




ANALISIS TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 160 KVA DI PT. PLN (PERSERO) ULP PANAKKUKANG BERDASARKAN NAMEPLATE

Mulyadi¹, Miftah Mubarakh², Abdul Hafid³, Andi Faharuddin⁴

Universitas Muhammadiyah Makassar^{1,2,3,4}

Email Korespondensi: adimulyadi2367@gmail.com 

Info Artikel

Histori Artikel:

Masuk:

12 Juni 2023

Diterima:

24 Juni 2023

Diterbitkan:

26 Juni 2023

Kata Kunci:

Transformator;
Papan Nama;
Rugi-rugi;
Efisiensi.

ABSTRAK

Transformator adalah sebuah alat magnetoelektrik yang sederhana, Tujuan dari Analisis Transformator Distribusi 160 kVA di PT PLN (Persero) ULP Panakkukang Berdasarkan Nameplate adalah untuk menganalisis kerugian inti, kerugian tembaga, dan kerugian akibat arus netral pada transformator distribusi serta menganalisis efisiensi pada transformator distribusi. Metode yang digunakan dalam Analisis Transformator Distribusi 160 kVA di PT PLN (Persero) ULP Panakkukang Berdasarkan Nameplate ini menggunakan metode kuantitatif karena diperoleh dari analisa data berupa angka. Manfaat dari analisis ini yaitu memberikan kontribusi terhadap perkembangan teknologi, khususnya untuk PT. PLN agar lebih teliti dalam perencanaan pembangunan transformator distribusi. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, pada kedua Transformator yakni Trafindo dan Starlite dengan kapasitas 160 kVA, terdapat hasil yang sama pada kerugian tembaga. Namun, terdapat perbedaan pada efisiensinya tergantung rugi inti yang terdapat pada transformator.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia sedang berkembang di segala bidang. Prasarana dan fasilitas yang menunjang pembangunan, seperti ketersediaan energi, sangat diperlukan untuk mengimbangi laju pertumbuhan pembangunan tersebut. Saat ini, kebutuhan hidup sehari-hari dan industri sangat bergantung pada listrik. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan berkesinambungan merupakan suatu kondisi penting yang harus dipenuhi untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik karena tenaga listrik mudah untuk ditransfer dan diubah menjadi energi lain (J. Sentosa Setiadji, T. Machmudsyah, and Y. Isnanto, 2008).

Kebutuhan energi akan terus meningkat pada masa perkembangan teknologi dan jumlah penduduk yang pesat, sehingga memerlukan pembangunan jaringan listrik yang semakin luas dan kenaikan harga listrik. Dalam situasi ini, salah satu pilihan utama untuk menentukan desain sistem tenaga listrik di masa depan adalah analisis aliran daya. Secara umum kerugian dalam penyaluran energi listrik akan selalu ada. Ada dua macam rugi-rugi pada transformator yaitu rugi-rugi teknis dan rugi-rugi non-teknis. Kerugian non-teknis adalah kerugian yang disebabkan oleh peristiwa di luar kendali sistem, seperti kecelakaan, bencana alam, kesalahan manusia, dan lain-lain. Sedangkan kerugian tembaga dan kerugian inti merupakan dua faktor yang berkontribusi terhadap kerugian teknis. Kerugian teknis transformator mengurangi efisiensi penyedia listrik (H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, 2019).

Penting untuk mengambil langkah-langkah alternatif untuk mengurangi kerugian dengan menyeimbangkan (menyamakan) beban pada sisi jaringan tegangan rendah untuk mengurangi kerugian yang disebabkan oleh ketidakseimbangan beban. Jadi diharapkan penyeimbangan beban akan meningkatkan efisiensi trafo distribusi. PLN biasanya melakukan penyeimbangan beban trafo distribusi, namun karena dilakukan secara trial and error dan memakan waktu cukup lama, maka

pelaksanaannya harus diulang empat hingga lima kali untuk setiap gardu distribusi. Hal ini terutama karena data fase pelanggan tidak akurat, dan terkadang tidak ada data fase pelanggan sama sekali (Anang Dasa Novfowan, Mochammad Mieftah, and Wijaya Kusuma, 2021).

Judul “Analisis Trafo Distribusi 160 kVA pada PT PLN (Persero) ULP Panakkukang Berdasarkan Papan Nama” dipilih karena kestabilan dan keandalan sistem merupakan hal yang krusial dalam memberikan kenyamanan pelayanan kepada pelanggan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Hal ini dapat dilakukan dengan memperhatikan kondisi infrastruktur ketenagalistrikan saat ini. Trafo merupakan salah satu bagian mesin terpenting dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Tujuan dari trafo distribusi peralatan tenaga listrik adalah untuk mengubah tegangan tinggi menjadi tegangan rendah agar tegangan yang digunakan sesuai dengan rating peralatan listrik tersebut kepada pelanggan. Karena trafo merupakan salah satu peralatan listrik yang mahal maka perlu perawatan dan pemeliharaan.

Pengertian Transformer

Transformator atau biasa disebut trafo merupakan alat yang dapat memindahkan tenaga listrik antar dua rangkaian listrik melalui induksi elektromagnetik (J. Tiro and R. L, 2019). Bila satu di antara kumparan ini, yang primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, akan ditimbulkan fluks bolak-balik yang amplitudonya bergantung pada tegangan primer dan jumlah lilitannya. Fluks bersama akan akan menghubungkan kumparan yang lain ,yang sekunder, dan akan menginduksikan tegangan didalamnya yang nilainya bergantung dengan jumlah lilitan sekunder (A. Darwanto, 2021).

Trafo step up/down 20/0,4 kV dengan tegangan fasa sistem JTR 380 volt merupakan trafo distribusi yang sering digunakan. Jika kumparan primer dihubungkan ke sumber listrik arus bolak-balik, arus akan mengalir melaluinya, menciptakan garis gaya magnet pada inti feromagnetik transformator (J. Tiro and R. L, 2019).

Prinsip Kerja Transformer

Kumparan induktif yang terdiri dari dua membentuk transformator. Kedua kumparan dihubungkan secara magnetis tetapi secara elektrik melalui jalur keengganan yang rendah. Inti yang dilaminasi akan mengalami fluks bolak-balik jika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik. Kumparan menciptakan jaringan tertutup, yang menyebabkan arus perifer mengalir. Kumparan primer mengalami induksi akibat adanya fluks, dan kumparan sekunder mengalami induksi akibat adanya induksi pada kumparan pertama, atau disebut dengan induksi timbal balik yang menyebabkan timbulnya fluks magnet pada kumparan sekunder. Akibatnya, arus sekunder mengalir ketika rangkaian sekunder dibebani, memungkinkan transfer energi listrik sepenuhnya (Z. Abidin and A. S. Mubarak, 2021).

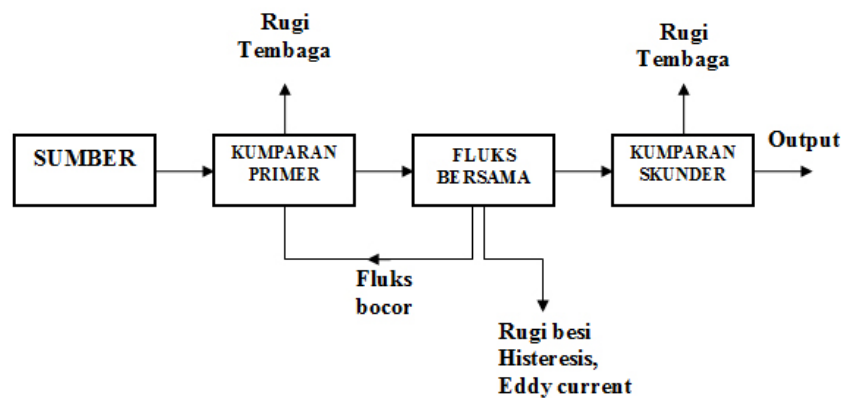
Pembebanan Transformator

Beban yang didukung oleh transformator daya mempunyai dampak yang signifikan terhadap efisiensi dan masa pakai transformator. Panas dapat menumpuk di kumparan transformator saat berada di bawah beban. Peringkat papan nama trafo harus sesuai dengan jumlah beban yang ingin ditanganinya. Mungkin ada beberapa risiko ketika menerapkan beban yang lebih besar dari peringkat papan nama (A. Azis, N. Nurdiana, and U. L. Nisa, 2018).

Temperatur kumparan dan minyak trafo naik ketika trafo diaktifkan dan dibebani pada suhu nol derajat karena rugi-rugi daya dari inti, kumparan, dan rugi-rugi kebocoran berperan sebagai sumber panas. Karena dapat menimbulkan titik panas ketika arus tinggi, rugi-rugi kebocoran dapat berdampak pada rating trafo secara keseluruhan (A. Azis, N. Nurdiana, and U. L. Nisa, 2018).

Rugi-Rugi Transformator

Landasannya adalah energi listrik yang masuk trafo dan energi listrik yang keluar trafo tidak sama. Rugi-rugi, khususnya hilangnya arus saat melewati trafo, merupakan penyebabnya. Rugi-rugi inti (Pcore) dan rugi-rugi tembaga (Pcopper) adalah dua cara untuk memisahkan rugi-rugi ini. Ketika beban minimal atau tidak ada sama sekali, rugi-rugi terbatas pada rugi-rugi inti. Rugi-rugi inti tidak dipengaruhi oleh variasi beban. Dari beban nol hingga beban penuh, kerugian inti akan sama. (H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, 2019).



Gambar 1. Diagram Rugi-Rugi Transformator

- Rugi tembaga (hilangnya daya dalam KW) karena kawat tembaga pada kumparan primer dan sekunder dialiri arus
- Rugi besi atau rugi inti yang terdiri dari rugi histeresis dan rugi arus eddy.

Rugi-rugi Inti (Besi)

Rugi-rugi histeresis dan rugi-rugi arus eddy merupakan dua jenis rugi-rugi inti transformator yang dapat diukur melalui eksperimen atau pengujian tanpa beban. Dalam pengujian atau eksperimen ini, rugi-rugi histeresis didefinisikan sebagai rugi-rugi yang disebabkan oleh fluks bolak-balik pada inti besi, sedangkan rugi-rugi arus eddy didefinisikan sebagai rugi-rugi yang disebabkan oleh arus eddy pada inti besi. Oleh karena itu, kerugian inti dapat dinyatakan sebagai Persamaan: (H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, 2019.)

$$P_i = P_h + P_e \quad \dots\dots\dots (1)$$

Di mana:

- P_i = Rugi Inti (Watt)
- P_h = Rugi Histeresis
- P_e = Rugi Eddy Current

Rugi Histeresis (Ph)

Kerugian yang disebabkan oleh fluks bolak-balik () pada inti besi disebut kerugian histeresis. Hilangnya histeresis per siklus pada besi yang menerima fluks bergantian berhubungan dengan ukuran loop histeresis. Persamaan ini dapat digunakan untuk mewakili kerugian histeresis: (H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, 2019.)

$$P_h = K_h \cdot f \cdot B_m^n \text{ (watt)} \quad \dots (2)$$

Dimana:

- P_h = Rugi Histerisis
- K_h = Konstanta Histerisis
- F = Frekuensi (Hz)
- B_m = Kerapatan fluks maksimum (Tesla)

Rugi Eddy Current (Arus Pusar)

Kerugian yang disebabkan oleh arus eddy pada inti besi disebut kerugian arus eddy. Arus eddy adalah arus yang melewati inti suatu zat sebagai akibat dari tegangan yang diinduksi fluks. Arus eddy bergerak dengan arah 90 derajat dari arah fluks. Arus eddy dapat menghasilkan panas akibat adanya hambatan pada material inti, sehingga dapat merusak kualitas fisik material dan berpotensi menyebabkan trafo terbakar. Bahan inti harus dibuat tipis dan dilaminasi agar dikonfigurasi dengan ketebalan yang diperlukan untuk mengurangi dampak arus eddy (A. Setiawan, 2018). Pada laminasi tipis, impedansi inti yang dialiri listrik dapat dianggap konstan dan tidak bergantung pada frekuensi pada frekuensi rendah atau frekuensi daya listrik, jadi:

$$P_e = K_e f^2 \cdot B_m^2 \text{ (Watt)} \quad \dots (3)$$

Di mana:

- P_h = Rugi eddy Current
- K_h = Konstanta eddy Current
- F = Frekuensi (Hz)
- B_m = Kerapatan fluks maksimum (Tesla)

Jadi, rugi-rugi inti adalah:

$$P_f = P_h + P_e = K_h f \cdot B_m^n + K_e f^2 \cdot B_m^2 \quad \dots (4)$$

Di mana:

- P_f = rugi total inti (watt)

Rugi-Rugi Tembaga (PCU)

Karena hambatan belitan, terjadi rugi-rugi tembaga. Besarnya beban akan mempengaruhi rugi-rugi tembaga secara langsung, sehingga menaikkan arus beban juga akan meningkatkan rugi-rugi tembaga (Linsley, 2002). Persamaan berikut dapat digunakan untuk mewakili kerugian tembaga ini: (M. Muhammad, S. Meliala, and D. Damayanti, 2022).

$$P_{cu} = \left(\frac{\text{beban } i \text{ KVA}}{\text{beban penuh, KVA}_{FL}} \right)^2 \times P_{cuFL} \quad \dots (5)$$

Di mana:

P_{cuFL} = Rugi tembaga beban penuh

- Rugi total, $P_{total} = P_{cu} + P_i \dots (6)$
- Daya masuk pada beban i KVA, $P_{in} = \text{beban } i \text{ KVA} \times \cos \phi + P_{total} \dots (7)$
- Daya keluar pada beban i KVA, $P_{out} = \text{beban } i \text{ KVA} \times \cos \phi \dots (8)$

Efisiensi Transformator

Meskipun tidak bergerak, trafo tetap mengalami rugi-rugi, meskipun tidak sebesar kerugian yang dialami peralatan bergerak atau bertenaga listrik lainnya. Efisiensi rata-rata transformator daya modern

setidaknya 95%. 2013 (Ermawanto) E (S. Nasution, F. I. Pasaribu, and M. H. Hidayat, 2021). Efisiensi transformator didefinisikan sebagai rasio daya input dan output. Ditulis secara matematis:

$$\text{Efisiensi } \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \dots\dots (9)$$

Dimana:

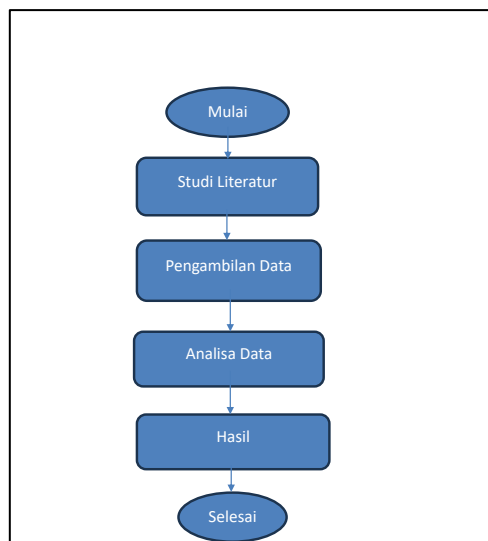
P_{out} = Daya Keluar (Watt)

P_{in} = Daya Masuk (Watt)

METODE PENELITIAN

Dalam penlitian ini penulis menggunakan jenis penelitian atau pendekatan kuantitatif. Kami melakukan pengumpulan data berdasarkan observasi langsung di lapangan, dan menganalisis kemudian hasil analisis tersebut diselesaikan dalam bentuk matematis. Pada penelitian ini kami mengambil tempat di PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juli tanggal 25/26 2023. Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur, pengambilan data, analisa data, dam hasil.

Tahapan Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Tinjauan literatur

Dalam rangka penyusunan laporan, penulis mengumpulkan, memilih, dan mengevaluasi berbagai bahan bacaan tentang masalah estafet dengan menggunakan pendekatan studi literature (E. Suyandi *et a.* , 2017).

Pemulihan Data

Untuk penelitian ini, penulis mengumpulkan data dari PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang. Pengumpulan data dilakukan dengan meminta data yang sudah ada disana serta terjun langsung ke lapangan untuk mendapatkan data pengukuran beban trafo (A. Setiawan, 2018).

Analisis Data

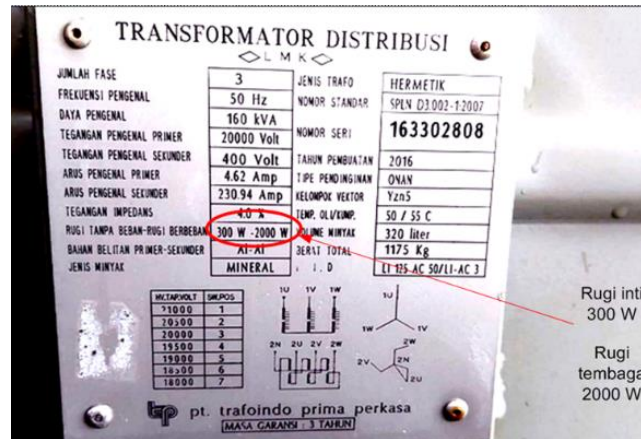
Setelah memperoleh data dari PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang, analisis data telah selesai. Data diterjemahkan ke dalam bentuk matematika dan diperiksa menggunakan persamaan yang sudah ada sebelumnya. Tidak perlu menggunakan prosedur apa pun saat memeriksa data karena perhitungannya sederhana (A. Setiawan, 2018).

Hasil

Hasilnya, persamaan dalam kerangka penelitian ini telah selesai. Persamaan yang ada digunakan untuk menjawab permasalahan yang ada secara kuantitatif (A. Setiawan, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisis yang dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 3. Nameplate Trafo Trafindo

Data Transformator 1 (Trafindo)

- Merek Trafo : Trafindo
- Daya : 160 kVA
- Kabel Masuk : BC 3x150 mm² dengan tahanan R=2,0526 / Km
- Kabel Keluar : BC 4x70 mm² dengan tahanan R= 0,5049 / Km
- Panjang Penghantar : 250 m. RN = 0,25 Km x 0,5049, RN= 0,1262 ohm
- Cos ϕ : 0,85
- Impedansi : 4%
- Tegangan nominal primer : 20000 volt
- Tegangan nominal sekunder : 400 volt
- Rugi inti / Rugi tembaga : 300 W / 2000 W



Gambar 4. Nameplate Transformator Starlite

Data Transformator 2 (Starlite)

Merek Trafo	: Starlite
Daya	: 160 kVA
Kabel Masuk	: BC 3x150 mm ² dengan tahanan R=2,0526 / Km
Kabel Keluar	: BC 4x70 mm ² dengan tahanan R= 0,5049 / Km
Panjang Penghantar	: 300 m. RN = 0,3 Km x 0,5049, RN= 0,1514 ohm
Cos Ø	: 0,85
Impedansi	: 4%
Tegangan nominal primer	: 20000 volt
Tegangan nominal sekunder	: 400 volt
Rugi inti / Rugi tembaga	: 210 W / 2000 W

Perhitungan Rugi-Rugi Transformator

Transformator distribusi 3 fasa merek trafindo, kapasitas 160 KVA, tegangan 20 KV/400 V

- Rugi inti (No load losses at nominal voltage) = 300 Watt
- Rugi tembaga (On load losses at principal tapping) = 2000 Watt

Untuk beban (kVA) tertentu maka efisiensi transformator dicari sebagai berikut, missal beban 25 kVA, cos Ø = 0.85 lag, maka Rugi besi, $P_i = 300/1000 = 0.3$ kW, dan rugi tembaga pada beban penuh = $2000/1000 = 2$ kW

$$P_{cu} = \left(\frac{\text{beban i KVA}}{\text{beban penuh, KVA}_{FL}} \right)^2 \times P_{cuFL}$$
$$P_{cu} = \left(\frac{25}{160} \right)^2 \times 2.0 = 0.048828125 \text{ kW}$$

Sehingga rugi total, $P_{total} = P_{cu} + P_i = 0,0488 + 0,3 = 0,3488$ kW

Daya masuk pada beban 25 kVA sebesar :

- $P_{in} = \text{beban i KVA} \times \cos \phi + P_{total}$
 $P_{in} = 25 \times 0,85 + 0,3488 = 21,5988$ KW

Daya keluar pada beban 25 KVA sebesar:

- $P_{out} = \text{beban i KVA} \times \cos \phi$
 $P_{out} = 25 \times 0,85 = 21,25$ KW

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

$$\eta = \frac{21,25}{21,5988} \times 100 \%$$
$$= 98.3849 \%$$

Transformator distribusi 3 fasa merek starlite, kapasitas 160 KVA, tegangan 20 KV/400 V

- Rugi inti (No load losses at nominal voltage) = 210 Watt
- Rugi tembaga (On load losses at principal tapping) = 2000 Watt

Untuk beban (kVA) tertentu maka efisiensi transformator dicari sebagai berikut, missal beban 25 kVA, cos Ø = 0.85 lag, maka Rugi besi, $P_i = 210/1000 = 0.21$ kW, dan rugi tembaga pada beban penuh = $2000/1000 = 2$ kW

$$P_{cu} = \left(\frac{\text{beban i KVA}}{\text{beban penuh, KVA}_{FL}} \right)^2 \times P_{cuFL}$$

$$P_{cu} = \left(\frac{25}{160}\right)^2 \times 2.0 = 0.048828125 \text{ kW}$$

Sehingga rugi total, $P_{total} = P_{cu} + P_i = 0,0488 + 0,21 = 0,2588 \text{ kW}$

Daya masuk pada beban 25 kVA sebesar :

- $P_{in} = \text{beban i KVA} \times \cos \phi + P_{total}$
 $P_{in} = 25 \times 0,85 + 0,2588 = 21,5088 \text{ KW}$

Daya keluar pada beban 25 KVA sebesar:

- $P_{out} = \text{beban i KVA} \times \cos \phi$
 $P_{out} = 25 \times 0,85 = 21,25 \text{ KW}$

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

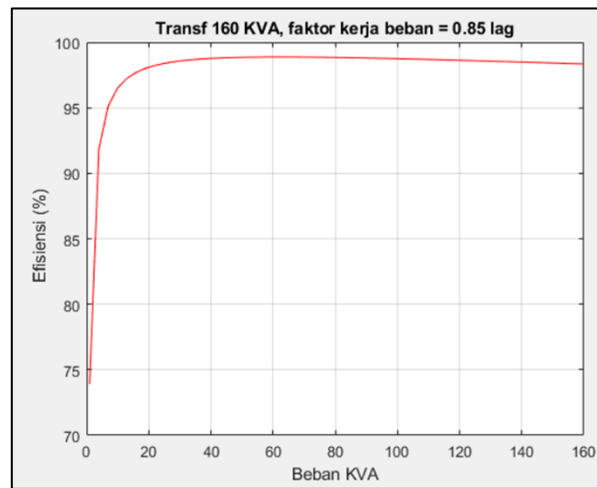
$$\eta = \frac{21,25}{21,5088} \times 100 \%$$

$$= 98.7967 \%$$

Tabel 1. Simulasi Efisiensi Transformator 160 Kva (Trafindo) Versus Beban

cos phi = 0.85 lag					
Beban (kVA)	Pi (KW)	Pcu (KW)	Daya In (KW)	Daya Out (KW)	Ef (%)
1	0.3	7.8125E-05	1.15007813	0.85	73.9080226
4	0.3	0.00125	3.70125	3.4	91.8608578
7	0.3	0.00382813	6.25382813	5.95	95.1417257
10	0.3	0.0078125	8.8078125	8.5	96.5052333
13	0.3	0.01320313	11.3632031	11.05	97.2437074
16	0.3	0.02	13.92	13.6	97.7011494
19	0.3	0.02820313	16.4782031	16.15	98.008259
22	0.3	0.0378125	19.0378125	18.7	98.2255708
25	0.3	0.04882813	21.5988281	21.25	98.3849674
28	0.3	0.06125	24.16125	23.8	98.5048373
31	0.3	0.07507813	26.7250781	26.35	98.5965312
34	0.3	0.0903125	29.2903125	28.9	98.6674348
37	0.3	0.10695313	31.8569531	31.45	98.7225611
40	0.3	0.125	34.425	34	98.7654321
43	0.3	0.14445313	36.9944531	36.55	98.7985952
46	0.3	0.1653125	39.5653125	39.1	98.8239383
49	0.3	0.18757813	42.1375781	41.65	98.84289
52	0.3	0.21125	44.71125	44.2	98.8565518
55	0.3	0.23632813	47.2863281	46.75	98.8657861
58	0.3	0.2628125	49.8628125	49.3	98.8712781
61	0.3	0.29070313	52.4407031	51.85	98.8735789
64	0.3	0.32	55.02	54.4	98.873137
67	0.3	0.35070313	57.6007031	56.95	98.8703209
70	0.3	0.3828125	60.1828125	59.5	98.865436
73	0.3	0.41632813	62.7663281	62.05	98.8587382
76	0.3	0.45125	65.35125	64.6	98.8504428
79	0.3	0.48757813	67.9375781	67.15	98.8407327
82	0.3	0.5253125	70.5253125	69.7	98.8297641
85	0.3	0.56445313	73.1144531	72.25	98.8176714
88	0.3	0.605	75.705	74.8	98.8045704
91	0.3	0.64695313	78.2969531	77.35	98.790562
94	0.3	0.6903125	80.8903125	79.9	98.7757341
97	0.3	0.73507813	83.4850781	82.45	98.7601639
100	0.3	0.78125	86.08125	85	98.7439193
103	0.3	0.82882813	88.6788281	87.55	98.7270602
106	0.3	0.8778125	91.2778125	90.1	98.7096399

109	0.3	0.92820313	93.8782031	92.65	98.6917058
112	0.3	0.98	96.48	95.2	98.6733002
115	0.3	1.03320313	99.0832031	97.75	98.654461
118	0.3	1.0878125	101.687813	100.3	98.6352224
121	0.3	1.14382813	104.293828	102.85	98.615615
124	0.3	1.20125	106.90125	105.4	98.5956666
127	0.3	1.26007813	109.510078	107.95	98.5754022
130	0.3	1.3203125	112.120313	110.5	98.5548448
133	0.3	1.38195313	114.731953	113.05	98.5340151
136	0.3	1.445	117.345	115.6	98.512932
139	0.3	1.50945313	119.959453	118.15	98.4916127
142	0.3	1.5753125	122.575313	120.7	98.4700732
145	0.3	1.64257813	125.192578	123.25	98.448328
148	0.3	1.71125	127.81125	125.8	98.4263905
151	0.3	1.78132813	130.431328	128.35	98.4042728
154	0.3	1.8528125	133.052813	130.9	98.3819865
157	0.3	1.92570313	135.675703	133.45	98.3595419
160	0.3	2	138.3	136	98.3369487



Gambar 5. Efisiensi Trafo Merek Trafindo 160 KVA versus beban

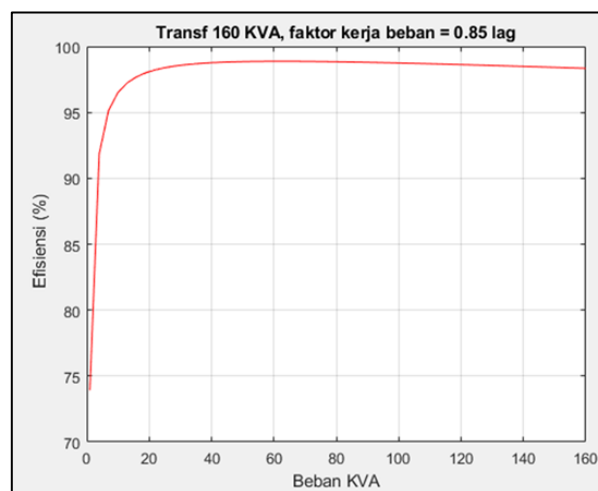
Berdasarkan tabel 1 dan gambar 2 diperoleh max efisiensi = 98.8736 % pada beban 61 kVA.

Tabel 2. Simulasi Efisiensi Transformator 160 Kva (Starlite) Versus Beban

cos phi = 0.85 lag					
Beban (kVA)	Pi (KW)	Pcu (KW)	Daya In (KW)	Daya Out (KW)	Ef (%)
1	0,21	0,03773584	1,09773584	0.85	77,4321
4	0,21	0.00125	3,6112	3.4	94,1515
7	0,21	0.00382813	6,1638	5.95	96,5313
10	0,21	0.0078125	8,7178	8.5	97,5017
13	0,21	0.01320313	11,2732	11.05	98,0206
16	0,21	0.02	13,83	13.6	98,3369
19	0,21	0.02820313	16,3882	16.15	98,5465
22	0,21	0.0378125	18,9478	18.7	98,6921
25	0,21	0.04882813	21,5088	21.25	98,7967
28	0,21	0.06125	24,0712	23.8	98,8733
31	0,21	0.07507813	26,635	26.35	98,9188
34	0,21	0.0903125	29,2003	28.9	98,9715
37	0,21	0.10695313	31,7669	31.45	99,0024
40	0,21	0.125	34,235	34	99,3135

43	0,21	0.14445313	36,9044	36.55	99,0396
46	0,21	0.1653125	39,4753	39.1	99,5559
49	0,21	0.18757813	42,0475	41.65	99,0546
52	0,21	0.21125	44,6212	44.2	99,0560
55	0,21	0.23632813	47,1963	46.75	99,0543
58	0,21	0.2628125	49,7728	49.3	99,0500
61	0,21	0.29070313	52,3507	51.85	99,0435
64	0,21	0.32	54,93	54.4	99,0351
67	0,21	0.35070313	57,5107	56.95	99,0250
70	0,21	0.3828125	60,0928	59.5	99,0135
73	0,21	0.41632813	62,6763	62.05	99,0007
76	0,21	0.45125	65,2612	64.6	98,9868
79	0,21	0.48757813	67,8475	67.15	98,9719
82	0,21	0.5253125	70,4353	69.7	98,9560
85	0,21	0.56445313	73,0244	72.25	98,9394
88	0,21	0.605	75,615	74.8	98,9221
91	0,21	0.64695313	78,2069	77.35	98,9043
94	0,21	0.6903125	80,8003	79.9	98,8857
97	0,21	0.73507813	83,395	82.45	98,8668
100	0,21	0.78125	85,9912	85	98,8472
103	0,21	0.82882813	88,5888	87.55	98,8273
106	0,21	0.8778125	91,1878	90.1	98,8070

109	0,21	0.92820313	93,7882	92.65	98,7864
112	0,21	0.98	96,39	95.2	98,7654
115	0,21	1.03320313	98,9932	97.75	98,7441
118	0,21	1.0878125	101,5978	100.3	98,7226
121	0,21	1.14382813	104,2038	102.85	98,7008
124	0,21	1.20125	106,8112	105.4	98,6787
127	0,21	1.26007813	109,4200	107.95	98,6565
130	0,21	1.3203125	112,0303	110.5	98,6340
133	0,21	1.38195313	114,6419	113.05	98,6114
136	0,21	1.445	117,255	115.6	98,5885
139	0,21	1.50945313	119,8694	118.15	98,5656
142	0,21	1.5753125	122,4853	120.7	98,5424
145	0,21	1.64257813	125,1025	123.25	98,5192
148	0,21	1.71125	127,7212	125.8	98,4957
151	0,21	1.78132813	130,3413	128.35	98,4722
154	0,21	1.8528125	132,9628	130.9	98,4485
157	0,21	1.92570313	135,5857	133.45	98,4248
160	0,21	2	138,21	136	98,4009



Gambar 6. Efisiensi Trafo Merek Starlite 160 KVA Versus Beban

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 6 diperoleh max efisiensi = 99,5559% pada beban 46 kVA.

Tabel 3. Efisiensi berdasarkan data beban pada trafo trafindo

Waktu	P in (KW)	P out (KW)	persentase (%)
Siang hari	27,6817	27,3011	98,6251
Malam hari	28,432	28,05	98,6460

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa efisiensi terbesar terjadi pada malam hari yaitu sebesar 98,6460, ini menunjukkan bahwa semakin besar selisih data antara daya masuk masuk dan daya keluar maka semakin besar efisiensinya.

Tabel 4. Efisiensi Berdasarkan Data Beban Pada Trafo Starlite

Waktu	P in (KW)	P out (KW)	persentase (%)
Siang hari	18,9478	18,7	98,6921
Malam hari	31,7669	31,45	99,0024

Pada tabel 4 menunjukkan bahwa efisiensi terbesar terjadi pada malam hari yaitu sebesar 99,0024 %, ini menunjukkan bahwa semakin besar selisih data antara daya masuk masuk dan daya keluar maka semakin besar efisiensinya.

Tabel 5. Perhitungan Rugi Berdasarkan Arus Netral pada Trafo Trafindo

Waktu	R_N	I_N (A)	P_N (KW)	Persentase %
Siang hari	0,1262	43	0,23	0,16
Malam hari	0,1262	59	0,43	0,31

Tabel 5 menunjukkan bahwa arus yang lebih netral dan beban yang lebih berat terjadi pada malam hari, sehingga menyebabkan lebih banyak kehilangan daya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa rugi-rugi daya meningkat berbanding lurus dengan jumlah arus yang mengalir melalui penghantar netral transformator; pada malam hari, rugi-rugi listrik meningkat sebesar 0,31%.

Tabel 6. Perhitungan Rugi Berdasarkan Arus Netral Pada Trafo Starlite

Waktu	R_N	I_N (A)	P_N (KW)	Persentase %
Siang hari	0,1514	19	0,0546	0,04
Malam hari	0,1514	34	0,1750	0,12

Tabel 6 menunjukkan bahwa karena arus netral lebih banyak dan beban lebih berat di malam hari, maka rugi-rugi daya juga lebih besar. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa persentase kehilangan daya pada malam hari sebesar 0,12% meningkat seiring dengan banyaknya arus yang mengalir pada penghantar netral transformator.

PENUTUP

Pada kedua transformator terdapat perbedaan persentase rugi daya antara siang hari dan malam hari. Pada transformator X rugi daya lebih besar terjadi pada malam hari pada pukul 19.00 yaitu sebesar 0,31% dan pada siang hari pada pukul 11.00 sebesar 0,16%. Sedangkan pada transformator Y rugi daya juga lebih besar pada malam hari pada pukul 19.00 yaitu sebesar 0,12% dan pada siang hari pada pukul 11.00 yaitu sebesar 0,04%. Pada transformator X, efisiensi yang terjadi di siang hari pada pukul 11.00 sebesar 98,6285 % ,sedangkan pada hasil simulasi dengan beban yang sama (32 kVA) sebesar 98,5965. Efisiensi pada malam hari pada pukul 19.00 sebesar 98,8797 % ,sedangkan pada hasil simulasi dengan beban yang sama (33 kVA) sebesar 98,6674 %. Pada transformator Y, efisiensi yang terjadi di siang hari pada pukul 11.00 sebesar 98,7246 %, sedangkan pada hasil simulasi dengan beban yang sama (22

kVA) sebesar 98,6921 %. Efisiensi pada malam hari pada pukul 19.00 sebesar 99,0001 %, sedangkan pada hasil simulasi dengan beban yang sama (36 kVA) sebesar 99,0024 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Anang Dasa Novfowan, Mochammad Mieftah, and Wijaya Kusuma, "Alternatif Penanganan Losses Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi," *J. Tek. Ilmu Dan Apl.*, vol. 9, no. 1, pp. 83–90, 2021, doi: 10.33795/jtia.v9i1.17.
- A. Darwanto, "ANALISIS KETIDAK SEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI Di PT. PLN (Persero) RAYON CEPU," *Simetris*, vol. 15, no. 1, pp. 35–42, 2021, doi: 10.51901/simetris.v15i01.179.
- A. Setiawan, "Analisis Real Time Rugi-Rugi Akibat Ketidakseimbangan Pembebanan Pada Trafo Berbasis Labview," *Epic J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2018, doi: 10.32493/epic.v1i2.1081.
- A. Azis, N. Nurdiana, and U. L. Nisa, "Rugi-rugi Daya pada Transformator U.019 PT. PLN 9persero) WS@JB Rayon Ampera Akibat Ketidakseimbangan Beban," *J. Ampere*, vol. 3, no. 1, p. 177, 2018, doi: 10.31851/ampere.v3i1.3475.
- E. S. Nasution, F. I. Pasaribu, and M. H. Hidayat, "Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 kVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3," *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 2, no. 2, pp. 28–39, 2021, doi: 10.53695/jm.v2i2.562.
- E. Suyandi *et al.*, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Area Rayon Yogyakarta Kota Di Pt. Pln (Persero) Apj Gedong Kuning Yogyakarta," *J. Elektr.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–10, 2017.
- H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, "Analisis Rugi-Rugi (Losses) Transformator Daya 150 / 20 KV di PT . PLN (Persero) Gardu Induk Sutami ULTG Tarahan," vol. 15, no. 2, 2019.
- J. Sentosa Setiadji, T. Machmudsyah, and Y. Isnanto, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 68–73, 2008, doi: 10.9744/jte.7.2.68-73.
- J. Tiro and R. L., "Analisis Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Di PT PLN(Persero) ULP Malino," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 3, no. 2, p. 69, 2019, doi: 10.31963/elekterika.v3i2.1553.
- M. Muhammad, S. Meliala, and D. Damayanti, "MENGATASI BEBAN LEBIH TRANSFORMATOR GARDU DISTRIBUSI DENGAN MENGGUNAKAN TRAF0 SISIP DI PT PLN (Persero) ULP LANGSA KOTA," *J. Energi Elektr.*, vol. 11, no. 1, p. 29, 2022, doi: 10.29103/jee.v11i1.7735.
- Z. Abidin and A. S. Mubarak, "Analisis Perawatan Dan Penanganan Gangguan Pada Trafo Distribusi 20 KV Di PT. PLN (Persero) Lamongan Rayon Brondong Berbasis Tinjauan Power Quality," *Informatics, Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, p. 12, 2021, doi: 10.33474/infotron.v1i1.11227.