

# ANALISA KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA TRAFO DISTRIBUSI GARDU BGLWH1012 50KVA/3 FASA WAIHERU DEPAN KOMPI MARKAS

Ririn Fitria<sup>1</sup>, Hamles Leonardo Latupeirissa<sup>2</sup>, Elisabeth T Mbitu<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Teknologi Rekayasa Kelistrikan Minyak dan Gas, Politeknik Negeri Ambon*

<sup>1</sup>rrnfr029@gmail.com, <sup>2</sup>hamleslatupeirissa@gmail.com, <sup>3</sup>elisabethtansianambitu@gmail.com

**Abstract** - In the industrial world, the need for electrical energy is a major need. Electrical energy is energy that is easily converted into other energy quantities, such as mechanical quantities, thermal quantities. In the distribution of electric power, situations are often encountered where load imbalance occurs. This load imbalance is caused by asynchronous load switching on and unbalanced connections in each phase (R, S, and T). The aim of this research is to find out the effect of load imbalance on power losses due to the current in the neutral conductor of the transformer, to know the effect of load imbalance on power losses due to neutral current flowing to the ground, and to know the standardization of distribution transformer imbalance with standardization (SPLN). No: 0017.E/DIR/2014). The research method used in this research is quantitative analysis, where the research method is used to analyze research with data in the form of numbers. The results of calculating the transformer load imbalance during the day are 40.41% and at night it is 40.30%, losses due to current flowing to the ground during the day are 0.1kW so the losses presentation is 0.25% and at night 0.14kW so the losses presentation is 0.35%, the health index during the day is 26.76% and at night it is 32.11%.

**Keywords:** *Load imbalance;, distribution transformer;, distribution substation;, Health Index*

**Abstrak** - Dalam dunia industri, kebutuhan energi listrik merupakan kebutuhan utama. Energi listrik adalah energi yang mudah dikonversi menjadi besaran energi lain, seperti besaran mekanis, besaran termis. Dalam penyaluran tenaga listrik sering dijumpai keadaan di mana terjadi ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban ini disebabkan karena penyalan beban yang tidak serempak dan penyambungan yang tidak seimbang pada tiap phase (R,S,dan T). Tujuan penelitian ini ialah Mengetahui pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap losses (rugi) daya akibat adanya arus pada penghantar netral trafo, mengetahui pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap losses (rugi) daya akibat arus netral yang mengalir ke tanah, dan mengetahui standarisasi ketidakseimbangan trafo distribusi dengan standarisasi (SPLN No : 0017.E/DIR/2014). Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif yang mana metode penelitian tersebut digunakan untuk menganalisa penelitian dengan data berupa angka-angka. Hasil dari perhitungan ketidakseimbangan beban trafo di siang hari sebesar 40,41% dan pada malam hari sebesar 40,30%, losses akibat arus yang mengalir ke tanah pada siang hari sebesar 0,1kW sehingga presentasi lossesnya adalah 0,25% dan pada malam hari 0,14kW sehingga presentasi lossesnya sebesar 0,35%, health indeks pada siang hari sebesar 26,76% dan health indeks pada malam hari sebesar 32,11%

**Kata kunci :** *Ketidakseimbangan beban;, trafo distribusi;, gardu distribusi;, Health Indeks*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri kebutuhan energi listrik merupakan kebutuhan utama. Beban-beban listrik di industri sangat bervariasi seperti misalnya beban penerangan, peralatan listrik, atau motor-motor listrik. Dalam penyaluran tenaga listrik sering juga dijumpai keadaan di mana terjadi ketidakseimbangan beban. Di waiheru tepatnya di depan Kompi Markas terdapat transformator distribusi berkapasitas 50 KVA. Ketika proses pendistribusian inilah yang akan memberikan dampak pada ketidakseimbangan beban yang terjadi pada transformator tersebut sehingga mengakibatkan munculnya arus netral ( $I_n$ ). Akibat munculnya dampak tersebut penulis bermaksud melakukan analisa ketidakseimbangan beban pada transformator 50 KVA untuk menganalisis ketidakseimbangan beban trafo distribusi terhadap setiap fasa R, S, dan T serta menghitung arus netral ( $I_n$ ) pada penghantar netral trafo tersebut dan juga memperhitungkan nilai persentase ketidakseimbangan tegangan pada trafo distribusi tersebut apakah tingkat ketidakseimbangan tegangan transformator tersebut memenuhi standar surat edaran direksi NOMOR:017.E/DIR/2014. Pada penelitian yang dilakukan oleh Penelitian yang dilakukan oleh Hamles Leonardo Latupeirissa tahun 2017 dari Politeknik Negeri Ambon yang berjudul “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Daya Pada Trafo Distribusi Gardu KP-01 Desa Hative Kecil”. Jurnal ini menyatakan bahwa semakin besar arus netral yang mengalir di penghantar netral trafo ( $I$ ) maka semakin besar losses pada penghantar netral trafo ( $P$ ). Perbedaan penelitian yang sangat signifikan ada pada perhitungan persentase ketidakseimbangan tegangan pada trafo distribusi tersebut apakah tingkat ketidakseimbangan tegangan transformator tersebut memenuhi standar surat edaran direksi NOMOR:017.E/DIR/2014.

Alasan pemilihan penelitian ini salah satunya ialah pengaruh terhadap kinerja trafo, dimana ketidakseimbangan beban dapat menyebabkan peningkatan arus netral, yang bisa meningkatkan kerugian daya (losses) dan menurunkan efisiensi trafo.

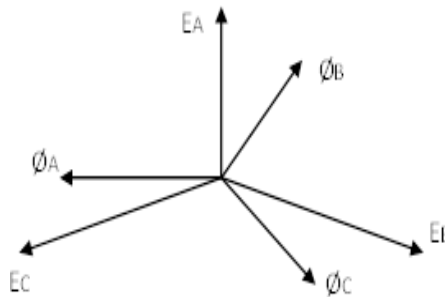
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Transformator

Transformator atau biasa disebut trafo merupakan alat yang dapat memindahkan tenaga listrik antar dua rangkaian listrik melalui induksi elektromagnetik. Bila satu di antara kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, akan menimbulkan fluks bolak-balik yang amplitudonya bergantung pada tegangan primer dan jumlah lilitannya. Fluks akan menghubungkan kumparan lain sekunder dan akan menginduksikan tegangan didalamnya yang nilainya bergantung dengan jumlah lilitan sekunder.

### 2.2 Prinsip Kerja Transformasi Tiga Fasa

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi-elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Jika 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 sistem Faraday, maka pada lilitan primer dan sekunder masing-masing fasa akan terbentuk ggl induksi. Secara sistem ggl induksi pada transformator 3 fasa dapat dilukiskan seperti gambar berikut:



**Gambar 1. Diagram system GGL induksi trafo 3 fasa**

(Sumber : Latupeirissa, H. L, 2017)

### 2.3 Arus Beban Penuh Transformator

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

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

Dimana :

$S$  = Daya transformator (kVA)

$V$  = Tegangan sisi primer transformator (kV)

$I$  = Arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (full load), dapat menggunakan rumus.

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

Dimana :

$I_{FL}$  = Arus beban penuh (A)

$S$  = Daya transformator (kVA)

$V$  = Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

#### 2.4 Losses Akibat Adanya Arus pada Penghantar Netral Transformator

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

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

Dimana :

$P_N$  = Losses daya pada penghantar netral trafo (Watt)

$I_N$  = Arus yang mengalir pada netral trafo (A)

$R_N$  = Tahanan penghantar netral trafo ( $\Omega$ )

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

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

Dimana :

$P_G$  = Losses daya akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

$I_G$  = Arus yang mengalir ke tanah (A)

$R_G$  = Tahanan pembumian netral trafo ( $\Omega$ )

#### 2.5 Ketidakseimbangan Beban

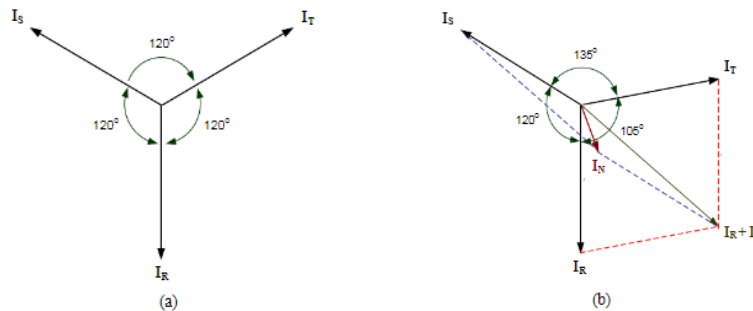
Keadaan seimbang beban adalah suatu keadaan di mana :

1. Ketiga fasa mempunyai vektor arus/tegangan yang sama besar.
2. Ketiga fasa mempunyai vektor saling yang membentuk sudut  $120^\circ$  antara satu sama lain.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu:

1. Ketiga fasa mempunyai vektor sama besar, tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
2. Ketiga fasa mempunyai vektor tidak sama besar, tetapi membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
3. Ketiga fasa mempunyai vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut  $120^\circ$

satu sama lain.



**Gambar 2. Vektor diagram arus**

Sumber : Latupeirissa, H. L, 2017

Gambar 2.3(a) 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 ( $I_N$ ). Sedangkan pada Gambar 2.3(b) menunjukkan vektor diagram arus yang tidak seimbang. Di sini 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 besarnya bergantung dari seberapa besar factor ketidakseimbangannya. Ketidakseimbangan beban tidak dapat dihindari namun, akibatnya tidak boleh membuat sudut fasa melebihi batas toleransi yang ditetapkan standar yaitu sesuai surat edaran direksi NOMOR : 0017.E/DIR/2014.

Tabel 1  
Health Indeks Ketidakseimbangan Trafo

Karasterik	Health Indeks			
	Baik	Cukup	Kurang baik	Buruk
Ketidakseimbangan antar arus fasa	<10%	10%<20%	20%-<25%	≥25%

Sumber : SPLN 0017 (2014)

$$\text{Health Indeks} = I_N \times I - \text{Nom} \times 100\%$$

Dengan :

$I_N$  = Arus netral

$I\text{-NOM}$  = Arus nominal

## 2.6 Penyaluran dan Susut Daya

Misalnya daya sebesar  $P$  disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi$$



Dengan :

P = Daya pada ujung kirim

V = Tegangan pada ujung kirim

$\cos \varphi$  = Faktor daya

Daya yang sampai pada ujung akan lebih kecil dari daya ujung kirim, karena terjadi penyusutan dalam saluran. Jika (I) adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b dan c sebagai berikut:

$$[I_R] = a [I]$$

$$[I_S] = b [I]$$

$$[I_T] = c [I]$$

dengan  $I_R$ ,  $I_S$  dan  $I_T$  adalah arus di fasa R, S dan T.

Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai :

$$P = (a + b + c) \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \varphi$$

Apabila persamaan (2.7) dan persamaan (2.5) menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, dan c :

$$a + b + c = 3$$

dimana pada keadaan seimbang, nilai  $a = b = c = 1$

## 2.7 Daya Nyata Listrik

Satuan daya listrik dalam satuan S dan sistem metrik adalah watt. Satu watt didefinisikan sebagai sesuatu yang sama dengan kerja yang dilakukan pada laju satu joule setiap sekon. Watt juga didefinisikan sebagai energi yang dikeluarkan atau kerja yang dilakukan setiap sekon oleh arus 1 ampere yang tidak berubah yang mengalir pada tegangan 1 volt, atau

$$P = I \cdot V \cdot \cos \varphi$$

Dimana :

P = Daya, watt

I = Arus, ampere

V = Tegangan, volt

Kenyataannya bahwa watt adalah satuan daya atau satuan laju yang melakukan kerja tidak dapat terlalu ditekan. Perlu diingat bahwa arus dalam ampere adalah laju aliran listrik atau sama dengan jumlah coulomb setiap sekon, oleh sebab itu rumus daya dapat ditulis :



$$\text{Daya. dalam. watt} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Sekon}} \times \text{Volt}$$

Dalam perkataan lain, watt adalah ukuran laju muatan listrik bergerak melalui suatu perbedaan potensial.

### 2.8 Kerugian Daya Pada Saluran

Ketika arus mengalir melalui tahanan, tahanan tersebut menjadi panas atau dikatakan bahwa energi listrik diubah ke dalam energi kalor. Laju perubahan energi listrik menjadi panas disebut daya dan cara yang dipakai untuk menentukan daya ini adalah  $P = I^2 \times R$  dengan perkataan lain, laju pengeluaran energi dalam tahanan adalah sebanding dengan kuadrat arus.

Oleh karena konduktor dari rangkaian transmisi atau distribusi mempunyai tahanan, maka konduktor menjadi panas ketika arus melaluinya. Panas atau kalor tersebut dibuang atau hilang ke udara sekeliling, ini disebut kerugian pada saluran.

Kerugian daya ini sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir. Karena alasan inilah, maka lebih efisien menyalurkan daya dengan arus yang sekecil mungkin agar kerugian dayanya sedikit. Rugi daya berdasarkan resistansi saluran pada saluran transmisi dan distribusi dinyatakan oleh persamaan berikut :

Untuk tiga phasa

$$P_l = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot l$$

Untuk satu phasa

$$P_l = I^2 \cdot R \cdot l$$

Dimana :

$I$  = Arus beban (Ampere)

$R$  = Resistansi saluran per phasa ( $\Omega/\text{km}$ )

$l$  = Panjang saluran (km)

## III. METODE

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis yang digunakan dalam penelitian ini adalah Survey Research (penelitian survei), dimana tidak dilakukan perubahan atau tidak ada perlakuan khusus terhadap variabel yang diteliti.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) Ambon pada Trafo Distribusi Gardu BGLWH1012 50KVA/3 Fasa Waiheru Depan Kompi Markas.

### 3.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Gardu BGLWH1012 50 KVA/3 Fasa Waiheru Depan Kompi Markas dilaksanakan selama 1 bulan.

### 3.4 Jenis Data Penelitian

Jenis data yang diperlukan untuk melakukan analisis perhitungan, sebagai berikut:

1. Data Primer

Data spesifikasi gardu trafo distribusi, data arus, tegangan, daya dan factor daya pembebanan trafo distribusi.

2. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari studi literatur, wawancara, dan observasi.

### 3.5 Variabel Analisis Hasil Penelitian

Variabel yang digunakan dalam menganalisis hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2  
Variabel Analisis

No	Variabel	Simbol	Satuan
1	Ketidakseimbangan beban trafo	-	%
2	<i>Losses</i> akibat adanya arus pada penghantar netral trafo	$P_n$	<i>Watt</i>
3	<i>Losses</i> akibat arus netral yang mengalir ke tanah	$P_o$	<i>Watt</i>

### 3.6 Metode Analisis

Analisis perhitungan ketidakseimbangan beban pada penelitian ini, difokuskan pada:

1. Arus beban penuh trafo.
2. Arus rata-rata trafo pada siang dan malam hari.
3. Persentasi pembebanan trafo pada siang dan malam hari.
4. Ketidakseimbangan beban trafo pada siang dan malam hari.
5. *Losses* akibat adanya arus pada penghantar netral trafo untuk Luas Penampang Penghantar Netral 50mm<sup>2</sup> pada siang dan malam hari.
6. *Losses* akibat adanya arus pada penghantar netral trafo untuk Luas Penampang Penghantar Netral 95mm<sup>2</sup> pada siang dan malam hari.
7. *Losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah pada siang dan malam hari.
8. Kesimpulan.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian, diperoleh dari sumber data PT (Persero) PLN Cabang Ambon. Data yang diperoleh pada bulan Maret 2024. Spesifikasi Gardu BGLWH1012 Waiheru :

Penyulang                      Waiheru 1

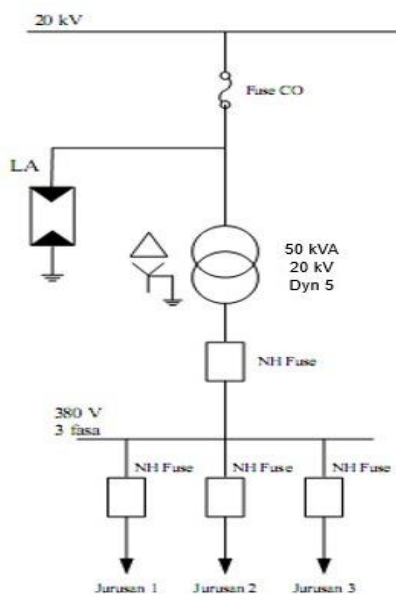


Buatan Pabrik	TRAFINDO
Tipe	OUTDOOR
Merk	KAL
Daya	50 kVA
Tegangan Kerja	20 kV/400 V
I-NOM	72 A
Jumlah Trafo	1x3 Phasa

Trafo Distribusi dan Single Line 50kVA dan Single line trafo distribusi 50 kVA, masing-masing ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



**Gambar 3. Trafo Distribusi 50kVA**



**Gambar 4. Single Line Trafo Distribusi 50kVA**

Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3  
Hasil Pengukuran Siang Hari

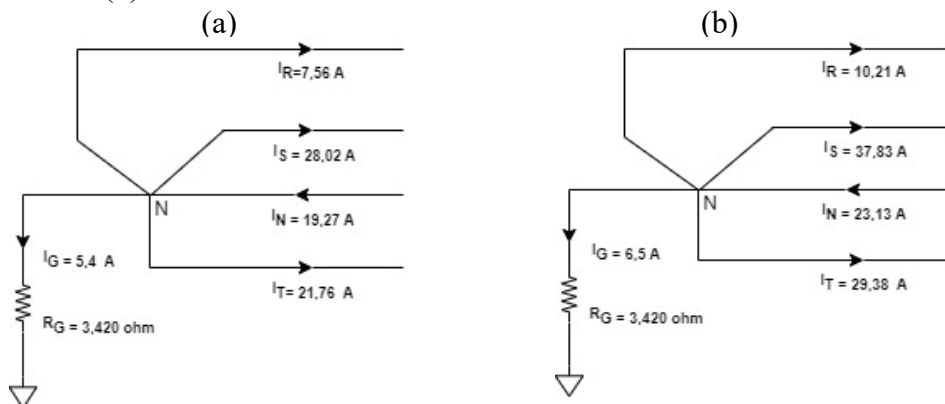
PHASA	P (KW)	S (kVA)	Vp-n (Volt)	I (Ampere)	cos $\phi$
<b>R</b>	1,374	1,696	224,4	7,56	0,81
<b>S</b>	5,128	6,254	223,2	28,02	0,82
<b>T</b>	4,078	4,913	225,8	21,76	0,81
<b><math>I_N</math></b>	19,27 A				
<b><math>I_G</math></b>	5,4 A				
<b><math>R_G</math></b>	3,420 $\Omega$				

Tabel 4  
Hasil Pengukuran Malam Hari

PHASA	P (KW)	S (kVA)	Vp-n (Volt)	I (Ampere)	Cos $\phi$
<b>R</b>	1,826	2,283	223,7	10,21	0,80
<b>S</b>	6,820	8,520	222,6	37,83	0,81
<b>T</b>	5,271	6,589	224,3	29,38	0,80
<b><math>I_N</math></b>	23,12 A				
<b><math>I_G</math></b>	6,5 A				
<b><math>R_G</math></b>	3,420 $\Omega$				

Sumber : PT. PLN, 2024

Ukuran kawat untuk penghantar netral trafo adalah 50 mm<sup>2</sup> (AAAC) dengan  $R=0,368 \Omega/\text{km}$ , sedangkan untuk kawat penghantar phasanya adalah 95 mm<sup>2</sup> (AAAC) dengan  $R = 0,196 \Omega/\text{km}$ . Skema aliran arus disisi sekunder pada siang hari (a) dan malam hari (b).





## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Perhitungan Pembebanan Trafo

#### a. Arus beban penuh trafo

Perhitung arus beban penuh (full load) trafo distribusi, menggunakan persamaan (2.2) :

$$S = 50 \text{ kVA}$$

$$V = 0,4 \text{ kV phasa - phasa}$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$
$$= \frac{50000}{\sqrt{3} \times 400} = 72,17 \text{ A}$$

#### b. Perhitungan Arus Rata-Rata Trafo

- Pada Siang Hari

$$I_R = 7,56 \text{ A}$$

$$I_S = 28,02 \text{ A}$$

$$I_T = 21,76 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$
$$= \frac{7,56 + 28,08 + 21,76}{3} = 19,11 \text{ A}$$

- Pada Malam Hari

$$I_R = 10,21 \text{ A}$$

$$I_S = 37,83 \text{ A}$$

$$I_T = 29,38 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$
$$= \frac{10,21 + 37,83 + 29,38}{3} = 25,80 \text{ A}$$

#### c. Perhitungan Presentase Pembebanan Trafo

- Pada Siang Hari

$$\%_{TL} = \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\%$$
$$= \frac{19,11}{72,17} \times 100\% = 26\%$$

- Pada Malam Hari

$$\%_{TL} = \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\%$$
$$= \frac{25,80}{72,17} \times 100\% = 35\%$$

### 4.3.2 Ketidakseimbangan Beban Trafo

- Pada Siang Hari

Dengan menggunakan persamaan (2.7), koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus phasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{rata-rata}$ )

$$I_R = a \cdot I_{rata-rata}, \text{ maka } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{7,56}{19,11} = 0,3956$$

$$I_S = b \cdot I_{rata-rata}, \text{ maka } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{28,02}{19,11} = 1,4693$$

$$I_T = c \cdot I_{rata-rata}, \text{ maka } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{21,76}{19,11} = 1,1386$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah:

$$= \frac{\{a-1 + b-1 + c-1\}}{3} \times 100\%$$
$$= \frac{\{0,3956-1 + 1,4693-1 + 1,1386-1\}}{3} \times 100\% = 40,41\%$$

- **Pada Malam Hari**

Dengan menggunakan persamaan (2.7), koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus phasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{rata-rata}$ )

- $I_R = a \cdot I_{rata-rata}, \text{ maka } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{10,21}{25,80} = 0,3957$

- $I_S = b \cdot I_{rata-rata}, \text{ maka } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{37,83}{25,80} = 1,4662$

- $I_T = c \cdot I_{rata-rata}, \text{ maka } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{29,38}{25,80} = 1,1387$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah:

$$= \frac{\{a-1 + b-1 + c-1\}}{3} \times 100\%$$
$$= \frac{\{0,3957-1 + 1,4662-1 + 1,1387-1\}}{3} \times 100\% = 40,30\%$$

#### 4.3.3 Perhitungan Losses Akibat Adanya Arus Pada Penghantar Netral Trafo

##### A. Luas Penampang Penghantar Netral 50mm<sup>2</sup>

- **Pada Siang Hari**

Dari tabel pengukuran dan dengan menggunakan persamaan (2.3), losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya yaitu:

$$I_N = 19,27 \text{ A}$$

$$R_N = 0,368 \Omega$$

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

$$= 19,27^2 \times 0,368$$

$$= 136,6505 \text{ Watt} = 0,136 \text{ kW}$$

Dimana daya aktif trafo (P):



$P = S \cdot \cos\phi$ , dimana  $\cos\phi$  yang digunakan adalah 0,80 dan daya semu trafo (S) = 50 kVA

$$P = 50 \times 0,80 = 40 \text{ kW}$$

Sehingga presentasi losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo adalah :

$$\begin{aligned}\%P_N &= \frac{P_N}{P} \times 100\% \\ &= \frac{0,136}{40} \times 100\% = 0,34\%\end{aligned}$$

- **Pada Malam Hari**

Dari table pengukuran dan dengan menggunakan persamaan (2.3), losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya yaitu:

$$\begin{aligned}P_N &= I_N^2 \times R_N \\ &= 23,12^2 \times 0,368 \\ &= 196,7087 \text{ Watt} = 0,196 \text{ kW}\end{aligned}$$

Sehingga presentasi losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo adalah :

$$\begin{aligned}\%P_N &= \frac{P_N}{P} \times 100\% \\ &= \frac{0,196}{40} \times 100\% = 0,49\%\end{aligned}$$

## B. Luas Penampang Penghantar Netral 95mm<sup>2</sup>

Untuk meminimalkan losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo, maka dilakukan perhitungan menggunakan luas penampang penghantar netral trafo sebesar 95mm<sup>2</sup>

- **Pada siang hari**

Dari tabel pengukuran, dan dengan menggunakan persamaan (2.3), losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$\begin{aligned}I_N &= 19,27 \text{ A} \\ R_N &= 0,196 \Omega \\ P_N &= I_N^2 \times R_N \\ &= 19,27^2 \times 0,196 \\ &= 72,78125 \text{ Watt} = 0,072 \text{ kW}\end{aligned}$$

Dimana daya aktif trafo (P):

$P = S \cdot \cos\phi$ , dimana  $\cos\phi$  yang digunakan adalah 0,80 dan daya semu trafo (S) = 50 kVA

$$P = 50 \times 0,80 = 40 \text{ kW}$$

Sehingga, persentase losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo adalah:

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

$$= \frac{0,072}{40} \times 100\% = 0,18\%$$

- **Pada Malam Hari**

Dari tabel pengukuran dan dengan menggunakan persamaan (2.3), losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$\begin{aligned} P_N &= I_N^2 \times R_N \\ &= 23,12^2 \times 0,196 \\ &= 104,7687 \text{ Watt} = 0,104 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga persentase losses akibat adanya arus pada penghantar netral trafo adalah ;

$$\begin{aligned} \%P_N &= \frac{P_N}{P} \times 100\% \\ &= \frac{0,104}{40} \times 100\% = 0,26\% \end{aligned}$$

#### 4.3.4 Losses Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

Losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah pada siang hari dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan (2.4), yaitu

- **Pada Siang Hari**

$$\begin{aligned} P_G &= I_G^2 \cdot R_G \text{ dimana } I_G = 5,4 \text{ A DAN } R_G = 3,420 \Omega \\ &= 5,4^2 \times 3,420 \\ &= 99,7272 \text{ Watt} = 0,1 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga presentasi losses-nya adalah :

$$\begin{aligned} \%P_G &= \frac{P_G}{P} \times 100\% \\ &= \frac{0,1}{40} \times 100\% = 0,25\% \end{aligned}$$

- **Pada Malam Hari**

$$\begin{aligned} P_G &= I_G^2 \cdot R_G \text{ dimana } I_G = 6,5 \text{ A dan } R_G = 3,420 \Omega \\ &= 6,5^2 \times 3,420 \\ &= 144,495 \text{ Watt} = 0,14 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga presentasi losses-nya adalah :

$$\begin{aligned} \%P_G &= \frac{P_G}{P} \times 100\% \\ &= \frac{0,14}{40} \times 100\% = 0,35\% \end{aligned}$$

#### 4.3.5 Perbandingan Losses Pada Trafo Distribusi Menggunakan Luas Penampang Penghantar Netral 50mm<sup>2</sup> dan Luas Penampang Penghantar Netral 95mm<sup>2</sup>

Pada bagian ini, diberikan perbandingan hasil perhitungan losses pada trafo distribusi untuk penggunaan luas penampang penghantar netral 50mm<sup>2</sup> dan penggunaan luas penampang penghantar netral 95mm<sup>2</sup>.

Tabel 5

Perbandingan loses pada trafo distribusi

R <sub>N</sub> (Ω)	Waktu	Ketidakseimbangan Beban (%)	I <sub>N</sub> (A)	I <sub>G</sub> (A)	P <sub>N</sub> (kW)	P <sub>N</sub> (%)	P <sub>G</sub> (kW)	P <sub>G</sub> (%)
0,368 50mm <sup>2</sup>	Siang	40,41	19,27	5,4	0,136	0,34	0,1	0,25
	Malam	40,30	23,12	6,5	0,196	0,49	0,14	0,35
0,196 95mm <sup>2</sup>	Siang	40,41	19,27	5,4	0,072	0,18	0,1	0,25
	Malam	40,30	23,13	6,5	0,104	0,26	0,14	0,35

Sumber : Ririn Fitria, (2024)

#### 4.3.6 Analisis Health Indeks

Health Indeks ketidakseimbangan trafo dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

- **Health Indeks Siang hari**

$$\begin{aligned} HI &= I_N \times I - \text{Nom} \times 100\% \\ &= 19,27 \times 72 \times 100\% \\ &= 26,76 \% \end{aligned}$$

- **Health Indeks Malam hari**

$$\begin{aligned} HI &= I_N \times I - \text{Nom} \times 100\% \\ &= 23,12 \times 72 \times 100\% \\ &= 32,11\% \end{aligned}$$

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data di atas, terlihat bahwa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses daya pada trafo distribusi gardu BGLWH1012 Depan Kompi Markas, Waiheru dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Losses (rugi) daya akibat adanya arus pada penghantar netral (P<sub>N</sub>)
  - Pada siang hari losses daya akibat adanya arus pada penghantar netral (P<sub>N</sub>) sebesar 0,34%.
  - Pada malam hari losses daya akibat adanya arus pada penghantar netral (P<sub>N</sub>) sebesar 0,49%.
2. Losses (rugi) daya akibat arus netral yang mengalir ke tanah (P<sub>G</sub>)
  - Pada siang hari losses daya akibat arus netral yang mengalir ke tanah (P<sub>G</sub>) sebesar 0,25%.



- Pada malam hari losses daya akibat arus netral yang mengalir ke tanah ( $P_G$ ) sebesar 0,35%.

3. Berdasarkan standar ketidakseimbangan beban, trafo distribusi BGLWH 1012 50 kVA sesuai surat edaran direksi NOMOR : 0017.E/DIR/2014 yaitu standarisasi ketidakseimbangan pada trafo distribusi BGLWH1012 tergolong buruk karena sudah melebihi 25%.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditiya Doni Wirawan, Junaidi & M Iqbal Arsyad (2022) Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Penyulang Pangsuma Pt. Pln (Persero) Rayon Mempawah : Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura.
- [2] Darwanto, A. (2021). Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di PT PLN (Persero) Rayon Cepu. SIMETRIS, 15(1), 35-42.
- [3] Djalil, M. S., & Suratno, S. (2021). Analisis Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Losses Daya pada Penghantar Netral Gardu Induk Kota Bangun. Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA), 5(2), 130-136.
- [4] Ekaliana, B & Bintoro, A. (2022). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Dt50 Di Pt. Pln (Persero) Ulp Krueng Geukueh.
- [5] H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua. (2019). Analisis Rugi-Rugi (Losses) Transformator Daya 150 / 20 KV Di PT . PLN ( Persero ) Gardu Induk Sutami ULTG Tarahan, vol. 15, no. 2
- [6] Julius, S. S., Tabrani, M., & Yanuar, I. (2006). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi. Jurnal Teknik Elektro, 6(1).
- [7] Latupeirissa, H. L. (2017). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Daya Pada Trafo Distribusi Gardu Kp-01 Desa Hative Kecil. Politeknik Negeri Ambon. Jurnal Simetrik, 7(2).
- [8] PT PLN. (2014). Surat Edaran Direksi PT PLN Tahun 2014. Jakarta.
- [9] Ruliyanto, R. (2020). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Arus Ground pada Trafo 1 dan Trafo 2 pada Beban Puncak Sesaat. Jurnal Ilmiah Giga, 23(1), 27-34.
- [10] Tiro, J. (2019). Analisis Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Di PT PLN (Persero) ULP Malino (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang).