

Analisis Pengaruh Penyeimbangan Beban Transformator pada Gardu Distribusi Mg0045 160 Kva terhadap Losses

Muhammad Imam Nur Iman Yy¹, Amani Darma Tarigan², Yoffi Andinata³

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi

^{2,3} Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi

e-mail: imam.47nur@gmail.com

Abstrak

Penyeimbangan Beban Transformator merupakan salah satu pekerjaan wajib yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) yang rutin dilakukan secara berkala. Pekerjaan ini adalah salah satu upaya untuk mengurangi arus netral yang menimbulkan losses atau rugi-rugi daya yang terjadi akibat dari ketidakseimbangan beban transformator distribusi. Penyeimbangan Beban Transformator ini dilakukan di PT. PLN (Persero) ULP Manggar pada Gardu Distribusi MG0045 dengan kapasitas 160 KVA. Penyeimbangan beban ini dimulai dengan melakukan pengukuran beban pada masing-masing jurusan dan fasa pada gardu distribusi MG0045, dilanjutkan dengan perhitungan pembebanan pada masing-masing fasa sehingga didapatkanlah fasa mana yang harus dipindahkan bebannya ke fasa lainnya, dan kemudian selanjutnya dilakukan penyeimbangan beban transformator sesuai dengan data yang sudah ada. Dengan melakukan penyeimbangan beban ini, maka akan mengurangi arus netral yang menimbulkan losses atau rugi-rugi daya dan memelihara fungsi transformator sehingga dapat memperpanjang umur transformator dan juga menjaga transformator agar tidak cepat rusak.

Kata kunci: *Penyeimbangan Beban, Transformator, Losses*

Abstract

Transformer Load Balancing is one of the mandatory jobs carried out by PT. PLN (Persero) which is routinely carried out periodically. This work is an effort to reduce neutral currents which cause losses or power losses that occur as a result of distribution transformer load imbalances. Transformer Load Balancing is carried out at PT. PLN (Persero) ULP Manggar at the MG0045 Distribution Substation with a capacity of 160 KVA. This load balancing begins by measuring the load on each direction and phase at the MG0045 distribution substation, followed by calculating the load on each phase so that it is found which phase has its load transferred to another phase, and then the transformer load balancing is carried out in accordance with existing data. By doing this load balancing, it will reduce neutral

currents which cause losses or power losses and maintain transformer function so that it can extend the life of the transformer and also keep the transformer from being damaged quickly.

Keywords : *Load Balancing, Transformers, Losses*

PENDAHULUAN

Seiring dengan laju pertumbuhan pembangunan di setiap sektor, maka dituntut adanya keandalan sistem maupun peralatan penyaluran tenaga listrik. Dalam pemenuhan kebutuhan tenaga listrik tersebut, terjadi pembagian-pembagian beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidakserempakan waktu penyalaan beban, pengkoneksian yang tidak seimbang pada fasa R, S dan T maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik. Ketidakseimbangan beban adalah hal yang menimbulkan losses secara teknis, yang akan merugikan PLN. Supaya tercapai penyuplaian listrik yang stabil dan kontinuitas kepada konsumen, maka hal tersebut harus dapat diatasi melalui proses penyeimbangan beban. Beban yang seimbang akan secara otomatis mempunyai arus netral yang kecil sehingga akan mengurangi losses.

Pengertian Transformator

Transformator distribusi merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi- elektromagnet. Trafo Distribusi terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder



Gambar 1. Transformator 20 KV

Prinsip Kerja Transformator

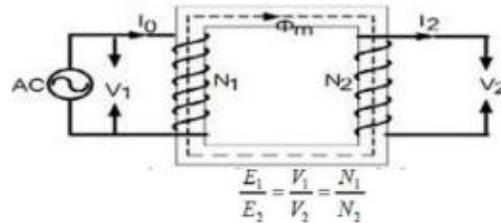
Berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, prinsip kerja Transformator Distribusi adalah arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada Trafo Distribusi diberi arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi. Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan.

Karakteristik Transformator

Berdasarkan karakteristiknya transformator bisa dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Keadaan Transformator Tanpa Beba

Keadaan transformator tanpa beban seperti pada gambar berikut :



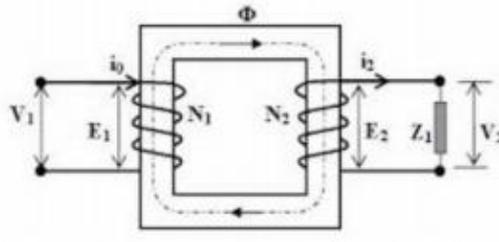
Gambar 2. Keadaan Transformator Tanpa Beban

Bila kumparan primer transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoid maka akan mengalir arus primer I_0 yang juga sinusoid dan dengan mengabaikan belitan N_1 reaktif murni, I_0 akan tertinggal 90° dari V_1 dan fluks (Φ) sefasa dengan I_0 . Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks bocor: Arus primer I_0 yang mengalir dalam kenyataannya bukan merupakan arus induktif murni, tapi terdiri atas komponen :

- a. Komponen arus pemagnetan (I_m)
 - b. Komponen arus rugi tembaga (I_c)
- Fluks yang sinusoid ini akan menghasilkan tegangan induksi E_1 (hukum Faraday). Dalam hal ini tegangan induksi E_1 mempunyai kebesaran yang sama tetapi berlawanan arah dengan tegangan sumber V_1 .

2. Keadaan Transformator Berbeban

Keadaan transformator berbeban seperti pada gambar berikut :



Gambar 3. Keadaan Transformator Berbeban

Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_1 , I_2 mengalir pada kumparan sekunder, di mana $I_2 = V_2 / Z_1$ dengan $\theta_2 = \text{m factor kerja beban}$. Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (GMM) $N_2 I_2$ yang cenderung menentang fluks (Φ) bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan I_m . Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir I_2 , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 , hingga keseluruhan arus yang mengalir pada primer menjadi :

$$I_1 = I_0 + I_2$$

Bila rugi besi diabaikan (I_c diabaikan) maka $I_0 = I_m$

$$I_1 = I_m + I_2$$

Untuk menjaga agar fluks tetap tidak berubah sebesar Φ_m yang dihasilkan oleh arus pemagnetan I_m saja, berlaku hubungan:

$$N_1 I_m = N_1 I_1 - N_2 I_2$$

$$N_1 I_m = N_1 (I_m + I_2) - N_2 I_2$$

$$\text{Sehingga : } N_1 I_1 = N_2 I_2$$

$$I_0 = I_m \text{ dianggap kecil}$$

$$\text{Jadi, } N_1 I_1 = N_2 I_2 \text{ atau } I_1 / I_2 = N_2 / N_1$$

Komponen-komponen Transformator

1. Inti besi

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi magnetik yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh Eddy Current.

2. Kumparan Transformator

Kumparan Trafo Distribusi adalah beberapa lilitan kawat bersolasi yang membentuk suatu kumparan atau gulungan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang di isolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

3. Minyak Transformator

Minyak Transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi (untuk menahan tegangan tembus) dan pendingin pada Transformator (meredam panas yang ditimbulkan).

4. Bushing

Hubungan antara kumparan Trafo dengan jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Bushing sekaligus berfungsi sebagai penyekat / isolator antara konduktor tersebut dengan tangki Trafo.

5. Peralatan bantu pendingin trafo

Pada Inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Maka panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan., ini akan merusak isolasi, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut Trafo perlu dilengkapi dengan alat atau sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar Trafo, media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa, udara/gas, minyak atau air.

6. Tap changer

Kualitas operasi tenaga listrik jika tegangan nominalnya sesuai ketentuan, tapi pada saat operasi dapat saja terjadi penurunan tegangan sehingga kualitasnya menurun, untuk itu perlu alat pengatur tegangan agar tegangan selalu pada kondisi terbaik, konstan dan berkelanjutan.

Untuk itu trafo dirancang sedemikian rupa sehingga perubahan tegangan pada sisi masuk/input tidak mengakibatkan perubahan tegangan pada sisi keluar/output, dengan kata lain tegangan di sisi keluar/output-nya tetap. Alat ini disebut sebagai sadapan pengatur tegangan tanpa terjadi pemutusan beban, biasa disebut On Load Tap Changer (OLTC). Pada umumnya OLTC tersambung pada sisi primer dan jumlahnya tergantung pada perancangan dan perubahan sistem tegangan pada jaringan.

7. Name plate (pelat pengenalan)

Tiap Transformator harus dilengkapi dengan pelat pengenalan, terbuat dari bahan tahan cuaca, dipasang pada posisi yang mudah dilihat berisikan rincian seperti yang ditunjukkan dibawah ini. Keseluruhan pelat harus bertanda yang tak mudah terhapus (misalnya dengan memahat, mencetak--cetak).

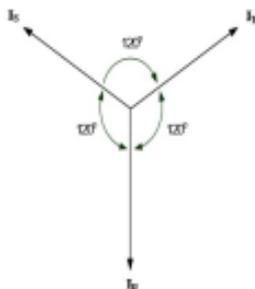
Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana :

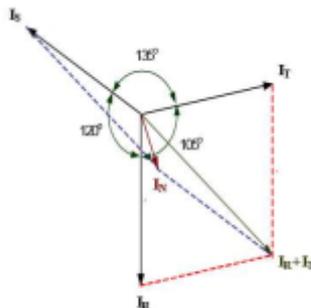
1. Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain.

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

1. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.



Gambar 4. Vektor Diagram Arus



Gambar 5. Vektor Diagram Arus

Pada gambar 4. 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 5. 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 faktor ketidakseimbangannya.

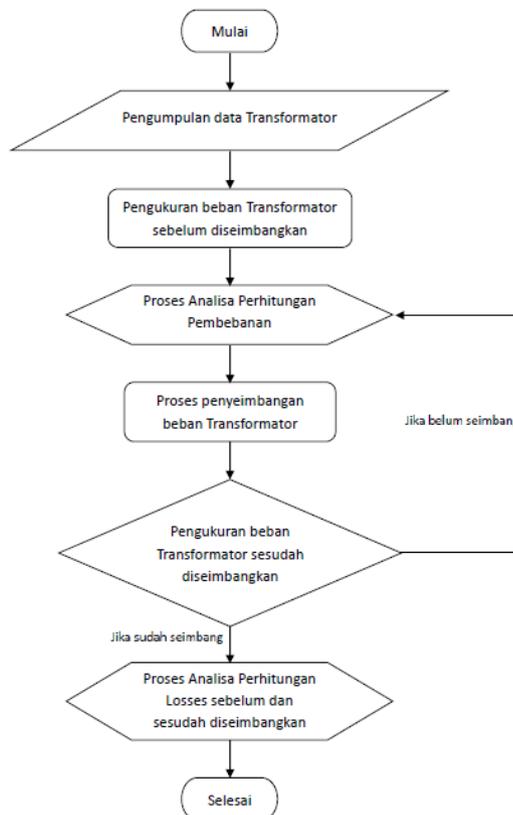
METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung UP3 Belitung ULP Manggar pada Gardu MG0045 160 KVA yang berlokasi di Jalan Jend. Sudirman No. 65, Kurnia Jaya Kec. Manggar, Kabupaten Belitung Timur, Kepulauan Bangka Belitung

Data Penelitian

Untuk sumber data yang diperoleh sebagai penelitian ini berupa data transformator pada gardu MG0045 , data pengukuran langsung pembebanan trafo MG0045 sebelum dan sesudah dilakukan penyeimbangan beban transformator.



Gambar 6. Flow Chart Penelitian Tugas Akhir

Jadwal Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini terlampir susunan rencana kegiatan yang dilakukan sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 1. Susunan rencana kegiatan

No.	Kegiatan	Desember			Januari					Februari	
		3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1	Studi Literatur										
2	Pengumpulan dan Pengolahan Data										
3	Analisis Data										
4	Penulisan Tugas akhir										

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyeimbangan beban adalah suatu kegiatan yang terdiri dari pengukuran awal, hingga pemerataan beban tiap fasa yang tidak seimbang (pincang) yang bertujuan agar arus pada netral tersebut berkurang, sehingga mengurangi kerugian terhadap perusahaan listrik (PLN) tersebut. Pelaksanaan penyeimbangan beban yang dilakukan yaitu pada tiang tegangan rendah (TR) atau pada sambungan rumah (SR).

Penyeimbangan beban pada sistem 3 fasa dianggap sangat penting oleh beberapa sebab, antara lain , generator atau trafo tidak bisa dibebani secara optimal karena ada salah satu fasanya telah mengeluarkan arus mencapai batas yang ditentukan, padahal fasa yang lain masih rendah, sehingga secara keseluruhan kapasitas generator atau trafo belum mencapai batas maksimalnya, tetapi penambahan beban tidak boleh dilakukan karena dapat menyebabkan kerusakan generator atau trafo tersebut akibat dari gangguan beban lebih. Dan juga karena jika pada salah satu fasa bebannya sudah melebihi batas yang diperbolehkan, maka akan dapat menyebabkan obstick kabel pada gardu tersebut terbakar. Beban yang sudah melebihi batas tersebut dapat ditandai dengan fuse atau sekering pada gardu akan panas dan mengeluarkan asap jika terlalu berlebihan. Jika hal tersebut terjadi dan tidak segera dilakukan penyeimbangan beban maka dapat menyebabkan fasa tersebut akan bersinggungan dengan fasa lainnya yang akan membuat trafo tersebut meledak. Solusinya yaitu dengan cara memindahkan sebagian beban pada rute yang berat ke rute lainnya yang bebannya masih ringan.

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, S, dan 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 :

$$PN = IN^2 \cdot RN$$

Dimana :

PN : losses pada penghantar netral trafo (Watt)

IN : arus yang mengalir pada netral trafo (A)
 RN : tahanan penghantar netral trafo (Ω).

Pada saluran distribusi tenaga listrik sebagai akibat beban tidak seimbang yang dalam hal ini arus masing-masing fasa tidak seimbang, maka akan terjadi losses teknis pada saluran tersebut menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan beban yang seimbang.

Beban dikatakan seimbang apabila nilai $IR = IS = IT$ maka nilai $IN = 0$ dan apabila nilai $IR \neq IS \neq IT$ maka nilai $IN > 0$ maka beban dikatakan tidak seimbang yang menyebabkan IN mempunyai nilai.

Pada sebuah pengukuran beban trafo di PLN ULP Manggar yaitu pada Gardu Distribusi MG0045 160 KVA. Dari pengukuran tersebut terdapat beban tak seimbang sehingga dimasukkan dalam kegiatan penyeimbang beban trafo. Pengukuran pertama dilakukan yaitu pada hari Kamis 21 Desember 2023 pukul 19.25. Data-data beban trafo tersebut sebagai berikut :

Tabel 2. Pengukuran beban sebelum diseimbangkan

RUTE	HASIL PENGUKURAN BEBAN (A)			
	R	S	T	N
INDUK	106,3	265	236,1	162,1
1	60	205	190	112
2	23	28	23	25
3	23	32	23	25

Sumber Data : Hasil pengukuran dilapangan pada Kamis 21 Desember 2023 pukul 19.25

Dari hasil pengukuran beban trafo diatas dapat terlihat bahwa beban pada fasa S dan T jauh lebih besar dari pada fasa R , sehingga arus pada netral bisa dikatakan besar sekali, yang disebabkan ketidakseimbangannya beban ini. Arus netral tersebut adalah sebagai berikut:

$$IN = \sqrt{(IR^2) + (IS^2) + (IT^2) - (IR \times IS) - (IR \times IT) - (IS \times IT)}$$

$$IN = \sqrt{(106,3^2) + (265^2) + (236,1^2) - (106,3 \times 265) - (106,3 \times 236,1) - (265 \times 236,1)}$$

$$IN = \sqrt{11299,7 + 70225 + 55743,2 - 28169,5 - 25097,43 - 62566,5}$$

$$IN = \sqrt{21434,47}$$

$$IN = 146,4 \text{ A}$$

Untuk mengatasi permasalahan ini maka harus segera dilaksanakan kegiatan penyeimbang beban trafo. Dari data pengukuran awal, direncanakan untuk memindahkan

fasa S rute 1 ke fasa R rute 1 sebanyak 53,4 A dan fasa T rute 1 ke fasa R rute 1 sebanyak 38,4 A. Nilai tersebut diperoleh dari perhitungan sebagai berikut :

Nilai rata –rata per fasa (Induk)

$$= \frac{\text{beban R} + \text{beban S} + \text{beban T}}{3}$$

$$= \frac{106,3 \text{ A} + 265 \text{ A} + 236,1 \text{ A}}{3}$$

$$= \frac{607,4 \text{ A}}{3}$$

$$= 202,4 \text{ A}$$

Nilai rata –rata rute 1

$$= \frac{\text{beban R} + \text{beban S} + \text{beban T}}{3}$$

$$= \frac{60 \text{ A} + 205 \text{ A} + 190 \text{ A}}{3}$$

$$= \frac{455 \text{ A}}{3}$$

$$= 151,6 \text{ A}$$

Nilai beban(A) fasa yang akan dipindahkan

a. Untuk fasa S ke fasa R yaitu sebesar $= 205 \text{ A} - 151,6 \text{ A}$
 $= 53,4 \text{ A}$

b. Untuk fasa T ke fasa R yaitu sebesar $= 190 \text{ A} - 151,6 \text{ A}$
 $= 38,4 \text{ A}$

c. Maka nilai beban fasa R menjadi;

$$= \text{beban awal} + \text{beban pindah fasa S} + \text{beban pindah fasa T}$$

$$= 60 \text{ A} + 53,4 \text{ A} + 38,4 \text{ A}$$

$$= 151,8 \text{ A}$$

Karena fasa R masih kurang dari nilai rata-rata perfasa , sedangkan fasa S dan fasa T yang sudah jauh melebihi nilai rata-rata beban harus dipindahkan ke fasa R agar ketiga fasa tersebut mendekati nilai seimbang. Agar mencapai nilai yang seimbang, maka beban dari fasa S harus dipindahkan sebanyak 53,4 A ke fasa R dan beban dari fasa T harus dipindahkan sebanyak 38,4 A ke fasa R

Dengan memperkirakan beban sebanyak 13 pelanggan dari fasa S rute 1 ke fasa R rute 1 dan 11 pelanggan dari fasa T rute 1 ke fasa R rute 1 sebagai berikut :

a. Data pelanggan pada fasa S yang dipindahkan ke fasa R.

Dari data pelanggan yang direncanakan akan dipindahkan dapat diketahui jumlah daya seluruhnya yaitu sebesar 88 A. Sedangkan jika dirata-rata kan pemakaian sebesar 70% maka seluruhnya berjumlah 61,6 A. Maka seluruh pelanggan fasa S yang direncanakan tersebut dapat dipindahkan ke fasa R

NO	IDPEL	NAMA	GARDU	TARIF	DAYA	ARUS
1	163100320628	AMIRUDIN	MG0045	B1T	1300	6
2	163100239852	SUGIARTI 3	MG0045	B1T	1300	6
3	163100309497	APRIANTO	MG0045	B1T	900	4
4	163100312148	SUGIARTI	MG0045	B1T	2200	10
5	163100268051	ASTUTI	MG0045	R1MT	900	4
6	163100270513	YANDI WIRANTO	MG0045	B1T	1300	6
7	163100267785	WAHYUNI	MG0045	R1MT	900	4
8	163100307970	EFENDI JAYA	MG0045	B1T	1300	6
9	163100284283	SOLI ALFRIANSYAH	MG0045	R1T	1300	6
10	163100248913	BILBOARD LA	MG0045	B1T	1300	6
11	163100258331	HENDRO	MG0045	R1T	2200	10
12	163100221793	ANGGIYANTO	MG0045	R1T	2200	10
13	163100000949	TERMINAL BIS	MG0045	P1T	2200	10
JUMLAH						88

Tabel 3. Data pelanggan pada fasa S yang dipindahkan ke fasa R

b. Data pelanggan pada fasa T yang dipindahkan pada fasa R.

Dari data pelanggan yang direncanakan akan dipindahkan dapat diketahui jumlah daya seluruhnya yaitu sebesar 54 A. Sedangkan jika dirata-rata kan pemakaian sebesar 70% maka seluruhnya berjumlah 37,8 A. Maka seluruh pelanggan fasa T yang direncanakan tersebut dapat dipindahkan ke fasa R.

Tabel 4. Data pelanggan pada fasa T yang dipindahkan ke fasa R

NO	IDPEL	NAMA	GARDU	TARIF	DAYA	ARUS
1	163100293860	ARPANDI	MG0045	B1T	900	4
2	163100305311	MARWANIZAH	MG0045	R1MT	900	4
3	163100279484	ENJANG	MG0045	B1T	1300	6
4	163100167483	NURITA	MG0045	R1T	1300	6
5	163100301042	YUSMAN	MG0045	B1T	1300	6
6	163100218829	AGUS PURNOMO	MG0045	R1MT	900	4
7	163100002845	RACHID.L	MG0045	R1T	1300	6
8	163100006090	MUIS ROHASIH	MG0045	R1T	900	4
9	163100006110	HAMID	MG0045	R1T	900	4
10	163100006717	ACHMAD	MG0045	R1MT	900	4
11	163100009401	SADINO	MG0045	R1T	1300	6
JUMLAH						54

Dengan nilai total KVA yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} &= \frac{1,73 \times \text{Arus tertinggi} \times \text{teg tertinggi}}{1000} \\ &= \frac{1,73 \times 265 \text{ A} \times 398 \text{ V}}{1000} \\ &= \frac{125494,2 \text{ VA}}{1000} \\ &= 125,4942 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Nilai beban %:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Total KVA}}{\text{KVA Trafo}} \\ &= \frac{125,4942 \text{ KVA}}{160} \times 100\% \\ &= 78 \% \end{aligned}$$

Losses (rugi-rugi) Akibat Adanya arus Netral pada Penghantar Netral Transformator
 $R_N = \text{tahanan penghantar} \times \text{panjang penghantar} / \text{luas penampang}$:

$$\begin{aligned} &= \frac{0,335 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 7 \text{ m}}{1000 \text{ mm}^2} \\ &= 0,002345 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_N &= I_N^2 \times R_N \\ P_N &= 162,1^2 \times 0,002345 \Omega \\ P_N &= 26.276,4 \times 0,002345 \Omega \\ P_N &= 61,6 \text{ watt.} \end{aligned}$$

Hasil data pengukuran beban setelah dilakukan penyeimbangan beban puncak pada hari Rabu 03 Januari 2024 pada pukul 19.10 adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Pengukuran beban setelah dilakukan penyeimbangan

RUTE	HASIL PENGUKURAN BEBAN (A)			
	R	S	T	N
INDUK	180	154	174	63
1	143	107	133	32
2	18	22	20	15
3	19	25	21	16

Sumber Data : Hasil pengukuran dilapangan pada Rabu 03 Januari 2024 pada pukul 19.10.

Dengan nilai total KVA yaitu sebesar :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,73 \times \text{Arus tertinggi} \times \text{teg tertinggi}}{1000} \\
 &= \frac{1,73 \times 180 \text{ A} \times 403 \text{ V}}{1000} \\
 &= \frac{125494,2 \text{ VA}}{1000} \\
 &= 125,4942 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

Nilai beban % :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Total KVA}}{\text{KVA Trafo}} \\
 &= \frac{125,4942 \text{ KVA}}{160} \times 100\% \\
 &= 78 \%
 \end{aligned}$$

Losses (rugi-rugi) Akibat Adanya arus Netral pada Penghantar Netral Transformator

$R_N = \text{tahanan penghantar} \times \text{panjang penghantar} / \text{luas penampang}$:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,335 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 7 \text{ m}}{1000 \text{ mm}^2} \\
 &= 0,002345 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_N &= I_N^2 \times R_N \\
 P_N &= 632 \times 0,002345 \Omega \\
 P_N &= 3.969 \times 0,002345 \Omega \\
 P_N &= 9,3 \text{ watt.}
 \end{aligned}$$

Setelah melakukan kegiatan penyeimbangan beban trafo pada gardu MG0045 ini, dimulai dari pemilihan trafo yang memiliki beban yang tak seimbang, perbaikan sambungan deret, pengukuran beban puncak setelah perbaikan sambungan deret, pemindahan beban dari fasa yang memiliki beban yang berat ke fasa yang memiliki beban yang ringan per rutanya, pengukuran beban puncak lagi setelah pekerjaan pemindahan beban, setelah beban sudah dianggap mendekati seimbang barulah pekerjaan dilapangan dikatakan selesai. Dengan mendapatkan beban yang mendekati seimbang, tentunya juga diperoleh arus netral yang kecil.

Nilai arus netral setelah dilaksanakannya penyeimbangan beban adalah sebagai berikut

$$IN = \sqrt{(IR^2) + (IS^2) + (IT^2) - (IR \times IS) - (IR \times IT) - (IS \times IT)}$$

$$IN = \sqrt{(180^2) + (154^2) + (174^2) - (180 \times 154) - (180 \times 174) - (154 \times 174)}$$

$$IN = \sqrt{32400 + 23716 + 30276 - 27720 - 31320 - 26796}$$

$$IN = \sqrt{556}$$

$$IN = 23,579 \text{ A}$$

Dari pengukuran beban diatas dapat kita lihat setelah beban mendekati seimbang atau bisa dibilang seimbang arus netralnya menjadi lebih kecil, dan losses (rugi-rugi) akibat adanya arus netral menjadi lebih kecil juga.

Tabel 6. Data perbandingan Arus Netral dan Losses Sebelum dan Sesudah

Sebelum		Sesudah	
Arus Netral (A)	Losses Akibat arus netral	Arus Netral (A)	Losses Akibat arus netral
146,4 A	61,6 watt	23,578 A	9,3 watt

Sumber data: Hasil perhitungan dari data pengukuran yang telah dilakukan

Tabel 7. Data perbandingan sebelum dan sesudah beban diseimbangkan

RUTE	HASIL PENGUKURAN BEBAN (A)			
	R	S	T	N
SEBELUM DISEIMBANGKAN				
INDUK	106,3	265	236,1	162,1
1	60	205	190	112
2	23	28	23	25
3	23	32	23	25

SESUDAH DISEIMBANGKAN				
INDUK	180	154	174	63
1	143	107	133	32
2	18	22	20	15
3	19	25	21	16

Perbedaan losses antara beban sebelum diseimbangkan dan beban setelah diseimbangkan akan menjadi lebih besar lagi jika selisih arus antara beban terendah dan tertinggi lebih signifikan.

Selain itu akibat lain yang bisa ditimbulkan oleh beban tidak seimbang adalah adanya arus pada penghantar netral untuk sistem tiga fasa-empat kawat. Jika arus penghantar netral besar terlebih timbulnya mulai dari ujung jaringan sampai ke pangkal jaringan, maka arus tersebut berubah menjadi energi panas yang diserap dari trafo dan ini merupakan losses non teknis yaitu losses yang dapat dihilangkan dengan cara membuat agar penghantar mengurangi arus pada netral.

Maka dapat disimpulkan bahwa karena adanya ketidakseimbangan beban maka nilai arus netral akan meningkat dan mempunyai pengaruh yang sangat kuat dan positif karena tinggi rendahnya arus netral sangat dipengaruhi oleh ketidakseimbangan beban artinya apabila beban pada trafo seimbang maka nilai arus netral hampir bisa dikatakan tidak ada atau bernilai nol, susut menurun dan pendapatan losses atau rugi-rugi daya akan menurun sehingga dapat mengurangi kerugian perusahaan. Beberapa penyebab dari ketidakseimbangan beban ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Banyaknya pemasangan pelanggan baru oleh biro pada bagian kabel yang mudah untuk dipasang pierching connector tanpa memperhatikan fasa yang terpasang pada saat itu.
2. Banyaknya pelanggan pada suatu sambungan deret. Tidak semua pelanggan listrik memiliki rumah tinggal dekat jaringan, untuk mengatasinya maka dibuat suatu SR deret. Peraturannya suatu SR deret dibatasi maksimal 5 pelanggan tiap fasanya, namun pada pelaksanaannya banyak SR deret yang memiliki pelanggan lebih dari 5 pelanggan dalam satu fasa. Hal ini diakibatkan adanya penambahan pelanggan yang tidak selalu terjadi pada pelanggan yang dekat jaringan JTR saja, melainkan ada juga yang agak jauh dari jaringan, sehingga oleh petugas diambilkan dari jaringan SR yang terdekat. Pemasangan tersebut tidak memperhatikan SR deret yang telah tersambung pada satu fasa tersebut. Sehingga menyebabkan beban pincang pada trafo karena fasa tersebut terlalu banyak menanggung beban. Selain mengakibatkan beban pincang banyaknya pelanggan pada suatu SR deret akan mengakibatkan tegangan ujung pada SR deret tersebut drop (jauh dari tegangan normal).
3. Kurangnya pengawasan di lapangan. Dalam pelaksanaan pemasangan sambungan baru, pada umumnya pengawas lapangan langsung percaya kepada pelaksana bahwa apa yang dikerjakan sesuai dengan perintahnya. Untuk itu perlu dicek ulang dengan cara melakukan pengukuran kembali, kemudian membandingkannya dengan hasil pengukuran sebelum pelaksanaan pemasangan..

SIMPULAN

Dari pembahasan diatas maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Penyeimbangan beban trafo yang dilakukan dapat memperkecil losses yang terjadi pada JTR, hal ini ditandai dengan mengecilnya arus yang mengalir pada bagian netral.
2. Semakin besar ketidakseimbangan beban pada transformator maka arus netral dan losses di saluran netral transformator semakin besar pula.
3. Besar losses sebelum beban diseimbangkan yaitu 61,6 Watt, sedangkan setelah dilakukan penyeimbangan beban maka diperoleh losses sebesar 9,3 Watt. Hal ini terbukti bahwa penyeimbangan beban dapat mengurangi losses.

DAFTAR PUSTAKA

- Suwardana, I Wayan dkk. 2014. "*Studi Analisis Rugi-Rugi Daya pada Penghantar Netral Akibat Sistem Tidak Seimbang di Jaringan Distribusi Gardu KA 1495 Penyulang Citraland*". Jurnal logic 14(3): 157-164.
- 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*". Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Pirade, Yulius Salu. 2009. "*Studi Beban Tidak Seimbang Terhadap Arus Netral Pada Transformator Distribusi*". MEKTEK.XI (3) :181-183.
- Simamora, Yoakim, 2014. "*Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Idenstifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro*". Universitas Sumatera Utara.
- Setiadji, Julius. 2006. "*Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi*". Surabaya.