

**ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN  
TERHADAP ARUS NETRAL DAN *LOSSES* PADA TRAFODISTRIBUSI  
STUDI KASUS PADA PT. PLN (Persero) RAYON BLORA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik  
Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**GAMMA AYU KARTIKA SARI**

**D 400 140 023**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN  
TERHADAP ARUS NETRAL DAN *LOSSES* PADA TRAFO DISTRIBUSI  
STUDI KASUS PADA PT. PLN (Persero) RAYON BLORA**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**GAMMA AYU KARTIKA SARI**

**D 400 140 023**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Agus Supardi, S.T, M.T.**

**NIK.883**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN  
TERHADAP ARUS NETRAL DAN *LOSSES* PADA TRAFODISTRIBUSI  
STUDI KASUS PADA PT. PLN (Persero) RAYON BLORA**

**OLEH**

**GAMMA AYU KARTIKA SARI**

**D 400 140 023**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Rabu, 10 Januari 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

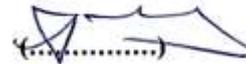
**1. Agus Supardi, S.T, M.T.**

**(Ketua Dewan Penguji)**

  
(.....)

**2. Ir. Jatmiko, M.T**

**(Anggota I Dewan Penguji)**

  
(.....)

**3. Hasyim Asy'ari, S.T, M.T**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

  
(.....)

**Dekan,**



**Dr. Sri Supriyono, M.T, Ph. D**

**NIK 682**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapatnya karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu pada naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 04 Januari 2018

Penulis

  
GAMMA AYU KARTIKA SARI

D 400 140 023

**ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN  
TERHADAP ARUS NETRAL DAN *LOSSES* PADA TRAFODISTRIBUSI  
STUDI KASUS PADA PT. PLN (Persero) RAYON BLORA**

**Abstrak**

Ketersediaan tenaga listrik merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia masa kini. Hal ini merupakan pekerjaan besar bagi penyedia tenaga listrik dalam hal ini PT. PLN untuk membuat distribusi tenaga listrik yang baik. Tidak hanya menyediakan tenaga listrik, PLN juga dituntut untuk mendesain distribusi tenaga listrik secara seimbang. Kenyataannya saluran distribusi tenaga listrik seringkali mengalami ketidakseimbangan beban. Penelitian ini akan menganalisa ketidakseimbangan beban yang terjadi di PT. PLN Rayon Blora. Metode yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan pencarian literatur dan referensi terkait dengan analisa ketidakseimbangan beban. Langkah selanjutnya akan mengumpulkan data-data lapangan terkait dengan topik yang dibahas. Data-data ini diperoleh dari salah satu trafo distribusi merk Sintra yang berkapasitas 200 kVA milik PT. PLN Rayon Blora yang kemudian akan dilakukan beberapa perhitungan dengan rumus yang telah ditentukan untuk mengetahui ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan *losses* pada transformator tersebut. Perhitungan ini akan dijadikan sebagai dasar analisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan *losses* pada trafo tersebut. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh persentase ketidakseimbangan beban sebesar 25,67% pada siang hari dan 16,33% pada malam hari. Diperoleh juga *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral yang mengalir pada penghantar netral sebesar 7,12 kW dan persentase 4,45% di siang hari, sedangkan di malam hari sebesar 7,40 kW dan persentase 4,63%. Penelitian ini juga menghitung *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral yang mengalir ke tanah sebesar 8,90 kW dan persentase 5,56% di siang hari, sedangkan di malam hari sebesar 8,27 kW dan persentase 5,17%.

**Kata Kunci:** arus netral, ketidakseimbangan beban, rugi-rugi, trafo distribusi.

**Abstract**

The availability of electric power is a basic necessity for human life today. This is a big job for the power provider in this case PT. PLN to make good power distribution. Not only provide electricity, PLN is also required to design the distribution of electricity in a balanced manner. In fact, the distribution of electricity is often unbalanced. This research will analyze the load imbalance that happened in PT. PLN Rayon Blora. The method undertaken in this study begins with literature and reference searches related to load unbalance analysis. The next step will collect field data related to the topic discussed. These data are obtained from one of Sintra distribution transformer with a 200 kVA capacity owned by PT. PLN Rayon Blora which will do some calculations with the formula that has been determined to determine the load imbalance to neutral currents and losses on the transformer. This calculation will serve as the basis for the analysis of the effect of load imbalance on neutral currents and losses on the transformer. Based on calculations that have been done, the percentage of load imbalance is 25,67% during the day and 16,33% at night. Also obtained losses due to neutral currents flowing at the neutral carrier of 7,12 kW and 4,45% percentage during the day, while at night by 7,40 kW and 4,63% percentage. This study also calculates losses due to neutral currents flowing to the ground

of 8,90 kW and percentage of 5,56% during the day, while at night by 8,27 kW and 5,17% percentage.

**Keywords:** neutral current, load imbalance, losses, distribution transformer.

## 1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan pokok manusia pada zaman sekarang. Listrik terbukti dibutuhkan dengan terhambatnya kegiatan sehari-hari manusia apabila listrik tidak tersedia. Bila listrik tidak tersedia atau tidak seimbang, maka manusia akan merasakan dampak negatif yaitu terganggunya kegiatan kehidupan sehari-hari. Sebaliknya, bila listrik tersedia dengan baik dan seimbang maka manusia juga akan merasakan dampak positif yaitu terpenuhinya pemakaian listrik dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini terbatas pada pembahasan di sisi penyediaan tenaga listrik. Listrik dikategorikan baik bila penyediaan tenaga listriknya dilakukan dengan baik juga seimbang. Tenaga listrik dikatakan seimbang apabila beban pada tiap-tiap fasa yang disalurkan (fasa R, fasa S, dan fasa T) besarnya sama. Bila salah satu fasa terdapat keadaan atau nilai beban yang berbeda dengan fasa yang lain, maka jalur distribusi tersebut mengalami ketidakseimbangan beban. Hal ini dapat merugikan penyedia tenaga listrik. Ketidakseimbangan sistem tiga fasa adalah topik yang tidak asing lagi bagi peneliti dan teknisi sistem tenaga listrik. Hal ini dapat menimbulkan adanya rugi-rugi daya pada jaringan distribusi pada keadaan sebenarnya. Hal tersebut juga bisa membatasi kemampuan pemuatan trafo distribusi, jauh di bawah nilai nominalnya (Bina & A. Kashefi, 2011). Seiring sistem distribusi tenaga listrik yang terus tumbuh dalam ukuran dan kompleksitas, mengurangi *losses* dapat menghasilkan penghematan yang besar bagi penyedia tenaga listrik. Manfaat lain dari pengurangan *losses* mencakup kapasitas sistem yang dihasilkan, dan kemungkinan penanguhan pengeluaran barang modal untuk perbaikan dan perluasan sistem itu sendiri (Al-Badi, et all, 2011).

PLN Rayon Blora merupakan salah satu penyedia tenaga listrik yang menyuplai dan mendistribusikan kebutuhan listrik untuk wilayah Kota Blora dan sekitarnya. Data-data pada penelitian ini bersumber dari PLN Rayon Blora yang nanti akan dianalisa dan disimpulkan apakah jaringan distribusi di PLN Rayon Blora terjadi ketidakseimbangan beban atau tidak.

Penelitian ini mengambil salah satu beban pada trafo distribusi milik PLN Rayon Blora. Trafo distribusi yang akan diambil merupakan trafo yang berkapasitas 200 kVA. Data beban ini nantinya akan dijadikan bahan dasar untuk menganalisa keadaan jaringan distribusi tersebut apakah sudah seimbang atau belum.

### 1.1 Perhitungan Arus Beban pada Transformator

Daya kerja pada transformator menandakan kapasitas transformator tersebut. Karena sudah diketahui rating tegangan pada sisi primer dan sekunder, maka berdasarkan persamaan 1 dapat dihitung arus beban penuh pada sisi primer dan sekunder.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (1)$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (2)$$

dengan :

S : daya (kVA)

V : tegangan (kV)

I : arus jala-jala (A)

$I_{FL}$  : arus beban penuh (A)

### 1.2 Rugi-rugi (*losses*) pada Penghantar Netral yang Disebabkan oleh Munculnya Arus Netral

Losses atau rugi-rugi terjadi apabila terdapat aliran arus dari tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo dengan netral trafo. Hal ini disebabkan oleh adanya ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa tersebut. Apabila hal ini tidak segera ditangani, maka bisa berakibat kerugian secara finansial maupun secara produksi listrik itu sendiri. Kerugian daya pada jaringan listrik adalah salah satu indikator terpenting operasi ekonomi dari perusahaan jaringan listrik dan juga mengubah kondisi sistem pembacaan meter listrik serta efektivitas jaringan (Chembe, 2009).

Besarnya rugi-rugi atau *losses* dianalogikan sebagai besarnya daya yang hilang akibat dari berbagai hal, salah satunya karena ketidakseimbangan beban. Persamaan 3 menunjukkan rumus untuk mencari besarnya rugi-rugi daya yang hilang pada penghantar netral trafo.

$$P_N = I_N^2 \times R_N \quad (3)$$

dengan:

$P_N$  : Rugi-rugi daya atau *losses* pada penghantar netral (Watt)

$I_N$  : Arus pada penghantar netral (A)

$R_N$  : Tahanan pada penghantar netral ( $\Omega$ )

Bentuk kedua dari *losses* adalah adanya aliran arus pada netral trafo ke *ground* trafo. Persamaan 4 digunakan untuk menghitung besarnya rugi-rugi daya yang mengalir ke *ground* transformator.

$$P_G = I_G^2 \times R_G \quad (4)$$

dengan:

$P_G$  : Rugi-rugi daya atau *losses* terhadap *ground* (Watt)

$I_G$  : Arus netral yang mengalir ke *ground* (A)

$R_G$  : Tahanan pada *grounding* transformator ( $\Omega$ )

### 1.3 Ketidakseimbangan Beban

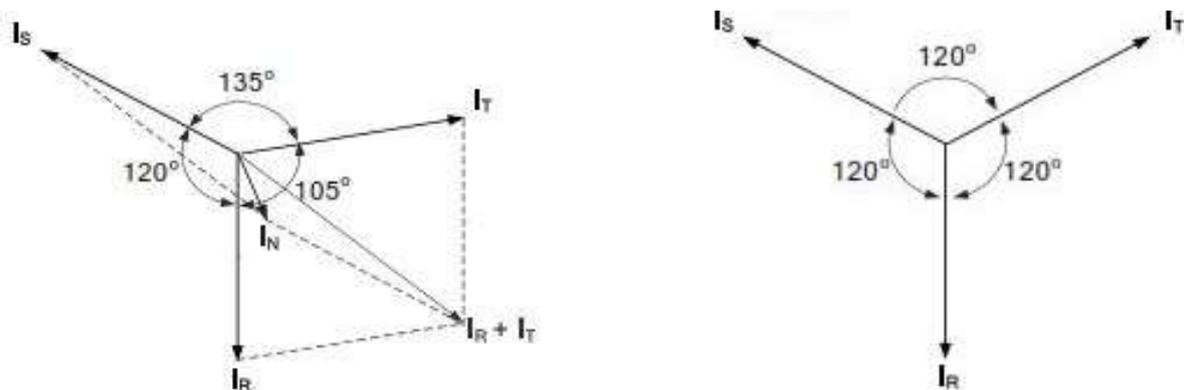
Ketidakseimbangan adalah suatu keadaan yang terjadi apabila salah satu atau semua fasa pada transformator mengalami perbedaan. Perbedaan ini bisa dilihat dari besarnya vektor arus/tegangan dan sudut dari masing-masing fasa tersebut.

Tiap-tiap fasa transformator dinyatakan dengan keadaan seimbang apabila memenuhi syarat berikut:

- Ketiga vektor arus dari masing-masing fasa (R, S, T) mempunyai nilai yang sama besar
- Perbedaan sudut dari ketiga vektor fasa adalah masing-masing berbeda  $120^\circ$

Sebaliknya, apabila salah satu atau kedua syarat diatas tidak terpenuhi, maka bisa dikatakan bahwa trafo tersebut mengalami keadaan tidak seimbang. Dilihat dari vektornya, ada beberapa hal yang terjadi apabila transformator mengalami keadaan tidak seimbang:

- Vektor arus pada fasa R, S, dan T mempunyai nilai yang sama besar tetapi sudut antar fasa satu dengan yang lain tidak membentuk  $120^\circ$
- Sudut pada vektor antar fasa sebenarnya sudah membentuk  $120^\circ$  namun nilai vektor pada fasa R, S, dan T terdapat perbedaan
- Nilai vektor pada fasa R, S, dan T terdapat perbedaan sekaligus sudut pada vektor antar fasa tidak membentuk  $120^\circ$



Gambar 1. Vektor Diagram Arus

Gambar 1 sebelah kanan adalah contoh keadaan seimbang. Masing-masing nilai pada vektor diatas apabila dijumlahkan akan bernilai nol. Keadaan ini tidak akan memunculkan arus netral ( $I_N$ ). Gambar 1 sebelah kiri adalah contoh keadaan tidak seimbang. Terdapat perbedaan nilai pada masing-masing fasa, dan apabila dijumlahkan tidak bernilai nol. Selain itu, sudut antar fasanya juga tidak membentuk  $120^\circ$ . Keadaan ini akan memunculkan arus netral ( $I_N$ ) dan besar dari arus netral ini berpengaruh pada besar dari faktor ketidakseimbangannya. Dalam sistem tenaga tiga fasa ideal, arus netral adalah jumlah vektor dari arus tiga fasa, harus sama dengan nol. Di bawah kondisi operasi normal, beberapa ketidakseimbangan fasa terjadi mengakibatkan arus netral kecil (Dey & A.K, 2013).

#### 1.4 Penyaluran dan Susut Daya

Tujuan sistem distribusi adalah untuk mengambil tenaga listrik dari sistem transmisi dan mengirimkannya ke pelanggan untuk memenuhi kebutuhannya (Gabriel A. & Franklin, 2014). Daya dapat dihitung menggunakan persamaan 5 dengan syarat arus pada ketiga fasa dalam keadaan seimbang. Persamaan 5 berlaku untuk sistem distribusi dengan penghantar netral:

$$P = 3 \times [V] \times [I] \times \cos\vartheta \quad (5)$$

dengan:

- P : daya pada ujung transmisi (Watt)
- V : tegangan pada ujung transmisi (V)
- I : arus pada ujung transmisi (A)
- Cos  $\vartheta$  : faktor daya

Ujung penerima suatu saluran distribusi listrik akan menerima daya yang lebih kecil dari P pada ujung transmisi. Hal ini disebabkan adanya penyusutan daya dalam saluran distribusi listrik tersebut. Arus pada fasa dapat diubah menjadi koefisien a, b, dan c. Koefisien ini didapat dari [I] pada masing-masing fasa. [I] berdasarkan persamaan 5 adalah arus fasa dalam suatu saluran distribusi daya dengan besar P pada keadaan seimbang. Persamaan 6 berikut ini akan menggambarkan hubungan antara arus pada tiap-tiap fasa dengan ketiga koefisien:

$$\begin{aligned} [I_R] &= a[I] \\ [I_S] &= b[I] \\ [I_T] &= c[I] \end{aligned} \quad (6)$$

$I_R$  pada persamaan 6 adalah arus di fasa R, begitu juga dengan  $I_S$  adalah arus pada fasa S, dan  $I_T$  adalah arus pada fasa T. Besarnya daya dapat dihitung menggunakan persamaan 7 apabila faktor daya pada ketiga fasa tersebut dianggap sama meskipun besar masing-masing arusnya berbeda:

$$P = (a + b + c) \times [V] \times [I] \times \cos\theta \quad (7)$$

Persamaan 8 berikut ini menunjukkan persyaratan yang diperoleh dari persamaan 6 dan persamaan 7 yang menyatakan daya yang besarnya sama:

$$a + b + c = 3 \quad (8)$$

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan melihat data-data yang ada di PLN Rayon Blora yang mengalami ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban yang terjadi mengakibatkan kerugian secara finansial juga proses pendistribusiannya. Penelitian ini akan mencoba memberikan gambaran tentang ketidakseimbangan yang terjadi dan akan berusaha memberikan rekomendasi terkait kegiatan yang telah dilakukan. Khususnya, untuk proses perhitungan ketidakseimbangan beban dan arus yang hilang (*losses*) pada jaringan distribusi 200 kVA.

Penelitian ini diawali dengan pencarian kajian-kajian dan referensi pendukung terkait dengan topik yang dibahas. Referensi didapat dari berbagai buku dan penelitian-penelitian yang sebelumnya. Tahapan ini penting untuk menguatkan penelitian bahwa memang topik ini mempunyai dasar dan didukung oleh berbagai sumber.

Tahap berikutnya setelah referensi terkumpul, akan melakukan pengumpulan dan pengambilan data di lapangan. Data yang dimaksudkan disini adalah data yang akan dianalisa pada penelitian ini. Data ini diperoleh dari PT. PLN Rayon Blora yang sebelumnya sudah dimintai bantuan untuk menjadi tempat studi kasus dalam penelitian ini.

Tahapan selanjutnya adalah perhitungan dan analisa data. Data-data yang telah terkumpul kemudian akan dilakukan beberapa perhitungan dan akan dianalisa. Proses perhitungan dan analisa data merupakan inti dari penelitian ini karena kesimpulan dan rekomendasi akan ditentukan dari hasil perhitungan dan analisa data. Perhitungan yang akan dilakukan pada penelitian ini antara lain:

- a. Analisa pembebanan trafo
- b. Penentuan rata-rata persentase pembebanan
- c. Analisa ketidakseimbangan beban pada trafo
- d. Analisa rugi-rugi daya (*losses*) yang disebabkan oleh munculnya arus netral pada penghantar netral trafo
- e. Analisa rugi-rugi daya (*losses*) yang disebabkan oleh munculnya arus netral yang mengalir ke tanah

Perhitungan dan analisa di atas akan digunakan untuk mengetahui kesimpulan data-data yang berasal dari trafo milik PLN Rayon Blora apakah mengalami ketidakseimbangan atau tidak. Jika tidak mendapatkan hasil analisa, maka akan dilakukan kembali perhitungan dan analisa di atas. Langkah tersebut dilakukan hanya untuk memastikan kembali apakah perhitungan dan analisa yang dilakukan sudah benar atau belum. Bila masih ada kesalahan analisa, maka akan dilakukan kembali proses pengambilan data ulang.

Langkah yang terakhir adalah pengambilan kesimpulan. Langkah ini akan mengerucutkan semua hasil perhitungan dan analisa menuju satu pokok kesimpulan. Kesimpulan ini akan menggambarkan keadaan sebenarnya yang sedang terjadi di lapangan, dalam hal ini adalah di PT. PLN Rayon Blora.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini akan menjelaskan dan menggambarkan data-data yang didapat selama penelitian berlangsung. Penelitian ini juga akan menjelaskan perhitungan-perhitungan matematis sesuai topik yang diangkat dan pembahasan dari setiap perhitungan.

Tabel 1. Data Trafo Distribusi 200 kVA

<b>Nama Pabrik</b>	SINTRA
<b>Daya</b>	200 kVA
<b>Fasa</b>	3
<b>Tegangan Primer L-L (kV)</b>	20 kV
<b>Tegangan Sekunder L-L (V)</b>	400 V
<b>Arus</b>	6,8-359 A
<b>Impedansi (%)</b>	4 %

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Trafo Distribusi 200 kVA

Fasa	S (kVA)	Vp-n (V)	I (A)	cos φ
<b>Pengukuran pada siang hari</b>				
<b>R</b>	50,62	222	217	0,8
<b>S</b>	36,96	222	220	0,8
<b>T</b>	23,54	222	115	0,8
<b>IN</b>	102 A			
<b>IG</b>	66,7 A			
<b>RG</b>	2 Ω			
<b>Pengukuran pada malam hari</b>				
<b>R</b>	55,6	226	234	0,8
<b>S</b>	44,9	226	226	0,8
<b>T</b>	36,16	226	158	0,8
<b>IN</b>	104 A			
<b>IG</b>	64,3 A			
<b>RG</b>	2 Ω			

### 3.1 Data Penghantar

Perhitungan pada penelitian ini menggunakan kawat penghantar netral trafo berukuran 50 mm<sup>2</sup> dengan R = 0,6842 Ω/km, dan menggunakan kawat penghantar fasa berukuran 70 mm<sup>2</sup> dengan R = 0,5049 Ω/km.

### 3.2 Analisa Pembebanan Trafo

$$S = 200 \text{ kVA} = 200000 \text{ VA}$$

$$V = 400 \text{ V (fasa-fasa)}$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{200000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 288,68 \text{ A}$$

$$I_{\text{rata-rata siang}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{217 \text{ A} + 220 \text{ A} + 115 \text{ A}}{3} = 184 \text{ A}$$

$$I_{\text{rata-rata malam}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{234 \text{ A} + 226 \text{ A} + 158 \text{ A}}{3} = 206 \text{ A}$$

Persentase pembebanan trafo

- Siang hari

$$\frac{I_{\text{rata-rata siang}}}{I_{FL}} = \frac{184 \text{ A}}{288,68 \text{ A}} = 63,74 \%$$

- Malam hari

$$\frac{I_{\text{rata-rata malam}}}{I_{FL}} = \frac{206 \text{ A}}{288,68 \text{ A}} = 71,36 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, persentase pembebanan pada malam hari sebesar 71,36 %, cukup tinggi.

### 3.3 Analisa ketidakseimbangan beban pada trafo

Sub bab ini akan menghitung besar ketidakseimbangan trafo berdasarkan persamaan koefisien a, b, dan c, juga dengan mengingat bahwa arus rata-rata ( $I_{rata-rata}$ ) akan sama besar dengan arus fasa dalam keadaan seimbang ( $I$ ).

- Siang hari

$$I_R = a \times I, \text{ maka } a = \frac{I_R}{I} = \frac{217 A}{184 A} = 1,18$$

$$I_S = b \times I, \text{ maka } b = \frac{I_S}{I} = \frac{220 A}{184 A} = 1,20$$

$$I_T = c \times I, \text{ maka } c = \frac{I_T}{I} = \frac{115 A}{184 A} = 0,63$$

Berdasarkan perhitungan di atas, persentase rata-rata ketidakseimbangan beban pada trafo dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{\{|a-1| + |b-1| + |c-1|\}}{3} \times 100\% \\ &= \frac{\{|1,18-1| + |1,20-1| + |0,63-1|\}}{3} \times 100\% = 25,67\% \end{aligned}$$

- Malam hari

$$I_R = a \times I, \text{ maka } a = \frac{I_R}{I} = \frac{234 A}{206 A} = 1,14$$

$$I_S = b \times I, \text{ maka } b = \frac{I_S}{I} = \frac{226 A}{206 A} = 1,10$$

$$I_T = c \times I, \text{ maka } c = \frac{I_T}{I} = \frac{158 A}{206 A} = 0,77$$

Berdasarkan perhitungan di atas, persentase rata-rata ketidakseimbangan beban pada trafo dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{\{|a-1| + |b-1| + |c-1|\}}{3} \times 100\% \\ &= \frac{\{|1,14-1| + |1,10-1| + |0,77-1|\}}{3} \times 100\% = 16,33\% \end{aligned}$$

### 3.4 Analisa losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan yang mengalir ke tanah saat siang hari

Persamaan (3) dan data tabel 2 dapat digunakan untuk menghitung *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral pada penghantar netral trafo. Perhitungan berikut ini berlaku untuk jarak 1 km :

$$P_N = I_N^2 \times R_N = (102 A)^2 \times 0,6842 \Omega/\text{km} = 7118,42 \text{ Watt} \approx 7,12 \text{ kW}$$

Daya aktif pada trafo dapat dihitung menggunakan rumus  $P = S \times \cos \phi$ . Penelitian ini menggunakan konstanta  $\cos \phi$  sebesar 0,80:

$$P = 200 \text{ kVA} \times 0,80 = 160 \text{ kW}$$

Persentase *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral pada penghantar netral trafo terhadap daya aktif trafo dapat dihitung sebagai berikut:

$$\% P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{7,12 \text{ kW}}{160 \text{ kW}} \times 100\% = 4,45 \%$$

Persamaan (4) dan data tabel 2 dapat digunakan untuk menghitung *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral yang mengalir ke tanah, yaitu:

$$P_G = I_G^2 \times R_G = (66,7 \text{ A})^2 \times 2 \Omega = 8897,78 \text{ Watt} \approx 8,90 \text{ kW}$$

Persentase *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral yang mengalir ke tanah terhadap daya aktif trafo dapat dihitung sebagai berikut:

$$\% P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{8,90 \text{ kW}}{160 \text{ kW}} \times 100\% = 5,56 \%$$

### **3.5 Analisa losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan yang mengalir ke tanah saat malam hari**

Persamaan (3) dan data tabel 2 dapat digunakan untuk menghitung *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral pada penghantar netral trafo. Perhitungan berikut ini berlaku untuk jarak 1 km:

$$P_N = I_N^2 \times R_N = (104 \text{ A})^2 \times 0,6842 \Omega/\text{km} = 7400,31 \text{ Watt} \approx 7,40 \text{ kW}$$

Persentase *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral pada penghantar netral trafo terhadap daya aktif trafo dapat dihitung sebagai berikut:

$$\% P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{7,40 \text{ kW}}{160 \text{ kW}} \times 100\% = 4,63 \%$$

Persamaan (4) dan data tabel 2 dapat digunakan untuk menghitung *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral yang mengalir ke tanah, yaitu:

$$P_G = I_G^2 \times R_G = (64,3 \text{ A})^2 \times 2 \Omega = 8268,98 \text{ Watt} \approx 8,27 \text{ kW}$$

Persentase *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral yang mengalir ke tanah terhadap daya aktif trafo dapat dihitung sebagai berikut:

$$\% P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{8,27 \text{ kW}}{160 \text{ kW}} \times 100\% = 5,17 \%$$

#### **4. PENUTUP**

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan tentang analisa ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan *losses* pada trafo distribusi, penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Ketidakseimbangan beban pada trafo salah satunya disebabkan dengan penggunaan beban listrik yang tidak merata pada konsumen.
2. Persentase ketidakseimbangan beban sesuai dengan pembahasan diperoleh 25,67% pada siang hari dan 16,33% pada malam hari.
3. Berdasarkan perhitungan *losses* akibat arus netral yang mengalir pada penghantar netral diperoleh hasil sebesar 7,12 kW dan 4,45% pada siang hari, sebesar 7,40 kW dan 4,63% pada malam hari.
4. Berdasarkan perhitungan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah diperoleh hasil sebesar 8,90 kW dan 5,56 % pada siang hari, sebesar 8,27 kW dan 5,17% pada malam hari.
5. Semakin besar ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi mengakibatkan *losses* trafo dan arus netral yang mengalir ke tanah ( $I_G$ ) juga semakin besar.

#### **PERSANTUNAN**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

- 1) Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, rahmat, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus Netral dan *Losses* pada Trafo Distribusi” dengan tepat waktu.
- 2) Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberi dukungan, semangat, dan motivasi secara personal dari awal hingga disetujuinya tugas akhir ini.
- 3) Bapak Agus Supardi, S.T, M.T selaku pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dalam melakukan penelitian tugas akhir ini dan membimbing dalam penulisan naskah publikasi ini.
- 4) Pihak PT. PLN (Persero) Rayon Blora yang telah membantu dalam penelitian tugas akhir ini.
- 5) Teman-teman angkatan 2014 Teknik Elektro UMS yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang selalu memberikan semangat. Serta terimakasih kepada Mas Rheksi yang telah mengarahkan, memberi semangat, dan selalu mengingatkan dalam penyusunan laporan penelitian tugas akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Badi, A., A. Elmoudi, I. M., Al-Wahaibi, A., Al-Ajmi, H., & Al-Bulushi, M. (2011). Losses Reduction in Distribution Transformers. *International Multi Conference of Engineers and Computer Sciences*.
- Bina, M., & A. Kashefi. (2011). Three-phase Unbalance of Distribution Systems: Complementary Analysis and Experimental Case Study. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*.
- Chembe, D. (2009). Reduction of Power Losses Using Phase Load Balancing Method in Power Networks. *World Congress on Engineering and Computer Science Vol 1*.
- Dey, N., & A. C. (2013). Neutral Current and Neutral Voltage in a Three Phase Four Wire Distribution System of a Technical Institution. *International Journal of Computer Application*.
- Gabriel A., A., & Franklin, O. (2014). Determination of Electric Power Losses in Distribution Systems: Ekpoma, Edo State, Nigeria as a Case Study. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 66-72.