BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Transformator distribusi

Transformator distribusi yang sering digunakan adalah jenis transformator step up down 20/0,4 kV dengan tegangan fasa sistem JTR adalah 380 Volt karena terjadi drop tegangan maka tegangan pada rak TR dibuat diatas 380 Volt agar tegangan pada ujung beban menjadi 380 Volt.

Pada kumparam primer mengalir arus jika dihubungkan ke sumber listrik arus bolak balik, sehingga pada inti transformator yang terbuat dari bahan feromagnet akan terbentuk sejumlah garis-garis gaya magnet (fluks = Φ)

Karena arus yang mengalir adalah arus arus bolak balik maka fluks yang terbentuk pada inti akan mempunyai arah dan jumlah yang berubah-berubah. Jika arus yang mengalir berbentuk sinus maka fluks yang dihasilkan akan berbentuk sinus. Hal ini dikarenakan fluks mengalir melalui inti dimana pada inti tersebut terdapat lilitan primer dan lilitan sekunder maka pada lilitan primer dan lilitan sekunder akan timbul GGL (gaya gerak listrik) induksi, namun arah GGL induksi primer berlawanan dengan arah GGL induksi sekunder.

2.1.1. Bentuk dan kontruksi tranformator

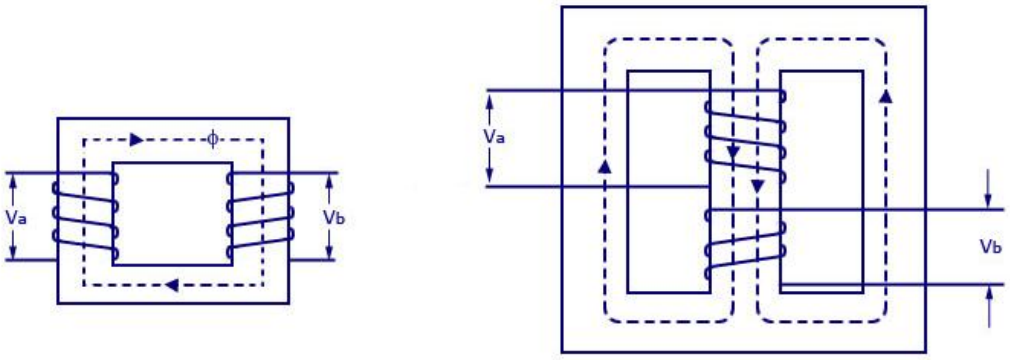
Kontruksi transformator distribusi terdiri dari beberapa bagian:

1. Inti, terbuat dari lempengan-lempengan pelat besi lunak atau baja silikon yang di klem menjadi satu.
2. Belitan, terbuat dari tembaga yang letaknya dibelitkan pada inti dengan bentuk spiral atau konsentrik.
3. Sistem pendinginan, bagian ini terdapat pada transformator berkapasitas besar).

4. Bushing, berfungsi untuk menghubungkan rangkaian dalam dari transformator ke rangkaian luar (terdapat pada ransformator daya).
5. Arrester, sebagai pengaman trafo terhadap tengangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir dan switching (SPLN se. 002/PST/73).

Bila dilihat dari letak belitannya, maka transformator terdiri dari:

1. Transformator jenis inti (core type), yaitu transformator dengan belitan mengelilingi inti.
2. Transformator jenis cangkang (shell type), inti transformator ini mengelilingi belitannya.

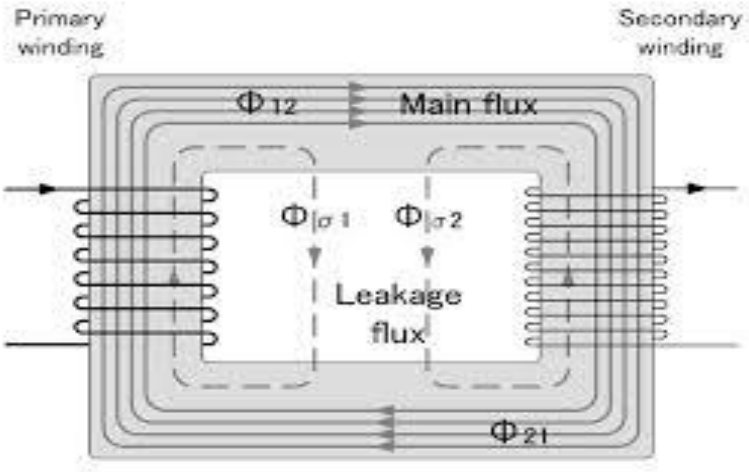


Gambar 2.1 tipe transformator

2.1.2. Prinsip kerja transformator

Prinsip kerja transformator dapat dijelaskan berdasarkan hukum ampere dan hukum faraday yaitu arus listrik menimbulkan medan magnet dan sebaliknya. Gambar prinsip kerja transformator dapat dilihat pada gambar 2.2

Pada sisi kumparan primer transformator diberi arus bolak balik sehingga akan timbul sejumlah garis-garisgaya magnet atau fluksi pada kumparan tersebut. Garis gaya magnet selalu berubah-ubah menurut bentuk gelombang sinusoidal yang mengakibatkan pada kumparan sisi primer terjadi induksi.



Gambar 2.2 prinsip kerja transformator

kumparan sekunder akan menerima garis gaya magnet atau fluksi yang berubah-ubah dan mempunyai harga yang sama dengan jumlah garis gaya yang dikeluarkan sisi primer, sehingga pada sisi sekunder terjadi induksi. Besarnya ggl induksi yang dihasilkan masing-masing kumparan berbanding lurus dengan jumlah lilitannya, sehingga di dapat:

$e_1 = -N_1 \frac{d\emptyset}{dt}$……..(2.1)[1]

$e_2 = -N_2 \frac{d\emptyset}{dt}$……..(2.2)

Dimana:

e_1 = ggl induksi sesaat pada sisi primer

e_2 = ggl induksi sesaat pada sisi sekunder

N_1= jumlah lilitan kumparan primer

N_2= jumlah lilitan kumparan sekunder

Jika dianggap bahwa tidak ada daya yang hilang, maka daya yang dilepas pada sisi primer sama dengan daya yang diterima pada sisi sekunder:

$E_1 \,.\, I_1 = E_2 \,.\, I_2$ ……..(2.3)

$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1}$ ……(2.4)

[1] sumber : Transformator, Putu Rusdi Ariawan, 2010

Dimana:

E_1 = ggl induksi sisi primer (volt) efektif

E_2 = ggl induksi sisi sekunder (volt) efektif

I_1 = arus sisi primer

I_2= arus sisi sekunder

2.2.Perhitungan arus beban penuh dan pembebanan tranformator[2]

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (tegangan primer) dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3}.V.I \quad \text{.....(2.5)}$$

Dimana:

S = daya transformator (kVA)

V = tegangan sisi primer transformator (kV)

I = arus jala-jala (A)

Sehingga arus beban penuh (full load) dapat dirumuskan menjadi:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V} \quad \text{.....(2.6)}$$

Dimana:

I_{FL} = arus beban penuh (A)

S = daya transformator (kVA)

V = tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Adapun besar nilai persentase kenaikan beban dapat dirumuskan dengan:

$$\%\ pembebanan = \frac{I_{rata-rata\ beban}}{I_{beban\ penuh\ transformator}} \times 100\%$$

[2]Sumber : Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi PLN Ranting Lubuk Pakam, Juliana Sitepu, 2011.

Dimana:

$I_{rata-rata\ beban}$ = arus rata-rata beban yang digunakan (A)

$I_{beban\ penuh\ transformator}$ = arus beban penuh transformator (A)

2.3.Rugi-rugi transformator

Rugi-rugi pada traansformator dapat digolongkan menjadi 2 kondisi, yaitu kondisi tanpa beban dan kondisi berbeban.

2.3.1. Rugi-rugi transformator tanpa beban[3]

Rugi-rugi yang dialami transformator pada kondisi tanpa beban adalah rugi histeresis dan rugi eddy. Rugi histeresis disebabkan karena fluks bolak-balik pada inti besi, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P_h = K_h . f . {B_m}^n \ watt \quad \text{..... (2.7)}$$

Sedangkan rugi arus eddy disebabkan arus pusar pada inti besi, dinyatakan sebagai berikut:

$$P_e = K_e . f^2 . {B_m}^2 \ watt \quad \text{.....(2.8)}$$

Dimana:

P_e= rapat fluksi maksimum (φ/m^2)

K_h= konstanta histeresis, tergantung pada inti bahan

K_e= konstanta arus eddy, tergantung pada volume inti

f = frekuensi jala-jala (Hz)

n = konstanta steinmentz (1,6 - 2,0)

Dari persamaan rugi-rugi transformator tanpa beban tersebut, dapat diketahui besar total rugi inti (besi) merupakan penjumlahan nilai rugi histeresis dan rugi eddy.

[3] Sumber : Dasar Teknik Tenaga Listrik Oleh Drs. Yon Rijono 2002

$$P_{total\ inti} = P_h + P_e$$
$$= (K_h.f.B_m{}^2)(K.f^2.B_m{}^2) \quad \text{…………………………..……(2.9)}$$

Besarnya rugi-rugi inti ditentukan berdasarkan hasil pengetesan transformator, namun secara teoritis dapat ditentukan berdasarkan nilai (harga) pembebanan yang berbeda dan bekerja pada efisiensi dan faktor daya yang sama.

2.3.2. Rugi-rugi transformator berbeban

Nilai rugi-rugi transformator berbeban selalu berubah-ubah, ini dipengaruhi arus beban yang mengalir pada tahanan transformator. Besarnya arus beban ini tergantung pada beban yang dioperasikan transformator, sehingga rugi transformator berbeban merupakan perkalian kuadrat arus dengan tahanan transformator, yang dikenal sebagai rugi tembaga (P_{cu})

$$P_{cu1} = I_1{}^2.R_1 \quad \text{………………………………………………………(2.10)}$$
$$P_{cu2} = I_2{}^2.R_2 \quad \text{………………………………………………………(2.11)}$$

Jadi, rugi tembaga total adalah;

$$P_{cu} = P_{cu1} + P_{cu2}$$
$$= I_1{}^2.R_1 + I_2{}^2.R_2 \quad \text{…………………………………………………(2.12)}$$

Karena I_2 = a I_1, maka persamaannya dapat ditulis sebagai:

$$P_{cu} = I_1{}^2 + (aI_1)^2.R_2$$
$$= I_1{}^2(R_1 + a^2R_2)$$
$$= I_1{}^2Rek_1 \quad \text{………………………………………………………(2.13)}$$

Jumlah total rugi-rugi pada transformator adalah :

$$P_{rugi\ total} = Rugi\ CU + Rugi\ inti \quad \text{………………………………………(2.14)}$$

2.4.Efisiensi Transformator[3]

Efisiensi menunjukkan tingkat keefisiensian kerja suatu peralatan, dala hal ini transformator yang merupakan perbandingan rating keluaran (output) terhadap rating masukan (input). Ini dinyatakan dalam rumus:

$$Efisiensi\ (\eta) \quad = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$= \frac{P_{out}}{P_{out} + \Sigma\, rugi - rugi} \qquad \text{.....(2.15)}$$

Maka :

$$Efisiensi\ (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Sigma\, rugi - rugi} \times 100\% \qquad \text{.....(2.16)}$$

dimana:

P_{in} = daya input transformator

P_{out} = daya output transformator

$\Sigma\, rugi$ = P_{cu}+P_i

2.5.Daya Pada Transformator Tiga Fasa

Daya sesaat pada suatu sumber sinusoidal satu fasa pada hubungan Y yang seimbang berlaku:

$$P(t) = v(t)i(t) \qquad \text{.....(2.17)}$$

Dimana:

$$\left.\begin{aligned} v(t) = v_{L-N} &= \sqrt{2}\ V \sin \omega t \\ i(t) = i_L(t) &= \sqrt{2}\ I \sin(\omega t - \theta) \end{aligned}\right\} \qquad \text{.....(2.18)}$$

Maka daya sesaat yang dihasilkan pada tiap fasa dari tiga fasa tersebut dengan pergeseran fasa 120° adalah:

$$P_a(t) = v_{an}(t) i_a(t) = 2VI \sin(\omega t) \sin(\omega t - \theta)$$

$P_b(t) = v_{bn}(t)i_b(t) = 2VI\sin(\omega t - 120°)\sin(\omega t - 120° - \theta)$

$P_c(t) = v_{cn}(t)i_c(t) = 2VI\sin(\omega t - 240°)\sin(\omega t - 240° - \theta)$

Dengan menggunakan identitas trigonometri :

$\sin\alpha \sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$…… ….(2.19)

Maka persamaanya dapat disederhanakan menjadi:

$P_a(t) = VI\cos\theta - VI\cos(\omega t - \theta)$

$P_b(t) = VI\cos\theta - VI\cos(2\omega t - 240° - \theta)$

$P_c(t) = VI\cos\theta - VI\cos(2\omega t - 480° - \theta)$

Dengan fasa a dipilih sebagai fasa acuan, V dan I menyatakan nilai-nilai efektif tegangan fasa, dan arus fasanya serta θ menyatakan sudut impedansi beban tiga fasa seimbang yang menyerap daya. Jadi daya sesaat secara keseluruhan adalah :

$P_{total}(t) = P_a(t) + P_b(t) + P_c(t)$

$P_{total}(t) = 3VI\cos\theta - VI[\cos(\omega t - \theta) + \cos(2\omega t - 240° - \theta) + \cos(2\omega t - 480° - \theta)]$

$P_{total}(t) = 3VI\cos\theta$ ……..……..…….……..(2.20)

2.5.1. Daya listrik tiga fasa hubungan bintang

Dalam hubungan bintang (Y) arus yang mengalir di tiap-tiap fasa sam dengan besar arus fasa ke fasa yaitu $I_{L\text{-}L}$=I_{ph}dan $V_{L\text{-}L}$=$\sqrt{3}V_{ph}$, maka daya listrik yang didapatkan adalah :

$P = 3\,V_{ph}I_{ph}\cos\theta$

$P = 3\left(\frac{V_{L-L}}{\sqrt{3}}\right)I_{L-L}\cos\theta$

$P = \sqrt{3}V_{L-L}I_{L-L}\cos\theta$ ……...……(2.21)

2.5.2. Daya listrik tiga fasa hubungan delta

Dalam hubungan delta (Δ) tegangan yang mengalir di tiap-tiap fasa sam dengan besar tegangan fasa ke fasa yaitu $V_{L\text{-}L}=V_{ph}$dan $I_{L\text{-}L}=\sqrt{3}I_{ph}$, maka daya listrik yang didapatkan adalah :

$$P = 3\,V_{ph}I_{ph}\cos\theta$$

$$P = 3\,V_{L-L}\left(\frac{I_{L-L}}{\sqrt{3}}\right)\cos\theta$$

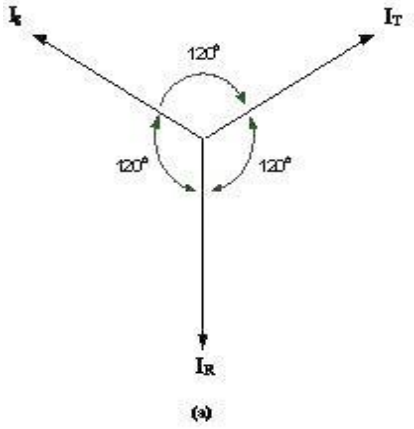
$$P = \sqrt{3}V_{L-L}I_{L-L}\cos\theta \quad \text{…….……...…….…….(2.22)}$$

2.6.Ketidakseimbangan Beban[4]

Keadaan seimbang adalah suatu kondisi dimana ketiga vektor arus / tegangan sama besar dan membentuk sudut $120°$. Jadi ketidakseimbangan beban adalah suatu keadaan dimana salah satu atau dua keadaan di atas tidak terpenuhi.

Kemungkinan keadaan tidak seimbang :

- 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 2.3 vektor diagram arus dalam keadaan seimbang

[4]Sumber : Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Efisiensi Transformator 3 Fasa Hubungan Open-Delta. Hotnes Lumbanraja. 2008

Dari gambar tersebut dapat kita lihat bahwa penjumlahan arus ketiga vektor adalah 0 (nol) sehingga arus netral (I_N) tidak muncul.

Perhitungan arus pada hubungan bintang berlaku rumus :

$$I_A = \frac{V\angle 0^\circ}{Z\angle\theta} = I\angle\theta$$
$$I_B = \frac{V\angle -120^\circ}{Z\angle\theta} = I\angle -120^\circ - \theta$$
$$I_C = \frac{V\angle -240^\circ}{Z\angle\theta} = I\angle -240^\circ - \theta$$

……(2.23)

Disubstitusikan dari persamaan 2.23 :

$$I_N = I_a + I_b + I_c$$
$$= I\angle\theta + I\angle -120^\circ - \theta + I\angle -240^\circ - \theta$$
$$= I\cos(-\theta) + jIsin(-\theta) + Icos(-\theta - 120^\circ) + jIsin(-\theta - 120^\circ)$$
$$+ Icos(-\theta - 240^\circ) + jIsin(-\theta - 240^\circ)$$
$$= I\,[\cos(-\theta) + \cos(-\theta - 120^\circ) + Icos(-\theta - 240^\circ)]$$
$$+jI\,[\sin(-\theta) + (-\theta - 120^\circ) + \sin(-\theta - 240^\circ)$$

Dengan menggunakan persamaan identitas trigonometri maka didapatkan :

$$\cos(\alpha - \beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$$
$$\sin(\alpha - \beta) = \sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta$$ ……(2.24)

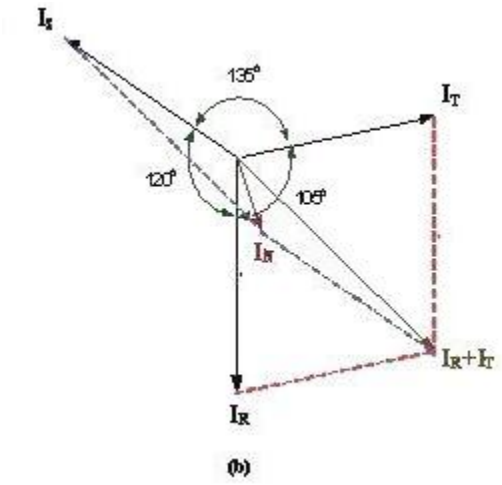
Masukkan identitas trigonometri ke persamaan :

$$I_N = I\,[\cos(-\theta) + \cos(-\theta)\cos 120^\circ + \sin(-\theta)\sin 120^\circ + \cos(-\theta)$$
$$\cos 240^\circ + \sin(-\theta)\sin 240^\circ] + jI\,[\sin(-\theta) + + \sin(-\theta)\cos 120^\circ]$$
$$-\cos(-\theta)\sin 120^\circ + sin(-\theta)\cos 240^\circ - \cos(-\theta)\sin 240^\circ$$

$$I_N = I\left[\cos(-\theta) - \frac{1}{2}\cos(-\theta) + \frac{\sqrt{3}}{2}\sin(-\theta) - \frac{1}{2}\cos(-\theta) - \frac{\sqrt{3}}{2}\sin(-\theta)\right]$$
$$+ jI\left[\sin(-\theta) - \frac{1}{2}\sin(-\theta) - \frac{\sqrt{3}}{2}\cos(-\theta) - \frac{1}{2}\sin(-\theta) - \frac{\sqrt{3}}{2}\cos(-\theta)\right]$$

$I_N = 0A$ (kondisi normal beban seimbang)

Sedangkan pada gambar 2.4menunjukkan vektor diagram arus yang tidak seimbang. Hal ini terlihat pada niai penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R, I_S, I_T) tidak sama dengan 0 (nol) sehingga muncul arus netral yang besarnya tergantung pada seberapa besar faktor ketidakseimbangannya.



Gambar 2.4 vektor diagram arus dalam keadaan tidak seimbang

2.6.1. Penyebab Ketidakseimbangan Beban[5]

Terdapat 3 penyebab mengapa gangguan ketidakseimbangan sistem 3 fasa dapat terjadi, yaitu:

1. Tidak seimbang tegangan sejak pada sumbernya

   Tegangan tidak simetris pada output generator tiga fasa bisa saja terjadi dikarenakan kesalahan teknis pada ketiga berkas kumparan dayanya (jumlah lilitan atau resistansi), tetapi keadaan ini jarang terjadi atau jarang ditemukan di lapangan.

2. Tidak seimbang tegangan pada salurannya

   Keadaan ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

   a. Konfigurasi ketiga saluran secara total tidak seimbang, sehingga total kapasitansinya menjadi tidak seimbang. Keadaan ini dapat terjadi

[5]sumber : Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1, Suhadi, dkk.2008.

pada penyaluran jarak jauh dan bertegangan tinggi, dimana jarak rata-rata setiap saluran fasa terhadap tanah tidak sama.

b. Resistansi saluran tidak sama karena jenis bahan kondukor yang berbeda.
c. Resistansi saluran tidak sama karena ukuran konduktor yang berbeda.
d. Resistansi saluran tidak sama karena jarak antara masing-masing saluran fasa dengan beban tidak sama (besar dipengaruhi oleh jarak).

3. Tidak seimbang pada resistansi bebannya

Besar I (arus beban) ditentukan oleh besar R (beban), maka pada keadaan tidak seimbang yaitu $RR \neq RS \neq RT$, maka arus bebannya $IR \neq IS \neq IT$. Akibat lanjut dari tidak seimbangnya tegangan sisi terima adalah tidak seimbang pula bebannya. Hal ini paling sering ditemukan pada praktek di lapangan, antara lain disebabkan adanya sambungan-sambungan di luar sisi perhitungan dan perencanaan. Upaya teknis perlu dilakukan agar diperoleh keadaan pembebanan yang seimbang.Pada sistem tiga fasa yang menggunakan saluran netral, dalam keadaan beban simetris maka arus yang lewat harus bernilai 0 (nol) atau dalam keadaan yang benar-benar netral. Jika terjadi kondisi yang tidak simetris, maka sebagian arus yang berupa arus resultan akan melewati saluran netral sehingga saluran tersebut menjadi tidak netral lagi.

Penyelesaian beban tak seimbang untuk hubungan bintang adalah sebagai berikut:

- Pada sistem 4 kawat, masing-masing fasa akan mengalirkan arus yang tidak seimbang menuju Netral.
- Pada sistem 3 kawat, keadaan beban yang tak seimbang ini akan mengakibatkan tegangan berubah dengan cukup signifikan dan munculnya suatu netral yang berbeda dari keadaan netral yang seharusnya.

Pada sistem 4 kawat berlaku persamaan:

$$I_a = \frac{V_{an}}{Z_a}$$

$$I_b = \frac{V_{bn}}{Z_b}$$

$$I_c = \frac{V_{cn}}{Z_c}$$

Dan untuk besarnya nilai arus netral adalah :

$I_N = I_a + I_b + I_c$

$I_N \neq 0$ (karena beban tidak seimbang)

2.6.2. Penyaluran Daya Pada Keadaan Seimbang

Misalkan daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Jika pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai :

$$P = 3\,.\,[V]\,.\,[I]\,.\cos\varphi \quad \text{.....(2.25)}$$

Dimana :

P = daya pada ujung kirim

V = tegangan pada ujung kirim

I = arus kirim

$\cos\varphi$ = faktor daya

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan pada saluran. Penyusutan daya ini dapat dijelaskan dengan menggunakan diagram fasor tegangan saluran model fasa tunggal. Model ini dibuat dengan asumsi arus pemuatan kapasitif pada saluran cukup kecil sehingga dapat diabaikan sehingga besar arus pada ujung kirim sama denganarus di ujung terima. Jika tegangan dan faktor daya pada ujung terima

beturut-turut adalah V' dan Cos φ'. Maka besarnya daya pada ujung terima adalah :

$P' = 3\,.\,[V']\,.\,[I]\,.\cos\varphi'$ …….....……...…….(2.26)

Selisih antara P pada persamaan (2.25) dan pada P' pada persamaan (2.26) memberikan susut daya saluran, yaitu :

$P_1 = P - P'$

$P_1 = 3\,.\,I\,[V.\cos\varphi - V'.\cos\varphi']$ ……...…..(2.27)

Sementara itu pada gambar 2.27 memperlihatkan:

$[V.\cos\varphi - V'.\cos\varphi'] = I.R$

Dengan R sebagai tahanan kawat penghantar di tiap fasa, maka persamaan 2.27berubah menjadi :

$P_1 = 3\,.\,I^2.R$ ……...……..…….…(2.28)

2.6.3. Penyaluran Daya Pada Keadaan Tidak Seimbang[2]

Jika [I] adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dalam keadaan tidak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dalam koefisien a, b, c seperti berikut:

$$\left.\begin{aligned}[I_R] &= a[I]\\ [I_S] &= b[I]\\ [I_T] &= c[I]\end{aligned}\right\} \quad \text{……...…..…(2.29)}$$

Dimana :

I_R = arus di fasa R

I_S = arus di fasa S

I_T = arus di fasa T

Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besar arusnya berbeda, maka besar daya yang disalurkan dapat dinyatakan dengan :

$$P = (a + b + c) \,.\, [V] \,.\, [I] \,.\, \cos\varphi \quad \text{.....(2.30)}$$

Apabila persamaan (2.29) dan persamaan (2.25) menyatakan daya yang besarnya sama,maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persamaan untuk koefisien a, b dan c dengan a+b+c = 3.

Karena pada keadaan seimbang, nilai dari ketiga koefisien a = b = c = 1, maka untuk memperoleh persentase (%) ketidakseimbangan digunakan persamaan :

$$\%\ ketidakseimbangan = \frac{[|a-1|+|b-1|+|c-1|]}{3} \times 100\% \quad \text{.....(2.31)}$$

2.7.Faktor Daya[6]

Pengertian faktor daya (cos φ) adalah perbandingan antara daya aktif (P) dan daya semu (S) sehingga nilai faktor daya (cos φ) dapat dirumuskan sebagai:

$$Faktor\ Daya = \frac{Daya\ Aktif}{Daya\ Semu}$$

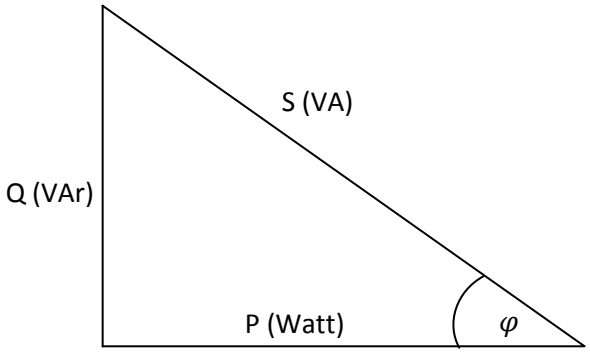
$$Faktor\ Daya = \frac{P}{S}$$

$$Faktor\ Daya = \frac{V.I.\cos\varphi}{V.I}$$

$$Faktor\ Daya = \cos\varphi$$

[6]Sumber : Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus pada Titik Netral dan Rugi-Rugi Pada Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) WS2JB Rayon Sukarame Cabang Palembang. Syefrizal Utama. 2009.

Penjelasan daya-daya dapat dilihat pada gambar segitia daya berikut:



Gambar 2.5 segitiga daya

Dimana:

Daya Semu = V.I (VA)

Daya Aktif = V.I.cos φ = S .cos φ (Watt)

Daya Reaktif = V.I.sin φ = S .sin φ (Var)

2.8.Rugi-rugi Arus Netral pada Saluran Netral Sekunder Transformator[7]

Tidak seimbangnya beban diantara fasa-fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, dan fasa T) mengakibatkan mengalirnya arus netral transformator pada penghantar netral. Hal ini menyebabkan rugi-rugi yang dapat dinyatakan dengan:

$$P_N = {I_N}^2 . R_N \quad \text{.....(2.32)}$$

Dimana :

P_N = rugi-rugi pada penghantar netral transformator (watt)

I_N = arus yang mengalir pada netral transformator (A)

R_N = tahanan penghantar netral transformator (Ω)

[7]Sumber : Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Rugi Daya Saluran Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah. Adhere. L. 2013

Sedangkan rugi-rugi akibat arus netral mengalir ke tanah dapat dinyatakan dengan persamaan :

$P_G = {I_G}^2 . R_G$ ……...…….……(2.33)

Dimana :

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

I_G = arus netral yang mengalir ke tanah (A)

R_G = tahanan pembumian netral transformator (Ω)