

# ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN ARUS NETRAL DAN *LOSSES* DI JARINGAN DISTRIBUSI

Khoerudin<sup>1)</sup>, Firdaus<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam  
Pekanbaru 28293

Email: khoerudin3528@student.unri.ac.id; [firdaus@eng.unri.ac.id](mailto:firdaus@eng.unri.ac.id)

## ABSTRACT

The electricity system in the office complex of the Rokan Hulu Regent District has a problem of load imbalance. One of the causes is the unequal loading factor at each line of its phase, or because of the unequal load switching time. As a result of the imbalance of loading resulted in the electric current in the neutral conductor. The current flowing in the neutral conductor causes losses. This research discusses the load imbalance in PP 129 distribution transformer that supply 6 buildings, namely the Rokan Hulu UPT Provincial Revenue Service, the Financial and Asset Management Agency, the Regional Revenue Agency, the Youth and Sports Education Agency, the Office Health and Food Crops and Horticulture Service. The method used is current and voltage measurement on the transformer and also on the panels in each building using Digital Clamp Meter and Hexing HXE320. Load imbalance analysis from measuring data will be compared with IEEEstd 466-1980 analysis from measured data shows large load imbalances occurred (26.4%) with neutral current 22.1 A and exceeds the 20% threshold from IEEE std.466-1980. This load imbalance caused 481 Watt losses due to current flow in the neutral conductor. Installation of JTR connection points that are not adjusted with connection scheme is the cause of load imbalance.

*Keywords: load imbalance, neutral current, power losses.*

## I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting, karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya, juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan (Dendi Kongah, 2014).

Saat ini tenaga listrik merupakan kebutuhan yang utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Hal ini disebabkan karena tenaga listrik mudah untuk ditransportasikan dan dikonversikan kedalam bentuk tenaga yang lain. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik (Fahrurozi, 2014).

Kompleks perkantoran Bupati Rokan Hulu adalah komplek perkantoran yang menggunakan energi listrik sangat besar, memiliki kurang lebih 4 gardu distribusi salah satunya gardu tiang trafo dengan kapasitas 160 kVA terletak didepan gedung Badan Pengelola Keuangan dan Aset atau biasa dikenal dengan nama trafo pp 129. Trafo pp 129 ini mensuplai 6 gedung, yaitu Dinas Pendapatan Provinsi UPT Rokan Hulu, Badan Pengelola Keuangan dan Aset, Badan Pendapatan Daerah, Dinas Pendidikan Pemuda dan Olah Raga, Dinas Kesehatan dan Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura.

Dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, terjadi pembagian-pembagian beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidakserempakan waktu penyalaan beban-beban tersebut maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik. Ketidak seimbangan beban adalah hal yang menimbulkan *losses* secara teknis, yang akan merugikan PLN. Agar tercapai penyuplaian listrik

yang stabil dan kontinuitas kepada konsumen, maka hal tersebut harus dapat diatasi (Fahrurrozi, 2014).

Pada ini penelitian ini diharapkan dapat mengetahui arus netral dan *losses* (rugi-rugi) yang timbul akibat dari ketidakseimbangan beban fasa R,S dan T pada penghantar jaringan distribusi di kompleks Perkantoran Bupati Rokan Hulu.

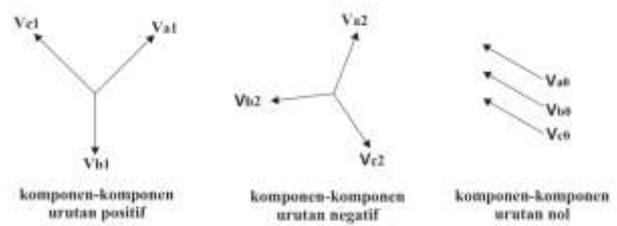
## II. TEORI DASAR

### Komponen Simetris

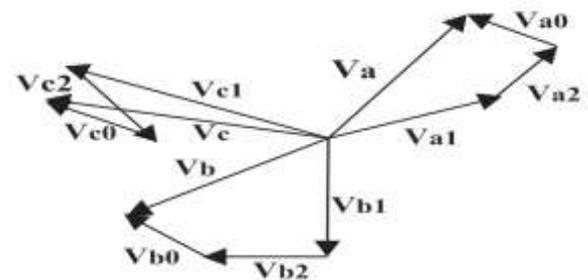
Menurut Fortescue suatu sistem tak seimbang yang terdiri dari n fasa dapat diuraikan menjadi fasor-fasor seimbang yang disebut komponen simetris. Sistem tiga fasa yang seimbang dapat diuraikan menjadi tiga komponen simetris yaitu (Sudirham, 2012):

1. Komponen-komponen urutan positif terdiri dari 3 fasor yang sama besarnya, terpisah satu sama yang lainnya dalam fasa sebesar  $120^\circ$  dan mempunyai urutan fasa yang sama dengan fasor-fasor aslinya.
2. Komponen-komponen urutan negatif terdiri dari 3 fasor yang sama besarnya, terpisah antara satu dengan yang lainnya dalam fasa  $120^\circ$  dan mempunyai fasa yang berlawanan dengan fasor-fasor aslinya.
3. Komponen urutan nol terdiri dari 3 fasor-fasor yang sama besar dan pergeseran fasa satu dengan yang lainnya nol.

Secara umum, ketika memecahkan permasalahan dengan menggunakan komponen simetris bahwa ketiga fasa sistem dinyatakan sebagai a, b, dan c dengan cara demikian sehingga urutan fasa tegangan dan arus dalam sistem adalah abc. Jadi, urutan fasa komponen urutan-positif dari fasor tak seimbang itu adalah abc, sedangkan urutan fasa dari komponen-negatif adalah acb. Jika fasor aslinya adalah tegangan, maka tegangan tersebut dapat dinyatakan dengan  $V_a$ ,  $V_b$ , dan  $V_c$ . ketiga himpunan komponen simetris dinyatakan dengan subskrip tambahan 1 untuk komponen urutan-positif, 2 untuk komponen urutan-negatif, dan 0 untuk komponen urutan nol. Komponen urutan-positif dari  $V_a$ ,  $V_b$ , dan  $V_c$  adalah  $V_{a1}$ ,  $V_{b1}$ , dan  $V_{c1}$ . Demikian pula Komponen urutan-negatif adalah  $V_{a2}$ ,  $V_{b2}$ , dan  $V_{c2}$  sedangkan Komponen urutan-nol adalah  $V_{a0}$ ,  $V_{b0}$ , dan  $V_{c0}$ .



**Gambar 1.** Tiga himpunan fasor seimbang yang merupakan komponen simetris dari tiga fasor tak seimbang (Sudirham, 2012)



**Gambar 2.** Penjumlahan secara grafis komponen-komponen pada gambar 1 untuk mendapatkan tiga fasor tak seimbang (Sudirham, 2012)

Fasor arus akan dinyatakan dengan I dengan subskrip seperti untuk tegangan tersebut. Karena setiap fasor tak seimbang, yang asli adalah jumlah komponen, fasor asli dinyatakan dalam suku-suku komponen (Sudirham, 2012) :

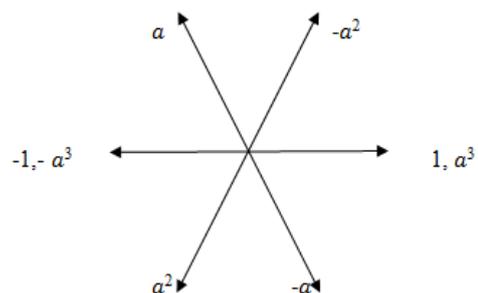
$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \dots \dots \dots (1)$$

$$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0} \dots \dots \dots (2)$$

$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0} \dots \dots \dots (3)$$

### Operator a

Operator a biasanya digunakan untuk menunjukkan operator yang menyebabkan perputaran  $120^\circ$  dalam arah yang berlawanan dengan arah jarum jam. Operator semacam ini adalah bilangan kompleks yang satu dan sudutnya  $120^\circ$  dan didefinisikan sebagai jarum jam (Sudirham, 2012).



**Gambar 3.** Fasor dari berbagai pangkat dari a (Sudirham, 2012)

Jika operator a dikenakan pada fasor dua kali berturut-turut, maka fasor itu diputar dengan sudut sebesar 240°. Untuk pengenalan tiga kali berturut-turut fasor akan diputar dengan 360°. Gambar 3. memperlihatkan hubungan dari berbagai pangkat a. Dengan perhitungan diperoleh :

$$a = 1 \angle 120^\circ = e^{j120} = -0,5 + j0,866 \dots\dots\dots(4)$$

$$a^2 = 1 \angle 240^\circ = -0,5 - j0,866 \dots\dots\dots (5)$$

$$a^3 = 1 \angle 360^\circ = 1/0^\circ = 1 \dots\dots\dots(6)$$

**Hubungan Antara Operator a Dengan Komponen Simetris**

Telah kita lihat pada Gambar 2 penjumlahan secara grafis komponen-komponen pada Gambar 1 untuk mendapatkan tiga fasor tak seimbang. Penjumlahan itu telah dilakukan sesuai dengan persamaan (1) sampai dengan (3). Sekarang marilah kita periksa persamaan tersebut untuk menentukan bagaimana menguraikan ketiga fasor tak simetris itu menjadi komponen simetrisnya.

Pertama, kita perhatikan banyaknya kuantitas yang diketahui dapat dikurangi dengan menyatakan masing-masing komponen  $V_a, V_b$  dan  $V_c$  sebagai hasil kali fungsi operator a dan komponen  $V_a$ . Dengan berpedoman pada Gambar 2.5 diperoleh hubungan berikut (Sudirham, 2012):

$$V_{b1} = a^2 v_{a1} \dots\dots\dots (7)$$

$$V_{c1} = a v_{a1} \dots\dots\dots (8)$$

$$V_{b2} = a v_{a2} \dots\dots\dots(9)$$

$$V_{c2} = a^2 v_{a2} \dots\dots\dots(10)$$

$$V_{c0} = v_{a0} \dots\dots\dots(11)$$

$$V_{c0} = v_{a0} \dots\dots\dots(12)$$

Dengan mengulangi persamaan (1) dan memasukkan persamaan (7) sampai (12) kedalam persamaan (2) dan (3) dihasilkan :

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \dots\dots\dots(13)$$

$$V_b = V_{a0} + a^2 V_{a1} + a V_{a2} \dots\dots\dots(14)$$

$$V_c = V_{a0} + a V_{a1} + a^2 V_{a2} \dots\dots\dots(15)$$

Atau dalam bentuk matriks

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{a0} \\ v_{a1} \\ v_{a2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(16)$$

Untuk memudahkan kita misalkan

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (17)$$

Maka, seperti dapat dibuktikan dengan mudah

$$A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (18)$$

Dan dengan mengalikan kedua sisi persamaan (17) dengan  $A^{-1}$  diperoleh

$$\begin{bmatrix} v_{a0} \\ v_{a1} \\ v_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \dots\dots\dots (19)$$

Yang menunjukkan pada kita komponen-komponen simetris dinyatakan terhadap fasor aslinya. Hubungan ini demikian pentingnya sehingga kita dapat menulis masing-masing persamaan itu dalam bentuk yang biasa

$$v_{a0} = \frac{1}{3} (v_a + v_b + v_c) \dots\dots\dots (20)$$

$$v_{a1} = \frac{1}{3} (v_a + a v_b + a^2 v_c) \dots\dots\dots (21)$$

$$v_{a2} = \frac{1}{3} (v_a + a^2 v_b + a v_c) \dots\dots\dots (22)$$

Persamaan (20) menunjukkan bahwa tidak akan ada komponen urutan nol jika jumlah fasor tak seimbang itu sama dengan nol. Karena jumlah fasor tegangan antar saluran pada sistem tiga fasa selalu nol, maka komponen urutan nol tidak pernah terdapat dalam tegangan saluran itu, tanpa memandang besarnya ketidakseimbangannya. Jumlah ketiga fasor tegangan saluran ke netral tidak selalu harus sama dengan nol, dan tegangan ke netral dapat mengandung komponen urutan nol.

Persamaan yang terdahulu sebenarnya dapat pula ditulis untuk setiap himpunan fasor yang berhubungan, dan kita dapat pula menuliskannya untuk arus sebagai ganti tegangan. Persamaan tersebut dapat diselesaikan baik secara analitis maupun secara grafis. Karena beberapa persamaan yang terdahulu sangat mendasar, yaitu (Sudirham, 2012):

$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} \dots\dots\dots (23)$$

$$I_b = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2} \dots\dots\dots (24)$$

$$I_c = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2} \dots\dots\dots (25)$$

$$I_{a0} = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) \dots\dots\dots (26)$$

$$I_{a1} = \frac{1}{3} (I_a + aI_b + a^2I_c) \dots\dots\dots (27)$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3} (I_a + a^2I_b + aI_c) \dots\dots\dots (28)$$

Dalam sistem tiga fasa, jumlah arus saluran sama dengan arus  $I_a$  dalam jalur kembali lewat netral. Jadi

$$I_n = I_a + I_b + I_c \dots\dots\dots (29)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (26) ke (29) maka diperoleh

$$I_n = 3 I_{a0} \dots\dots\dots (30)$$

**Standar Nilai Ketidakseimbangan (IEEE std.446-1980)**

Nilai ketidakseimbangan arus bisa dinyatakan dalam bentuk persentase (%) sesuai standar IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineer*) Std.446-1980 (*IEEE Recommended Practice For Emergency Stanby Power System For Industrial and Commercial Application*) yaitu sebesar 5% sampai 20%. Adapun standar dan batas toleransi terlihat pada tabel 1 (Acmad Budiman, 2018).

**Tabel 1.** Standar atau batas toleransi ketidakseimbangan beban

No	Parameter	Maksimum
1	Regulasi tegangan keadaan mantap	+5,-10 s/d+10%,-15% (ANSI C84,1-1970) adalah +6,-13%
2	Gangguan tegangan drop tegangan sementara tegangan lebih transient	-25% s/d -30% Tidak lebih dari 0,5s -100% dengan lama 4 s/d 20 ms +150% 200% tidak boleh dari 0,2 ms
3	Distorsi tegangan harmonik	3% - 5% (beban linier)
4	Noise	Tidak ada standar
5	Variasi frekuensi	50 Hz ± 0,5 Hz sampai 1 Hz
6	Perubahan frekuensi	Sekitar 1 Hz
7	Ketidakseimbangan beban	5% s/d 20% max.
8	Ketidakseimbangan tegangan 3	2,5% s/d 5%
9	Faktor daya	0,18 s/d 0,9
10	Kapasitas beban	0,75 s/d 0,85 (beban terpasang)

Keterangan:

- 1,2,5,6 Tegangan pada sumber daya
- 3,4,7 Dihasilkan dari interaksi antara sumber dan beban
- 8,9,10 Tergantung pada jumlah beban

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

**Metode Penelitian**

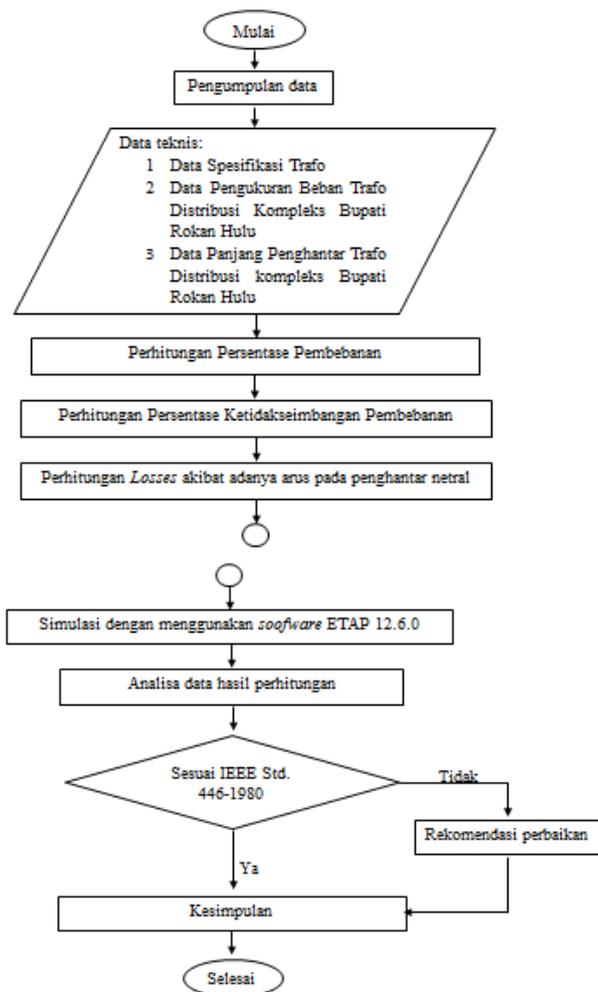
Dalam melakukan penelitian tentang ketidakseimbangan pembebanan pada jaringan distribusi di komplek perkantoran Buapti Rokan Hulu di lakukan dalam beberapa tahapan. Tahap pertama yang dilakukan yaitu pengumpulan data spesifikasi transformator yang membebani 6 gedung di komplek perkantoran Bupati Rokan Hulu, data ini nantinya akan digunakan untuk melihat kapaitas pembebanan untuk mengetahui besarnya arus maupun daya yang mampu dibebani oleh trafo yang saat ini terpasang yang membebani gedung-gedung di perkantoran Bupati Rokan Hulu.

Tahap berikutnya melakukan pengukuran pembebanan di 6 gedung yang disuplai oleh transformator distribusi dengan menggunakan alat ukur Digital *Clamp Meter* dan Hexing HXE320 untuk mengetahui tegangan pada tiap fasa, arus tiap fasa, dan sudut fasanya.

Setelah semua data terkumpul maka penelitian dilanjutkan dengan menganalisa data-data yang sudah ada, dengan menghitung :

1. Menghitung besaran persentase pembebanan pada jaringan distribusi di komplek perkantoran Bupati Rokan Hulu.
2. Menghitung persentase ketidakseimbangan pembebanan pada jaringan distribusi di komplek perkantoran Bupati Rokan Hulu.
3. Menghitung persentase *losses* akibat arus netral yang mengalir ke penghantar netral pada jaringan distribusi di komplek perkantoran Bupati Rokan Hulu.

Secara garis besar diagram alir penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. Flowchart Prosedur Penelitian

### Data Sistem

Data sistem merupakan kumpulan data yang didapatkan dengan cara melakukan pengukuran pada obyek penelitian. Dari data yang diperoleh selama penelitian di PT. PLN (persero) rayon pasir pengaraian maka diperoleh data pengukuran beban pada transformator distribusi pp 129 di Kompleks Perkantoran Bupati Rokan Hulu dimana trafo ini membenani enam gedung. Pengukuran ini dilakukan di 6 gedung yang di suplai oleh tranformator distribusi PP 129 diantaranya yaitu, Gedung Dinas Pendapatan Provinsi UPT Rokan Hulu, Gedung Badan Pengelolaan Keuangan dan Aset Daerah, Gedung Badan Pendapatan Daerah, Gedung Dinas Kesehatan, Gedung Pendidikan Pemuda dan Olah Raga, Gedung Tanaman Pangan dan Hortikultura pada saat hari libur minggu 14 juli 2019, dan saat hari kerja senin 15 juli 2019.

Dengan mengambil satu sampel saat hari minggu tanggal 14 juli 2019 ( pukul 01: 00 WIB)

yang diperoleh dari enam gedung yang disuplai oleh trafo pp 129 memiliki nilai ketidakseimbangan yang besar. Oleh karena itu untuk melihat seberapa besar factor ketidakseimbangan dari trafo ini, maka perlu dilakukan perhitungan. Berikut adalah data pengukuranya:

Tabel 2. Hasil pengukuran beban pada masing-masing jurusan pada hari minggu 14 juli 2019 ( pukul 01: 00 WIB) di Perkantoran Bupati Rokan Hulu

No	Jurusan	Tegangan R	Tegangan S	Tegangan T	Arus R	Arus S	Arus T	Arus Netral
1	Gedung 1	230	230	229	1.7	2.5	3.2	1.3
2	Gedung 2	230	230	229	8.6	4.3	12.1	6.7
3	Gedung 3	231	230	229	0.3	7.6	6.4	6.8
4	Gedung 4	229	230	228	6.8	5.2	7.6	2.1
5	Gedung 5	224	233	223	9.1	0.4	8.3	8.1
6	Gedung 6	224	233	223	8.1	0.2	8.1	7.7
Total		228	231	226	34.4	20.3	45.6	21.5

### Analisa Pembebanan

Menentukan arus beban penuh (*full load*) dengan menggunakan persamaan (31) dan berdasarkan data pada tabel (1), adalah sebagai berikut :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} V} \dots\dots\dots (31)$$

$$I_{FL} = \frac{160 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}}$$

$$I_{FL} = 231,21 \text{ Ampere}$$

### Menentukan Persentase Pembebanan

Untuk menentukan rata-rata persentase pembebanan, maka terlebih dahulu menghitung persentase per fasanya, dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\%b = \frac{I_{ph}}{I_{FL}} 100\% \dots\dots\dots (32)$$

$$I_R = 34.4 \text{ Ampere}$$

$$I_S = 20.3 \text{ Ampere}$$

$$I_T = 45.6 \text{ Ampere}$$

$$\%b_R = \frac{34.4}{231,21} \times 100\% = 14,87 \%$$

$$\%b_S = \frac{20.3}{231,21} \times 100\% = 8,77 \%$$

$$\%b_T = \frac{45.6}{231,21} \times 100\% = 19,72 \%$$

Jadi, rata-rata persentase pembebanan adalah :

$$\%b = \frac{\%bR + \%bS + \%bT}{3} \dots\dots\dots (33)$$

$$\%b = \frac{14,87 + 8,77 + 19,72}{3}$$

$$\%b = 14,4 \%$$

**Menentukan Besarnya Arus Rata-Rata**

Untuk menentukan besarnya arus rata-rata, menggunakan persamaan berikut ini:

$$I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \dots\dots\dots (34)$$

$$I_{Rata-rata} = \frac{34,4 + 20,3 + 45,6}{3}$$

$$I_{Rata-rata} = 33,4 \text{ Ampere}$$

**Analisa Ketidakseimbangan Pembebanan**

Dimana besarnya arus dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{Rata-rata}$ ).

$$I_R = a \cdot I \dots\dots\dots (35)$$

Maka:  $a = \frac{I_R}{I} = \frac{34,4}{33,4} = 1,02$

$$I_S = b \cdot I \dots\dots\dots (36)$$

Maka:  $b = \frac{I_S}{I} = \frac{20,3}{33,4} = 0,60$

$$I_T = c \cdot I \dots\dots\dots (37)$$

Maka:  $c = \frac{I_T}{I} = \frac{45,6}{33,4} = 1,36$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefesin  $a$ ,  $b$  dan  $c$  adalah 1. Sehingga dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) yaitu :

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

$$= \frac{\{|1,02-1| + |0,60-1| + |1,36-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= 26,4 \%$$

**Menghitung Losses Akibat Adanya Arus Netral Yang Mengalir Pada Penghantar Netral**

Untuk menghitung besarnya losses akibat adanya arus netral yang mengalir pada penghantar netral, maka harus mengetahui ukuran kawat untuk penghantar netral yang digunakan pada saluran distribusi tersebut, ukuran kawat yang digunakan pada penghantar netral tersebut adalah 35 mm<sup>2</sup> dengan R= 0,986 ohm jenis kabel NFA2X-T, dan dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \dots\dots\dots (38)$$

$$P_N = 22,1^2 \times 0,986$$

$$P_N = 481 \text{ Watt}$$

$$P_N = 0,481 \text{ kW}$$

Dimana daya aktif trafo (P), dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = S \cdot \cos \phi \dots\dots\dots (39)$$

dimana  $\cos \phi$  yang digunakan adalah 0,85

$$P = 160 \cdot 0,85$$

$$P = 136 \text{ kW}$$

Sehingga persentase losses akibat arus netral yang mengalir pada penghantar netral pada saat hari minggu dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% \dots\dots\dots (40)$$

$$\%P_N = \frac{0,481}{136} \times 100\%$$

$$\%P_N = 0,35 \%$$

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

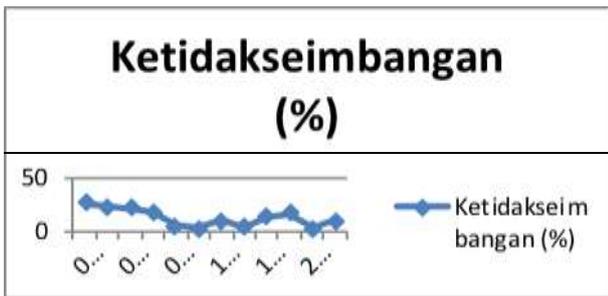
**Data Teknis Transformator**

**Tabel 3.** Spesifikasi Trafo Distribusi 160 kVA kompleks perkantoran Bupati Rokan Hulu

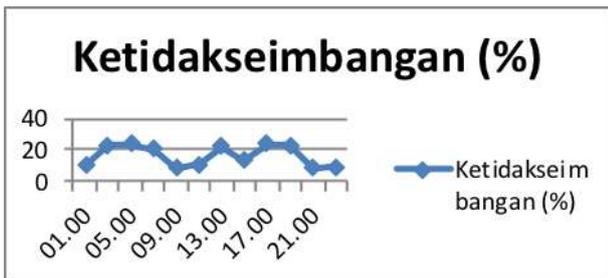
Nama Pabrik	MORAWA
Daya	160 Kva
Jumlah Fasa	3
Tegangan Primer L-L (kV)	20 kV
Tegangan Sekunder L-L (V)	0.4 kV
Pendingin	ONAN
Jenis Minyak	Mineral Oil Class 1 acc. to IEC 296
Grup Vektor	Yzn5
Impedansi	4%
Frekuensi	50 Hz

**Analisa ketidakseimbangan Pembebanan dan Losses Akibat Adanya Arus Netral**

Dari hasil perhitungan ketidakseimbangan beban dan losses yang didapatkan maka ketidakseimbangan beban dan losses yang terjadi pada transformator di kompleks perkantoran Bupati Rokan Hulu dapat dilihat pada grafik berikut:

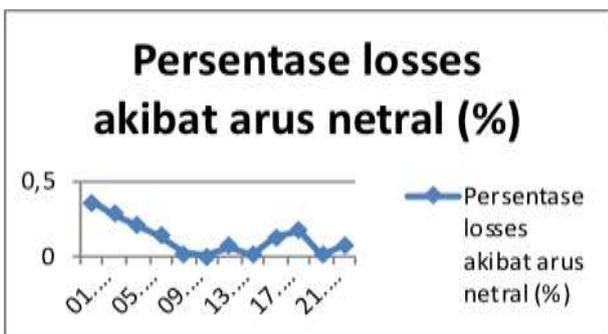


**Gambar 5.** Grafik ketidakseimbangan pembebanan hari Minggu 14 Juli 2019

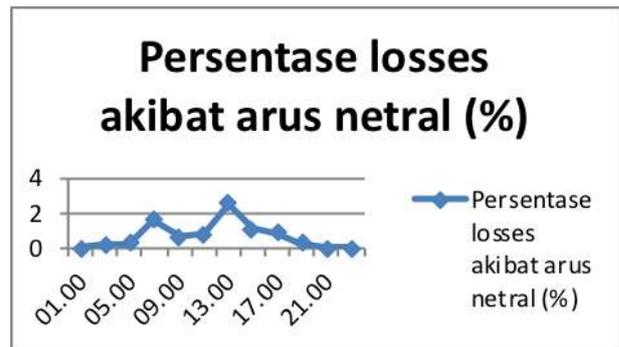


**Gambar 6.** Grafik ketidakseimbangan pembebanan hari Senin 15 Juli 2019

Dari kedua hasil pengukuran tersebut menunjukkan persentase ketidakseimbangan pembebanan terbesar pada transformator distribusi terjadi saat pengukuran di hari libur pada hari minggu 14 juli 2019 pada pukul 01.00 WIB yaitu mencapai 26,4% tidak memenuhi standar dan Persentase ketidakseimbangan pembebanan terbaik terjadi saat pengukuran di hari libur pada hari minggu 14 juli 2019 pada pukul 11.00 WIB yaitu 2.4% dinyatakan memenuhi standar karena tidak lebih dari 20%.



**Gambar 7.** Grafik persentase *losses* akibat arus netral hari Minggu 14 Juli 2019



**Gambar 8.** Grafik persentase *losses* akibat arus netral Hari Senin 15 Juli 2019

Dari kedua hasil pengukuran tersebut *Persentase losses* akibat arus netral terbesar pada transformator distribusi terjadi saat pengukuran di hari kerja pada hari senin 15 juli 2019 yaitu mencapai 1.42% pada pukul 07:00 WIB dan *Persentase losses* terbaik terjadi saat pengukuran di hari minggu 14 juli 2019 yaitu 0.00261725% pada pukul 11:00 WIB.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan menunjukkan adanya ketidakseimbangan pembebanan yang besar (26,4%) dengan arus netral sebesar 22,1 A yang melewati ketentuan standar IEEE 466-1980 yaitu sebesar 20%. Ketidakseimbangan pembebanan ini menyebabkan rugi-rugi daya sebesar 481 Watt karena adanya arus pada penghantar netral. Ketidakseimbangan pembebanan terjadi karena ketidakserempakan waktu penyalaan beban-beban di setiap gedung dan pengkoneksian yang tidak seimbang pada fasa R, S dan T maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dendi Kongah, M. S. (2014). ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR GARDU SELATAN KAMPUS UNIVERSITAS TADULAKO. *MEKTRIK*.
- Fahrurozi, F. F. (2014). Analisa Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Transformator Distribusi di Gedung Fakultas Teknik Universitas Riau. *Jom FTEKNIK*.

- Kadir, A. (2000). *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Koes Indrakoesoema, Y. A. (2012). PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN. *PROSIDING SEMINAR PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR*, Buku II hal. 542.
- Neidle, M. (1999). *Teknologi Instalasi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Sudirham, S. (2012). *Analisis Sistem Tenaga*. Bandung: Darpublic.
- Suhadi, d. (2012). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Direktorat Pembina Sekolah Menengah Kejuruan.