

# ANALISA PEMBEBANAN TRANSFORMATOR PADA PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

Fitra Dhoni Kusuma<sup>1</sup>, Ir. Hadi Tasmono, MT<sup>2</sup>  
Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118  
Telp. (031) 5931800, Faks. (031) 5931800  
E-mail: fitrakusuma721@gmail.com

## ABSTRAK

*Observasi terkait penelitian transformator distribusi agar beban yang terpaut memiliki ukuran yang pas atau membebani rating transformator. Kondisi yang demikian, berdampak signifikan terhadap ketepatan transformator saat mendistribusikan daya ke muatan yang tercantum. Karena saat menghitung transformator distribusi akan dimuatkan, maka akan diamati yaitu derating yang terjadi pada trafo, uraian persentase pada muatan, ketidakseimbangan muatan, losses dampak adanya arus netral pada trafo, dan efisiensi trafo tersebut. Angka akan diperoleh saat menghitung trafo terhadap derating yang dihasilkan dari trafo senilai 0.072kW, persentase pembebanan tertinggi terjadi pada hari pertama sebesar 31% dan hasil yang terendah pada hari kedua dan ketiga sebesar 26% (muatan tertinggi). Jumlah penelitian menunjukkan ketidak seimbangan maksimum senilai 10% pada hari ketiga, dan hasil terendah sebesar 3% pada hari pertama. Dari hasil rugi – rugi arus netral tertinggi sebesar 0.26% pada hari ketiga sedangkan yang terkecil 0.10% pada hari kedua. Dan yang terakhir hasil dari efisiensi transformator yang tertinggi sebesar 99.89% pada hari kedua sedangkan yang terendah sebesar 99.73% pada hari keempat. Oleh karena itu, dari perhitungan tersebut dapat dinyatakan pembebanan transformator terbilang melebihi batas dari standar pembebanan serta bisa ditambahkan muatan pada trafo yang dipakai sejumlah 611.88A*

**Kata kunci :** *derating, persentase pembebanan, rugi – rugi penghantar netral transformator, efisiensi transformator.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latarbelakang

Berdasarkan laju pertumbuhan pembangunan di Indonesia dalam segala bidang, kebutuhan listrik adalah suatu hal yang sangat diperlukan demi tercapainya tujuan pembangunan tersebut. Pada saat ini peranan listrik terhadap kelangsungan hidup manusia sangatlah penting. Oleh sebab itu dibutuhkan adanya penyediaan tenaga listrik tersebut sebagai bentuk kebutuhan utama, baik untuk kebutuhan sehari-hari ataupun bagi kebutuhan industri. Hal ini dikarenakan tenaga listrik mudah untuk dikonversikan dan ditransportasikan ke dalam bentuk energi lain. Pemasok listrik yang normal atau kemudian dijadikan sebagai syarat wajib untuk kebutuhan listrik tenaga listrik. PT. PLN (Persero) sebagai pemasok tenaga listrik (Power Station) dibutuhkan oleh masyarakat sekitar sebagai konsumen untuk menyuplai tenaga listrik yang berkualitas. Oleh karena itu, jika proses memadamkan arus listrik tak bisa diatasi, disebabkan munculnya tindakan memperbaiki jaringan yang dikarenakan ketidaksesuaian kondisi ataupun yang sudah direncanakan disertai unsur lain yang menjadi penyebab lainnya, sehingga pemadaman harus dilakukan pada tahap awal dengan ketersediaan informasi yang jelas.

Salah satu peralatan yang ada pada operasional

system muatan listrik sangat penting adalah Transformator. Trafo membentuk suatu alat listrik yang berfungsi untuk mengamankan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik yang lain. Energi listrik yang diubah dan dipindahkan yaitu tegangan dan arus bolak – balik (AC). Berbeda dengan tegangan dan arus searah tidak dikonversikan oleh transformator. Pada system distribusi, transformator adalah komponen yang fungsinya sangat vital dan tidak dapat dipisahkan. Transformator diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan fungsi operasi dan aplikasinya. Diantaranya yaitu trafo daya, trafo distribusi, trafo pengukuran, dan trafo proteksi. Namun, artikel ini hanya membahas trafo distribusi. Sistem distribusi tenaga listrik biasanya kelebihan beban dan terdapat ketidaksesuaian antara beban terpasang dengan kapasitas transformator. Hal ini berdampak signifikan kehandalan transformator saat mendistribusikan daya ke beban. Oleh karena itu, transformator harus selalu beroperasi pada beban tinggi atau rendah. Mengingat kerja keras transformator dan juga untuk menjaga daya tahan operasional perangkat ini, beban tidak melebihi kapasitasnya.

Kegiatan yang menyebabkan tingginya pendistribusikan energia listrik ke pelanggan. Sehingga diperlukan suatu pengkajian tentang arus tenaga pada Transformator. Salah satu pengkajian yang dimaksud adalah pengkajian untuk mengetahui “Analisa Pembebanan Transformator di PT. Terminal Petikemas

Surabaya". Oleh karenanya, perhitungan pembebanan pada transformator sangat penting yang dimaksud untuk merawat kondisi dan daya tahan peralatan pada suatu sistem tenaga listrik. Bahwa kontinuitas ataupun kualitas listrik yang di distribusikan tetap terjaga dengan aman.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 TRANSFORMATOR

Trafo merupakan perangkat alat listrik elektromagnetik yang dapat mengganti energi listrik dari suatu ataupun lebih rangkaian listrik ke dalam rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang setara sama dengan gandingan magnet dan menurut sistem induksi electromagnet. Energi listrik yang diubah dan dipindahkan yaitu tegangan dan arus bolak – balik (AC).

Dasar kerja trafo dilandaskan pada hukum Ampere dan Faraday, artinya gelombang listrik akan menghasilkan medan magnet begitu pula tetapi medan magnet akan menghasilkan gelombang listrik. Ketika arus bolak – balik, sebanyak garis gaya magnet berubah – ubah. Menimbulkan di sisi primer akan terjadi induksi. Sisi sekunder juga akan memperoleh garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah – ubah. Akibatnya, induksi terjadi pada sisi primer dan sekunder.

### 2.2 DERATING TRANSFORMATOR

Penurunan daya adalah cara untuk mengurangi pengaruh harmonic pada transformator distribusi, yang memiliki masa pakai yang lama dan sekaligus menjaga keandalan sitem tenaga listrik[3].

Metode perhitungan nilai THDF (Transformer Harmonic Derating Factor) digunakan untuk menghitung penurunan kapasitas daya terpasang suatu transformator. THDF adalah rumus yang untuk mencari volume baru pada trafo (kva baru). Maka awalnya THDF trafo ditimbulkan karena THD pada trafo disebabkan oleh penggunaan muatan nonlinier pada sisi muatan. Tingginya TH.D yang diperoleh sejak lalu dengan perhitungan. Angka THDF saat diterima menentukan ekspresi.

=

$$= \frac{1.414 \times (\text{Arus fasa rms})}{(\text{Arus puncak fasa sesaat})} \times 100\%$$

$$= \frac{1.414 \times \frac{1}{3} \times (I_r + I_s + I_t)_{rms}}{\frac{1}{3} \times (+ +)} \times 100\% \quad (1)$$

Di sini THDF adalah factor derating transformator karena harmonisa. Pada kondisi ideal (arus sinus murni) diketahui tidak ada masalah harmonik dalam system nilai THDF = 1, tidak mengurangi volume pada transformator.

### 2.3 PEMBEBANAN TRANSFORMATOR

Menurut PT. PLN (Persero), trafo distribusi jangan memberikan beban lebih dari 80% atau dibawah 40%. Jika melampaui dan rendah dari angka yang tertera, maka trafo dapat disebut kelebihan dan penurunan beban. Supaya trafo tidak dimuatin keluar dari jangkauan tersebut, Jika beban trafo semakin tinggi bahwa perlu diadakan penukaran trafo. Daya transformator jika diawasi dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$S = \sqrt{3} \times V \cdot I \quad (2)$$

Diketahui :

$$S = \text{Daya trafo (k.VA)}$$

$$V = \text{Tegangan primer trafo (k.v)}$$

$$I = \text{Arus (A)}$$

Maka dari itu untuk mengetahui rumus arus muatan penuh (full load) pada berikut ini :

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

Diketahui :

$$I_{FL} = \text{Arus Muatan Full}$$

$$S = \text{Daya Trafo (k.VA)}$$

$$V = \text{Tegangan sekunder trafo (k.v)}$$

Untuk mencari gelombang rata – rata trafo kita bisa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I_{\text{Rata-Rata}} = \frac{+ +}{3} \quad (4)$$

Menghitung persentase pembebanan pada transformator dapat digunakan persamaan di bawah ini

$$\% = \frac{I_{\text{rata-rata}}}{I_{\text{FL}}} \times 100\% \quad (5)$$

### 2.4 KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN

Ketidakseimbangan diakibatkan pada beban fasa yang tidak seimbang, dapat menimbulkan perbandingan per fasa dan karakter muatan dijadikan satu yang memuat setiap fasa pada waktu yang berbeda. Batas ketidakseimbangan tegangan rata – rata yaitu 2% dalam 95% jangka waktu pengukuran[11].

Ketidakseimbangan ketiga fasa tersebut menyebabkan arus mengalir ke titik netral trafo. Oleh karena itu titik awal trafo mengalir arus, sehingga losses nya mengakibatkan jaringan distribusi akan berkembang. Kerugian yang ditimbulkan beban tidak seimbang beransumsi baik bagi konsumen dan pihak PLN[1].

Dengan menggunakan faktor muatan ialah  $a=b=c=1$ , bahwa arus rata – rata ialah arus phasa ketika keadaan seimbang. Oleh karena itu berapa besar ketidakseimbangan beban digunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_R = a.I \quad \text{jadi} \quad a = I_R / I_{Rata - Rata}$$

$$I_S = b.I \quad \text{jadi} \quad b = I_S / I_{Rata - Rata}$$

$$I_T = c.I \quad \text{jadi} \quad c = I_T / I_{Rata - Rata}$$

Saat kondisi seimbang tinggi faktor a,b,c adalah 1. Maka rata – rata ketidakseimbangan muatan (%) yaitu :

$$= \frac{\{(a - 1) + (b - 1) + (c - 1)\}}{3} \times 100\% \quad (6)$$

### 2.5 RUGI – RUGI ARUS NETRAL TRANSFORMATOR

Losses disebabkan oleh gelombang arus dari per phasa pada isi sekunder trafo dngan netral trafo. Hal ini disebabkan oleh adanya ketidakseimbangan muatan antara tiap-tiap fasa tersebut. Apabila hal ini tidak segera ditangani, maka akan berakibat kerugian secara finansial maupun secara produksi listrik itu sendiri[2].

Tingginya rugi-rugi arus sebagai besarnya daya yang hilang sebagian, dikarenakan ketidakseimbangan muatan. Sehingga, persamaan untuk menemukan tingginya rugi-rugi tenaga yang hilang pada penghantar netral trafo adalah sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \times R_N \quad (7)$$

Dimana :

$P_n$  = Losses Tenaga Normal

$I_n$  = Arus Normal(A)

$R_n$  = Tahanan ( $\Omega$ )

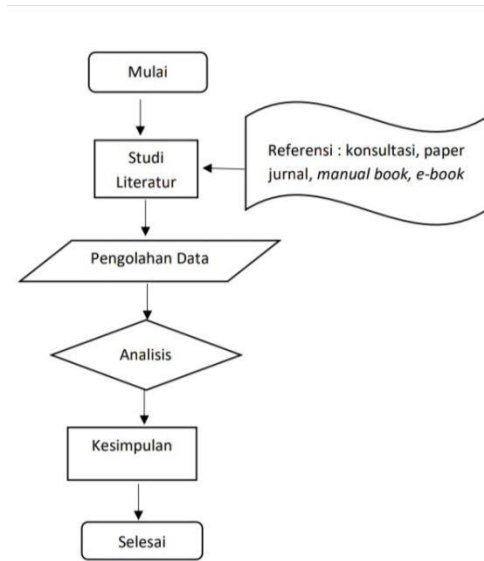
### 2.6 EFISIENSI TRANSFORMATOR

Efisien trafo ialah perbedaan celah daya keluaran dengan daya masukan. Efisien menunjukkan tingkat koefisien operasi perangkat. Menurut investigasi dapat dijelaskan lewat rumus :

$$= \frac{(\quad)}{(\quad)} \times 100\% \quad (8)$$

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Flowchart



Gambar 3 Flowchart observasi

Pada fokus observasi ini adalah trafo distribusi 3 fasa (20kV / 400V ) dengan kapasitas 800 kVA pada PT. Terminal Petikemas Surabaya.

Tabel 1.1 Name Plate Transformator

DISTRIBUTION TRANSFORMER			
3 Phase, Dyn5 (IEC-76 / SPLN-50 STANDARD)			
Number Of Phase	3	Serial Number	133308878
Rated Frequency Hz	50	Year Of Manufacture	2013
Rated Capacity kVA	800	Standard	IEC 60076
Rated Voltage (HV)	20000	Cooling	ONAN
Rated Voltage (LV)	400	Vector Grup	Dyn5
Rated Current (HV)	23.09	Temperature Oil	60 / 65
Rated Current (LV)	1154.70	Weight Of Oil	500
Circuit Impedance	4.5	Total	2320

Observasi penyatuan bukti melalui gaya pandangan langsung ke lapangan & menyalin bukti - bukti system yang berkaitan melalui observasi. Pengukuran dilakukan pada trafo distribusi 800 kVA PT. Terminal Petikemas Surabaya akan tersedia dalam waktu 8 jam selama 5 hari dari mulai hari senin – jumat pada tanggal 4 April sampai 8 April 2022. Pengukuran dilakukan selama satu jam untuk menentukan arus untuk setiap per fasa.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Derating

Menghitung nilai THDF (*Transformer Harmonic Derating Factor*) menggunakan rumus berikut ini:

$$= \frac{1,414 \left( \frac{1}{3} ( I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 ) \right)}{\frac{1}{3} ( I_1^2 + I_2^2 )}$$

100%

$$= \frac{1,414 \left( \frac{1}{3} (218 + 249 + 228) \right)^{\frac{1}{3}}}{(308,2 + 252,1 + 322,1)^{\frac{1}{3}}} 100\%$$

$$= \frac{327,48}{327,57} 100\% = 99,99\%$$

kVA Baru = THDF x KVA Awal

$$= 99,99\% \times 800 \text{ kva}$$

$$= 799,92 \text{ kva}$$

Derating Trafo (kva) = 800 – 799,92

$$= 0,08 \text{ kva}$$

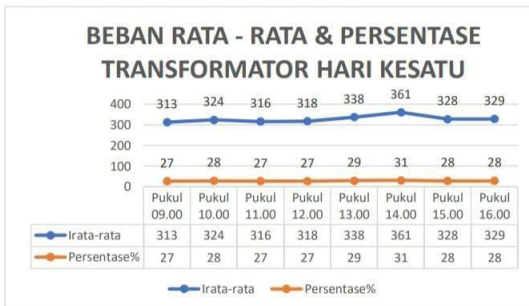
Derating Trafo (kw) = 0,08 x 0,91

$$= 0,072 \text{ kW}$$

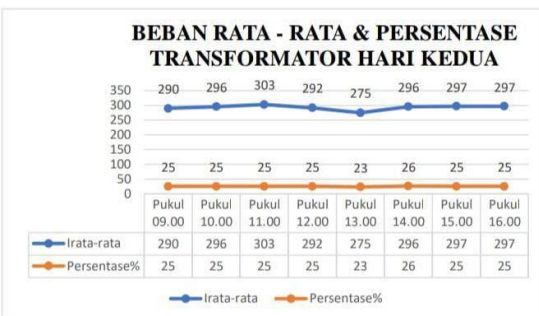
Derating Trafo (%) =  $\frac{0,08}{800} 100\%$

$$= 0,01$$

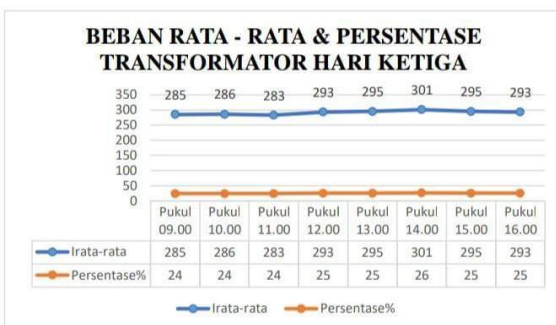
#### 4.2 Analisa Pembebanan Transformator



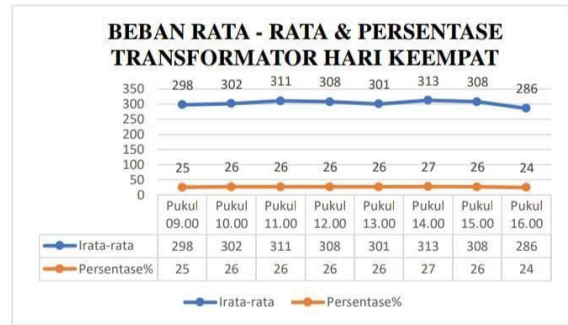
Gambar 4. 1 Grafik Beban Rata – Rata & Persentase Transformator Hari Kesatu



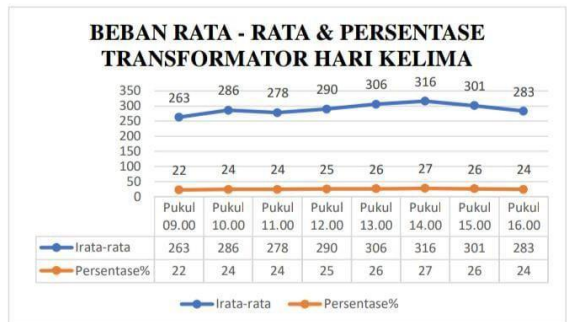
Gambar 4. 2 Grafik Beban Rata – Rata & Persentase Transformator Hari Kedua



Gambar 4. 3 Grafik Beban Rata – Rata & Persentase Transformator Hari Ketiga



Gambar 4. 4 Grafik Beban Rata – Rata & Persentase Transformator Hari Keempat

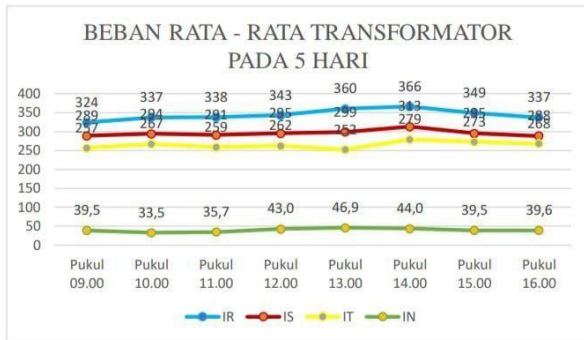


Gambar 4. 5 Grafik Beban Rata – Rata & Persentase Transformator Hari Kelima

Tabel berikut menunjukkan total keseluruhan dari perhitungan rata – rata beban terukur dalam periode 5 hari dari pagi hingga sore hari, dapat dilihat hasilnya secara keseluruhannya menurut bagan berikut ini :

Tabel 4.1 Rata – Rata Arus Per Fasa 5 Hari

Waktu	Arus Rata – Rata Per Fasa			
	IR	IS	IT	IN
09.00	324	289	257	39,5
10.00	337	294	267	33,5
11.00	337	291	259	35,7
12.00	343	295	262	43,0
13.00	360	299	252	46,9
14.00	366	313	279	44,0
15.00	349	295	273	39,5
16.00	337	288	268	39,6



Gambar 4. 6 Grafik Beban Rata – Rata & Persentase Transformator 5 hari

Hasil muatan maksimum terjadi saat pukul 14.00, dimana :

- R = 366
- S = 313
- T = 279

$$I_{rata - rata} = \frac{R + S + T}{3} = \frac{366 + 313 + 279}{3} = 319$$

Arus muatan padat dari volume trafo adalah :

$$I = \frac{799920}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{799920}{692,82} = 1154,5$$

Persentase pembebanan transformator adalah :

$$\frac{I_{rata - rata}}{I} \cdot 100\% = \frac{319}{1154,5} \cdot 100\% = 27\%$$

### 4.3 Analisa Ketidakseimbangan Transformator

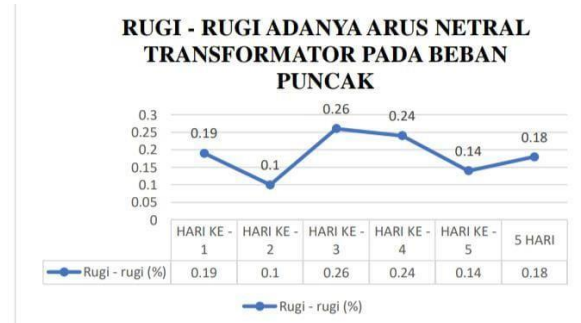


Gambar 4. 7 Grafik Ketidakseimbangan Transformator Pada Beban Puncak

### 4.4 Analisa Rugi – Rugi Arus Netral Pada Penghantar

Data yang didapat menunjukkan bahwasannya trafo ini mengalami rugi – rugi dengan jumlah 0.26% pada jam 14.00 WIB di hari ketiga. dan rugi – rugi terkecil yaitu di hari kedua jam 14.00 WIB. Sebesar

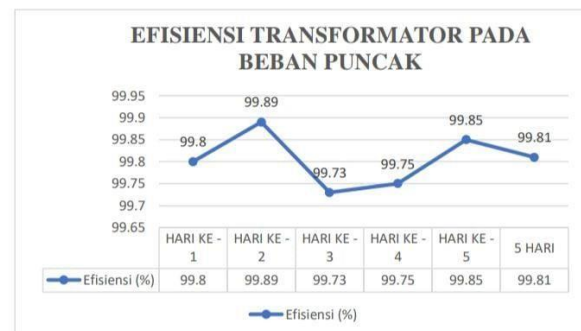
0.10%. Sehingga dapat dilihat pada grafik 4.8 menunjukkan bahwa besar kecilnya rugi – rugi yang dihasilkan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus netral. Makin tinggi muatan netral pada trafo sehingga rugi – rugi yang diperoleh akan semakin bertambah. Pada Grafik di bawah ini :



Gambar 4. 8 Grafik Rugi – Rugi Arus Netral Transformator Pada Beban Puncak

### 4.5 Analisa Efisiensi Transformator

Angka efisiensi akan baik yaitu 100% tapi karena keadaan losses yang mencetak angka efisiensi pada trafo kurang dari 100%, maka rugi – rugi tersebut mendapatkan pertukaran menjadi panas. Efisiensi terbesarnya pada hari Kedua Pukul 14.00 WIB sebesar 99.89%. sebaliknya efisiensi terkecil pada hari ketiga pukul 14.00 WIB sebesar 99.73%. jadi berkurang losses yang didapatkan pada trafo sehingga menimbulkan efisiensi dengan jumlah tinggi maka operasi trafo bisa digunakan dalam kapasitas besar. Pada grafik di bawah



Gambar 4. 9 Grafik Efisiensi Transformator Pada Beban Puncak

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengukuran yang telah dilakukan, untuk menjawab rumusan masalah terkait Pembebanan Transformator, tanggapan observasi ini sebagai berikut :

1. Derating yang dihasilkan oleh trafo sejumlah 0.08 k.VA atau 0.072 kw. Setelah dilakukan perhitungan nilai persentase pembebanan pada transformator saat beban puncak sebesar 27% atau kurang dari 40%. Maka transformator ini dapat disimpulkan masih layak untuk penambahan beban karena standart pembebanan sebesar 80% sesuai SPLN 17 : 1979.
2. Rugi-rugi akibat gelombang netral yang besar mengslir pada penghantar netral terbesar adalah 0.26%% di hari Ketiga pukul 14.00 WIB. Sebaliknya, rugi-rugi paling kecil yakni 0,10% di hari Kedua pukul 14.00 WIB.
3. Efisiensi transformator yang dilepaskan yakni bertambah kecil rugi-rugi yang ditimbulkan sehingga efisiensi yang ditimbulkan bakal menaik yang kemudian performa trafo dapat dioptimalkan.

## 5.2 SARAN

1. Buat observasi berikutnya, dapat membahas mengenai pembebanan berdasarkan system pendingin pada transformator.
2. Adapun saran untuk perusahaan agar dalam perancangan transformator lebih diperhatikan keseimbangan beban antar fasa agar arus yang mengalir pada penghantar netral kecil sehingga tidak mengakibatkan kerugian financial maupun kualitas tenaga yang dihasilkan rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Rumakat and D. Fauziah, "Analisis Beban Tidak Seimbang Terhadap Arus Netral dan Rugi-Rugi pada Penghantar Netral Transformator di Rayon Baguala Ambon," pp. 334-345, 2021.
- [2] M. D. Tobi, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong," *Electro Luceat*, vol. 4, no. 1, p. 5, 2018, doi: 10.32531/jelekn.v4i1.80.

- [3] O. G. I. A. L. Farishi, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Perhitungan Dan Analisis Derating Trafo Daya Karena Pembebanan Non - Linier Perhitungan Dan Analisis Derating Trafo Daya Karena Pembebanan Non - Linier," 2021.

