

B A B II

SISTEM PENDISTRIBUSIAN ENERGI LISTRIK DI WILAYAH PLN DIST-JATIM CABANG MOJOKERTO

A. PERANAN TENAGA LISTRIK

Dalam pengusahaan tenaga listrik oleh PLN dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu Pembangkitan, Penyaluran (Transmisi, Gardu Induk) dan Pendistribusian.

Pembangkitan adalah unit yang membangkitkan tenaga listrik dari PLTA, PLTU, PLTG, PLTD dan PLTP.

Pada saat ini dari seluruh pembangkit di Jawa, Madura dan Bali diupayakan untuk ring sistem. Walaupun untuk Madura dan Bali belum seluruhnya saat ini terjangkau oleh ring sistem tersebut.

Perlu diketahui ring sistem sangat menunjang keandalan, efisiensi serta faktor-faktor lain dalam sistem pengusahaan.

Diwilayah PLN Cabang Mojokerto sendiri tidak terdapat Pembangkitan tenaga listrik. Jadi gardu induk diwilayah PLN Cabang Mojokerto hanya terdapat Step Down transformator, dimana catu tegangan primer 150 Kv, yang dikendalikan Pusat Pengatur Beban di Waru Surabaya.

Wilayah PLN Cabang Mojokerto meliputi juga Ranting Jombang, Ranting Mojosari, Ranting Mojoagung, Ranting Pacet dan Ranting Ploso.

Gardu Induk yang melayani seluruh wilayah-wilayah Kerja PLN Dist Jatim Cabang Mojokerto meliputi beberapa Gardu Induk antara lain :

- Gardu Induk Sekar Putih (Mjkt) daya terpasang 50 MVA.
- Gardu Induk Tarik Krian (Sdaj) daya terpasang 10 MVA.
- Gardu Induk Ploso Tembl (Jomb) daya terpasang 12 MVA.
- Gardu Induk Gobet Kandg (Kdri) daya terpasang 4 MVA.

Disamping itu terdapat transformator-transformator khusus untuk melayani :

- PT Ciwi Kimia Sidoarjo 1 X 30 MVA dan 2 X 10 MVA.
- PT Ajinomoto Mojokerto 2 X 10 MVA.
- PT Pakerin Mojokerto 2 X 10 MVA.

Demikian besar peranan tenaga listrik serta tanggung jawab yang harus dilayani oleh PLN Cabang Mojokerto untuk menunjang kegiatan masyarakat, pemerintahan serta industri.

Saat ini PLN Cabang Mojokerto menduduki rangking ke tiga dalam penjualan Kwh setelah PLN Surabaya Selatan dan PLN Surabaya Utara.

Namun dibalik itu semua, juga tak lepas dari permasalahan, kerugian energi yang semuanya selalu ada.

Untuk itu PLN Cabang Mojokerto berupaya untuk menanggulangi adanya rugi-rugi baik yang disebabkan karena peralatan maupun hal-hal lain.

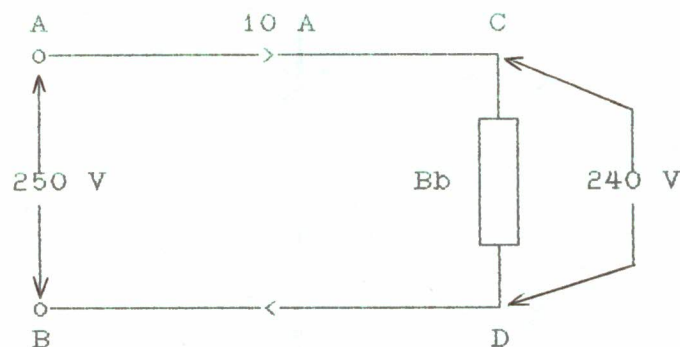
Di wilayah PLN Cabang Mojokerto terdapat dua macam tegangan menengah yaitu sistem 20 Kv dan 6 Kv dan terdapat dua macam tegangan rendah yaitu tegangan 127/220 V dan 220/380 V.

Dan pada saat ini secara berangsur-angsur mengurangi sistem tegangan 6 Kv menjadi 20 Kv yang dikenal dengan PTM. Hal ini karena untuk mengurangi Losses dan kesulitan suku cadang sistem 6 Kv.

Demikian juga untuk tegangan rendah dari sistem 127 V/220 V menjadi sistem tegangan 220 V/380 V yang dikenal dengan PTR.

B. RUGI-RUGI JARINGAN

Untuk meninjau kerugian pada jaringan kita lihat contoh kerugian pada jaringan 2 kawat dengan sumber DC seperti gambar bawah



Gambar 2. Sumber DC dengan beban Bb

Bila pada sisi AB kita berikan tegangan 250 V akibat beban mengalir arus 10 A dan tegangan beban 240 V.

Jika tahanan konduktor $0,5 \Omega$ untuk tiap sisi, maka pada jaringan $= 0,5 \times 10 = 5 \text{ V}$

Jadi untuk 2 sisi $= 2 \times 5 \text{ V} = 10 \text{ V}$

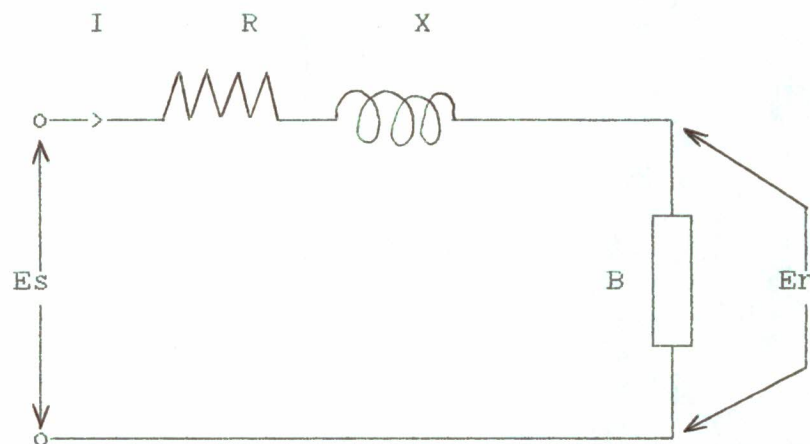
Dengan demikian ;

daya pada sisi kirim : $250 \times 10 = 2500 \text{ Watt}$

Sisi terima : $240 \times 10 = 2400 \text{ Watt}$

Rugi-rugi pada jaringan = 100 Watt

Bila hal serupa kita gunakan arus bolak-balik (AC), maka rangkaian Equivalent dari jaringan kita anggap seperti gambar bawah



Gambar 3 Jaringan 1 ph dengan beban B

Dimana :

- Es = Tegangan sisi Kirim
- Er = Tegangan sisi terima
- I = Arus pada jaringan
- R = Tahanan konduktor
- X = Reaktansi Induktif

Jika pada jaringan tersebut digunakan untuk mensuplay beban 1100 Kw, p.f. 0,8 lagging serta beberapa operasi pada tegangan 33 Kv.

Dan tahanan total jaringan 10 Ω serta reaktansi 15 Ω maka dengan rumus didapat :

$$I = \frac{P}{E \cos \phi} = \frac{1100}{33 \times 0,8} = 41,7 \text{ A}$$

Drop tegangan pada jaringan :

$$\begin{aligned} I Z &= 41,7 \times (0,8 - j 0,5) \times (10 + j 15) \\ &= 709 - j 250 \end{aligned}$$

Maka tegangan Sumber : $E_s = E_r + I Z$

$$\begin{aligned} &= (33000 + j 0) + (709 + j 250) \\ &= 33710 \angle 0,25^\circ = 33,71 \text{ Kv} \end{aligned}$$

Dan daya hilang (rugi-rugi) jaringan :

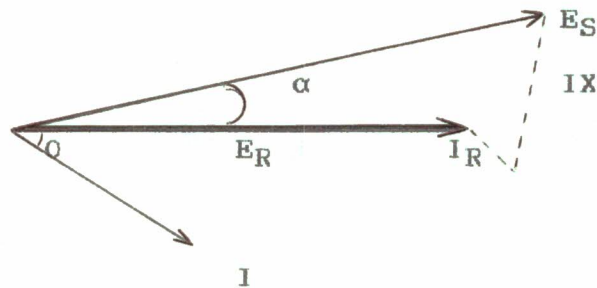
$$\begin{aligned} &= I^2 R = (41,7)^2 \times 10 \\ &= 17.389 \text{ KW} \end{aligned}$$

Bila digambar dalam vektor diagram :
selisih sudut sisi terima dan sisi kirim

$$= \alpha = \text{tg}^{-1} (250 / (33.709))$$

$$= 0,25^\circ$$

$$\theta = \text{tg}^{-1} (-0,6 / 0,8) = -36^\circ, 5'$$



Gambar 4
Vektor diagram arus, tegangan
Sisi terima dan sisi kirim

Perhitungan Losses pada jaringan 3 Ph

Misal pada jaringan panjang = 20 Km

beban yang disupply 10 Mw/11 Kv, p. f 0,707 pada sisi
terima.

Tahanan jaringan 0,02 Ω /Km/Ph dan reaktansi induktif
0,07 Ω /Km/Ph.

$$I_1 = \frac{10 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \times 11000 \times 0,707} = 743 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan/Ph} = \frac{11000}{\sqrt{3}} = 6352 \text{ V}$$

$$\text{Tahanan total} = 20 \times 0,02 = 0,4 \ \Omega$$

$$\text{Reaktansi induktif total} = 20 \times 0,07 = 1,4 \ \Omega$$

$$\begin{aligned} Z &= (R + Jx) \\ &= (0,4 + J 1,4) \ \Omega \end{aligned}$$

Bila V_R = sebagai reveransi maka dropt tegangan tiap phasa

$$\begin{aligned} \text{Ph} &= 743 (0,707 - J 0,707) (0,4 + J 1,4) \\ &= 945 + J 525 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= 6352 + J0 + 945 + J 525 \\ &= 7297 + J 525 \\ &= 7315 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kerugian pada jaringan} &= 3 I^2 R \\ &= 3 \times (743)^2 \times 0,4 \\ &= 662 \text{ Kw} \end{aligned}$$

C. RUGI TEGANGAN

Pada dasarnya kerugian daya dan energi adalah juga kerugian tegangan.

Dalam hal ini untuk mencari Kerugian tegangan atau toleransi yang diijinkan dapat digunakan rumus-rumus berikut.

Perhitungan rugi tegangan dibawah ini bersifat sederhana dan praktis. Kerugian tegangan dalam saluran listrik adalah berbanding lurus dengan panjang saluran serta dengan beban, dan berbanding terbalik dengan penampang dari saluran. Kerugian ini tetap dalam batas-batas tertentu.

Dalam peraturan-peraturan instalasi telah ditentukan bahwa rugi tegangan pada suatu titik dari suatu instalasi, dihitung terhadap alat pengontrol pada penyambungan, tidak boleh melebihi dari 2 % dari tegangan yang dipakai untuk lampu pijar, dan 5 % dari tegangan yang dipakai untuk alat-alat listrik lainnya seperti motor-motor dan sebagainya.

Pada perhitungan rugi tegangan dari saluran utama untuk tegangan tinggi, yang diperhitungkan tidak hanya kerugian dalam Ohmnya, tetapi juga kerugian induktif, kerugian arus pengisian dielektris dan lain-lain.

Perhitungan Kerugian dalam Ohm adalah sederhana, sedangkan lainnya adalah tidak, tetapi untuk menghitung jala-jala saluran yang tidak terlalu besar hal ini dapat diabaikan, maka dari itu yang penting kita tentukan kerugian karena timbulnya panas. Akan tetapi kita harus

membuat pengecualian pada saluran distribusi tegangan rendah, karena kerugian induksi untuk jala-jala diatas tanah adalah besar.

Untuk menggunakan rumus dibawah ini diberikan singkatan-singkatan sebagai berikut :

E = Tegangan antara 2 saluran

q = Penampang saluran (mm²)

N = Beban dalam (Watt)

ev = Rugi tegangan dalam (Volt)

P = Rugi tegangan dalam (Prosen)

L = Panjang saluran dalam (M)

jt = Daya hantar jenis untuk

(tembaga = 56, aluminium = 32,7, besi = 7)

Rumus untuk menghitung besar penampang saluran AC tanpa beban induksi

$$a). \quad q = \frac{L \times N \times 200}{E \times E \times p \times jt} \quad (\text{mm}^2) \quad (*)$$

$$q = \frac{L \times N \times 2}{E \times cv \times jt} \quad (\text{mm}^2) \quad \text{bila rugi dlm prosen}$$

$$b). \quad q = \frac{L \times i \times 2}{E \times cv \times jt} \quad (\text{mm}^2) \quad \text{bila rugi dlm volt}$$

(*) Buku pegangan PLN 1988 hal 69

$$a). \quad q = \frac{L \times N \times 200}{E \times E \times p \times t} \quad (\text{mm}^2) \quad (*)$$

$$q = \frac{L \times N \times 2}{E \times ev \times t} \quad (\text{mm}^2) \quad \text{bila rugi dlm prosen}$$

$$b). \quad q = \frac{L \times i \times 2}{E \times ev \times t} \quad (\text{mm}^2) \quad \text{bila rugi dlm Volt}$$

(*) Buku agenda PLN 1988 hal 69

Pada saluran 3 fasa bila diketahui besarnya arus

$$a). \quad ev = \frac{1.73 \times L \times i \times \text{Cos } \phi}{t \times q} \quad (\text{Volt})$$

$$\text{Jadi } q = \frac{1.73 \times L \times i \times \text{Cos } \phi}{t \times ev} \quad (\text{mm}^2)$$

$$b). \quad ev = \frac{L \times N}{t \times q \times E} \quad (\text{Volt})$$

$$\text{Jadi } q = \frac{L \times N}{t \times ev \times E} \quad (\text{mm}^2)$$

PENGGANTIAN KONDUKTOR

Penggantian konduktor dimaksudkan untuk memperbesar kemampuan jaringan. Hal ini bukan berarti jaringan lama tidak dapat dipergunakan sama sekali. Tetapi untuk menjaga kontinuitas akibat kerusakan pada konduktor lama, akibat gangguan alami, serta benturan antar konduktor bertegangan, yang menimbulkan cacad pada urat-urat konduktor, serta sambungan-sambungan yang mengalami korosif serta menua, hingga konduksinya kurang baik. Dan umumnya konduktor pada jaringan lama berpenampang kecil sehingga untuk memasok daya besar akan melampaui kemampuan maksimumnya. Sebab bila melebihi kapasitas maksimumnya akan timbul panas yang berlebihan, akibat panas tersebut akan menaikkan tahanan dari konduktor itu serta akan timbul rugi-rugi daya yang lebih besar. Kenaikkan suhu akan diikuti tahanan sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$R_t = R_{t_0} [1 + a (t - t_0)] \quad (*)$$

dimana R_t = Tahanan pada suhu pada $t^{\circ} C$

R_{t_0} = Tahanan pada suhu pada $t_0^{\circ} C$

a = Koefisien suhu. Masa konstan (*)

Tehnik tenaga listrik : Dr. A. Arismunandar, Dr. Kuwara

Jilid II hal 53.

E. FAKTOR-FAKTOR UNTUK PERKIRAAN BEBAN

a. Demand Faktor (Faktor Kebutuhan)

Demand faktor merupakan perbandingan antara daya maksimum dengan beban total yang terpasang. Biasanya dalam prosen.

b. Diversity Factor

Diversity factor didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah tiap demand maksimum dari masing-masing elemen beban, dengan demand maksimum dari beban secara keseluruhan.

c. Load Factor.

Load factor didefinisikan sebagai perbandingan antara everage power (daya rata-rata) dengan demand maksimum.

d. Power Factor.

Power factor merupakan suatu bilangan berasal dari perbandingan antara real power yang dinyatakan dalam VA dan apparent power yang dinyatakan dalam watt.

F. DASAR PEMILIHAN TEGANGAN

Beberapa faktor yang menjadi dasar pemilihan tegangan sistem antara lain :

1. Besar beban total.

Untuk mengurangi tegangan pada saluran, biasanya tegangan yang dipilih yang lebih tinggi terutama dalam penyaluran daya besar.

2. Jarak penyaluran.

Jarak penyaluran ialah jarak yang harus dilalui arus mulai dari titik yang dianggap sumber sampai dengan beban yang harus dilayani.

3. Keandalan.

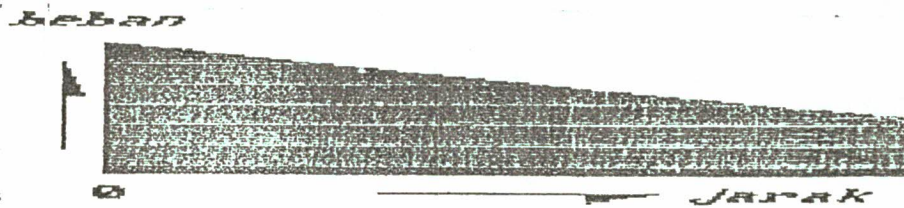
Keandalan ialah kemampuan secara kontinyu untuk menyalurkan tenaga listrik tanpa mengalami gangguan. Pada tegangan yang lebih tinggi harus diimbangi dengan pengisolasian yang lebih baik, disamping itu juga faktor ekonomis harus diperhatikan.

4. Faktor keamanan.

Semakin tinggi tingkat tegangan yang digunakan maka makin tinggi pula bahaya yang ditimbulkan baik terhadap peralatan maupun terhadap lingkungan terdekat.

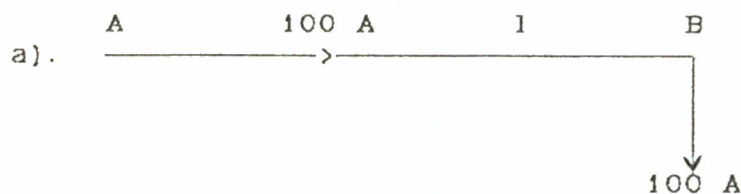
G. LETAK PEMBEBANAN JARINGAN

Yang dimaksud dengan letak pembebanan jaringan ialah jarak beban terhadap satu tegangan. Jika pada seluruh jaringan yang terpasang dibebani maka yang paling menguntungkan atau terjadi losses terkecil jika pembebanan pada jaringan sebagian besar dekat dengan sumber tegangan atau kalau digambar seperti dibawah :



GAMBAR 5. KURVA BEBAN JARINGAN YANG MENGUNTUNGKAN

Hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan sederhana seperti contoh berikut.

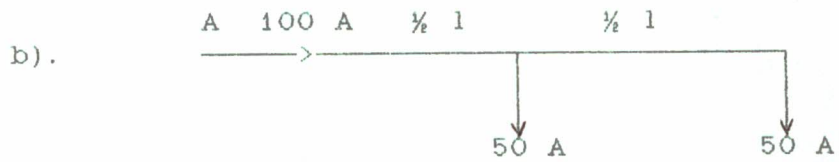


Misal : Konduktor Bc 25 mm² R = 0,818 n/km

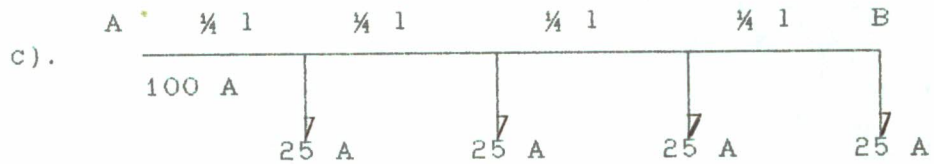
Jika beban 1 km (A - B).

Maka losses energi = I^2R

$$R = 100^2 \times 0,818 \times 1 = 8018 \text{ Watt}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Losses energi} &= 100^2 \times \frac{1}{2} \times 0,818 = 4090 \\
 &50^2 \times \frac{1}{2} \times 0,818 = 1022,5 \\
 &===== \\
 &5112,5 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Losses energi} &= 100^2 \times \frac{1}{4} \times 0,818 = 2045 \\
 &75^2 \times \frac{1}{4} \times 0,818 = 1150 \\
 &50^2 \times \frac{1}{4} \times 0,818 = 511 \\
 &25^2 \times \frac{1}{4} \times 0,818 = 127,8 \\
 &===== \\
 &3833,8 \text{ W}
 \end{aligned}$$

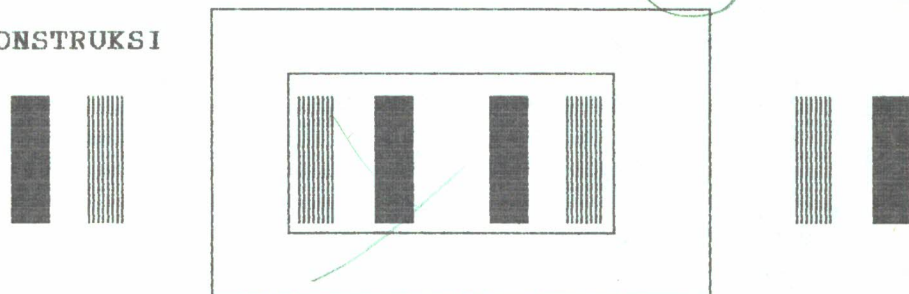
- Dari gambaran diatas agar tujuan memperkecil losses energi tercapai maka diambil langkah antara lain
1. Mendekatkan lokasi sumber/gardu-gardu distribusi dengan lokasi beban.
 2. Untuk menunjang (1) diusahakan penarikan JTM, karena losses energi pada JTM lebih kecil.
 3. Dari (1) dan (2) akan dicapai mutu tegangan yang lebih baik.

H. RUGI-RUGI PADA TRANSFORMATOR

Tujuan suatu sistem distribusi tenaga listrik adalah mendistribusikan tenaga atau daya listrik dari sumber daya besar kepada para pemakai (Konsumen) yang merupakan beban. Faktor yang mempengaruhi dalam sistem distribusi tenaga listrik adalah karakteristik dari beban serta berapa besar tenaga yang disalurkan. Salah satu alternatif yang lebih cocok untuk memenuhi besar tegangan yang dibutuhkan konsumen atau disalurkan adalah transformator. Tetapi dibalik keuntungan yang didapat diatas tak boleh dikesampingkan adanya rugi-rugi pada transformator itu sendiri.

Dalam bab ini terutama dikemukakan mengenai rugi-rugi serta dasar-dasar dari transformator. ✓

H. 2. KONSTRUKSI



Gambar 6. Inti dan lilitan Transformator

Keterangan

- | | |
|---------------------|---|
| 1. Inti | □ |
| 2. Lilitan Primair | ■ |
| 3. Lilitan Secunder | |

Inti : terdiri dari laminasi besi/plat besi yang diberi sekat antara plat yang satu dan yang lain dan ketebalannya bermacam-macam (0,3 mm, 0,5 mm, 1 mm) dan sebagainya, bahan plat besi adalah campuran dari besi dengan kobalt, tungsten, nikel, aluminium dan beberapa jenis logam yang lain. Campuran ini menentukan sekali terhadap rugi-rugi besi serta kejenukan disamping ukuran dari inti itu sendiri.

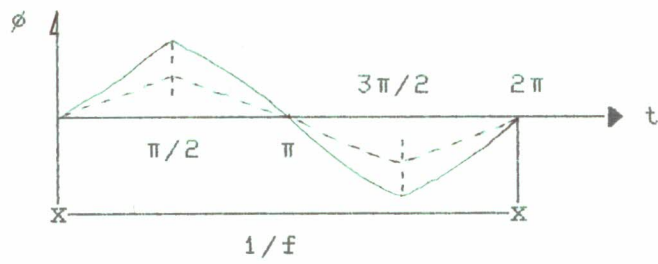
H. 3. KUMPARAN

Kumparan terbuat dari konduktor tembaga diisolasi yang dililitkan pada inti besi itu. Penampang dari tembaga yang dililitkan disesuaikan kebutuhan tenaga/arus yang disalurkan. Serta bentuk dari penampang, lilitan disesuaikan dengan kebutuhan yang tujuannya untuk mencapai efisiensi yang tinggi dan mudah baik pemasangan maupun pemeliharannya.

H. 4. PRINSIP KERJA

Bila konduktor terpotong atau memotong flux yang berubah-ubah akan timbul tegangan terinduksi (E)

$$E = N \frac{d \phi}{d t}$$



Gambar 7.
Perubahan tegangan terhadap flux

$$\phi = \phi \max \sin \omega t$$

bila diturunkan terhadap t

$$\frac{d\phi}{dt} = \phi \max \omega \cos \omega t$$

$$= \phi \max 2\pi f \cos \omega t$$

$$e \max = - N \phi \max 2\pi f$$

$$e \text{ eff} = \frac{e \max}{2} = - N \phi \max \pi f$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\phi \max}{\frac{1}{4} f} = 4f \phi \max$$

Tegangan terinduksi rata-rata

$$E_{avg} = N \frac{d\phi}{dt} = N \cdot 4 f \phi \max$$

$$E_{rms} = 1.1 \quad E_{avg} = 4.44 f N \phi \max$$

Harga RMS
----- = 1.11 berarti disebut " faktor
Harga rata-rata bentuk

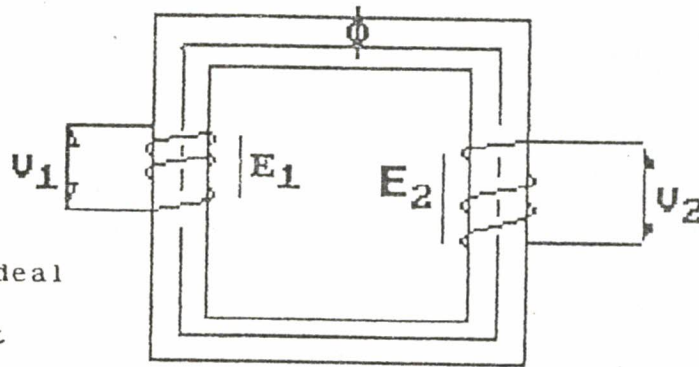
Bila ;

E_1 = Tegangan terinduksi pada kumparan primair
= $4.44 f N_1 \phi \text{ max}$ (Volt)

E_2 = Tegangan pada kumparan secundair
= $4.44 f N_2 \phi \text{ max}$ (Volt)

$\phi \text{ max}$ = dalam satuan (Weber) adalah banyaknya fluksi dalam inti = $B_m \times A$.

f = Frekwensi dari tegangan AC dalam Cps



Pada trafo ideal

$$P_{in} = P_{out}$$

$$V_1 \times I_1 = V_2 \times I_2$$

Gambar 8

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Sedangkan

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = K$$

K = Ratio transformator

K > 1 adalah step up trafo

K < 1 adalah step down trafo

B1 H. 5. RUGI-RUGI ✓

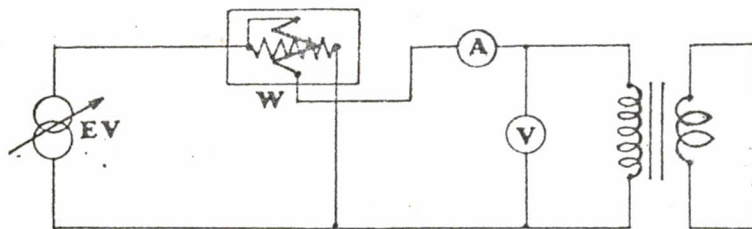
Rugi-rugi pada transformator secara praktis dapat dikatakan ada 2 macam yaitu :

- Rugi-rugi besi (Ph)
- Rugi-rugi tembaga (Pcu)

Untuk mendapatkan rugi-rugi besi dari suatu transformator dengan percobaan beban nol.

Sedangkan untuk mendapatkan rugi-rugi tembaga dari suatu transformator dengan percobaan hubungan singkat.

B1 H. 6. OPEN SIRCUIT TEST



Gambar 9.

Pelaksanaan percobaan :

1. Sisi secundair trafo tak dibebani (open sircuit Test)

2. Sisi primair trafo disupply dari suatu sumber tegangan (EV)
3. Tegangan EV diatur hingga sama dengan nominalnya (baca Volt Meter)
4. Baca penunjukan Watt meter serta Amp meter didapat (Poc ---> Watt) dan Im ---> Ampere
5. Rugi besi dihitung dengan rumus.

$$PH = \text{Poc} - I_m^2 R_x$$

$$PH = \text{Rugi-rugi besi (Watt)}$$

$$R_x = \text{Tahanan belitan primair}$$

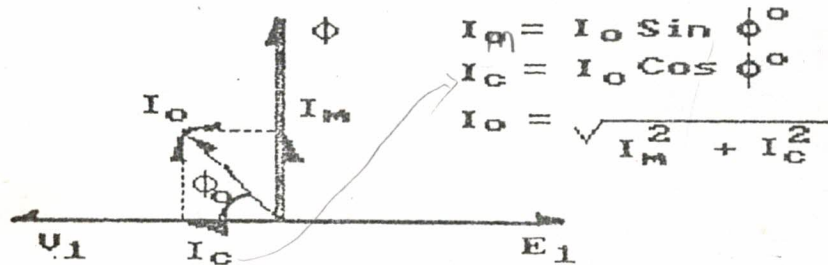
$$I_m = \text{Arus terbaca pada Ampere meter.}$$

Poc = Daya open circuit

1483,2

Arus-arus yang terjadi pada beban kosong.

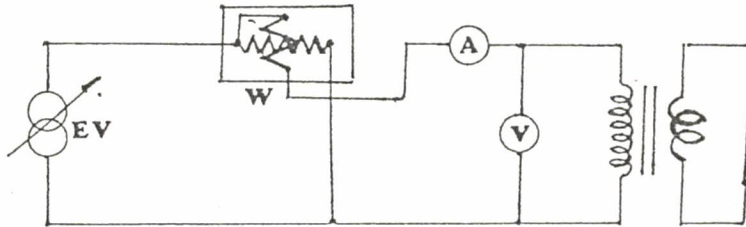
1. Arus penguatan I_c , arus yang aktif arus ---> rugi besi.
2. Arus magnetisasi I_m , adalah jumlah dari arus eddy dan arus histerisis akan menimbulkan rugi-rugi tembaga (P_{cu}).



Gambar 10
Vektor diagram flux, arus dan tegangan saat beban kosong

B.1.2
 H. 7. SHORT CIRCUIT TEST

Percobaan hubung singkat diperlukan untuk mendapatkan rugi-rugi tembaga dari transformator.



Gambar 11. Rangkaian hubungan singkat transformator.

- Psc = Daya short sircuit (Watt)
 A = Ampere meter
 V = Volt meter
 EV = Tegangan Sumber AC Variabel

Langkah-langkah percobaan :

1. Sisi tegangan singkat rendah dihubung singkat.
2. Sisi tegangan tinggi disuplay melalui EV.
3. Tegangan Variabel (EV) dinaikkan perlahan-lahan dari nol hingga suatu harga nominal dari transformator itu, yang dapat dibaca dari ampere meter (A).
4. Pembacaan pada watt meter menunjukkan rugi-rugi tembaga trafo (Psc = Pcu).

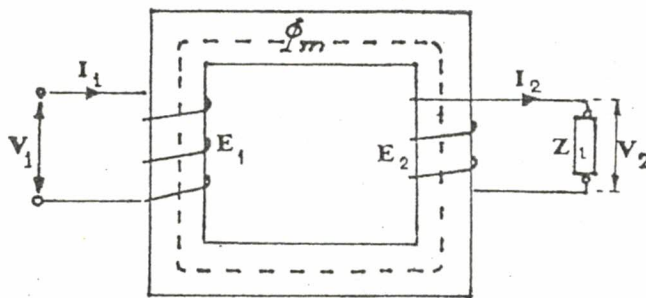
Pembacaan
 hasil

Selain itu didapat $V_{hs} = \frac{V_{sc}}{V_{pr}} \times 100 \% = \dots \%$

V_{sc} = Tegangan terbaca pada Volt meter

V_{pr} = tegangan nominal (Plate rating).

H. 8. KEADAAN TRAF0 BERBEBAN



Gambar 12. Arus saat berbeban

$I_2 = \frac{V_2}{Z_1}$ dengan Q_2 adalah Faktor kerja beban.

Apabila pada lilitan sekundair diberi beban Z_1 pada kumparan sekundair akan mengalir I_2 . Aliran arus I_2 akan menimbulkan gaya gerak magnet (Flux) sebesar $N_2 \cdot I_2$ yang arahnya menentang flux gandeng yang telah ada. ($\Phi_{total} = \Phi_{max} - N_2 \cdot I_2'$) akibat arus megnetisasi (I_m) pada sisi primair. Agar flux gandeng itu tidak berubah nilainya (menurun) maka

pada kumparan primair harus mengalir I_2' dimana G.G.M $N_1 I_2'$ menentang flux yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 ($N_2 I_2$). Sehingga arus yang mengalir pada kumparan primair menjadi :

$$I_1 = I_0 + I_2'$$

Bila rugi-rugi besi dan I_c diabaikan maka :

$$I_1 = I_m + I_2'$$

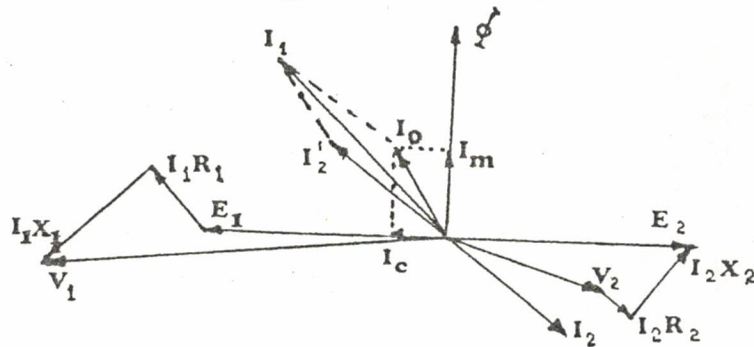
$$N_1 I_m = N_1 I_1 - N_2 I_2$$

$$= N_1 (I_m + I_2') - N_2 I_2$$

$$N_1 I_2' = N_2 I_2$$

Karena nilai I_m kecil terhadap I_2' , maka $I_2' = I_1$ jadi

$$N_1 I_1 = N_2 I_2$$



Gambar 13 Vector diagram trafo berbeban.

H. 9. PENGARUH BESAR BEBAN TRAF0 TERHADAP RUGI ENERGI

Beban yang harus dipikul oleh transformator tidak tentu tetap. Akibat bervariasinya besar beban maka besarnya rugi-rugi daya juga berbeda. Hal itu dapat

kita lihat pada contoh berikut.

Sebuah trafo dengan percobaan didapat :

Rugi-rugi besi 1800 Watt (Dari O.c test)

Rugi-rugi Cu pada beban penuh = 8200 Watt (dari S.C Test).

Bila trafo dibebani $\frac{1}{4}$ beban nominal

Rugi-rugi besi = 1800 Watt

Rugi-rugi Cu = $8200 \times (\frac{1}{4})^2 = 512$ Watt

Rugi-rugi = (1800 + 512) Watt = 2312 Watt.

Bila trafo tersebut dibebani $\frac{1}{2}$ beban nominal rugi-rugi

Cu = $8200 \times (\frac{1}{2})^2 = 2050$ Watt.

Rugi daya = (1800 + 2050) Watt
= 3850 Watt

✓ Untuk dapat kerugian Kwh (Energi dalam 1hr) dapat dihitung dengan mengikuti keadaan beban yang selalu dimonitor, yang selanjutnya dibuat grafik dalam bulanan atau harian.

10. PENGARUH FAKTOR BEBAN (COS Q) TERHADAP RUGI-RUGI DAYA

Jika dilihat pada rumus berikut maka faktor beban (Cos Q) tidak menimbulkan rugi-rugi energi (daya), tetapi akan menimbulkan efisiensi trafo sesuai rumus

dibawah :

$$n = \frac{P. \text{ out}}{P. \text{ out} + P. \text{ rugi-rugi}} \times 100 \%$$

$$P. \text{ Out} = V \cdot I \cos Q$$

$$\text{Atau} \frac{V_1 I_1 \cos Q_1 - P. \text{ rugi-rugi}}{V_1 I_1 \cos Q_1} \times 100 \%$$

H. 11. RUGI ENERGI TRAF0 PERHARI

Dari pembahasan (diatas) bila kita hitung dalam tenggang waktu tertentu misal sehari (24 jam) maka dapat dihitung kerugian energi pada transformator dari berbagai besar beban yang dipikul, dimana data trafo terlampir.

TIME OPERATION	% Load (KW)	Rugi Cu KW	Energi Losses Cu (KWH)
06.00 s/d 12.00	80	$(0.4)^2 \times 2.5$	$(0.4)^2 \times 2.5 \times 6 = 2.4$
12.00 s/d 16.00	60	$(0.3)^2 \times 2.5$	$(0.3)^2 \times 2.5 \times 4 = 0.9$
16.00 s/d 17.00	80	$(0.8)^2 \times 2.7$	$(0.8)^2 \times 2.7 \times 1 = 1.7$
17.00 s/d 21.00	100	$(1)^2 \times 2.8$	$(1)^2 \times 2.8 \times 4 = 11.2$

21.00 s/d 24.00	60	$(0.6)^2 \times 2.6$	$(0.6)^2 \times 2.6 \times 3 = 2.8$
24.00 s/d 06.00	50	$(0.5)^2 \times 2.6$	$(0.5)^2 \times 3.6 \times 6 = 3.6$

Jumlah rugi-rugi Cu = 22.9

Jumlah rugi-rugi besi = $24 \times 1.8 = 43.2$

Jumlah rugi-rugi energi perhari = 66.1 Kwh