

# Analysis of Estimated Life Time of Power Transformers Based on Top Oil Temperature and Winding Insulation Temperature at the Teling Switchyard

Analisa Perkiraan Umur Transformator Daya

Berdasarkan Temperature Atas Oli Dan Temperature Isolasi Belitan Pada Gardu Induk Teling

Juno Gilead Kerap, Lily S. Patras, Glanny M. C. Mangindaan,

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : [junokerap023@student.unsrat.ac.id](mailto:junokerap023@student.unsrat.ac.id), [lily\\_spatras@unsrat.ac.id](mailto:lily_spatras@unsrat.ac.id), [glanny\\_m@unsrat.ac.id](mailto:glanny_m@unsrat.ac.id)

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

**Abstract** — *The demand for electrical energy in the modern era is crucial due to increasing infrastructure development and technological advancements, leading to a rapid surge in electricity consumption. Understanding the lifespan of transformers is essential to assess their performance. Two critical factors in determining a transformer's remaining lifespan are calculating the top-oil temperature and assessing the winding insulation. An analysis was conducted for the months of April and May 2023, with the aim of understanding the daily temperature fluctuations over a two-month period and calculating the percentage increase when the load reaches its peak. The load ratio in April was 0.68%, while in May, it was 0.51%. The results of the calculations indicate that as the load increases, the top-oil temperature rises correspondingly. Conversely, lower loads result in lower top-oil temperature increases. Similar trends were observed for the insulation winding temperature. Higher loads accelerated the relative thermal aging of the winding insulation, while lower loads slowed down this aging process. Consequently, the remaining lifespan of Transformer 2 at the Teling Substation in April, when the load was at 68.38%, showed a depreciation rate of 34.52 pu/day, resulting in an estimated remaining lifespan of 11 months. In May, with a load of 51.44%, the depreciation rate was 30.30 pu/day, indicating a remaining lifespan of 13 months.*

**Keywords:** *Transformer, top-oil temperature, winding insulation temperature, remaining life time, maintenance transformer.*

**Abstrak** — *Kebutuhan akan energi listrik pada zaman modern saat ini sangat dibutuhkan dengan terjadinya peningkatan infrastruktur serta perkembangan akan teknologi sehingga pemakaian akan sumber energi listrik terjadi peningkatan yang sangat pesat. Mengetahui umur dari Transformator sangat penting agar kinerja dari Transformator bisa diketahui, ada dua hal yang penting untuk menentukan sisa umur Transformator yaitu dengan menghitung Temperature Atas dari Oli dan menghitung Isolasi Belitan dari Transformator tersebut. Analisa dilakukan bulan April dan Mei Tahun 2023, yang bertujuan mengetahui kenaikan Temperature setiap hari dalam waktu 2 bulan, serta menghitung presentase kenaikan saat beban mencapai beban puncak. Rasio pembebanan pada bulan April mencapai 0.68% dan untuk bulan Mei mencapai 0.51%, sehingga dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar beban yang terjadi semakin tinggi kenaikan Temperature Atas dari Oli dan sebaliknya semakin kecil beban yang terjadi semakin rendah pula tinggi kenaikan Temperature Atas dari Oli. Sama halnya dengan*

*Temperature Isolasi Belitan, semakin besar beban yang terjadi semakin cepat laju penuaan Thermal Relatif dari Isolasi Belitan dan sebaliknya, semakin kecil beban yang terjadi semakin kecil laju penuaan Thermal Relatif dari Isolasi Belitan, sehingga sisa umur dari Transformator 2 pada Gardu Induk Teling pada pada bulan April untuk hasil saat beban 68.38% nilai Susut Umur dari Transformator adalah 34, 52 pu/hari dan Sisa Umur adalah 11 bulan sedangkan Pada bulan Mei untuk hasil saat beban 51,44% nilai Susut Umur dari Transformator adalah 30,30 pu/hari dan Sisa Umur adalah 13 bulan.*

**Kata Kunci:** *Transformator, temperature atas oli, temperature isolasi belitan, sisa umur, pemeliharaan transformator*

## I. PENDAHULUAN

Pada era modern saat ini, permintaan akan pasokan listrik terus meningkat setiap tahunnya, sejalan dengan kemajuan industri dan teknologi yang sedang berkembang pesat. Transformator (trafo) memegang peranan krusial sebagai salah satu perangkat utama dalam mengalirkan energi listrik dari sumber pembangkit, melalui jaringan transmisi, hingga ke rumah-rumah dan bisnis konsumen. (Rodrigo Garcia Motta, Angélica Link, Viviane Aparecida Bussolaro et al., 2021) Transformator atau trafo adalah sebuah perangkat listrik yang mengubah energi listrik dari satu bentuk ke bentuk lainnya. (Teknik et al., 2023) Tegangan listrik yang dihasilkan oleh transformator adalah hasil dari persyaratan energi listrik yang diperlukan. Penggunaan transformator dalam jangka panjang dapat mengakibatkan degradasi kualitas minyak transformator, yang dapat mengakibatkan penurunan kinerja transformator dan bahkan potensi kerusakan yang mungkin mengakibatkan gangguan dalam distribusi beban listrik.

Transformator dalam sistem tenaga berperan dalam mengubah atau menaikkan serta menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan konsumen. (Teknik et al., 2023) Pembebanan pada transformator dapat meningkatkan suhu pada isolasi, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan penurunan kualitas isolasi pada transformator. (Sigid, 2018) Maka dari itu, penting untuk memahami tingkat penurunan usia atau umur transformator agar kita dapat memperkirakan

kan transformator akan mencapai akhir umurnya dan berhenti berfungsi. (BARASA et al., 2020) Penyusutan umur pakai transformator dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk pola pembebanan yang menyebabkan peningkatan suhu pada transformator. Faktor lain yang dapat mempercepat penuaan transformator meliputi pengaruh suhu lingkungan, suhu belitan transformator, dan suhu minyak transformator. Suhu udara di sekitar lokasi operasi transformator memiliki dampak signifikan pada karakteristik termal dan suhu titik panas belitan transformator. (Rodrigo Garcia Motta, Angélica Link, Viviane Aparecida Bussolaro et al., 2021) Penyediaan daya kepada beban harus disesuaikan dengan kebutuhan daya, yang tergantung pada daya reaktif yang diserap oleh beban tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan umur pakai transformator daya di Gardu Induk Teling dimana penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi PT.PLN (Persero) Gardu Induk Teling dalam hal masa pakai Transformator Daya. Untuk itu dengan beberapa latar belakang diatas maka saya mencoba untuk meneliti dan menganalisa masalah umur Transformator Daya dengan melihat pada Temperature Atas Oli (*Temperature Top Oil*) Transformator dan Temperature Isolasi Belitan.

#### A. Penelitian Terkait

- 1) Studi Analisa Perkiraan Umur Transformator Distribusi 20 kV Akibat Pembebanan. Penelitian ini dibuat oleh Chairul N Anshar (2022). Penelitian membahas tentang Susut umur transformator dipengaruhi oleh isolasi belitan transformator dan minyak transformator di PT.PLN (Persero) Rayon Tabing, dan penelitian ini menghasilkan susut umur didapatkan hanya berasal dari pengaruh penurunan isolasi akibat pemeasan dari pembebanan dan suhu sekitar namun belum menghitung pengaruh yang lain.
- 2) Analisis Pengaruh Temperature terhadap Kinerja Transformator pada PLTD TITI KUNING. Penelitian ini dibuat oleh Subur Manullang dan Sri Anita (2020). Penelitian ini membahas tentang kualitas oli trafo untuk mengetahui kondisi trafo tersebut, sehingga mendapatkan hasil dari pengujian tersebut kandungan dan kekuatan di elektrik minyak trafo sebagai indikator kondisi trafo.

#### B. Transformator

Transformator adalah sebuah perangkat listrik yang mampu mentransfer dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih sirkuit listrik ke sirkuit listrik lainnya berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. (Rodrigo Garcia Motta, Angélica Link, Viviane Aparecida Bussolaro et al., 2021) Transformator sering menjadi komponen yang penting dalam bidang kelistrikan dan elektronika.

Transformator digunakan dalam sistem tenaga sesuai dengan kebutuhan, seperti untuk mengubah tegangan menjadi tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh. Di bidang elektronika, transformator berperan sebagai perangkat gandeng impedansi antara sumber dan beban, memisahkan satu sirkuit

dari yang lain, serta menghambat aliran arus searah sambil memungkinkan aliran arus bolak-balik antara sirkuit-sirkuit tersebut. (Igirisa et al., 2021)

##### 1) Prinsip Kerja transformator

Transformator terdiri dari dua kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder, keduanya bersifat induktif. Meskipun terpisah secara fisik, kumparan-kumparan ini terhubung secara magnetis melalui suatu jalur yang memiliki reluktansi rendah. (Rodrigo Garcia Motta, Angélica Link, Viviane Aparecida Bussolaro et al., 2021)

Ketika kumparan primer terhubung dengan sumber tegangan bolak-balik, fluks magnetik akan terbentuk. Karena kumparan primer membentuk suatu jalur tertutup, ini akan menyebabkan arus primer mengalir. Akibat adanya fluks di kumparan primer, akan terjadi induksi sendiri (self-induction), dan ini juga akan mengakibatkan terjadinya induksi di kumparan sekunder karena pengaruh kumparan primer, yang sering disebut sebagai induksi saling (mutual induction). Akibatnya, akan mengalir arus sekunder ketika kumparan sekunder dibebani, dan inilah yang memungkinkan energi listrik untuk didistribusikan atau digunakan. (BARASA et al., 2020)

##### 2) Komponen Utama transformator

Konstruksi dasar dari Transformator Daya, yaitu:

###### a. Inti (*Core*)

Fungsi dari bagian ini adalah sebagai jalur untuk mengarahkan fluks magnetik yang muncul karena arus bolak-balik yang mengalir di sekitar inti besi dan mengalirkan fluks tersebut ke kumparan lainnya. (Rodrigo Garcia Motta, Angélica Link, Viviane Aparecida Bussolaro et al., 2021)

###### b. Belitan (*Winding*)

Konduktor pembawa arus ini adalah bagian penting dari transformator. Ketika ada arus yang mengalir melalui konduktor ini, inti besi dalam transformator akan terinduksi dan menciptakan medan magnet yang menghasilkan fluks magnetik. (Manullang et al., 2022)

###### c. Bushing

Sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar bushing. Bushing terdiri dari:

- a) *Bushing* Kondenser, yang dipakai pada rating 72,5kV ke atas.
- b) *Bushing* non-Kondenser, yang dipakai pada rating 72,5kV ke bawah.

###### d. Pendingin

Suhu transformator yang beroperasi memengaruhi kualitas tegangan dalam jaringan listrik, oleh karena itu, penggunaan sistem pendinginan sangat penting. Metode pendinginan dibagi menjadi dua yaitu: (Rodrigo Garcia Motta, Angélica Link, Viviane Aparecida Bussolaro et al., 2021)

a) Pendingin Alami (*Natural Oil*)

Metode ini mengandalkan aliran udara alami atau konduksi panas melalui permukaan transformator tanpa menggunakan peralatan tambahan seperti kipas atau radiator. (Rifligultom020, 2022)

b) Pendingin Paksa (*Forced Oil*)

Metode ini melibatkan penggunaan peralatan tambahan seperti kipas atau radiator untuk meningkatkan laju perpindahan panas dari transformator, yang secara efektif mengurangi suhu kerja transformator. (Rifligultom020, 2022)

Pemilihan metode pendinginan akan tergantung pada kapasitas transformator, lingkungan operasional, dan kebutuhan kualitas tegangan dalam jaringan.

C. *Pemeliharaan Transformator*

Pemeliharaan Transformator adalah serangkaian tindakan yang dilakukan secara teratur untuk menjaga performa agar optimal dan memperpanjang umur operasional Transformator. (Hughes, 2008) Berikut adalah beberapa langkah yang umum dilakukan dalam pemeliharaan Transformator:

1. Pemeriksaan Visual

Lakukan pemeriksaan visual secara teratur untuk memastikan tidak ada kerusakan fisik seperti retakan, kebocoran minyak isolasi, atau kehilangan baut. Periksa juga kondisi terminal, kliring, dan sistem pendingin. (Sabari, 2009)

2. Pengujian Tegangan Isolasi

Lakukan pengujian tegangan isolasi secara periodik untuk memeriksa keandalan isolasi transformator. Pengujian ini melibatkan penerapan tegangan tinggi pada gulungan dan mengukur arus bocor. Hasil pengujian ini dapat membantu mengidentifikasi masalah isolasi sebelum terjadi kerusakan yang serius. (Sabari, 2009)

3. Analisis Minyak Isolasi

Pengambilan dan analisis sampel minyak isolasi transformator adalah langkah penting dalam pemeliharaan. Sampel minyak diuji untuk mendeteksi adanya kelebihan panas, kelembaban, kontaminasi, atau produk degradasi. Analisis minyak dapat memberikan informasi tentang kondisi transformator dan membantu dalam mengambil tindakan perbaikan yang tepat waktu. (Surya Subaga et al., 2019)

4. Pemeriksaan dan Perawatan Sistem Pendingin

Pastikan sistem pendingin, seperti kipas dan radiator, berfungsi dengan baik. Bersihkan debu atau kotoran yang dapat menghambat aliran udara atau pendinginan. Periksa juga kondisi kipas, bantalan, dan sistem pompa pendingin jika transformator menggunakan sistem pendingin cair. (Hughes, 2008)

5. Pemeriksaan Suhu

Monitor suhu transformator secara teratur. Gunakan termometer atau sensor suhu yang tepat untuk mengukur suhu inti, suhu minyak, dan suhu lingkungan. Pemantauan suhu yang akurat membantu dalam mendeteksi kemungkinan masalah atau kondisi operasional yang tidak normal.

6. Pembersihan

Bersihkan transformator secara teratur dari debu, kotoran, atau kontaminan lainnya. Pastikan ventilasi dan saluran udara tetap terbuka agar aliran udara tidak terhambat. (Sadi, 2020)

7. Perawatan Rutin

Ikuti jadwal perawatan rutin yang dianjurkan oleh produsen atau standar industri. Ini dapat mencakup penggantian tap changer, pengetatan konektor, penggantian perangkat pelindung, dan pemeriksaan komponen lainnya. (Teknik et al., n.d.)

8. Catatan dan Dokumentasi

Selalu catat semua tindakan perawatan yang dilakukan, termasuk pengujian, perbaikan, dan inspeksi. Catatan ini penting untuk melacak riwayat pemeliharaan dan membantu dalam analisis lebih lanjut jika terjadi masalah. (Lie Darwin, 2020)

D. *Rumus Perhitungan*

1. Untuk menghitung perkiraan sisa umur Transformator Daya dapat menggunakan berbagai metode, termasuk:

$$n = \frac{\text{umur dasar (tahun)} - \text{umur pakai (tahun)}}{\text{susut umur}}$$

Dimana:

$n$  = Sisa Umur Transformator

$L$  = Susut Umur Transformator

$Umur Dasar$  = Standar IEC (30 tahun)

2. Untuk menghitung Temperature Atas dari Oli saat beban stabil dapat menggunakan cara sebagai berikut:

$$\Delta\theta_b = \Delta\theta_{or} \left( \frac{1 + dk^2}{1 + d} \right)^x$$

3. Sedangkan untuk mencari  $d$  dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d = \frac{\text{Rugi tembaga daya pengenalan}}{\text{rugi beban nol}}$$

Dimana:

$\Delta\theta_b$  = Kenaikan Temperature Top Oil untuk beban stabil ( $^{\circ}C$ )

$\Delta\theta_{or}$  = Kenaikan Temperature Top Oil ( $^{\circ}C$ )

$K$  = Rasio Pembebanan

$d$ = Perbandingan Rugi

$x$ = Eksponen untuk Minyak (0,8)

4. Untuk menghitung Temperature Atas dari Oli saat beban berubah-ubah dapat menggunakan cara sebagai berikut:

$$\Delta\theta_{on} = \Delta\theta_{o(n-1)} + (\Delta\theta_b - \Delta\theta_{o(n-1)})(1 - e^{-t/T})$$

Dimana:

$\Delta\theta_{on}$  = Kenaikan Temperature Top Oil beban berubah-ubah (°C)

$\Delta\theta_{o(n-1)}$  = Kenaikan Temperature Minyak Awal (°C)

$\Delta\theta_b$  = Kenaikan temperature minyak yang sudah distabilkan (°C)

$t$  = Lama pengamatan (1 jam)

$\tau$  = Konstanta waktu minyak (2,5)

5. Untuk menghitung laju penuaan Relatif Isolasi Belitan dari Transformator Daya dapat menggunakan cara sebagai berikut:

$$v = 10^{(\theta_h - \frac{98}{19.93})}$$

Dimana:

$v$  = Laju penuaan Thermal Relatif (pu/jam)

$\theta_h$  = Temperature Hot Spot (°C)

6. Untuk menghitung Temperature Hot Spot dapat menggunakan cara sebagai berikut:

$$\theta_h = \theta_a + \Delta\theta_{on} + \Delta\theta_{td}$$

Dimana :

$\theta_h$  = Temperature Hot Spot (°C)

$\theta_a$  = Temperature Lingkungan (°C)

$\Delta\theta_{on}$  = Kenaikan Temperature Top Oil beban Berubah-ubah

$\Delta\theta_{td}$  = Selisih antara Hot Spot dengan Top Oil

7. Untuk menghitung selisih Temperature antara Hot Spot dengan Top Oil dapat menggunakan cara sebagai berikut:

$$\Delta\theta_{td} = (\Delta\theta_{hr} - \Delta\theta_{or})K^{2y}$$

Dimana :

$\Delta\theta_{td}$  = Temperature Hot Spot (°C)

$\Delta\theta_{hr}$  = Temperature Lingkungan (°C)

$\Delta\theta_{or}$  = Kenaikan Temperature Top Oil beban Berubah-ubah

$K$  = Rasio Pembebanan

$y$  = Eksponen suhu Kumparan (1,3)

8. Untuk menghitung susut umur Transformator dapat menggunakan cara sebagai berikut:

$$L = \frac{1}{3T} \left\{ \sum 4V_{odd} + \sum 2V_{even} \right\}$$

Dimana :

$L$  : Susut umur

$T$  : Waktu (24 jam)

$V_{odd}$  : Nilai laju penuaan thermal relatif (v) pada jam ganjil

$V_{even}$  : Nilai laju penuaan thermal relatif (v) pada Jam genap

9. Untuk menghitung Rasio Pembebanan Transformator dapat menggunakan cara sebagai berikut:

$$K = \frac{S}{Sr}$$

Dimana :

$K$  : Rasio Pembebanan

$S$  : Beban Transformator (%)

$Sr$  : Beban Puncak (%)

#### E. Rugi-rugi pada Transformator

Kerugian dalam transformator meliputi kerugian inti atau besi serta kerugian tembaga. (Faujiriyanto & Jamaaluddin, 2020) Energi listrik yang memasuki transformator tidak akan sebanding dengan energi listrik yang keluar, karena ada hilangnya energi akibat arus yang terbuang saat melewati transformator. (Rifligultom020, 2022)

Berikut adalah rugi yang terjadi pada Transformator:

##### 1. Rugi Hysterisis ( $Ph$ )

Ini disebabkan oleh perubahan arah dan kekuatan fluks magnetik dalam inti besi saat arus bolak-balik mengalir melalui transformator. Perubahan ini memerlukan energi untuk mengatur magnetisasi inti besi dan menyebabkan hilangnya energi dalam bentuk panas.

##### 2. Rugi-rugi Arus Eddy

Kerugian ini terjadi karena pemanasan dalam inti besi akibat adanya arus terinduksi dalam inti. Arus ini terjadi karena adanya perbedaan tegangan antara berbagai bagian dari inti yang mengakibatkan arus berputar-putar dalam inti, terutama di daerah yang lebih luas atau tebal. (Dermawan & Marthalia, 2020)

##### 3. Kerugian Kekosongan ( $Stray Losses$ )

Timbul karena distribusi medan magnet di sekitar transformator yang tidak sepenuhnya terkonsentrasi dalam inti besi. Kerugian ini dapat terjadi di bahan isolasi dan struktur transformator lainnya.

##### 4. Kerugian Beban (Load Loss)

Terjadi ketika transformator beroperasi di bawah beban. Ini disebabkan oleh arus yang mengalir melalui



kumparan primer dan sekunder untuk memasok daya ke beban.

Semua jenis kerugian ini merupakan bagian penting dalam analisis kerugian transformator dan perlu diperhitungkan dalam perancangan dan pemeliharaan transformator untuk meminimalkan pemborosan energi dan menjaga efisiensi transformator.

## II. DATA DAN PERHITUNGAN

### A. Data Transformator

Penelitian ini di lakukan di Gardu Induk Teling dan yang menjadi objek penelitian adalah Transformator Daya 70/20kV dengan kapasitas 10MVA. Transformator ini pakai mulai dari tahun 1987 dan dengan demikian Transformator ini telah beroperasi selama 36 tahun. Adapun spesifikasi dari Transformator Daya tersebut dapat dilihat pada Name Plate dibawah pada gambar 1 dan gambar 2 serta spesifikasi transformator 2 pada GI Teling dapat dilihat pada Tabel 1 dan gambar transformator bisa dilihat pada gambar 3.



Gambar 1 Name Plate Atas



Gambar 2 Transformator 2 pada GI Teling

TABEL I  
SPESIFIKASI TRANSFORMATOR 2 PADA GI TELING

Keterangan Data Transformator	
Merk	HYUNDAI
Nomor Seri	T73007
Tahun Pembuatan	1987
Tahun Operasi	1987
Tegangan Kerja	70/20 kV
Jenis Pendinginan	ONAN
Type	TM 267
Kapasitas	10 MVA
Pentanahan	Liquid / 40 Ω

TABEL II  
DATA BEBAN BULAN APRIL

Identifikasi Tanggal Pencatatan	kV	A	MW	MVAr	MVA	Load%	Remarks	Notes
30 Apr 2023-18.00-MALAM	46/52	46	5.02	1.80	4.14	41.43	OPR	[OLTC: 1731831]
30 Apr 2023-13.00-SIANG	45/50	44	4.70	1.70	3.81	38.11	OPR	[OLTC: 1730601]
29 Apr 2023-18.00-MALAM	40/47	48	5.08	1.90	3.91	39.08	OPR	[OLTC: 1731701]
29 Apr 2023-13.00-SIANG	46/50	44	4.60	1.60	3.81	38.11	OPR	[OLTC: 1730621]
28 Apr 2023-13.30-SIANG	52/46	44	5.10	1.81	3.51	35.06	OPR	[OLTC: 1731611]
27 Apr 2023-18.00-MALAM	51/44	52	5.50	2.10	3.96	39.63	OPR	[OLTC: 1731531]
27 Apr 2023-13.00-SIANG	50/44	50	5.18	1.91	3.81	38.11	OPR	[OLTC: 1731521]
26 Apr 2023-18.30-MALAM	54/84	47	5.09	1.80	6.84	68.38	OPR	[OLTC: 173131]
26 Apr 2023-13.00-SIANG	49/53	0	0.00	0.00	0.00	0.00	OPR	[OLTC: 173138] Trafo dalam keadaan DI LEPAS (pemeriksaan)
25 Apr 2023-18.00-MALAM	50/54	48	5.10	1.70	4.49	44.89	OPR	[OLTC: 1731351]
25 Apr 2023-13.00-SIANG	49/54	47	5.09	1.80	4.40	43.96	OPR	[OLTC: 1731331]
24 Apr 2023-18.00-MALAM	50/50	49	5.31	1.93	4.24	42.44	OPR	[OLTC: 1731311]
24 Apr 2023-13.00-SIANG	52/54	48	5.03	2.16	4.49	44.89	OPR	[OLTC: 1731291]
24 Apr 2023-06.00-PAGI	41/47	13	1.32	0.49	1.06	10.58	OPR	[OLTC: 1731271]
23 Apr 2023-18.00-MALAM	49/53	44	4.83	1.72	4.04	40.39	OPR	[OLTC: 1731271]
23 Apr 2023-13.00-SIANG	50/56	38	4.54	1.51	3.69	36.86	OPR	[OLTC: 1731271]
23 Apr 2023-06.00-PAGI	42/46	12	1.20	0.40	0.96	9.56	OPR	[OLTC: 1731061]

TABEL III  
DATA BEBAN BULAN MEI

Identifikasi Tanggal Pencatatan	kV	A	MW	MVAr	MVA	Load%	Remarks	Notes
31 Mei 2023-14.00-SIANG	51/55	54	5.70	2.00	5.14	51.44	OPR	[OLTC: 1734501]
29 Mei 2023-14.00-SIANG	54/48	52	5.60	1.90	4.32	43.23	OPR	[OLTC: 1734371]
28 Mei 2023-18.00-MALAM	49/50	45	5.20	1.70	3.90	38.97	OPR	[OLTC: 1734531]
28 Mei 2023-14.00-SIANG	52/49	53	5.20	1.70	4.50	44.98	OPR	[OLTC: 1734321]
27 Mei 2023-18.00-MALAM	47/54	48	5.35	1.92	4.49	44.89	OPR	[OLTC: 1734271]
27 Mei 2023-13.00-SIANG	45/50	44	5.47	1.79	3.81	38.11	OPR	[OLTC: 1734271]
26 Mei 2023-18.00-MALAM	46/54	51	5.49	1.98	4.77	47.70	OPR	[OLTC: 1734231]
26 Mei 2023-13.00-SIANG	45/50	48	5.39	1.87	4.16	41.57	OPR	[OLTC: 1734231]
25 Mei 2023-14.00-SIANG	52/49	53	5.30	1.80	4.50	44.98	OPR	[OLTC: 1734171]
24 Mei 2023-18.00-MALAM	48/58	51	55.55	1.97	5.12	51.23	OPR	[OLTC: 1734111]
24 Mei 2023-14.00-SIANG	55/51	53	5.70	1.90	4.68	46.82	OPR	[OLTC: 1734061]
24 Mei 2023-13.00-SIANG	51/55	53	5.70	1.90	5.05	50.49	OPR	[OLTC: 1734061]
23 Mei 2023-18.00-MALAM	48/51	53	5.67	2.08	4.68	46.82	OPR	[OLTC: 1734021]
23 Mei 2023-14.00-SIANG	51/55	52	5.50	1.80	4.95	49.54	OPR	[OLTC: 1734021]

### B. Data Operasi dari transformator

Berdasarkan Data Beban Transformator 2 yang beroperasi pada Gardu Induk Teling yang sudah didapatkan maka telah disusun data-data tersebut dalam tabel 2 dan tabel 3 diatas dengan jangka waktu 8 hari dalam bulan april dan bulan mei.

### C. Data Gangguan GI Teling

Gangguan-gangguan pada Transformator dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

1. Gangguan Internal
2. Gangguan Eksternal

Tabel di bawah ini merupakan rekapitulasi Data Gangguan Pada Transformator 2 di Gardu Induk Teling pada bulan April tahun 2023 sesuai dengan data yang didapatkan pada tabel 4.

TABEL IV  
DATA GANGGUAN BULAN APRIL

NAMA PMT	JUMLAH PMT		BEBAN TERTINGGI		KWH	KETERANGAN
	TRIP	LEPAS	Amp	Export Import		
SL 3.6 Trafo 2 (10MVA)	0	1	50	-	-	Pemeliharaan
SL 2.3 Incoming Trafo 2 (10MVA)	0	1	189	-	-	Pemeliharaan Transformator 2
SL 1 Penyulang Koka						-
SL 2 Penyulang Toar						-
SL 3 Penyulang Mega Mas	0	1	189	-	-	Pemeliharaan Transformator 2
SL 4 Penyulang GH Sario						-
SL 6 Penyulang Pakova						-
PS I		1				Pemasangan CW Pro Meter
PS II						-
PS III						-
ICON						-

TABEL V  
DATA TEMPERATURE BULAN APRIL

Tanggal	10:00			14:00			18:00		
	Temp			Temp			Temp		
	Top oil	W	O TAP	Top oil	W	O TAP	Top oil	W	O TAP
24	48	52	8b	50	54	8b	50	54	8b
25	48	53	7	48	54	8b			
26	47	52	7	49	53	7	44	48	2
27	44	48	7	44	50	8b	44	51	9
28	52	48	7	52	46	8			
29	45	49	7	46	50	8b	40	47	8b
30	42	46	8b	45	50	8b	46	52	8b

TABEL VI  
DATA TEMPERATURE BULAN MEI

Tanggal	10:00			14:00			18:00		
	Temp			Temp			Temp		
	Top oil	W	O TAP	Top oil	W	O TAP	Top oil	W	O TAP
24	50	54	7	51	55	8b	48	58	8b
25	48	51	7	49	52	8	40	48	8
26	45	50	7	46	52	8b	46	54	8b
27	45	50	7	47	52	8b	47	54	8b
28	45	50	8	49	54	8	49	54	8
29	48	52	7	48	54	8	46	50	7
30	49	53	7	53	59	8	50	53	7
31	50	54	7	51	55	8b	50	58	8b

### D. Data temperature dari transformator 2 Gardu Induk Teling

Berdasarkan dengan adanya Data Temperature dari Transformator Daya pada Gardu Induk Teling dalam jangka waktu 1 minggu dan dengan skala pengambilan Data yaitu

pukul 10.00, pukul 14.00, dan 18.00 dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6 diatas

### E. Perhitungan-perhitungan

#### 1) Perhitungan Top oil dan Belitan bulan april

##### a. Menghitung Rasio Pembebanan (K)

Untuk menghitung rasio pembebanan, kita bisa menggunakan rumus berikut:

$$K = \frac{S}{Sr}$$

$$K = \frac{68,38\%}{100\%}$$

$$K = 0,68$$

##### b. Menghitung Perbandingan Rugi (d)

Perhitungan untuk mengestimasi perbandingan kerugian dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$d = \frac{\text{rugi tembaga daya pengenal}}{\text{rugi beban nol}}$$

$$d = \frac{5,5kW}{5,76kW}$$

$$d = 0,95kW$$

##### c. Menghitung Kenaikan temperature Top oil yang Stabil ( $\Delta Q_b$ )

Kenaikan suhu minyak atas (top oil) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta\theta_b = \Delta\theta_{or} \left( \frac{1 + dk^2}{1 + d} \right)^x$$

$$\Delta\theta_b = 52 \left( \frac{1 + 0,95(0,68)^2}{1 + 0,95} \right)^{0,8}$$

$$\Delta\theta_b = 52 \left( \frac{1,43928}{1,95} \right)^{0,8}$$

$$\Delta\theta_b = 52(0,78)$$

$$\Delta\theta_b = 40,56^\circ\text{C}$$

##### d. Menghitung Kenaikan Temperatur Top Oil yang berubah-ubah

Untuk menghitung kenaikan suhu minyak atas (top oil temperature) adalah dengan menggunakan rumus berikut:

$$\Delta\theta_{on} = \Delta\theta_{o(n-1)} + (\Delta\theta_b - \Delta\theta_{o(n-1)})(1 - e^{-t/T})$$

$$\Delta\theta_{on} = 52 + (40,56^\circ\text{C} - 52)(1 - 2,7^{-5/2,5})$$

$$\Delta\theta_{on} = 52 + (-11,44)(0,86)$$

$$\Delta\theta_{on} = 42,2^\circ\text{C}$$

- e. Menghitung Selisih Antara Temperatur Hot Spot dengan Top Oil

Selisih suhu antara hot spot (titik panas) dengan suhu minyak atas (top oil) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{td} &= (\Delta\theta_{hr} - \Delta\theta_{or})K^{2y} \\ \Delta\theta_{td} &= (67,6 - 52)0,68^{2(1.3)} \\ \Delta\theta_{td} &= 5,72^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- f. Menghitung Temperatur Hot Spot

Untuk menghitung suhu hot spot, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \theta_h &= \theta_a + \Delta\theta_{on} + \Delta\theta_{td} \\ \theta_h &= 30 + 52^\circ\text{C} + 5,72^\circ\text{C} \\ \theta_h &= 77,92^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- g. Menghitung Laju Penuaan Thermal Relatif Isolasi Belitan

Untuk menghitung laju penuaan termal relatif isolasi belitan, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V &= 10^{(\theta_h - \frac{98}{19,93})} \\ V &= 10^{(77,92 - \frac{98}{19,93})} \\ V &= 0,1 \text{ pu/jam} \end{aligned}$$

## 2) Perhitungan Susut Umur dan Sisa Umur Trafo

- a. Menghitung Susut Umur bulan April (L)

Untuk menghitung susut umur pada bulan April, Anda dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{3T} \left\{ \sum 4 \text{ Vodd} + \sum 2 \text{ Veven} \right\} \\ L &= \frac{1}{3T} \{ 4(40+46+51+50+50+49+49+50+42)+ \\ &\quad 2(46+45+52+54+49+50+52+41) \} \\ L &= \frac{1}{72} (1708 + 778) \\ L &= 34,52 \text{ pu/hari} \end{aligned}$$

- b. Perkiraan Sisa Umur bulan april

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan susut umur transformator, kita dapat menghitung perkiraan sisa umur transformator dengan menggunakan persamaan berikut

$$n = \frac{\text{umur dasar} - \text{umur pakai}}{\text{susut umur}}$$

$$n = \frac{40 - 36}{34,52}$$

$$n = 0,11 \text{ bulan}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dengan beban tertinggi yang ada pada bulan april maka bisa diperkirakan Sisa Umur Transformator sudah tidak akan lama lagi dan hasilnya adalah 0,11 bulan.

- c. Menghitung Susut Umur bulan Mei (L)

Untuk menghitung susut umur pada bulan Mei, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{3T} \left\{ \sum 4 \text{ Vodd} + \sum 2 \text{ Veven} \right\} \\ L &= \frac{1}{3(24)} \{ 4(55+48+54+50+49+51+55+ \\ &\quad 2(50+49+54+50+58+51+55)) \} \\ L &= \frac{1}{72} (1448+734) \\ L &= 30,30 \text{ pu/hari} \end{aligned}$$

- d. Perkiraan Sisa Umur bulan Mei

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan susut umur transformator, kita dapat menghitung perkiraan sisa umur transformator dengan menggunakan persamaan yang sesuai. Persamaan tersebut dapat berbeda tergantung pada faktor-faktor seperti kondisi transformator, lingkungan operasional, dan metode analisis yang digunakan. Jadi, perlu diketahui persis persamaan yang digunakan dalam kasus tertentu untuk menghitung perkiraan sisa umur transformator:

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{umur dasar} - \text{umur pakai}}{\text{susut umur}} \\ n &= \frac{40 - 36}{30,30} \\ n &= 0,13 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dengan beban tertinggi yang ada pada bulan mei maka bisa diperkirakan Sisa Umur Transformator sudah tidak akan lama lagi dan hasilnya adalah 0,13 bulan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Perhitungan

Setelah melakukan perhitungan yang telah dijelaskan di atas, hasilnya dapat dicatat dan disajikan dalam sebuah tabel dibawah ini.

Pada Tabel 7 di bawah bisa dilihat hasil perhitungan yang sudah dilakukan dengan menggunakan rumus yang sudah ada untuk Temperature Top Oil saat beban stabil dan saat beban berubah-ubah.

Setelah melakukan perhitungan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, hasilnya dapat disajikan dalam Tabel 8.

Pada Tabel 9 di bawah bisa dilihat hasil perhitungan yang sudah dilakukan dengan menggunakan rumus yang sudah ada untuk Laju Penuaan Thermal Relatif Isolasi Belitan.

TABEL VII  
HASIL TEMPERATURE TOP OIL PADA BULAN APRIL

Tanggal	Temperature Hot Spot	Kenaikan Temperature Top Oil beban stabil	Kenaikan Temperature Top Oil Beban Berubah-ubah
24/04/2023	77,92°C	40,56°C	42,2°C
25/04/2023	78,52°C	41,56°C	43,16°C
26/04/2023	77,92°C	40,56°C	42,2°C
27/04/2023	74,38°C	35,43°C	37,19°C
28/04/2023	74,38°C	35,43°C	37,19°C

TABEL VIII  
HASIL TEMPERATURE TOP OIL PADA BULAN MEI

Tanggal	Temperature Hot Spot	Kenaikan Temperature Top Oil beban stabil	Kenaikan Temperature Top Oil Beban Berubah-ubah
24/05/2023	71,96°C	37,26°C	39,60°C
25/05/2023	70,28°C	35,19°C	37,40°C
26/05/2023	69,72°C	34,5°C	36,67°C
27/05/2023	69,72°C	34,5°C	36,67°C
29/05/2023	70,83°C	35,88°C	38,13°C

TABEL IX  
HASIL ISOLASI BELITAN BULAN APRIL

Tanggal	Temperature Hotspot	Laju Penuaan Thermal Relatif Isolasi Belitan
24	77,92°C	0,1 pu/jam
25	78,52°C	0,10 pu/jam
26	77,92°C	0,1 pu/jam
27	74,38°C	0,065 pu/jam
28	74,38°C	0,065 pu/jam

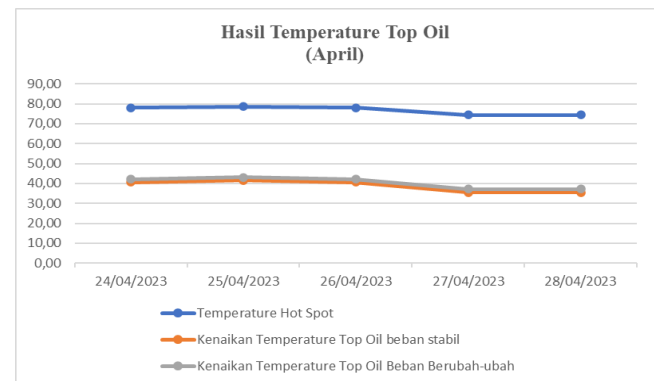
TABEL X  
HASIL ISOLASI BELITAN BULAN MEI

Tanggal	Temperature Hotspot	Laju Penuaan Thermal Relatif Isolasi Belitan
24	71,96°C	0,5 pu/jam
25	70,28°C	0,04 pu/jam
26	69,72°C	0,038 pu/jam
27	69,72°C	0,038 pu/jam
29	70,83°C	0,04 pu/jam

## B. Analisa Hasil

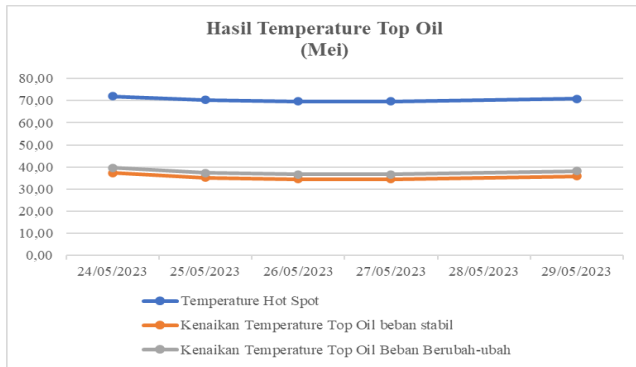
### 1) Analisa Hasil Tabel 7

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan melalui data-data yang telah didapat pada bulan april, dapat disimpulkan bahwa saat beban mencapai titik puncak 68,38% nilai yang dihasilkan untuk temperature hot spot memiliki nilai temperature sebesar 74,38°C hingga 78,52°C dan nilai yang dihasilkan untuk kenaikan dari temperature top oil saat beban stabil memiliki nilai temperature sebesar 35,43°C hingga 41,56°C serta nilai yang dihasilkan untuk kenaikan temperature top oil saat beban berubah-ubah memiliki nilai temperature sebesar 39,68°C hingga 43,16°C.



Gambar 3 Grafik hasil temperature Top oil bulan April





Gambar 4 Grafik hasil temperature Top oil bulan Mei

## 2) Analisa Hasil Tabel 8

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan melalui data-data yang telah didapat pada bulan mei, dapat disimpulkan bahwa saat beban mencapai titik puncak 51,44% nilai yang dihasilkan untuk temperature hot spot memiliki nilai temperature sebesar 71,96°C hingga 69,72°C dan nilai yang dihasilkan untuk kenaikan dari temperature top oil saat beban stabil memiliki nilai temperature sebesar 37,26°C hingga 34,5°C serta nilai yang dihasilkan untuk kenaikan temperature top oil saat beban berubah-ubah memiliki nilai temperature sebesar 39.60°C hingga 36,67°C.

### 1. Analisa Sisa Umur Transformator

Tujuan dari penelitian ini adalah perkiraan sisa umur Transformator dilihat dari Temperature Atas Oli dan Temperature Isolasi Belitan maka berdasarkan beberapa perhitungan yang sudah dilakukan dan ditunjang dengan data yang didapatkan bisa diperoleh umur dari Transformator 2 pada Gardu Induk Teling seperti pada tabel di bawah ini. Untuk mencari Sisa Umur dari Transformator maka harus mencari susut umur terlebih dahulu oleh karena itu bisa dijabarkan sesuai dengan tabel di atas, pada bulan April untuk hasil saat beban 68.38% nilai Susut Umur dari Transformator adalah 34, 52 pu/hari dan Sisa Umur adalah 11 bulan. Pada bulan Mei untuk hasil saat beban 51,44% nilai Susut Umur dari Transformator adalah 30,30 pu/hari dan Sisa Umur adalah 13 bulan.

TABEL XI  
HASIL SUSUT UMUR DAN SISA UMUR

Bulan	Susut Umur	Sisa Umur
April	34,52 pu/hari	0,11 bulan
Mei	30,30 pu/hari	0,13 bulan

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Hasil perhitungan dan analisis menunjukkan bahwa ketika beban pada transformator semakin besar, maka suhu titik panas (Hot Spot) meningkat, laju penuaan isolasi belitan termal juga meningkat, susut umur transformator semakin besar, dan sisa umur transformator semakin berkurang.

Diperkirakan Sisa Umur transformator di Gardu Induk Teling sudah mendekati masa ganti, yaitu > 30 tahun (standart IEC 30 tahun).

Sama seperti laju penuaan Thermal Relatif dari Isolasi Belitan, Kenaikan Temperature Atas Oli dari Transformator saat beban stabil dan Kenaikan Temperature Atas Oli dari Transformator saat beban berubah-ubah menunjukkan hal yang sama dimana, semakin besar beban yang diberikan pada Transformator semakin tinggi juga Kenaikan dari Temperature Atas Oli dan sebaliknya jika beban yang diberikan kecil maka semakin rendah juga Kenaikan dari Temperature Atas Oli dari Transformator. Dan untuk Thermal Relatif semakin tinggi beban yang diberikan semakin cepat laju penuaan yang terjadi pada Transformator sedangkan semakin kecil beban yang diberikan semakin lambat laju penuaan yang terjadi pada Transformator.

### B. Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan bahwa keadaan Transformator 2 pada Gardu Induk Teling sudah mendekati masa ganti kurang dari 1 tahun berdasarkan perkiraan dari beberapa perhitungan yang dilakukan, karena berdasarkan tahun beroperasinya Transformator 2 pada Gardu Induk Teling Transformator tersebut sudah berumur 36 tahun sejak tahun pemasangannya.

Oleh karena itu kepada pihak Gardu Induk Teling sudah harus lebih memperhatikan keadaan Transformator 2 tersebut atau sudah harus ada Transformator yang siap menggantikan Transformator itu.

## V. KUTIPAN

- BARASA, E. D., Simamora, Y., & Azis, H. (2020). *Analisa Perkiraan Umur Transformator Di Gardu Induk Paniki Berdasarkan Pengaruh Pembebanan*. <http://156.67.221.169/3029/>
- Dermawan, E., & Marthalia, A. (2020). Evaluasi Penentuan Rugi-Rugi Transformator dalam Pengaruh Arus Non-Sinusoidal. *Teknik Elektro*, 7–15.
- Faujiriyanto, S., & Jamaaluddin, I. (2020). *Perhitungan Penggunaan Transformator Untuk Menghindari Kerugian Dalam Proses Pembuatan Transformator*. 4–7.
- Hughes, R. (2008). Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 287.
- Igirisa, Y., Mohamad, Y., Tolago, A. I., Kunci, K., Pembebanan, T. :, & Umur, S. (2021). *Volume 3 Nomor 2 Juli 2021 Analisis Perkiraan Umur Trafo Tenaga 150kV Di GI Isimu*. 3.
- Lie Darwin. (2020). Analisis Pelaksanaan Kegiatan Pemeliharaan (Maintenance) Terhadap kualitas Produk Pada Cv Green Perkasa Pematangsiantar. *Jurnal Maker*, 3(1), 40–48.
- Manullang, S., Anita, S., & Agung, U. D. (2022). *Analisis pengaruh temperatur terhadap kinerja transformator pada pltd titi kuning*.
- Rifligultom020. (2022). *PEMBEBANAN, ANALISA PERKIRAAN UMUR TRANSFORMATOR DI. 8.5.2017, 2003–2005*.
- Rodrigo Garcia Motta, Angélica Link, Viviane Aparecida Bussolaro, G. de N.

- J., Palmeira, G., Riet-Correa, F., Moojen, V., Roehle, P. M., Weiblen, R., Batista, J. S., Bezerra, F. S. B., Lira, R. A., Carvalho, J. R. G., Neto, A. M. R., Petri, A. A., Teixeira, M. M. G., Molossi, F. A., de Cecco, B. S., Henker, L. C., Vargas, T. P., Lorenzetti, M. P., Bianchi, M. V., ... Alfieri, A. A. (2021). ANALISIS KUALITAS DAN PERKIRAAN SISA USIA PAKAI TRAFODAYA 150 KV DI PLTG TELLO MAKASSAR AKIBAT PEMBEBANAN MUHAEMIN. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 26(2), 173–180. <http://www.ufrgs.br/actavet/31-1/artigo552.pdf>
- Sabari. (2009). *Pemeliharaan Transformator 60 Mva Di Gardu Induk 150 Kv Kebasen*. 9, 33–36.
- Sadi, S. (2020). PENGUKURAN PERBANDINGAN BELITAN PADA TRANSFORMATOR 3 PHASA 50 Hz 250 kVA. *Jurnal Teknik*, 3(2), 67–74. <https://doi.org/10.31000/jt.v3i2.1381>
- Sigid, P. (2018). *Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga*. 1–8.
- Surya Subaga, I. G., Manuaba, I. B. G., & Sukerayasa, I. W. (2019). Analisis Prediktif Pemeliharaan Minyak Transformator Menggunakan Metode Markov. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(4), 96. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p14>
- Teknik, J., Politeknik, M., & Semarang, N. (n.d.). *Penerapan standar waktu untuk durasi pekerjaan perawatan yang efektif*.
- Teknik, J., Sains, A., & Anshar, C. N. (2023). *Studi Analisa Perkiraan Umur Transformator Distribusi 20 KV Akibat Pembebanan*. 1(2), 247–253.

## TENTANG PENULIS



Penulis yang bernama lengkap **Juno Gilead Kerap**, dan biasa disapa dengan Juno, lahir di Manado, tanggal 21 Juni tahun 2001, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Awal penulis memulai Pendidikan di TK. Kr. Eben Haezar Manado pada tahun 2006 dan melanjutkan di tingkat Sekolah Dasar di SD. Kr. Eben Haezar 1 Manado pada tahun 2007 – 2013, kemudian melanjutkan pendidikan di

SMP.Kr. Eben Haezar 1 manado pada tahun 2013 – 2016, dan kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Manado pada tahun 2016–2019. Pada tahun 2019, penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat Strata 1 di program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Manado dan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik dan Tegangan Tinggi pada tahun 2021. Selama menjalani Pendidikan, penulis pernah mengikuti Kerja Praktek di salah satu vendor dalam bidang kelistrikan yaitu PT. Hendri Elyon Narwastu pada januari-maret tahun 2022 dan Penulis pernah ikut terlibat dalam kegiatan Kuliah Kerja Terpadu (KKT) pada KKT 133 Posko Pineleng Satu Kecamatan Pineleng, Kabupaten Minahasa. Selain dalam bidang Pendidikan penulis juga pernah tergabung dalam kepengurusan organisasi Himpunan Mahasiswa Elektro periode 2022-2023 dan juga masuk dalam kepengurusan Badan Eksekutif Mahasiswa periode 2022-2023 sebagai koordinator minat dan bakat. Selain itu penulis merupakan pengurus Unit Kegiatan Mahasiswa Futsal fakultas Teknik periode 2021-2022 dan periode 2022-2023. Penulis juga termasuk dalam anggota Forum Komunikasi Himpunan Mahasiswa Elektro Indonesia (FKHMEI).