

Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus dan *Losses* pada Penghantar Netral di Gardu Distribusi BBKK, PSH dan CPTY UP3 Garut

JEREMI GURUSINGA, SYAHRIAL

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: Jeremigurus@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Ketidakseimbangan beban suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban satu fasa pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus di penghantar netral trafo. Arus yang mengalir di penghantar netral trafo ini menyebabkan losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat arus netral pada penghantar netral transformator dan ke tanah. Setelah dianalisa diperoleh presentase Ketidakseimbangan beban Gardu BBKK dan PSH saat beban puncak waktu 18:55 dan 18:46 yaitu sebesar 5,36% dan 5,73% dan arus netral pada Gardu BBKK sebesar 41 A, Gardu PSH sebesar 51 A dan Gardu CPTY sebesar 26 A, Arus netral ini berpengaruh pada besarnya Losses penghantar netral transformator yaitu nilai Losses penghantar netral transformator untuk Gardu BBKK sebesar 1507,85 Watt, Gardu PSH sebesar 2333,09 Watt dan Gardu CPTY sebesar 606,372 Watt, Solusi untuk mengurangi Losses penghantar netral trafo yaitu dengan mengubah nilai ukuran kawat penghantar netral dibuat sama dengan kawat penghantar fasanya maka arus netralnya akan menurun.

Kata kunci: Ketidakseimbangan, Arus netral, Rugi-rugi, Transformator, Gardu distribusi

ABSTRACT

Load imbalance in an electric power distribution system is often caused by single-phase loads of low-voltage network customers. This imbalance leads to a current flow in the neutral conductor of the transformer, resulting in losses. These losses are due to neutral current flowing in the transformer's neutral conductor and to the ground. An analysis of BBKK and PSH substations revealed a load imbalance of 5.36% and 5.73% at peak load times of 18:55 and 18:46. The neutral current measured in the BBKK substation was 41 A, in the PSH substation was 51 A, and in the CPTY substation was 26 A. These currents directly impact the losses in the neutral conductor of the transformers, with BBKK experiencing losses of 1507.85 Watt, PSH experiencing losses of 2333.09 Watt, and CPTY experiencing losses of 606.372 Watt. To mitigate these losses, one solution is to change the size of the neutral conductor wire to match that of the phase conductor wire, as this will decrease the neutral current

Keywords : Unbalance, Neutral current, Losses, Transformer, Distribution substation

1. PENDAHULUAN

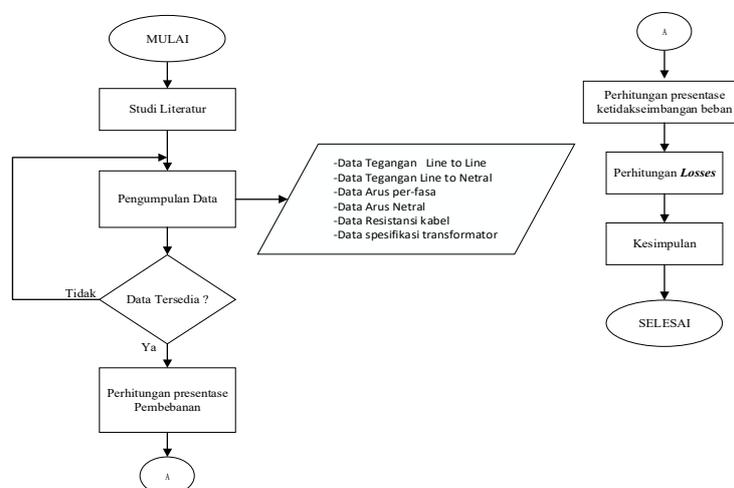
Sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen (beban), merupakan hal penting untuk dipelajari. Mengingat penyaluran tenaga listrik ini, prosesnya melalui beberapa tahap, yaitu dari pembangkit tenaga listrik penghasil energi listrik, disalurkan ke jaringan transmisi (SUTET) langsung ke gardu induk. Dari gardu induk tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer (SUTM), dan melalui gardu distribusi langsung ke jaringan distribusi sekunder (SUTR), tenaga listrik dialirkan ke konsumen. Dengan demikian sistem distribusi tenaga listrik berfungsi membagikan tenaga listrik kepada pihak pemakai melalui jaringan tegangan rendah (SUTR), sedangkan suatu saluran transmisi berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik bertegangan ekstra tinggi ke pusat-pusat beban dalam daya yang besar (melalui jaringan distribusi). **(Daman S, 2009)**.

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, penghantar netral memainkan peran yang penting dalam menjaga stabilitas dan keseimbangan arus. Namun, dengan meningkatnya penggunaan perangkat listrik yang tidak seimbang dalam suatu area distribusi, terjadi peningkatan ketidakseimbangan beban yang pada gilirannya dapat menyebabkan peningkatan arus dan kerugian daya yang signifikan. Kondisi ini dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan dan infrastruktur distribusi listrik serta menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan **(Ochoa L, 2005)**.

Ketidakeimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa di pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses, yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah **(Latupeirissa, 2017)**. Perbedaan dari Penelitian ini adalah tempat lokasi studi yang berlokasi di kota Garut dan Lebih menekankan pada evaluasi performa jaringan penghantar netral daripada hanya pada arus dan kerugian dengan tiga buah Gardu dengan daya 100kva .penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis menyeluruh terhadap dampak ketidakseimbangan beban terhadap arus dan kerugian daya pada penghantar netral di gardu distribusi.

2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan flowchart penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. flowchart Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data, penulis turun langsung ke lokasi Gardu Distribusi perusahaan tempat saya kerja praktek yaitu : PT PLN (Persero) UP3 Garut, untuk mengambil data-data yang dibutuhkan, Penulis akan melakukan pengambilan data pada transformator serta mengumpulkan data-data pendukung dari gardu distribusi milik PT PLN (Persero) UP3 Garut. Adapun data-data yang akan dikumpulkan dilokasi diantaranya Arus Tiap Fasa, Arus Netral, Arus Ke Tanah, Tegangan Fasa-Fasa, Tegangan Fasa Netral, Resistan Tanah, Spesifikasi Transformator, Single Line Gardu Distribusi, dan Resistansi Kabel Netral.

2.2. Perhitungan

Pada perhitungan penulis akan melakukan perhitungan berdasarkan hasil pengukuran dan data-data rujukan mengenai materi-materi dalam penelitian sesuai urutan berikut :

- Menentukan arus full load
- Untuk menentukan rata-rata presentase pembebanan dalam satu hari
- Analisa ketidakseimbangan beban pada transformator
- Analisa *Losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator

2.3. Studi Komparatif

Studi komparatif ini bertujuan untuk membandingkan hasil percobaan dengan standar yang di tentukan oleh instansi tertentu. Standar yang penulis bandingkan adalah. Standar beban trafo menurut surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) No.17 Tahun 2014. Tabel dibawah ini merupakan standar yang sudah ditetapkan oleh (PT PLN (Persero), 2014) No.17 Tahun 2014. Dan untuk memastikan beban yang diukur pada trafo distribusi seimbang atau tidak seimbang maka penulis memakai standar ini sebagai pembanding yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar beban transformator menurut surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) No.17 Tahun 2014.

Karakter Grup	Karakteristik	Indeks Kesehatan			
		Baik	Cukup	Kurang	Buruk
Pembacaan dan pengisian beban	Pembebanan Arus TR (% thp KHA Outlet)	< 60 %	60 % - < 80%	80 % - < 100 %	≥100 %
	Ketidakeimbangan Arus antar Fasa	< 10 %	10 % - < 20%	20 % - < 25 %	≥25 %
	Besar arus netral TR (% terhadap arus beban trafo)	< 10 %	10 % - < 15%	15 % - < 20 %	≥20 %
	Pembebanan Trafo (% terhadap kapasitas)	< 60 %	60 % - < 80%	80 % - < 100%	≥100 %

2.4. Teknik Analisis Data

Melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ditentukan sebagai berikut :

- Perhitungan pembebanan Transformator

Perhitungan pembebanan transformator dapat dirumuskan pada persamaan (1)

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

Dimana :

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Primer Trafo (kV)

I = Arus Jala – Jala (A)

(Muhammad, 2020).

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh dapat menggunakan persamaan (2)

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

Dimana:

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Sekunder (kV)

(Muhammad, 2020)

Dengan demikian, untuk menentukan persentasi pembebanannya menggunakan persamaan (3) dan (4) sebagai berikut:

$$\% = \frac{I_{ph}}{I_{FL}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\% = \frac{V \cdot I \cdot \sqrt{3}}{\text{DayaTransformator}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

I_{ph} = Arus Fasa (A)

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

V = Tegangan Fasa – Fasa

I = Arus Rata – Rata

(Muhammad, 2020)

b. Perhitungan Ketidakseimbangan Transformator

Untuk menentukan besarnya ketidak seimbangan beban pada tiap Phasa, dapat digunakan perumusan dengan persamaan (5),(6),(7) dan (8) sebagai berikut:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (5)$$

$$I_R = a \cdot I_{rata-rata} \quad , \text{ maka } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} \quad (6)$$

$$I_S = b \cdot I_{rata-rata} \quad , \text{ maka } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} \quad (7)$$

$$I_T = c \cdot I_{rata-rata} \quad , \text{ maka } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} \quad (8)$$

Pada keadaan seimbang besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1. Dengan demikian, untuk menentukan presentase ketidakseimbangan beban rata-rata dapat digunakan perumusan persamaan (9) sebagai berikut:

$$= \frac{|a-1| + |b-1| + |c-1|}{3} \times 100\% \quad (9)$$

(Aini, 2021)

- c. Perhitungan Rugi-Rugi akibat adanya arus netral pada penghantar Transformator Transformator dapat dirumuskan pada persamaan (10)

$$P_N = I_N^2 \times R_N \quad (10)$$

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 (Ω)

(Zuhal, 2000)

Untuk mendapatkan presentase Rugi-Rugi akibat adanya arus netral pada penghantar Transformator dapat dirumuskan pada persamaan (11) sebagai berikut:

$$\%P_{N-Losses} = \frac{P_N}{P_{trafo}} \times 100\% \quad (11)$$

Dengan :

$P_{N-Losses}$ = Presentasi *Losses* akibat adanya arus netral

P_N = *Losses* yang timbul pada penghantar netral (watt)

P_{trafo} = Daya Aktif Transformator (Watt)

(Fauzi Muhammad A, 2020)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan informasi yang diperoleh selama penulis melakukan penelitian. Selain itu, juga akan dijelaskan angka-angka yang dihasilkan dari pengolahan data yang telah dikumpulkan selama penelitian ini. Perhitungan juga disesuaikan berdasarkan topik yang dijalani dalam penelitian ini.

3.1. Data Teknis dan Data Pembebanan

Tabel 2 merupakan data spesifikasi dari transformator distribusi penyulang cigasong.

Tabel 2. Data teknis transformator

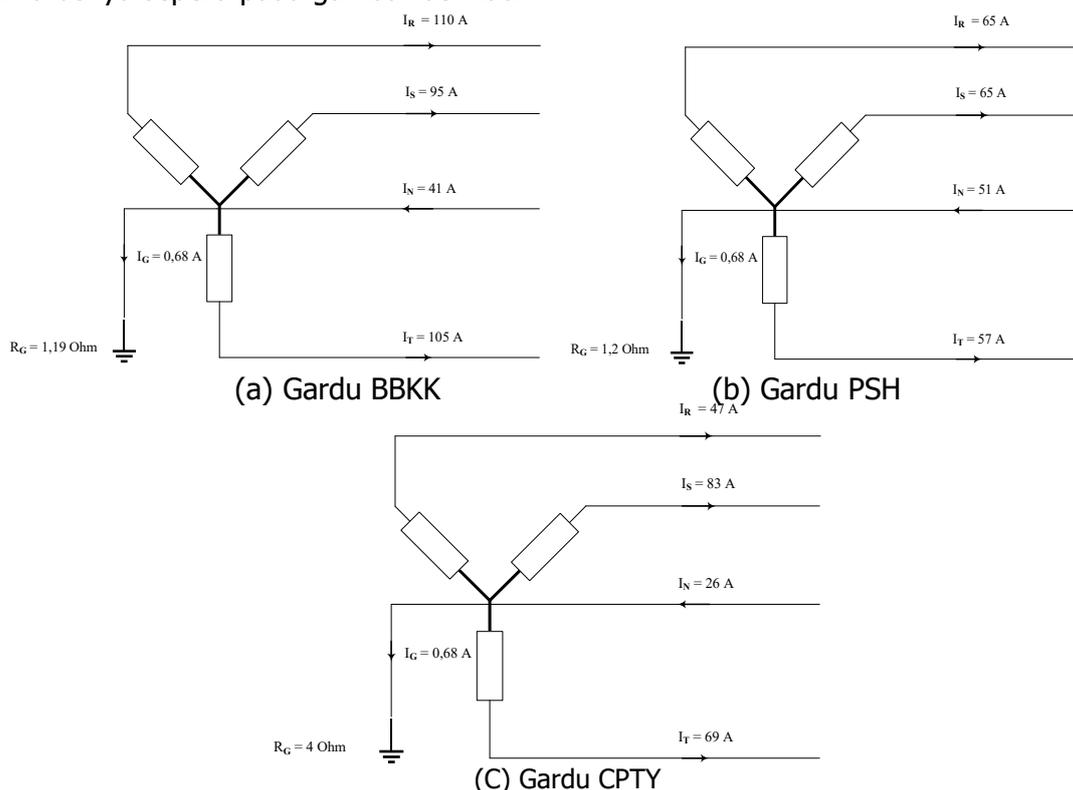
No	Parameter	Nilai
1	Vector Group	YzN-5
2	Daya	100 KVA
3	Fasa	3
4	Tegangan Primer	20 KV
5	Tegangan Sekunder	400 V
6	Arus Primer	2,89 A
7	Arus Sekunder	144,34 A
8	No Load Losses	210 Watt
9	Load Losses at 75° C	1420 Watt
10	Impedance at 75° C	4.0 %
11	Oil Volume	188/220 Litters
12	Capacity	100 kVA

Ukuran dan jenis kawat untuk penghantar netral trafo distribusi adalah kabel twisted/NFA2X-T 50 mm² dengan $R = 0,690 \Omega / \text{km}$. Sedangkan untuk penghantar fasanya kabel twisted/NFA2X-T 70 mm² dengan $R = 0,443 \Omega / \text{km}$. Dengan Panjang penghantar 1,3 KM maka penghantar netral trafo adalah kabel twisted/NFA2X-T 50 mm² $R = 0,897 \Omega$ dan penghantar fasanya kabel twisted/NFA2X-T 70 mm² dengan $R = 0,575 \Omega$

Tabel 3. Data Pembebanan waktu beban puncak

NO	Waktu	TEGANGAN (Volt)						BEBAN TOTAL (Ampere)				Arus Ground I_G	Tahanan Ground R_G
		Antar-Fasa			Fasa-Netral			R	S	T	N		
		R-S	R-T	S-T	R-N	S-N	T-N						
1	18:55	401	398	401	230	232	230	110	95	105	41	0,68	1,19
2	18:46	406	402	404	233	234	231	65	65	57	51	0,68	1,2
3	18:05	401	398	394	232	229	228	47	83	69	26	0,68	4

Tabel 3 merupakan hasil pengukuran pembebanan transformator, pada Gardu BBKK PSH dan CPTY . Pada proses pengukuran ini diukur pada waktu beban puncak atau pada jam 18-19 dimana pada waktu ini dikatakan beban puncak, Dari tabel di atas dapat dibuat skema aliran arusnya seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. Skema Aliran Arus Transformator Gardu (a)BBKK,(b)PSH dan (c)CPTY

Pada Gambar 2 merupakan perbedaan nilai pada masing masing fasa, dan apabila dijumlahkan tidak bernilai nol. 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 normal, beberapa ketidakseimbangan fasa terjadi mengakibatkan arus netral kecil.

3.2. Analisa Pembebanan

Untuk menghitung arus beban penuh dapat menggunakan rumus:

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

$$I_{FL} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 400} = 144,33 \text{ A}$$

- Presentase Pembebanan Gardu Distribusi BBKK

$$\begin{aligned} &= \frac{I_{phR} + I_{phS} + I_{phT}}{3} \\ &= \frac{76\% + 65,82\% + 72,74\%}{3} \\ &= 71,52\% \end{aligned}$$

- Presentase Pembebanan Gardu Distribusi PSH

$$\begin{aligned} &= \frac{I_{phR} + I_{phS} + I_{phT}}{3} \\ &= \frac{45\% + 45\% + 39,49\%}{3} \\ &= 43,16\% \end{aligned}$$

- Presentase Pembebanan Gardu Distribusi CPTY

$$\begin{aligned} &= \frac{I_{phR} + I_{phS} + I_{phT}}{3} \\ &= \frac{32,56\% + 57,50\% + 47,80\%}{3} \\ &= 45,95\% \end{aligned}$$

3.3. Ketidakseimbangan Beban

Untuk menentukan besarnya ketidak seimbangan beban pada tiap Phasa, dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

- Ketidakseimbangan beban Gardu BBKK

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{110 + 95 + 105}{3}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = 103,3 \text{ A}$$

Untuk menentukan ketidakseimbangan beban, terlebih dahulu mencari koefisien a, b, dan c, mencari koefisien a, b, dan c menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_R = a \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } a = \frac{110}{103,3} = 1,064$$

$$I_S = b \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } b = \frac{95}{103,3} = 0,919$$

$$I_T = c \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } c = \frac{105}{103,3} = 1,016$$

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

$$= \frac{|1,064-1| + |0,919-1| + |1,016-1|}{3} \times 100\% = 5,36\%$$

Dari perhitungan diatas terlihat bahwa pada saat terjadi ketidakseimbangan beban pada Gardu distribusi BBKK pada jam 18:55 waktu beban puncak bernilai besar yakni sebesar 5,36 % jika kita bersandar pada acuan/standar ketidakseimbangan yang dianjurkan PLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) maka gardu ini berada pada kondisi baik yaitu <10%

- Ketidakseimbangan beban Gardu PSH

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{65 + 65 + 57}{3}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = 62,3 \text{ A}$$

mencari koefisien a, b, dan c menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_R = a \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } a = \frac{65}{62,3} = 1,043$$

$$I_S = b \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } b = \frac{65}{62,3} = 1,043$$

$$I_T = c \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } c = \frac{57}{62,3} = 0,914$$

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

$$= \frac{|1,064-1|+|0,919-1|+|1,016-1|}{3} \times 100\% = 5,73 \%$$

ketidakseimbangan beban pada Gardu distribusi PSH pada jam 18:55 waktu beban puncak bernilai besar yakni sebesar pada jam 18:46 waktu beban puncak bernilai besar yakni sebesar 5,73 % jika kita bersandar pada acuan/standar ketidakseimbangan yang dianjurkan PLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) maka gardu ini berada pada kondisi baik yaitu <10%

- Ketidakseimbangan beban Gardu CPTY

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{47+83+69}{3}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = 66,3 \text{ A}$$

mencari koefisien a, b, dan c menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_R = a \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } a = \frac{47}{66,3} = 0,708$$

$$I_S = b \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } b = \frac{83}{66,3} = 1,251$$

$$I_T = c \cdot I_{\text{rata-rata}} \quad , \text{ maka } c = \frac{69}{66,3} = 1,040$$

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

$$= \frac{|0,708-1|+|1,251-1|+|1,040-1|}{3} \times 100\% = 19,43 \%$$

Dari perhitungan diatas terlihat bahwa pada saat terjadi ketidakseimbangan beban pada Gardu distribusi CPTY pada jam 18:05 waktu beban puncak bernilai besar yakni sebesar 19,43 % jika kita bersandar pada acuan/standar ketidakseimbangan yang dianjurkan PLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) maka gardu ini berada pada kondisi cukup yaitu <20%.

3.4. Rugi-rugi Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Transformator

Untuk mendapatkan nilai Rugi-rugi waktu beban puncak pada Gardu BBKK, PSH dan CPTY pada jam 18:55 , 18:46 dan 18:05 Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Trafo maka penulis menggunakan persamaan (10) dengan ukuran kawat penghantar netral trafo adalah $50 \text{ mm}^2 = 0,897$:

- Gardu distribusi BBKK

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

$$P_N = 41^2 \times 0,897$$

$$P_N = 1507,85 \text{ Watt} = 1,507 \text{ kw}$$
- Gardu distribusi PSH

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

$$P_N = 51^2 \times 0,897$$

$$P_N = 2333,09 \text{ Watt} = 2,333 \text{ kw}$$
- Gardu distribusi CPTY

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

$$P_N = 26^2 \times 0,897$$

$$P_N = 606,372 \text{ Watt}$$

Rugi-rugi Netral pada penghantar netral trafo ini Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S dan fasa T) mengalirlah

arus di netral trafo. Ketidakseimbangan beban pada Gardu BBKK,PSH dan CPTY pada jam 18:55, 18:46 dan 18:05 sebesar 5,36%, 5,73% dan 19,43% maka dari ketidakseimbangan terjadilah Rugi-rugi Netral untuk gardu BBKK sebesar 1,507 kw, untuk gardu PSH sebesar 2,333 kw dan untuk Gardu CPTY sebesar 606,372 Watt.

3.5. Menentukan presentase Rugi-rugi Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Transformator

Untuk menghitung menentukan presentase Rugi-rugi Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Trafo maka penulis akan mencari nilai daya aktif pada trafo.

$$P_{\text{trafo}} = S_{\text{trafo}} \cdot \cos\phi$$

$$P_{\text{trafo}} = 100 \text{ kVA} \cdot 0,85$$

$$P_{\text{trafo}} = 85 \text{ kW}$$

Setelah mendapatkan nilai daya aktif pada trafo maka penulis dapat menentukan nilai dari presentase Rugi-rugi Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Trafo

- Gardu distribusi BBKK

$$\%P_{N-\text{Losses}} = \frac{P_N}{P_{\text{trafo}}} \times 100\%$$

$$\%P_{N-\text{Losses}} = \frac{1,507}{85} \times 100\%$$

$$\%P_{N-\text{Losses}} = 1,7\%$$
- Gardu distribusi PSH

$$\%P_{N-\text{Losses}} = \frac{P_N}{P_{\text{trafo}}} \times 100\%$$

$$\%P_{N-\text{Losses}} = \frac{2,333}{85} \times 100\%$$

$$\%P_{N-\text{Losses}} = 2,7 \%$$
- Gardu distribusi CPTY

$$\%P_{N-\text{Losses}} = \frac{P_N}{P_{\text{trafo}}} \times 100\%$$

$$\%P_{N-\text{Losses}} = \frac{0,606}{85} \times 100\%$$

$$\%P_{N-\text{Losses}} = 0,7 \%$$

3.6. Analisis

Data hasil perhitungan nilai ketidakseimbangan beban, pembebanan dan *Losses* pada trafo Gardu BBKK dan trafo Gardu PSH ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan Gardu distribusi

R_N Ω	Nama Gardu	Pembebanan (%)	Ketidakeimbangan (%)	I_N (A)	$P_{N-\text{Losses}}$ (Watt)	$P_{N-\text{Losses}}$ (%)	R_G Ω
0,897 (50 mm ²)	BBKK	71,52	5,36	41	1507,85	1,7	1,19
	PSH	43,16	5,73	51	2333,09	2,7	1,2
	CPTY	45,95	19,43	26	606,372	0,7	4
0,575 (70 mm ²)	BBKK	71,52	5,36	41	966,675	1,1	1,19
	PSH	43,16	5,73	51	1495,57	1,7	1,2
	CPTY	45,95	19,43	26	388,7	0,4	4

Tabel 4 merupakan nilai ketidakseimbangan beban pada trafo Gardu BBKK dan trafo Gardu PSH sebesar 5,36% dan 5,73% jika kita bersandar pada acuan/standar ketidakseimbangan yang dianjurkan PLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) maka gardu ini berada pada kondisi

baik yaitu $<10\%$. terlihat bahwa semakin besar ketidakseimbangan beban seperti pada Gardu PSH, akan mengakibatkan arus netral yang mengalir di penghantar netral trafo (I_N) menjadi besar.

Maka dari itu kita bisa mengetahui bahwa semakin besar arus netral yang mengalir maka semakin besar pula losses akibat adanya arus netral. Arus netral yang didapat ini akan berpengaruh pada besarnya Losses Trafo pada penghantar, jika semakin besar Arus Netral yang ada pada trafo maka semakin besar pula Losses Trafo pada penghantar. Maka solusi untuk mengurangi Losses trafo yaitu dengan Nilai ukuran kawat penghantar netral (50 mm^2) dengan resistansi $0,897 \text{ ohm}$ dibuat sama dengan kawat penghantar fasanya (70 mm^2) dengan resistansi penghantarnya $0,575 \text{ Ohm}$ maka arus netralnya akan menurun seperti yang terlihat pada tabel 4.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh dari pembahasan pada bab V, Maka penulis mengambil kesimpulan dari trafo distribusi Gardu BBKK,PSH dan CPTY dengan kapasitas daya sebesar 100 KVA yaitu :

- Nilai presentase ketidakseimbangan pada penghantar Gardu BBKK dan PSH pada saat beban puncak waktu 18:55 dan 18:46 yaitu sebesar $5,36\%$ dan $5,73\%$ bersandar pada acuan/standar ketidakseimbangan yang dianjurkan PLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) maka gardu ini berada pada kondisi baik yaitu $<10\%$ sedangkan untuk presentase ketidakseimbangan pada Gardu CPTY saat beban puncak waktu 18:05 yaitu sebesar $19,43\%$ yang dimana kondisi Gardu CPTY berada pada kondisi cukup baik, namun bila angka presentase ketidakseimbangan semakin besar perlu dilakukan pemerataan beban setiap jurusannya.
- Rugi-rugi Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Trafo dan arus netral yang mengalir ke tanah berdasarkan perhitungan pada saat beban puncak yaitu :
 - Untuk Gardu BBKK sebesar $1507,85 \text{ Watt}$ atau $1,7\%$
 - Untuk Gardu PSH sebesar $2333,09 \text{ Watt}$ atau $2,7\%$
 - Untuk Gardu CPTY sebesar $606,372 \text{ Watt}$ atau $0,7\%$

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada PLN UP3 Garut yang telah mengijinkan penulis untuk melakukan penelitian .

DAFTAR RUJUKAN

- Aini, Z., Mutari, E., Liliana, L., & Candra, O. (2021). Analysis of Imbalance Loads and Losses Based on The Largest Loading by 3 Units of 3 Phase Distribution Transformer. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, *7*(1), 69.
<https://doi.org/10.24036/jtev.v7i1.111965>
- Daman Suswanto, Menengah, S., Direktorat, K., Manajemen, J., Dasar, P., & Menengah, D. (2009). *TEKNIK DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK JILID 1*.

Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus dan *Losses* pada Penghantar Netral di Gardu Distribusi BBKK, PSH dan CPTY PT PLN (Persero) UP3 Garut

Fauzi Muhammad A. (2020). *ANALISA PENGARUH BEBAN TIDAK SEIMBANG TERHADAP ARUS NETRAL DAN LOSSES PADA TRANSFORMATOR DI GARDU DISTRIBUSI GLBA PENYULANG CIMAYOR PT PLN (Persero) UP3 SUMEDANG.*

Latupeirissa, H. L. (2017). PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN LOSSES DAYA PADA TRAFODISTRIBUSI GARDU KP-01 DESA HATIVE KECIL. *JURNAL SIMETRIK*, 7(2).

Ochoa, L. F., Ciric, R. M., Padilha-Feltrin, A., & Harrison, G. P. (2005). *EVALUATION OF DISTRIBUTION SYSTEM LOSSES DUE TO LOAD UNBALANCE.*

PT PLN (Persero). (2014). *Beban Pada SUTR. Makassar [3] PT PLN (Persero). 2014. Edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 Tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset.*

Zuhal. (2000). *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya.* Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.