



ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN LOSSES PADA TRAFODISTRIBUSI DI EDTL, E.P

Frangino Simoes Mariano Soares

Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

franginosoares@gmail.com

Gatut Budiono

Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

gatutbudiono@untag-sby.ac.id

Alamat : Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

***Abstract.** At this time the people's need for electricity is increasing, to meet these electricity needs, there is often a distribution of loads that are initially evenly distributed or balanced but because there is no uniformity at the time of ignition of these loads, there is a load imbalance that affects the availability of electricity. As the power distribution system continues to develop, reducing Losses can result in substantial savings for the provision of electric power. The method used in the implementation of the preparation of this final project is the Quantitative method, data collection based on the results of field measurements on the 500 KVA Transformer. The calculations that have been carried out get the final results that show the value of Loading of 58.5% during the day and 50.1% at night. Load imbalance of 13.3% during the day and 10.6% at night. Also obtained losses caused by the appearance of neutral currents flowing in the neutral conductor obtained results of 1.17kW and a percentage of 0.27% during the day, while at night amounting to 8.3 kW and a percentage of 1.95%. While losses due to neutral currents flowing to the ground during the day amounted to 0.21kW and a percentage of 0.5% during the day, while at night it amounted to 3, 0kW and a percentage of 0.70%.*

***Keywords:** Unbalanced Load, Neutral Current, Losses*

Abstrak. Saat ini kebutuhan masyarakat terhadap listrik semakin meningkat, untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, sering terjadi pembagian beban yang awalnya merata atau seimbang akan tetapi karena tidak keserempakan pada waktu penyalaan beban-beban tersebut maka timbulah ketidakseimbangan beban yang mempengaruhi ketersediaan tenaga listrik. Seiring sistem distribusi tenaga listrik yang terus berkembang, mengurangi Losses dapat menghasilkan penghematan besar bagi penyediaan tenaga listrik. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penyusunan tugas akhir ini adalah metode Kuantitatif, pengumpulan data berdasarkan hasil dari pengukuran dilapangan pada Trafo 500 KVA perhitungan yang telah dilakukan di dapatkan hasil akhir yang menunjukkan nilai Pembebanan sebesar 58,5% pada siang hari dan 50,1% pada malam hari. Ketidakseimbangan beban sebesar 13,3% pada siang hari dan 10,6% pada malam hari. Diperoleh juga rugi-rugi yang disebabkan munculnya arus netral yang mengalir pada

Received Desember 3, 2023; Revised Desember 22, 2023; Januari 2, 2024

** Frangino Simoes Mariano Soares, franginosoares@gmail.com*

penghantar netral diperoleh hasil sebesar 1,17kW dan persentase 0,27% di siang hari, sedangkan di malam hari sebesar 8,3 kW dan persentase 1,95%. Sedangkan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah pada siang hari sebesar 0,21kW dan persentase 0,5% di siang hari, sedangkan di malam hari sebesar 3, 0kW dan persentase 0,70%.

Kata kunci: Ketidakseimbangan Beban, Arus Netral, Losses

LATAR BELAKANG

Listrik menjadi kebutuhan pokok yang sangat penting dalam aktivitas manusia, baik di rumah maupun di industri. Saat ini kebutuhan masyarakat terhadap listrik semakin meningkat. Hal ini didukung dengan kemajuan teknologi saat ini, dimana tenaga listrik menjadi prioritas utama untuk menunjang kinerja teknologi saat ini. Dan sebaliknya jika listrik tersedia dengan baik, manusia mengalami dampak positifnya yaitu terpenuhinya pemakaian listrik untuk kebutuhan sehari-hari. Syarat terpenting untuk memenuhi kebutuhan energi listrik adalah tersedianya pasokan energi listrik yang stabil dan dapat diandalkan.

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, sering terjadi pembagian beban yang awalnya merata atau seimbang akan tetapi karena tidak keserempakan pada waktu penyalan beban-beban tersebut maka timbulah ketidakseimbangan beban yang mempengaruhi ketersediaan tenaga listrik. Ketidakseimbangan beban antar fasa (R, S, T) tersebutlah yang menimbulkan arus netral pada sisi sekunder trafo, Semakin besar ketidakseimbangan beban yang terjadi maka akan menimbulkan *losses* (rugi-rugi). Ketidakseimbangan beban adalah suatu hal yang pasti terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik yang terutama terjadi pada sisi jaringan tegangan rendah. Maka dari itu dalam pendistribusian tenaga listrik, ketidakseimbangan beban harus diminimalisir agar penyaluran tenaga listrik menjadi optimal.

Sistem distribusi tegangan menengah Sistem distribusi tegangan menengah merupakan salah satu sistem kelistrikan yang sangat penting dan harus memiliki keandalan yang tinggi, sehingga diperlukan analisis ketidakseimbangan beban yang baik. Arus netral sekunder pada trafo distribusi sering terjadi. Arus netral terjadi karena adanya ketidakseimbangan beban yang dapat menimbulkan rugi-rugi, oleh karena itu dilakukan analisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus dan rugi-rugi netral pada salah satu trafo EDTL E.P (Eletricidade De Timor- Leste, Empresa Publica) Dili. Seiring sistem distribusi tenaga listrik yang terus berkembang, mengurangi losses (rugi-rugi). Dapat menghasilkan penghematan besar bagi penyediaan tenaga listrik dan manfaat lain yang di dapat ialah mencakup sistem yang dihasilkan serta kemungkinan penanguhan biaya pengeluaran barang modal untuk perbaikan dan perluasan sistem distribusi itu sendiri.

KAJIAN TEORITIS

Transformator

Trafo adalah suatu perangkat listrik yang mampu mentransfer dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya melalui kopleng magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Transformator banyak digunakan baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan trafo dalam sistem kelistrikan memungkinkan pemilihan tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk setiap kebutuhan, misalnya kebutuhan penggunaan tegangan tinggi untuk mentransmisikan energi listrik dalam jarak jauh. Penggunaan trafo yang sederhana dan

andal memungkinkan pemilihan tegangan yang tepat dan ekonomis untuk setiap kebutuhan dan merupakan salah satu alasan penting mengapa arus bolak balik banyak digunakan untuk produksi dan distribusi energi listrik.

Trafo Distribusi

Trafo distribusi pada dasarnya sama dengan trafo daya, yang membedakan adalah tegangan rendah pada trafo bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan tinggi pada trafo distribusi. Kedua tegangan pada trafo distribusi tersebut merupakan tegangan distribusi, yaitu distribusi tegangan menengah dan distribusi tegangan rendah. Trafo distribusi digunakan untuk mendistribusikan energi listrik langsung ke pelanggan. Tujuan penggunaan trafo distribusi adalah untuk mengatur tegangan utama sistem distribusi ke tingkat tegangan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Secara umum konstruksi transformator terdiri dari:

- a. Inti Transformator
- b. Kumparan
- c. *Bushing* Transformator
- d. Minyak Transformator
- e. Tipe Pedingin Tranformator

a. Inti Transformator

Biasanya inti transformator terdiri dari dua jenis, yaitu tipe inti (*Core type*) dan tipe cangkang (*Shell type*). Jenis inti terdiri dari lapisan besi isolasi persegi panjang, kumparan transformator dililitkan pada dua tepi persegi. Sedangkan tipe cangkang terbentuk dari lapisan inti isolasi, kumparan trafo dililitkan pada bagian tengah inti. Trafo berstruktur cangkang lebih andal dibandingkan trafo berstruktur inti ketika dihadapkan pada tekanan mekanis yang tinggi saat terjadi hubung singkat.

b. Kumparan

Sebuah trafo terdiri dari dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Jika arus bolak-balik dialirkan ke kumparan trafo, maka jumlah garis medan magnet juga akan berubah. Akibatnya terjadi induksi pada sisi primer. Sisi sekunder menerima garis-garis medan magnet dari sisi primer dengan kuantitas yang bervariasi. Oleh karena itu, pada sisi sekunder juga terjadi induksi sehingga menimbulkan perbedaan tegangan antara kedua ujungnya.

c. *Bhusing* Transformator

Untuk tujuan keamanan, konduktor tegangan tinggi melewati bidang tanah melalui lubang sekecil mungkin dan sering kali memerlukan pemasangan kokoh yang disebut *bushing*. Bagian utama dari *bushing* terdiri dari inti atau konduktor, flensa dari bahan dielektrik logam. Inti berfungsi mengalirkan arus dari dalam perangkat ke terminal eksternal dan beroperasi pada tegangan tinggi. Gunakan penjepit isolasi untuk dipasang ke badan perangkat pembumian.

d. Minyak Transformator

Pada trafo minyak, berperan penting dalam sistem pendingin trafo untuk menghilangkan panas akibat hilangnya daya dari trafo dan juga sebagai sistem isolasi. Minyak transformator mengandung naftalin, parafin dan aromatik.

Minyak trafo mempunyai beberapa manfaat sebagai isolator antara lain:

- Isolasi cair mempunyai kepadatan 1.000 kali atau lebih dibandingkan insulasi gas, sehingga mempunyai kekuatan dielektrik yang lebih tinggi.

- Isolasi cairkan mengisi celah atau ruang yang di isolasi dan secara serentak melalui proses konversi menghilangkan panas yang timbul akibat rugi daya.
- Isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (*self-healing*) jika terjadi pelepasan muatan (*discharge*).

e. Tipe Pendingin Transformator

Ada beberapa tipe pendingin pada transformator yaitu:

- ONAN (*Oil Natural Air Natural*)
- ONAF (*Oil Natural Air Force*)
- OFAF (*Oil Force Air Force*)

Transformator Tiga Fasa

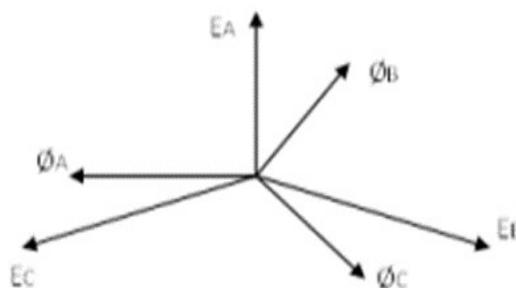
Pada dasarnya trafo tiga fasa mempunyai persamaan dengan trafo satu fasa, perbedaannya sebanding dengan sistem tenaga satu fasa dan sistem tenaga tiga fasa. Untuk sistem bintang (Y) dan delta (Δ), serta sistem serpentin, hal ini penting untuk pengoperasian paralel transformator tiga fasa. Trafo tiga fasa dikembangkan karena sistemnya yang ekonomis dengan biaya komputasi yang jauh lebih murah karena bahan yang digunakan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan tiga trafo satu fasa dengan jumlah yang sama dengan trafo daya tiga fasa. Dan tentunya dapat mempermudah pengelolaan operasional, trafo tunggal perlu perhatian khusus, atau memudahkan perawatan.

Dalam transformator tiga fasa memiliki dua hubungan yaitu:

- Hubungan Bintang (Y)
- Hubungan Delta (Δ)

Prinsip Kerja Transformator Tiga Fasa

Bila sumber tegangan yang digunakan adalah V_a , V_b , V_c dan masing-masing tegangan simetris, maka didalam inti akan diperoleh fluks magnet yang simetris pula dan masing-masing fluks mempunyai beda fasa $2\pi/3$ radian. Berdasarkan hukum Faraday, maka pada lilitan primer dan sekunder masing-masing fasa akan terbentuk ggl induksi. Secara vektor ggl induksi pada transformator tiga fasa dapat dilukiskan seperti berikut:



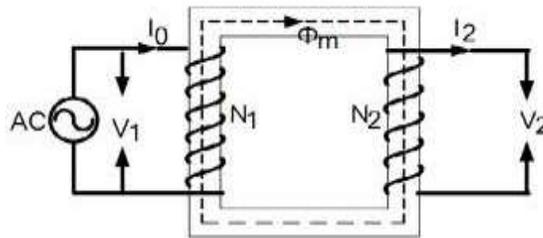
Gambar 1 Diagram Vektor Transformator Tiga Fasa

Karakteristik Transformator

Berdasarkan karakteristiknya trafo dibedakan menjadi dua jenis, yaitu keadaan trafo tanpa beban dan keadaan trafo dengan beban.

a. Keadaan Transformator Tanpa Beban

Arus yang mengalir pada kumparan primer apabila kumparan sekunder tidak dihubungkan dengan beban disebut arus tanpa beban transformator. Jika kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan AC, maka arus AC akan mengalir melalui kumparan tersebut dan menyebabkan perubahan fluks magnet pada inti. Fluks magnet berputar mengelilingi rangkaian magnet dan menimbulkan tegangan pada kumparan sekunder.

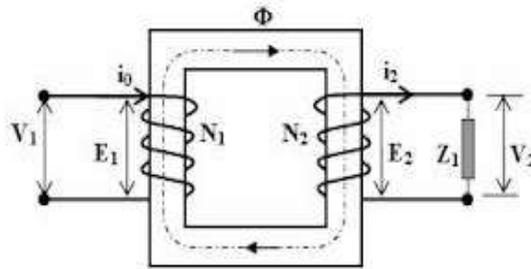


Gambar 2 Keadaan Transformator Tanpa Beban

Apabila belitan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan sinusoidal, maka akan mengalir melalui arus primer yang juga sinusoidal dan dengan asumsi belitan reaktif penuh akan berada 90° di belakang arus primer menghasilkan fluks magnet (Φ) yang sefase dan berbentuk sinusoidal.

b. Keadaan Transformator Berbeban

Jika ada arus bolak-balik yang mengalir melalui belitan sekunder, maka transformator dikatakan membawa beban. Arus sekunder dari transformator ini cenderung memagnetisasi rangkaian pusat dalam arah yang berlawanan dengan efek magnetisasi arus penguat primer. Jika penguatan arus pada belitan sisi primer diabaikan untuk mempertahankan fluks konstan pada rangkaian magnet, maka daya magnetisasi belitan primer relatif terhadap daya magnetisasi sisi sekunder akan sama dengan Gaya magnetisasi arus beban atau arus belitan sisi primer sama dengan arus belitan sisi sekunder.



Gambar 3 Keadaan Transformator Berbeban

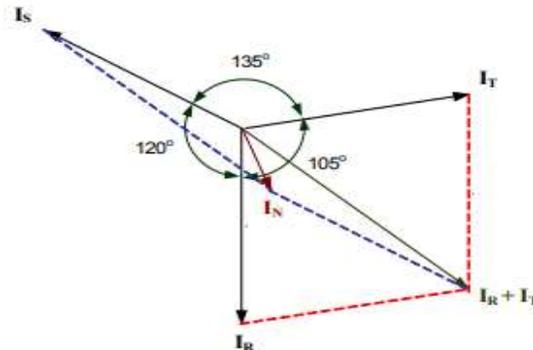
Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) sebesar $N_2 I_2$ yang cenderung berlawanan arah dengan fluks timbal balik (Φ) yang sudah ada akibat arus elektromagnetik tersebut. Agar fluks timbal balik tidak berubah nilainya, maka arus I_2 harus mengalir pada kumparan primer, berlawanan arah dengan fluks yang ditimbulkan oleh arus beban I_2 hingga arus total yang mengalir pada kumparan primer.

Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator

Yang dimaksud dengan keadaan tidakseimbangan adalah suatu keadaan dimana:

- ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain

- b. ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain
- c. ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain

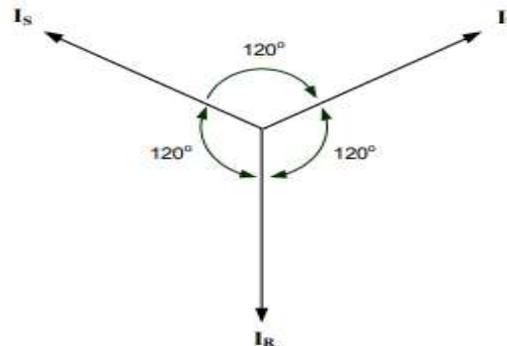


Gambar 4 Diagram Vektor Beban Tidakseimbangan

Menunjukkan vektor diagram arus yang tidak seimbang. Terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R, I_S, I_T) tidak sama dengan nol sehingga muncul sebuah besaran yaitu arus netral (I_N) yang nilai besarnya tergantung dari seberapa besar faktor ketidak seimbangan.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan dimana:

- a. ketiga vektor arus/tegangan sama besar
- b. ketiga vektor saling membentuk 120° satu sama lain



Gambar 5 Diagram Vektor Beban Seimbang

Pada gambar menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R, I_S, I_T) adalah sama dengan nol sehingga muncul arus netral (I_N).

Adapun penyebab ketidakseimbangan beban adalah sebagai berikut:

- a. Beban yang tidak merata pada sistem distribusi tenaga listrik
- b. Pembagian beban perfasa yang tidak merata
- c. Beban yang tidak merata dalam sistem beban tenaga listrik.
- d. Peralatan jaringan listrik yang mengalami kerusakan seperti kapasitor bank yang terbakar, trafo terbakar, hubungan open delt yang rusak dan lain-lain.

Penyaluran Dan Susut Daya

Jika daya pada saluran (P) disalurkan oleh saluran yang berpenghantar netral, jika dalam distribusi daya arus fasanya seimbang maka nilai arus saluran dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = 3 \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \varphi$$

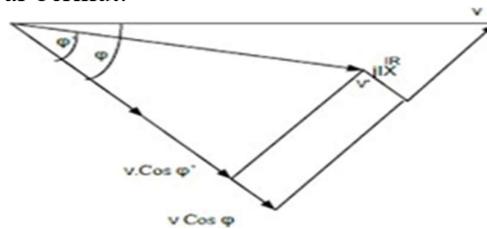
Dimana:

P = daya pada trafo

V = tegangan sisi primier

Cos φ = faktor daya

Daya yang dialirkan dan sampai ke ujung penerima akan lebih kecil dibandingkan dengan daya (P), hal ini dapat terjadi akibat adanya penyempitan saluran. Hilangnya daya ini diwakili oleh diagram fasor tegangan saluran sistem satu fasa, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



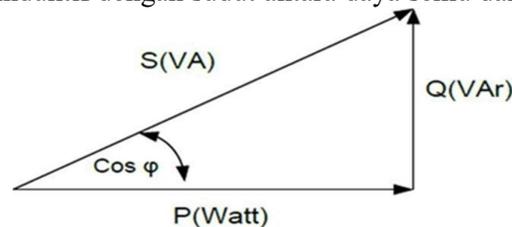
Gambar 6 Diagram Fasor

Faktor Daya

Faktor daya ($\cos \varphi$) adalah sebuah perbandingan antartara daya aktif (P) dengan daya semu (S). Daya merupakan jumlah dari keseluruhan energi yang pakai untuk

Segitiga Daya

Segitiga daya adalah gambaran dari daya semu, daya reaktif dan daya aktif. Dimana segitiga daya bersifat induktif dengan sudut antara daya semu dan daya aktif adalah φ .



Gambar 7 Segitiga Daya

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk melaksanakan penyusunan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisa Pengaruh Ketidakeimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi” Meliputi penggunaan metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif dipilih karena pengumpulan data dilakukan berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, yang kemudian diselesaikan dalam bentuk persamaan matematis.

Alir Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, tahapan-tahapan yang dilakukan disusun secara sistematis. Secara garis besar diagram alir penelitian dapat digambarkan diagram alir penelitian analisis proses yang digunakan untuk menyusun tugas akhir. Pada diagram alir penelitian merupakan proses akhir dari penelitian, yang meliputi penjelasan hasil penelitian yang diperoleh sesuai dengan metode dan prosedur.



Analisa Data

Analisa data dilakukan setelah pengambilan data di EDTL E.P (*Eletricidade De timor-Leste, Empresa Publica*) Dili. Data-data yang diperoleh diubah kedalam bentuk matematis dan dianalisis menggunakan persamaan yang telah ada. Dalam menganalisis data yang diperoleh, tidak menggunakan metode apapun, karena perhitungan yang digunakan adalah perhitungan biasa.

Persamaan Yang Digunakan Untuk Menganalisa Data

a. Pembebanan Transformator

Diketahui daya transformator dilihat dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dihitung sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

Dimana:

S = Daya transformator (Kva)

V = Tegangan sisi primier transformator (Kv)

I = Arus (Ampere)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (I_{FL}) dan arus rata-rata (I_{AVR}) dapat menggunakan rumus:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I_{AVR} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

Dimana:

I_{FL} = arus beban penuh (A)

S = daya Transformator (kVA)

V = tegangan sisi sekunder Transformator (kV)

I_{avr} = arus rata-rata (A)

I = arus perfasa (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*fullload*) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Pembebanan} = \frac{I_{\text{rata-rata}}}{I_{\text{FL}}} \times 100\%$$

b. Ketidakseimbangan Beban Transformator

Besar ketidakseimbang beban yang terjadi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a, b dan c dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_R &= a \cdot I \text{ maka } a = \frac{I_R}{I} \\ I_S &= b \cdot I \text{ maka } b = \frac{I_S}{I} \\ I_T &= c \cdot I \text{ maka } c = \frac{I_T}{I} \end{aligned}$$

Pada saat kondisi seimbang jumlah koefisien a, b dan c adalah 1. Sehingga rata-rata ketidakseimbang beban (dalam %) dirumuskan dalam bentuk sebagai berikut:

$$= \frac{\{[a-1]+[b-1]+[c-1]\}}{3} \times 100\%$$

c. Losses Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Dan Arus Netral Yang Mengalir Ke Tanah

Akibat ketidakseimbangan beban antar tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T), arus mengalir melalui netral trafo. Arus yang mengalir pada kabel netral trafo menyebabkan rugi-rugi. Rugi-rugi pada penghantar netral trafo. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 \times R_N$$

Dimana:

P_N = losses pada penghantar netral trafo (watt)

I_N = arus yang mengalir pada netral trafo (A)

R_N = tahanan pada penghantar netral trafo (Ω)

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

$$P_G = I_G^2 \times R_G$$

Dimana:

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

I_G = arus netral yang mengalir ke tanah (A)

R_G = tahanan pembumian netral trafo (Ω)

Dimana daya aktif trafo dapat dirumuskan:

$$P = S \times \cos \varphi$$

Presentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah:

$$\% P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan selama satu bulan mulai tanggal 28 Juli hingga 28 Agustus 2023 di EDTL,E.P (*Eletricidadede Timor-Leste Empresa Publica*) yang berlokasi di Dili, Timor-Leste. Dalam menganalisa data yang telah didapat dari penelitian dilakukan secara manual yaitu lansung ukur di sisi sekunder trafo. Setelah mendapatkan data dilakukan perhitungan manual karena persamaan matematis yang digunakan hanya persamaan biasa yang bisa diselesaikan dengan cara manual tanpa menggunakan metode tertentu.

Pengumpulan Data

Table 1 Data Sfesifikasi Trafo Distribusi 500 Kva

Kapasitas	500 Kva
Standar	IEC 76
No. Seri	1121582106
Buatan	PT. Asata Utama Electrical industries
Fasa	3
Pendiginan	Onan
Tegangan Primier	20 Kv
Tegangan Sekunder	400 V
Arus Primier	14.43 A
Arus Sekunder	721.68 A

Table 2 Hasil Pengukuran Trafo Distribusi 500 Kva

Fasa	Pengukuran Siang Hari				Pengukuran Malam Hari			
	S (Kva)	Vp-n (V)	I (Arus)	Cos ϕ	S (Kva)	Vp-n (V)	I (Arus)	Cos ϕ
R	336,7	234,7	405,8	0,85	373,4	235,2	413,2	0,85
S	434,1	235,8	405,2	0,85	411,3	234,5	412,8	0,85
T	497,3	234,9	407,6	0,85	301,8	235,7	412,9	0,85
I_N			87,5 A				36,8 A	
I_G			45,3 A				27,4 A	
R_G			4 Ω				4 Ω	

Table 3 Data

Jenis kabel	jumlah/luas penampang
NYY	1 \times 120mm ²

Tahanan

Data tahanan yang dibutuhkan adalah data yang mengalir di penghantar netral trafo distribusi untuk menganalisis Losses akibat arus netral pada penghantar netral. Untuk ukuran kawat penghantar netral adalah 120mm² dengan R = 0,153 Ω /km.

a. Perhitugan Pembebanan Trafo

$$I_F = \frac{S}{\sqrt{3} \times 400} = I_F = \frac{500.000}{\sqrt{3} \times 400} = \frac{500000}{692,82} = 721,68 \text{ A}$$

Pada Siang Hari

$$I_{avr} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{336,7 + 434,1 + 497,3}{3} = 422,7 \text{ A}$$

Jadi Presentase Pembebanan Adalah:

$$\begin{aligned} & \frac{I_{\text{rata-rata siang}}}{I_F} \times 100\% \\ & = \frac{422,7}{721,68} \times 100\% = 58,5\% \end{aligned}$$

Pada Malam Hari

$$\begin{aligned} I_{\text{avr}} &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \\ &= \frac{373,4 + 411,3 + 301,8}{3} = 362,1 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi Presentase Pembebanan Adalah:

$$\begin{aligned} & \frac{I_{\text{rata-rata malam}}}{I_F} \times 100\% \\ & = \frac{362,1}{721,68} \times 100\% = 50,1\% \end{aligned}$$

Dari Analisa Perhitungan Menggunakan Persamaan yang telah ada, terlihat bahwa Presentase Pembebanan pada trafo sebesar 58,5 %, di siang hari. Sedangkan pada malam hari Presentase Pembebanan sebesar 50,1 %.

b. Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Trafo

Pada Siang Hari

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{336,7 + 411,3 + 497,3}{3} = 422,7 \text{ A} \\ I_R = a.I &\text{ maka } a = \frac{I_R}{I} = \frac{336,7}{422,7} = 0,79 \\ I_S = b.I &\text{ maka } b = \frac{I_S}{I} = \frac{434,1}{422,7} = 1,02 \\ I_T = c.I &\text{ maka } c = \frac{I_T}{I} = \frac{497,3}{422,7} = 1,17 \end{aligned}$$

Jadi Presentase Ketidakseimbangan Beban

$$\begin{aligned} U_L &= \frac{(a-1) + (b-1) + (c-1)}{3} = 100\% \\ &= \frac{\{|0,79 - 1| + |1,02 - 1| + |1,17 - 1|\}}{3} \times 100\% = 13,3\% \end{aligned}$$

Pada Malam Hari

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{373,4 + 411,3 + 301,8}{3} = 362,1 \text{ A} \\ I_R = a.I &\text{ maka } a = \frac{I_R}{I} = \frac{373,4}{362,1} = 1,03 \\ I_S = b.I &\text{ maka } b = \frac{I_S}{I} = \frac{411,3}{362,1} = 1,13 \\ I_T = c.I &\text{ maka } c = \frac{I_T}{I} = \frac{301,8}{362,1} = 0,83 \end{aligned}$$

Jadi Presentase Ketidakseimbangan Beban

$$\begin{aligned} U_L &= \frac{(a-1) + (b-1) + (c-1)}{3} = 100\% \\ &= \frac{\{|1,13 - 1| + |1,02 - 1| + |0,83 - 1|\}}{3} \times 100\% = 10,6\% \end{aligned}$$

Dari Analisa Perhitungan Menggunakan Persamaan yang telah ada, terlihat bahwa Presentase Pembebanan pada trafo sebesar 13,3%, di siang hari. Sedangkan pada malam hari Presentase Pembebanan sebesar 10,6%. Hal ini disebabkan pembebanan beban yang tidak merata.

c. Perhitungan Losses Akibat Ada Nya Arus Netral Pada Penghantar Netral Trafo Dan Yang Mengalir Ke Tanah

Pada Siang Hari

$$\begin{aligned} P_N &= I_N^2 \times R_N \\ &= (87,5)^2 \times 0,153 = 7656,25 \times 0,153 = 1171,41 \text{ Watt} \approx 1,17 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dimana Daya Aktif Trafo (P) dan Cos φ yang digunakan adalah 0,85

$$\begin{aligned} P &= S \times \text{Cos } \varphi \\ &= 500 \times 0,85 = 425 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga presentase losses yang disebabkan oleh munculnya Arus Netral pada

penghantar netral trafo terhadap daya aktif trafo adalah:

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} = \frac{1,17}{425} \times 100\% = 0,27\%$$

Sedangkan losses yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (ground) adalah:

$$P_G = I_G^2 \times R_G \\ = (45,5)^2 \times 4 = 2070,25 \times 4 = 8281 \text{ Watt} \approx 8,3 \text{ kW}$$

Sheingga presentase losses yang disebabkan oleh munculnya Arus Netral yang mengalir ke tanah terhadap daya aktif trafo adalah:

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} = \frac{8,3}{425} \times 100\% = 1,95\%$$

Pada Malam Hari

$$P_N = I_N^2 \times R_N \\ = (36,8)^2 \times 0,153 = 1354,24 \times 0,153 = 207,20 \text{ Watt} \approx 0,21 \text{ kW}$$

Dimana Daya Aktif Trafo (P) dan Cos φ yang digunakan adalah 0,85

$$P = S \times \text{Cos } \varphi \\ = 500 \times 0,85 = 425 \text{ kW}$$

Sheingga presentase losses yang disebabkan oleh munculnya Arus Netral pada penghantar netral trafo terhadap daya aktif trafo adalah:

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} = \frac{0,21}{425} \times 100\% = 0,5\%$$

Sedangkan losses yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (ground) adalah:

$$P_G = I_G^2 \times R_G \\ = (27,4)^2 \times 4 = 750,76 \times 4 = 3003,04 \text{ Watt} \approx 3,0 \text{ kW}$$

Sheingga presentase losses yang disebabkan oleh munculnya Arus Netral yang mengalir ke tanah terhadap daya aktif trafo adalah:

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} = \frac{3,0}{425} \times 100\% = 0,70\%$$

Dari Analisa Perhitungan Menggunakan Persamaan yang telah ada, terlihat bahwa Losses Arus Netral pada penghantar netral trafo sebesar 1,17 kW, dan losses Arus Netral yang mengalir ke tanah sebesar 8,3 kW, pada siang hari. Sedangkan pada malam hari Losses Arus Netral pada penghantar netral trafo sebesar 0,21 kW, dan losses Arus Netral yang mengalir ke tanah sebesar 3,0 kW.

Hasil Analisa

Dari hasil analisa menggunakan persamaan yang telah ada, maka di dapatkan hasil bahwa Transformator Distribusi pada EDTL, E.P. (eletricidade de Timor-Leste, Empresa Publica) Dili. Mengalami ketidakseimbangan beban dimana yang seharusnya $a + b + c = 0$ (arus yang masuk sama dengan arus yang keluar sama dengan nol) menjadi $a + b + c = \emptyset$ (arus yang masuk sama dengan arus yang keluar tidak sama dengan nol), dan semakin besar ketidakseimbangan beban yang terjadi maka semakin besar juga rugi-rugi (Losses) yang terjadi.

Table 4 Hasil Semua perhitugan Trafo Distribusi 500 Kva

Tahun 2023	Siang Hari			
	Pembebanan Trafo %	Ketidakseimbangan Beban %	Losses I_N kW	Losses I_G kW
31-07	58,5	13,3	1,17	8,03
01-08	58,7	13,3	1,18	8,17

02-08	58,7	13,7	1,17	8,14
03-08	58,6	13,4	1,18	8,39
04-08	58,6	13,3	1,16	8,24
07-08	58,5	13,5	1,17	8,35
08-08	58,6	13,3	1,18	8,21
Tanggal 2023	Malam Hari			
	Pembebanan Trafo %	Ketidakseimbangan Beban %	Losses I_N kW	Losses I_G kW
31-07	50,1	10,6	0,21	3,0
01-08	50,2	10,7	0,20	2,96
02-08	50,2	10,7	0,21	2,92
03-08	50,1	10,7	0,21	3,05
04-08	50,3	11	0,20	2,98
07-08	50,3	11	0,20	3,03
08-08	50,2	11,1	0,20	3,09

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan tentang analisa ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada trafo distribusi, maka penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan antara lain seperti Persentase pembebanan diperoleh hasil sebesar 58,5% pada siang hari, 50,1% pada malam. Persentase ketidakseimbangan beban diperoleh hasil sebesar 13,3% pada siang hari, 11,1% pada malam. Losses akibat Arus Netral yang mengalir pada penghantar netral trafo diperoleh hasil sebesar 1,17 kW dan persentase 0,27% di siang hari. 8,3 kW dan persentase 1,95% di malam hari. Losses akibat Arus Netral yang mengalir ke tanah diperoleh hasil sebesar 0,21 kW dan persentase 0,5% di siang hari 3,0 kW dan persentase 0,70% di malam hari.

Berdasarkan pada semua hasil yang telah didapatkan, penulis berharap penelitian tugas akhir ini dapat menjadi sebuah bahan pertimbangan untuk pihak di EDTL, E.P (*Eletricidade De Timor-leste, Empresa Publica*) Dili, pada saat terjadi ketidakseimbangan beban akan menimbulkan arus yang mengalir pada kawat netral yang akan berdampak pada kerugian finansial. Perlu dilakukan pekerjaan penyeimbangan beban dengan cara memindahkan sebagian beban di fasa yang berbeban tinggi ke fasa yang berbeban rendah. Untuk penambahan beban diwaktu-waktu yang akan datang, perlu diperhatikan kapasitas trafo yang terpasang, dengan tujuan agar pemakaian beban tidak melebihi kemampuan trafo.

DAFTAR REFERENSI

Aini, Z., Esa Mutari, Liliana, & Oriza Candra. (2021). Analysis of Imbalance Loads and Losses Based on The Largest Loading by 3 Units of 3 Phase Distribution Transformer. JTEV (Jurnal Teknik Elektro Vokasi), 69-77.

- Badaruddin. (2012). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Proyek Rusunawi Gading Icon. Jurnal Teknik Elektro (JTE).
- Burke, J. J. (1994). Power Distribution Engineering - Fundamental And Applications. New York:Marcel Dekker.
- Drs. Sumanto, M. (1996). Teori Transformator.
- Kadir, & Abdul. (2000). Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Latupeirissa, H. L. (Desember 2017). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Daya Pada Trafo Distribusi Gardu Kp-01 Desa Hative Kecil. Jurnal Simetrik, 16-22.
- Markus Dwiyanto Tobi Sogen, S. M. (1 Juli 2018). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus. Electro Luceat , 1-10.
- Setiadji, J. S., Machmudsyah, T., & Isnanto, Y. (2006). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. Jurnal Teknik Elektro, 68-73.
- Sudirham, S. (1991). Pengaruh Ketidakseimbang Arus Terhadap Susut Daya Pada Saluran.
Bandung: ITB: Tim Pelaksanaan Kerjasama PLN-ITB.
- Wayan, S. (2014.). Studi Analisis Rugi-Rugi Daya pada Penghantar Netral Akibat Sistem Tidak Seimbang di Jaringan Distribusi Gardu KA 1495 Penyulang Citraland Menggunakan Simulasi Program ETAP 7.0 . Jurnal Logic. Vol. 14. No. 3. Bali: Politeknik Negeri Bali