

Analisis Pembebanan dan Manajemen Transformator Distribusi Terhadap Kenaikan Beban Pasca Pandemi COVID-19

I Wayan Sukadana¹, Muhammad Fadel², I Wayan Suriana³, I Wayan Sugara Yasa⁴

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Universitas Pendidikan Nasional Denpasar

^{3,4}Program Studi Program Profesi Insinyur Universitas Pendidikan Nasional Denpasar

Jl. Bedugul No.39, Sidakarya, Denpasar Selatan, Denpasar, Bali 80224

e-mail: sukadana@undiknas.ac.id

Abstrak— Kenaikan beban pada sistem energi listrik PT PLN (Persero) ULP Kuta pasca pandemi COVID-19 sangat signifikan, dapat dilihat dari tren penjualan energi listrik dari tahun 2020 sampai dengan 2022 yang mana kenaikan penjualan pada tahun 2022 mencapai 40% dibandingkan dengan tahun 2020, dari kenaikan penjualan tersebut dapat disimpulkan pembebanan transformator distribusi juga mengalami kenaikan. Oleh karena itu untuk memitigasi risiko gangguan transformator yang disebabkan oleh beban lebih maka diperlukan analisa kenaikan pembebanan sebelum dan sesudah pandemi COVID-19 dan melakukan manajemen transformator. Penelitian dilakukan dengan cara pengumpulan data yang ada di PT PLN (Persero) ULP Kuta serta melakukan pengukuran beban transformator yang mengalami pembebanan lebih dari 80%. Penelitian dilakukan pada gardu ditribusi KA1771, KA1152 dan KA0061, saat pandemi COVID-19 pembebanan transformator mengalami penurunan rata-rata sebesar 36,8 % dan mengalami kenaikan pasca pandemi rata-rata sebesar 48,1%. Saat pandemi pembebanan transformator pada gardu tersebut adalah masing-masing sebesar 61,08%, 56,11% dan 51,74% dan pasca pandemi COVID-19 transformator tersebut mengalami kenaikan beban, pembebanan masing-masing gardu adalah sebesar 96,6%, 91,9% dan 94,1% dan setelah dilakukan manajemen transformator persentase pembebanan di gardu distribusi KA1771, KA1152, KA0061 adalah sebesar 61,08%, 56,11% dan 51,74%.

Kata kunci: *Transformator, Manajemen Transformator, Pembebanan Transformator, Pandemi COVID-19*

Abstract— The increase in load on PT PLN (Persero) ULP Kuta's electrical energy system after the COVID-19 pandemic is very significant, this can be seen from the electricity sales trend from 2020 to 2022, where the increase in sales in 2022 reached 40% compared to 2020, from This increase in sales can be concluded that the distribution transformer load has also increased. Therefore, to mitigate the risk of transformer disruption due to overloading, it is necessary to analyze the increase in loading before and after the COVID-19 pandemic and carry out transformer management. The research was carried out by collecting data at PT PLN (Persero) ULP Kuta and measuring the load on transformers that experienced a load of more than 80%. Research was conducted at the KA1771, KA1152 and KA0061 distribution substations. During the COVID-19 pandemic, transformer loading decreased on average by 36.8% and experienced an average increase after the pandemic of 48.1%. During the pandemic, the load on transformers at these substations was respectively 61.08%, 56.11% and 51.74% and after the COVID-19 pandemic, transformers experienced an increase in load, the load on each substation was 96.6% , 91.9% and 94.1% and after transformer management, the loading percentage at the KA1771, KA1152, KA0061 distribution substations was 61.08%, 56.11% and 51.74%.

Keywords: *Transformer, Transformer Management, Transformer Load, COVID-19 Pandemic*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama bagi seluruh masyarakat saat ini, hampir disetiap sektor kegiatan masyarakat membutuhkan energi listrik untuk kegiatan sehari-hari. Di Indonesia salah satu penyedia tenaga listrik adalah PT PLN (Persero) yang merupakan sebuah Badan Usaha Milik Negara, dalam hal ini PLN harus

memperhatikan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas dalam menyediakan dan menyalurkan energi listrik bagi pelanggan dan masyarakat.

Pada akhir tahun 2019 pandemi COVID-19 membuat adanya pembatasan mobilitas masyarakat di hampir semua negara salah satunya di Indonesia, maka dari itu sektor pariwisata khususnya di pulau Bali sangat terdampak, beberapa hotel, restoran , tempat hiburan, pusat oleh-oleh

dan sebagainya menghentikan operasinya. Oleh karena itu konsumsi energi listrik juga ikut menurun.

Seiring dengan dibukanya kembali sektor pariwisata khususnya di pulau Bali dan saat ini perkembangan teknologi sangat pesat serta sudah banyaknya penggunaan kendaraan listrik sebagai pengganti kendaraan berbahan bakar fosil akan meningkatkan konsumsi energi listrik di daerah Bali khususnya wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Kuta.

Peningkatan konsumsi energi listrik di PT PLN (Persero) ULP Kuta setelah pandemi COVID-19 cukup signifikan, penjualan tahun 2020 sebesar 1.115.004 MWh tahun 2021 turun menjadi 1.064.278 MWh dan pada tahun 2022 meningkat menjadi 1.492.305 MWh yaitu meningkat 40% dari tahun 2021 (Sumber PT PLN (Persero) ULP Kuta).

Bersamaan dengan hal tersebut terdapat beberapa masalah dan kendala yang harus dihadapi di lapangan untuk menjamin kontinuitas dalam hal penyaluran tenaga listrik ke pelanggan dan masyarakat salah satunya adalah meningkatnya pembebanan Transformator pada sistem Distribusi.

Material utama pada jaringan distribusi salah satunya adalah Transformator, yang mana transformator berada pada gardu distribusi. Transformator sebagai alat untuk menurunkan tegangan listrik dari tegangan menengah 20 kV ke tegangan rendah 230/400V. Apabila transformator mengalami gangguan maka menyebabkan terganggunya proses pendistribusian energi listrik ke pelanggan sehingga pemadaman akibat gangguan pun tidak dapat dihindari.

Oleh karena itu PLN sebagai perusahaan penyedia tenaga listrik harus dapat mengatasi dan memitigasi gangguan pada transformator. Pada tahun 2020, 2021 dan 2022 jumlah pembebanan transformator yang tinggi (>80%) merupakan penyebab gangguan transformator yang paling sering terjadi, jumlah gangguan pada 3 tahun tersebut adalah sebanyak 82 kali yang disebabkan oleh Overload 38%, kumparan TM putus 4%, kerusakan bushing TM 12%, kerusakan bushing TR 15%, Oli trafo bocor 20% dan penyebab lainnya 12%. Sesuai dengan standar, pembebanan yang diperbolehkan pada transformator adalah 80% dari kapasitas atau arus nominal (I_n) transformator. Salah satu mitigasi risiko gangguan beban lebih dan juga beban tidak seimbang pada transformator adalah dengan melakukan manajemen transformator.

Maka dari itu PT PLN (Persero) ULP Kuta membuat rencana kegiatan untuk menurunkan jumlah gangguan transformator di tahun 2023 beberapa diantaranya adalah dengan cara melakukan penyeimbangan beban transformator, melakukan relokasi, substitusi, mengganti kapasitas transformator dan juga melakukan pengukuran beban transformator sebelum dilakukan penyambungan pelanggan baru atau perubahan daya pelanggan khususnya pada pelanggan dengan daya 33.000 VA ke atas. Seperti yang sudah diketahui pada saat ini pembukaan kembali sektor pariwisata di daerah Bali sudah berjalan, sehingga pertumbuhan pembebanan juga ikut bertambah.

Menurut surat edaran direksi PT PLN (Persero) No: 0017.E/DIR/2014 menyatakan bahwa persentase pembebanan transformator yang baik adalah dibawah 60% (<60%). Beban transformator yang melebihi kapasitasnya akan mempercepat terjadinya kerusakan pada transformator

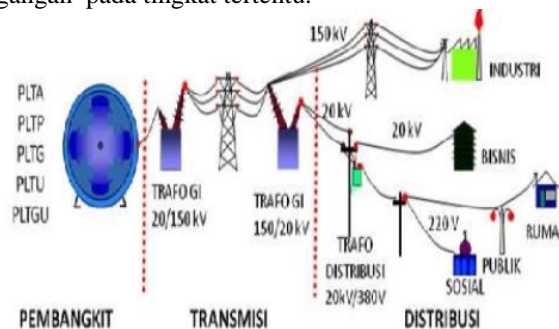
yang berakibat pada menurunnya kualitas penyaluran energi listrik ke pelanggan.

Gangguan Transformator yang disebabkan overload ini menjadi hal yang penting karena dapat menimbulkan kerugian baik pada PT PLN (Persero) dan pada pihak pelanggan atau konsumen. Untuk mengurangi kerugian yang terjadi di sisi PLN maka perlu dilakukan manajemen transformator agar dapat mengurangi pengeluaran biaya pemeliharaan. Manajemen transformator yang digunakan adalah dengan melakukan mutasi atau menukar transformator antar gardu overload.

II. STUDI PUSTAKA

A. Sistem Tenaga Listrik

Dalam perkembangannya tenaga listrik disalurkan dari pusat pembangkit ke pusat beban dilakukan dengan saluran transmisi yang begitu panjang. Supaya tegangan yang dibangkitkan pusat pembangkit dapat digunakan pada pusat-pusat beban, maka digunakanlah transformator sebagai alat elektromagnetik yang dapat mengubah tegangan pada tingkat tertentu.



Gambar 1. Skema Sistem Tenaga Listrik [1]

Dilihat dari tegangannya sistem distribusi pada saat ini dapat dibedakan dalam 2 macam yaitu:

1. Distribusi Primer, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV/11,6 kV.
2. Distribusi Sekunder, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 400/230 volt.

Tegangan menengah pada gardu induk (GI) melalui saluran distribusi primer, untuk disalurkan ke gardu distribusi (GD) atau pemakai tegangan menengah (TM). Dari saluran distribusi primer, tegangan menengah (TM) diturunkan menjadi tegangan rendah (TR) 220V/380V melalui gardu distribusi (GD). Tegangan rendah dari gardu distribusi disalurkan melalui saluran tegangan rendah ke konsumen tegangan rendah.

B. Transformator

Transformator adalah suatu peralatan listrik yang dapat mengubah energi listrik bolak balik (AC) dari satu tingkat tegangan ke tingkat tegangan lainnya, berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik dari medan magnet.

Medan magnet dibangkitkan oleh gulungan pada belitan kumparan yang menyelubungi sekeliling ruang inti ferromagnetik. Gulungan ini biasanya tidak langsung terhubung, akan tetapi yang terhubung hanya antara gulungan fluks magnetik dengan inti [2].

Prinsip kerja dari trafo melibatkan bagian-bagian utama pada trafo, yaitu: kumparan primer, kumparan sekunder dan inti trafo. Kumparan tersebut mengelilingi inti besi dalam bentuk lilitan. Apabila kumparan pada sisi primer trafo dihubungkan dengan suatu sumber tegangan bolak-balik sinusoidal (V_p), maka akan mengalir arus bolak-balik yang juga sinusoidal (I_p) pada kumparan tersebut. Arus bolak-balik ini akan menimbulkan fluks magnetik (Φ) yang sefasa dan juga sinusoidal di sekeliling kumparan. Akibat adanya inti trafo yang menghubungkan kumparan pada sisi primer dan kumparan pada sisi sekunder, maka fluks magnetik akan mengalir bersama pada inti trafo dari kumparan primer menuju kumparan sekunder sehingga akan membangkitkan tegangan induksi pada sisi sekunder trafo [3].

Jika kumparan sekunder dihubungkan ke beban, maka pada kumparan sekunder timbul arus listrik bolak-balik sekunder akibat adanya gaya gerak listrik induksi sekunder. Hal ini mengakibatkan timbul gaya gerak magnet pada kumparan sekunder dan akibatnya pada beban timbul tegangan sekunder.

Kombinasi antar gaya gerak magnet induksi sekunder dan primer disebut induksi silang atau *mutual induction* [4].

C. Gangguan pada Transformator

Dalam sistem tenaga listrik, gangguan didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan dalam penyaluran daya listrik yang menyebabkan aliran arus listrik lebih besar dari aliran arus yang seharusnya. Secara umum, gangguan pada transformator dibagi menjadi dua jenis yaitu gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal adalah gangguan yang berasal dari transformator itu sendiri sedangkan gangguan eksternal adalah gangguan yang berasal dari luar transformator dan dapat terjadi kapan saja dengan waktu yang tidak dapat ditentukan.

D. Pengaruh Pembebanan dan Temperatur pada Transformator

Temperatur yang meningkat dari dalam transformator disebabkan oleh besarnya pembebanan yang ditanggung oleh transformator sehingga timbul panas dari belilitan, hal tersebut dapat mengakibatkan temperatur minyak pada transformator juga meningkat. Menurut [2] "Temperatur yang sangat tinggi pada belitan akan mengakibatkan kerusakan pada isolasi dan kenaikan temperatur tersebut dapat mengubah sifat isolator minyak trafo yang mengakibatkan nilai isolasi dari minyak menurun dan penurunan kemampuan tingkat isolasi berpengaruh kepada masa guna dari transformator tersebut".

E. Manajemen Transformator

Manajemen transformator merupakan suatu kegiatan untuk mengurangi jumlah transformator overload di jaringan serta mengusahakan agar transformator tidak dibebani lebih dari 80% sesuai ketentuan PT PLN (Persero), yang berguna untuk meningkatkan efisiensi transformator sehingga menurunkan besarnya potensi gangguan transformator.

Gangguan Transformator yang disebabkan *overload* ini menjadi hal yang penting karena dapat menimbulkan kerugian baik dari transformator itu sendiri, pihak PT PLN (Persero) dan juga pihak pelanggan atau konsumen. Untuk

mengurangi kerugian yang terjadi di sisi PLN dan penggunaan transformator itu sendiri maka perlu dilakukan manajemen transformator agar dapat mengurangi pengeluaran biaya pemeliharaan [5].

F. Perhitungan Arus Beban Penuh Transformator

Untuk mencari daya semu pada transformator kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut [6] :

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{\text{peak}} \cdot I \quad (1)$$

dimana:

S : Daya transformator (kVA)

V_{peak} : Tegangan fasa-fasa tertinggi pada transformator (V)

I : Arus jala-jala (A)

Untuk mencari daya aktif pada transformator kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut [11]:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{\text{peak}} \cdot I \cdot \cos \phi \quad (2)$$

dimana:

P : Daya aktif (kW)

V_{peak} : Tegangan fasa-fasa (V)

I : Arus (A)

$\cos \phi$: Faktor daya

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (full load) dapat menggunakan rumus:

$$I_{\text{FL}} = S / (\sqrt{3} \cdot V) \quad (3)$$

dimana :

I_{FL} : Arus beban penuh (A)

S : Daya transformator (kVA)

V : Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Sedangkan untuk mencari arus rata-rata pada transformator kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{(\text{rata-rata})} = (I_R + I_S + I_T) / 3$$

Menurut Petruzella [7] dalam menghitung persentase pembebanan suatu transformator dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{Beban} = (\text{kVA}_{\text{Beban}}) / (\text{kVA}_{\text{Kapasitas}}) \times 100\%$$

III. METODE

A. Model Penelitian

Penelitian dilakukan oleh penulis dengan metode studi observasi, studi observasi dilakukan penulis untuk mengumpulkan referensi dalam penelitian ini. Kegiatan studi ini meliputi melakukan pengumpulan data dan melakukan pengukuran pembebanan pada gardu distribusi.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah kerja PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Kuta.

C. Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan dengan observasi secara langsung di PT PLN (Persero) ULP Kuta, adapun data dan pengukuran yang dimaksud adalah:

- Data penjualan tahun 2020 sampai dengan tahun 2023.

- Data aset distribusi tahun 2023
- Data permohonan Pasang Baru atau Perubahan Daya tahun 2020 sampai dengan 2023 .
- Data pengukuran pembebanan gardu distribusi tahun 2019 sampai dengan 2023.
- Pengukuran pembebanan gardu distribusi selama 7 hari.

D. Prosedur Penelitian

Pada tahap awal penulis mengumpulkan beberapa sumber referensi dan pengumpulan data untuk mendukung analisa dan evaluasi. Data utama dalam penelitian ini berupa data jumlah penurunan daya kontrak pada tahun 2020-2021, data penambahan daya kontrak pada tahun 2021-2023, data penjualan energi tahun 2020-2023, data pengukuran beban gardu tahun 2022 untuk di analisa sehingga mendapatkan target gardu yang masuk dalam kategori prioritas utama dilakukan manajemen transformator. Yaitu gardu yang memiliki beban besar melebihi dari kapasitas daya mampu transformator tersebut. Transformator yang sudah kita pilih kemudian kita lakukan simulasi perhitungan pembebanan. Setelah simulasi perhitungan dianggap baik maka manajemen transformator dikerjakan dengan cara melakukan relokasi transformator. Selanjutnya kita lakukan pengukuran ulang untuk memastikan beban setelah dilakukan manajemen transformator tidak berbeda jauh dengan simulasi perhitungan. Jika hasil pengukuran ulang sesuai dengan simulasi maka manajemen transformator selesai. Namun jika hasilnya tidak sesuai maka manajemen transformator bisa dilakukan kembali dengan memperhitungkan hasil simulasi perhitungan beban terbaru.

E. Metode Analisa Data

Analisis data yang dilakukan adalah dengan membuat trend pertumbuhan penjualan, trend pertambahan pembebanan berdasarkan data permohonan Pasang Baru dan Perubahan Daya dan mengelompokkan gardu distribusi yang mengalami kenaikan jumlah pelanggan atau daya kontrak.

Melakukan pengukuran beban gardu distribusi sebelum dan sesudah dilakukan manajemen transformator.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum

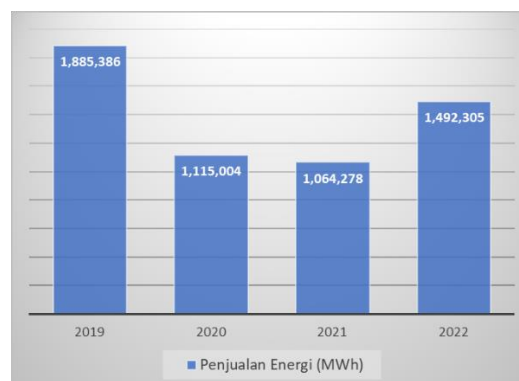
Kenaikan penjualan setelah pandemi COVID-19 cukup signifikan, penjualan tahun 2020 sebesar 1.115.004 MWh tahun 2021 turun menjadi 1.064.278 MWh dan pada tahun 2022 meningkat drastis menjadi 1.492.305 MWh yaitu meningkat 40% dari tahun 2021.

Kenaikan tersebut salah satunya disebabkan karena pariwisata di pulau Bali kembali aktif pasca pandemi COVID-19 dan adanya penambahan pelanggan baru atau penambahan daya kontrak, berdasarkan hal itu pembebanan transformator juga mengalami kenaikan, pada penelitian ini akan fokus pada gardu KA1771, KA1152 dan KA0061.

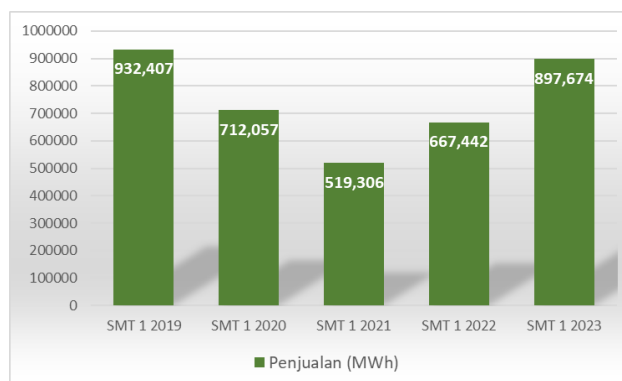
B. Data Penjualan Energi PT PLN (Persero) ULP Kuta

Pertumbuhan penjualan kWh di PT PLN (Perseo) ULP Kuta dari tahun 2019 sampai 2022 ditunjukkan pada Gambar 1

yang mana pada tahun 2022 menunjukkan tren kenaikan penjualan yang sangat signifikan dan pada Gambar 2 menunjukkan tren penjualan energi pada Semester I Year on Year tahun 2019 sampai dengan 2023.



Gambar 2. Penjualan Energi PT PLN (Persero) ULP Kuta
Sumber: PT PLN (Persero) ULP Kuta



Gambar 3. Penjualan Energi Semester I YoY PT PLN (Persero) ULP Kuta
Sumber: PT PLN (Persero) ULP Kuta

C. Data Pembebanan Transformator Sebelum Pandemi

Pembebanan sebelum pandemi COVID-19 yaitu tahun 2019 pada gardu KA1771, KA1152 dan KA0061 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Pembebanan Transformator tahun 2019

2019	KA1771		KA1152		KA0061	
FASA	Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Arus (A)						
R	92	123	29	50	145	220
S	78	130	42	71	138	189
T	56	95	55	68	119	169
Tegangan (V)						
R-S	385	383	400	399	398	398
R-T	394	395	397	397	397	397
S-T	397	400	399	398	399	400
R-N	230	229	230	230	230	229
S-N	228	228	229	228	229	228
T-N	230	230	230	227	230	230

D. Data Pembebanan Transformator Saat Pandemi

Pembebanan saat pandemi COVID-19 yaitu tahun 2021 pada gardu KA1771, KA1152 dan KA0061 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Pembebanan Transformator tahun 2020

2020	KA1771		KA1152		KA0061	
FASA	Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Arus	(A)					
R	79	94	20	38	113	155
S	63	79	35	49	104	151
T	52	70	27	53	98	120
Tegangan	(V)					
R-S	399	395	400	398	398	398
R-T	400	400	399	397	400	399
S-T	398	397	398	395	400	400
R-N	230	229	230	229	229	229
S-N	229	227	229	227	230	229
T-N	230	230	230	230	230	230

Tabel 3. Pembebanan Transformator tahun 2021

2021	KA1771		KA1152		KA0061	
FASA	Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Arus	(A)					
R	59	53	18	33	98	129
S	40	71	29	32	82	113
T	26	50	21	44	81	97
Tegangan	(V)					
R-S	400	398	400	398	399	398
R-T	398	395	398	399	399	399
S-T	397	400	400	400	400	400
R-N	229	228	229	228	229	228
S-N	230	229	230	229	230	230
T-N	230	230	230	230	230	230

E. Data Pembebanan Transformator Pasca Pandemi

Pembebanan pasca pandemi COVID-19 yaitu tahun 2023 pada gardu KA1771, KA1152 dan KA0061 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Pembebanan Transformator tahun 2022

2022	KA1771		KA1152		KA0061	
FASA	Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Arus	(A)					
R	117	129	29	48	165	222
S	107	137	42	64	153	199
T	101	111	55	70	149	172
Tegangan	(V)					
R-S	385	383	400	399	398	399
R-T	394	395	398	397	398	397
S-T	397	400	397	397	400	397
R-N	230	230	230	230	228	229
S-N	228	229	229	227	229	227
T-N	230	230	229	230	230	230

Tabel 5. Pembebanan Transformator tahun 2023

2023	KA1771		KA1152		KA0061	
FASA	Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Arus	(A)					
R	129	143	40	51	182	240
S	133	159	47	66	178	219
T	109	120	72	83	153	198
Tegangan	(V)					

R-S	400	398	400	399	398	398
R-T	398	395	398	399	397	396
S-T	397	400	400	397	399	397
R-N	229	229	229	230	229	230
S-N	230	228	230	229	228	229
T-N	230	230	230	230	230	228

F. Perhitungan Arus Maksimal Transformator

Berdasarkan data gardu KA1771, maka dengan kapasitas transformator 100 kVA dapat dihitung besar arus beban penuh (I_{FL}) menggunakan persamaan menghitung arus beban penuh sebagai berikut:

Dimana :

$$S = 100000 \text{ VA}$$

$$V_{LL} = 400 \text{ V}$$

Maka :

$$I_{FL} = S / (\sqrt{3} \cdot V_{LL})$$

$$I_{FL} = 100000 / (\sqrt{3} \cdot 400)$$

$$I_{FL} = 144,34 \text{ A}$$

Maka transformator gardu KA1771 dapat dibebani sebesar 144,34 A pada sisi sekundernya (Low Voltage). Untuk menjaga Health Index characteristic pembebanan transformator menjadi cukup adalah transformator tidak dibebani melebihi 80 % dari kapasitasnya atau arus nominal (I_n) transformator. Sesuai ketentuan tersebut, maka arus maksimal dari gardu KA1771, yaitu :

$$= 80\% \times \text{arus nominal } (I_n)$$

$$= 80\% \times 144,34 \text{ A}$$

$$= 115,47 \text{ A}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama maka didapatkan arus maksimal dari KA1152 kapasitas transformator 50 kVA dan KA0061 kapasitas transformator 160 kVA.

Arus beban penuh untuk KA1152 adalah sebesar 72,17 A dan 80% dari arus beban penuh adalah 57,73.

Arus beban penuh untuk KA0061 adalah sebesar 230,95 A dan 80% dari arus beban penuh adalah 184,76 A.

G. Perhitungan Persentase Pembebanan Transformator Sebelum Pandemi, Saat Pandemi dan Pasca Pandemi

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada gardu KA1771 pada tabel 1 dapat dihitung besarnya pembebanan transformator dengan menggunakan persamaan persentase pembebanan 3 fasa, maka besarnya persentase pembebanan dapat dihitung sebagai berikut :

Dimana:

$$VR-N = 229 \quad IR = 123$$

$$VS-N = 228 \quad IS = 130$$

$$VT-N = 230 \quad IT = 95$$

Maka:

$$\% \text{ beban} = ((V_{RN} \times I_R) + (V_{SN} \times I_S) + (V_{TN} \times I_T)) / (\text{Daya Transformator}) \times 100\%$$

$$\% \text{ beban} = ((229 \times 123) + (228 \times 130) + (230 \times 95)) / 100000 \times 100\%$$

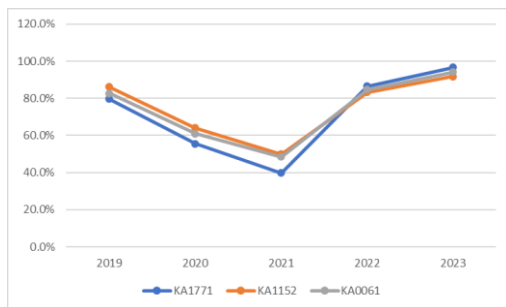
$$\% \text{ beban} = 79657 / 100000 \times 100\%$$

$$\% \text{ beban} = 79,6 \%$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama maka didapatkan persentase pembebanan dari tahun 2019 sampai dengan 2023 sebagai berikut:

Tabel 6. Persentase Pembebanan Transformator

Tahun	KA1771	KA1152	KA0061
	Persentase (%)	Persentase (%)	Persentase (%)
2019	79.7%	86.2%	82.7%
2020	55.6%	64.0%	61.0%
2021	39.8%	49.9%	48.6%
2022	86.6%	83.3%	84.7%
2023	96.6%	91.9%	94.1%



Gambar 4. Grafik Pembebanan Transformator

Pada garfik diatas dapat dilihat beban terendah terjadi di tahun 2021, dimana penurunan tahun 2021 dibanding dengan tahun 2019 adalah rata-rata sebesar 36,8 % dan mengalami kenaikan dari tahun 2021 dibanding 2023 adalah rata-rata sebesar 48,1%.

H. Perhitungan Kebutuhan Daya Manajemen Transformator

Persentase pembebanan transformator gardu KA1771 sebesar 96,59% atau sebesar 96,59 kVA maka kebutuhan daya transformator agar pembebanan dibawah 80% yang diperlukan adalah:

$$\text{Kebutuhan daya transformator} = (\text{Beban tranformator}) / (80\%)$$

$$\text{Kebutuhan daya transformator} = 96,59 / (80\%)$$

$$\text{Kebutuhan daya transformator} = 120,74 \text{ kVA}$$

Dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan daya transformator yang diperlukan adalah transformator dengan kapasitas 160 kVA.

Dengan menggunakan perhitungan yang sama maka didapatkan kebutuhan daya transformator yang diperlukan untuk gardu KA1152 adalah sebesar 57,41 kVA sehingga tranformator yang dibutuhkan adalah kapasitas 100kVA, sedangkan untuk gardu KA0061 adalah sebesar 188,11 kVA sehingga tranformator yang dibutuhkan adalah kapasitas 200 kVA akan tetapi jika di simulasikan menjadi 200 kVA maka persentase pembebanan nya menjadi 75%, oleh karena itu kapasitas transformator yang dibutuhkan adalah 250 kVA.

I. Strategi Penurunan Persentase Pembebanan

Transformator Overload dengan Mutasi Transformator

Manajemen transformator yang dilakukan adalah melakukan mutasi transformator, mutasi transformator dilakukan dengan menggunakan 1 transformator kapasitas 250 kVA dari gudang PLN. Transformator dari Gudang akan digunakan untuk menggantikan transformator 160

kVA pada gardu KA0061, kemudian transformator ex-KA0061 dilakukan retur ke Gudang PLN selanjutnya akan digunakan untuk menggantikan transformator 100kVA pada gardu KA1771, kemudian transformator ex-KA1771 dilakukan retur ke Gudang PLN selanjutnya akan digunakan untuk menggantikan transformator 50 kVA pada gardu KA1152 dan transformator ex-KA1152 dengan kapasitas 50 kVA diretur ke gudang PLN.

J. Analisa Persentase Pembebanan Setelah Dilakukan Manajemen Transformator

Setelah dilakukannya manajemen trafo dilakukan pengukuran Kembali pembebanan pada beban puncak siang dan malam, dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 7. Pengukuran Beban Gardu Setelah Manajemen Trafo

FASA	KA1771		KA1152		KA0061	
	Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Arus (A)						
R	131	146	43	63	160	143
S	129	162	51	82	184	221
T	111	119	79	101	159	201
Tegangan (V)						
R-S	385	383	400	399	398	398
R-T	394	395	397	397	397	397
S-T	397	400	399	398	399	400
R-N	230	229	230	230	230	229
S-N	228	228	229	228	229	228
T-N	230	230	230	227	230	230

Dari data pengukuran beban gardu dapat dihitung peresntase pembebanan pada masing-masing gardu dengan menggunakan persamaan persentase pembebanan 3 fasa, berikut merupakan hasil perhitungan persentase pembebanan masing-masing transformator :

Tabel 8. Persentase Pembebanan Setelah Dilakukan Manajemen Transformator

No	No Gardu	Kapasitas (kVA)	Persentase Pembebanan
1	KA1771	160	61,08%
2	KA1152	100	56,11%
3	KA0061	250	51,74%

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa persentase pembebanan masing-masing transformator pada gardu distribusi KA1771, KA1152 dan KA0061 adalah 61,08%, 56,11%, dan 51,74%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisa yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa pembebanan sebelum pandemi COVID-19 pada gardu distribusi KA1771, KA1152 dan KA0061 adalah masing-masing sebesar 79%, 86,2% dan 82,7%. Saat pandemi COVID-19 penurunan penjualan mempengaruhi pembebanan transformator, berdasarkan hasil pengukuran pembebanan transformator pada gardu distribusi KA1771, KA1152 dan KA0061 adalah masing-masing sebesar 39,8%, 49,9% dan 48,6% yang mana rata-rata penurunan pembebanan adalah sebesar 36,8%.

Pasca pandemi COVID-19 pembebanan transformator pada gardu distribusi KA1771, KA1152 dan KA0061 adalah masing-masing sebesar 96,6%, 91,9% dan 94,1% yang mana mengalami kenaikan dari saat pasca pandemi adalah rata-rata sebesar 48%. Setelah dilakukan manajemen transformator persentase pembebanan di gardu distribusi KA1771, KA1152, KA0061 turun menjadi 61,08%, 56,11% dan 51,74%.

REFERENSI

- [1] P. Harahap, M. Adam, and A. Prabowo, "Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 KV Mengurangi Beban Overload Dan Jutah Tegangan Pada Trafo Bl 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etab 12.6.0," 2019.
- [2] D. I. Krisnadi, "Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Masa Guna Dan Pembebanan Darurat Transformator Daya," 2011.
- [3] R. Naviar, "Prinsip kerja Transformator," 2015.
- [4] R. Yon, "Dasar Teknik Tenaga Listrik," *Andi, Yogyakarta*, 1997.
- [5] I. W. Sukadana, K. Dodi Darmawan, and I. W. Utama, "Deteksi Dini Gangguan Transformator Berbasis Manajemen Transformator Untuk Meningkatkan Kinerja Operasi dan Finansial," 2021.
- [6] D. Aprinaldo, "Optimasi Penyeimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Terhadap Susut Energi (Aplikasi Feeder Sikakap)," 2015.
- [7] F. Petruzella, *Electricity for the Trades*. McGraw-Hill Higher Education, 2013.
- [8] Surat Edaran Direksi PT PLN (Persero) No. 0017.E/DIR/2014, Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset, PT PLN (Persero), 2014.
- [9] I. W. Utama, I. Ayu, and L. Nirmala, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Gardu Distribusi KA 0251," vol. 6, no. 2, pp. 209–218, 2023.
- [10] W. S. Yasa, W. D. Pacane, and W. Suriana, "Mengatasi Overload Pada Transformator Gardu," *Kaji. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 82–91, 2023.
- [11] D. N. Rahayu, D. Darmansyah, and M. Marchendra, "Analisis Kesuksesan Penerapan Aplikasi Manajemen Trafo (MANTRAP) Menggunakan Metode DeLone and McLean," *Dirgamaya J. Manaj. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 3, pp. 21–29, 2022, doi: 10.35969/dirgamaya.v1i3.201.
- [12] S. Kumara, "Manajemen Pemeliharaan Transformator Tegangan Menengah Berbasis Hasil Analisis Gas Terlarut," pp. 7–8, 2020.