

BAB II

PENGARUH BEBAN TIDAK SIMETRIS TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR

2.1 Tinjauan Pustaka

Di Indonesia, menurut Abdul Kadir (2006), tegangan yang dihasilkan Pembangkit tenaga listrik berkisar 6kV s.d 20 kV, kemudian karena letak pembangkit tenaga listrik jauh dari konsumen, maka energi listrik harus diangkut melalui saluran transmisi dengan tegangan yang dinaikkan dengan transformator *step up* menjadi 70 kV, 150 kV, 275 kV dan bahkan untuk tegangan ekstra tinggi 500 kV. Kemudian, setelah mendekat kepada pemakai tenaga listrik, maka tegangan diturunkan dengan transformator *step down* menjadi tegangan menengah 20 kV yang dilakukan di GI, ini disebut sebagai saluran distribusi primer, kemudian melalui transformator distribusi diturunkan menjadi tegangan rendah, yakni 220/380 Volt yang kemudian disebut sistem distribusi sekunder.

Bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan konsumen adalah sistem distribusi. Juga sistem distribusi adalah bagian sistem tenaga listrik yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan.

Dalam penelitian ini yang berjudul “Pengaruh Beban yang Tidak Simetris pada Transformator CNK3 PT. PLN (Persero) Area Ciputat” ini akan membahas tentang pengaruh beban tidak simetris terhadap efisiensi transformator

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

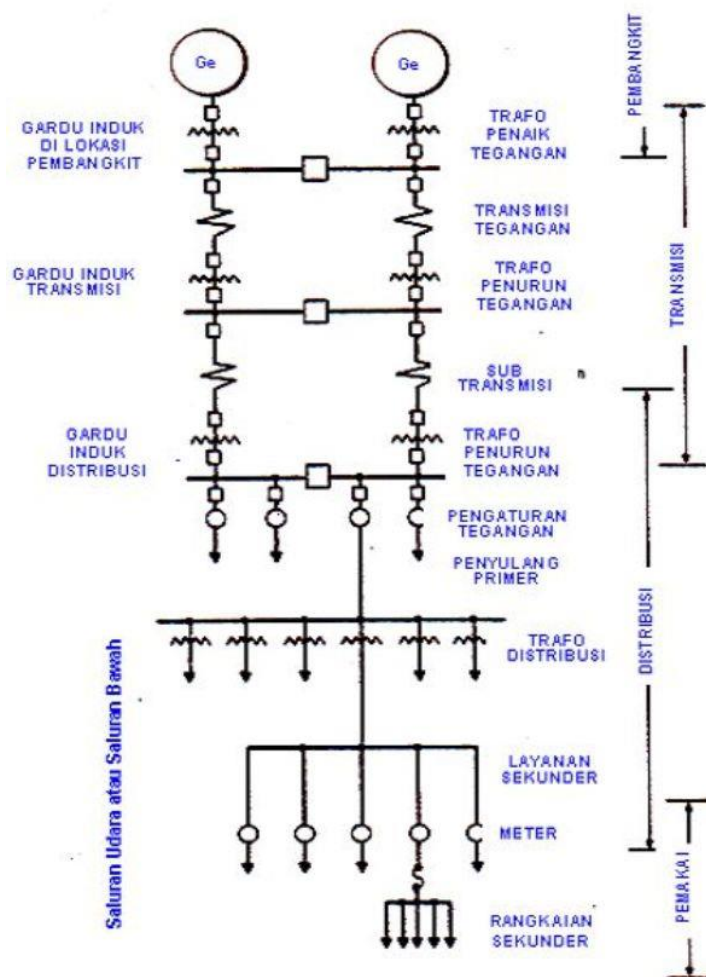
Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah :

- 1) Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat pelanggan
- 2) Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat – pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2 R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu – gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen – konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo – trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain berbahaya bagi lingkungan dan mahal nya harga perlengkapan – perlengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah – daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo step – down. Akibatnya bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian – bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda – beda.



Gambar 2.1. Konfigurasi Sistem Tenaga Listrik

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan - pembatasan seperti pada gambar diatas:

Daerah I : Bagian pembangkitan (Generation)

Daerah II : Bagian penyaluran (Transmission) , bertegangan tinggi

Daerah III : Bagian distribusi primer, bertegangan menengah (6 atau 20 kV)

Daerah IV : (Di dalam bangunan paga beban / konsumen) , instalasi, bertegan rendah

Sistem distribusi di bedakan menjadi dua yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder :

a. Jaringan Sistem Distribusi Primer

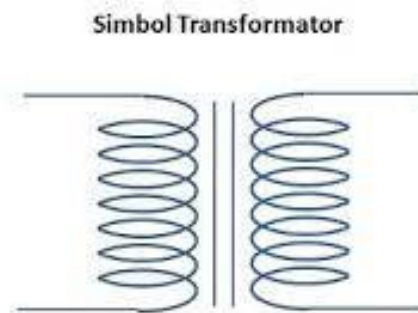
Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

b. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik.

2.2.2 Transformator

Transformator atau sering disingkat dengan istilah trafo adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari pengubahan taraf tersebut diantaranya seperti menurunkan Tegangan AC dari 220V AC ke 12 V AC ataupun menaikkan Tegangan dari 110V AC ke 220 V AC. Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Transformator (Trafo) memegang peranan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Transformator menaikkan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt untuk di distribusikan, dan kemudian Transformator lainnya menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan yang diperlukan oleh setiap rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan Tegangan AC 220Volt.



Gambar 2.2 Simbol Transformator

2.2.3 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah sebagai berikut. Ketika Kumpanan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumpanan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang

berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*).

Ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumparan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan berubah polaritasnya.

Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

V_p = tegangan primer (volt)

V_s = tegangan sekunder (volt)

N_p = jumlah lilitan primer

N_s = jumlah lilitan sekunder

Berdasarkan perbandingan antara jumlah lilitan primer dan jumlah lilitan skunder transformator ada dua jenis yaitu:

1. Transformator *step up* yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik rendah menjadi tinggi, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan sekunder lebih banyak daripada jumlah lilitan primer ($N_s > N_p$).
2. Transformator *step down* yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik tinggi menjadi rendah, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder ($N_p > N_s$).

Pada transformator (trafo) besarnya tegangan yang dikeluarkan oleh kumparan sekunder adalah:

1. Sebanding dengan banyaknya lilitan sekunder ($V_s \sim N_s$).
2. Sebanding dengan besarnya tegangan primer ($V_s \sim V_p$).
3. Berbanding terbalik dengan banyaknya lilitan primer

2.2.4 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 arus listrik atau pemadaman). Pemadaman merupakan suatu kegiatan yang menyebabkan biaya – biaya pembangkitan akan meningkat tergantung biaya kWH yang tidak terjual. Pemilihan rating trafo distribusi yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban akan menyebabkan efisiensi menjadi kecil, begitu juga dengan penempatan lokasi trafo distribusi yang tidak cocok mempengaruhi drop tegangan ujung pada konsumen atau jatuhnya / turunnya tegangan ujung saluran (konsumen).

Transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan transmisi menengah 20 kV ketegangan distribusi 220 / 380 V sehingga peralatannya adalah unit trafo (3 phase). Beberapa komponen trafo distribusi antara lain :

1. Kumparan Tersier

Selain primer dan sekunder ada beberapa trafo yang dilengkapi dengan kumparan ketiga atau tertiary winding. Ini diperlukan untuk memperoleh tegangan tersier atau untuk kebutuhan lain. Kumparan tersier sering dipergunakan juga untuk penyambungan peralatan bantu seperti kondensator synchrone, kapasitor shunt dan reactor shunt.

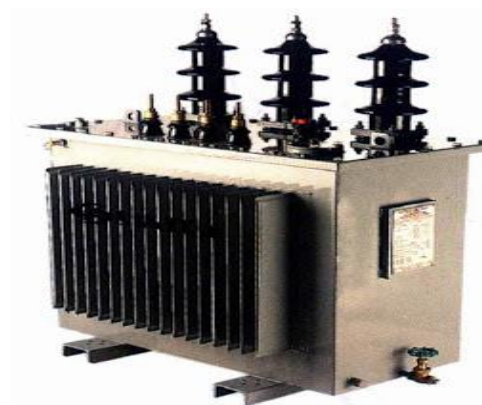
2. Media Pendingin

Minyak trafo harus memenuhi syarat diantaranya :

- a. Ketahanan isolasi ($> 10 \text{ kV / mm}$)

- b. Berat jenis harus kecil
 - c. Viskositas rendah
 - d. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan
 - e. Tidak merusak bahan isolasi padat
3. Tap Changer (perubah tap)

Tap changer adalah perubah perbandingan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder sesuai dengan yang diinginkan dari tegangan jaringan / primer yang berubah – ubah. Tap changer dapat dioperasikan baik dalam keadaan berbeban (on – load) atau dalam keadaan tidak berbeban (off - load),tergantung jenisnya.



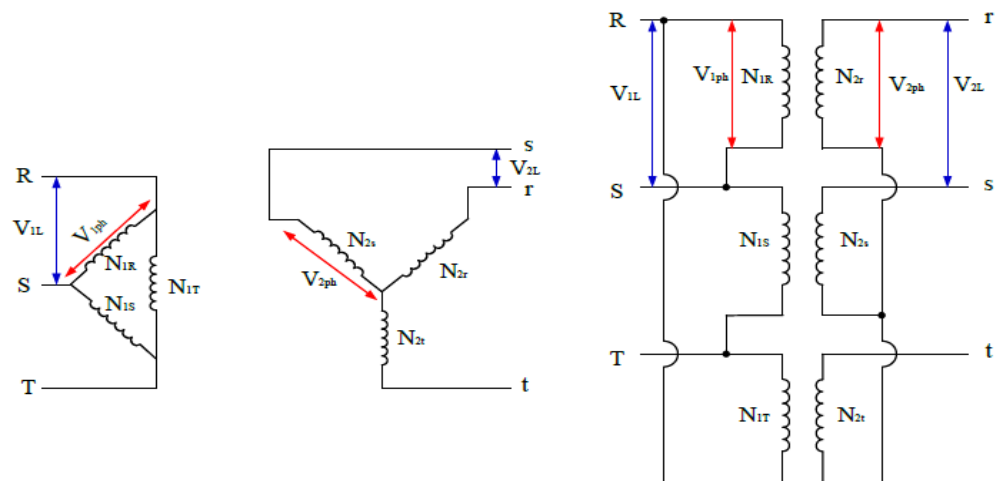
Gambar 2.3 Trafo Distribusi

2.2.4.1 Hubungan Lilitan Transformator Distribusi

Pada transformator distribusi yang di pakai adalah hubungan lilitan Δ -Y karena di gunakan untuk menurunkan tegangan transmisi ke tegangan rendah. Tegangan kawat ke kawat primer sama dengan tegangan phasa primer ($V_{LP}=V_{phP}$), dan tegangan sisi sekundernya ($V_{LS}=\sqrt{3}V_{phS}$), maka perbandingan tegangan pada hubungan Δ -Y adalah :

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{PHP}}{\sqrt{3} V_{PHS}} = \frac{a}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Transformator hubungan Δ -Y dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Hubungan transformator 3 phasa Δ -Y

Berdasarkan gambar diagram phasor terlihat pada transformator hubungan Delta-Wye (Δ -Y) ini tegangan sisi sekunder mengalami pergeseran 30° mendahului (lead) terhadap tegangan disisi primer.

Karakteristik transformator hubungan Delta-Wye (Δ -Y) sama dengan transformator hubungan Wye-Delta (Y- Δ). Dengan memperhatikan ketahanan insulation, transformator hubungan Delta-Wye (Δ -Y) bisa digunakan baik sebagai transformator step-up (penaik tegangan), namun secara umum banyak digunakan pada aplikasi step-down (penurun tegangan).

Dengan adanya titik netral pada sisi sekunder, transformator hubungan Wye-Delta (Y- Δ) banyak digunakan sebagai transformator distribusi, karena bisa menyuplai beban tiga phasa maupun satu phasa. Sedangkan hubungan delta di sisi primer dapat meminimalkan beban tidak seimbang yang sering dihadapi pada setiap transformator distribusi.

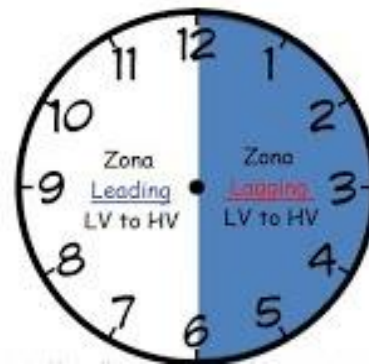
2.2.5 Vektor Group

Vektor Group trafo terbentuk dari hubungan belitan trafo belitan HV dengan belitan LV. Vektor untuk tegangan tinggi HV diambil sebagai vektor referensi. Pergeseran fasa yang terbentuk pada vektor belitan tegangan rendah LV besarnya mengacu pada vektor referensi tegangan HV, dengan rotasi pergeseran berlawanan arah jarum jam, besarnya sudut pergeseran diwakili oleh penggunaan notasi angka jam

Pergeseran Fasa	Koneksi (Vektor Group Trafo)		
0	Yy0	Dd0	Dz0
30 lag	Yd1	Dy1	Yz1
60 lag		Dd2	Dz2
120 lag		Dd4	Dz4
150 lag	Yd5	Dy5	Yz5
180 lag	Yy6	Dd6	Dz6
150 lead	Yd7	Dy7	Yz7
120 lead		Dd8	Dz8
60 lead		Dd10	Dz10
30 lead	Yd11	Dy11	Yz11

Gambar 2.5 Tabel Koneksi Vektor Group Transformator

Dari tabel diatas ada istilah lag atau lagging artinya LV tertinggal dari HV, dan istilah Lead atau Leading artinya LV mendahului HV. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini :



Zona Lagging : jam 12 - jam 6 (0 - 180 derajat)
 LV tertinggal terhadap HV
 Zona Leading : jam 6 - jam 12 (180 - 0 derajat)
 LV mendahului terhadap HV

Gambar 2.6 Zona Lag dan Lead Jam Trafo

Gambar diatas menjelaskan zona jam kondisi lagging dan leading LV terhadap HV, dimana pada zona lagging terletak pada angka jam 1 s/d 6, pergeseran sudut dihitung dari titik referensi 0 derajat atau jam 12 searah putaran jam. Setiap pergeseran 1 angka jam mewakili 30 derajat. Sedangkan untuk zona leading terletak pada jam 6 s/d jam 11, pergeseran sudut dihitung dari titik referensi 0 derajat atau jam 12 dihitung berlawanan arah putaran jarum jam.

Contoh :

Digit 0 = 0° bahwa fasor LV sefase dengan fasor HV

Digit 1 = 30° lagging (LV HV tertinggal sebesar 30°)

Digit 11 = 30° leading (LV mendahului HV sebesar 30°) atau juga bisa dibaca lagging 330°

Digit 5 = 150° lagging (LV HV tertinggal sebesar 150°) atau bisa juga dibaca lagging 210°

Digit 6 = 180° lagging (LV HV tertinggal sebesar 180°) atau bisa juga dibaca lagging 180°

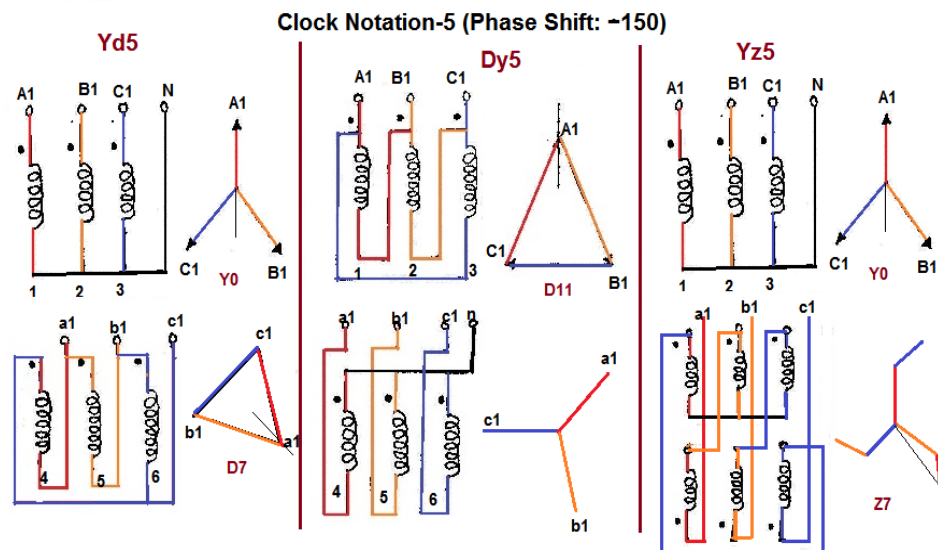
Jadi jika pembacaan sudut yang terbentuk dari angka jam tersebut dihitung searah putaran jarum jam dari titik referensi jam 12 maka bisa dibaca lagging atau tertinggal LV terhadap HV sebesar sudut notasi angka jam dikalikan 30° . Sebaliknya jika pembacaan sudut dilakukan berlawanan arah jarum jam dari titik referensi jam 12 maka bisa dibaca leading atau mendahului LV terhadap HV sebesar sudut notasi jam dikalikan 30° .

Pergeseran sudut fasa ini sangat penting diketahui sebagai salah satu syarat untuk paralel trafo. Trafo yang akan diparalel harus mempunyai pergeseran sudut fasa yang sama antara LV terhadap HV, dengan kata lain transformator yang akan diparalel dengan transformator lainnya harus mempunyai vektor group yang sama.

2.2.5.1 Vektor Group Transformator CNK3 (Notasi Jam 5)

Vektor Group Yd5 terbentuk dengan vektor referensi HV hubungan Y0. Untuk membentuk vektor LV sesuai dengan referensi HV dan notasi jamnya, maka pergeseran fasa di LV adalah sebesar 5 langkah notasi jam yaitu $5 \times 30^\circ$ dihitung dari rotasi titik referensi di belitan HV yaitu jam 0 dengan rotasi pergeseran berlawanan arah putaran jarum jam sebesar 5 langkah notasi jam akan diperoleh jam 7, sehingga pada vektor LV akan didapat hubungan belitan d7.

Vektor Group Dy5 terbentuk dengan vektor referensi HV hubungan D11. Untuk membentuk vektor LV sesuai dengan referensi HV dan notasi jamnya, maka pergeseran fasa di LV adalah sebesar 5 langkah notasi jam yaitu $5 \times 30^\circ$ dihitung dari rotasi titik referensi di belitan HV yaitu jam 11 dengan rotasi pergeseran berlawanan arah putaran jarum jam sebesar 5 langkah notasi jam akan diperoleh jam 6, sehingga pada vektor LV akan didapat hubungan belitan y6.



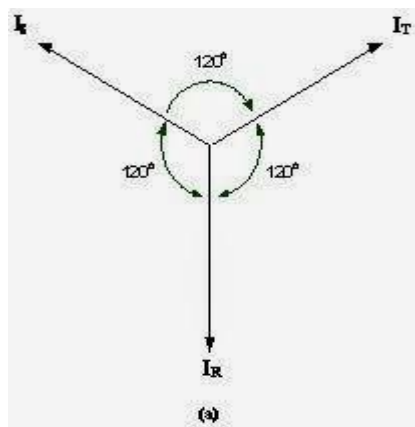
Gambar 2.7 Vektor Group Notasi Jam 5

2.2.6 Ketidakseimbangan Beban

2.2.6.1 Pengertian Beban Tidak Seimbang

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan dimana :

- Ketiga vektor arus / tegangan adalah sama besar
- Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain,

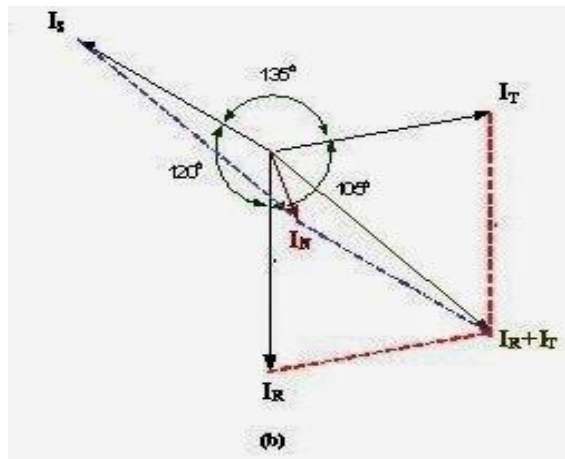


Gambar 2.8 Diagram arus keadaan seimbang

Dari gambar di atas menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R I_S I_T) adalah sama dengan nol. Sehingga tidak muncul arus netral.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan dimana salah satu atau kedua syarat keadaan setimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada tiga yaitu :

- Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain
- Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain
- Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.



Gambar 2.9 Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang

Dari gambar di atas menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan tidak seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R I_S I_T) adalah tidak sama dengan nol sehingga muncul suatu besaran yaitu arus netral (I_N) yang

besarnya bergantung pada seberapa besar faktor ketidakseimbangannya.

2.2.7 Rugi-rugi Daya Transformator

Pada dasarnya energi listrik yang dimasukkan ke transformator tidak sama dengan energi listrik yang dikeluarkan dari transformator tersebut. Hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi yaitu adanya arus yang hilang saat melewati trafo tersebut. Rugi-rugi daya dapat dibagi menjadi dua yaitu rugi inti (P_i) dan rugi tembaga (P_{cu}). Pada kondisi beban nol, rugi-rugi yang terjadi hanyalah rugi inti. Rugi inti tidak berpengaruh dengan adanya perubahan beban. Besarnya rugi inti dari beban nol sampai beban penuh nilainya sama, dengan asumsi tegangan primer tidak berubah atau konstan.

2.2.7.1 Rugi-rugi Inti (Besi)

Rugi-rugi inti (P_i) dapat di golongkan kepada dua bagian yaitu rugi histerisis dan rugi eddy current (arus pusar). Jadi rugi inti dapat dituliskan dalam persamaan:

$$P_i = P_h + P_e \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

P_i = rugi inti (watt)

P_h = rugi histerisis

P_e = rugi eddy current

1. Rugi Histerisis (P_h)

Rugi histerisis adalah rugi yang disebabkan oleh fluks (Φ) bolak-balik pada inti besi. Pada besi yang mendapat fluks bolak-balik, rugi histerisis per cycle berbanding dengan luas lup (jerat) histerisis. Rugi histerisis dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$P_h = K_h \cdot f \cdot B^n m \text{ (watt)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

K_h = konstanta histerisis

f = frekuensi (Hz)

B_m = kerapatan fluks maksimum (Tesla)

2. Rugi Eddy Current (Arus Pusar)

Rugi ini disebabkan oleh arus yang terinduksi di inti. Adapun arus pusar ini ditentukan oleh tegangan induksi pada inti yang menghasilkan perubahan fluks magnetik. Pada dasarnya induksi tegangan di besi ini sama seperti pada transformator (dapat dianggap bahwa tiap lempeng besi adalah sekunder yang terhubung singkat), maka emf induksi di inti akan berbanding dengan fluks ($e = 4,44 f n \Phi_m$).

Impedansi dari inti yang di aliri arus dapat dianggap konstan untuk laminasi yang tipis dan tidak tergantung pada frekuensi, untuk frekuensi rendah atau frekuensi daya listrik, jadi:

$$P_e = K_e \cdot f^2 \cdot B_m^2 \quad (\text{watt}) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

P_e = rugi eddy current

K_e = konstanta

Jadi rugi-rugi inti adalah:

$$P_f = P_h + P_e = K_h \cdot f \cdot B_m^n + K_e \cdot f^2 \cdot B_m^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : P_f = rugi total inti (watt).

2.2.7.2 Rugi-Rugi Tembaga (P_{cu})

Rugi-rugi tembaga terjadi karena resistansi dalam belitan. Rugi-rugi tembaga akan berbanding lurus dengan besarnya beban sehingga meningkatnya arus beban akan meningkatkan rugi-rugi tembaga juga

Rugi-rugi tembaga ini dapat di tuliskan dalam persamaaan sebagai berikut:

$$P_{cu} = I^2 R \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

P_{cu} = rugi-rugi tembaga

I = arus (Ampere)

R = tahanan (Ohm)

2.2.8 Rugi-rugi Akibat Arus Netral Pada Transformator

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalirlah arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan losses (rugi-rugi).Rugi-rugi pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \times R_N \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

P_N = Rugi-rugi yang timbul pada penghantar netral (watt)

I_N = Arus yang mengalir melalui kawat netral (Ampere)

R_N = Tahanan pada kawat netral (Ohm)

Sedangkan losses yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (ground) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \times R_G \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

P_G = Rugi-rugi akibat arus netral mengalir ke tanah (watt)

I_G = Arus netral yang mengalir ke tanah (Ampere)

R_G = Tahanan pembumian netral trafo (Ohm)

2.2.9 Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya output yang dihasilkan dibanding dengan daya input masukannya.

$$\eta = \frac{\text{Daya Keluar}}{\text{Daya Masuk}} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \text{ atau } \eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana

η =Efisiensi transformator (%)

P_s = daya pada kumparan sekunder (W)

P_p = daya pada kumparan primer (W)

I_s = kuat arus pada kumparan sekunder (A)

I_p = kuat arus pada kumparan primer (A)

2.2.10 Data Gardu CNK3

Gardu CNK3 merupakan gardu portal yang terletak di JL. Pahlawan Cinangka dengan kapasitas transformator sebesar 400 kVA dengan merk STARLITE, gardu CNK3 dialiri oleh penyulang BUNGSU dari GI GANDUL, gardu ini memiliki 4 feeder aktif yaitu Jurusan A, B , C dan D.

Berikut adalah spesifikasi dari transformator STARLITE pada gardu CNK3 dengan kapasitas 400 kVA

Tabel 2.1 Spesifikasi Trafo yang Digunakan pada CNK 3

Capacity	400 kVa
Primary Voltage	20 kV
Secondary Voltage	0,4 kV
Vector Group	Dyn5
No load losses at nominal voltage	925 Watts
On load losses at principal tapping Impedance voltage	6100 Watts