (*Current Transformer*)

2.2.5 Komponen Transformator

Transformator memiliki beberapa komponen yaitu sebagai berikut :

1. Inti Besi (*Core*) Transformator

Berfungsi untuk mempermudah jalan fluks magnetik yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan – lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi – rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus Eddy (*Eddy Current*).



Gambar 2.8 Inti Besi (*Core*) Transformator

2. Kumparan Transformator

Merupakan beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan atau gulungan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain – lain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 2.9 Kumparan Transformator

3. Minyak Transformator

Merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagai bagian dari bahan isolasi, minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan ini maka minyak diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan. Minyak transformator mempunyai unsur atau senyawa hidrokarbon yang terkandung adalah senyawa hidrokarbon parafinik, senyawa hidrokarbon naftenik dan senyawa hidrokarbon aromatik. Selain ketiga senyawa tersebut, minyak transformator masih mengandung senyawa yang disebut zat aditif meskipun kandungannya sangat kecil.



Gambar 2.10 Minyak Transformator

4. *Bushing* Transformator

Hubungan antara kumparan transformator dengan jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. *Bushing* sekaligus berfungsi sebagai penyekat/isolator antara konduktor tersebut dengan tangki transformator. Pada *bushing* dilengkapi fasilitas untuk pengujian kondisi *bushing* yang sering disebut *center tap*.



Gambar 2.11 *Bushing* Transformator

5. Tangki Konservator

Berfungsi untuk menampung minyak cadangan dan uap/udara akibat pemanasan trafo karena arus beban. Diantara tangki dan trafo dipasang relai *bucholzt* yang akan meyerap gas produksi akibat kerusakan minyak. Untuk menjaga agar minyak tidak terkontaminasi dengan air, ujung masuk saluran udara melalui saluran pelepasan/*venting* dilengkapi media penyerap uap air pada udara, sering disebut dengan *silica gel* dan dia tidak keluar mencemari udara disekitarnya.



Gambar 2.12 Tangki Konservator

6. Pendingin Transformator

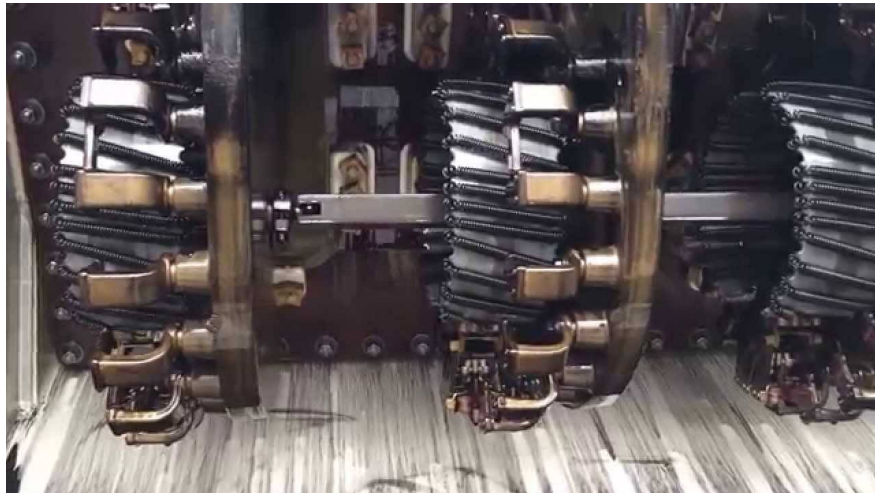
Pada inti besi dan kumparan – kumparan akan timbul panas akibat rugi – rugi tembaga. Maka panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, ini akan merusak isolasi. Untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut transformator perlu dilengkapi dengan alat atau sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator, media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa udara/gas, minyak dan air. Pada cara alamiah, pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat pendinginan dari media – media (minyak – udara/gas) dengan cara melengkapi trafo dengan sirip – sirip (radiator). Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara manual dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa pompa sirkulasi minyak, udara dan air, cara ini disebut pendingin paksa (*Forced*).



Gambar 2.13 Pendingin Transformator

7. Perubah Sadapan (*Tap Changer*)

Kualitas operasi tenaga listrik jika tegangan nominalnya sesuai ketentuan, tapi pada saat operasi dapat saja terjadi penurunan tegangan sehingga kualitasnya menurun, untuk itu perlu alat pengatur tegangan agar tegangan selalu pada kondisi terbaik, konstan dan berkelanjutan. Untuk itu trafo dirancang sedemikian rupa sehingga perubahan tegangan pada sisi masuk/*input* tidak mengakibatkan perubahan tegangan pada sisi keluar/*output*, dengan kata lain tegangan di sisi keluar/*output* – nya tetap. Alat ini disebut sebagai sadapan pengatur tegangan tanpa terjadi pemutusan beban, biasa disebut *On Load Tap Changer (OLTC)*. Pada umumnya *OLTC* tersambung pada sisi primer dan jumlahnya tergantung pada perancangan dan perubahan sistem tegangan pada jaringan.



Gambar 2.14 Perubah Sadapan (*Tap Changer*)

8. Alat Pernapasan (*Dehydrating Breather*)

Sebagai tempat penampungan pemuaian minyak isolasi akibat panas yang timbul, maka minyak ditampung pada tangki yang sering disebut sebagai konservator. Pada konservator ini, permukaan minyak diusahakan tidak boleh bersinggungan dengan udara, karena kelembaban udara yang mengandung uap air akan mengkontaminasi minyak walaupun proses pengkontaminasinya berlangsung dalam durasi yang cukup lama. Untuk mengatasi hal tersebut, udara yang masuk kedalam tangki konservator pada saat minyak menjadi dingin memerlukan suatu media penghisap kelembaban, yang digunakan biasanya adalah *silica gel*. Kebalikan jika trafo panas maka pada saat menyusut maka akan menghisap udara dari luar masuk kedalam tangki dan untuk menghindari terkontaminasi oleh kelembaban udara maka diperlukan suatu media penghisap kelembaban yang digunakan biasanya adalah *silica gel*, yang secara khusus dirancang untuk maksud tersebut diatas.



Garmbar 2.15 Alat Bantu Pernapasan (*Dehydrating Breather*)

2.2.6 Transformator Distribusi

Trafo distribusi merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Kerusakan pada trafo distribusi menyebabkan kontinuitas pelayanan terhadap konsumen akan terganggu (terjadi pemutusan aliran listrik atau pemadaman).

Pemadaman merupakan suatu kerugian yang menyebabkan biaya – biaya pembangkitan akan meningkat tergantung harga kWh yang tidak terjual. Pemilihan *rating* trafo distribusi yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban akan menyebabkan efisiensi menjadi kecil, begitu juga penempatan lokasi trafo distribusi yang tidak cocok mempengaruhi jatuh tegangan ujung pada konsumen atau jatuhnya/turunnya tegangan ujung saluran/konsumen.

Transformator atau trafo adalah komponen elektromagnet yang dapat merubah tegangan tinggi ke rendah atau sebaliknya dalam frekuensi sama. Trafo merupakan jantung dari distribusi dan transmisi yang diharapkan beroperasi maksimal (kerja terus menerus tanpa henti).

Agar dapat berfungsi dengan baik, maka trafo harus dipelihara dan dirawat dengan baik menggunakan sistem dan peralatan yang tepat. Trafo dapat dibedakan berdasarkan tenaga, trafo 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut *Interbus Transformer (IBT)* dan trafo 150/20 kV dan 70/20 kV disebut trafo distribusi (*Distribution Transformer*).

Trafo pada umumnya ditanahkan pada titik netral sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan atau proteksi. Sebagai contoh trafo 150/20 kV ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV dan trafo 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung di sisi netral 20 kV.



Gambar 2.16 Transformator Distribusi (*Distribution Transformer*)

2.2.7 Jenis Transformator Distribusi

1. Transformator Instalasi Gardu Beton

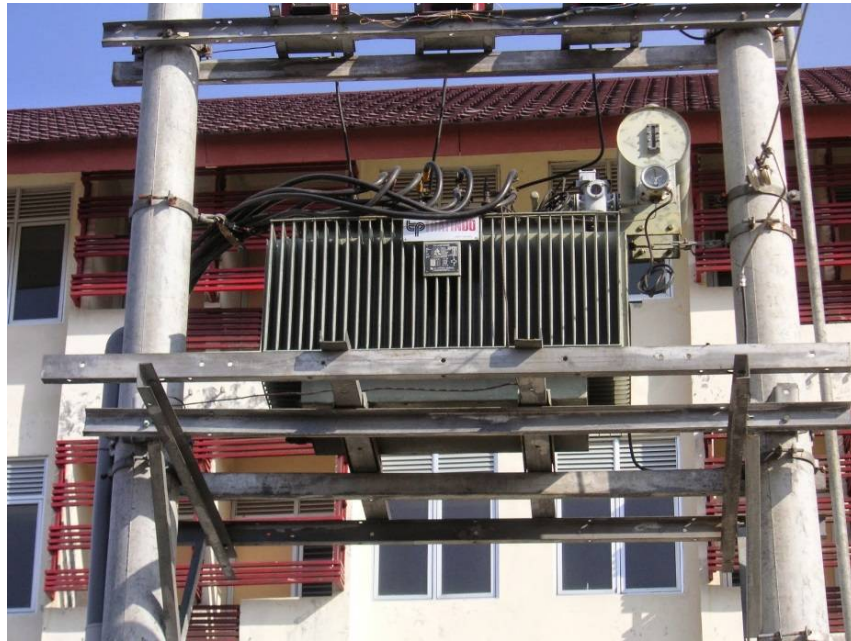
Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan pembagi, terangkai di dalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton. Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan.



Gambar 2.17 Transformator Instalasi Gardu Beton

2. Transformator Instalasi Gardu Portal

Instalasi ini tipe terbuka (*out door*), menggunakan konstruksi dua tiang. Tempat kedudukan transformator sekurang kurangnya tiga meter di atas permukaan tanah. Dengan sistem proteksi di bagian atas dan papan hubung bagi tegangan di bagian bawah untuk memudahkan kerja teknis dan pemeliharaan.



Gambar 2.18 Transformator Instalasi Gardu Portal

3. Transformator Instalasi Gardu Cantol

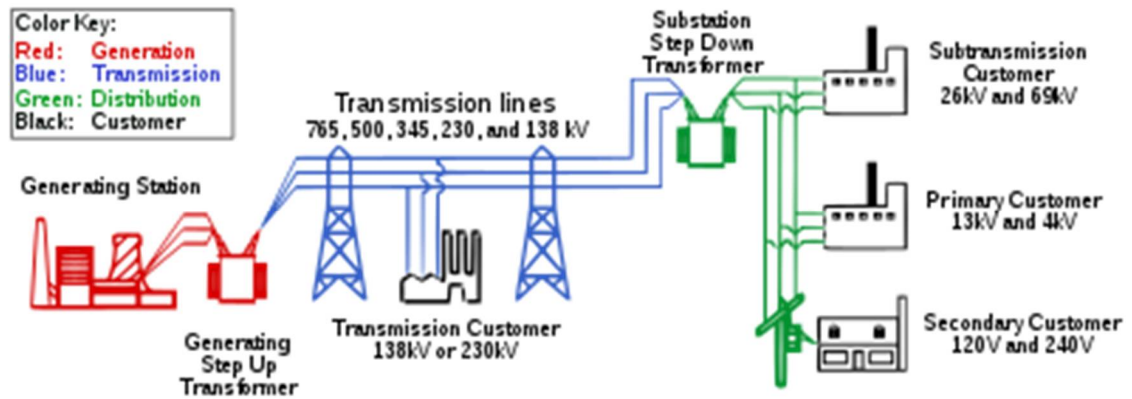
Dalam instalasi ini transformator dipasangkan diatas satu tiang, dimana metode pemasangan yang digunakan bisa langsung dipasang pada tiang dengan bantuan besi sebagai sangkutan/cantolan, bisa juga menggunakan satu palang melintang.



Gambar 2.19 Transformator Instalasi Gardu Cantol

2.2.8 Penggunaan Transformator Distribusi

Penggunaan transformator pada sistem transmisi dan distribusi listrik digunakan untuk menyalurkan listrik sehingga tidak terjadi *losses* energi dalam proses penyaluran.



Gambar 2.20 Proses Pembangkitan Transmisi Dan Distribusi Listrik

Menaikkan tegangan listrik saat distribusi juga bertujuan agar tidak terjadi tegangan jatuh (*voltage drop*) yang dikarenakan jarak transmisi dan distribusi yang jauh antar saluran transmisi.

2.2.9 Manfaat Penggunaan Transformator Distribusi

Berikut ini merupakan beberapa manfaat yang didapatkan dalam menggunakan transformator distribusi :

1. Meminimalisir penurunan tegangan (*voltage drop*) pada proses transmisi dan distribusi listrik.
2. Mengurangi kehilangan energi listrik (*losses*) pada proses transmisi dan distribusi listrik, karena semakin besar tegangan yang digunakan pada saat transmisi atau distribusi maka semakin kecil arus yang dilewati oleh jalur transmisi atau distribusi. Sehingga panas yang dikarenakan arus listrik yang besar dapat dikurangi.
3. Penghematan penggunaan kabel, karena semakin besar tegangan maka akan semakin kecil arus yang dialirkan. Maka diameter kabel yang digunakan semakin kecil.

2.3 Kerangka Pemikiran

Transformator distribusi merupakan salah satu dari sekian banyak instalasi tenaga listrik, di mana dalam hal ini transformator distribusi memiliki fungsi yaitu untuk mendistribusikan/menyalurkan energi listrik untuk warga/penduduk sebagai salah satu bentuk pelayanan teknik yang diberikan oleh PT. PLN (Persero) kepada masyarakat.

Transformator distribusi adalah salah satu bagian yang penting dalam suatu sistem kelistrikan. Hal ini dikarenakan penggunaan pemakaian listrik semakin bertambah dan juga kebutuhan energi listrik semakin meningkat. Dalam skripsi ini penulis akan membahas tentang usia penggunaan transformator distribusi. Di mana usia transformator distribusi berkaitan erat dengan operasional pelayanan ketenagalistrikan bagi masyarakat.