

Penentuan Kapasitas Transformator Sisip Untuk Mengatasi Beban Lebih Pada ULP Merduati Kota

Martunis¹, Muliadi^{1*}, Syukri¹, Teuku Murisal Asyadi¹, Misswar ABD²

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda

²Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda

Jl. Kampus Unida – Surien No. 15, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh

E-mail: muljadi.trip@gmail.com*

Naskah Masuk: 14 Februari 2023; Diterima: 11 April 2023; Terbit: 28 Agustus 2023

ABSTRAK

Abstrak – Pertumbuhan penduduk yang terus bertambah membuat sistem distribusi dalam wilayah kerja Unit Layanan Pelanggan (ULP) Merduati Kota semakin meningkat juga pengguna energi listrik (pelanggan) di wilayah tersebut. Gardu Hubung (GH) yang berada di wilayah kerja ULP Merduati Kota terdiri dari 66 buah GH dengan kapasitas trafo yang berbeda-beda mulai dari 50 kVA sampai dengan 1250 kVA dan tegangan operasi pada sisi primer dan sekunder trafo sebesar 20 kV/ 400 V. Berdasarkan data pembebanan yang direkap oleh PT. PLN (Persero) ULP Merduati Kota, pada penyulang BA. 30 terdapat beberapa GH atau transformator dengan pembebanan yang sudah melampaui kapasitas maksimum transformator standar PLN yaitu 80%, GH yang dimaksud adalah GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00. Beban lebih yang terjadi pada semua GH tersebut dapat menyebabkan panas yang berlebih pada isolasi belitan transformator yang apabila dibiarkan dalam jangka waktu lama akan menyebabkan kerusakan pada transformator sehingga pelayanan terhadap pelanggan yang berada dalam jaringan GH tersebut menjadi terganggu. Oleh sebab itu perlu dilakukan metode untuk mengatasi beban lebih yang terjadi pada beberapa GH tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan kapasitas transformator distribusi sisip untuk mengatasi beban lebih yang terjadi pada GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00. Adapun metode yang digunakan yaitu dengan melakukan perhitungan matematis. Hasilnya, GH BAR009-00 dan GH BAT083-00 memiliki pembebanan berlebih (*overload*) paling tinggi yaitu masing-masing sebesar 12,54% dan 15,06% dan GH BAR010-00 dan GH BAR 017-00 masih dalam persentase kecil yaitu masing-masing sebesar 1,50% dan 3,12%. Persentase pembebanan yang paling tinggi terjadi pada GH BAT083-00 jika dibandingkan dengan GH BAR009-00, GH BAR010-00 dan GH BAR 017-00, yaitu sebesar 94,93%. Kapasitas transformator yang ideal untuk mengurangi terjadinya beban lebih pada transformator khususnya pada GH BAT083-00 adalah 160kVA dan 200kVA.

Kata kunci: Sistem Distribusi, Gardu Distribusi, Transformator Sisip, Penyulang, Beban Lebih.

ABSTRACT

Abstract - The increasing population growth has made the distribution system in the work area of the Merduati Kota Customer Service Unit (ULP) increase as well as electricity users (customers) in the area. The Switching Station (GH) located in the working area of ULP Merduati Kota consists of 66 GHs with different transformer capacities ranging from 50 kVA to 1250 kVA and the operating voltage on the primary and secondary sides of the transformer is 20 kV/400 V. Based on loading data recapitulated by PT. PLN (Persero) ULP Merduati Kota, on BA feeders. 30 there are several GHs or transformers with loads that have exceeded the maximum capacity of the PLN standard transformer, namely 80%, the GHs referred to are GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, and GH BAT083-00. The overload that occurs in all these GH can cause excessive heat in the insulation of the transformer windings which if left on for a long time will cause damage to the transformer so that service to customers in the GH network is disrupted. Therefore, it is necessary to do a method to overcome the overload in some of these GHs. The purpose of this research is to determine the capacity of the insert transformer to overcome the overload that occurs on the GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, and GH BAT083-00. The method used is to perform mathematical calculations. As a result, GH BAR009-00 and GH BAT083-00 had the highest overload, namely 12.54% and 15.06% respectively and GH BAR010-00 and GH BAR 017-00 were still in a small percentage, namely -respectively by 1.50% and 3.12%. The highest loading percentage occurred in GH BAT083-00 when compared to GH BAR009-00, GH BAR010-00 and GH BAR 017-00, which was 94.93%. The ideal transformer capacity to reduce the occurrence of overload on the transformer, especially on the GH BAT083-00 is 160kVA and 200kVA.

Keywords: Distribution Systems, Distribution Substations, In-Line Transformers, Feeders, Overloads.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap energi listrik yang terus meningkat membutuhkan kemampuan distribusi yang lebih efektif dan efisien untuk memastikan listrik sampai kepada pengguna atau pelanggan. Penyaluran energi listrik kepada pelanggan dengan menggunakan jaringan distribusi sebagai saluran utama dalam upaya untuk menghindari rugi-rugi daya dengan kualitas tegangan yang telah di tetapkan [1][2]. Perkembangan terhadap sistem ketenagalistrikan sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan pelanggan atau beban energi listrik dari tahun ke tahun sehingga dibutuhkan sistem penyaluran energi listrik yang memiliki keandalan tinggi [3]. Namun, banyak permasalahan yang terjadi pada sistem penyaluran ketenagalistrikan salah satunya adalah pembebanan transformator distribusi yang sudah melebihi kapasitas beban atau beban lebih (*overload*) [4].

Transformator baru dikatakan beban lebih, jika kapasitas pembebanannya lebih dari 80% berdasarkan standar PLN [5][6]. Jadi, apabila hal ini terjadi dalam waktu yang lama, maka isolasi pada transformator akan mengalami kerusakan akibat panas yang berlebihan dan berujung pada rusaknya transformator [6]. Hal tersebut dapat menyebabkan sistem kelistrikan tidak bekerja secara optimal yang dapat menyebabkan sewaktu waktu adanya pemadaman listrik pada saat beban puncak, yang tidak mampu ditampung oleh transformator utama karena beban lebih [7].

Sistem distribusi di wilayah Aceh khususnya pada ULP Merduati Kota terdapat 66 buah Gardu Hubung (GH) dengan kapasitas trafo yang bervariasi mulai dari 50 kVA sampai dengan 1250 kVA serta tegangan operasi pada sisi primer dan sekunder trafo sebesar 20 kV/ 400 V. Berdasarkan data pembebanan yang direkap oleh PT. PLN (Persero) ULP Merduati Kota, pada penyulang BA. 30 terdapat beberapa GH atau transformator dengan pembebanan yang sudah melampaui kapasitas maksimum, yaitu 80% sesuai dengan standar PLN. Adapun GH atau transformator yang sudah melebihi pembebanan adalah GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00 sehingga sangat berpotensi akan kerugian baik secara material maupun finansial bagi PT. PLN (Persero) ULP Merduati Kota akibat dari beban lebih.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan kapasitas transformator sisip untuk mengatasi beban lebih yang terjadi pada GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00. Metode yang digunakan untuk mendapatkan besar kapasitas dari masing-masing GH tersebut adalah dengan pendekatan perhitungan matematis. Selanjutnya, manfaat dari penelitian ini diharapkan agar dapat menghindari potensi kerugian karena panas berlebih yang terjadi pada isolasi akibat beban lebih dan mendapatkan kapasitas GH atau transformator yang tepat terhadap jumlah beban yang terpasang pada masing-masing GH sehingga dapat bekerja lebih efektif dan efisien.

2. KAJIAN PUSTAKA

Pada sistem distribusi energi listrik terdapat dua jenis sistem yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder. Sistem distribusi primer atau dikenal dengan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah yang menyalurkan energi listrik dari Gardu Induk (GI) menuju Gardu Distribusi (GD) dan memiliki tegangan operasi sebesar 20 kV[8]. Sistem distribusi sekunder merupakan JTM yang menyalurkan energi listrik dari GD ke pelanggan dan beroperasi pada tegangan 220/380 V[9][10].

2.1. Transformator Distribusi Sisip

Transformator sisip yaitu trafo yang ditambahkan dan di pasang untuk mencegah segala kerugian yang diakibatkan oleh trafo sebelumnya. Transformator distribusi sisip dipasang dengan cara hanya mengambil beban yang berada pada trafo sebelumnya. Namun, transformator pasang baru merupakan trafo yang dipasang akibat adanya permintaan baru.

Ada dua faktor yang harus diperhatikan dalam melakukan penambahan trafo sisip, yaitu [6]:

1. Beban pada trafo sebelumnya sudah melebihi kapasitas yang diizinkan.
2. Besarnya jatuh tegangan (pada trafo distribusi 3% dari tegangan kerja; pada Saluran Tegangan Rendah (STR) 5% dari tegangan kerja).

2.2. Pembebanan Transformator

Berdasarkan SPLN no. 50, transformator dapat dikatakan *overload* apabila bebannya melebihi dari 80% dan dikatakan *underload* apabila bebannya berada dibawah 40%. Jadi, pembebanan pada setiap transformator harus dapat dijaga agar tidak menyimpang dari ketentuan tersebut. kVA beban pada transformator dapat dihitung dengan [6][11]:

$$kVA \text{ beban} = (I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + (I_T \times V_{T-N}) \quad (1)$$

Maka, persentase beban transformator dapat dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ beban trafo} = \frac{kVA \text{ beban}}{\text{Daya trafo}} \times 100\% \quad (2)$$

Selanjutnya, untuk mengetahui sebuah transformator mengalami *overload* atau tidak, maka dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kelebihan beban} = \% \text{ beban trafo} - \% \text{ beban health index} \quad (3)$$

Dimana nilai beban *health index* adalah sebesar 80%.

2.3. Kapasitas Transformator

Penggunaan kapasitas trafo distribusi yang sesuai dengan beban pelanggan dapat meningkatkan efisiensi dan memperkecil terjadinya jatuh tegangan pada pelanggan listrik. Selain faktor beban, kapasitas trafo juga dapat ditentukan dengan melihat perkembangan konsumen akan kebutuhan tenaga listrik yang berada dalam layanan gardu atau trafo distribusi tersebut. Jadi, banyaknya beban yang dilayani pada trafo distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Beban} = \frac{\% \text{ kelebihan beban}}{100\%} \times \text{Daya Trafo} \quad (4)$$

Maka, kapasitas transformator distribusi yang diperlukan dapat dihitung:

$$kVA \text{ Trafo} = \frac{\text{Beban (kVA)}}{0,8} \quad (5)$$

Selanjutnya, untuk membantu mengurangi beban lebih pada trafo distribusi maka perlu diketahui jumlah persentase pembebanannya yaitu dengan cara menghitung terlebih dahulu arus rata-rata (I_{AV}) dan tegangan rata-rata (V_{AV}), yaitu [12]:

$$I_{AV} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (6)$$

$$V_{AV} = \frac{V_{RS} + V_{RT} + V_{ST}}{3} \quad (7)$$

Sehingga persentase pembebanan pada trafo distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [12]:

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{I_{AV} \times V_{AV} \times \sqrt{3}}{PT} \quad (8)$$

Dimana (PT) merupakan kapasitas trafo distribusi (kVA).

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan cara menganalisis data menggunakan formula matematis sesuai dengan hasil kajian pustaka. Adapun data yang dibutuhkan agar dapat menentukan kapasitas trafo sisip untuk GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00 yang berada pada penyulang BA. 30 dan sudah terindikasi beban lebih, yaitu berupa data nama dan kapasitas daya dari masing-masing GH atau transformator tersebut, arus pada sisi sekunder trafo (I_R , I_S , I_T , dan I_N), serta tegangan pada sisi sekunder trafo ($V_{\text{Fasa-Fasa}}$ dan $V_{\text{Fasa-Netral}}$). Data tersebut semuanya didapatkan dari PT. PLN (Persero) ULP Merduati Kota yang beralamat di Jl. Tentara Pelajar No. 11, Merduati, Kuta Raja Banda Aceh. Berikut ini adalah data kapasitas GH atau transformator yang menjadi objek penelitian, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas GH atau transformator pada penyulang BA. 30

No	Kode GH	Merek	Jenis	Daya Trafo (kVA)
1	BAR009-00	Voltra	Cantol	50
2	BAR010-00	Trafindo	Cantol	100
3	BAR017-00	Sintra	Cantol	50
4	BAR083-00	Sintra	Tiang	100

Selanjutnya, juga ditampilkan data arus dan tegangan pada sisi sekunder trafo yang didapatkan dari data *sheet* PT. PLN (Persero) ULP Merduati Kota, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data arus dan tegangan pada sisi sekunder transformator

No	Kode GH	Arus (Ampere)				Tegangan (Volt)					
		I_R	I_S	I_T	I_N	V_{R-S}	V_{R-T}	V_{S-T}	V_{R-N}	V_{S-N}	V_{T-N}
1	BAR009-00	65	67	66	31	399	407	412	230	233	238
2	BAR010-00	190	68	91	127	395	416	410	232	229	240
3	BAR017-00	79	54	50	40	396	391	407	224	229	230
4	BAR083-00	118	134	152	37	399	412	410	233	232	240

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kapasitas transformator sisip untuk mengatasi beban lebih yang terjadi pada GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00, yaitu dengan:

4.1. Perhitungan pembebanan transformator

Dari data pada Tabel 1 dan 2, maka pembebanan pada keempat GH atau transformator tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan (2). Sebagai contoh, peneliti hanya menghitung GH BAR009-00. Hasilnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 kVA \text{ beban} &= (I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + (I_T \times V_{T-N}) \\
 &= (65 \times 230) + (67 \times 233) + (66 \times 238) \\
 &= 14.950 + 15.611 + 15.708 \\
 &= 46.269 \text{ VA} \\
 &= 46,27 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Maka persentase pembebanannya didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Pembebanan} &= \frac{kVA \text{ beban}}{\text{Daya trafo}} \times 100\% \\
 &= \frac{46,27}{50} \times 100\% \\
 &= 0,9254 \times 100 \% \approx \mathbf{92,54\%}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (3), maka kelebihan beban pada trafo BAR009-00 diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Kelebihan beban} &= \% \text{ beban trafo} - \% \text{ beban Health Index} \\
 &= 92,54 \% - 80 \% \\
 &= \mathbf{12,54 \%}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, GH BAR009-00 didapatkan bahwa daya beban (kVA beban) pada trafo tersebut sebesar 46,27 kVA dengan persentase pembebanan sebesar 92,54% sehingga terindikasi terjadinya beban lebih pada trafo tersebut adalah sebesar 12,54%. Selanjutnya, dengan menggunakan metode yang sama maka kVA beban, persentase pembebanan, dan persentase kelebihan beban pada GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00 juga dapat dihitung. Hasil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil perhitungan kVA beban & % pembebanan

No	Kode GH	kVA Beban	% beban Trafo	% Kelebihan beban
1	BAR009-00	46,27	92,54	12,54
2	BAR010-00	81,50	81,50	1,50
3	BAR017-00	41,56	83,12	3,12
4	BAR083-00	95,06	95,06	15,06

Tabel 3 menunjukkan bahwa persentase pembebanan yang paling besar terjadi pada GH BAT083-00 dan GH BAR009-00 yaitu masing-masing sebesar 95,06% dan 92,54% serta terindikasi terjadinya beban lebih masing-masing sebesar 15,06% dan 12,54. Kondisi tersebut sangat membahayakan kondisi dari transformator karena sudah melebihi dari standar yang sudah ditetapkan yaitu dengan persentase kelebihan beban sebesar 80%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa kedua GH atau transformator tersebut sudah sangat membutuhkan transformator lain (sisipan) agar

dapat mengurangi resiko yang diakibatkan oleh beban lebih terhadap transformator distribusi. Sedangkan persentase pembebanan yang persentasenya paling kecil terdapat pada GH BAR010-00 dan GH BAR17-00 yaitu masing-masing sebesar 81,50% dan 83,12%. Kondisi tersebut juga sudah melebihi dari standar yang sudah ditetapkan, namun masih dalam persentase yang masih kecil yaitu terindikasi terjadinya beban lebih masing-masing hanya 1,50% dan 3,12%.

4.2. Perhitungan Kapasitas Transformator Sisip

Dari hasil perhitungan sebelumnya dan dengan menggunakan persamaan (4) dan (5), maka dapat dihitung jumlah beban yang harus dimutasi dan kapasitas trafo sisipan agar dapat membantu mengurangi beban lebih pada masing-masing transformator (GH).

1. Gardu Hubung (BAR009-00)

$$\begin{aligned} \text{Beban} &= \frac{\% \text{Kelebihan Beban}}{100\%} \times \text{Daya Trafo} \\ &= \frac{12,54\%}{100\%} \times 50 \text{ kVA} \\ &= \mathbf{6,27 \text{ kVA}} \end{aligned}$$

Maka, kapasitas transformator sisip yang diperlukan agar dapat mengatasi terjadinya beban lebih, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{kVA Trafo} &= \frac{\text{Beban (kVA)}}{0,8} \\ &= \frac{6,27 \text{ kVA}}{0,8} \\ &= \mathbf{7,84 \text{ kVA}} \end{aligned}$$

2. Gardu Hubung (BAR010-00)

$$\begin{aligned} \text{Beban} &= \frac{\% \text{Kelebihan Beban}}{100\%} \times \text{Daya Trafo} \\ &= \frac{1,50\%}{100\%} \times 100 \text{ kVA} \\ &= \mathbf{1,5 \text{ kVA}} \end{aligned}$$

Maka, kapasitas transformator sisip yang diperlukan agar dapat mengatasi terjadinya beban lebih, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{kVA Trafo} &= \frac{\text{Beban (kVA)}}{0,8} \\ &= \frac{1,5 \text{ kVA}}{0,8} \\ &= \mathbf{1,87 \text{ kVA}} \end{aligned}$$

3. Gardu Hubung (BAR017-00)

$$\begin{aligned} \text{Beban} &= \frac{\% \text{Kelebihan Beban}}{100\%} \times \text{Daya Trafo} \\ &= \frac{3,12\%}{100\%} \times 50 \text{ kVA} \\ &= \mathbf{1,56 \text{ kVA}} \end{aligned}$$

Maka, kapasitas transformator sisip yang diperlukan agar dapat mengatasi terjadinya beban lebih, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{kVA Trafo} &= \frac{\text{Beban (kVA)}}{0,8} \\ &= \frac{1,56 \text{ kVA}}{0,8} \\ &= \mathbf{1,95 \text{ kVA}} \end{aligned}$$

4. Gardu Hubung (BAR083-00)

$$\begin{aligned} \text{Beban} &= \frac{\% \text{Kelebihan Beban}}{100\%} \times \text{Daya Trafo} \\ &= \frac{15,06\%}{100\%} \times 100 \text{ kVA} \\ &= \mathbf{15,06 \text{ kVA}} \end{aligned}$$

Maka, kapasitas transformator sisip yang diperlukan agar dapat mengatasi terjadinya beban lebih, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{kVA Trafo} &= \frac{\text{Beban (kVA)}}{0,8} \\ &= \frac{15,06 \text{ kVA}}{0,8} \\ &= \mathbf{18,83 \text{ kVA}} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka didapatkan bahwa jumlah beban yang harus dimutasi dari masing-masing GH (GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00) sangat berbeda-beda. GH yang paling banyak beban yang harus dimutasi adalah GH BAT083-00 berjumlah 15,06 kVA dengan kapasitas trafo sisipan yang diperlukan adalah 18,83 kVA dan disusul dengan jumlah beban pada GH BAR009-00 yaitu sebesar 6,27 kVA dengan kapasitas trafo sisipan yang dibutuhkan sebesar 7,84 KVA. Namun, pada GH BAR010-00, GH BAR 017-00 masing-masing memiliki beban yang harus dimutasi dalam jumlah kecil yaitu masing-masing 1,5 kVA dan 1,56 kVA dengan kebutuhan trafo sisipan masing-masing sebesar 1,87 kVA dan 1,95 kVA. Jadi, dapat disimpulkan bahwa kelebihan beban pada GH BAR010-00, GH BAR 017-00 sangat kecil apabila dibandingkan dengan kelebihan beban yang terdapat pada GH BAR009-00 dan GH BAT083-00.

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan, GH BAT083-00 memiliki kelebihan beban yang lebih besar dibandingkan dengan ketiga GH lain. Oleh karena itu, penelitian ini ingin mengasumsikan besar kapasitas transformator sisipan yang sesuai untuk membantu mengurangi beban lebih (*overload*) yang terjadi pada GH tersebut mulai dari 50 kVA, 100 kVA, 160 kVA, dan 200 kVA. Dari persamaan (6), (7), dan (8), maka persentase pebebanan sesuai dengan kapasitas transformator tambahan yang sudah diasumsikan didapatkan:

- Arus rata-rata pada transformator (I_{AV})

$$\begin{aligned} I_{AV} &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \\ &= \frac{118 + 134 + 152}{3} \\ &= \mathbf{134,67 \text{ Ampere}} \end{aligned}$$

- Tegangan rata-rata (V_{AV})

$$\begin{aligned} V_{AV} &= \frac{V_{RS} + V_{RT} + V_{ST}}{3} \\ &= \frac{399 + 412 + 410}{3} \\ &= \mathbf{407 \text{ Volt}} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan I_{AV} dan V_{AV} , maka persentase pembebanan dapat dihitung:

$$\begin{aligned} \% \text{ pembebanan} &= \frac{I_{AV} \times V_{AV} \times \sqrt{3}}{PT} \\ &= \frac{134,67 \times 407 \times \sqrt{3}}{100.000} \\ &= \frac{94934,9}{100.000} \\ &= \mathbf{94,93\%} \end{aligned}$$

Selanjutnya, didapatkan persentase pembebanan setelah diasumsikan penentuan transformator sisipan 50 kVA, maka persentase pembebanannya adalah:

$$\begin{aligned} \% \text{ pembebanan} &= \frac{I_{AV} \times V_{AV} \times \sqrt{3}}{PT} \\ &= \frac{134,67 \times 407 \times \sqrt{3}}{100.000 + 50.000} \\ &= \frac{94.934,9}{100.000} \\ &= 63,3\% \end{aligned}$$

Untuk kapasitas transformator sisipan yang sudah diasumsikan 100 kVA, 160 kVA, dan 200 kVA, maka dengan menggunakan metode yang sama didapatkan besar persentase pembebanan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Persentase pembebanan sesuai dengan kapasitas trafo sisipan

No	Kapasitas GH BAT083-00 (kVA)	Pembebanan (%)	Kapasitas Trafo Sisipan (kVA)	Pembebanan (%)
1			50	63,3
2	100	94,93	100	47,5
3			160	36,5
4			200	31,6

Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa kapasitas transformator (GH) saat ini adalah sebesar 100kVA dengan persentase pembebanan sebesar 94,93%. Hasil ini sudah tidak sesuai dengan standar PLN dimana beban lebih yang diperbolehkan tidak melebihi dari 80%. Setelah ditentukan kapasitas transformator sisipan dengan asumsi 50kVA, 100kVA, 160kVA, dan 200kVA, maka persentase pembebanan pada transformator BAT083-00 sudah dapat dibagikan atau disisipkan sesuai dengan kriteria persentase pembebanan dan kapasitas transformator distribusi sisipan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa dari keempat kapasitas transformator sisipan yang ditentukan menunjukkan bahwa kapasitas trafo sisipan dengan kapasitas 160kVA dan 200kVA yang ideal.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, maka penentuan kapasitas transformator sisip untuk mengatasi beban lebih pada penyulang BA. 30 ULP Merduati Kota dapat disimpulkan bahwa GH BAR009-00 dan GH BAT083-00 memiliki beban berlebih (*overload*) masing-masing sebesar 12,54% dan 15,06%, sedangkan GH BAR010-00 dan GH BAR 017-00 sudah berada pada kondisi beban berlebih tetapi masih dalam persentase kecil yaitu masing-masing sebesar 1,50% dan 3,12%. GH BAT083-00 memiliki persentase pembebanan yang paling tinggi dibandingkan dengan GH BAR009-00, GH BAR010-00 dan GH BAR 017-00, yaitu sebesar 94,93%. Kapasitas transformator distribusi sisip yang ideal untuk mengurangi terjadinya beban lebih pada transformator atau GH BAT083-00 adalah 160kVA dan 200kVA.

REFERENSI

- [1] I. M. A. Nugraha and I. G. M. N. Desnanjaya, "Penempatan Dan Pemilihan Kapasitas Transformator Distribusi Secara Optimal Pada Penyulang Perumnas," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 33–44, 2021, doi: 10.31598/jurnalresistor.v4i1.722.
- [2] E. Ediwan, M. Muliadi, M. Mahalla, N. Nazaruudin, and A. Mulkan, "The Reconfiguration of Network at 20 kV Distribution System Nagan Raya Substation with the Addition of the Krueng Isep Hydroelectric Power Plant," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n2.888.2021.
- [3] Muliadi and Aswijar Jamal, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi Berdasarkan Indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI Pada Penyulang Suak Ribee ULP. Meulaboh Kota," *Ajeetech*, vol. 2, no. 1, pp. 14–18, 2022.
- [4] Kasmawan, Syukri, and Muliadi, "Studi Pengaruh Pembebanan Lebih Pada Trafo Distribusi Di GH. Merduati Banda Aceh," *Aceh J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 24–28, 2022.
- [5] M. Muhammad, S. Meliala, and D. Damayanti, "Mengatasi Beban Lebih Transformator Gardu Distribusi Dengan Menggunakan Trafo Sisip Di PT PLN (Persero) ULP Langsa Kota," *J. Energi*

- Elektr.*, vol. 11, no. 1, pp. 26–29, 2022, doi: 10.29103/jee.v11i1.7735.
- [6] N. M. Seniari, M. N. Fadli, and I. M. Ginarsa, “Analisis Rencana Pemasangan Transformator Sisipan Pada Saluran Transformator Distribusi Penyulang Pagutan (Studi Kasus: Transformator Distribusi AM097 Di Jalan Banda Seraya, Pagesangan, Kota Mataram),” *Dielektrika*, vol. 7, no. 1, pp. 56–63, 2020, doi: 10.29303/dielektrika.v7i1.226.
- [7] P. Harahap, M. Adam, and A. Prabowo, “Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jutah Tegangan Pada Trafo BI 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etap 12.6.0,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 62–69, 2019, doi: 10.30596/rele.v1i2.3002.
- [8] M. A. Auliq and I. B. Pratama, “Analisa Penentuan Estimasi Jarak Gangguan pada Sistem Distribusi Menggunakan Metode ETAP 12 . 6 . 0,” vol. 3, pp. 31–42, 2021.
- [9] S. Syukri, T. M. Asyadi, M. Muliadi, and F. Moesnadi, “Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 202–206, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14500.
- [10] Fauzi, Subhan, Muliadi, Syukri, T. M. Asyadi, and A. S. Budi, “Analisis Tingkat Keandalan Pada Jaringan Express Feeder SUTM A3CS Sebagai Incoming Baru,” vol. 5, no. 1, pp. 48–54, 2023.
- [11] Jeckson, A. Prayuda, and Y. Afrida, “Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Gardu K622 Penyulang Pelangi PT. PLN (Persero) ULP Karang,” *J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 10–12, 2022.
- [12] K. W. Widiatmika, I. W. A. Wijaya, and I. N. Setiawan, “Analisis Penambahan Transformator Sisipan Untuk Mengatasi Overload Pada Transformator DB0244 Di Penyulang Sebelanga,” *Spektrum*, vol. 5, no. 2, pp. 19–25, 2018.