

Analisa Penambahan Transformator Sisip Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Dan Drop Tegangan Pada Gardu Distribusi (BH0541) di PT PLN (Persero) ULP Arga Makmur

Fathlul Rozzi^{1*}, Muhammad Erpandi Dalimunthe², Dicky Lesmana³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122, Indonesia
email: fathlul@gmail.com, erpandi@dosen.pancabudi.ac.id

Abstract — The distribution transformer is the most important component in distributing electricity to customers. PT PLN (Persero) as the manager of electric power always provides the best service in its services. The distribution transformer must be maintained to its reliability so that it is always in good condition. Damage to the distribution transformer can cause service to consumers to be disrupted (blackouts). The percentage of load on the distribution transformer according to SPLN 50:1982 and D3.002-1:2007 the load may not exceed 80% of its capacity because it can affect the performance of the distribution transformer. The research method this time using quantitative methods. At PT PLN (persero) Customer Service Unit (ULP) Arga Makmur there is an overloaded transformer, precisely at GD BH0541, the load on the transformer is 95% (overloaded). Therefore maintenance must be carried out so that no damage occurs to the transformer. The solution is to install an in-line transformer, with the installation of an in-line transformer, the load on the previous transformer can be divided so that the transformer loading in GD BH0541 does not exceed 80%. In addition, the installation of an inverted transformer can reduce the value of the voltage drop and power losses and can increase the efficiency value of the transformer.

Abstrak – Transformator distribusi merupakan komponen terpenting dalam pendistribusian listrik ke pelanggan. PT PLN (Persero) selaku pengelola tenaga listrik selalu memberikan pelayanan terbaik dalam pelayanannya. Transformator distribusi harus dijaga keandalannya agar selalu dalam kondisi baik. Kerusakan pada transformator distribusi dapat menyebabkan pelayanan terhadap konsumen terganggu (terjadinya pemadaman). Persentase pembebanan pada transformator distribusi menurut SPLN 50 :1982 dan D3.002-1:2007 beban tidak boleh melebihi 80 % dari kapasitasnya karena dapat mempengaruhi kinerja dari transformator distribusi tersebut. Metode penelitian kali ini menggunakan metode kuantitatif. Di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Arga Makmur terdapat Transformator yang Beban Lebih tepatnya pada GD BH0541, pembebanan pada transformator tersebut sebesar 95% (Beban Lebih). Maka dari itu harus dilakukan pemeliharaan agar tidak terjadinya kerusakan pada transformator tersebut. Solusinya dengan memasang transformator sisip, dengan pemasangan transformator sisip pembebanan pada transformator sebelumnya dapat dibagi sehingga pembebanan transformator pada GD BH0541 tidak melebihi 80%. Selain itu pemasangan transformator sisip dapat menurunkan nilai drop tegangan dan rugi-rugi daya pengantar serta dapat meningkatkan nilai efisiensi transformator.

Kata Kunci : Transformator Sisip, Beban Lebih, Drop Tegangan, Pembebanan Transformator.

*) penulis korespondensi: Fathlul Rozzi

Email: fathlul@gmail.com

I.PENDAHULUAN

Jaringan Distribusi berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pelanggan/konsumen listrik dengan kualitas layanan yang memadai. Salah satu unsur kualitas layanan adalah layanan berkelanjutan [8]. Tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi umat manusia sehingga kontinuitas harus dijaga agar pelayanan optimal, merata dan keandalan listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat [5]. Sistem tenaga listrik yang secara umum terdiri dari generator saluran dan beban merupakan satu sistem yang memproses pemberdayaan dan penggunaan energi listrik. Kebutuhan energi listrik merupakan prioritas primer dalam menunjang kegiatan pembangunan dalam berbagai aspek kehidupan [3]. Dalam pengelolannya PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Arga Makmur dibidang pendistribusian listrik terkhususnya transformator distribusi memiliki aset sebanyak 378 unit. Yang mana transformator distribusi tersebut harus dilakukan pengukuran beban dan tegangan satu dalam satu semester untuk pelaporan kinerja unit. Hal ini dilakukan untuk memastikan kinerja transformator dalam keadaan baik. Setelah dilakukan monitoring pada transformator ditemukan salah satu transformator memiliki beban lebih, dan perlu dilakukannya pemeliharaan.

Seiring bertambahnya jumlah penduduk yang membutuhkan tenaga listrik, penggunaan transformator distribusi sebagai penyedia tenaga listrik harus diperhitungkan agar mampu melayani beban yang ditanggungnya [1]. Apabila transformator kelebihan beban atau overload, transformator akan dialiri arus yang lebih besar dari arus nominalnya dan kontinuitas penyaluran energi listrik akan terganggu. Pembebanan transformator distribusi yang diizinkan oleh PLN tidak boleh melebihi 80 % dari kapasitasnya menurut SPLN 50 :1982 dan D3.002-1:2007 [4]. Maka dari itu PLN harus memastikan transformator distribusi agar bebannya tidak melebihi 80% [5] dari bebannya dan persentase jatuh tegangan di sisi pelanggan tidak boleh lebih dari +5% dan -10% dari tegangan normalnya.

Menurut salah satu studi kasus mengenai dampak overload pada transformator di PT. PLN (Persero) UP3 Pondok Gede, transformator yang digunakan terus menerus dalam keadaan overload suhu pada transformator akan bertambah. Sehingga menyebabkan rusaknya isolasi transformator dan material transformator lainnya. Selain itu, juga berimbas kepada rugi-rugi daya serta drop tegangan pada ujung jaringan. Pada penelitian ini sebelum dilakukan penambahan kapasitas transformator pembebanan sebesar 95,75 %. Dikerenakan pembebanan sesuai standar yang berlaku maksimal 80 % maka

dilakukan penambahan kapasitas transformator, sehingga pembebanannya menjadi 52,75% [6]. Panjang sebuah Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dapat didesain dengan mempertimbangkan drop tegangan (voltage drop) [7].

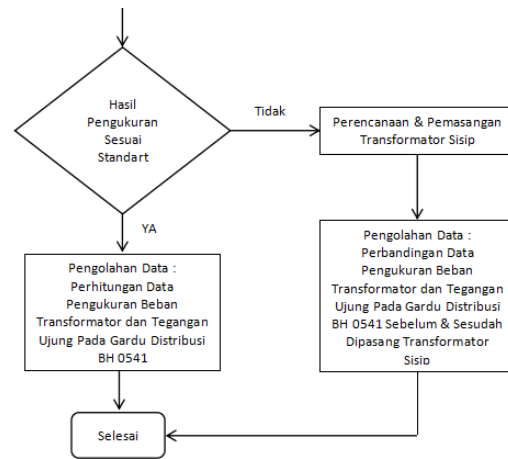
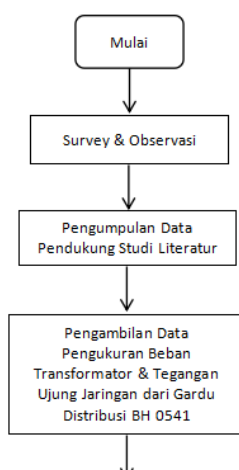
Keandalan sistem tenaga listrik merupakan kemampuan suatu sistem bekerja sesuai dengan fungsinya dalam kurun waktu tertentu. Keandalan sistem distribusi tenaga listrik dapat dilihat dari seberapa sering mengalami pemadaman, berapa lama waktu pemadaman yang terjadi, dan berapa lama waktu pemulihan sistem akibat terjadi gangguan [2].

PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Arga Makmur telah melakukan pengukuran beban dan tegangan rutin per semester. Dan ditemukan beberapa transformator yang bebannya melebihi kapasitas transformator dikarenakan bertambahnya jumlah pelanggan. Salah satunya terdapat pada gardu distribusi GD BH0541 Feeder 9 Gunung Selan. Beban pada GD BH0541 sebesar 208 A dan persentase pembebanan sebesar 85,6% (PT PLN (Persero) ULP Arga Makmur 2023). Yang mana seharusnya transformator distribusi dengan kapasitas 160 kVA jika persentase pembebanan 80% maka beban maksimal transformator tersebut 194 A. Jika dibiarkan terus dalam kondisi ini akan menyebabkan kinerja transformator tidak maksimal. Menurut studi kasus Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249 pembebanan transformator distribusi tidak boleh melebihi 80 % karena beban berlebih dapat menyebabkan kerusakan pada transformator akibat panas berlebih serta menyebabkan drop tegangan [9]. Maka dari itu perlu dilakukan upaya-upaya dalam mengatasi masalah tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pemasangan transformator sisip di Feeder 9 Gunung Selan Unit Layanan Pelanggan (ULP) Arga Makmur. Yang mana sebelumnya transformator GD BH0541 Feeder 9 Gunung Selan mengalami overload dikarenakan pertumbuhan pelanggan disekitar gardu tersebut. Maka dari itu dilakukanlah penelitian pemasangan sisip transformator yang bertujuan untuk memperbaiki kinerja transformator agar tidak cepat rusak. Untuk sumber data yang diperoleh sebagai penelitian ini berupa data Transformator pada Gardu Distribusi GD BH0541, data pengukuran langsung sebelum dilakukan pemasangan Transformator Sisip & sesudah pemasangan, Name Plat Transformator Distribusi, dan Laporan Asset Gardu Distribusi.

Berikut adalah Diagram Alir Proses Penelitian :



Gbr 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Arga Makmur Feeder 9 Gunung Selan pada Gardu Distribusi BH0541. Penelitian ini dimulai untuk mendapatkan data-data yang terdapat pada BH0541, yang mana transformator distribusi pada gardu tersebut mengalami beban lebih (Overload). Berikut beberapa pertimbangan yang ada :

- Transformator distribusi pada BH0541 yang beralamat di Gunung Selan, Kota Arga Makmur, Kab. Bengkulu Utara, Bengkulu. Transformator pada BH0541 memiliki kapasitas sebesar 160 kVA dan nilai persentase pembebanan sebesar 95 %.
- Transformator distribusi pada BH0541 dianggap overload karena bebannya telah melebihi batas (>80%).

$$IFL = s\sqrt{3} \times V$$

$$IFL = 160.000 \text{ VA} \sqrt{3} \times 400 = 231 \text{ A (Beban dalam kondisi penuh)}$$

$$\text{Beban kondisi } 80 \% = 231 \text{ A} \times 80 \% = 185 \text{ A}$$

$$\text{Beban kondisi } 95 \% = 231 \text{ A} \times 95 \% = 219,5 \text{ A}$$

Jadi nilai I dalam keadaan penuh dengan kapasitas transformator 160 kVA sebesar 231 A, kemudian dengan kondisi pembebanan 80% beban transformator sebesar 185 A, namun pada pada kondisi pembebanan 95 % nilai I nominalnya sebesar 219 A. Sehingga transformator tersebut mengalami kelebihan beban.

Transformator Distribusi BH0541 memiliki panjang jaringan 750 m + 250 m (terdapat 2 jurusan) dan besar penampang dari penghantar 4 x 70 mm². Kinerja dari transformator kurang optimal yang disebabkan oleh beban yang berlebih (Overload) yang mana persentase pembebanannya mencapai 95% dengan kapasitas transformator sebesar 160 kVA, apa bila dibiarkan secara terus menerus akan mengakibatkan kerusakan pada transformator sehingga terganggunya mutu pelayanan PLN ke konsumen. Dalam mengatasi permasalahan tersebut tindakan yang dilakukan yaitu melakukan pemasangan transformator sisip yang berguna untuk mengurangi beban berlebih dari transformator tersebut. Berikut adalah spesifikasi dari transformator BH0541 :

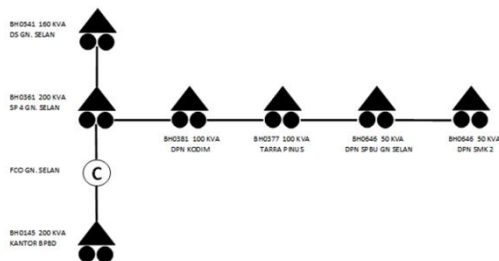
TEGANGAN PANGKAL (V)						
JURUSAN	R - S	R - T	S - T	R - N	S - N	T - N
1 = 2	400	395,1	397,2	230	226	229
TEGANGAN UJUNG (V)						
JURUSAN	R - S	R - T	S - T	R - N	S - N	T - N
1	372	371	374	188	189	190
2	395	389	392	223	221	222

TABEL 1
SPESIFIKASI DARI TRANSFORMATOR BH0541

DATA SPESIFIKASI TRANSFORMATOR		
1	No Seri	56380026
2	Merk	SINTRA
3	Tahun Pembuatan	2017
4	Frekuensi	50 Hz
5	Daya	160 kVA
6	Tegangan Primer	20000 V
7	Tegangan Sekunder	400 V



Gbr 2. Gardu Distribusi BH0541



Gbr 3. Single Line Diagram Sebelum dilakukan Pemasangan Transformator Sisip

I. Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Transformator Distribusi BH0541 Sebelum Disisip

Pada transformator distribusi BH0541 dilakukan pengukuran beban dan pengukuran tegangan sebelum dilakukan sisip transformator. Berikut adalah hasil pengukurannya :

TABEL 2
HASIL PENGUKURAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI BH0541 SEBELUM DISISIP

ARUS TRANSFORMATOR (I)				
JURUSAN	R	S	T	N
1	187,9	166,9	170,06	58
2	52,7	47,8	45,60	22,80
TOTAL	240,6	217,7	215,66	80,8

Untuk menghitung nilai pesentase pembebanan transformator dari data yang telah didapatkan terlebih dahulu dilakukan perhitungan daya perfasa dengan parameter arus total perfasa dan tegangan. Pada perhitungan ini sesuai dengan persamaan mengitung daya/KVA beban, yakni : $S = V \times I$

- Menghitung Daya Perfasa :

$$SR = IR_{tot} \times VR-N$$

$$= 240,60 \times 230$$

$$= 55,338 \text{ kVA}$$

$$SS = IS_{tot} \times VS-N$$

$$= 214,70 \times 226$$

$$= 48,522 \text{ kVA}$$

$$ST = IT_{tot} \times VT-N$$

$$= 215,66 \times 229$$

$$= 49,386 \text{ kVA}$$

Setelah mendapatkan nilai daya/kVA beban perfasa, kemudian dilakukan penjumlahan nilai daya/kVA perfasa untuk menentukan nilai daya beban seperti pada persamaan sebagai berikut :

- Menghitung Beban Total :

$$STotal = SR + SS + ST$$

$$= 55,338 + 48,522 + 49,386$$

$$= 153,246 \text{ kVA}$$

Kemudian menggunakan persamaan :

$$\% \text{ Beban Transformator} = \frac{KVA \text{ Beban}}{KVA \text{ Trafo}} \times 100 \%$$

untuk mendapatkan nilai dari persentase beban pada transformator distribusi BH0541 sebelum dilakukannya sisip transformator, yakni :

- Perhitungan Persentase Beban :

$$\% \text{ Pembebanan} = \frac{KVA \text{ Beban Total}}{KVA \text{ Trafo}} \times 100 \%$$

$$= \frac{153,246 \text{ kVA}}{160 \text{ kVA}} \times 100 \%$$

$$= 95,77 \%$$

Selanjutnya untuk mencari nilai persentase jatuh tegangan/drop tegangan transformator distribusi pada BH0541 sebelum dilakukannya sisip transformator dari data yang telah didapatkan dengan menggunakan persamaan

$$\% \text{ Beban Transformator} = \frac{I \text{ rata-rata}}{IFL} \times 100\%$$

sebagai berikut :

- Regulasi Tegangan Fasa R :

$$VReg = \frac{(Vs - Vr)}{Vr} \times 100\%$$

$$= \frac{(230 - 188)}{188} \times 100\%$$

$$= 22,34 \%$$

- Regulasi Tegangan Fasa S :

$$VReg = \frac{(Vs - Vr)}{Vr} \times 100\%$$

$$= \frac{(226 - 189)}{189} \times 100\%$$

$$= 19,5 \%$$

- Regulasi Tegangan Fasa T :

$$VReg = \frac{(Vs - Vr)}{Vr} \times 100\%$$

$$= \frac{(229 - 190)}{190} \times 100\%$$

TEGANGAN PANGKAL (V)						
JURUSAN	R - S	R - T	S - T	R - N	S - N	T - N
1 = 2	402	397	398	231	228	229
TEGANGAN UJUNG (V)						
JURUSAN	R - S	R - T	S - T	R - N	S - N	T - N
1	388	386	385	215	216	215
2	396	391	392	224	223	223

= 20,5 %

Selanjutnya untuk mencari nilai rugi daya penghantar, terlebih dahulu harus mendapatkan nilai dari resistansi penghantar yang mana menggunakan persamaan

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

sebagai berikut :

$$R = (2,65 \times 10^{-8}) \times 750 / (70 \times 10^{-6})$$

$$= 0,28 \text{ ohm}$$

Kemudian setelah didapatkan nilai resistansi dilanjutkan

$$\Delta P = I^2 \times R \times L$$

untuk mendapatkan hasil rugi daya penghantar pada transformator distribusi BH0541 sebelum disisip, yakni :

$$\Delta P (R) = I \times R \times L$$

$$= 187,902 \times 0,28 \times 0,75$$

$$= 7,41 \text{ kW}$$

$$\Delta P (S) = I^2 \times R \times L$$

$$= 166,902 \times 0,28 \times 0,75$$

$$= 5,84 \text{ kW}$$

$$\Delta P (T) = I^2 \times R \times L$$

$$= 1702 \times 0,28 \times 0,75$$

$$= 6,06 \text{ kW}$$

Kemudian rugi-rugi daya yang terdapat pada arus netral yang mana menggunakan persamaan

$$P_N = [I_N]^2 \times R_N$$

Sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \times R_N$$

$$= 582 \times 0,397$$

$$= 1,33 \text{ kW}$$

Selanjutnya nilai suatu efisiensi dipengaruhi salah satunya oleh rugi-rugi daya, yang mana efisiensi ini adalah perbandingan daya masukan dan daya keluran yang terdapat pada suatu transformator distribusi. Data yang didapatkan pada simulasi ketika transformator BH0541 sebelum disisip V_p sebesar 19999 V dan V_s sebesar 391 V, lalu nilai I_p sebesar 4,4 A dan nilai I_s sebesar 219,33. Kemudian menggunakan persamaan

$$\eta = \frac{V_s \times I_s}{V_p \times I_p} \times 100\%$$

untuk mendapatkan nilai efisiensi tersebut, yakni :

$$\eta = V_s \times I_s / V_p \times I_p \times 100\%$$

$$= 391 \times 219,33 / 19999 \times 4,4 \times 100\%$$

$$= 97,4 \%$$

II. Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Transformator Distribusi BH0541 Setelah Disisip (GD BH0777)

Pada transformator distribusi tepatnya di BH0541 dilakukannya pengukuran beban dan pengukuran tegangan menggunakan alat ukur tang amper. Setelah dilakukan sisip transformator distribusi nilai arus beban dan nilai tegangan

mengalami perubahan. Sebagaimana hasil pengukuran yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

TABEL 3
HASIL PENGUKURAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI BH0541 SETELAH DISISIP

ARUS TRANSFORMATOR (I)				
JURUSAN	R	S	T	N
1	110,4	87,5	93,7	30,42
2	54,7	48,5	46,3	18,61
TOTAL	165,1	136	140	49,03

Untuk menghitung nilai persentase pembebanan transformator dari data yang telah didapatkan terlebih dahulu dilakukan perhitungan daya perfasa dengan parameter arus total perfasa dan tegangan.

- Menghitung Beban Perfasa :

$$SR = I_{Rtot} \times V_{R-N}$$

$$= 165,10 \times 231$$

$$= 38,138 \text{ kVA}$$

$$SS = I_{Stot} \times V_{S-N}$$

$$= 136 \times 228$$

$$= 31,008 \text{ kVA}$$

$$ST = I_{Ttot} \times V_{T-N}$$

$$= 140 \times 229$$

$$= 32,060 \text{ kVA}$$

Setelah mendapatkan nilai daya/kVA beban perfasa, kemudian dilakukan penjumlahan nilai daya/kVA perfasa untuk mentukan nilai daya beban sebagai berikut :

- Perhitungan Beban Total :

$$STotal = SR + SS + ST$$

$$= 38,138 + 31,008 + 32,060$$

$$= 101,206 \text{ kVA}$$

Kemudian untuk mendapatkan nilai dari persentase beban pada transformator distribusi BH0541 setelah dilakukannya sisip transformator, yakni :

- Pehitungan Persentase Beban :

$$\% \text{Pembelian} = \text{KVA Beban Total} / \text{KVA Trafo} \times 100 \%$$

$$= 101,206 \text{ kVA} / 160 \text{ kVA} \times 100 \%$$

$$= 63,25 \%$$

Selanjutnya untuk mencari nilai persentase jatuh tegangan/drop tegangan transformator distribusi BH0541 setelah dilakukannya sisip transformator dari data yang telah didapatkan sebagai berikut :

- Regulasi Tegangan Fasa R :

$$VReg = (V_s - V_r) / V_r \times 100\%$$

$$= (231 - 215) / 215 \times 100\%$$

$$= 7,4 \%$$

- Regulasi Tegangan Fasa S :

$$VReg = (V_s - V_r) / V_r \times 100\%$$

$$= (228 - 216) / 216 \times 100\%$$

$$= 5,5 \%$$

- Regulasi Tegangan Fasa T :

$$VReg = (V_s - V_r) / V_r \times 100\%$$

$$= (229 - 215) / 215 \times 100\%$$

$$= 6,5 \%$$

Selanjutnya untuk mencari nilai rugi daya penghantar untuk mendapatkan hasil rugi daya penghantar pada transformator distribusi BH0541 setelah disisip, yakni :

$$\Delta P (R) = I^2 \times R \times L$$

$$= 110,402 \times 0,28 \times 0,4$$

$$= 1,377 \text{ kW}$$

$$\Delta P (S) = I^2 \times R \times L$$

$$= 87,502 \times 0,28 \times 0,4$$

$$= 0,867 \text{ kW}$$

$$\Delta P (T) = I^2 \times R \times L$$

$$= 93,792 \times 0,28 \times 0,4$$

$$= 0,989 \text{ kW}$$

Kemudian rugi-rugi daya yang terdapat pada arus netral sebagai berikut :

$$PN = IN^2 \times RN$$

$$= 30,422 \times 0,397$$

$$= 0,367 \text{ kW}$$

Data yang didapatkan ketika transformator BH0541 setelah disisip V_p sebesar 19999 V dan V_s sebesar 394 V, lalu nilai I_p sebesar 2,9 A dan nilai I_s sebesar 146 A. Kemudian mendapatkan nilai efisiensi tersebut, yakni :

$$\eta = Vs \times Is / Vp \times Ip \times 100\%$$

$$= 394 \times 145 / 19999 \times 2,9 \times 100\%$$

$$= 99 \%$$

III. Hasil Pembahasan Dan Perhitungan Transformator Distribusi Disisip GD BH0777

Salah satu cara untuk mengatasi masalah di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Arga Makmur seperti beban lebih, jatuh tegangan, rugi-rugi daya, dan lain sebagainya adalah dengan memasang gardu sisip. Selain untuk mengatasi masalah tersebut, pemasangan gardu sisip juga dilakukan untuk memperluas jaringan karena konsumen PT PLN (Persero) yang terus meningkat.

TABEL 4
DATA SPESIFIKASI TRANSFORMATOR SISIP

DATA SPESIFIKASI TRANSFORMATOR SISIP		
1	No Seri	25ACN50712
2	Merk	TRAFINDO
3	Tahun Pembuatan	2022
4	Frekuensi	50 Hz
5	Daya	100 kVA
6	Tegangan Primer	20000 V
7	Tegangan Sekunder	400 V



Gbr 4. Gardu Distribusi BH0777

Gbr 5. Single Line Diagram Setelah dilakukan Pemasangan Transformator Sisip (BH0777 SISIP DS GN SELAN)

Pada transformator distribusi baru yaitu sisip BH0777 dilakukannya pengukuran beban dan pengukuran tegangan setelah pemasangan sisip transformator baru. Sebagaimana yang dapat dilihat pada pada tabel sebagai berikut:

TABEL 5
HASIL PENGUKURAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI BH0541 SETELAH PEMASANGAN SISIP TRANSFORMATOR BARU

ARUS TRANSFORMATOR (I)				
JURUSAN	R	S	T	N
1	69,9	65,70	67,5	19,13
2	7,64	11,45	10,82	2,6
TOTAL	77,54	77,15	78,32	21,73

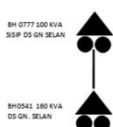
TEGANGAN PANGKAL (V)						
JURUSAN	R - S	R - T	S - T	R - N	S - N	T - N
1 = 2	401	402	405	230	230	231
TEGANGAN UJUNG (V)						
JURUSAN	R - S	R - T	S - T	R - N	S - N	T - N
1	392	394	397	221	222	223
2	397	399	403	228	228	229

Untuk menghitung nilai pesentase pembebanan transformator dari data yang telah didapatkan pada tabel tersebut. Terlebih dahulu dilakukan perhitungan daya perfasa dengan parameter arus total perfasa dan tegangan. Pada perhitungan ini menghitung daya/KVA beban, yakni :

- Menghitung Beban Perfasa :

$$SR = IR_{tot} \times VR-N$$

$$= 77,54 \times 230$$



$$\begin{aligned} &= 17,834 \text{ kVA} \\ SS &= IStot \times VS-N \\ &= 77,15 \times 230 \\ &= 17,744 \text{ kVA} \\ ST &= ITtot \times VT-N \\ &= 78,32 \times 232 \\ &= 18,170 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai daya/kVA beban perfasa, kemudian dilakukan penjumlahan nilai daya/kVA perfasa untuk menentukan nilai daya beban sebagai berikut :

- Menghitung Beban Total :

$$\begin{aligned} STotal &= SR + SS + ST \\ &= 17,834 + 17,744 + 18,170 \\ &= 53,787 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Kemudian untuk mendapatkan nilai dari persentase beban pada transformator distribusi Sisip BH0777 setelah dilakukannya sisip transformator, yakni :

- Perhitungan Persentase Beban :

$$\begin{aligned} \% \text{ Pembebanan} &= \text{KVA Beban Total} / \text{KVA Trafo} \times 100 \% \\ &= 53,787 \text{ kVA} / 100 \text{ kVA} \times 100 \% \\ &= 54 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel dan perhitungan diatas dapat dilihat perbandingan nilai persentase pembebanan transformator distribusi sebelum dan setelah dilakukannya penyisipan pada transformator BH0541. Menurut ketentuan yang berlaku, besar pembebanan transformator yang diizinkan tidak boleh melebihi 80 % [4]. Pada transformator distribusi BH0541 nilai persentase pembebanan mencapai 95 %. Yang mana nilai tersebut dianggap *overload* dan berbahaya apabila tidak dilakukannya pemeliharaan pada transformator tersebut.. Kemudian berdasarkan pertimbangan ini dilakukan pemeliharaan transformator dengan memasang transformator sisipan untuk memecah beban transformator agar tidak *overload* yang awalnya persentase pembebanan sebesar 95% menjadi 63 %. Sehingga dengan memasang transformator sisip dapat mengurangi nilai persentase pembebanan sebesar 32%.

Berdasarkan tabel dan persamaan diatas juga dapat hasil perbandingan nilai persentase drop tegangan transformator distribusi sebelum dan setelah dilakukannya penyisipan pada transformator BH0541. Menurut ketentuan yang berlaku, besar nilai drop tegangan yang diizinkan tidak boleh melebihi +5 % dan -10 %. Pada transformator distribusi BH0541 nilai persentase drop tegangan mencapai 20 %. Yang mana nilai tersebut dianggap terlalu rendah untuk nilai drop tegangan dan mengurangi kualitas mutu pelayanan listrik PLN ke pelanggan. Kemudian berdasarkan pertimbangan ini harus melakukan perbaikan nilai drop tegangan, hal ini juga dipengaruhi oleh beban transformator yang berlebih. Kemudian dilakukan pemeliharaan transformator dengan memasang transformator sisipan untuk memecah beban dan memperpendek jarak penghantar JTR sehingga dapat mengurangi nilai drop tegangan yang berlebih. Berdasarkan tabel dan Perhitungan diatas juga mendapatkan hasil perbandingan nilai rugi-rugi daya penghantar transformator distribusi sebelum dan setelah dilakukannya penyisipan pada transformator BH0541. Sebelum dilakukannya sisip transformator rugi daya pada transformator tersebut bernilai cukup besar, maka dari itu dilakukan penyisipan transformator agar memperkecil nilai dari rugi-rugi daya penghantar.

Berdasarkan tabel dan perhitungan diatas juga mendapatkan hasil perbandingan nilai efisiensi transformator distribusi sebelum dan setelah dilakukannya penyisipan pada transformator BH0541. Pada nilai efisiensi yang berpengaruh salah satunya yaitu arus, yang mana pada arus beban sebelum

transformator disisip atau dalam kondisi *overload* nilai efisiensi sebesar 97,4%. Kemudian setelah dilakukan sisip transformator dan arus beban pada transformator berkurang membuat nilai efisiensi meningkat sebesar 99%. Semakin kecil selisih daya masuk dan daya keluar maka akan semakin baik nilai efisiensinya.

IV.KESIMPULAN

1. Setelah dilakukannya penyisipan transformator distribusi BH0541 terdapat penurunan persentase pembebanan. Persentase pembebanan yang dihitung manual menggunakan rumus sebelum dilakukannya pemasangan transformator sisip BH0777, nilai bebannya sebesar 95,77 % dan setelah dilakukan pemasangan transformator sisip nilai bebannya sebesar 63,25 %.
2. Nilai rugi-rugi daya setelah dilakukannya penyisipan transformator distribusi BH0541 juga mengalami penurunan. Pada perhitungan rugi-rugi daya penghantar yang dihitung menggunakan rumus pada fasa S sebelum dilakukan pemasangan transformator sisip, nilai rugi daya penghantar sebesar 5,84 kW dan setelah dilakukan pemasangan transformator sisip nilai rugi daya penghantar sebesar 0,867 kW.
3. Nilai persentase drop tegangan pada transformator distribusi BH0541 mengalami penurunan yang cukup signifikan setelah dilakukannya penyisipan transformator distribusi. Pada perhitungan persentase nilai drop tegangan yang dihitung manual menggunakan rumus pada jurusan 1 fasa T sebelum dilakukan pemasangan transformator sisip, nilai drop tegangan sebesar 20,5 % dan setelah dilakukan pemasangan transformator sisip nilai drop tegangan menurun sampai 6,5 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dasman, H.H., 2017, 'Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode Saidi dan Saifi di PT. PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015', *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 6(2).
- [2] Fitria Abis, Dicky Lesmana & Parlin Siagan, 2024, 'Analisis Pengaruh Pemeliharaan Preventif Jaringan Distribusi 20 kV pada Penyulang Gu.03 Terhadap Indeks Keandalan Jaringan di PT.PLN (Persero) ULP Medan Timur', *Jurnal Serambi Engineering*, 9(4), 10431-10443.
- [3] Agus Junaidi, & Rahmaniari, 2018, 'Peningkatan Analisa Sistem Tenaga Dengan Metode Computing', *Jurnal Teknik Elektro & Telekomunikasi UNPAB*, 5(1).
- [4] Made, I., Nugraha, A., Made, G., Desnanjaya, N., Perikanan, M., Kelautan, P., Kupang, P., Kampung, J., Pelabuhan, B. & Bolok, F., 2021, 'Penempatan dan Pemilihan Kapasitor Transformator Distribusi Secara Optimal Pada Penyulang Perumnas', *Jurnal Resistor*, 4(1).
- [5] Putra, D.E. & Kusniriansya, R., 2019, 'Analisa Pemerataan Beban Antar Fasa Di Saluran Tegangan Rendah (SUTR) Pada Transformator Distribusi 50 KVA - Li 146 Wilayah Kerja PT PLN (Persero) Rayon Muara Beliti', *Jurnal Surya Energy*, 4(1)
- [6] Samsurizal, S. & Hadinoto, B., 2020, 'Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN(Persero) Up3 Pondok Gede', *KILAT*, 9(1), 136-142.
- [7] Siti Anisah, Zuraidah Tharo & Suhardi, 2019 'Analisis Perbaikan Tegangan Ujung Pada Tegangan Menengah 20 KV dengan Simulasi E-TAP (Studi Kasus PT. PLN (Persero) Rayon Kuala', *Jurnal Uisu*.
- [8] Silviharyani Mendrofa, Muhammad Erpandi Dalimunthe, & Rahmaniari, 2025, 'The Analysis of Performance Reliability Electric Power System in 20 kV Distribution Network in PT PLN', *Journal of Computer Science, Information Technology & Telecommunication Engineerin (JCoSITTE)*, 6(1), 835-845.
- [9] Syukri, S., A.T.M., M.M., & M.F. & Moesnadi, F., 2022, 'Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5Gardu LSA 249', *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(2).

