

# Analisis Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netreal pada Transformator di Kampus II Universitas Pamulang

Angelius Nadeak<sup>1\*</sup>, Juhana<sup>2</sup>, Edy Sumarno<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang  
Jl Raya Puspitak No.46, Buaran, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia  
email : [angelius313@gmail.com](mailto:angelius313@gmail.com)<sup>1</sup>, [Juhana12345@gmail.com](mailto:Juhana12345@gmail.com)

**Abstract** -- This research aims to determine the value of load imbalance and losses in transformers at Universitas Pamulang. Load imbalance can cause losses and reduce transformer efficiency, which ultimately impacts the electrical power distribution system. The research was conducted by collecting data, and then the obtained data was processed. The test results showed that load imbalance was greater at night and the largest losses occurred at night, indicating uneven load distribution among the phases in the transformer at Universitas Pamulang. The results of this study are expected to contribute significantly to efforts to improve the efficiency and maintenance of transformers, especially within the environment of Universitas Pamulang.

**Abstrak** -- Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai ketidakseimbangan beban dan *losses* pada transformator di Universitas Pamulang. Ketidak Seimbangan beban dapat menyebabkan *losses* serta menurunkan efisiensi transformator, yang pada akhirnya berdampak pada sistem distribusi tenaga listrik. Penelitian dilakukan dengan cara pengambilan data dan kemudian data yang diperoleh akan diolah datanya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa didapatkan ketidak seimbangan beban lebih besar pada malam hari dan *losses* terbesar pada malam hari yang menunjukkan adanya beban yang tidak merata antar fasa pada transformator di Universitas Pamulang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi signifikan terhadap upaya peningkatan efisiensi dan perawatan transformator khususnya di lingkungan Universitas Pamulang.

**Kata Kunci** -- Transformer; Neutral Current; imbalance; Losses

\*) penulis korespondensi: Angelius Nadeak Email:  
[angelius313@gmail.com](mailto:angelius313@gmail.com)

## I. PENDAHULUAN

Saat ini, listrik menjadi kebutuhan utama, baik dalam kehidupan sehari-hari maupun untuk keperluan industri. Hal ini karena listrik mudah untuk diangkut dan diubah menjadi berbagai bentuk energi lainnya. Penyediaan listrik yang stabil dan terus-menerus adalah syarat mutlak untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dalam proses pemenuhan kebutuhan listrik, terjadi pembagian beban yang awalnya seimbang, namun karena waktu penyalan beban yang tidak serempak, muncul ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan ini berdampak pada penyediaan listrik dan terjadi pada setiap fasa (R, S, dan T), sehingga menyebabkan arus mengalir pada netral trafo (Yasa et al., 2024).

Sebagai penyedia utama listrik, PLN dituntut untuk mampu memenuhi kebutuhan masyarakat dengan standar kualitas yang tinggi. Untuk mencapai kinerja yang efisien dan efektif, dibutuhkan tingkat produktivitas yang optimal (Wahyudi et al., 2025). Salah satu langkah penting adalah melakukan analisis untuk mengidentifikasi dan menghitung rugi daya (*losses*), baik

dari aspek teknis maupun non-teknis. Analisis ini dilakukan melalui pengukuran beban transformator pada panel hubung bagi-trafo (PHB-TR) (Purnomo et al., 2025). Data hasil pengukuran tersebut digunakan untuk mengevaluasi besarnya kerugian daya yang ditimbulkan oleh ketidakseimbangan beban, serta faktor-faktor lain yang turut memengaruhinya. Tujuan akhirnya adalah agar perusahaan dapat melakukan tindakan korektif guna meminimalisasi kerugian daya yang terjadi

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Transformator

Transformator merupakan perangkat utama dalam sistem jaringan tenaga listrik yang berfungsi untuk mengkonversi tingkat tegangan maupun arus listrik dari satu nilai ke nilai lainnya guna menyesuaikan kebutuhan beban (Melkias et al., 2025). Prinsip operasional transformator ini mengacu pada hukum induksi elektromagnetik sebagaimana dijelaskan oleh Hukum Faraday. Berdasarkan fungsinya, transformator diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis yang memiliki karakteristik spesifik sesuai dengan aplikasi masing-masing.

### B. Hukum Faraday

Transformator bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, yang mengacu pada hukum Ampere dan hukum induksi Faraday. Dalam prinsip ini, perubahan arus listrik atau medan listrik dapat menghasilkan medan magnet, dan sebaliknya, perubahan medan magnet atau fluks magnetik dapat menimbulkan tegangan induksi (Zega & Zalukhu, 2025). Arus bolak-balik (AC) yang mengalir melalui kumparan primer akan menghasilkan fluks magnetik yang mengalir melalui inti besi di antara kedua kumparan. Fluks magnetik ini kemudian menginduksi kumparan sekunder, sehingga muncul perbedaan potensial atau tegangan induksi pada ujung kumparan sekunder (Permata & Lestari, 2020).

Ketidakseimbangan dalam sistem tenaga listrik terjadi apabila syarat keseimbangan tidak terpenuhi, baik pada satu maupun lebih dari satu elemen sistem. Pada sistem tiga fasa yang seimbang, ketiga vektor arus dan tegangan memiliki amplitudo yang sama dan membentuk sudut fase sebesar  $120^\circ$  satu sama lain (Latupeirissa, 2017).

Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu :

1. Ketiga vektor memiliki besar yang serupa, namun sudut antara vektor-vektor tersebut tidak mencapai  $120^\circ$  satu dengan yang lainnya.
2. Walaupun ketiga vektor memiliki besar yang berbeda, sudut antara masing-masing vektor tetap konsisten pada  $120^\circ$ .

Ketiga vektor ini tidak hanya berbeda dalam besar, tetapi juga memiliki sudut antar vektor yang tidak membentuk  $120^\circ$  (Jatmiko, 2024).

### a. Arus Netral

Arus netral dalam sistem distribusi tiga fasa empat kawat

merupakan arus yang mengalir melalui konduktor netral sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antar fasa serta keberadaan komponen harmonisa yang dihasilkan oleh pemakaian beban nonlinier (Tonda et al., 2020).

Arus yang mengalir pada konduktor netral timbul akibat ketidakseimbangan beban antar ketiga fasa dalam sistem tenaga listrik. Arus netral ini menghasilkan rugi-rugi daya sepanjang penghantar netral (Hermawan et al., 2024). Besarnya rugi daya akibat arus netral dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_N = I_N \times R_n$$

Keterangan:

$P_N$  : Daya rugi akibat aliran arus netral (W)

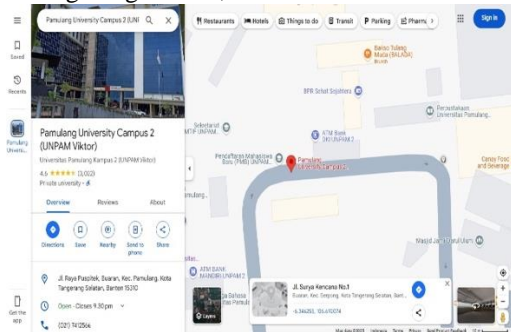
$I_N$  : Besar arus netral yang mengalir (A)

$R_N$  : Nilai resistansi atau tahanan dari penghantar netral ( $\Omega$ )

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Obyek Penelitian

Obyek yang akan diteliti adalah transformator distribusi 1250kVA di gedung viktor Universitas Pamulang. Kampus ini beralamat di jl.raya puspitek No.46, buaran, serpong , kota tangerang selatan, banten 15310:



Gbr. 1 Lokasi Penelitian

#### B. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan melalui pengukuran langsung pada panel distribusi yang terletak di Gedung Viktor, Universitas Pamulang, dengan memanfaatkan alat ukur berupa tang amper. Parameter yang diukur meliputi arus dan tegangan pada sisi transformator. Proses pengukuran dilaksanakan selama satu minggu, dengan frekuensi pengambilan data sebanyak dua kali setiap hari.

#### C. Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan mencakup hasil pengukuran arus pada masing-masing fasa (R, S, dan T) serta konduktor netral. Untuk menentukan arus beban penuh, pengambilan data dilakukan secara berkala pada tiga waktu berbeda, yaitu pagi, siang, dan sore hari. Seluruh data hasil pengukuran kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak Excel dan diolah menggunakan rumus yang relevan untuk memperoleh nilai arus beban. Selanjutnya, dilakukan perhitungan persentase ketidakseimbangan arus antar fasa pada panel distribusi, diikuti dengan analisis rugi-rugi daya akibat arus netral.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Spesifikasi Transformator

Tabel 1. Data Spesifikasi Transformator

No	Data Trafo	Nilai	Satuan
1	Daya	1250	kVA
2	Fasa	3	-
3	Tegangan Primer L-L	20	kV
4	Tegangan Sekunder	400	V
5	Impedansi	5,5	%
6	Frekuensi	50	Hz
7	Vektor Grup	Dyn5	

Tabel 2. Hasil Pengukuran Siang Hari

No	Phasa	Vp-n (Volt)	I (Ampere)	R (Ohm)
1	R	396	931	
2	S	395	920	
3	T	393	803	
4	IN		124	
5	RG			0,64

Tabel 3. Hasil Pengukuran Malam Hari

No	Phasa	Vp-n (Volt)	I (Ampere)	R (Ohm)
1	R	393	630	
2	S	395	621	
3	T	396	457	
4	IN		165	
5	RG			0.46

#### Perhitungan

Perhitungan Arus beban Penuh Transformator

$$S = 1250 \text{ kVA}$$

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

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

$$= \frac{1250000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1804,219$$

#### Perhitungan Arus Rata-rata Transformator

b. Pada siang hari

$$I_R = 931 \text{ A}$$

$$I_S = 920 \text{ A}$$

$$I_T = 803 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$= \frac{931 + 920 + 803}{3} = 884.66 \text{ A}$$

c. Pada malam hari

$$I_R = 630 \text{ A}$$

$$I_S = 621 \text{ A}$$

#### Perhitungan ketidakseimbangan transformator

a. Pada siang hari

Koefisien a,b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besar arus fhasa dalam keadaan seimbang sama degan

besarnya arus rata-rata ( $I_{rata-rata}$ ).

$$I_R = a. I_{rata-rata}, \text{ maka } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{931}{884,66} = 1,05 \text{ A}$$

$$I_S = b. I_{rata-rata}, \text{ maka } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{920}{884,66} = 1,03 \text{ A}$$

$$I_T = c. I_{rata-rata}, \text{ maka } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{803}{884,66} = 0,907 \text{ A}$$

Ketika sistem berada dalam kondisi seimbang, koefisien a, b, dan c memiliki nilai sebesar 1. Dengan demikian, persentase rata-rata ketidakseimbangan beban dapat ditentukan melalui perhitungan berikut:

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

$$\frac{(|1,05-1|+|1,03-1|+|0,907-1|)}{3} \times 100\% = 5,53\%$$

b. Pada malam hari

Koefisien a,b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besar arus fasa dalam keadaan seimbang sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{rata-rata}$ ).

$$I_R = a. I_{rata-rata}, \text{ maka } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{630}{569,33} = 1,10 \text{ A}$$

$$I_S = b. I_{rata-rata}, \text{ maka } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{621}{596,33} = 1,09 \text{ A}$$

$$I_T = c. I_{rata-rata}, \text{ maka } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{457}{596,33} = 0,80 \text{ A}$$

Ketika sistem berada dalam kondisi seimbang, koefisien a, b, dan c memiliki nilai sebesar 1. Dengan demikian, persentase rata-rata ketidakseimbangan beban dapat ditentukan melalui perhitungan berikut:

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

$$\frac{(|1,10-1|+|1,09-1|+|0,80-1|)}{3} \times 100\% = 13\%$$

Menghitung losses akibat adanya arus pada penghantar netral

a. Pada siang hari

$$I_N = 124 \text{ A}$$

$$R_N = 0,64 \Omega$$

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

$$= 124^2 \times 0,64 = 9840,64 \text{ watt}$$

$$= 9,84 \text{ kW}$$

Dimana daya aktif transformator

$$P =$$

S.  $\cos \emptyset$  dimana  $\cos \emptyset$  yang digunakan adalah 0,99

$$P = 1250 \cdot 0,99 = 1237,5 \text{ kW}$$

Sehingga persentase losses akibat adanya arus netral adalah :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{9,84}{1237,5} \times 100\% = 0,79\%$$

b. Pada malam hari

$$I_N = 165 \text{ A}$$

$$R_N = 0,46 \Omega$$

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

$$= 165^2 \times 0,46 = 12523,5 \text{ watt}$$

$$= 12,52 \text{ kW}$$

Dimana daya aktif transformator

$$P =$$

S.  $\cos \emptyset$  dimana  $\cos \emptyset$  yang digunakan adalah 0,99

$$P = 1250 \cdot 0,99 = 1237,5 \text{ kW}$$

Sehingga persentase losses akibat adanya arus netral adalah :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{12,52}{1237,5} \times 100\% = 1,01\%$$

## V. KESIMPULAN

### Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan penggunaan beban transformator didapatkan beban pada siang hari yaitu 49.03% , maupun penggunaan beban pada malam hari yakni 31.55 % . Hal tersebut karena penggunaan beban di siang hari lebih banyak dibandingkan malam hari.
2. Analisis kerugian daya akibat arus netral menunjukkan bahwasanya pada siang hari terjadi kerugian sebesar 9.84kW kW, sedangkan pada malam hari mencapai 12.52kW. Adapun hal tersebut terjadi dikarenakan adanya arus netral tertinggi terjadi di malam hari.
3. Berdasarkan data yang tertera pada tabel 4.12 , ketidakseimbangan beban pada transformator lebih tidak seimbang pada malam hari, dengan persentase sebesar ( 13.00%) sementara pada siang hari hanya ( 5,53%). Adapun kemungkinannya terjadi karena distribusi pemakaian listrik yang tidak merata sepanjang hari.

### Saran

1. Perlu adanya pengecekan dan perawatan rutin untuk mencegah terjadinya ketidakseimbangan beban pada transformator
2. Disarankan agar transformator dioperasikan dengan beban yang sesuai standar dan menghindari penggunaan beban tinggi dalam waktu yang lama, untuk memastikan transformator tetap dalam kondisi baik.
3. Perlu adanya pengecekan rutin pada beban transformator agar dapat mengidentifikasi hal-hal yang tidak diinginkan seperti *overload* dan lain-lain pada transformator

## DAFTAR PUSTAKA

- Hermawan, A., Koimam, A., Ananto, R. A., & Hermawan, S. L. (2024). Evaluasi Ketidakseimbangan Beban Pada Penyulang Unicor. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 11(2), 104–109.
- Jatmiko, H. B. (2024). Evaluasi Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Pada Transformator Di Gardu Induk 150 Kv Secang. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 226–233.
- Latupeirissa, H. L. (2017). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Daya Pada Trafo Distribusi. *Jurnal Simetrik*, 7(2).
- Melkias, A. A., Indriyani, I., & Hidayat, T. (2025). Analisis Pengaruh Harmonisa Transformator Distribusi 2500 kVA. *Jurnal Surya Teknika*, 12(1), 367–374.
- Permata, E., & Lestari, I. (2020). Maintenance Preventive Pada Transformator Step-Down Av05 Dengan Kapasitas 150kv Di Pt. Krakatau Daya Listrik. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*, 3(1), 485–493.
- Purnomo, B., Gumilang, F., & Saleh, H. (2025). Purnomo, B Gumilang, F. Saleh, H. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1).
- Tonda, H., Parsa, I. M., & Tamal, C. P. (2020). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Trafo Pada Gardu Distribusi Di Pt. Pln (Persero) Ulp Larantuka. *Jurnal Teknologi*, 19(1), 15–23.

- Wahyudi, W., Budiman, B., & Ridal, Y. (2025). Analisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada trafo 200 kVA. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 6(1), 67–77.
- Yasa, I. W. S., Wirajaya, A., & Adrama, I. N. (2024). Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) Ulp Bangli. *Journal Of Electrical And System Control Engineering*, 8(1), 141–154.
- Zega, I. F. J., & Zalukhu, T. A. (2025). Analisis Literatur Tentang Penerapan Hukum Faraday Pada Transformator Listrik. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 2(3), 20–28.