

## Analisis Overload Transformator Distribusi di Gardu SKMR ULP3 Kabupaten Garut

ARI NUGRAHA, DINI FAUZIAH

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung  
Email:Arinugraha680@gmail.com

### ABSTRAK

*Elemen medan listrik yang menaikkan atau menurunkan tegangan disebut transformator. Salah satu contohnya adalah trafo distribusi. Jika terjadi kapasitas pembebanan berlebih menyebabkan trafo dan belitan kumparan menjadi panas. Hal tersebut menyebabkan terputusnya penyaluran listrik ke konsumen. Menurut data Badan pusat statistik (BPS) di desa sukamurni mengalami kenaikan penduduk yakni tahun 2019 sebanyak 8.441 jiwa dengan beban puncak 73 KVA, tahun 2020 dengan 8.516 jiwa dengan beban puncak 74,05 KVA, dan tahun 2021 sebanyak 8.625 jiwa dengan beban puncak 82,04 KVA. Dengan faktor utilisasi sebesar 83%, Gardu Induk SKMR mampu menghasilkan daya sebesar 100 KVA. Akibat trafo melebihi faktor beban 80% yang ditetapkan PLN. Oleh karena itu, perubahan kapasitas trafo dari 100 KVA menjadi 160 KVA akan meningkatkan rating trafo dan tingkat beban menjadi 51%. Dengan menggunakan metode time series telah dihitung perkiraan beban puncak Gardu SKMR akan aman dalam 10 tahun ke depan.*

**Kata kunci:** Transformator Distribusi, Uprating Beban maksimum, Gardu SMKR, Kapasitas, Overload, Time Series

### ABSTRACT

*Electric field elements that raise or decrease the voltage are called transformers. One example is the distribution transformer. In case of overloading capacity, it causes the transformer and coil winding to heat up. This causes a cut off in the distribution of electricity to consumers. According to data from the Central Statistics Agency (BPS), the population in Sukamurni Village experienced an increase in population, namely in 2019 as many as 8,441 people with a peak load of 73 KVA, in 2020 with 8,516 people with a peak load of 74.05 KVA, and in 2021 as many as 8,625 people with a peak load of 82.04 KVA. With a utilization factor of 83%, SKMR Substation is capable of producing power of 100 KVA. As a result, the transformer exceeds the 80% load factor set by PLN. Therefore, changing transformer capacity from 100 KVA to 160 KVA will increase transformer rating and load level to 51%. Using the time series method, it has been calculated that the estimated peak load of the SKMR Substation will be safe in the next 10 years.*

**Keywords:** Distribution Transformer, Maximum Load Uprating, SMKR Substation, Capacity, Overload, Time Series

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu komponen distribusi tenaga listrik yang menghubungkan jaringan dengan konsumen atau menyalurkan energi listrik ke beban atau konsumen (baik konsumen tegangan menengah maupun tegangan rendah) yaitu gardu distribusi. **(Makmur Sini, 2021)**. Trafo distribusi yang umum digunakan adalah trafo step down 20kV/400V. Indonesia mempunyai tegangan distribusi sebesar 13,8 KV dinaikkan sebesar 150 KV untuk penyambungan ke saluran transmisi dan diturunkan sebesar 20 KVA untuk menghubungkan ke pelanggan industri dan residensial. **(Janis & dkk, 2020)**. Trafo yang berbahan dasar induksi elektromagnetik dan dapat mengubah tegangan bolak-balik dari satu level ke level lainnya melalui kopling magnet, diklasifikasikan sebagai mesin elektrostatis **(Darma, 2011)**

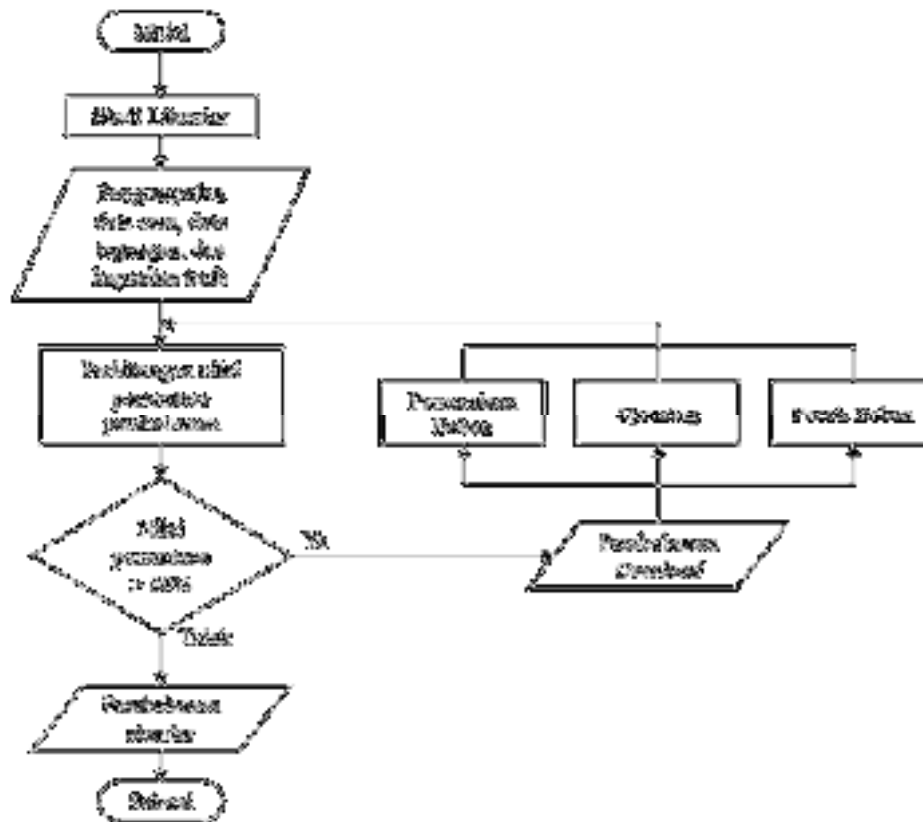
Trafo terdiri dari inti yang terbuat dari besi laminasi dan dua kumparan, kumparan primer dan kumparan sekunder. Prinsip pengoperasian trafo adalah ketika arus bolak-balik mengalir di sekitar inti besi, inti besi tersebut menjadi magnet, dan magnet tersebut dikelilingi oleh belitan. Perbedaan tegangan pada belitan menyebabkan timbulnya magnet dan gaya gerak listrik (GGL) **(Situmorang B. M., 2011)**. Suatu trafo dikatakan kelebihan beban jika kapasitas bebannya lebih dari 80% atau kurang dari 40%. Di atas atau di bawah nilai tersebut, transformator dikatakan kelebihan beban atau kekurangan beban, yang dampaknya dapat menyebabkan kerusakan pada insulasi, material, dan transformator. Selain itu juga mempengaruhi kualitas kinerja trafo, menyebabkan turunnya tegangan pada ujung-ujung jaringan, dan mengurangi umur trafo. **(SPLN 50 : 1997)**.

Metode uprating merupakan salah satu metode untuk mengatasi overload. Tujuannya untuk meningkatkan kapasitas daya trafo dimana terjadi masalah beban berlebih dengan cara menambah daya trafo. Jika kapasitas daya transformator dinaikkan terlalu tinggi, maka transformator akan mengalami kekurangan beban (*underload*). **(Ramli, 2021)**. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis metode perbaikan bagi kondisi overload pada Transformator Distribusi di Gardu SKMR ULP3 Kabupaten Garut.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Diagram alir Metodologi Penelitian

Dalam menganalisis trafo distribusi yang *overload*, ada beberapa langkah yang harus dilakukan secara berurutan untuk mempercepat proses analisis dan memastikan konsumen PLN terlayani kembali dengan baik.



**Gambar 1. Diagram Alir dengan menggunakan metode Uprating SKMR**

Berikut ini adalah diagram proses metode uprating trafo distribusi 20KV pada Gardu SKMR digambarkan pada diagram alir Gambar 1 yaitu untuk melakukan studi literatur dengan pengumpulan data arus, data tegangan dan kapasitas trafo setelah itu dilakukan penilaian perhitungan nilai presentase pembebanan. Terdapat tiga jenis metode yaitu dengan metode pemerataan beban, uprating dan pecah beban. Setelah itu jika nilai presentase > 80% maka terjadi pembebanan overload. Metode yang paling cocok digunakan yaitu uprating karena memiliki jangka waktu yang efisien dibandingkan metode lain. Jika nilai presentase < 80% maka terjadi pembebanan standar

## 2.2. Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang diperoleh dari hasil pengumpulan data diolah untuk melakukan perbaikan kinerja transformator. Data yang diambil akan digunakan untuk perhitungan berikut:

### 2.2.1 Perhitungan pada setiap jurusan di pembebanan transformator

Rumus ini digunakan untuk menghitung faktor presentase pembebanan yaitu sebagai berikut:

$$S_R = V_R(I_{R \text{ jur } 1} + I_{R \text{ jur } 3}) \quad (1)$$

$$S_S = V_S(I_{S \text{ jur } 1} + I_{S \text{ jur } 3}) \quad (2)$$

$$S_T = V_T(I_{T \text{ jur } 1} + I_{T \text{ jur } 3}) \quad (3)$$

Keterangan :

S = Daya Semu

V = Tegangan

I = Arus tiap jurusan yang akan dihitung

### 2.2.2 Perhitungan faktor pembebanan

Menurut **(Samsurizal & Hadinoto 2020)**, persentase pembeban suatu trafo dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{Pembbebanan} \left( \frac{S_{Total}}{S_{Transformator}} \right) 100\% \quad (4)$$

Dimana:

S Total = Daya semu total tersalurkan (kVA)

S Transformator = Daya semu transformator (kVA)

### 2.2.3 Perhitungan analisa kenaikan beban transformator dengan menggunakan metode least square

Pembebanan berlebih pada trafo merupakan penyebab terjadinya overload. Analisis pembebanan multi-tahun dilakukan untuk memprediksi berapa lama transformator ini akan beroperasi sesuai kode atau apakah perlu ditingkatkan lagi. Metode yang digunakan adalah metode least square dan metode ini digunakan untuk menentukan persamaan tren data. Hal ini mencakup analisis deret waktu dengan menggunakan dua kasus data genap dan data ganjil **(Subakyo, 2013)**. Persamaan trend menggunakan metode least square menurut **(Sutjipto dkk, 2019)** adalah:

$$Y_n = a + bx \quad (5)$$

Untuk dapat memperoleh a dan b dari persamaan trend dengan menggunakan dua persamaan normal yaitu:

$$\sum Y = n \cdot a + b \cdot \sum X \quad (6)$$

$$\sum XY = a \cdot \sum X + b \cdot \sum x^2 \quad (7)$$

Bila titik tengah datanya adalah tahun dasar, maka  $\sum X = 0$  dan dapat dihilangkan dari kedua persamaan diatas dan menjadi :

$$a = \frac{\sum y}{n} \quad (8)$$

$$b = \frac{\sum XY}{\sum x^2} \quad (9)$$

Dimana :

$Y_n$  = data berkala (*Time Series*)

X = variabel waktu

a = nilai trend pada tahun dasar

b = rata rata pertumbuhan nilai trend pada tiap tahun

## 3. HASIL DAN ANALISIS

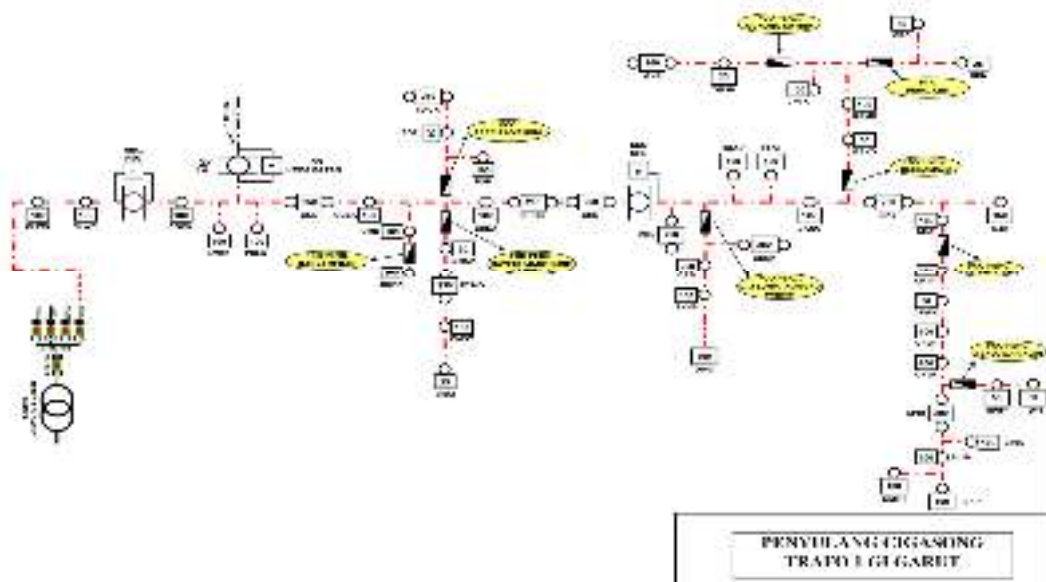
Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis di lokasi Kabupaten Garut memiliki berbagai jenis transformator, namun penulis hanya melakukan penelitian trafo overload yaitu pada penyulang CGSO dengan kode gardu SKMR. Transformator ini memiliki kapasitas 100 KVA yang mengalami overload. Selama 3 tahun terakhir diperoleh data pembebanan

yang semakin meningkat setiap tahunnya. Hal ini disebabkan kapasitas trafo distribusi di Gardu Induk SKMR sudah tidak mampu untuk menopang beban.

Dari permasalahan tersebut dilakukan beberapa cara untuk mengatasi overload pada transformator. Terdapat dua cara umum yang dapat dilakukan yaitu *uprating* transformator dan transformator sisipan. Namun ULP Garut memutuskan untuk *uprating transformator* pada Gardu Distribusi SKMR. Hal tersebut dipertimbangkan dari segi finansial, lahan dan juga material.

### 3.1. Data Single Line Diagram

Pada Gambar 2 merupakan sebuah *single line* diagram 20 KV penyulang Cigalong pada gardu SKMR. Bagian yang diberikan lingkaran merah merupakan sebuah gardu SKMR di Desa Sukamurni Kabupaten Garut.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang CGSO

### 3.2. Data Pengukuran

Sebelum melakukan perhitungan, penulis memerlukan nilai rata-rata dari pembebanan untuk tiap fasa di Waktu Beban Puncak pada Trafo Distribusi yang mengalami *overload* yaitu :

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Beban Puncak

Data Trafo		Hasil Pengukuran Arus			
Kapasitas (KVA)	Primer/Sekunder	Jur	R	S	T
100 KVA	20 kV/ 400V	1	31	44	38
		3	104	102	61
		Total	135	146	99

### 3.3. Hasil perhitungan beban transformator pada setiap jurusan

Menghitung beban transformator pada setiap jurusan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus daya semu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_R &= 220V \cdot (I_{R \text{ jur } 1} + I_{R \text{ jur } 3}) \\ &= 220V \cdot (31 A + 104 A) \\ &= 29700 VA \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_S &= 220 V \cdot (I_{S \text{ jur } 1} + I_{S \text{ jur } 3}) \\ &= 220V \cdot (44 A + 102 A) \\ &= 32120 VA \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_T &= 220V \cdot (I_{T \text{ jur } 1} + I_{T \text{ jur } 3}) \\ &= 220V \cdot (38 A + 61 A) \\ &= 21780 VA \end{aligned}$$

Maka Beban Total yang diperoleh Transformator adalah :

$$\begin{aligned} S_{TOT} &= S_R + S_S + S_T \\ S_{TOT} &= 29700 + 32120 + 21780 \\ S_{TOT} &= 83600 VA \text{ atau } 83 KVA \end{aligned}$$

Jadi total nilai beban trafo pada beban puncak sebelum dilakukan uprating adalah 83 KVA

### 3.4. Hasil presentase pembebanan pada transformator sebelum dilakukan uprating

$$\begin{aligned} \% \text{Pembelian} &= \frac{\text{daya semu beban}}{\text{daya semu nominal trafo/pemilihan}} \times 100 \% \\ &= \frac{83}{100} \times 100\% = 83\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan presentase pembebanan sebelum uprating terlihat bahwa saat tranformator mengalami overload presentase pembebanan bernilai 83%. Apabila Berdasarkan SPLN 50: Tahun 1997, nilai tersebut berada di atas standar yang ditetapkan yaitu 80%. Penggantian 83% diperlukan karena standar darurat.

### 3.5. Pemilihan Trafo

Dari pemilihan Trafo yang paling cocok digunakan yaitu 160 KVA dikarenakan pada simulasi pembebanan tidak melebihi 80% dan tidak kurang dari 40%.

**Tabel 1 Pemilihan Trafo**

Trafo	Simulasi Pembeban
100 KVA	83%
160 KVA	51%
200 KVA	41%
250 KVA	33%
315 KVA	26%
400 KVA	20%

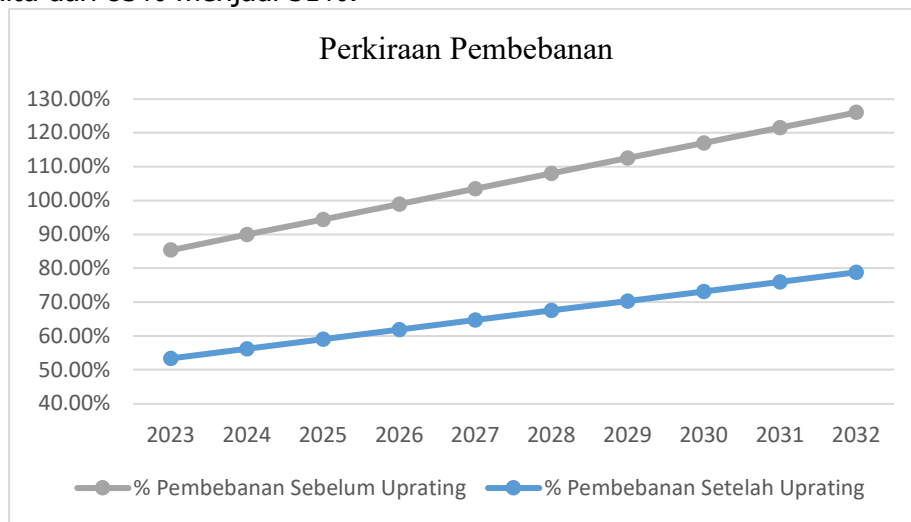
### 3.6. Hasil Perhitungan Presentase Pembebanan Setelah Uprating Transformator

$$\begin{aligned} \%Pembebanan &= \frac{\text{daya total beban}}{\text{daya pengenal transformator}} \times 100\% \\ &= \frac{83}{160} \times 100\% = 51\% \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan beban pada trafo distribusi SKMR sebelum dilakukan uprating diperoleh presentase beban sebesar 83%. Namun setelah dilakukan uprating trafo dari 100 KVA menjadi 160 KVA mengakibatkan perubahan beban sebesar 51%.

### 3.7. Analisis hasil pembebanan sebelum dan sesudah dilakukan uprating Trafo

Hasil yang ditunjukkan pada gambar 3 sebelum dan sesudah dilakukan uprating dari trafo 100KVA menjadi 160 KVA, terlihat nilai persentase beban trafo distribusi SKMR mengalami perubahan yaitu dari 83% menjadi 51%.



**Gambar 3. Hasil Presentase pembeban sebelum dan sesudah dilakukan uprating trafo**

### 3.8. Perhitungan Beban Transformator tiap tahun

Data Perhitungan beban transformator distribusi pada tahun 2020-2022 terdapat pada tabel 3 yaitu :

**Tabel 3. Data Presentase Pembebanan Puncak 3 tahun terakhir**

Tahun	2020	2021	2022
Beban Puncak (KVA)	73,0	74,05	82,04

Menentukan Parameter Metode Least Square:

**Tabel 4. Parameter Metode Least Square**

No	Tahun	Beban Puncak (KVA)	X	XY	X <sup>2</sup>
1	2020	73,0	-1	-73,0	1
2	2021	74,05	0	0	0
3	2022	82,04	1	82,04	1
	N=3	ΣY= 229,09	0	ΣXY = 9,04	ΣX <sup>2</sup> =2

- Menghitung nilai beban pada transformator ditahun pertama yaitu dengan persamaan

$$A = \frac{\Sigma Y}{n} = \frac{229,09}{3} = 76,36$$

- Menghitung pertumbuhan setiap tahunnya

$$B = \frac{\Sigma XY}{X^2} = \frac{9,04}{2} = 4,52$$

Dari Hasil perhitungan tersebut kenaikan beban trafo diperoleh dengan rumus  $Y = 76,36 + 4,52x$ . Dari hasil tersebut dihasilkan maka diperoleh perhitungan sampai tahun 2032

$$Y_n = a + bx$$

$$Y_n = 76,36 + 4,52x = 76,36 + 4,52(2) = 85,4 \text{ KVA}$$

Pada Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan pertumbuhan beban transformator gardu induk SKMR sampai tahun 2032 dengan menggunakan metode Least Square.

Tabel 5. Hasil perhitungan kenaikan beban transformator gardu induk SKMR didasarkan pada metode kuadrat terkecil

Tahun	X	Beban Perkiraan (KVA)	% Pembebanan Sebelum Uprating	% Pembebanan Setelah Uprating
2023	2	85,4	85,40%	53,38%
2024	3	89,92	89,92%	56,20%
2025	4	94,44	94,44%	59,03%
2026	5	98,96	98,96%	61,85%
2027	6	103,48	103,48%	64,68%
2028	7	108	108,00%	67,50%
2029	8	112,52	112,52%	70,33%
2030	9	117,04	117,04%	73,15%
2031	10	121,56	121,56%	75,98%
2032	11	126,08	126,08%	78,80%



Pertambahan beban trafo gardu SKMR dihitung dengan metode least square dan hasilnya disajikan pada Tabel 5. Terlihat beban pada trafo distribusi SKMR mengalami peningkatan. Berdasarkan hasil perhitungan, ketika kapasitas trafo dinaikkan menjadi 160 kVA, trafo mampu menahan beban hingga tahun 2032 dan tidak mengalami beban lebih. Namun jika trafo tidak dinaikkan maka trafo di Gardu SKMR akan melebihi batas standar PLN dan akan mengalami overload.

#### 4. KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode yang paling efektif untuk menaikkan beban transformator yaitu dengan cara uprating transformator dikarenakan metode ini mempunyai kelebihan yaitu dengan meningkatkan kapasitas daya transformator distribusi listrik dapat dilakukan dengan lebih efisien dan stabil, selain itu dari segi biaya lebih ekonomis dibandingkan dengan membeli transformator baru dengan kapasitas yang lebih besar dan juga dari segi waktu uprating trafo lebih cepat dibandingkan dengan membeli transformator baru karena uprating trafo hanya memerlukan penggantian bagian-bagian tertentu pada transformator yang sudah ada. Dari hasil presentase pembebanan trafo berubah yaitu dari 83% menjadi 51%. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *least square* maka diketahui bahwa nilai beban akan terus naik setiap tahunnya dan apabila Trafo tidak dilakukan *uprating* maka terjadi kenaikan beban meningkat tinggi pada tahun 2031 dan tahun 2032 yaitu sebesar 121,56% dan 126,08% dengan hasil setelah di lakukan *uprating* berada pada nilai yang mendekati batas standar yaitu 75,98% dan 78,8%.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Saya berterima kasih kepada ULP kabupaten Garut yang memberikan kesempatan untuk saya melakukan kerja praktek untuk memenuhi publikasi jurnal ini yang berjudul "Analisis Overload Transformator Distribusi di Gardu SKMR ULP3 Kabupaten Garut".

#### DAFTAR RUJUKAN

- Darma, S. (2011). Analisis Dampak Pengaruh Perubahan Lilitan Primer Transformator Distribusi 20 KV menjadi 18 KV. *Jurnal Teknik Elektro*, 49-58.
- Janis, V., & dkk. (2020). Perencanaan Sistem Distribusi 20 KV Siau Tahun 2020. *e-Jurna Teknik Elektro dan Komputer*, 1-8 .
- Muhammad Amri Ramli (2021). *Studi Analisis Dampak Overload Transformator terhadap Kualitas Daya di PT PLN ( Persero) ULP Langkep*; Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Makmur Sini, M. P. (2021). Gardu Distribusi. Dipetik Desember 12, 2022, dari Slideshare: <https://www.slideshare.net/MakmurSaini1/gardu-distribusi-250606587> .
- Situmorang, B. M. (2011). Analisis Biaya Trafo Akibat Rugi-Rugi Daya Total Dengan Metode Nilai Tahunan. Dipetik Desember 12, 2022, dari e-Jurnal Universitas Indonesia:

<http://www.ee.ui.ac.id/online/semtafull/20110711143745-sm7044-tp4-BensonMarn-Jurnalp.pdf>

Samsurizal, Benyamin Hadinoto (2020). Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN (Persero) UP3 Pondok Gede. Vol. 9 No. 1 tahun 2020, Redaksi Kilat, 139