

# Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator Daya 30 MVA PLTMG Ambon Peaker 30 MW

<sup>1</sup>Jennifer Michelle Huwae, <sup>2</sup>Marceau A F Haurissa, <sup>3</sup>Hamles L. Latupeirissa

<sup>1</sup> *Teknologi Rekayasa Sistem Kelistrikan Minyak dan Gas - Politeknik Negeri Ambon*

<sup>1</sup>jennihuwae@gmail.com, <sup>2</sup> marceau@polnam.ac.id, <sup>3</sup> hamleslatupeirissa@gmail.com

## Article Info

### Article history:

Received September 8<sup>th</sup>, 2024

Revised November 16<sup>th</sup>, 2024

Accepted January 17<sup>th</sup>, 2025

### Keyword:

Power Transformer  
Load  
Losses  
Efficiency

## ABSTRACT

Power transformer is an electrical equipment that plays an important role in the distribution of electrical energy from the generator to the consumer whose efficiency must be maintained in order to operate properly. Transformer efficiency is the ratio between output power ( $P_{out}$ ) and input power ( $P_{in}$ ) and is expressed in percentage, where in operation the efficiency is also affected by power losses that arise, namely core losses and copper losses. The greater the loading, the more power losses are generated. Because the load borne by the Ambon Peaker 30 MW MHP is fluctuating and to find out its effect on efficiency, transformer block #1 is the main focus of research. In this study, the calculation analysis was carried out using quantitative methods by calculating the amount of power loss and transformer efficiency. The types of data needed to analyze this calculation are: Technical specifications of transformers and historical data of the highest loading, current, and voltage of transformers in 2023. The results showed that the operation of transformer block #1 at GI Waai in the Ambon Peaker 30 MW MHP at the highest loading of 16,61 MW resulted in an efficiency of 99,6285%. Where in this loading condition the efficiency tends to be small due to copper losses increasing significantly with increasing load current (because losses are proportional to the square of the current). While the highest transformer efficiency of 99,6506% occurred in May with a large loading of 13,05 MW. This can occur under certain loading conditions, where the losses generated by the transformer when operating are minimum or small in value. This explains the significant effect of fluctuating loading on transformer efficiency, namely the greater the loading, the smaller the efficiency.

Copyright © 2025 Jurnal FORTEch.  
All rights reserved.

### Corresponding Author:

Marceau A F Haurissa,  
Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon,  
Email: marceau@polnam.ac.id

*Abstrak*—Transformator daya merupakan suatu peralatan listrik yang berperan penting dalam penyaluran energi listrik dari pembangkit sampai ke konsumen yang efisiensinya harus tetap dijaga agar dapat beroperasi dengan baik. Efisiensi transformator merupakan perbandingan antara daya keluaran ( $P_{out}$ ) dengan daya masukan ( $P_{in}$ ) dan dinyatakan dalam persentase, dimana dalam pengoperasiannya efisiensi juga dipengaruhi oleh rugi-rugi daya yang timbul yakni rugi-rugi inti dan rugi-rugi tembaga. Semakin besar pembebanan, maka kerugian daya yang dihasilkan semakin meningkat. Oleh karena beban yang ditanggung PLTMG Ambon Peaker 30 MW bersifat fluktuatif dan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi, maka transformator blok #1 menjadi fokus utama untuk diteliti. Dalam penelitian ini dilakukan analisis perhitungan menggunakan metode kuantitatif dengan menghitung besar rugi-rugi daya dan efisiensi transformator. Jenis data yang diperlukan untuk melakukan analisis perhitungan ini yaitu: Spesifikasi Teknis

Trafo dan data historistis pembebanan tertinggi, arus, serta tegangan trafo tahun 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengoperasian transformator blok #1 pada GI Waai di PLTMG Ambon Peaker 30 MW pada pembebanan tertinggi 16,61 MW menghasilkan efisiensi sebesar 99,6285%. Dimana pada kondisi pembebanan ini efisiensi cenderung kecil diakibatkan rugi tembaga meningkat secara signifikan dengan meningkatnya arus beban (karena rugi-rugi sebanding dengan kuadrat arus). Sedangkan efisiensi tertinggi transformator 99,6506% terjadi di bulan Mei dengan besar pembebanan 13,05 MW. Hal ini dapat terjadi pada kondisi pembebanan tertentu, dimana rugi-rugi yang dihasilkan transformator saat beroperasi minimum atau nilainya kecil. Hal ini menjelaskan adanya pengaruh signifikan pembebanan yang fluktuatif terhadap efisiensi transformator, yakni semakin besar pembebanan maka efisiensi akan semakin kecil.

**Kata Kunci:** Transformator Daya, Beban, Rugi-rugi, Efisiensi

## 1. PENDAHULUAN

Energi listrik digunakan untuk mendukung berbagai aktivitas, mulai dari pencahayaan, penggunaan peralatan rumah tangga, hingga kebutuhan industri dan bisnis. Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi global. Oleh karena dalam penerapannya, beban listrik yang digunakan setiap konsumen di suatu perusahaan listrik sangat bergantung pada aktivitas sehari-hari mereka[1]. Untuk dapat memenuhi kebutuhan konsumen itulah, maka keandalan dan kualitas pembangkit listrik harus tetap dijaga[2].

Keandalan suatu pembangkit listrik diukur lewat kontinuitas pelayanan energi listrik kepada konsumen, sedangkan kualitas lebih mengarah pada stabilitas nilai tegangan dan frekuensi yang sampai kepada konsumen[3]. Kedua faktor inilah yang akan menentukan seberapa baik pelayanan tenaga listrik sehingga dapat dimanfaatkan oleh konsumen sesuai kebutuhan dengan aman dan nyaman[4][5].

Kaitannya dengan keandalan dan kualitas, keberhasilan pembangkit listrik dalam menyalurkan energi kepada konsumen juga dipengaruhi oleh kinerja komponen utama dan pendukungnya. Transformator adalah salah satu peralatan di antaranya yang harus dipertahankan efisiensinya agar dapat menyalurkan energi listrik secara berkelanjutan[6]. Efisiensi transformator merupakan perbandingan antara daya sekunder dengan daya primer yang dinyatakan dalam persen. Efisiensi tranformator tidak dapat mencapai 100% dikarenakan ada terdapat rugi-rugi. Rugi-rugi transformator terdiri dari rugi inti (*core losses*) dan rugi tembaga (*copper losses*). Rugi- rugi daya yang terjadi pada transformator inilah yang menjadi parameter penentuan kinerja transformator daya[7][8]. Jika timbul rugi- rugi pada inti besi, maka dapat menyebabkan panas dan getaran yang berlebihan pada transformator, sehingga mengurangi nilai efisiensi. Rugi-rugi transformator timbul karena adanya pola pembebanan yang

bersifat fluktuatif[9]. Beban yang fluktuatif ini mengacu pada perubahan beban yang terjadi dalam kurun waktu tertentu akibat perubahan kebutuhan listrik rumah tangga, industri, serta perubahan cuaca dapat mempengaruhi penggunaan listrik.

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minyak dan Gas (PLTMG) Ambon Peaker terpasang 2 (dua) unit transformator daya dengan kapasitas 30 MVA yang merupakan transformator *step up* 11 kV dari generator menjadi 150 kV dikirim ke gardu induk untuk melayani beban di Kota Ambon. Oleh karena pola pembebanan yang ditanggung PLTMG Ambon Peaker bersifat fluktuatif dan untuk mengetahui tingkat kinerja pada transformator daya, maka dilakukan analisis pengaruh pembebanan terhadap efisiensi transformator daya..

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di PLTMG Ambon Peaker 30 MW Jln. Raya Liang, KM 32, Dusun Ujung Batu, Desa Waai, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah. Adapun metode yang digunakan yaitu kuantitatif dengan cara penelitian langsung yang memanfaatkan data primer, diawali dengan pengambilan data di lapangan kemudian melakukan analisis perhitungan.

### A. Data Penelitian

Data penelitian yang diperlukan dalam analisis perhitungan untuk memperoleh daya input trafo, rugi-rugi daya trafo dan besar efisiensi trafo adalah sebagai berikut:

#### 1. Spesifikasi Teknis Transformator Daya

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Transformator Daya

Type	Oil Filled with Conservator
Manufacturer	Schneider Electric Indonesia
Design Standard	IEC 60076
Year	2018
Phase	3
Primary	11 kV
Secondary	150 kV

Frequency	50 Hz
Rated Power	30.000 kVA
Impedance	11.0 %
Cooling	ONAF
Load Losses	135 kW
No-Load Losses	19 kW
Vector	Dyn1

2. Data Pembebanan Transformator Daya Blok #1, Tahun 2023

Berikut ini merupakan data pembebanan tertinggi transformator daya blok #1, hasil pendataan selama 24 jam yang dinyatakan per bulan dalam kurun waktu 1 (satu) tahun.

Tabel 2. Data Pembebanan Tertinggi Trafo1, Tahun 2023

Bulan	P <sub>out</sub> (MW)	Arus (A)	Tegangan (V)	Cos Phi
Januari	16,12	63,5	149854,8	0,98
Februari	16,06	63,0	149831,0	0,98
Maret	15,92	62,5	149496,8	0,98
April	15,59	61,0	149760,0	0,99
Mei	13,05	51,7	148974,2	0,98
Juni	15,83	61,9	149796,7	0,99
Juli	15,85	61,7	150351,6	0,99
Agustus	15,73	61,2	150396,8	0,99
September	15,41	60,8	149336,7	0,98
Oktober	15,81	62,1	150051,6	0,98
November	14,29	56,3	149703,3	0,98
Desember	16,61	65,4	149458,1	0,98

B. Metode Analisis

Untuk mendapatkan nilai efisiensi transformator, maka perlu dilakukan analisis perhitungan daya semu, rugi-rugi tembaga, rugi-rugi inti sebagai berikut:

1. Daya Semu

Daya semu (*apparent power*) adalah daya total hasil penjumlahan geometris dari daya aktif dan daya reaktif, diproduksi oleh perusahaan listrik untuk disalurkan ke konsumen [10]. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = V \times I \text{ (Satu Fasa)}$$

$$S = V \times I \times \sqrt{3} \text{ (Tiga Fasa)}$$

2. Rugi-rugi Tembaga (P<sub>cu</sub>)

Berat muatan pembebanan berkorelasi dengan kerugian kawat tembaga, sehingga *losses* pada kawat tembaga yang hilang akan meningkat seiring dengan bertambahnya muatan pada saat pembebanan [6]. Secara matematis rugi-rugi tembaga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{cu} = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \times P_{cuFL}$$

3. Rugi-rugi Inti (P<sub>i</sub>)

Rugi inti disebabkan oleh rugi histeris dan arus *eddy* yang diukur melalui percobaan atau tes tanpa beban [6]. Rugi histeris timbul karena adanya fluks bolak-balik pada inti besi yang disebabkan oleh pengaruh gelombang elektromagnetik yang membangkitkan arus di sisi sekunder juga ikut membangkitkan arus pada inti besi yang digunakan, sedangkan rugi *eddy* timbul karena pemanasan oleh arus yang terinduksi pada inti besi yang menyebabkan arus putar pada sisi yang lebih luas [11]. Untuk menghitung rugi-rugi pada inti besi, dapat menggunakan rumus:

$$P_c = P_h + P_e$$

$$P_h = K_h f \cdot B_m^2$$

$$P_e = K_e f^2 \cdot B_m^2$$

Sehingga, rugi-rugi daya total transformator dapat diperoleh dari rumus: [11]

$$P_{loss} = P_{cu} + P_{core}$$

4. Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator merupakan perbandingan antara daya keluaran (*output*) dan daya masukan (*input*) yang dirumuskan sebagai berikut: [6]

$$P_{in} = P_{out} + \Sigma_{rugi-rugi}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Sigma_{rugi-rugi}} \times 100\%$$

C. Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengambilan data untuk memperoleh data penelitian sebagai berikut:

1. Observasi Langsung

Observasi langsung dalam penelitian ini melibatkan pemantauan dan pencatatan parameter-parameter operasional transformator di lapangan.

2. Studi Literatur

Studi literatur melibatkan peninjauan dan analisis sumber-sumber yang relevan, seperti buku, jurnal ilmiah, makalah konferensi, laporan teknis, dan dokumen standar. Tujuannya adalah untuk memahami konteks, konsep, teori, dan temuan sebelumnya yang terkait dengan topik penelitian.

3. Wawancara

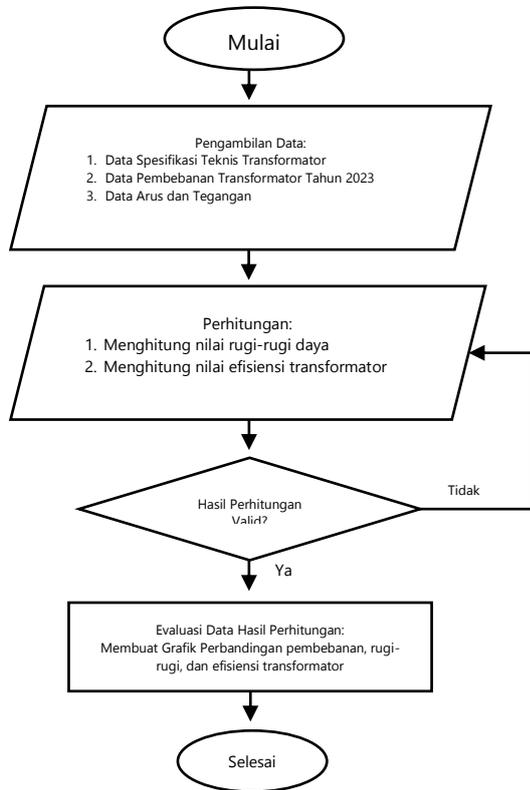
Wawancara merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang bertujuan untuk mendapatkan informasi mendalam dari narasumber terkait dengan topik penelitian yang dilakukan.

D. Teknik Analisis

Metode atau pendekatan yang digunakan untuk memahami, mengevaluasi, dan menginterpretasi data dalam penelitian ini yaitu, analisis kuantitatif. Analisis ini menggunakan teknik matematis dan statistik untuk mengukur dan menganalisis data

numerik. Tujuan ini melibatkan penggunaan metode-metode statistik untuk mengidentifikasi, membuat prediksi, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti empiris. Hasil analisis penelitian ini kemudian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

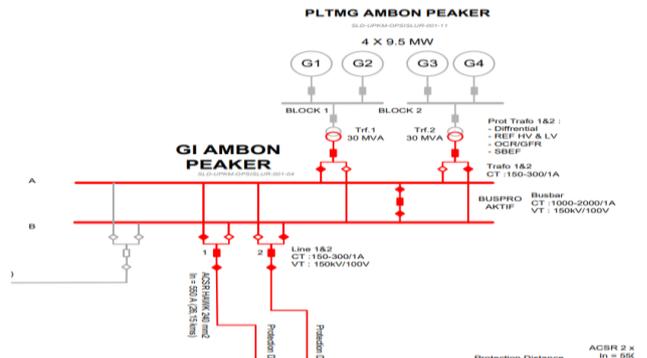
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum PLTMG Ambon Peaker 30 MW

Secara umum, Pembangkit Listrik Tenaga Minyak dan Gas (PLTMG) merupakan jenis pembangkit yang menggunakan bahan bakar dual fuel, yaitu LNG (Liquid Natural Gas) dan BBM, namun dalam pengoperasiannya PLTMG Ambon Peaker lebih cenderung menggunakan *Biofuel* (B35) sebagai bahan bakar utama.

Sebagai pembangkit listrik, PLTMG Ambon Peaker berperan besar dalam menyuplai energi listrik ke masyarakat Kota Ambon dan sekitarnya. Agar energi listrik dapat tersampaikan ke konsumen, maka pada GI Waai terdapat dua (2) unit transformator daya (step up) dengan kapasitas 30 MVA mentransmisikan daya dengan menaikkan tegangan dari 11 kV menjadi 150 kV ke GI Sirimau, GIS Passo dan GI Hative Besar.

Oleh karena pemakaian beban yang bersifat fluktuatif, maka peneliti berfokus pada transformator daya blok #1 dengan menghitung pengaruh pembebanan terhadap efisiensi tranformator.



Gambar 2. SLD Sistem Ambon-PLTMG Ambon Peaker

B. Perhitungan Rugi-rugi dan Efsiensi Transformator

Untuk memperoleh nilai efisiensi transformator, maka perlu dilakukan perhitungan dengan mengacu pada tabel 2 sebagai berikut:

1. Data Pembebanan Trafo 1, Bulan Januari Diketahui

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= 16,12\text{MW} \\
 I &= 63,5 \text{ A} \\
 V &= 149854,8 \text{ V} \\
 S_1 &= 30 \text{ MVA (kapasitas trafo)} \\
 P_c &= 0,019 \text{ MW} \\
 P_{cu FL} &= 0,135 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

2. Daya Semu ( $S_2$ )

Dapat dihitung menggunakan persamaan (2)

$$\begin{aligned}
 S &= V \times I \times \sqrt{3} \\
 &= 149854,8 \times 63,5 \times \sqrt{3} \\
 &= 16.494.377,5 \text{ VA} \\
 &= 16,49 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

3. Rugi-rugi Transformator

- a) Rugi-rugi Inti

$$P_c = 0,019 \text{ MW}$$

- b) Rugi-rugi Tembaga

Dapat dihitung menggunakan persamaan (3)

$$\begin{aligned}
 P_{cu} &= \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \times P_{cu FL} \\
 &= \left(\frac{16,49}{30}\right)^2 \times 0,135 \\
 &= 0,041 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

- c) Rugi-rugi Total

Dapat dihitung menggunakan persamaan (4)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{loss}} &= P_{\text{cu}} + P_c \\
 &= 0,041 + 0,019 \\
 &= 0,060 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{out}} + \text{Rugi-rugi total}} \times 100 \\
 &= \frac{16,12}{16,12 + 0,060} \times 100\% \\
 &= 99,6303\%
 \end{aligned}$$

4. Efisiensi Transformator

Dapat dihitung menggunakan persamaan (5)

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka efisiensi transformator daya blok #1 selama 12 bulan beroperasi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Trafo 1, Tahun 2023

Bulan	Pout (MW)	Arus (A)	Tegangan	Cos Phi	Daya Semu (MVA)	Rugi Tembaga (MW)	Rugi Inti (MW)	Rugi Total (MW)	Efisiensi (%)
Januari	16,12	63,5	149854,8	0,98	16,49	0,041	0,019	0,060	99,6303
Februari	16,06	63,0	149831,0	0,98	16,34	0,040	0,019	0,059	99,6336
Maret	15,92	62,5	149496,8	0,98	16,20	0,039	0,019	0,058	99,6348
April	15,59	61,0	149760,0	0,99	15,81	0,038	0,019	0,057	99,6387
Mei	13,05	51,7	148974,2	0,98	13,35	0,027	0,019	0,046	99,6506
Juni	15,83	61,9	149796,7	0,99	16,05	0,039	0,019	0,058	99,6372
Juli	15,85	61,7	150351,6	0,99	16,06	0,039	0,019	0,058	99,6373
Agustus	15,73	61,2	150396,8	0,99	15,93	0,038	0,019	0,057	99,6385
September	15,41	60,8	149336,7	0,98	15,72	0,037	0,019	0,056	99,6375
Oktober	15,81	62,1	150051,6	0,98	16,13	0,039	0,019	0,058	99,6342
November	14,29	56,3	149703,3	0,98	14,61	0,032	0,019	0,051	99,6443
Desember	16,61	65,4	149458,1	0,98	16,92	0,043	0,019	0,062	99,6285

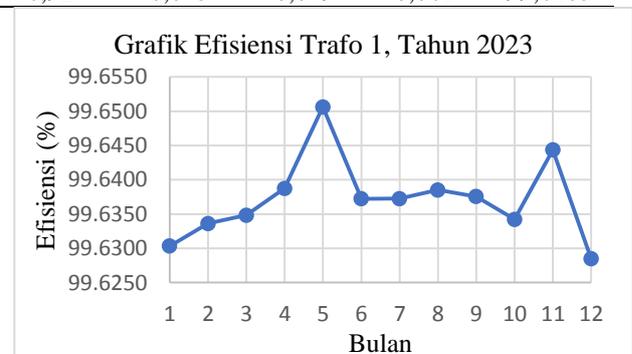
C. Grafik Pembebanan dan Efisiensi Transformator

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat digambarkan grafik pembebanan dan efisiensi trafo selama satu (1) tahun beroperasi sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Pembebanan Trafo 1, Tahun 2023

Pada gambar 3. Grafik Pembebanan Trafo blok #1 tahun 2023 menunjukkan pembebanan fluktuatif yang terjadi karena konsumsi daya listrik oleh pengguna bervariasi secara signifikan, menyebabkan fluktuasi dalam permintaan listrik. Pembebanan tertinggi terjadi di bulan Desember sebesar 16,61 MW.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Trafo 1, Tahun 2023

Pada gambar 4. Grafik Efisiensi Trafo blok #1 Tahun 2023 menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan akibat fluktuasi beban. Semakin besar beban yang dibangkitkan oleh transformator, maka rugi-rugi juga akan semakin besar. Rugi tembaga (*Copper Losses*) yang merupakan kerugian yang terjadi di kumparan primer dan sekunder trafo oleh resistansi kawat belitan akan bertambah seiring kenaikan permintaan beban, sedangkan rugi inti (*Core Losses*) yang meliputi kerugian histeristis dan *eddy current* tetap konstan di nilai 19 kW. Tingkat persentase efisiensi transformator pada pembebanan tertinggi di bulan Desember adalah sebesar 99,6285%.

Berdasarkan grafik di atas, pembebanan transformator berbanding terbalik dengan efisiensinya. Semakin besar pembebanan trafo, arus

akan meningkat mengakibatkan peningkatan rugi tembaga ( $P_{cu}$ ) sehingga efisiensi menurun. Efisiensi tertinggi transformator 99,6506% terjadi di bulan Mei dengan besar pembebanan 13,05 MW. Hal ini dapat terjadi pada kondisi pembebanan tertentu, dimana rugi-rugi yang dihasilkan transformator saat beroperasi minimum atau nilainya kecil.

*D. Implementasi*

Hasil pembahasan membuktikan bahwa perubahan beban mempengaruhi efisiensi transformator daya. Hal ini ditandai dengan besar kecilnya rugi-rugi yang dihasilkan transformator saat beroperasi. Seiring bertambahnya beban, rugi-rugi transformator semakin meningkat.

Sesuai dengan standar IEC 60076 yang mencakup desain, manufaktur, pengujian dan komisioning transformator daya ini, menetapkan tingkatan efisiensi pengoperasian transformator pada kondisi pembebanan tertentu sebagai berikut:[12]

Tabel 4.26 Efisiensi Pengoperasian Transformator

Load	100%	75%	50%	25%
Pf 0.8	99.36	99.48	99.56	99.54
Pf 1.0	99.49	99.58	99.65	99.64

Tabel di atas menjelaskan bahwa standar IEC 60076 memuat panduan tentang efisiensi yang harus dicapai transformator pada berbagai tingkat pembebanan seperti pada 25%, 50%, 75%, dan 100% beban penuh. Dalam kaitannya dengan hasil penelitian dapat dijelaskan bahwa persentase kapasitas pembebanan tertinggi transformator daya blok #1 adalah 56,39% dengan besar efisiensi 99,6285% pada *power factor* 0,98. Pada kondisi pembebanan ini efisiensi cenderung kecil diakibatkan rugi tembaga meningkat secara signifikan dengan meningkatnya arus beban (karena rugi-rugi sebanding dengan dengan kuadrat arus).

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis data di atas, maka dapat disimpulkan bahwa Dengan menggunakan poin 1, 2, dst.

1. Pembebanan yang fluktuatif mempengaruhi efisiensi transformator. Hal ini terjadi karena timbulnya rugi-rugi (rugi tembaga dan rugi inti) yang dihasilkan transformator saat beroperasi. Semakin besar pembebanan trafo, arus akan meningkat mengakibatkan peningkatan rugi tembaga ( $P_{cu}$ ) yang dapat mempengaruhi efisiensi tranformator. Keadaan ini menjelaskan

bahwa pembebanan transformator berbanding lurus dengan rugi-rugi.

2. Tinggi rendahnya efisiensi transformator bergantung pada tingkatan pembebanan tertentu. Tingkat pembebanan dengan rugi-rugi yang kecil akan menghasilkan efisiensi yang besar. Sebaliknya, tingkat pembebanan dengan rugi-rugi yang besar akan menghasilkan efisiensi yang kecil.
3. Pengoperasian transformator blok #1 pada GI Waai di PLTMG Ambon Peaker 30 MW pada pembebanan tertinggi 16,61 MW (56,39%) menghasilkan efisiensi sebesar 99,6285%. Sedangkan efisiensi tertinggi transformator 99,6506% terjadi di bulan Mei dengan besar pembebanan 13,05 MW. Hal ini dapat terjadi pada kondisi pembebanan tertentu, dimana rugi-rugi yang dihasilkan transformator saat beroperasi minimum atau nilainya kecil. Hal ini menjelaskan adanya pengaruh signifikan pembebanan yang fluktuatif terhadap efisiensi transformator, yakni semakin besar pembebanan maka efisiensi akan semakin kecil.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] A. Ilintamon, M. Pakiding, and H. Tumaliang, "Analisis Unjuk Kerja Sistem Produksi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Waena," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 3, pp. 133–142, 2019.
- [2] H. Sufitrihansyah, M. A. Rofiq, D. Ajiatmo, and M. Ali, "Penggunaan Binary Particle Swarm Optimization untuk Rekonfigurasi Jaringan Tenaga Listrik pada Penyulang Meri," *Prosiding-1 Semin. Nas. Foertei7 -1 2018*, vol. 1, no. 1, pp. 134–138, 2018.
- [3] M. Ali, D. Ajiatmo, M. Ulum, and A. Siswanto, "Application of Hybrid Power Plants Photovoltaic and Picohydro as Utilization of Overflow Water Sources," *Nanotechnol. Perceptions*, vol. 20, no. 5, pp. 1815–1823, 2024, [Online]. Available: <https://nanontp.com/index.php/nano/article/view/4045>
- [4] A. Abbas, P. Prayitno, and A. D. Firmanto, "SISTEM KELISTRIKAN," 2023.
- [5] I. Anshoruddin, M. Ali, R. Rukslin, and H. Nurohmah, "Desain Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Menggunakan PID-CES Berbasis Firefly Algorithm," *J. FORTECH*, vol. 5, no. 2, pp. 89–94, Sep. 2024, doi: 10.56795/fortech.v5i2.5205.
- [6] R. M. Solossa and H. Tasmono, "Analisa Efisiensi Pada Transformator Daya 60 MVA

- Di Gardu Induk Babadan Sidoarjo,” *J. Ilm. Ekon. Dan Manaj.*, vol. 2, no. 1, pp. 323–332, 2024.
- [7] I. W. Rinas, “Studi Analisis Losses dan Derating Akibat Pengaruh THD pada Gardu Transformator Daya di Fakultas Teknik Universitas Udayana,” *Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 1, 2012.
- [8] A. Cahyono, H. K. Hidayat, S. Arfaah, and M. Ali, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO),” in *SAINTEK II-2017, UB, Malang*, Universitas Brawijaya, Malang, 2017, pp. 103–106. [Online]. Available: <http://saintek.ub.ac.id/prosiding/e20.pdf>
- [9] A. Choiri, E. Sabilillah, S. T. Umar, and others, “Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator 20kV/150kV di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya Cilacap,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [10] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, “Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266,” *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, pp. 187–197, 2019.
- [11] M. A. Risnandar, L. Faridah, and R. Nurdiansyah, “Analisis Rugi Daya Trafo Distribusi pada Penyulang Tamansari Kota Tasikmalaya,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [12] S. Electric, “FIXED MOBILE POWER PLANT PACKAGE 5 Manufactured by Schneider Electric MAINTENANCE MANUAL BOOK FOR”.