

# Analisis Metode Sisip Trafo Satu Fase dan Rekonfigurasi Jaringan dalam Mengatasi Trafo *Overload* pada Gardu SCG08-0066 PT PLN (Persero) ULP Magelang Kota

Muhammad Hanif Setyo Sahidanto<sup>1</sup>, Burhanuddin Wafiq<sup>1</sup>, Fivta Abida Nurulita<sup>1</sup>, Hanif Alaudin Zain<sup>1</sup>, Tika Erna Putri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Gadjah Mada; sahidanto.mh@mail.ugm.ac.id, burhanuddin.wafiq@gmail.com, hanif.a.z@mail.ugm.ac.id, fivtanurulita@mail.ugm.ac.id

\*Korespondensi: tika.erna.p@ugm.ac.id

**Abstract** – *Overloaded transformer are common in field conditions. This can affect the performance of the system, such as voltage drops, load imbalances, and power losses. In the working area of PT. PLN (Persero) ULP Magelang Kota, a single-phase transformer with substation number SCG08-0066 is overloaded at 92.72% loading. To address the issue, the solution proposed involves making improvements to the electricity distribution network by adding a single-phase transformer and reconfiguring the network. The methods used include direct field observations and software simulation to assess the loading percentage and voltage drop before and after the transformer insertion and network reconfiguration. The simulation results show a decrease in loading percentage from 200.7 A to 158.9 A (19.3% decrease) for the transformer insertion method and from 200.7 A to 158.1 A (19.82% decrease) for the network reconfiguration method. Both methods successfully reduce transformer loading and improve voltage drop. However, the transformer insertion method is more effective in addressing transformer overload, as the new insert transformer ensures long-term continuity by supplying the existing load.*

**Keywords** – *Distribution Transformer, Overloading, Transformer Insertion, Network Reconfiguration*

**Intisari** – Pada kondisi di lapangan, tidak jarang terjadi adanya trafo yang kelebihan beban. Hal ini dapat memengaruhi kinerja sistem seperti, *drop* tegangan, ketidakseimbangan beban, dan kerugian daya. Pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Magelang Kota terdapat trafo satu fase dengan nomor gardu SCG08-0066 yang mengalami *overload* dengan persentase pembebanan sebesar 92,72%. Untuk mengatasi masalah tersebut, solusi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan perbaikan pada jaringan distribusi listrik, sebagai contoh dengan menambahkan trafo satu fase sebagai penyisipan pada bagian jaringan tertentu dan melakukan rekonfigurasi jaringan. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan dan menggunakan simulasi perangkat lunak. Simulasi ini diperlukan untuk mendapatkan hasil yang akurat mengenai nilai persentase pembebanan dan jatuh tegangan pada trafo sebelum dan setelah dilakukan sisip trafo maupun rekonfigurasi jaringan. Hasil dari simulasi penyisipan trafo satu fase pada gardu SCG08-0066 mengalami penurunan dari pembebanan awal, yaitu 200,7 A turun menjadi 158,9 A dengan penurunan sebesar 19,3%. Sedangkan pada rekonfigurasi jaringan dihasilkan penurunan sebesar 19,82% dari pembebanan awal, yang mulanya 200,7 A turun menjadi 158,1. Hasil dari kedua metode tersebut dapat menurunkan persentase pembebanan trafo sehingga tidak mengalami *overload*. Selain itu, kedua metode tersebut dapat memperbaiki jatuh tegangan di ujung jaringan, yang mulanya 195 Volt menjadi 212 Volt. Namun apabila kedua metode tersebut dilakukan perbandingan, maka metode sisip trafo merupakan metode paling efektif untuk mengatasi trafo *overload* karena beban yang ada disuplai oleh trafo sisipan baru, sehingga lebih terjamin untuk kontinuitas jangka panjang.

**Kata kunci** – trafo distribusi, pembebanan berlebih, trafo sisip, rekonfigurasi jaringan

## I. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) merupakan perusahaan penyedia layanan listrik terbesar di Indonesia. PT. PLN (Persero) bertanggung jawab untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Indonesia dan mengelola distribusi listrik di seluruh wilayah Indonesia. Namun, dalam melakukan tugasnya, PT. PLN (Persero) sering mengalami masalah dalam hal kelebihan beban (*overload*), jatuh tegangan (*voltage drop*), dan kerugian daya (*power losses*) dalam sistem distribusi listrik [1].

Salah satu penyebab terjadinya kelebihan beban pada sistem distribusi listrik adalah terlalu banyaknya beban dalam satu penyulang (*feeder*) yang terhubung ke suatu trafo distribusi. Hal ini dapat menyebabkan beban pada satu bagian jaringan tersebut menjadi *overload*. Selain itu, terdapat kerugian daya yang terjadi dalam jaringan distribusi listrik karena adanya resistansi pada kabel dan transformator distribusi. Kerugian daya tersebut dapat meningkatkan biaya

operasional PT. PLN (Persero) dan mempengaruhi kualitas layanan listrik yang diberikan kepada masyarakat [2].

Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan perbaikan pada jaringan distribusi listrik, salah satunya dengan menambahkan trafo satu fase yang disisipkan pada bagian jaringan tertentu dan melakukan rekonfigurasi jaringan. Perbaikan tersebut diharapkan dapat mengurangi beban *overload*, sehingga dapat mengurangi kerugian daya pada jaringan distribusi listrik [3].

Permasalahan yang serupa pernah dialami dalam sistem jaringan distribusi listrik milik PT. PLN (Persero). Untuk mengatasi permasalahan trafo *overload* ini, terdapat beberapa metode yang telah dilakukan. Metode pertama dilakukan dengan cara penyisipan trafo, yaitu menambahkan gardu sisipan baru pada jaringan. Dengan adanya gardu sisipan baru, dapat berpengaruh terhadap penurunan persentase pembebanan trafo antara 23-50% dari kondisi awal. Hasil

tersebut dapat berpengaruh pada peningkatan kinerja trafo yang mampu beroperasi secara optimal [1][2][3].

Kemudian metode kedua adalah rekonfigurasi jaringan dengan memindahkan sebagian beban dari trafo *overload* ke trafo lain terdekat. Hasil yang diperoleh mengungkapkan bahwa setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan, pembebanan trafo mengalami penurunan antara 30-40% dari kondisi awal yang membuat trafo tidak lagi mengalami kelebihan beban [4][5].

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan perbaikan trafo satu fase pada gardu SCG08-0066 penyulang Secang-08 PT. PLN (Persero) ULP Magelang Kota yang mengalami *overload*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, akan menggunakan metode sisip trafo satu fase dan rekonfigurasi jaringan dengan mempertimbangkan jatuh tegangan. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan pengamatan langsung di lapangan dan menggunakan simulasi perangkat lunak. Simulasi ini diperlukan untuk mendapatkan hasil yang akurat mengenai nilai persentase pembebanan, rugi-rugi daya, serta jatuh tegangan pada trafo sebelum dan setelah dilakukan sisip trafo maupun rekonfigurasi jaringan. Dengan dilakukannya simulasi perbaikan tersebut, diharapkan dapat menjadi acuan guna menentukan metode yang paling efektif dan efisien antara sisip trafo satu fase dengan rekonfigurasi jaringan dalam mengantisipasi *overload* di jaringan.

## II. TINJAUAN ANALISIS

### A. Trafo Distribusi

Trafo adalah sebuah peralatan yang berperan penting dalam sistem distribusi energi listrik. Fungsinya adalah untuk mengubah tegangan listrik menjadi lebih tinggi atau lebih rendah tergantung pada kebutuhan sistem [6][7]. Terdapat dua jenis trafo untuk mengubah tegangan, yaitu trafo *step-up* yang berfungsi untuk menaikkan tegangan, dan trafo *step-down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan. Tujuan dari penggunaan trafo distribusi adalah untuk mengatur tegangan pada sistem distribusi listrik agar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Trafo distribusi yang umum digunakan adalah trafo trafo *step-down* dengan nilai tegangan primer sebesar 20kV dan tegangan sekunder sebesar 400V [8].

### B. Pembebanan Trafo

Pembebanan trafo harus diperhitungkan dengan hati-hati untuk memastikan bahwa trafo bekerja dalam batas kapasitasnya. *Overloading* trafo dapat menyebabkan penurunan umur pakai, kerusakan, atau bahkan kegagalan trafo [2][3]. Apabila mengacu pada SPLN 50:1997 tentang Spesifikasi Transformator Distribusi, disebutkan bahwa kondisi suatu trafo disebut normal apabila persentase pembebanannya  $\leq 80\%$ , waspada pada  $80\% \leq x \leq 91\%$ , dan darurat apabila persentase pembebanan telah melebihi 91% [9]. Perhitungan persentase pembebanan trafo dapat dilakukan seperti yang ditunjukkan pada (1).

$$PP = \frac{S \text{ Total}}{S_N} \times 100\% \quad (1)$$

dengan,

PP	nilai resistansi ( $\Omega/\text{km}$ )
S Total	resistivitas logam ( $\Omega\text{m}$ )
$S_N$	panjang kawat penghantar (km)

### C. Penyisipan Gardu

Penyisipan gardu distribusi satu fase dapat dilakukan dengan memasang trafo satu fase pada suatu titik pada jaringan distribusi listrik. Trafo satu fase ini berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik pada jaringan distribusi agar sesuai dengan kebutuhan konsumen yang ada di sekitar gardu distribusi tersebut [1].

Dalam pemasangan trafo satu fase, perlu diperhatikan beberapa faktor penting seperti impedansi trafo, arus hubung singkat, dan rugi-rugi daya. Impedansi trafo merupakan karakteristik penting dalam menentukan besarnya arus beban dan tegangan yang dihasilkan oleh trafo tersebut. Arus hubung singkat harus dihitung dengan cermat karena akan berpengaruh pada pemilihan ukuran kabel dan pengaman yang digunakan pada gardu distribusi. Sedangkan rugi-rugi daya harus diperhatikan agar tidak terlalu besar dan mempengaruhi efisiensi sistem distribusi secara keseluruhan. Selain itu, penyisipan gardu distribusi satu fase juga dapat dilakukan untuk mengurangi beban pada gardu distribusi yang *overload* dan mengurangi jatuh tegangan di jaringan distribusi [10].

### D. Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah

Rekonfigurasi jaringan adalah suatu teknik yang dilakukan pada jaringan listrik untuk mengoptimalkan performa dan efisiensi jaringan, terutama dalam hal peningkatan reliabilitas, peningkatan efisiensi energi, pengurangan kerugian daya, dan penanganan *overload*. Rekonfigurasi jaringan dilakukan dengan cara merubah susunan dan pengaturan konfigurasi jaringan listrik, seperti perubahan posisi sumber daya listrik, penempatan pengaman dan pengatur beban listrik, serta pengaturan peralatan listrik seperti trafo, kapasitor dan sakelar [5].

Prinsip dasar dari rekonfigurasi jaringan adalah memaksimalkan penggunaan aset yang sudah ada, sehingga tidak diperlukan investasi besar dalam pembangunan infrastruktur baru [5]. Dalam hal pengurangan kerugian daya, rekonfigurasi jaringan bertujuan untuk memperbaiki kualitas tegangan dan mengoptimalkan penyaluran daya listrik, sehingga mengurangi kerugian daya akibat hambatan konduktor dan transmisi daya listrik yang berlebihan.

Dalam aplikasinya, rekonfigurasi jaringan listrik dapat dilakukan pada jaringan distribusi maupun transmisi. Pada jaringan distribusi, rekonfigurasi jaringan dapat dilakukan untuk mengoptimalkan penyaluran daya listrik pada suatu wilayah distribusi, sehingga mengurangi kerugian daya dan penanganan *overload* jaringan [11].

E. Jatuh Tegangan

Pengaturan tegangan dan jatuh tegangan menurut SPLN 72:1987 mengenai spesifikasi desain untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR) adalah sebagai berikut:

- Jatuh tegangan yang diizinkan untuk sistem *spindel* tidak boleh melebihi 2% dari tegangan nominalnya, sedangkan drop tegangan untuk sistem radial yang diizinkan mencapai 5% [10][11].
- Jatuh tegangan pada trafo distribusi dibolehkan 3% dari tegangan kerja.
- Jatuh tegangan pada JTR dibolehkan sampai 4% dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
- Jatuh tegangan pada sambungan rumah (SR) dibolehkan 1% dari tegangan nominal.

Persentase jatuh tegangan pada jaringan distribusi dapat dihitung seperti pada (2).

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\% \tag{2}$$

dengan,

- $V_s$  tegangan di pangkal (Volt)
- $V_r$  tegangan di ujung (Volt)

F. Rugi Daya Jaringan Distribusi

Rugi-rugi pada trafo terjadi ketika trafo diberikan tegangan kemudian timbul pemanasan pada trafo tersebut. Akibat adanya rugi daya itu, membuat daya keluaran pada trafo menjadi lebih kecil dari daya masukannya. Rugi-rugi pada trafo berkisar antara 20% - 25% dari keseluruhan rugi jaringan [12].

Rugi-rugi daya dapat berdampak negatif pada efisiensi pengiriman listrik dan biaya produksi listrik. Semakin besar rugi-rugi daya yang terjadi, semakin banyak energi listrik yang hilang dan semakin besar biaya yang harus dikeluarkan untuk memproduksi listrik tambahan untuk menggantikan energi yang hilang tersebut [13]. Persamaan (3) dan (4) digunakan untuk mengetahui besarnya rugi-rugi daya pada trafo satu fase.

$$\Delta P = I^2 \times R \tag{3}$$

atau

$$\Delta P = (V_{Pangkal} - V_{Ujung}) \times I_{beban} \times \cos \theta \tag{4}$$

dengan,

- $\Delta P$  rugi daya total (Watt)
- $I_{beban}$  arus saluran (A)
- $V_{Pangkal}$  tegangan di ujung (Volt)
- $V_{Ujung}$  tegangan di pangkal (Volt)
- $R$  hambatan total ( $\Omega$ )
- $\cos \theta$  faktor daya

III. METODOLOGI

Penelitian ini membahas tentang perbandingan penggunaan sisip trafo dengan rekonfigurasi jaringan dalam mengatasi trafo *overload*. Beberapa tahapan yang dilakukan

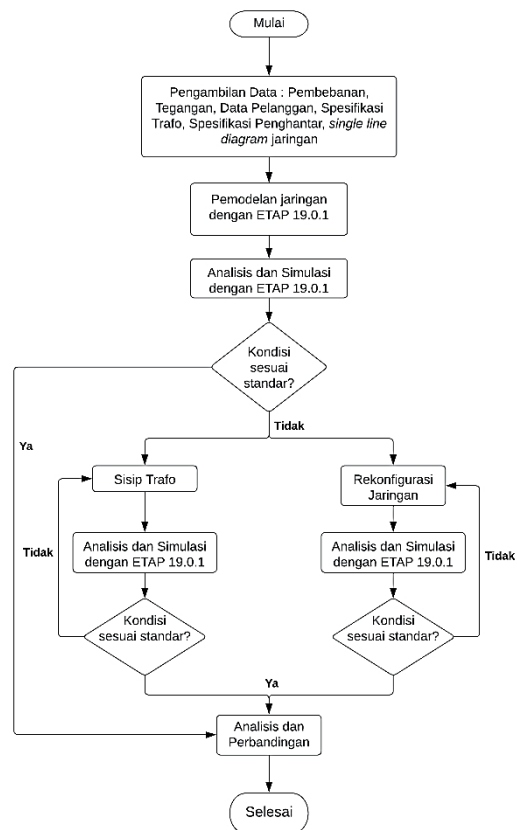
dalam penelitian ini meliputi dua pendekatan yaitu analisis dari hasil observasi lapangan dan menggunakan *software* simulasi. *Software* ETAP 19.0 digunakan untuk menghitung dan menganalisis data-data yang telah terkumpul. *Flowchart* tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Observasi Lapangan

Dalam penelitian ini, observasi lapangan dilakukan dengan pengamatan dan pencatatan data-data yang dibutuhkan. Data yang dicatat ialah data historis pembebanan dari trafo 1 fase pada penyulang SCG-08 di tahun 2022 hingga 2023. Pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa penyulang Secang-08 memiliki beberapa gardu distribusi satu fase dengan nilai pembebanan yang bervariasi di setiap gardu.

Pembebanan terendah terdapat pada gardu SCG08-0163 dengan total 58,9 A. Hal ini masih jauh di bawah beban nominal yang mampu dihasilkan trafo satu fase kapasitas 50kVA yaitu sebesar 216,45 A (27,21% dari beban nominal trafo). Sedangkan nilai pembebanan tertinggi terdapat pada gardu SCG08-0066 dengan total beban yang disuplai sebesar 200,7 A atau 92,72% dari beban nominal trafo. Nilai tersebut melebihi standar yang tercantum pada SPLN 50:1997 yang hanya memperbolehkan trafo beroperasi dengan persentase pembebanan maksimal 80% [9]. Nilai pembebanan ini dipengaruhi oleh besarnya beban yang disuplai oleh suatu trafo ke pelanggan. Persamaan (1) digunakan untuk mengetahui nilai persentase pembebanan.



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

Tabel 1. Pengukuran Beban pada Penyulang SCG-08

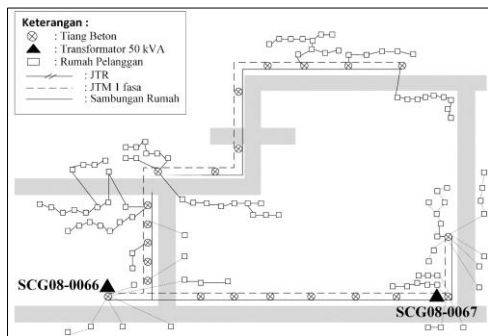
Nomor Gardu	Daya (kVA)	Beban Nominal (A)	Pengukuran Beban			Persentase beban (%)
			X1 (A)	X2 (A)	N (A)	
SCG08-0066	50	216,45	102	98,7	10,2	92,72
SCG08-0067	50	216,45	47,9	56,9	24,2	48,42
SCG08-0162	50	216,45	42,8	38,8	2,2	37,70
SCG08-0163	50	216,45	21,1	37,8	13,4	27,21
SCG08-0164	50	216,45	50,6	51,2	2,9	47,00
SCG08-0165	50	216,45	41,9	59,0	9,3	46,60
SCG08-0160	50	216,45	46,3	37,9	1,9	38,90
SCG08-0179	50	216,45	67,8	68,2	10,0	62,83
SCG08-0167	25	108,23	18,9	27,9	9,0	43,24
SCG08-0159	25	108,23	28,1	45,9	19,5	68,37

Tabel 2. Daya Pelanggan Dusun Wonosobo, Magelang Kota

Tiang	Daya Pelanggan (VA)				Total Daya (VA)	Keterangan
	450	900	1300	2200		
SCG08-0066	0	6	1	1	8.900	SD Kalegen dan rumah
JTR 1	0	0	0	1	2.200	Rumah
JTR 2	0	0	0	0	0	Tanpa SR
JTR 3	0	0	2	0	2.600	Musholla dan rumah
JTR 4	0	0	1	0	1.300	Rumah
JTR 5	13	7	0	0	12.150	Rumah
JTR 6	11	6	0	1	12.550	SD Kebon Agung dan rumah
JTR 7	0	0	0	0	0	Tanpa SR
JTR 8	0	0	0	0	0	Tanpa SR
JTR 9	0	0	0	0	0	Tanpa SR
JTR 10	0	0	0	0	0	Tanpa SR
JTR 11	9	2	0	0	5.850	Rumah
JTR 12	4	1	0	0	2.700	Rumah
JTR 13	9	0	0	0	4.050	Rumah



Gambar 2. Nameplate trafo SCG08-0066



Gambar 3. Denah Konfigurasi Jaringan Dusun Wonosobo, Magelang Kota

Gardu SCG08-0066 merupakan gardu distribusi satu fase dengan merek Voltra berkapasitas 50kVA yang aliran dayanya disalurkan ke JTR untuk menyuplai 75 pelanggan di Dusun Wonosobo, Magelang Kota. Nameplate trafo SCG08-0066 ditunjukkan pada Gambar 2. Tabel 2 merupakan rincian beban dari rumah-rumah pelanggan pada masing-masing tiang JTR di Dusun Wonosobo yang disuplai oleh trafo SCG08-0066. Variasi tipe daya yang tersambung pada rumah pelanggan di daerah tersebut antara 450-2200 VA.

Denah konfigurasi dari jaringan di Dusun Wonosobo dapat dilihat seperti pada Gambar 3. Tabel 1 menunjukkan bahwa titik tumpu trafo langsung menyuplai pelanggan dengan akumulasi daya sebesar 8,9kVA yang terdiri dari SD

Kalegen dan rumah pelanggan. JTR 5 dan JTR 6 memiliki total daya besar dikarenakan daerah tersebut merupakan kawasan padat penduduk yang diantaranya terdapat SD Kebonagung, masjid, dan banyak rumah pelanggan yang tersambung. Sedangkan JTR 7 hingga JTR 10 bernilai 0 karena daerah tersebut merupakan kawasan pertanian sehingga tidak ada pelanggan yang tersambung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

**B. Hasil Simulasi ETAP**

Untuk mengetahui alternatif yang terbaik dalam upaya menurunkan persentase pembebanan trafo pada Gardu SCG08-0066 yang mengalami *overload*, maka dilakukan uji coba melalui dua tahap simulasi. Setiap tahap pengujian, dilakukan analisis, selanjutnya hasil simulasi dibandingkan untuk mengetahui kondisi pembebanan trafo. Hasil dari perbandingan kedua metode ini akan menjadi tolok ukur dalam penentuan metode paling efektif untuk mengatasi permasalahan trafo *overload* dengan mempertimbangkan kontinuitas aliran daya jangka panjang.

1) *Pemasangan Gardu Sisipan*: Data hasil survei lapangan yang tercantum pada Tabel 2 dan Gambar 3 digunakan sebagai acuan untuk melakukan simulasi penyisipan trafo gardu SCG08-0066. Tahap pertama dilakukan pengujian simulasi penambahan gardu sisipan dengan kapasitas 50 kVA dengan konfigurasi fase tunggal.

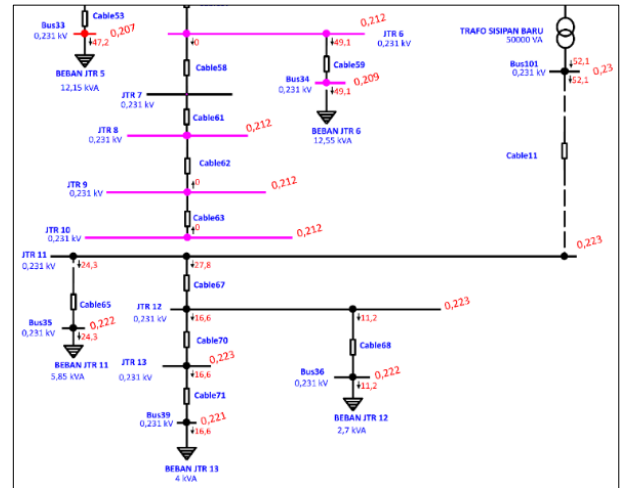
Beban pada masing-masing JTR diatur dengan satuan kVA, sedangkan untuk kabel yang digunakan disesuaikan dengan library SPLN yang ada pada ETAP. Kabel untuk jaringan tegangan menengah (JTM) menggunakan tipe AAA-CS dengan ukuran  $70mm^2$ , sedangkan pada sambungan rumah (SR) menggunakan tipe NFA2X ukuran  $2x10mm^2$ .

Hasil yang diperoleh dari simulasi menunjukkan bahwa persentase pembebanan trafo pada Gardu SCG08-0066 mengalami penurunan. Pembebanan awal pada Gardu SCG08-0066 sebesar 92,72% dengan beban puncak mencapai 200,7 A mengalami penurunan menjadi 73,41% dengan beban 158,9 A. Selain itu, penyisipan trafo dapat memperbaiki tegangan jaringan dari 195V menjadi 212V pada ujung jaringan.

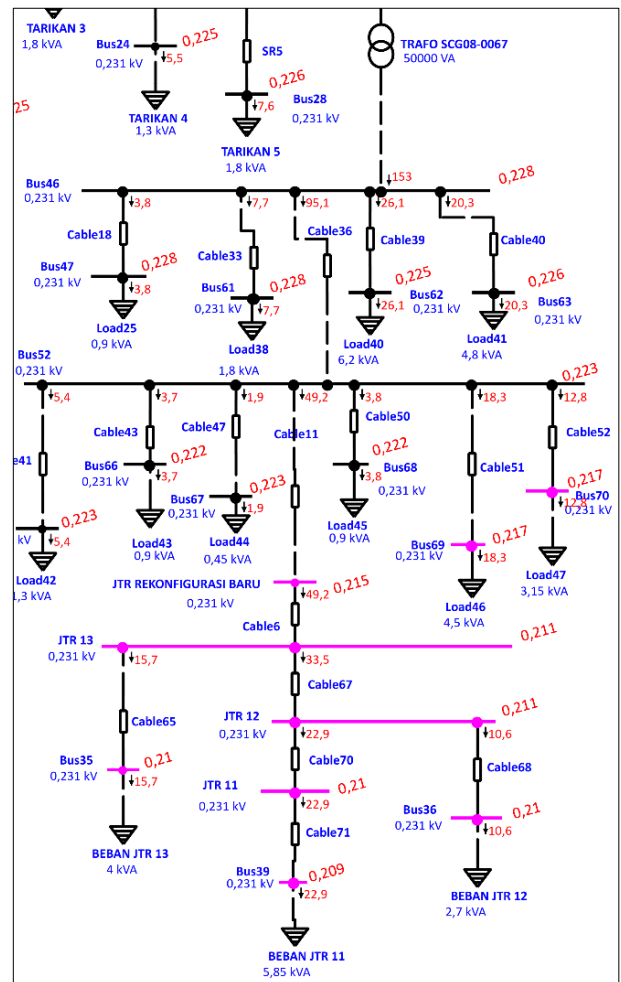
2) *Rekonfigurasi Jaringan*: Simulasi rekonfigurasi jaringan dilakukan dengan pemindahan beban ke tiang trafo terdekat yang belum mengalami *overload*. Berdasarkan data Tabel 1, trafo terdekat dari SCG08-0066 yang belum mengalami *overload* adalah trafo SCG08-0067 dengan persentase pembebanan 48,42%. Single Line Diagram (SLD) untuk rekonfigurasi jaringan dengan melakukan pemindahan beban dari trafo SCG08-0066 ke trafo SCG08-0067 ditunjukkan pada Gambar 5.

Penentuan trafo rekonfigurasi untuk pelimpahan beban diperhitungkan dari jarak trafo SCG08-0066 ke trafo terdekat lainnya serta persentase pembebanan trafo tersebut tidak terlalu besar. Berdasarkan data Tabel 1, diketahui bahwa gardu terdekat dari SCG08-0066 adalah gardu SCG08-0067 dengan persentase pembebanan sebesar 48,42% serta jarak 495m dari gardu SCG08-0066. Gardu SCG08-0067 merupakan gardu distribusi 1 fase dengan kapasitas 50kVA yang menyuplai 27 pelanggan di Dusun Kalegen, Magelang Kota.

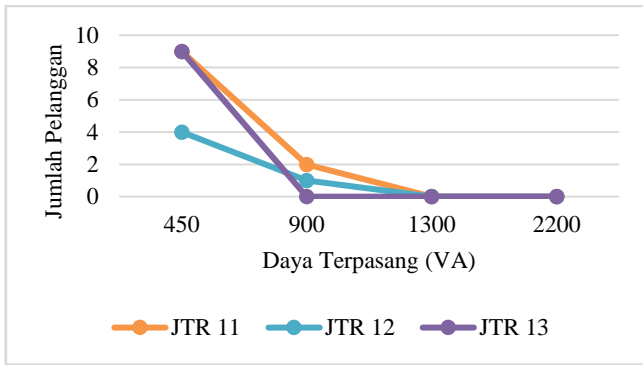
Simulasi pelimpahan beban dilakukan seperti pada Gambar 5. Rincian besar beban yang dipindahkan dari gardu SCG08-0066 ke gardu SCG08-0067 mengacu pada Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan nominal beban yang dipindah dari Gardu SCG08-0066 ke Gardu SCG08-0067 sebesar 12,6 kVA atau 24,1% dari total beban yang disuplai oleh Gardu SCG08-0066. Beban tersebut merupakan daya terpasang dari JTR 11 yang terdiri dari 11 pelanggan dengan total daya 5,85kVA, JTR 12 yang terdiri dari 5 pelanggan dengan total daya 2,7kVA, dan JTR 13 yang terdiri dari 9 pelanggan dengan total daya 4,05kVA. Pemindahan beban tersebut diperhitungkan melihat jarak tiang terdekat dari trafo awal ke Gardu SCG08-0067.



Gambar 4. SLD Sispip Trafo pada Gardu SCG08-0066



Gambar 5. SLD Rekonfigurasi Jaringan pada Gardu SCG08-0066

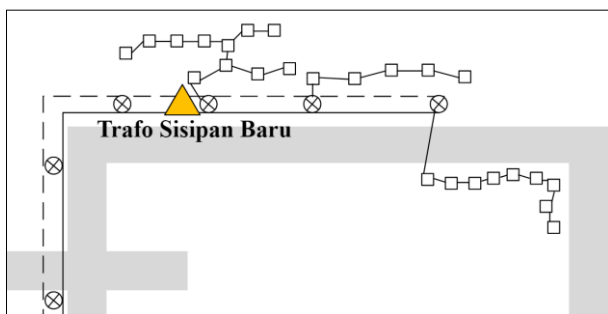


Gambar 6. Beban yang dipindah ke Gardu SCG08-0067

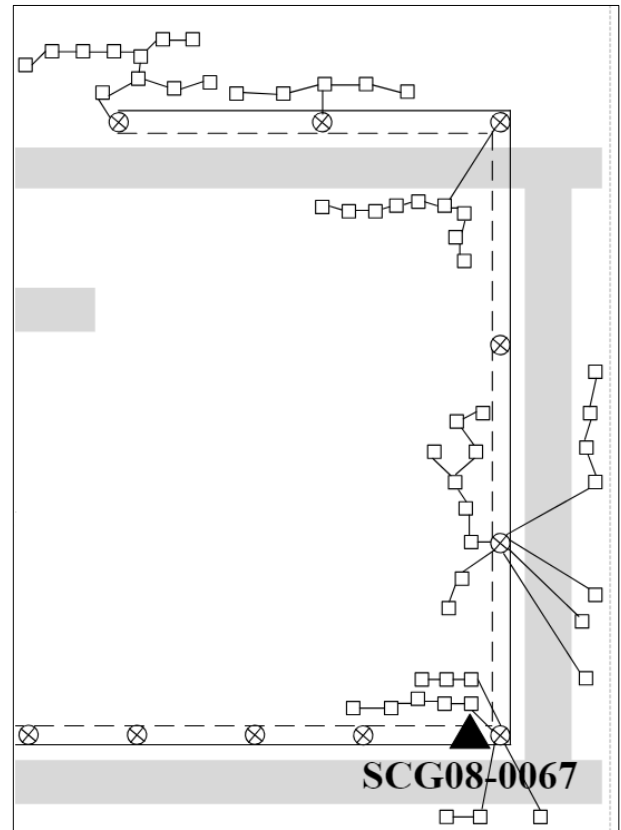
Gambar 7 menunjukkan rancangan denah setelah dilakukan sisip trafo satu fase. Berdasarkan gambar tersebut, dapat diketahui bahwa trafo terpasang pada JTR 11. Hal ini karena JTR 11 merupakan daerah yang terdekat dengan beban. Pada Gambar 8 ditunjukkan rancangan denah setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa beban yang tersambung pada JTR 11-13 dipindahkan ke SCG08-0067. Rekonfigurasi jaringan ini membutuhkan satu buah tiang JTR baru agar panjang kabel tidak terlalu panjang sehingga meminimalisasi adanya *drop* tegangan.

Hasil dari simulasi rekonfigurasi jaringan menunjukkan bahwa persentase pembebanan transformator pada Gardu SCG08-0066 dengan persentase pembebanan awal sebesar 92,72% dengan beban puncak mencapai 200,7A mengalami penurunan menjadi 72,9% dengan beban 158,1 A. Selain itu, setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan juga terdapat perbaikan nilai tegangan menjadi 206V yang pada kondisi awal sempat terjadi *drop voltage* hingga 195V di ujung jaringan.

Setelah dilakukan simulasi dengan metode sisip trafo dan rekonfigurasi jaringan, hasil perbandingan kedua metode tersebut ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Metode sisip trafo dan rekonfigurasi jaringan mampu mengatasi trafo *overload* yang menurunkan persentase pembebanan 19-20% dari pembebanan awal. Namun untuk kontinuitas jangka panjang, metode sisip trafo menjadi lebih efektif karena dilakukan penambahan gardu sisipan baru, sehingga pembebanan pada trafo tersebut masih sangat kecil, yaitu 24,7%. Apabila dibandingkan dengan rekonfigurasi jaringan yang menggunakan trafo *existing* memiliki pembebanan mencapai 70,68%. Nilai tersebut hampir mencapai batas maksimum persentase pembebanan trafo yang diperbolehkan menurut SPLN 50:1997.



Gambar 7. Rancangan denah setelah sisip trafo



Gambar 8. Rancangan denah setelah rekonfigurasi jaringan

### V. SIMPULAN

Pada trafo SCG08-0066 persentase pembebanan sebelum dilakukan pemasangan sisip trafo maupun rekonfigurasi jaringan yaitu sebesar 92,72% dengan beban sebesar 200,7 A. Dengan dilakukannya penyisipan trafo satu fase pada gardu SCG08-0066 mengalami penurunan sebesar 19,3% dari persentase pembebanan awal, setelah sisip persentase pembebanan menjadi 73,41% dengan beban 158,9 A. Sedangkan pada rekonfigurasi jaringan, pelimpahan beban dilakukan ke gardu terdekat yaitu SCG08-0067 yang memiliki persentase pembebanan sebesar 48,42%. Dihilangkan penurunan persentase pembebanan sebesar 19,82%, setelah rekonfigurasi persentase pembebanan menjadi 72,9% dengan beban 158,1 A, dan pada trafo SCG08-67 sebesar 70,68% dengan beban 153 A.

Hasil dari kedua metode tersebut dapat menurunkan persentase pembebanan trafo sehingga tidak mengalami *overload*. Selain itu, kedua metode tersebut dapat memperbaiki jatuh tegangan di ujung jaringan yang mulanya 195 Volt menjadi 212 Volt. Namun untuk kontinuitas jangka panjang, metode sisip trafo menjadi lebih efektif. Hal ini dikarenakan penambahan gardu sisipan baru, sehingga pembebanan pada trafo tersebut masih sangat kecil apabila dibandingkan dengan rekonfigurasi jaringan yang menggunakan trafo eksisting

Tabel 3. Perbandingan data sebelum dan setelah penyisipan trafo

Gardu	Sebelum				Setelah			
	Persentase Beban (%)	Beban Terukur (A)	Tegangan Pangkal (V)	Tegangan Ujung (V)	Persentase Beban (%)	Beban Terukur (A)	Tegangan Pangkal (V)	Tegangan Ujung (V)
SCG08-0066	92,72	200,7	224	195	73,41	158,9	225	212
Sisipan Baru	-	-	-	-	24,07	52,1	223	221

Tabel 4. Perbandingan data sebelum dan setelah rekonfigurasi jaringan

Gardu	Sebelum				Setelah			
	Persentase Beban (%)	Beban Terukur (A)	Tegangan Pangkal (V)	Tegangan Ujung (V)	Persentase Beban (%)	Beban Terukur (A)	Tegangan Pangkal (V)	Tegangan Ujung (V)
SCG08-0066	92,72	200,7	224	195	72,9	158,1	224	206
SCG08-0067	48,42	104,8	226	220	70,68	153	225	209

Harapan untuk penelitian selanjutnya yaitu mampu menjelajahi aspek-aspek yang belum dipelajari dalam konteks sisip trafo satu fase dan rekonfigurasi jaringan. Misalnya, dapat dipertimbangkan pengaruh variabel-variabel yang berbeda, seperti penggunaan bahan baru, desain yang lebih efisien, atau metode produksi yang lebih ramah lingkungan. Eksplorasi ini akan memberikan pemahaman yang lebih lengkap tentang topik tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad, S. Meliala, dan Damayanti, "Mengatasi Beban Lebih Transformator Gardu Distribusi Dengan Menggunakan Trafo Sisip di PT PLN (Persero) ULP Langsa Kota," *Jurnal Energi Elektrik*, vol. 11, 2022.
- [2] G. A. Setia, H. U. Setiawan, F. Haz, dan E. Taryana, "Studi Penambahan Gardu Sisipan Tipe Tiang untuk Mengatasi Beban Lebih di PT PLN (PERSERO) Area Cianjur Rayon Mandé," *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, vol. 20, no. 2, pp. 139–149, 2022.
- [3] M. Najmul Fadli, Ni Made Seniari, dan I Made Ginarsa, "Analisis Rencana Pemasangan Transformator Sisipan pada Saluran Transformator Distribusi Penyulang Pagutan," Universitas Mataram, 2018.
- [4] I. Putu Sutawinaya, A. A. N. M. Narottama, dan I. G. N. Ade Pujana, "Meningkatkan kinerja gardu distribusi SK76 Penyulang Sukasada dalam menangani overblast menggunakan simulasi perangkat lunak ETAP," *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, vol. 3, pp. 1–7, 2022.
- [5] A. A. N. M. Narottama, I. G. A. M. Sunaya, I. M. Purbhawa, dan K. R. D. Noviyanti, "Analisis pengaruh rekonfigurasi jaringan terhadap pembebanan transformator pada gardu distribusi KA 1316 penyulang Sriwijaya," *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika*, vol. 4, no. 3, p. 125, 2017.
- [6] A. Ar, M. Thahir, dan M. Tahir, "Studi Manajemen Trafo PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Sungguminasa," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2022-Teknik Listrik*, Teknik Listrik, 2022, pp. 344–359.
- [7] R. Khomarudin dan L. Subekti, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa Terhadap Arus Netral Pada Trafo Distribusi 8 Kapasitas 500 KVA di PPSDM Migas Cepu," *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, vol. 1, no. 2, Jan. 2021, doi: 10.22146/juliet.v1i2.59560.
- [8] M. F. Ibrahim, "Studi Aliran Daya Tiga Fasa dengan Mempertimbangkan Transformator Distribusi Hubung Belitan Delta-Delta pada Penyulang Katu Gardu Induk Menggala," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2016.
- [9] *SPLN 50: Spesifikasi Transformator Distribusi*. Jakarta: PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), 1997.
- [10] P. Harahap, M. Adam, dan 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 Etab 12.6. 0," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 62–69, 2019.
- [11] M. Suartika, I. Wayan, dan A. Wijaya, "Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) untuk Memperbaiki Drop Tegangan di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung," *Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 175–181, Jul. 2010.
- [12] D. Chembe, "Reduction of Power Losses Using Phase Load Balancing Method in Power Networks," *World Congress on Engineering and Computer Science*, vol. 2178, Oct. 2009, Accessed: May 13, 2023.
- [13] A. Damnjanovic and G. Feruson, "The measurement and evaluation of distribution transformer losses under nonlinear loading," in *Power Engineering Society General Meeting*, Jul. 2004, pp. 1416-1419 Vol.2. doi: 10.1109/PES.2004.1373098.