

## ANALISIS LOSSES KAPASITAS KETIDAKSEIMBANGAN DAYA BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP

<sup>1</sup>Bayu Purnomo, <sup>2</sup>Fajar Gumilang, <sup>3</sup>Haerul Saleh

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Tangerang, Indonesia

e-mail: haerulsaleh2000@gmail.com

### Abstract

When loading a transformer, it can be expected that the value of the loading will not exceed the set standard, namely 80%. When loading a transformer, it can also be expected that the loading values for each phase (R, S, and T) are balanced. However, if there is a load imbalance, it cannot exceed 25%. This results in the impact of the load imbalance resulting in a neutral conductor current and this neutral current will occur losses. The next stage is collecting data from the field related to the discussion that will be discussed. This data was obtained from one of the distribution transformers with a capacity of 2500 KVA belonging to PT. Shoe Manufacturing, the next stage is to calculate and simulate losses and load imbalance with neutral current using ETAP 12.6 software on the transformer. In the calculations and simulations it will later be used as a basic benchmark regarding load analysis on the transformer. Based on the calculations that have been carried out, a percentage of 4% can be obtained and the lowest is at night, namely 2%. So that the load on the transformer can be balanced, load balancing can be done on each phase of the transformer. The peak load on the transformer occurs in the afternoon where the percentage is 30.9%. And the lowest occurred at night at 22.15%. However, power losses are greater in the afternoon compared to the evening, namely 85.35KW

**Keywords:** Load imbalance, Software ETAP 12.6, Peak Load, Power Loss, Losses.

### 1. Pendahuluan

Saat ini kebutuhan listrik adalah kebutuhan utama bagi semua lapisan masyarakat, seperti publik, bisnis, industri, maupun sosial. Hampir semua sektor masyarakat memerlukan sebuah energi listrik untuk kebutuhan kegiatannya masing-masing. Hal ini seperti di negara kita sedang melakukan sebuah pembangunan disegala bidang. Seiring berjalannya waktu banyak sekali pembangunan-pembangunan yang sedang di kerjakan oleh pemerintah dengan adanya pembangunan ini di tuntut adanya sarana dan prasarana yang mendukungnya seperti tersedianya tenaga listrik.

Dalam hal ini tenaga listrik yang menjadi kebutuhan bagi semua lapisan masyarakat pasti akan adanya ketidakseimbangan beban yang merupakan permasalahan yang selalu terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik. Hal ini juga menyebabkan terjadinya rugi daya pada jaringan distribusi yang membatasi kemampuan

muatan trafo distribusi jauh di bawah nominal nilai nominal.

Distribusi (jaringan distribusi) dan juga penjualan tenaga listrik ( pelanggan). PLN sebagai pemasok listrik bagi masyarakat mampu melayani kebutuhan listrik masyarakat dengan tingkat kualitas yang bagus dan baik. Salah satu cara mendapatkan hasil kerja yang efisien dan efektif diperlukan adanya produktifitas yang tinggi. Hal ini dapat mengetahui susut atau losses maka dilakukan sebuah analisa untuk menghitung susut dari segi teknis maupun non teknis yaitu mengukur beban dari transformator dari PHB-TR. Dari pengukuran itu akan di jadikan sebagai bahan untuk menganalisa berapa kerugian (*losses*) yang diakibatkan adanya ketidakseimbangan beban ataupun beberapa parameter yang dapat mempengaruhi rugi daya tersebut, hal ini agar adanya upaya dari pihak perusahaan bisa meminimalisir kerugian yang terjadi nanti.

ANALISIS LOSSES KAPASITAS KETIDAKSEIMBANGAN DAYA BEBAN PADA TRANSFORMATOR  
DISTRIBUSI MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP

<sup>1</sup>Bayu Purnomo, <sup>2</sup>Fajar Gumilang, <sup>3</sup>Haerul Saleh,

**2. Metode Penelitian**

**2.1 Design Penelitian**

Metode yang dapat di gunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian kuantitatif. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan hasil dalam perhitungan pada daya beban ketidakseimbangan pada *transformator* dengan menggunakan metode ETAP. Dan mencari faktor penyebab terjadinya keteseimbangan terhadap daya beban pada trafo.

Dalam penelitian ini menggunakan Simulasi *ETAP*, simulasi etap merupakan sebuah *Software* yang mensuport *software* yang mendukung sistem tenaga listrik. *software* ini dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram yang *one line* diagram dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis.

**2.2 Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian merupakan sarana yang harus dibuat untuk menampung dan mengolah data yang akan dijadikan sebuah skripsi dan Berdasarkan kasus dalam penelitian ini terdapat metode wawancara yang dimaksudkan untuk mengetahui permasalahan dalam kasus yang akan di teliti kemudian dapat menggali informasi secara lengkap tanpa harus membuat data palsu dan mengetahui cara mengatasi permasalahan dalam perhitungan ketidakseimbangan pada trafo dari data sebelumnya.

**2.3 Pengumpulan Data**

**2.2.1 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data merupakan cara yang dapat digunakan oleh penulis untuk mendapatkan data berguna untuk menunjang dalam kebutuhan penelitian yang dilakukan. Teknik pengumpulan data yang dilakukan oleh penulis dalam memperoleh data dan informasi adalah sebagai berikut:

1. Wawancara, dalam teknik wawancara ini peneliti dapat melakukan sebuah interaksi langsung terhadap pihak-pihak yang terkait berguna membangun sebuah data yang akurat.

Dalam teknik ini dilakukan kepada kepala departemen IM,, SM PT. Manufaktur Sepatu.

2. Observasi, dalam teknik *observasi* ini peneliti dapat melakukan pengumpulan data dengan cara peneliti melakukan pengamatan secara langsung di tempat penelitian dengan memperhatikan trafo yang memiliki daya beban yang ketidakseimbangan.
  3. Studi Pustaka, dalam hal ini pengumpulan data dengan mempelajari berbagai dokumen, literatur dan juga buku-buku yang berhubungan dengan objek penelitian. Dan mempermudah mendapatkan data tentang gambaran umum perusahaan, sejarah perusahaan, struktur organisasi dan visi misi
- ntisari dari penelitian menjadi kesimpulan.

**Hasil Dan Pembahasan**

**3.1 Deskripsi Data**

Pada penelitian ini akan menganalisa perhitungan dengan menggunakan penghantar kabel NYY (1 × 400 mm<sup>2</sup>) dan memiliki tahanan penghantar sebesar 0,061 Ω/km, untuk panjang penghantarnya adalah 400m.

**Tabel 1** Data Transformator

Data Transformator Distribusi	
Kapasitas	2500 KVA
Jumlah Fasa	3
Jenis Minyak	ONAN
Merek Transformator	Trafoindo
Impedansi	7%
Frekuensi	50Hz
Voltage	20KV/400V
Cos φ	0.85
Hubungan	Dyn5
Kabel Masuk	N2XY 3(1 × 70 mm <sup>2</sup> )
Kabel Keluar	NYN (1 × 400 mm <sup>2</sup> )

Berikut ini adalah **Tabel 4.2** yang

*Technical Study of Arresters in the 20 KV Distribution Network at PT. PLN RAYON TANDES*

<sup>1</sup>Yusuf Alamsyah Putra, <sup>2</sup>Aris Heri Setiawan, <sup>3</sup>Izzah Aula Wardah

merupakan data dari pengukuran transformator pada pagi hari, sore hari dan malam hari. Sebagai berikut:

**Tabel 2** Data Pengukuran Transformator

Pengukuran Pagi Hari jam 8:30				
Urutan Fasa	Arus Terukur (A)	Tegangan Terukur (V)	Kapasitas Trafo (KVA)	Jarak Distribusi (M)
R	814,5	400	2500 KVA	400
S	814,2	397		
T	883,5	395		
N	68,74	-		
Pengukuran Sore hari jam 15:00				
Urutan Fasa	Arus Terukur (A)	Tegangan Terukur (V)	Kapasitas Trafo (KVA)	Jarak Distribusi (M)
R	1069	376	2500 KVA	400
S	1054	372		
T	1139	369		
N	76,50	-		
Pengukuran Malam hari jam 23:00				
Urutan Fasa	Arus Terukur (A)	Tegangan Terukur (V)	Kapasitas Trafo (KVA)	Jarak Distribusi (M)
R	7940,4	402	2500 KVA	400
S	785,4	401		
T	825,3	400		
N	39,99	-		

**3.2 Analisis beban puncak**

Dalam Analisis beban ini perlu diketahui terlebih dahulu arus beban penuh dengan menggunakan persamaan (2) yaitu:

$$S = 2500 \text{ KVA} = 2.500.000 \text{ VA}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

Maka:

$$IFL = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$IFL = \frac{2.500.000}{\sqrt{3} \times 400} = 3612,71 \text{ A}$$

Dari perhitungan terlihat bahwa arus beban penuh sebesar 3612,71 A

I rata-rata Pagi	=	$\frac{IT + IS + IR}{3}$	=	$\frac{883,5 + 814,2 + 814,5}{3}$	=	837,4 A
I rata-rata Sore	=	$\frac{IT + IS + IR}{3}$	=	$\frac{1139 + 1034 + 1069}{3}$	=	1087,3 A
I rata-rata Malam	=	$\frac{IT + IS + IR}{3}$	=	$\frac{325,3 + 785,2 + 790,4}{3}$	=	800,3 A

Jadi Persentase Pembebanan yaitu:

$$\frac{1 \text{ Rata-rata Sore}}{IFL} \times 100\%$$

$$\frac{1087,3}{3612,71} \times 100\% = 30,09\%$$

Beban pada Sore hari

Berdasarkan perhitungan di atas maka persentase pembebanan tertinggi atau beban puncak dari ketiga beban di atas terjadi pada sore hari yaitu sebesar 30,09%.

**3.3 Analisis Ketidak seimbangan Beban**

Dari data diatas dapat diketahui bahwa beban dalam keadaan yang tidak seimbang. Besar ketidakseimbangan beban yang terjadi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan koefisien a,b,c dengan mengingat bahwa arus pada rata-rata (I rata-rata) akan sama besar dengan arus fasa dalam keadaan seimbang (I). Berikut ini cara perhitungannya:

$IR = a \times I$	Jadi	$a = IR / I \text{ rata-rata}$
$IR = b \times I$	Jadi	$b = IR / I \text{ rata-rata}$
$IR = c \times I$	Jadi	$c = IR / I \text{ rata-rata}$
<b>3.1 Ketidakseimbangan beban pada Sore hari</b>		
$A = \frac{IT}{I \text{ rata-rata}}$	=	$\frac{1139}{1067,3} = 1,04$
$B = \frac{IS}{I \text{ rata-rata}}$	=	$\frac{1054}{1067,3} = 0,96$
$C = \frac{IR}{I \text{ rata-rata}}$	=	$\frac{1069}{1067,3} = 0,96$

Rata-rata ketidakseimbangan beban pada Sore hari :

$$= \frac{A + B + C}{3} = \frac{1,04 + 0,96 + 0,96}{3} = 0,96$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka persentase dari rata-rata ketidakseimbangan beban pada transformator dapat dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut:

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

$$= \frac{\{|1,04-1| + |0,96-1| + |0,96-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= 4\%$$

Dari hasil perhitungan ketidakseimbangan beban diatas terlihat bahwa persentase ketidakseimbangan lebih besar terjadi pada sore hari

dibandingkan dengan pagi dan malam hari yaitu sebesar 4%.

1. Arus Netral

Ketidakseimbangan beban pada transformator dapat menyebabkan munculnya arus netral. Nilai arus netral dapat bernilai nol jika beban setiap fasa *transformator* seimbang, dan apabila beban *transformator* tidakseimbangan maka nilai arus netralnya dapat dicapai dengan perhitungan sebagai berikut:

1.1 Arus Netral pada Sore hari

$$IR = (Cos\theta + j \sin\theta)$$

$$IR = 1069 (1 + j 0)$$

$$IR = (1069 + j0) A$$

$$IR = \sqrt{1069^2 + 0^2}$$

$$IR = 1069$$

Agar dapat menentukan arah sudut pada fasa R dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{0}{1069} = 0^\circ$$

$$IS = IS (\cos 120^\circ + j \sin 120^\circ)$$

$$IS = 1054 (-0,5 + j 0,866)$$

$$IS = (-527 + j 912,764) A$$

$$IS = \sqrt{-527^2 + 912,764^2}$$

$$IS = 60,42$$

Agar dapat menentukan arah sudut pada fasa S dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\hat{\theta} = \tan^{-1} \frac{-912,764}{-527} = -60^\circ$$

$$IT = IT (\cos 240^\circ + j \sin 240^\circ)$$

$$IT = 1139 (-0,5 + j 0,866)$$

$$IT = (-569,5 + j 976,374)$$

$$IT = \sqrt{-569,5^2 + 976,374^2}$$

$$IT = 1138,97$$

Agar dapat menentukan arah sudut pada fasa T dapat digunakan persamaan

sebagai berikut.

Waktu	Pembebanan Transformator	Ketidakseimbangan beban (%)	Rugi Daya (Kw)				
			IR	IS	IT	IN	Total
Pagi	23,17%	3,6%	15,92	15,91	18,71	0,113	50,65
Sore	30,9%	4%	27,42	26,66	31,13	0,140	85,35
Malam	22,15%	2%	15,29	14,79	16,34	0,034	46,45

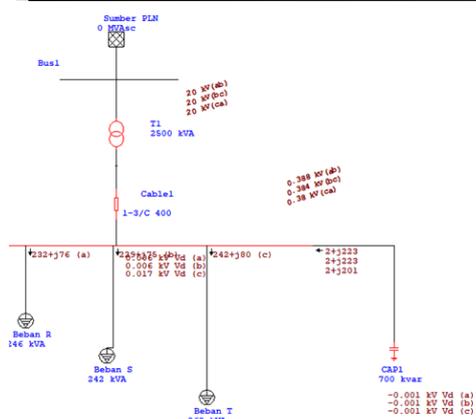
(Sumber: Data Pengolahan Sendiri, 2024)

Dari Tabel diatas dapat diketahui presentase pembebanan *transformator* rugi daya lebih besar terjadi pada sore hari yaitu sebesar 85,35 kW, penyebabnya yaitu karena pemakaian beban lebih banyak terjadi pada sore hari sehingga menimbulkan arus mengalir di penghantar netral lebih besar. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin besar arus yang mengalir pada penghantar netral *transformator* maka akan menimbulkan semakin besar pula rugi daya dan semakin besar pula presentasi rugi daya tersebut.

2. Simulasi Ketidakseimbangan Beban

Menggunakan *Software* ETAP 12.6

Simulasi ketidakseimbangan beban *transformator* pada *software* ETAP 12.6 tujuannya yaitu agar membandingkan data yang diambil dari lapangan atau data hasil perhitungan menggunakan sebuah rumus dengan hasil simulasi menggunakan ETAP 12.6 simulasi yang akan di gunakan pada ETAP 12.6 merupakan simulasi *unbalanced Load Flow Analysis* Simulasi pada saat sore hari.



**Gambar 1** Hasil Run Rangkaian Single Line Diagram Sore Hari Menggunakan ETAP  
Sumber : Penulis,2024

**Tabel 4** Perbandingan Hasil Simulasi menggunakan ETAP 12.6 Dengan perhitungan Manual.

Waktu	Daya Trafo (kva)	Beban (A)			Susut (kw)			
		R	S	T	N		Simulasi	Perhitungan
					Simulasi	Perhitungan		
Pagi	2500	814,5	814,2	883,5	78,7	68,74	81,2	65,36
Sore	2500	1069	1054	1139	165,4	76,5	118,7	85,36
Mal am	2500	798,4	785,2	825,3	40,6	39,99	65,3	46,4

(Sumber: Data Pengolahan Sendiri, 2024)

Dari Tabel perbandingan hasil simulasi menggunakan ETAP 12.6 dengan perhitungan manual atau pengukuran lapangan di dapatkan hasil kesimpulan bahwa hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi memiliki perbedaan, karena pada simulasi menganggap bahwa semua kondisi ideal, contoh sambungan pada kabel, nilai pertahanan *grounding transformer*, *grounding* pada netral semua dianggap ideal namun jika lapangan belum pasti semua akan kondisi ideal sehingga arus netral lapangan dengan hasil simulasi memiliki perbedaan namun dari hasil simulasi dan pengukuran lapangan sudah mendekati dalam artian ketika beban memiliki ketidakseimbangan maka persentase akan kecil dan arus netral.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

*Transformator* distribusi 2500 KVA di PT.Manufaktur Sepatu dalam keadaan tidakseimbang karena arus yang mengalir pada masing-masing fasa berbeda. Dari ketiga sampel penelitian yaitu pagi, sore, dan malam ketidakseimbangan beban lebih besar terjadi pada sore hari, dimana persentase yaitu sebesar 4% dan terendah terjadi pada malam hari sebesar 2%.

Agar beban pada *transformator* dapat seimbang maka dapat dilakukan dengan penyeimbangan beban pada setiap fasa trafo. Beban puncak pada *transformator* terjadi pada sore hari dimana persentasenya yaitu 30,9%. Dan terendah terjadi di malam hari sebesar 22,15%. Namun rugi daya lebih besar terjadi di sore hari dibandingkan dengan malam hari yaitu sebesar 85,35KW.

Dari hasil simulasi ETAP 12.6 dapat kita mengetahui hasilnya dari simulasi yang cukup akurat mendekati nilai dari perhitungan secara manual. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan manual dapat diterapkan namun membutuhkan waktu yang lama dalam pengerjaannya. Sebab dari besar nilai ketidakseimbangan beban pada *transformator* akan mengakibatkan timbulnya arus dari penghantar netral *transformator*. Arus tersebut akan mengalir pada penghantar netral *transformator* tersebut dapat menimbulkan *Losses* dan dapat juga menimbulkan panas pada *transformator*. Sehingga akan memicu kerusakan pada *transformator*.

### Saran

Setelah melakukan penelitian dan pengolahan data terhadap ketidakseimbangan beban pada transformator, maka penulis mempunyai saran terhadap perusahaan yaitu:

1. Untuk memperkecil terjadinya

ketidakseimbangan beban pada setiap fasa harus menghitung setiap fasa pada *Line* dan mengukur puncak beban pada setiap mesin dan membagi setiap beban secara merata.

2. Saran bagi penulis dalam penelitian selanjutnya yaitu agar dapat dilakukan penelitian yang sejenis menggunakan simulasi *software* ETAP 12.6 untuk mengetahui ketidakseimbangan pada beban *transformator* dan memonitoring setiap terjadi ketidakseimbangan pada fasa-fasa yang memungkinkan terjadinya beban berlebih, hal ini agar mendapatkan sebuah wawasan ilmu pengetahuan dan pengalaman dalam hal pemecahan masalah yang terjadi pada perusahaan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dennis Satria Wahyu Jayabadi\*), B. W. and M. F. (n.d.). Analisis Ketidakseimbangan Beban Trafo 1 Gi Sronдол Terhadap Rugi-Rugi Akibat Arus Netral Dan Suhu Trafo Menggunakan Etap 12.6.0.
- Gamma Ayu Kartika Sari. (n.d.). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi Studi Kasus Pada Pt. Pln (Persero) Rayon Blora.
- Jamil, R., Dame, R., Wibowo, H., Syahrudin, M., Listrik, T., Elektro, T., & Medan, P. N. (n.d.). Implementasi Penggunaan *Software* Etap 12.6 Untuk Analisis Pembebanan Pada *Transformator* Distribusi 2000 Kva.
- Latupeirissa, H. L. (n.d.). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* Daya Pada Trafo Distribusi. *JURNAL SIMETRIK*, 2017.
- Nirwana, D., Fitri Kuraisy, A., Yusan Naim, M., Jaya, A., & Studi Teknik Elektro, P. (2020). Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Penyulang Jentak Di Ulp Jeneponto PT PLN (Persero) Sulselbar. 3(1), 19–24.
- Putranto Jati. (n.d.). Analisa Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Pada Trafo 30 Mva Gardu Induk 150/20 Kv *Purwodadi*.
- Rahayu dwi Lestari. (n.d.). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban *Transformator* 3 Phase Terhadap Susut Daya pada jaringan distribusi PT. PLN (Persero) ULP Manahan. *Rahayu Dwi Lestari*, 1–24.
- Samsinar, R., & Wiyono, W. (n.d.). Studi Keandalan Rekonfigurasi Jaringan Program *Zero Down Time* (Zdt) di Kawasan Sudirman *Central Business Distric* (Scbd) Menggunakan *Software* ETAP 12.6.
- Tiko Arjanati Putra. (n.d.). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Dan Suhu Eksternal Terhadap Susut Umur *Transformator*.
- zainal syaroni. (2019). Analisis Ketidakseimbangan Beban *Transformator* Distribusi 20 Kv Dan Solusinya Pada Jaringan Tegangan Rendah. *Zainal Syaroni*, 1–8

*Technical Study of Arresters in the 20 KV Distribution Network at PT. PLN RAYON TANDES*

<sup>1</sup>Yusuf Alamsyah Putra, <sup>2</sup>Aris Heri Setiawan, <sup>3</sup>Izzah Aula Wardah