

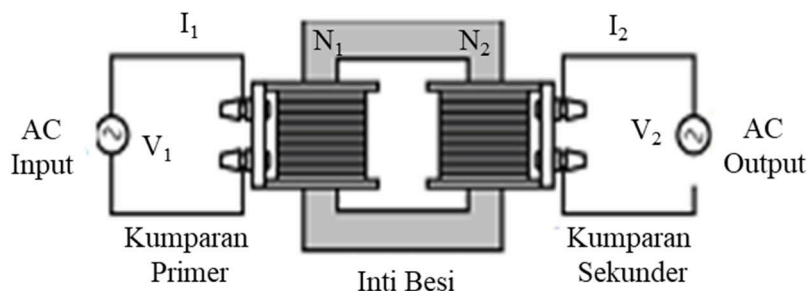
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 1.1 Transformator Daya<sup>1</sup>

Transformator adalah peralatan listrik yang statis untuk mentransformasikan energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya dengan cara mengubah nilai tegangan tanpa merubah nilai frekuensi. Transformator disebut sebagai peralatan yang statis karena tak terdapat bagian yang bergerak atau berputar, tidak seperti generator atau motor. Cara pengubahan tegangan ini dilakukan dengan memanfaatkan prinsip induktansi elektromagnetik pada lilitan. Fenomena induksi elektromagnetik ini terjadi dalam satu waktu pada transformator adalah induktansi sendiri pada masing-masing lilitan yang diikuti oleh induktansi bersamaan antar lilitan.

Untuk lebih sederhananya transformator terbagi menjadi tiga bagian, yaitu lilitan primer, lilitan sekunder dan inti besi. Lilitan primer adalah bagian transformator yang terhubung dengan rangkaian sumber energi (catu daya). Lilitan sekunder adalah bagian transformator yang terhubung dengan rangkaian bebannya. Inti besi adalah bagian transformator yang bertujuan untuk mengarahkan keseluruhan flux magnet yang dari lilitan primer agar masuk ke lilitan sekunder. Berikut ini adalah Gambar dari susunan sebuah transformator.



Gambar 1.1 Susunan transformator

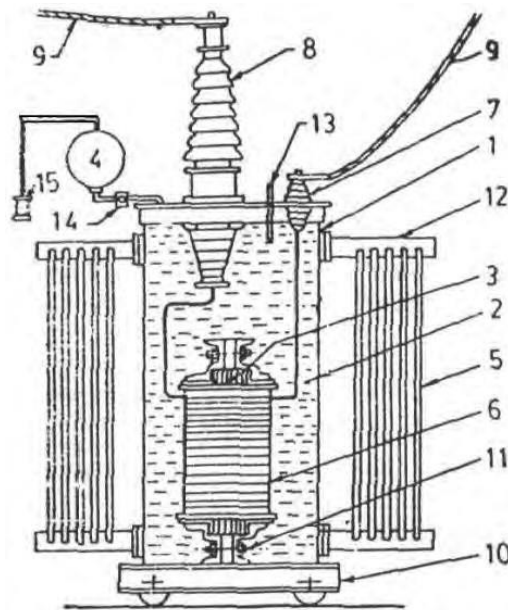
<sup>1</sup> Budiono Mismail, Dasar Teknik Elektro Sistem Tenaga dan Telekomunikas, Malang, 2011, Hal 735



Dimana :

$V_1$	=	Tegangan Primer	$V_2$	=	Tegangan Sekunder
$I_1$	=	Arus Primer	$I_2$	=	Arus Sekunder
$N_1$	=	Jumlah Lilitan Primer	$N_2$	=	Jumlah Lilitan Sekunder

Salah satu bagian penting dari sistem tenaga listrik adalah transformator yang disebut sebagai transformator daya atau *power transformer*. Berikut adalah gambar dari sebuah transformator daya.



Gambar 1.2 Bagian Transformator Daya<sup>3</sup>

Keterangan :

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1. <i>mounting flange</i>                 | 9. <i>Terminal connection</i>    |
| 2. Tangki transformator                   | 10. <i>Carriage</i>              |
| 3. <i>Core (inti)</i>                     | 11. <i>Baut pada core (inti)</i> |
| 4. Konservator                            | 12. <i>Header</i>                |
| 5. Sirip radiator ( <i>Radiator Fin</i> ) | 13. <i>Termometer</i>            |
| 6. <i>Windings</i>                        | 14. <i>Rele bucholz</i>          |
| 7. <i>LV Bushing</i>                      | 15. <i>Breather</i>              |
| 8. <i>HV Bushing</i>                      |                                  |

<sup>3</sup> Satriawan, Analisa Pengujian Perbandingan Belitan Menggunakan Alat Transformer Turn Ratio Tester Pada Transformator Dengan Daya 1250 KVA, Surabaya, 2015, Hal 12



## 1.2 Transformator 3 Fasa<sup>5</sup>

Transformator tenaga atau tiga fasa adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentrasformasikan tegangan) dengan frekuensi yang tidak berubah. Transformator 3 fasa secara prinsip sama dengan sebuah transformator 1 fasa. Perbedaan mendasar adalah pada sistem yaitu sistem satu fasa dan tiga fasa, sehingga sebuah transformator tiga fasa dapat dihubungkan segitiga (wye), bintang (delta) atau zig-zag. Transformator tiga fasa digunakan untuk sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik karena pertimbangan agar lebih ekonomis.

Transformator tiga fasa banyak sekali mengurangi berat dan lebar kerangka, sehingga harganya akan lebih murah bila dibandingkan dengan penggabungan tiga buah transformator satu fasa dengan rating daya yang sama. Tetapi transformator tiga fasa ini juga mempunyai beberapa kekurangan, salah satunya bila fasa mengalami kerusakan, maka seluruh transformator harus diganti atau dilakukan pengujian secara komprehensif, tetapi bila transformator terdiri dari tiga buah transformator satu fasa, bila salah satu fasa transformator mengalami kerusakan. Sistem masih bisa dioperasikan dengan sistem hubungan “*open delta*”.



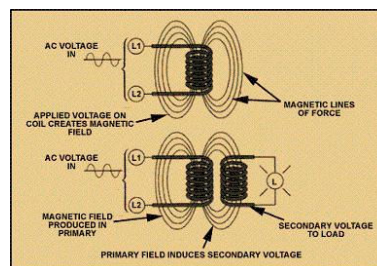
Gambar 1.3 Transformator Daya 3 Fasa 60 MVA

<sup>5</sup> Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Jakarta, 1998, Hal 57



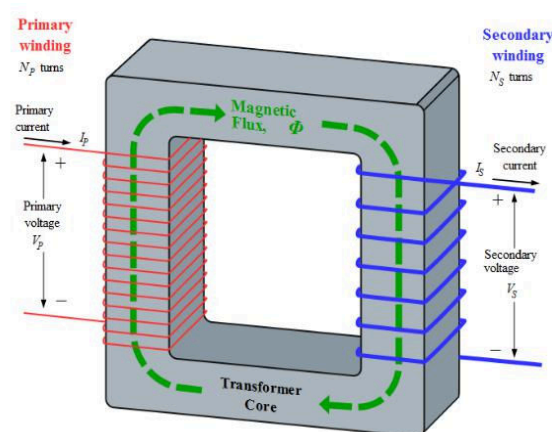
### 1.3 Prinsip Kerja Transformator <sup>4</sup>

Trafo merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama. Trafo menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu hukum ampere dan induksi faraday, dimana perubahan arus atau medan listrik dapat membangkitkan medan magnet dan perubahan medan magnet / fluks medan magnet dapat membangkitkan tegangan induksi.



Gambar 1.4 Prinsip hukum elektromagnetik

Arus AC yang mengalir pada belitan primer membangkitkan flux magnet ( $\phi$ ) yang mengalir melalui inti besi yang terdapat diantara dua belitan, flux magnet tersebut menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial / tegangan induksi.



Gambar 1.5 Elektromagnetik pada trafo

<sup>4</sup> PT.PLN (PERSERO), Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga, Jakarta, 2010, Hal. 1



$$\phi = B \times A \times \cos \theta \dots\dots\dots(2.1)$$

Fluks magnet ini akan menghasilkan tegangan induksi  $\varepsilon$  (Hukum Faraday) sehingga :

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.2)$$

Maka tegangan induksi di kumparan primer sebagai berikut :

$$V_p = -N_p \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.3)$$

Untun tegangan induksi di kumparan sekunder sebagai berikut :

$$V_s = -N_s \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.4)$$

Jika dianggap trafo tersebut ideal maka dapat dinyatakan pada persamaan berikut :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = K \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$V_1$	=	Tegangan Primer	$V_2$	=	Tegangan Sekunder
$N_1$	=	Jumlah Lilitan Primer	$N_2$	=	Jumlah Lilitan Sekunder
$K$	=	Rasio Transformator			

#### 1.4 Konstruksi dan Komponen Transformator<sup>2</sup>

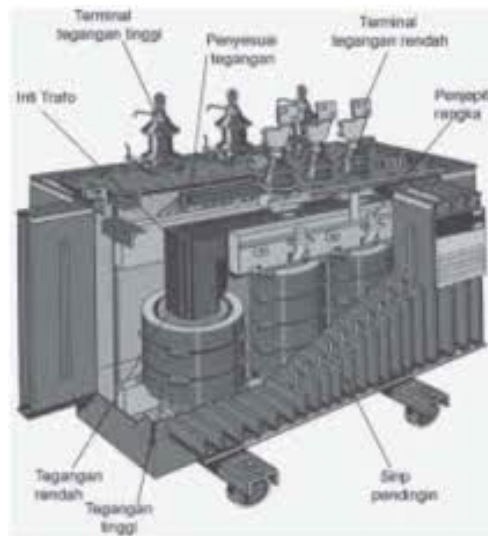
Transformator tiga fasa digunakan untuk sistem jaringan listrik yang berdaya besar, baik pada sistem pembangkitan, transmisi maupun distribusi. Inti trafo berbentuk E-I dengan belitan primer dan sekunder pada semua kaki inti trafo. Terminal sisi tegangan tinggi (primer) tampak dari isolator 10 yang panjang. Terminal tegangan rendah (sekunder) dengan terminal lebih pendek. Trafo ditempatkan dalam rumah trafo yang diisi dengan minyak trafo yang berfungsi sebagai pendingin sekaligus isolasi. Secara berkala minyak trafo diganti. Pendinginan rumah trafo disempurnakan dengan dipasang sirip pendingin agar panas mudah diserap oleh udara luar. Trafo tiga fasa bisa dibangun dari dua buah trafo satu fasa, atau tiga buah trafo satu fasa. Untuk trafo tiga fasa berukuran

<sup>2</sup> PT.PLN (PERSERO), Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga, Jakarta, 2010, Hal. 2

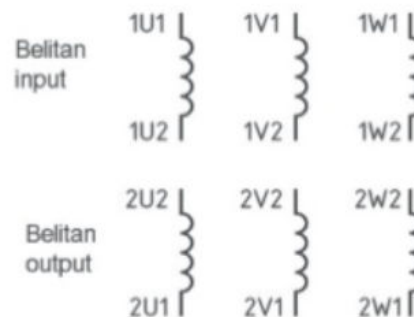


berdaya besar, dibangun dari tiga buah trafo satu fasa, tujuannya jika ada salah satu fasa yang rusak atau terbakar, maka trafo yang rusak tersebut dapat diganti dengan cepat dan praktis.

Transformator tiga fasa mempunyai enam belitan. Tiga belitan sisi primer dan tiga belitan sisi sekunder. Belitan primer diberikan nomor awal 1, belitan 1U1-1U2 berarti primer fasa U. Belitan sekunder yaitu 2U2-2U1. Belitan primer atau sekunder dapat dihubungkan secara bintang atau segitiga.



Gambar 1.6 Bentuk Fisik Transformator Tiga Fasa



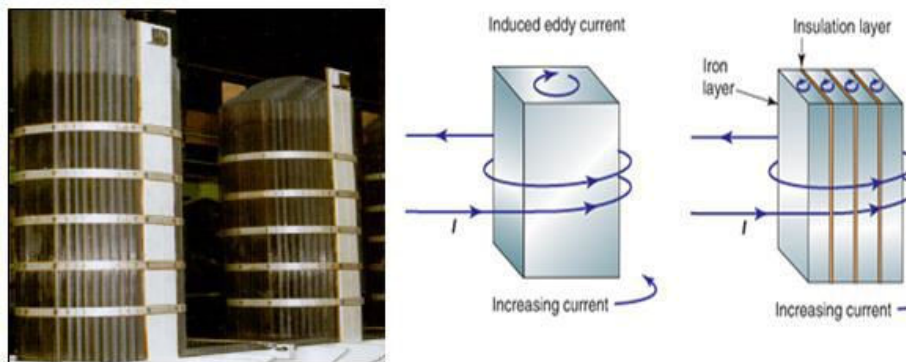
Gambar 1.7 Belitan Primer dan Sekunder Trafo Tiga Fasa

#### 1.4.1 Inti besi

Inti besi digunakan sebagai media mengalirnya flux yang timbul akibat induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga



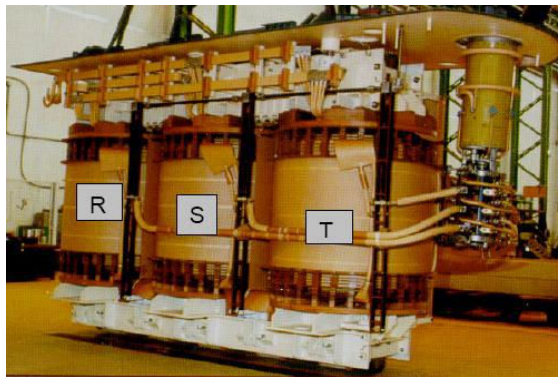
dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan – lempengan besi tipis berisolasi dengan maksud untuk mengurangi *eddy current* yang merupakan arus sirkulasi pada inti besi hasil induksi medan magnet, dimana arus tersebut akan mengakibatkan rugi-rugi (*losses*).



Gambar 1.8 Inti besi

### 1.4.2 Kumparan

Kumparan pada trafo adalah kawat penghantar yang dialiri oleh arus listrik dibagian primer dan sekunder yang dililiti pada inti besi trafo. Untuk mencegah mengalirnya arus dari kumparan tersebut ke inti besi atau bagian lain dari trafo biasanya kawat kumparan tersebut dibatasi dengan isolasi padat seperti pertinax, kertas dan sebagainya. Umumnya pada trafo terdapat kumparan primer dan skunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan arus bolak balik maka pada kumparan tersebut akan terjadi flux. Flux ini memberikan induksi pada tegangan dan apabila pada rangkaian sisi sekunder dihubungkan ke beban maka menghasilkan arus pada belitan/kumparan ini. Jadi kumparan dikatakan sebagai alat transformasi (merubah) tegangan dan arus. Jumlah lilitan pada trafo pada bagian primer dan skunder juga akan menentukan apakah trafo berfungsi sebagai penaik (*step up*) atau penurun tegangan (*step down*).



Gambar 1.9 Kumbaran Trafo

### 1.4.3 Minyak transformator

Minyak trafo berfungsi ganda yaitu menjadi bahan pendingin dan bahan isolasi pada transformator. Minyak sebagai pendingin dipilih karena dapat berfungsi untuk sirkulasi panas dengan baik. Sedangkan sebagai bahan isolasi, minyak berfungsi mengisi ruangan antara kumparan primer dan sekunder sehingga tidak akan menimbulkan *breakdown* antara kumparan tersebut.



Gambar 1.10 Minyak Transformator

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

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



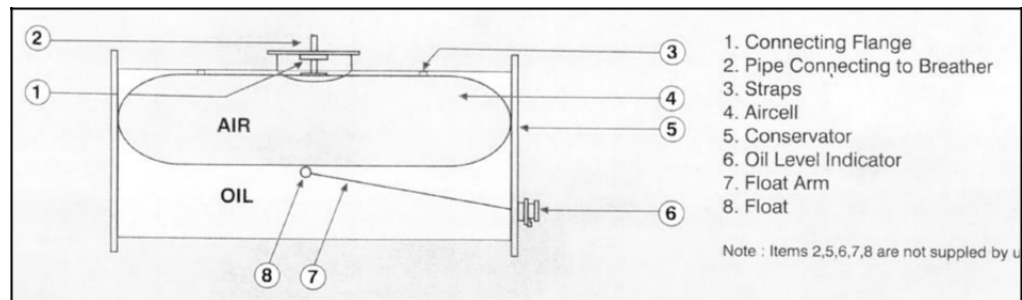


Gambar 1.11 Konservator

Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuaian dan penyusutan minyak, volume udara di dalam konservator pun akan bertambah dan berkurang. Penambahan atau pembuangan udara di dalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi trafo tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar (untuk tipe konservator tanpa *rubber bag*), maka udara yang akan masuk kedalam konservator akan difilter melalui *silica gel* sehingga kandungan uap air dapat diminimalkan.

Gambar 1.12 *Silica gel*

Untuk menghindari agar minyak trafo tidak berhubungan langsung dengan udara luar, maka saat ini konservator dirancang dengan menggunakan *breather bag/rubber bag*, yaitu sejenis balon karet yang dipasang di dalam tangki konservator.



Gambar 1.13 Konstruksi konservator dengan *rubber bag*

*Silica gel* sendiri memiliki batasan kemampuan untuk menyerap kandungan uap air sehingga pada periode tertentu silicagel tersebut harus dipanaskan bahkan perlu dilakukan penggantian. *Dehydrating Breather* merupakan teknologi yang berfungsi untuk mempermudah pemeliharaan *silica gel*, dimana terdapat pemanasan otomatis ketika silicagel mencapai kejenuhan tertentu.



Gambar 1.14 *Dehydrating Breather*



### 1.4.5 Bushing

Hubungan antara terminal kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah peralatan yang dikenal dengan nama bushing isolasi yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator dimana isolator ini melindungi konduktor dengan *body* (badan) trafo. *Bushing* isolasi biasanya terbuat dari bahan porcelain.



Gambar 1.15 *Bushing*

### 1.4.6 Sistem pendingin transformator

Dalam inti besi dan kumparan akan menimbulkan panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Panas ini akan menyebabkan peningkatan suhu yang berlebihan yang dapat merusak isolasi pada transformator. Untuk mengurangi peningkatan suhu transformator tersebut maka perlu dilengkapi dengan alat atau sistem pendingin yang bisa menyalurkan keluar panas transformator tersebut. Media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa udara atau gas, minyak, air dan lain sebagainya.

Pada cara alamiah, pengaliran pendingin sebagai akibat adanya perbedaan suhu media untuk mempercepat perpindahan panas dari media tersebut ke udara keluar diperlukan bidang perpindahan yang lebih luas antar media (minyak, udara, gas) dengan cara melengkapi trafo dengan sirip (radiator). Sedangkan dengan cara paksa, penyaluran panas dipercepat dengan peralatan bantu yaitu *fan*. Menurut cara pendinginannya dapat dilihat dalam tabel 2.1 sebagai berikut:

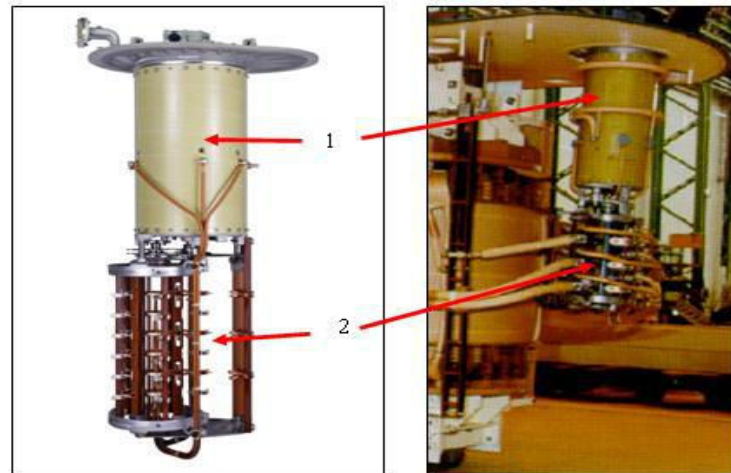


Tabel 1.1 Macam-macam Sistem Pendingin Trafo

NO	Jenis Sistem Pendingin	Media			
		Di Dalam Trafo		Di Luar Trafo	
		Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1	AN	-	-	Udara	-
2	AF	-	-	-	Udara
3	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7	OFWF	-	Minyak	-	Air
8	ONAN/ONAF	Gabungan 3 dan 4			
9	ONAN/OFAN	Gabungan 3 dan 5			
10	ONAN/OFAF	Gabungan 3 dan 6			
11	ONAN/OFWF	Gabungan 3 dan 7			

#### 1.4.7 Tap changer

*Tap Changer* adalah alat pengubah perbandingan lilitan dari transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang diinginkan dari tegangan jaringan primer yang berubah – ubah. *Tap changer* yang hanya dapat dioperasikan untuk memindahkan tap trafo didalam keadaan tak berbeban yang disebut dengan *off load tap changer* dan hanya dapat dioperasikan secara manual. *Tap changer* yang dapat beroperasi dalam keadaan mempunyai beban disebut *on load tap changer*(OLTC) sehingga dapat dioperasikan secara otomatis.



Gambar 1.16 OLTC pada Transformator

#### 1.4.8 Proteksi transformator

##### A. Rele *Bucholz*

Pada saat trafo mengalami gangguan internal yang berdampak kepada suhu yang sangat tinggi dan pergerakan mekanis di dalam trafo, maka akan timbul tekanan aliran minyak yang besar dan pembentukan gelembung gas yang mudah terbakar. Tekanan atau gelembung gas tersebut akan naik ke konservator melalui pipa penghubung dan rele *bucholz*.

Tekanan minyak maupun gelembung gas ini akan dideteksi oleh rele *bucholz* sebagai indikasi telah terjadinya gangguan internal.

Gambar 1.17 Rele *Bucholz*



### B. Rele *Jansen*

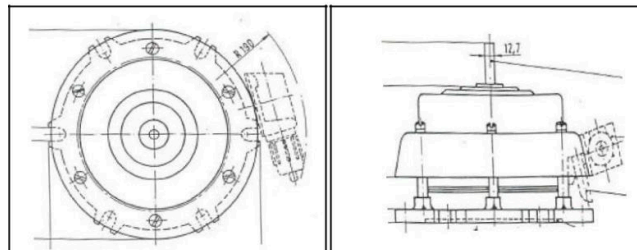
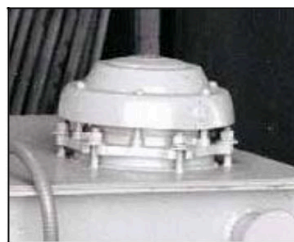
Sama halnya seperti rele *Bucholz* yang memanfaatkan tekanan minyak dan gas yang terbentuk sebagai indikasi adanya ketidaknormalan/ gangguan, hanya saja rele ini digunakan untuk memproteksi kompartemen OLTC. Rele ini juga dipasang pada pipa saluran yang menghubungkan kompartemen OLTC dengan konservator.



Gambar 1.18 Rele *Jansen*

### C. Rele *Sudden Pressure*

Rele *sudden pressure* ini di desain sebagai titik terlemah saat tekanan didalam trafo muncul akibat gangguan. Dengan menyediakan titik terlemah maka tekanan akan tersalurkan melalui sudden pressure dan tidak akan merusak bagian lainnya pada *main tank*.



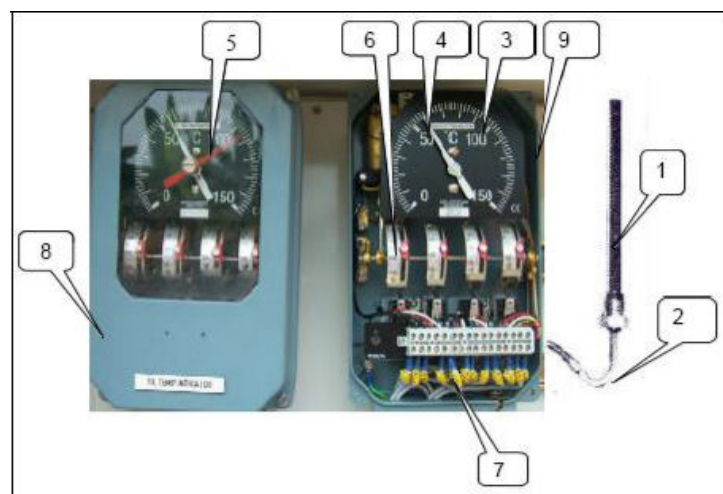
Gambar 1.19 Rele *Sudden Pressure*



#### D. Rele *Thermal*

Suhu pada trafo yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, rugi-rugi pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada trafo.

Untuk mengetahui suhu operasi dan indikasi ketidaknormalan suhu operasi pada trafo digunakan relai thermal. Rele *thermal* ini terdiri dari sensor suhu berupa *thermocouple*, pipa kapiler dan meter penunjukan.



#### Keterangan :

1. Sensor Suhu
2. Pipa Kapiler
3. Skala Meter
4. Jarum Putih (penunjukan suhu setiap saat)
5. Jarum merah (penunjukan suhu max tercapai)
6. Piringan Cakram
7. Terminasi Kabel
8. Tutup Thermometer
9. Packing / Gasket

Gambar 1.20 Bagian – bagian dari rele *thermal*

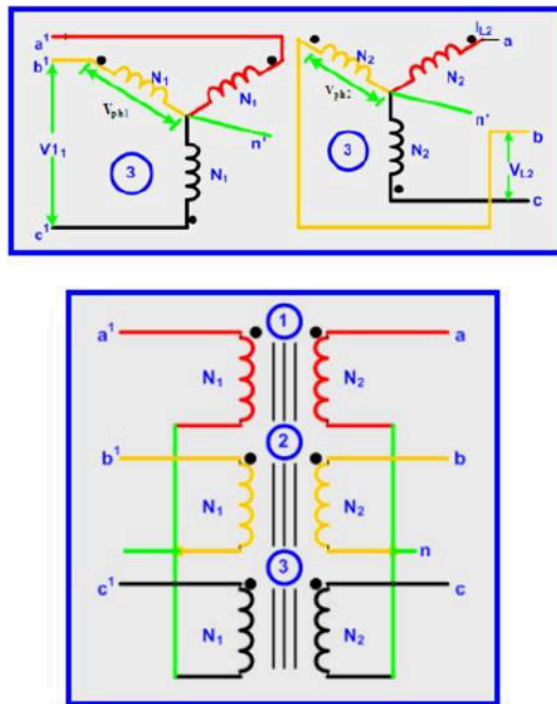
## 1.5 Hubungan Transformator<sup>4</sup>

### 1.5.1 Hubungan bintang-bintang (Y-Y)

Hubungan jenis ini akan lebih ekonomis untuk arus nominal yang lebih kecil. Total dari lilitan setiap fasa dan isolasi dengan batas minimum karena tegangan fasa

<sup>4</sup> Mochtar Wijaya, Dasar-dasar mesin listrik, Jakarta, 2001, Hal 106

$1/\sqrt{3}$  tegangan jala-jala (*Line*), juga tak ada perubahan fasa antara tegangan tinggi dengan rendah. Bila beban pada sisi sekunder dari transformator tak seimbang, maka tegangan fasa dari sisi beban akan berubah kecuali titik bintang dipentanhankan.



Gambar 1.21 Hubungan Bintang-Bintang (Y – Y)

Rumus perhitungan tegangan dan arus pada sisi primer dan sekunder trafo hubungan bintang-bintang :

Sisi Primer :  $V_{ph1} = \frac{V_{L1}}{\sqrt{3}}$  Volt.....(2.6)

$I_{L1} = I_{ph1}$  Ampere.....(2.7)

Sisi Sekunder :  $V_{ph2} = \frac{V_{L2}}{\sqrt{3}}$  Volt.....(2.8)

$I_{L2} = I_{ph2}$  Ampere.....(2.9)

Rasio :  $K = \frac{V_{ph1}}{V_{ph2}}$ .....(2.10)

**1.5.2 Hubungan segitiga-segitiga ( $\Delta$ - $\Delta$ )**

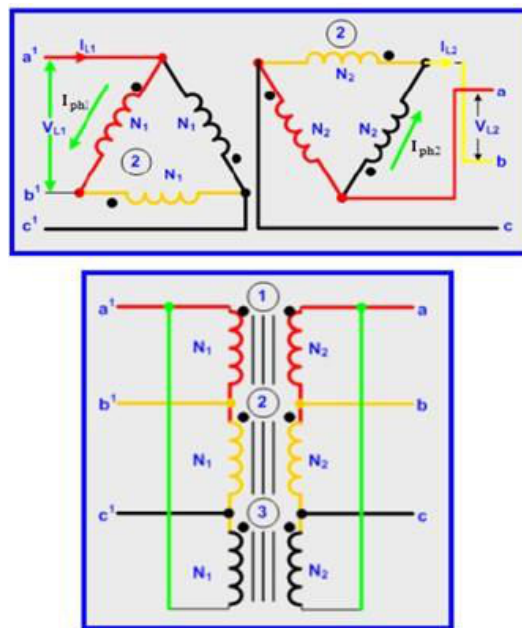
Hubungan ini pada umumnya digunakan ke dalam sistem yang menyalurkan arus besar pada tegangan sekunder dan terutama saat kesinambungan dari





pelayanan harus dipelihara meskipun satu fasa mengalami kegagalan. Beberapa keuntungan dari hubungan segitiga-segitiga adalah :

- 1) Tidak terjadi perubahan pada fasa antara tegangan tinggi dengan rendah.
- 2) Berkurangnya luas penampang dari konduktor karena arus fasa  $1/\sqrt{3}$  arus jala-jala.
- 3) Pada sisi tegangan rendah tidak terjadi beban tak seimbang.



Gambar 1.22 Hubungan segitiga-segitiga ( $\Delta$ - $\Delta$ )

Rumus perhitungan tegangan dan arus pada sisi primer dan sekunder trafo hubungan segitiga-segitiga :

$$\text{Sisi Primer} : V_{ph1} = V_{L1} \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$I_{L1} = \sqrt{3} I_{ph1} \text{ Ampere} \dots \dots \dots (2.12)$$

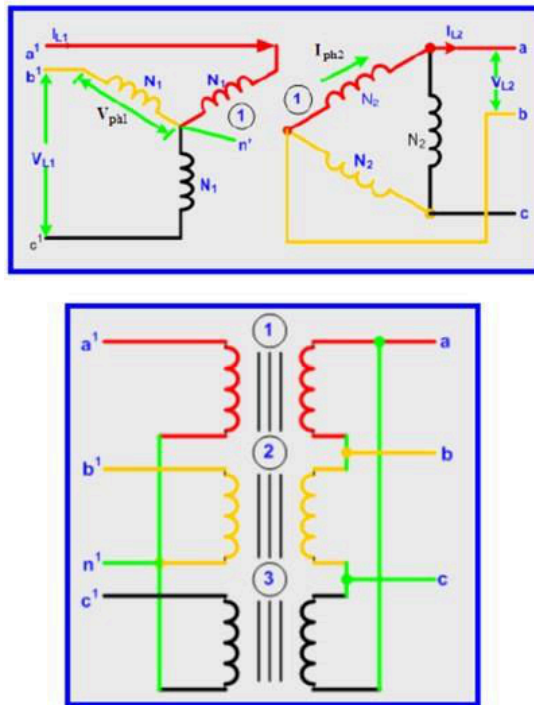
$$\text{Sisi Sekunder} : V_{ph2} = V_{L2} \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$I_{L2} = \sqrt{3} I_{ph2} \text{ Ampere} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\text{Rasio} : K = \frac{V_{ph1}}{V_{ph2}} \dots \dots \dots (2.15)$$

### 1.5.3 Hubungan bintang-segitiga (Y-Δ)

Hubungan transformator tipe ini biasanya digunakan untuk penurun tegangan (*Step Down*) untuk jaringan transmisi. Dalam hubungan bintang segitiga ini, perbandingan tegangan jala-jala  $1/\sqrt{3}$  kali perbandingan lilitan transformator dan tegangan sekunder tertinggal 30 derajat dari tegangan primer.



Gambar 1.23 Hubungan Bintang-Segitiga (Y-Δ)

Rumus perhitungan tegangan dan arus pada sisi primer dan sekunder trafo hubungan bintang-segitiga :

Sisi Primer :  $V_{ph1} = \frac{V_{L1}}{\sqrt{3}}$  Volt.....(2.16)

$I_{L1} = I_{ph1}$  Ampere.....(2.17)

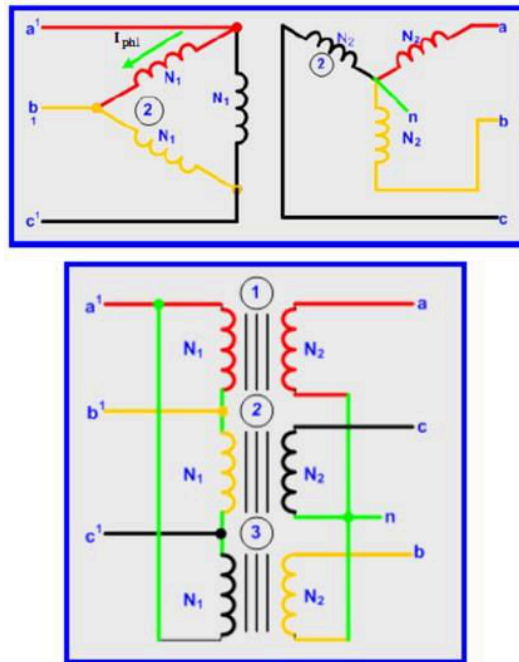
Sisi Sekunder :  $V_{ph2} = V_{L2}$  Volt.....(2.18)

$I_{ph2} = \frac{I_{L2}}{\sqrt{3}}$  Ampere.....(2.19)

Rasio :  $K = \frac{V_{ph1}}{\sqrt{3} V_{ph2}}$  .....(2.20)

**1.5.4 Hubungan segitiga-bintang (Δ-Y)**

Hubungan seperti ini umumnya digunakan untuk menaikkan tegangan (*Step Up*), misalnya pada awal sistem transmisi tegangan tinggi. Dalam hubungan ini perbandingan tegangan  $\sqrt{3}$  kali perbandingan lilitan transformator dan tegangan sekunder mendahului sebesar  $30^\circ$ .



Gambar 1.24 Hubungan Segitiga-Bintang (Δ-Y)

Rumus perhitungan tegangan dan arus pada sisi primer dan sekunder trafo hubungan segitiga-bintang :

Sisi Primer :  $V_{ph1} = V_{L1}$  Volt.....(2.21)

$I_{ph1} = \frac{I_{L1}}{\sqrt{3}}$  Ampere.....(2.22)

Sisi Sekunder :  $V_{ph2} = \frac{V_{L2}}{\sqrt{3}}$  Volt.....(2.23)

$I_{ph2} = I_{L2}$  Ampere.....(2.24)

Rasio :  $K = \frac{V_{ph1} \sqrt{3}}{V_{ph2}}$  .....(2.25)



## 1.6 Pengujian *Transformer Turn Ratio* (TTR)<sup>2</sup>

TTR adalah salah satu metode pengujian dari ratio test yang bertujuan untuk mendiagnosa dari hasil pengukuran apabila ada kegagalan antar belitan dan bagian – bagian dari sistem isolasi transformator. Pengujian TTR mendeteksi kemungkinan hubung singkat (*short circuit*) antar lilitan atau lilitan yang putus maupun ketidaknormalan yang terjadi pada tap changer di transformator.

Metode pengujiannya yaitu dengan memberikan tegangan variabel pada sisi belitan primer (HV) dan melihat nilai tegangan yang muncul pada sisi belitan sekunder (LV). Hasil pengujian tersebut diinterpretasikan dengan cara membandingkan nilai tegangan dari sumber dengan tegangan yang muncul maka didapatkan nilai rasio perbandingannya.

### 1.6.1 Standar pengujian *transformer turn ratio* (TTR)

Analisa hasil pengujian ratio test adalah membandingkan hasil pengukuran dengan *name plate ratio* tegangan pada trafo dengan batasan kesalahan sebesar kurang dari  $\pm 0,5\%$  (SK.DIR 0520).

Adapun untuk menghitung besaran kesalahan (maksimum deviasi) pada hasil pengukuran ratio trafo sebagai berikut :

$$\text{Max Deviasi} = \frac{\text{Ratio terukur} - \text{Ratio nameplate}}{\text{Ratio nameplate}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.26)$$

<sup>2</sup> PT.PLN (PERSERO), Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga, Jakarta, 2010, Hal. 90