

**EFISIENSI TRANSFORMATOR 60 MVA DI PT PLN INDONESIA
POWER PADA UNIT BISNIS PEMBANGKITAN KERAMASAN UNIT PEMBANGKIT
INDRALAYA**

Muhammad Abdurrahman Roliansyah¹, Puspitahati^{2*}, Rendi Wijaya Putra³

¹Prodi Teknik Pertanian FP Universitas Sriwijaya

² Prodi Teknik Pertanian FP Universitas Sriwijaya

³PT PLN Indonesia Power UBP Keramasan Unit Pembangkit Indralaya

*Penulis untuk korespondensi: puspitahati@fp.unsri.ac.id

ABSTRACT: Transformer is an electrical machine that can transform electrical energy from one electrical circuit to another electrical circuit through magnetic coupling based on the principle of magnetic induction. In general, transformers are used to change electrical energy from one voltage level to another voltage level. This research aims to analyze the efficiency of the 60 MVA transformer at PT PLN Indonesia Power Unit Pembangkit Keramasan, Indralaya. Transformers are important components in electrical distribution systems, and their efficiency greatly influences overall performance. This study uses transformer loading data and analyzes the power losses that occur, both core losses and copper losses, as well as factors that influence efficiency. The method used in this research is the observation method which includes direct observation in the field, interviews with staff, and data recording. The conclusion from the activity is that the 60 MVA transformer at PT PLN Indonesia Power Unit Pembangkit Keramasan operates within the efficiency range in accordance with industry standards. However, there is potential for increased efficiency through better load management and routine maintenance. Implementation of this strategy will help reduce power losses and increase transformer operational efficiency.

Keywords: Core Loss, Current, Load, Transformer, Voltage

ABSTRAK: Transformator adalah mesin listrik yang dapat mentransformasikan energi listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya melalui gandengan magnet berdasarkan prinsip induksi magnet. Secara umum transformator digunakan untuk mengubah energi listrik dari satu level tegangan ke level tegangan yang lain. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi transformator 60 MVA di PT PLN Indonesia Power Unit Pembangkit Keramasan, Indralaya. Transformator merupakan komponen penting dalam sistem distribusi listrik, dan efisiensinya sangat mempengaruhi kinerja keseluruhan. Studi ini menggunakan data pembebanan transformator dan menganalisis rugi daya yang terjadi, baik rugi inti maupun rugi tembaga, serta faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode observasi yang meliputi pengamatan langsung di lapangan, wawancara dengan staff, serta pencatatan data. Kesimpulan dari penelitian ini adalah transformator 60 MVA di PT PLN Indonesia Power Unit Pembangkit Keramasan beroperasi dalam kisaran efisiensi yang sesuai dengan standar industri. Namun, terdapat potensi peningkatan efisiensi melalui manajemen beban yang lebih baik dan pemeliharaan rutin. Implementasi strategi ini akan membantu mengurangi rugi daya dan meningkatkan efisiensi operasional transformator.

Kata kunci: Arus, Beban, Rugi Inti, Tegangan, Transformator

PENDAHULUAN

Transformator merupakan suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan atau mengubah energi listrik dari suatu nilai tegangan ke nilai tegangan lainnya. Transformator merupakan peralatan listrik yang penting karena berhubungan langsung dengan saluran transmisi dan distribusi listrik ke konsumen. Oleh karena itu, transformator harus dipelihara dan diuji kelayakan operasinya agar dapat beroperasi secara maksimal dan jauh dari gangguan-gangguan yang dapat mengakibatkan kegagalan operasi pada transformator. Fungsi utama sistem tenaga listrik adalah untuk memenuhi kebutuhan energi listrik setiap konsumen secara terus menerus. Sebelum tenaga listrik disalurkan ke konsumen dari pusat pembangkit tenaga listrik, terlebih dahulu transformator yang terdapat di gardu induk maupun di gardu distribusi (Badaruddin dan Firdianto, 2016). Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi - elektromagnet tanpa mengubah frekuensinya (Herawati, 2015).

Perbedaan efisiensi transformator terutama terletak pada kualitas komponen internalnya. Transformator yang lebih efisien memiliki koil yang lebih besar dan kualitas isolasi yang lebih baik, inti besi yang berkualitas tinggi, sistem pendingin yang efisien, dan komponen elektronik tambahan yang membantu meningkatkan efisiensi operasional. Dengan memperbaiki atau mengganti komponen-komponen ini, transformator dapat meningkatkan efisiensinya dan mengurangi dampak negatifnya pada lingkungan (Tambunan, *et al.* 2015). Dalam pengoperasian transformator terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi umur transformator diantaranya adalah kualitas minyak, suhu minyak, pola pembebanan, pengaruh suhu sekitar, kualitas bahan, kualitas minyak, cuaca, kadar oksigen dan kelembapan udara. Oleh karena itu, dilakukan nya pemeliharaan transformator agar umur transformator berusia panjang. Pemeliharaannya seperti pengujian minyak secara berkala, melakukan manajemen secara rutin dan pemasangan transformator sesuai dengan standar konstruksinya (Erviyanto dan Rizki, 2019). PT PLN Indonesia Power Unit Pembangkit Keramasan, Indralaya, transformator berkapasitas 60 MVA digunakan untuk mendistribusikan listrik dari pembangkit ke jaringan distribusi. Efisiensi transformator ini sangat berpengaruh terhadap kinerja keseluruhan unit pembangkit. Faktor-faktor seperti suhu lingkungan, beban listrik, dan pemeliharaan rutin

dapat mempengaruhi tingkat efisiensi operasional transformator. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemantauan berkala dan pemeliharaan preventif untuk mengoptimalkan kinerja dan mencegah terjadinya gangguan operasional.

Dalam konteks industri tenaga listrik, transformator harus beroperasi dengan efisiensi tinggi untuk memastikan stabilitas suplai listrik dan meminimalkan rugi daya. Salah satu tantangan utama dalam pengoperasian transformator adalah menjaga efisiensi meskipun adanya variasi beban dan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Dinas ini memiliki akses terhadap data penting terkait kondisi lahan, curah hujan, pola optimasi beban juga merupakan strategi penting untuk meningkatkan efisiensi transformator. Beban yang tidak merata atau berlebihan dapat menyebabkan peningkatan rugi daya, yang pada gilirannya menurunkan efisiensi transformator. Studi ini berfokus pada analisis efisiensi transformator di PT PLN Unit Pembangkit Keramasan, dengan tujuan mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan efisiensi melalui perawatan yang lebih intensif dan pengelolaan beban yang lebih baik.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di PT PLN Indonesia Power UBP Kerasaman Unit Pembangkit Indralaya, dari tanggal 27 Mei 2024 hingga 10 Juli 2024. Metode yang digunakan kuantitatif, yang dimaksud kuantitatif adalah metode yang datanya berupa angka, pengolahannya berupa perhitungan, dan perhitungan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik. Selain itu, pengumpulan data dilakukan melalui kuisioner kepada karyawan instansi yang berhubungan dengan efisiensi transformator, serta metode studi kepustakaan dengan mencari data dari jurnal dan buku yang relevan.

Sebagai contoh, kita akan menggunakan data pembebanan transformator pada saat beban siang tanggal 1 Juni 2024.

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 11820V \cdot 599,66A$$

$$S = 12,27$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai $\cos \phi$ dapat dihitung dengan persamaan :

$$\cos \phi = \frac{P(MW)}{S(MVA)}$$

$$\cos \phi = \frac{11,9}{12,27}$$

$$\cos \phi = 0,92$$

Untuk menghitung rugi-rugi tembaga pada setiap pembebanan, dapat menggunakan persamaan

yang sesuai. Sebagai contoh, pada pembebanan transformator pada 1 Juni 2024, dapat menghitung rugi tembaga dengan langkah-langkah berikut:

$$Pt2 = Pt1 \times \left(\frac{S2}{S1}\right)^2$$

$$Pt2 = 220 \times \left(\frac{12270}{60000}\right)^2 = 9,20 \text{ kW}$$

Maka rugi total transformator dapat dicari :
 Rugi total = rugi inti + rugi tembaga
 = 38 + 9,20 = 47,20

Sehingga, efisiensinya dapat di hitung :

$$\eta = \left(\frac{11,9 \text{ MW}}{11,9 \text{ MW} + \sum \text{rugi}}\right) \times 100\%$$

$$\eta = 99,60 \%$$

Meskipun pengaruhnya tidak begitu signifikan. Hal ini sesuai dengan persamaan berikut:

$$\eta = \left(\frac{P0}{P0 + \sum \text{rugi}}\right) \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dalam hal ini, rugi total dapat dihitung sebagai jumlah dari rugi inti + rugi tembaga.

$$Pt2 = Pt1 \times \left(\frac{S2}{S1}\right)^2 \dots \dots \dots (2)$$

Dari persamaan perubahan rugi tembaga terhadap perubahan daya, dapat disimpulkan bahwa perubahan daya juga mempengaruhi rugi tembaga pada transformator.

Lokasi Penelitian

Lokasi dan Letak Instansi

Lokasi : Jl. Lintas Sumatra No.Km. 36,

Timbangan, Kec. Indralaya, Kabupaten

Ogan Ilir, Sumatera Selatan

Letak instansi:



Gambar 1. Letak Instansi

HASIL



Gambar 2. Bay Trafo 60 MVA 11.5/150 kV GT 1.2 di ULPL Indralaya

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya merupakan unit pembangkit yang memiliki 3 Trafo Tenaga yang berbeda, Trafo pertama dengan nomor seri P060LC610 dengan merk UNINDO yang memiliki kapasitas 60 MVA 11.5 kV/150 kV untuk GT 1.1. Trafo kedua bermerk UNINDO yang memiliki kapasitas 60 MVA 11,5 kV/150 kV untuk ST 1.0 dan trafo ketiga merupakan trafo bermerk UNINDO dan berkapasitas 60 MVA 11,5 kV/150 Kv untuk GT 1.2. Ketiga Trafo tersebut terletak pada area switchyard. Peralatan yang terdapat pada Bay Trafo 150 kV antara lain pemisah (PMS), pemutus tenaga (PMT), Trafo Arus (CT), Lightning Arrester (LA), Trafo Daya 60 MVA 11.5 kV/150 kV. Susunan peralatan yang terhubung inilah yang disebut dengan Bay Trafo.

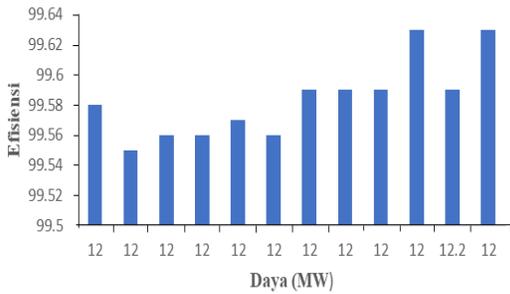
Tabel 4.1 Nameplate Trafo 60 MVA 11.5/150 kV ST 1.0

Lokasi	ULPL
Tahun Pembuatan	2016
Nomor Seri	UNINDO
Kapasitas	60 MVA
HV-LV	150kV / 11.5kV
Pendingin	ONAN / ONAF
Jumlah Phase	3
Daya Pengenal	36/60
Frekuensi Pengenal	50 HZ
Tegangan Pengenal	LV 11.5kV HV 150kV
Arus Pengenal	LV 1807.4/3012.3 HV 138.6/230.9

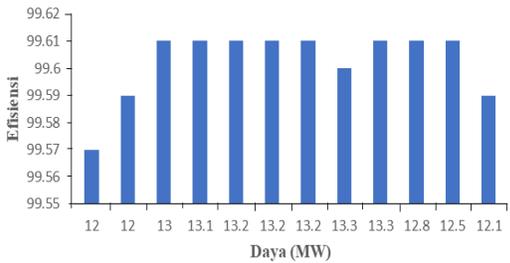
Sumber : Data-data nameplate Transformator 60 MVA 11.5/150 kV ST 1.0 ULPL Indralaya

Berikut adalah data pembeban Transformator 11.5/150 Kv, 60 MVA pada PT. PLN Unit Bisnis Pembangkitan Keramasan UP Indralaya. Data diambil mulai dari tanggal 12 juni untuk data persatu hari dan tanggal 1 sampai 8 juni 2024 satu minggu, dan 1 juni sampai 30 juni 2024 yaitu satu bulan.

Perbandingan efisiensi terhadap daya pada tranformator Dalam gambar berikut, terlihat perbandingan daya pada transformator (Data Pembebanan Tertinggi Seminggu dan Satu Bulan). Grafik tersebut menampilkan data saat terjadi pembebanan, dan juga menunjukkan pengaruhnya terhadap efisiensi transformator.

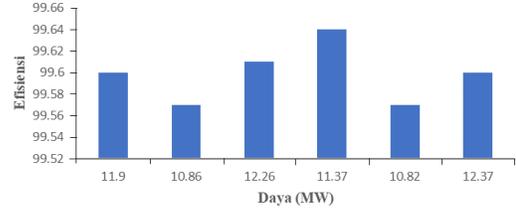


Gambar 3. Perbandingan daya dan efisiensi transformator pada malam hari



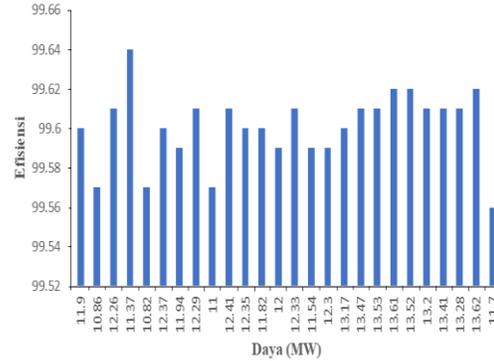
Gambar 4. Perbandingan daya dan efisiensi transformator pada siang hari

Efisiensi pada siang hari, transformator beroperasi pada tingkat efisiensi yang lebih tinggi, relatif stabil sekitar 99,61%. Hal ini dapat dikaitkan dengan kondisi beban optimal dan pengaturan operasional. Sementara pada malam hari, efisiensi sedikit lebih rendah yaitu 99,56%. Hal ini dapat disebabkan suhu lingkungan karena dapat mempengaruhi kinerja transformator tidak sepenuhnya mencapai suhu operasional optimalnya pada malam hari.



Gambar 5. Perbandingan daya dan efisiensi transformator pada satu minggu

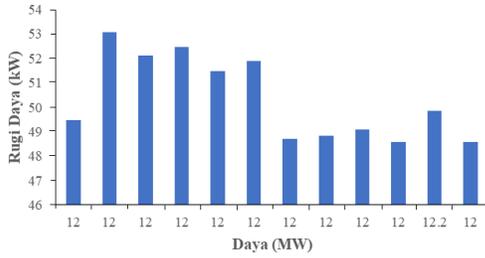
Efisiensi berfluktuasi dari sekitar 99.54% hingga 99.64% dengan perubahan daya dari 10.82 MW hingga 12.37 MW. Puncak efisiensi terjadi pada daya 11.37 MW dengan 99.64%, sementara efisiensi terendah tercatat pada daya 10.82 MW dengan 99.54%. Grafik ini menggambarkan bahwa efisiensi transformator berubah sesuai dengan variasi daya yang diproses.



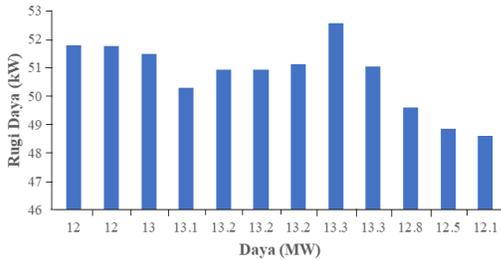
Gambar 6. Perbandingan daya dan efisiensi transformator pada satu bulan

Gambar 6 menunjukkan perbandingan antara daya keluaran dan efisiensi transformator dalam satu bulan, dengan kisaran 99,54% hingga 99,66%. Di awal bulan, efisiensi mencapai puncaknya pada tingkat daya sedang, sementara di pertengahan bulan, efisiensi menurun karena potensi variabilitas beban atau perubahan operasional. Di akhir bulan, efisiensi dan daya turun tajam, mungkin karena aktivitas pemeliharaan. Fluktuasi ini kemungkinan dipengaruhi oleh permintaan konsumen, strategi operasional, dan kondisi lingkungan.

Perbandingan daya terhadap rugi pada transformator dalam gambar berikut, dapat dilihat perbandingan antara daya beban dengan total rugi pada transformator.

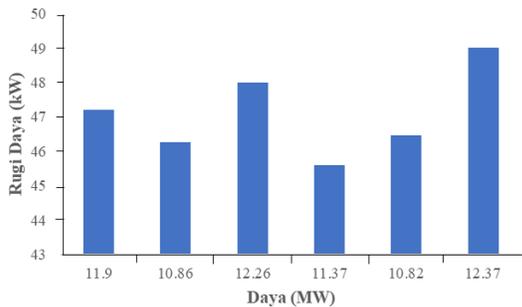


Gambar 7. Perbandingan daya dan rugi-rugi transformator pada malam hari



Gambar 8. Gambar Perbandingan daya dan rugi-rugi transformator pada siang hari

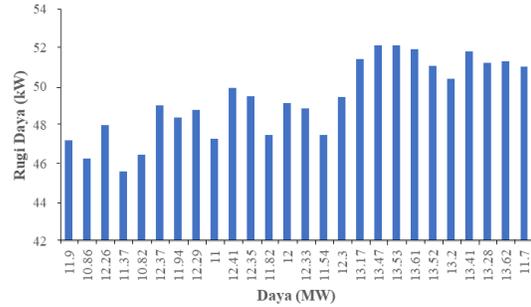
Gambar 7 dan 8 menunjukkan grafik perbandingan daya dan rugi-rugi transformator selama satu hari, masing-masing untuk malam dan siang hari. Pada malam hari, rugi-rugi daya berkisar antara 48 kW hingga 53 kW dengan variasi daya antara 12 MW hingga 12.4 MW. Sementara itu, pada siang hari, rugi-rugi daya berkisar antara 48 kW hingga 52 kW dengan variasi daya antara 12 MW hingga 13.3 MW. Kedua grafik ini menunjukkan bahwa rugi-rugi transformator bervariasi tergantung pada daya yang diproses dan waktu operasional, dengan pola rugi-rugi yang berbeda antara malam dan siang hari.



Gambar 9. Perbandingan daya dan rugi-rugi transformator pada satu minggu

Grafik 9 menunjukkan hubungan antara daya dan rugi-rugi transformator selama satu minggu. Grafik ini memperlihatkan fluktuasi nilai daya (dalam

MW) dan rugi-rugi (dalam kW) pada transformator dalam rentang waktu satu minggu. Terdapat kecenderungan peningkatan dan penurunan yang terjadi secara berkala. Pada beberapa titik, ketika daya meningkat, rugi-rugi juga menunjukkan peningkatan, dan sebaliknya.



Gambar 10. Perbandingan daya dan rugi-rugi transformator pada satu bulan

Grafik 10 menggambarkan perbandingan antara daya dan rugi-rugi transformator selama satu bulan. Dalam gambar ini, terlihat pola fluktuasi yang lebih kompleks dibandingkan grafik mingguan. Rugi-rugi transformator cenderung meningkat seiring dengan peningkatan daya, namun terdapat variasi yang lebih banyak. Data ini menunjukkan bahwa dalam periode waktu yang lebih panjang, pengaruh faktor-faktor lain mungkin lebih terlihat, mempengaruhi daya dan rugi-rugi secara berbeda pada tiap titik waktu. Namun, secara umum, ada kecenderungan bahwa peningkatan daya disertai dengan peningkatan rugi-rugi transformator.

Grafik tersebut menggambarkan data saat transformator sedang dalam pembebanan, sehingga dapat diamati pengaruhnya terhadap rugi-rugi yang terjadi pada transformator. Rugi-rugi tersebut berperan dalam efisiensi transformator. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa pada transformator, terjadi perubahan rugi-rugi total ketika terjadi perubahan daya. Perubahan tersebut khususnya terkait dengan rugi tembaga pada transformator, sedangkan rugi inti tetap konstan. Dalam hal ini, rugi total dapat dihitung sebagai jumlah dari rugi inti + rugi tembaga.

PEMBAHASAN

Dengan mengacu pada data pembebanan yang tercantum dalam tabel, dalam rentang waktu antara tanggal 1 Juni 2024 hingga tanggal 30 Juni 2024, daya semu yang dihasilkan dengan memperhatikan data arus (dalam Ampere) dan tegangan (dalam Volt).

Untuk menghitung rugi-rugi inti yang terjadi, dapat dilakukan dengan mempertimbangkan transformator saat tidak ada beban yang terhubung.

Rugi-rugi inti ini memiliki nilai yang tetap dan tidak tergantung pada tingkat beban. Menurut SPLN 61:1997 tentang spesifikasi transformator daya tegangan tinggi, transformator memiliki kapasitas rugi inti sebesar 60 MVA atau rugi tembaga tanpa beban (Pi) sebesar 38 kW sedangkan rugi tembaga penuh (Pt1) sebesar 220 kW.

Rugi-rugi transformator yang terjadi saat beban dapat terdiri dari rugi tembaga dan rugi inti. Rugi inti merupakan rugi yang tetap dan tidak dipengaruhi oleh perubahan beban. Sementara itu, perubahan beban akan menyebabkan perubahan arus pada kumparan transformator, yang berdampak pada besarnya rugi-rugi yang terjadi di dalam kumparan. Dengan demikian, dapat diketahui nilai rugi inti, rugi tembaga, $\cos \emptyset$, dan efisiensi trafo dari tanggal 1 juni – 30 juni 2024

Gambar 7, 8, 9 dan 10 mengindikasikan bahwa perubahan daya saat pembebanan, memiliki pengaruh terhadap efisiensi transformator. Gambar tersebut menggambarkan data saat transformator sedang dalam pembebanan, sehingga dapat diamati pengaruhnya terhadap rugi-rugi yang terjadi pada transformator. Rugi-rugi tersebut berperan dalam efisiensi transformator. Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa pada transformator, terjadi perubahan rugi-rugi total ketika terjadi perubahan daya. Perubahan tersebut khususnya terkait dengan rugi tembaga pada transformator, sedangkan rugi inti tetap konstan.

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Besaran rugi-rugi total tertinggi pada transformator 150 KV, 60 MVA, di satu hari yaitu terjadi malam hari pukul 01.00 WIB sebesar 53.08 kW, sedangkan terendah pada satu hari terjadi pada pukul 17.00 WIB sebesar 48,61, dan di satu minggu terjadi pada tanggal 8 juni 2024 sebesar 49 kW, terendah pada satu minggu adalah pada tanggal 4 juni 2024 sebesar 45,6 kW. Sementara itu, rugi-rugi tertinggi satu bulan didapat pada 22 juni 2024 sebesar 51,93 kW, dan terendah pada satu bulan adalah pada 4 juni 2024 sebesar 45,6 kW
2. Besaran efisiensi tertinggi pada transformator 11,5/150 KV, 60 MVA, di satu hari yaitu terjadi pukul 21.00 WIB sebesar 99.63%, terendah terjadi pukul 01.00 WIB sebesar 99.55%, dan di satu minggu terjadi pada tanggal 4 juni 2024 sebesar 99,64%, terendah pada satu minggu adalah pada tanggal 2 dan 7 juni 2024 sebesar 99,57%. Sementara itu, efisiensi tertinggi pada satu bulan didapat pada 4 juni 2024 sebesar

99,64%, dan terendah pada satu bulan adalah pada 30 juni 2024 sebesar 99,56%

3. Besar perubahan daya pada transformator 11,5/150 KV, 60 MVA, baik pada saat pembebanan yang tinggi maupun pada beban terendah, memiliki pengaruh terhadap efisiensi transformator, meskipun tidak terlalu signifikan.
4. Pada transformator 150 KV, 60 MVA. Pada saat terjadi perubahan daya pada transformator, terjadi perubahan rugi-rugi total pada transformator. Perubahan tersebut terutama terjadi pada rugi tembaga, sementara rugi inti tetap konstan. Hal ini membuktikan adanya hubungan antara beban, rugi-rugi, dan efisiensi transformator. Beban dan rugi-rugi memiliki hubungan sebanding, sementara beban dan efisiensi transformator memiliki hubungan terbalik.

Saran

Disarankan untuk menjaga kinerja transformator, pemeliharaan rutin harus dilakukan sesuai dengan panduan produsen dan standar keselamatan, termasuk pengecekan suhu, kebocoran minyak, dan koneksi kabel, serta memastikan komponen seperti pengaman dan pengaturan suhu berfungsi optimal. Selain itu, pemantauan tegangan dan frekuensi secara berkala penting untuk mencegah kerusakan akibat pengoperasian listrik. Pelatihan bagi operator juga diperlukan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya pemeliharaan yang tepat guna menjaga efisiensi transformator

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan ini disampaikan kepada PT PLN Indonesia Power Unit Pembangkit Indralaya dan Universitas Sriwijaya untuk dukungan dalam pelaksanaan MBKM mahasiswa

DAFTAR PUSTAKA

- Antarnusa, J. P., & Tindyo Prasetyo, S. T. (2022). *Studi Efisiensi Transformator Daya Di Gardu Induk Mojosongo 150kv* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Badaruddin, B., & Firdianto, F. A. (2016). Analisa Minyak Transformator Pada Transformator Tiga Fasa Di PT X. *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(2), 141465.
- Ervianto, E., Rizki, Y.Y. (2019). *Perkiraan Umur Transformator Berdasarkan Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Lingkungan*

- Menggunakan Metode Trend Linear. Riau: Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau*
- Herawati, A. Sofyan. (2015). *Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi dan Usia Transformator (Studi Kasus Transformator IV Gardu Induk Sukamerindu Bengkulu) Berdasarkan Standar IEC 60076-7*. Bengkulu: Teknik Elektro, Universitas Bengkulu.
- Hidayat, M. R., & Fadilah, I. (2023). Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) UP3 Garut. *SUTET*, 13(1), 1-12.
- Mahendra, Rocki, dan Ayong Hiendro. "Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi dan Umur Transformator Pada PLTU Bengkayang 2× 50 MW PT.PLN (Persero) UPK Singkawang." *Jurnal Teknik Elektro, Energi, dan Teknologi Informasi (j3eit)* 11.1
- Odinanto, T. (2014). *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Usia Transformator Distribusi Di PT. PLN Distribusi APJ Gresik*. Surabaya: Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama.
- Putri, A. M., Yassir, Y., & Maimun, M. (2020). Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator 66 MVA di PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW. *Jurnal TEKTRO*, 4(2), 118-122
- Pradipta, I. (2023). Analisa Kinerja Electrostatic Precipitator (ESP) Berdasarkan Besar Arus Sekunder Transformer di PLTU Tanjung Jati B Unit 3. *ENERGI & KELISTRIKAN*, 15(2), 60-72.
- Risnandar, M. A., Faridah, L., & Nurdiansyah, R. (2022). Analisis Rugi Daya Trafo Distribusi pada Penyulang Tamansari Kota Tasikmalaya. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 4(1).
- Saepudin, A., & Dharmanto, A. (2020). Analisa Stray Losses Pada Struktur Transformator Daya Satu Fasa 275 kV 83.3 MVA. *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, 1(1), 32-40.
- Tambunan, J.M., Hariyanto, A., Tindra, W.K.. (2015). Kerja Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 150/20 kV MVA. *Jurnal Sutet* Vol.5 No.2.
- Saragih, D. R. D., & Situmeang, U. (2022). Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Umur Transformator Daya# 1 150/20 KV Pada Gardu Induk Teluk Lembu PT. PLN (Persero) UPT Pekanbaru. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 7(1), 1-6.
- Tohari, M., Sukoco, B., & Haddin, M. (2021). Analisis Kondisi Transformator Daya 20kv/150kv Dengan Metode Uji Dissolved Gas Analysis (DGA) Di PT. PJB PLTU Rembang. *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*.
- Wahyul, S., Asmar, A., Zainuddin, Z., & Suryani, S. (2021). Analisis Pengaruh Perubahan Beban Listrik Terhadap Transformator Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru. *Vertex Elektro*, 13(2),