

ANALISIS PENAMBAHAN TRANSFORMATOR SISIPAN GUNA MENGATASI BEBAN LEBIH (*OVERLOAD*) PADA GARDU DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) ULP ABEPURA

Zefanya Cergio Halitopo¹, Ekawati M. Ohee², Dultudes Mangopo²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jl. Kamp Wolker Perumnas III, Yabansai, Kec. Heram, Kota Jayapura, Papua 99224

Email : zefhalitopo@gmail.com

ABSTRAK

Transformator distribusi memegang peranan yang sangat vital dalam menjaga keandalan sistem distribusi listrik. Permasalahan yang sering terjadi pada transformator distribusi adalah terjadinya beban lebih atau overload yang dapat memperpendek usia dari transformator tersebut. Transformator dikatakan overload jika pembebanannya lebih dari 80% kapasitasnya. Untuk mengatasi persoalan mengenai pembebanan lebih dapat digunakan metode penambahan transformator sisipan yang nantinya akan dilakukan pecah beban dengan cara manuver JTR dari transformator lama yang mengalami pembebanan lebih ke transformator sisipan. Pada PT. PLN (Persero) ULP Abepura terdapat transformator yang mengalami pembebanan berlebih, yaitu pada gardu distribusi ABE 127 berkapasitas 200 kVA yang memiliki pembebanan 95,18% pada malam hari (WBP) yang kemudian diatasi dengan melakukan penambahan transformator sisipan baru ABE 460. Setelah pemasangan transformator sisipan, pembebanan transformator ABE 127 menurun jadi 50,56%.

Kata Kunci : Transformator Distribusi, Keandalan, Overload, JTR, Sisipan.

ABSTRACT

Distribution transformers play a very vital role in maintaining the reliability of the electricity distribution system. The problem that often occurs in distribution transformers is the occurrence of more load or overload which can shorten the life of the transformer. A transformer is said to be overloaded if its loading is more than 80% of its capacity. To overcome the problem of loading more, a method of adding an insert transformer can be used which will later be carried out by breaking the load by maneuvering JTR from the old transformer that undergoes more loading to the insert transformer. At PT. PLN (Persero) ULP Abepura has a transformer that overloads, namely at the ABE 127 distribution substation with a capacity of 200 kVA which has a load of 95.18% at night (WBP) which is then overcome by adding a new insert transformer ABE 460. After the installation of the insert transformer, the loading of the ABE 127 transformer decreased to 50.56%.

Keywords : Distribution Transformer, Reliability, Overload, JTR, Insert.

1. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan ekonomi di wilayah Kota Jayapura hingga Kabupaten Jayapura merupakan salah satu yang paling pesat di Provinsi Papua. Sejalan dengan lajunya pertumbuhan ekonomi, kebutuhan akan energi listrik oleh masyarakat dan sektor industri semakin meningkat, karena dengan semakin besarnya aktifitas perekonomian maka semakin tinggi konsumsi listriknya¹. Transformator ABE 127 diharapkan bekerja secara maksimal dalam proses penyaluran energi listrik, dalam perjalanannya transformator telah dikatakan overload karena pembebanannya sudah mencapai 80% dari kapasitasnya sehingga perlu dilakukan penyisipan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah sebuah bangunan yang berisi atau terdiri atas instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator distribusi, dan perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan energi listrik bagi pelanggan baik dengan tegangan menengah (20 kV) maupun tegangan rendah (220 V - 380 V).²

2.2 Transformator Distribusi

Untuk transformator fase tiga, merujuk pada SPLN, ada tiga tipe vektor grup yang digunakan oleh PLN, yaitu Yzn5, Dyn5 dan Yyn0. Titik netral langsung dihubungkan dengan tanah. Untuk konstruksi, peralatan transformator distribusi sepenuhnya harus merujuk pada SPLN D3.002-1: 2007. Transformator gardu pasangan luar

dilengkapi bushing Tegangan Menengah isolator keramik. Sedangkan Transformator gardu pasangan dalam dilengkapi bushing Tegangan Menengah isolator keramik atau menggunakan isolator plug-in premoulded.²



Gambar 1 Transformator 3 fasa

2.1 Manajemen Transformator

Manajemen transformator adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk melakukan perawatan terhadap transformator distribusi pada jaringan guna menjaga kondisi transformator tetap dalam keadaan baik sehingga keandalan sistem distribusi tenaga listrik dapat tetap terjamin. Ada beberapa metode dalam melakukan manajemen transformator distribusi, antara lain :

1. Uprating transformator adalah kegiatan penambahan daya atau kapasitas transformator menjadi lebih besar
2. Melakukan manuver JTR atau memindahkan beban dari transformator yang overload ke transformator lain disekitarnya.
3. Menukar transformator atau mutasi antar gardu yang mengalami overload dan pembebanan yang sudah terpasang.
4. Menyisipkan transformator baru diantara transformator yang telah mengalami overload dengan beban yang paling ujung dari gardu itu sendiri (sisi pelanggan)³.

2.2 Menghitung Presentase Pembebanan Transformator

Untuk memastikan persentase pembebanan transformator berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan, dapat digunakan persamaan berikut :

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{LT}{PT} \times 100\%$$

Keterangan :

LT = Load Transformator (VA)

PT =Kapasitas Transformator (VA)

Untuk menghitung nilai kapasitas transformator sisipan yang hendak dipasangkan dapat menggunakan persamaan⁴ :

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{LT}{\Sigma PT} \times 100\%$$

LT = Load Transformator (VA)

ΣPT = Jumlah Kapasitas Transformator Overload dan Sisipan (VA)

2.3 Metode Least Square

Metode ini adalah metode yang digunakan untuk menentukan persamaan trend data yang mencakup analisa Time Series dengan kasus data genap dan ganjil.

Menghitung perkiraan beban menggunakan metode Least Square dapat dicari dengan menggunakan rumus persamaan⁵ :

$$Y_n = a + bx$$

Bila titik tengah data sebagai tahun dasar, maka $\Sigma X = 0$ dan dapat dihilangkan dari kedua persamaan diatas menjadi :

$$a = \frac{\Sigma Y}{n} \qquad b = \frac{\Sigma XY}{\Sigma X^2}$$

Keterangan :

Y_n = data berkala (time series)

X = variabel waktu

a = nilai trend pada tahun dasar

b = rata-rata pertumbuhan nilai trend tiap bulan

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Analisis Data

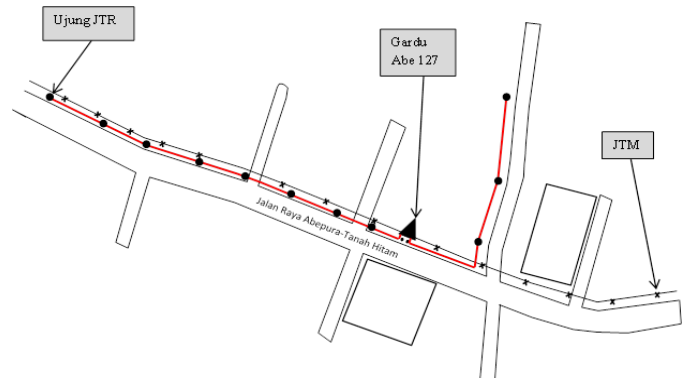
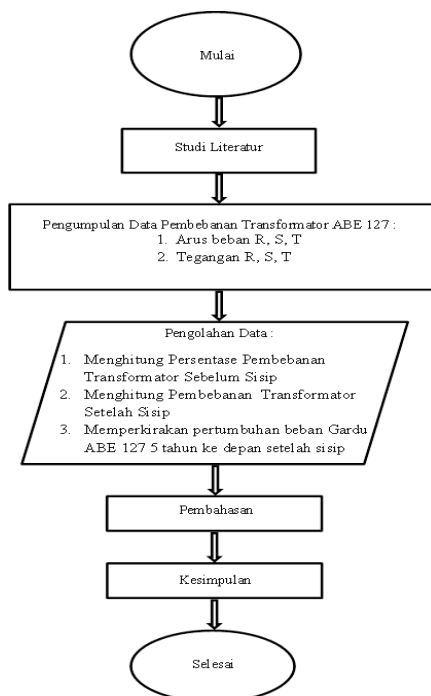
1. Melakukan perhitungan persentase pembebanan dari transformator ABE 127 berdasarkan data hasil pengukuran sebelum dilakukan penyisipan dengan menggunakan persamaan 2.1
2. Melakukan perhitungan persentase pembebanan dari transformator ABE 127 berdasarkan data hasil pengukuran setelah dilakukan penyisipan menggunakan persamaan 2.1
3. Melakukan perhitungan persentase transformator ABE 460 (sisipan) berdasarkan hasil pengukuran setelah dilakukan pecah beban dari transformator ABE 127 menggunakan persamaan 2.1

4. Melakukan perhitungan simulasi penurunan beban transformator ABE 127 berdasarkan kapasitas daya transformator sisipan menggunakan persamaan 2.2.
5. Melakukan perbandingan persentase pembebanan ABE 127 sebelum dilakukan penyisipan dan sesudah dilakukan penyisipan
6. Melakukan perhitungan pertumbuhan beban transformator ABE 127 setelah penyisipan menggunakan metode Least Square.



Gambar 2 Transformator ABE 127

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 Denah Letak Transformator ABE 127 Sebelum Sisip

Transformator ABE 127 sebelum dilakukan penyisipan melayani 2 jurusan yaitu kompleks perumahan Dewi dan Jalan Raya Abepura-Tanah Hitam.

Tabel 1 Spesifikasi Trafo ABE 127

No	Nameplate Transformator ABE-127	
1	Merk	Trafindo
2	No Seri	8730989
3	Jumlah Fasa	3
4	Daya (kVA)	200
5	Frekuensi (Hz)	50
6	Tegangan Primer (V)	20.000
7	Tegangan Sekunder (V)	400
8	Arus Primer (A)	11,54
9	Arus Sekunder (A)	577

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Transformator ABE 127

Gardu ABE 127 merupakan salah satu gardu tipe portal yang berada pada penyulang Tanah Hitam ULP Abepura dan berlokasi di depan jalan raya Abepura-Tanah hitam samping TK Aisyah Abepura atau terletak pada titik koordinat - 2.613622,140.666533 . Gardu ABE 127 melayani 2 jurusan yaitu Jalan raya Abepura Tanah hitam dan kompleks Perumahan Dewi. Hasil pengukuran beban pada akhir tahun 2021 didapati bahwa gardu ABE 127 telah mengalami pembebanan diatas batas maksimal yang diizinkan yaitu 80% dari kapasitas transformator.

4.2 Perhitungan Persentase Pembebanan Transformator Gardu ABE-127

Tabel 2 Hasil Pengukuran ABE 127 Sebelum Sisip

NO	WAKTU	BEBAN				TEGANGAN		
		R	S	T	N	R-S	R-T	S-T
1	SIANG (LWBP) (10:20:01)	313.5	256.0	237.7		378.0	381.4	384.9
2	MALAM (WBP) (19:08:52)	336.0	233.7	297.8		376.9	381.5	381.9

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 2 diatas dilakukan perhitungan menggunakan rumus persamaan

$$\%Pembebanan = \frac{LT}{PT} \times 100\%$$

$$\%Pembebanan = \frac{\frac{313,5A+256A+237,7A}{3} \times \frac{378V+381,4V+384,9V}{3}}{200 kVA}$$

$$\times \sqrt{3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{\frac{806,5A}{3} \times \frac{1144,3V}{3}}{200kVA} \times \sqrt{3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{268,83A \times 381,43V \times \sqrt{3}}{200kVA} \times 100\%$$

$$\% = \frac{177604.18VA}{200000VA} \times 100\%$$

$$\% = 0,888 \times 100\%$$

$$\%Pembebanan = 88,8 \%$$

Didapati hasil perhitungan persentase pembebanan Transformator ABE 127 pada siang hari mencapai 88,8% dan 95,18% pada malam hari. Persentase pembebanan telah menunjukkan angka >80% . Berdasarkan Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor 0017 .E/DIR/2014 Tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset, pada tahapan Online Assessment tier-1 dijelaskan bahwa apa bila pembebanan Transformator berada pada nilai 80%-100% maka health index Transformator tersebut berada pada kategori kurang baik. Hal inilah yang menjadi acuan untuk dilakukannya penyisipan transformator untuk menyokong pembebanan pada Transformator Gardu ABE-127.

4.3 Perhitungan Persentase Pembebanan Transformator ABE-127 Setelah Penyisipan

Tabel 3 Hasil Pengukuran ABE 127 Setelah Sisip

NO	WAKTU	BEBAN (A)			TEGANGAN (V)		
		R	S	T	R-S	R-T	S-T
1	SIANG (10:43:12)	120.3	113.5	97.8	389.1	393.3	390.2
2	MALAM (20:06:28)	175.2	167.7	106.2	388.2	389.7	392.7

%Pembebanan=

$$\frac{\frac{120,3+113,5A+97,8A}{3} \times \frac{389,1V+393,3V+390,2V}{3}}{200kVA} \times \sqrt{3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{\frac{331,6A}{3} \times \frac{1172,6V}{3}}{200kVA} \times \sqrt{3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{110,53A \times 390,86V \times \sqrt{3}}{200kVA} \times 100\%$$

$$\% = \frac{74827,63VA}{200000VA} \times 100\%$$

$$\% = 0,374 \times 100$$

$$\%Pembebanan = 37,41 \%$$

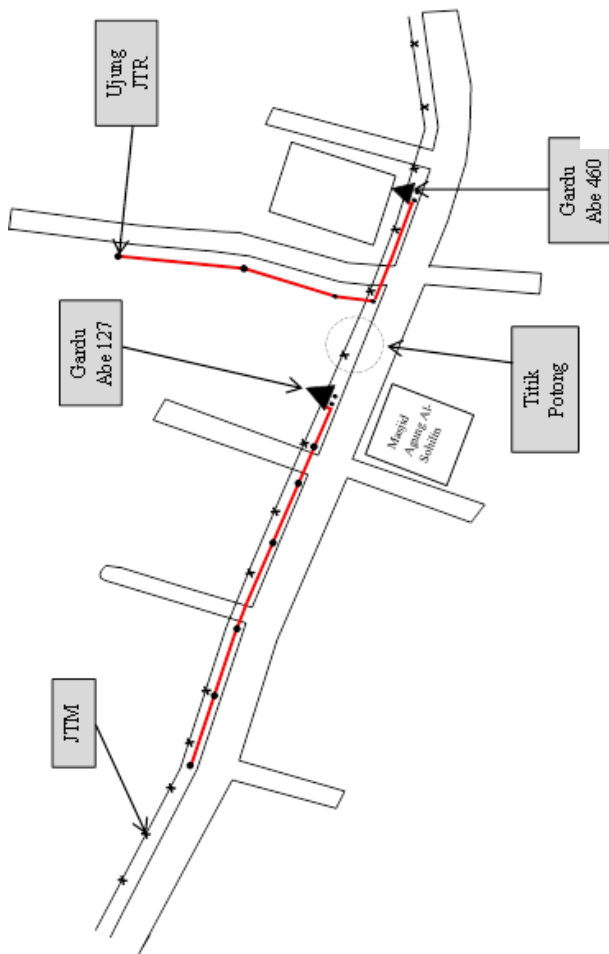
Dengan menggunakan rumus yang sama pada 4.2, berdasarkan data pengukuran pembebanan transformator ABE 127 setelah dilakukan penyisipan menunjukkan angka 37,41%. Angka ini menunjukkan penurunan nilai pembebanan pada siang hari yang awalnya 88,8% sebelum penyisipan menjadi 37,41% setelah dilakukan penyisipan dan 50,58% pada waktu malam. Hal ini menunjukkan bahwa penyisipan trafo efektif untuk menurunkan pembebanan yang sudah berlebih.

4.4 Gardu ABE 460 (Sisipan)

Setelah membangun gardu sisipan Abe 460 dan dilakukan pecah beban dengan manuver JTR, gardu Abe 460 melayani kawasan Komplek Perumahan Dewi yang sebelumnya dilayani oleh Gardu Abe 127 yang sudah mengalami *overload*. Posisi Gardu Abe 460 dipasang tepat di depan hotel Gamalama atau pada titik koordinat - 2.61393086,140.6673259.



Gambar 4 Transformator ABE 460



Gambar 5 Denah Letak Transformator ABE 127 Setelah Sisip dan Sisipannya ABE 460

Setelah dilakukan penyisipan, Transformator ABE 127 kini hanya melayani jalan raya Abepura Tanah Hitam sedangkan kompleks perumahan dewi kini dilayani Transformator ABE 460 (Sisipan).

Tabel 4 Spesifikasi Transformator ABE 460

No	Nameplate Transformator ABE-127	
1	Merk	B&D
2	No Seri	21R263925
3	Jumlah Fasa	3
4	Daya (kVA)	100
5	Frekuensi (Hz)	50
6	Tegangan Primer (V)	20.000
7	Tegangan Sekunder (V)	400
8	Arus Primer (A)	11,54
9	Arus Sekunder (A)	577

4.5 Persentase Pembebanan Gardu ABE 460 (Sisipan)

Tabel 5 Hasil Pengukuran Pembebanan ABE 460

NO	WAKTU	BEBAN (A)			TEGANGAN (V)		
		R	S	T	R-S	R-T	S-T
1	SIANG (10:29:19)	76.6	83.2	90.4	390.5	390.1	389.7
2	MALAM (19:02:12)	104.1	109.1	113.2	388.8	389.1	388.2

Untuk mencari nilai persentase dari pembebanan Transformator ABE-460 dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{LT}{PT} \times 100\%$$

$$= \frac{\frac{76,6A+83,2A+90,4A}{3} \times \frac{390,5V+390,1V+389,7V}{3}}{100kVA} \times \sqrt{3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{\frac{250,2A}{3} \times \frac{1170,3V}{3}}{100kVA} \times \sqrt{3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{83,4A \times 390,1V \times \sqrt{3}}{100kVA} \times 100\%$$

$$\% = \frac{56351,129VA}{100000VA} \times 100\%$$

$$\% = 0,5635 \times 100$$

$$\% \text{Pembebanan} = 56,35 \%$$

Dari hasil perhitungan persentase pembebanan yang ditanggulangi oleh Transformator ABE-460 (sisipan) adalah sebesar 56,53% pada waktu beban bukan puncak atau siang hari dan 73,24% pada waktu beban puncak atau pada malam hari. Setelah di amati, persentase pembebanan pada WBP Transformator ini pada waktu beban puncak sudah termasuk dalam kategori range cukup, bahkan mendekati kurang baik karena pembebanannya yang hampir mencapai 80%.

4.2 Menentukan Nilai Kapasitas Transformator Sisipan

Guna mendapatkan nilai pembebanan yang efisien, perlu dilakukan perhitungan akan nilai kapasitas transformator yang harus di pasang sebagai sisipan. Persentase pembebanan transformator dapat dicari dengan menggunakan rumus persamaan

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{LT}{\Sigma PT} \times 100\%$$

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{\frac{336A+233,7A+297,8A}{3} \times \frac{376V+381,5V+381,9V}{3}}{200kVA+100kVA} \times \sqrt{3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{\frac{867,5A}{3} \times \frac{1140,3V}{3}}{200kVA+100kVA} \times \sqrt{3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{289,16A \times 380,1V \times \sqrt{3}}{200kVA+100kVA} \times 100\%$$

$$\% = \frac{190369,21VA}{300000VA} \times 100\%$$

$$\% = 0,63 \times 100\%$$

$$\% \text{Pembebanan} = 63\%$$

Dengan menggunakan nilai pembebanan transformator ABE-127 (*Overload*) pada beban puncak waktu malam hari sebelum dilakukan penyesipian dengan cara membagi nilai pembebanan transformator yang mengalami *overload* dengan kapasitas transformator sisipan, maka di dapat nilai persentase pembebanan dari 95,18% menjadi 63%.

Dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus yang sama, perkiraan persentase pembebanan transformator ABE-127 (*Overload*) jika dipasangkan transformator sisipan dengan daya 50 kVA, 100 kVA, 160 kVA, 200 kVA, 250 kVA, dan 400 kVA dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 6 Perkiraan Penurunan Beban Berdasarkan Kapasitas Trafo Sisipan

N O	Kapasitas Transformator Abe127 (kVA)	Kapasitas Transformator Sisipan (kVA)	Persentase Pembebanan (%)
1.	200	50	76
2.	200	100	63
3.	200	160	52
4.	200	200	47
5.	200	250	42
6.	200	300	38
7.	200	400	31

Dari hasil perhitungan yang tertera pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa transformator dengan kapasitas 100 kVA sampai dengan 400 kVA dapat digunakan sebagai transformator sisipan untuk menyokong transformator ABE-127 karena dapat menurunkan persentase pembebanan yang awalnya mengalami *overload* hingga 95,18% menjadi kurang dari 80% yang menjadi batas pembebanan sebuah transformator. Berdasarkan kenyataan dilapangan, transformator yang digunakan untuk melakukan penyesipian (ABE-460) berkapasitas 100 kVA.

4.6 Perhitungan Pertumbuhan beban ABE 127

Faktor pembebanan lebih atau *overload* sering menjadi penyebab utama kerusakan sebuah transformator distribusi. Selain dengan melakukan pengukuran beban secara berkala, melakukan perhitungan pertumbuhan beban pada transformator juga dapat membantu perusahaan untuk memperkirakan dan mengantisipasi berapa lama sebuah transformator yang telah dilakukan penyesipian akan kembali mencapai pembebanan maksimal (80%) dari kapasitasnya.

Berdasarkan data pengukuran pembebanan tahun 2017 hingga 2021 yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) ULP Abepura tidak terdapat nilai pengukuran tegangan tiap fasa, maka untuk mengetahui nilai pembebanan Transformator ABE 127 dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4 dimana nilai tegangan yang tidak diketahui diasumsikan bernilai sesuai standar PLN dalam SPLN No 1 : 1978 tentang tegangan nominal ideal yaitu 220 Volt.

$$SFasa = V \times I$$

$$Stotal = SR + SS + ST$$

$$SR = 220 V \times 239 A$$

$$= 52.580 VA$$

$$Ss = 220 V \times 235 A$$

$$= 51.700 VA$$

$$ST = 220 V \times 201 A$$

$$= 44.220 VA$$

Maka total puncak pembebanan transformator ABE 127 pada 2017 adalah :

$$Stotal = SR + SS + ST$$

$$Stotal = 52.580 VA + 51.700 VA + 44.220 VA$$

$$\begin{aligned} \text{Stotal} &= 148.500 \text{ VA} \\ &= 148,5 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan beban puncak menggunakan rumus yang sama, pada 2018, 2019, 2020 dan 2021 masing-masing memperoleh nilai sebagai berikut :

Tabel 7 Data Pembebanan Trafo ABE 127 5 Tahun Terakhir

TAHUN	Arus (A)			Total Pembebanan (kVA)	Persentase Pembebanan (%)
	R	S	T		
2017	239	235	201	148,5	74,25
2018	200	294	245	162,58	81,2
2019	265	254,8	194,5	157,27	78,6
2020	371,1	279,5	221,2	191,79	95,8
2021	293,5	228,4	268,2	173,82	86,9

Pada tabel diatas terlihat bahwa bahwa beban tidak selalu mengalami peningkatan namun juga mengalami penurunan (2019) yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu.

Tabel 8 Parameter Least Square

No	Tahun	Beban Puncak (kVA)	X	XY	X ²
1	2017	148,5	-2	-297	4
2	2018	162,58	-1	-162,58	1
3	2019	157,27	0	0	0
4	2020	191,79	1	191,79	1
5	2021	173,82	2	347,64	4
	N=5	ΣY= 833,96	0	ΣXY=79,85	ΣX ² =10

$$a = \frac{\Sigma Y}{n} = \frac{833,96}{5} = 166,792$$

$$b = \frac{\Sigma XY}{\Sigma X^2} = \frac{79,85}{10} = 7,985$$

Berdasarkan perhitungan pertumbuhan beban diatas maka diperoleh persamaan $Y = 166,792 + 7,985x$. Dari persamaan tersebut dapat dicari beban tiap tahunnya dengan menggunakan persamaan $Y_n = a + bx$.

$$\begin{aligned} Y_{2022} &= 166,792 + 7,985 (3) \\ &= 190,747 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Menghitung persentase } Y_{2022} &= \frac{190,747 \text{ kVA}}{200 \text{ kVA}} \times 100\% \\ &= 0,953 \times 100\% \end{aligned}$$


$$\begin{aligned} &= 95,3\% \\ Y_{2023} &= 101 + 7,985 (4) \\ &= 132,94 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Menghitung persentase } Y_{2023} &= \frac{132,94 \text{ kVA}}{200 \text{ kVA}} \times 100\% \\ &= 0,6647 \times 100\% \\ &= 66,47\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan perkiraan pertumbuhan beban transformator ABE 127 tahun 2023, 2024, 2025 dan 2026 dengan menggunakan metode *Least Square* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 9 Hasil Perhitungan Pertumbuhan Beban Menggunakan Metode Least Square

Tahun	X	Perkiraan Beban (kVA)	Persentase Pembebanan (%)
2023	4	132,94	66,47
2024	5	148,91	74,45
2025	6	164,88	82,44
2026	7	180,85	90,42
2027	8	188,835	94,41

 = Transformator Normal

 = Transformator Mengalami Overload

Pada tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan perkiraan beban transformator ABE 127 menggunakan metode *Least Square* yang menunjukkan bahwa transformator ABE 127 terus meningkat dan akan kembali mengalami *overload* pada tahun 2025.

5. Kesimpulan

Dari pembahasan di atas dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembebanan transformator pada gardu ABE-127 telah mencapai nilai 88% pada waktu siang hari (LWBP) dan 95% pada malam hari (WBP), dengan nilai pembebanan tersebut, suhu transformator akan mudah panas sehingga mengakibatkan rusaknya isolasi pada kumparan. Dampaknya adalah transformator akan sering mangalami gangguan dan memperpendek usia transformator tersebut yang mana akan mengurangi keandalan dan kualitas tenaga listrik yang sampai pada pelanggan, sehingga harus dilakukan penyisipan transformator baru.
2. Setelah dilakukan penyisipan transformator baru dan dilanjutkan pecah beban dengan manuver JTR barulah pembebanan pada

transformator ABE 127 menurun menjadi 37,41% pada siang hari dan 50,56% pada malam hari. sedangkan pembebanan pada transformator sisipan ABE 460 sebesar 56,53% pada siang hari dan 73,24% pada malam hari. Dan jika mengacu pada Edaran Direksi PLN No : 0017 .E/DIR/2014 pembebanan transformator ABE 460 pada siang hari termasuk dalam kategori baik, namun pembebanan pada malam hari masuk dalam kategori cukup karena masih dibawah 80% dari kapasitas, namun angka 73,24% tergolong sudah mendekati persentase pembebanan maksimal.

3. Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan pertumbuhan beban transformator ABE 127 setelah sisip pada tabel 4.10 dengan menggunakan metode Least Square, Transformator ABE-127 diperkirakan akan kembali mencapai pembebanan maksimal yang di izinkan pada tahun 2025 mendatang.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Devy, F.A.S., Ahmad Zafrulllah TN, Firman Rosjadi Djoemadi. 2019. *Konsumsi Listrik Dan Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia 1995-2015*
2. PT. PLN (Persero). 2010. Buku Standr Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. Jakarta : PT PLN (Persero)
3. SPLN 50 1997
4. Kadek Wahyudi Widiatmika, 2018, Analisis Penambahan Transformator Sisipan DB0244 Di Penyulang Seblanga.
5. Mohammad Trian Nugraha, 2021, Penanggulangan Overload Transformator Distribusi Dengan Metode Uprating Di Gardu PNBS 20 KV ULP Pangandaran.