Pengendalian *Overload* Transformator Dengan Metode Pecah Beban Di PT. PLN (Persero) ULP Daya

Wisna Saputri Alfira WS[1)], Bakhtiar[2)], Elviana[3)]
[1,2,3] Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
alfirasaputri@poliupg.ac.id[1)], bakhtiar.poltekup@gmail.com[2)], epiielviana@gmail.com[3)]

Abstrak

Gangguan pada trafo menyebabkan rusaknya trafo sehingga dapat menurunkan kinerja dari trafo serta dapat menggagalkan penyaluran tenaga listrik ke pelanggan. *Overload* terjadi karena beban yang terpasang pada trafo melebihi kapasitas maksimum dari trafo. kategori *healthy index* transformator yang kurang baik *(Overload)* jika kapasitas pembebanannya melebihi 80% dari kapasitas transformator. Tujuan penelitian untuk menentukan besar pembebanan transformator sebelum dan sesudah dilakukan pecah beban dengan penambahan transformator sisipan dan menentukan berapa hasil perhitungan peramlan beban transformator yang sudah dilakukan pecah beban dengan penambahan transformator sisipan dalam 5 tahun kedepan. Metodologi kegiatan dalam penelitian ini yaitu melihat transformator yang *overload* kemudian dilakukan solusi untuk mengatasi transformator yang *overload* dengan melakukan pecah beban dengan penambahan transformator sisipan.Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa nilai persentase pembebanan PT.IUP.024 sebelum pecah beban adalah 107,99% dan setelah pecah beban, maka PT.IUP.024 menanggung beban 41,42 % yang artinya pembebanan mengalami penurunan sebesar 66,57%. Adapun untuk transformator sisipan didapatkan nilai persentase pembebanan adalah 38,68%. Dalam memperkirakan beban transformator 5 tahun kedepan digunakan perhitungan manual dengan metode regresi linear dan program SPSS yaitu Hasil peramalan beban transformator PT.IUP.024 dalam 5 tahun kedepan sebesar 358.69 A dengan persentase pembebanan sebesar 78,89 % dan transformator sisipan PT.IUP.025 sebesar 182,22 A dengan persentase pembebanan sebesar 62,12 %. Dalam hal ini transformator PT.IUP.024 dan PT.IUP.025 layak digunakan dalam 5 tahun kedepan tepatnya hingga tahun 2026.

Keywords: *Transformator, Overload, Pecah beban, Transformator Sisipan, Peramalan beban.*

I. PENDAHULUAN

Gangguan pada trafo menyebabkan rusaknya trafo dan dapat menurunkan kinerja dari trafo serta dapat menggagalkan penyaluran tenaga listrik ke pelanggan. Contoh dari penyebab rusaknya trafo adalah *overload* dan beban tidak seimbang. *Overload* terjadi karena beban yang terpasang pada trafo melebihi kapasitas maksimum dari trafo.

Selain itu trafo juga dapat mengalami *overload* yang disebabkan oleh suhu trafo yang melebihi batas yang diijinkan. Kenaikan suhu pada minyak trafo berhubungan dengan kapasitas maksimum pembebanan trafo. Edaran Direksi PT PLN (Persero) No.0017 (2014:8) menyatakan bahwa transformator mencapai kategori *healthy index* pembebanan yang kurang baik *(overload)* apabila kapasitas pembebanannya lebih dari 80% dari kapasitas transformator. Apabila hal ini terjadi dalam waktu yang lama, isolasi pada transformator mengalami kerusakan karena panas yang berlebih sehingga berujung pada rusaknya transformator, bahkan bisa berpengaruh terhadap komponen Gardu Distribusi yang lainnya.

Melihat kondisi lapangan di PT PLN (Persero) ULP Daya, Gardu Distribusi dengan kode memiliki transformator dengan kapasitas sebesar 315 kVA pada penyulang Ujung Pandang yang telah mengalami *overload* sebesar 107,99 % pada tanggal 27 November 2020, yang berarti telah melewati standar pembebanan maksimum, yaitu 80% dengan nilai pembebanan standar sebesar 80 kVA. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan *overload* transformator diatas terdapat metode yang dapat dipilih untuk menanggulangi permasalahan yakni menggunakan metode pecah beban dengan penambahan trafo sisipan. Berdasarakan uraian diatas, tugas akhir ini membahas tentang "Analisis Pengendalian *overload* transformator dengan metode pecah beban di PT. PLN (persero) ULP Daya''.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder kepada pelanggan konsumen. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan transformator *step-up* [1].

B. Transformator

Tranformator atau trafo merupakan suatu peralatan yang terdiri atas dua bagian inti besi atau lebih yang dibungkus oleh belitan-belitan kawat tembaga. Prinsip pengubahan level tegangan dilakukan dengan memanfaatkan banyaknya jumlah belitan pada inti trafo. Bila salah satu kumpulan belitan, biasanya disebut belitan primer (N1), diberikan suatu tegangan yang berubah-ubah,

maka akan menghasilkan *mutual flux* yang berubah-ubah, dengan besar amplitude yang bergantung pada tegangan, frekuensi tegangan, dan jumlah lilitan kawat tembaga di belitan primer. *Mutual flux* yang terjadi akan terhubung dengan belitan lain yang disebut dengan sisi sekunder (N2) dan akan menginduksi suatu tegangan yang berubah-ubah didalamnya dengan nilai tegangan yang bergantung pada jumlah lilitan pada belitan sekunder. Dengan mengatur perbandingan jumlah lilitan antara sisi primer dan sekunder, maka akan dapat ditentukan rasio trafo [2].

C. Beban Transformator

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut [3] :

$$S = \sqrt{3}\ \mathrm{V}\ \mathrm{I} \quad (1)$$

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load)* rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\mathrm{I_{FL}} = \frac{\mathrm{S}}{\sqrt{3}\,\mathrm{V}} \quad (2)$$

Untuk menghitung persentase pembebanan , rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\%\ \mathrm{I} = \frac{\mathrm{I\ Rata{-}Rata}}{\mathrm{IFL}} \times 100\ \% \quad (3)$$

Rumus untuk menghitung rata-rata arus beban (IRata-rata), yakni :

$$\mathrm{I\ Rata - Rata} = \frac{\mathrm{Ir+Is+It}}{3} \quad (4)$$

D. Pecah Beban

Proses Pecah Beban

1. Melihat pada laporan pengukuran beban trafo
2. Menganalisa dan mencari jurusan yang mengalami *overload*, jika bebanya mendekati atau melebihi 180 A maka akan dilakukan pecah beban
3. Pilihan solusi untuk mengatasi overload sebagai berikut :
    1. Pecah beban ke *feeder* lain
       Dengan cara pembagian pecah beban pindahkan JTR yang kabelnya panjang kemudian potong sambung kabel pindahkan ke jurusan yang pendek atau bebannya sedikit
    2. Gelar 1 opstig atau menambah 1 *feeder* (dengan memperhatikan kapasitas trafo terlebih dahulu)
    3. Menambah 1 trafo, dengan syarat :
        a. Gardu beton
        b. Jumlah trafo baru 1
        c. Memperhatikan luas gardu
    4. Pecah beban ke gardu terdekat
    5. Gardu sisip
    6. *Uprating* trafo

E. Transformator Sisipan

Penambahan transformator sisipan dimaksudkan untuk mengurangi beban pada transformator distribusi yang sudah ada sebelumnya dengan memindahkan sebagian beban ke transformator sisipan. besar persentase pembebanan transformator yang menggunakan data pengukuran pada sub bab sebelumnya apabila melebihi persentase beban maksimal yang diperbolehkan PT. PLN yaitu 80% [4]. Maka dapat dihitung juga kelebihan bebannya dengan persamaan :

$$\%\ \text{Kelebihan beban} = \%\ \text{beban trafo} - 80\% \quad (5)$$

Jika persentase beban dikonversikan ke satuan kVA maka persamaan dari kapasitas transformator adalah :

$$\text{kVA beban} = \frac{\%beban}{100\%} \times \text{Kapasitas Trafo} \quad (6)$$

F. Peramalan Beban

Perkiraan beban listrik atau yang biasa dikenal dengan istilah forecasting adalah meruapakan suatu kejadian atau peristiwa yang akan terjadi masa yang akan datang tentang besarnya beban listrik pada suatu periode tertentu [5].

Dalam melakukan perkiraan beban listrik, umumnya digunakan beberapa metode diantaranya adalah

a. Metode Regresi

Metode regresi adalah Metode Statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara Variabel Faktor Penyebab (X) terhadap Variabel Akibatnya. Faktor Penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan Predictor sedangkan Variabel Akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan Response.

Persamaan regresi *linier* merupakan suatu model persamaan yang menggambarkan hubungan satu variabel prediktor (X) dengan satu variabel repspon (Y), yang biasanya digambarkan dengan garis lurus.

Gambar Persamaan model regresi linear secara matematik diekspresikan sebagai berikut :

$$Y = a + bX \quad (7)$$

Untuk mencari nilai a dan b menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\mathrm{a} = \frac{(\sum \mathrm{Y})(\sum \mathrm{X^2}) - (\sum \mathrm{X})(\sum \mathrm{XY})}{(\mathrm{n})(\sum \mathrm{X^2}) - (\sum \mathrm{X})^2} \quad (8)$$

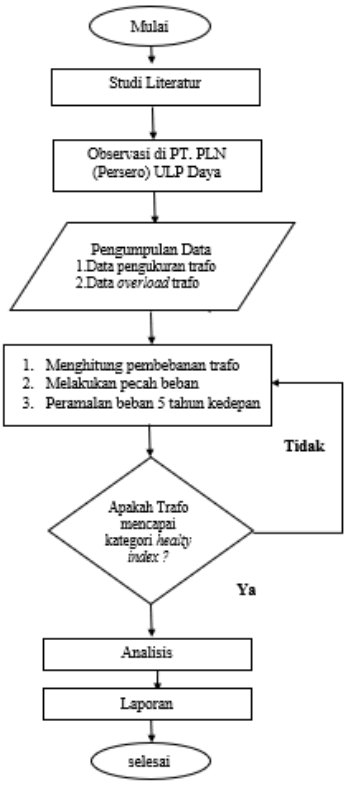
$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (9)$$

G. Software SPSS

SPSS adalah sebuah program aplikasi yang memiliki kemampuan untuk analisis statistik cukup tinggi serta sistem manajemen data pada lingkungan grafis dengan menggunakan menu-menu deskriptif dan kotak-kotak dialog yang sederhana sehingga mudah dipahami untuk cara pengoperasiannya.

III. METODE PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* Kegiatan

B. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penulisan tugas akhir ini, pengumpulan data dilakukan dengan metode wawancara, observasi, dan dokumentasi.

C. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis statistik deskriptiif . Yang dimana pada penelitian ini akan dilakukanlah pengkajian terhadap data – data teknis yang telah terjadi pada sistem Transformator distribusi. Data-data yang sudah didapatkan selanjutnya diiolah untuk didapatkan kategori *heatlty indeks* dalam pembebanan transformator. di Data yang diolah ini nantinya akan dideskripsikan pada saat proses penganalisaan data.

Selama melakukan penelitian, penulis akan melakukan kegiatan penelitian seperti halnya yang telah dicantumkan di dalam gambar diagram penelitian di atas. Hal pertama dilakukan adalah jelas mengumpulkan data – data yang diperlukan untuk kelangsungan dalam melakukan penelitian, lalu lanjut dalam kelengkapan data, bila data yang didapatkan lengkap maka akan masuk ke tahap selanjutnya dan apabila kelengkapan tidak memenuhi maka kembali lagi ke pengumpulan data yang dibutuhkan. Selanjutnya bila semua data yang dibutuhkan sudah lengkap maka penulis akan Melihat dan menentukan apakah transformator yang sudah ditahap penelitian mengalami beban lebih dengan menggunakan metode pecah beban dengan penambahan transformator sisipan. Setelah dilakukan penambahan transformator sisipan kemuadian dihitung Kembali pembebanannya apakah transformator tersebut mengalami pembebanan dengan baik. Kemudian dilakukan peramalan beban 5 tahun kemudian untuk mengetahui pembebanan transformator tersebut dengan menggunakan metode regresi linear dan aplikasi SPSS.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

ULP Daya adalah salah satu ULP yang berada di wilayah kerja Area Makassar Utara. ULP Daya terdiri dari 1102 buah transformator distribusi yang terbagi pada 26 penyulang. Salah satu penyulangnya yakni penyulang Ujung Pandang. Penyulang Ujung pandang termasuk konfigurasi jaringan sistem loop karena di tipe jaringan ini bisa di manuver dari beberapa penyulang di ujung-ujung jaringnya dari penyulang Baddoka, Maranu, dan GH Bandara. transformator yang di cari adalah yang melewati standar pembebanan maksimum, yakni 80% dengan nilai pembebanan standar sebesar 80 KVA.

1. Data Pengukuran Transformator Distribusi PT.IUP.024

Tabel 1. Data Pengukuran Transformator PT.IUP.024

DATA TRAFO		**Jurusan penampang (mm^2)**	**Hasil Pengukuran Beban (A)**			
KAP Trafo	**Prim/ Sek (V)**		**R**	**S**	**T**	**N**
315 kVA	20kV/ 400V	A(LVTC 3X70+50MM)	39	19	62	**182**
		B(LVTC 3X70+50MM)	60	105	97	
		C(LVTC 3X70+50MM)	98	50	82	
		D(LVTC 3X70+50MM)	187	148	152	
		E(LVTC 3X70+50MM)	120	112	142	
		TOTAL	**504**	**434**	**535**	

2. Data Pengukuran Transformator Distribusi Sisipan PT.IUP.025

Tabel 2. Data Pengukuran Transformator Sisipan PT.IUP.025

DATA TRAFO		**Jurusan Penampang (mm^2)**	**Hasil Pengukuran Beban (A)**			
Kapasitas trafo	**Prim/Sek (V)**		**R**	**S**	**T**	**N**
200 kVA	20 kV/400 V	A(LVTC 3X70+50MM)	122	115	98	106

3. Data Pengukuran Transformator Distribusi PT.IUP. 024 setelah pecah beban dengan penambahan transformator sisipan.

Tabel 3. Data Pengukuran Transformator PT. IUP.024 setelah penambahan transformator sisipan

DATA TRAFO		Jurusan penampang (mm^2)	Hasil Pengukuran Beban (A)			
KAP Trafo	Prim/ Sek (V)		R	S	T	N
315 kVA	20kV/ 400V	A(LVTC 3X70+50MM)	54	45	32	**132**
		B(LVTC 3X70+50MM)	65	51	45	
		C(LVTC 3X70+50MM)	60	52	42	
		D(LVTC 3X70+50MM)	45	38	32	
		TOTAL	**224**	**186**	**151**	

B. Pembahasan Penelitian

Data-data yang telah didapatkan di lapangan dan telah dituangkan pada sub bab 1 akan diproses pada pembahasan penelitian.

1. Perhitungan Persentase Pembebanan PT.IUP.024 Sebelum Disisipkan

Berdasarkan data yang diambil dari tabel 1 pada aplikasi RETRO maka akan dihitung persentase pembebanan trafo dengan menggunakan persamaan 2, 3, dan 4. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$IFL = \frac{S}{V\ X\ \sqrt{3}}$$
$$IFL = \frac{315.000}{400\ X\ \sqrt{3}}$$
$$IFL = 454{,}66\ A$$

Adapun perhitungan arus rata-rata pembebanan gardu adalah sebagai berikut:

$$I\ rata\text{-}rata = \frac{Ir+Is+It}{3}$$
$$I\ rata\text{-}rata = \frac{504+434+535}{3}$$
$$I\ rata\text{-}rata = \frac{1.473}{3}$$
$$I\ rata\text{-}rata = 491\ A$$

Kemudian dimasukkan kedua nilai IFL dan I rata-rata kedalam persamaan rumus persen pembebanan sebelumnya. Sehingga dapat diketahui persentase beban transformator PT.IUP.024.

$$\%\ Pembebanan = \frac{I\ rata-rata\ beban}{I\ arus\ beban\ penuh}\ x\ 100\ \%$$
$$\%\ Pembebanan = \frac{491}{454{,}66}\ x\ 100\ \%$$
$$\%\ Pembebanan = 107{,}99\ \%$$

Untuk menghitung kapasitas pembebanan dalam kVA, dapat menggunakan persamaan 5 Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$kVA\ Beban = \frac{\%\ Beban}{100\ \%}\ x\ Kapasitas\ Trafo$$
$$kVA\ Beban = \frac{107{,}99\ \%}{100\ \%}\ x\ 315$$
$$kVA\ Beban = 340{,}16\ kVA$$

Untuk mengetahui standar pembebanan yang seharusnya, maka dapat dikalkulasikan dengan menggunakan persamaan 6 :

$$kVA\ Beban = \frac{\%\ Beban}{100\ \%}\ x\ Kapasitas\ Trafo$$
$$kVA\ Beban = \frac{80\ \%}{100\ \%}\ x\ 315$$
$$kVA\ Beban = 252\ kVA$$

Setelah dilakukan perhitungan persentase pembebanan pada PT.IUP.024 dan hasilnya menunjukan bahwa PT.IUP.024 mengalami *overload* karena total persentase beban trafo sebesar 107,99 % yaitu melebihi dari 80% dari pembebanan total sesuai dengan kapasitas transformator yang seharusya yaitu hanya 252 kVA sehingga harus dilakukan perbaikan. Cara yang digunakan untuk memperbaiki pembebanan pada transformator distribusi ini adalah pecah beban dengan menambahkan transformator baru (sisipan) PT.IUP.025 di dekat PT.IUP.024 sehingga beban pada PT.IUP.024 dapat dibagi ke transformator yang baru Untuk menentukan kapasitas Gardu Sisipan yang dibutuhkan, maka dapat menggunakan persamaan 5 :

$$\%\ Kelebihan\ beban = \%\ beban\ trafo - 80\%$$
$$\%\ Kelebihan\ beban = 107{,}99\ \% - 80\% = 27{,}99\ \%$$

Untuk melakukan konversi persen ke dalam satuan kVA, maka digunakan persamaan 6 :

$$kVA\ Beban = \frac{\%\ Kelebihan\ Beban}{100\ \%}\ x\ Kapasitas\ Trafo$$
$$kVA\ Beban = \frac{27{,}99\ \%}{100\ \%}\ x\ 315$$
$$kVA\ Beban = 88{,}16\ kVA$$

2. Perhitungan Persentase Pembebanan Transformator sisipan PT.IUP.025

Berdasarkan data yang diambil dari tabel 3 pada aplikasi RETRO maka akan dihitung persentase pembebanan trafo dengan menggunakan persamaan 2, 3, dan 4. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$IFL = \frac{S}{V\ X\ \sqrt{3}}$$
$$IFL = \frac{200.000}{400\ X\ \sqrt{3}}$$
$$IFL = 288{,}67\ A$$

Adapun perhitungan arus rata-rata pembebanan gardu adalah sebagai berikut:

$$I\ rata\text{-}rata = \frac{Ir+Is+It}{3}$$
$$I\ rata\text{-}rata = \frac{122+115+98}{3}$$
$$I\ rata\text{-}rata = \frac{335}{3}$$
$$I\ rata\text{-}rata = 111{,}66\ A$$

Kemudian dimasukkan kedua nilai IFL dan I rata-rata kedalam persamaan rumus persen pembebanan sebelumnya. Sehingga dapat diketahui persentase beban transformator PT.IUP.025

$$\%\ Pembebanan = \frac{I\ rata-rata\ beban}{I\ arus\ beban\ penuh}\ x\ 100\ \%$$
$$\%\ Pembebanan = \frac{111{,}66}{288{,}67}\ x\ 100\ \%$$
$$\%\ Pembebanan = 38{,}68\ \%$$

Untuk menghitung kapasitas pembebanan dalam kVA, dapat menggunakan persamaan 6 Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

kVA Beban = $\frac{\%\ Beban}{100\ \%}$ x Kapasitas Trafo

kVA Beban = $\frac{38{,}68\ \%}{100\ \%}$ x 200

kVA Beban = 77,36 kVA

Untuk mengetahui standar pembebanan yang seharusnya, maka dapat dikalkulasikan dengan menggunakan persamaan 6 :

kVA Beban = $\frac{\%\ Beban}{100\ \%}$ x Kapasitas Trafo

kVA Beban = $\frac{80\ \%}{100\ \%}$ x 200

kVA Beban = 160 kVA

Setelah dilakukan perhitungan persentase pembebanan pada transformator sisipan PT.IUP.025 hasilnya menunjukan bahwa transformator sisipan tersebut tidak mengalami *overload* karena total persentase pembebanan transformator adalah 38,68 % sehingga beban transformator dapat dikatakan normal karena sudah sesuai dengan standar Edaran Direksi PT PLN No.0017(2014:8), yaitu < 80%.

3. Perhitungan Persentase Pembebanan PT.IUP.024 Setelah Dilakukan pecah beban dengan penambahan transformator sisipan

Setelah dilakukan penambahan transformator sisipan berdasarkan data yang diambil dari tabel 2 pada aplikasi RETRO maka akan dihitung persentase pembebanan trafo dengan menggunakan persamaan 2, 3, dan 4. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

IFL = $\frac{S}{V\ X\ \sqrt{3}}$

IFL = $\frac{315.000}{400\ X\ \sqrt{3}}$

IFL = 454,66 A

Adapun perhitungan arus rata-rata pembebanan gardu adalah sebagai berikut:

I rata-rata = $\frac{Ir+Is+It}{3}$

I rata-rata = $\frac{224+186+151}{3}$

I rata-rata = $\frac{565}{3}$

I rata-rata = 188,33 A

Kemudian dimasukkan kedua nilai *IFL* dan *I rata-rata* kedalam persamaan rumus persen pembebanan sebelumnya. Sehingga dapat diketahui persentase beban transformator PT.IUP.024.

% Pembebanan = $\frac{I\ rata-rata\ beban}{I\ arus\ beban\ penuh}\ x\ 100\ \%$

% Pembebanan = $\frac{188{,}33}{454{,}66}\ x\ 100\ \%$

% Pembebanan = 41,42 %

Untuk menghitung kapasitas pembebanan dalam kVA, dapat menggunakan persamaan 6. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

kVA Beban = $\frac{\%\ Beban}{100\ \%}$ x Kapasitas Trafo

kVA Beban = $\frac{41{,}42\ \%}{100\ \%}$ x 315

kVA Beban = 130, 47 kVA

Untuk mengetahui standar pembebanan yang seharusnya, maka dapat dikalkulasikan dengan menggunakan persamaan 6 :

kVA Beban = $\frac{\%\ Beban}{100\ \%}$ x Kapasitas Trafo

kVA Beban = $\frac{80\ \%}{100\ \%}$ x 315

kVA Beban = 252 kVA

Setelah dilakukan perhitungan persentase pembebanan pada transformator PT.IUP.024 setelah dilakukan pecah beban dengan penambahan transformator sisipan maka hasil menunjukkan bahwa transformator sudah Kembali normal atau tidak mengalami *overload* karena total pembebanan transformator sebesar 41,42 % sudah sesuai dengan standar Edaran Direksi PT PLN No.0017(2014:8) , yaitu < 80% dari pembebanan total sesuai dengan kapasitas transformator yang seharusya yaitu hanya 252 kVA.

4. Perhitungan Peramalan beban transformator PT.IUP.024 Setelah dilakukan pecah beban dengan penambahan transformator sisipan

Setelah dilakukan pecah beban dengan penambahan transformator sisipan pada transformator PT.IUP.024 maka dilakukan perhitungan peramalan beban trafo. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dan mengatasi masalah *overload* trafo yang telah dipecah beban. Peramalan beban ini dilakukan untuk mengetahui berapa beban trafo bebrapa tahun kedepan dengan menggunakan data beban trafo pengukuran Triwulan tahun ke belakang.

1. Peramalan Beban Transformator PT.IUP.024

Tabel 4. Data *History* beban trafonsformator PT.IUP.024

Bulan	Triwulan (X)	Beban (A)			Beban Rata-Rata (Y)	% Beban
		R	S	T		
Februari	1	190	168	125	161	35,41
April	2	192	178	135	168,33	37,02
Agustus	3	200	182	148	176,66	38,85
Desember	4	224	186	151	188,33	41,42

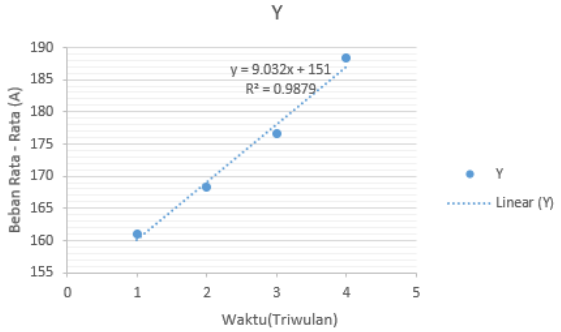
Tabel 5. Tabel bantu untuk memudahkan perhitungan peramalan beban transformator PT.IUP.024

NO	X	X^2	Y	Y^2	XY
1	1	1	161	25921	161
2	2	4	168.33	28334.989	336.66
3	3	9	176.66	31208.756	529.98
4	4	16	188.33	35468.189	753.32
∑	10	30	694.32	120932.93	1780.96

Berdasarkan tabel 5 diatas kemudian dapat dihitung besarnya konstanta a dan b dengan menggunakan persamaan 8 dan 9 sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$
$$= \frac{(694{,}32)(30) - (10)(1780{,}96)}{(4)(30) - (10)^2}$$
$$= \frac{20829{,}6 - 17809{,}6}{120 - 100}$$
$$= 151$$

$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$
$$= \frac{(4)(1780{,}96) - (10)(694{,}32)}{(4)(30) - (10)^2}$$
$$= \frac{7123{,}84 - 6943{,}2}{120 - 100}$$
$$= 9{,}032$$



Gambar 1. Grafik Regresi Linier PT.IUP.024

Setelah dilakukan perhitungan secara manual kemudian dilakukan lagi perhitungan dengan menggunakan aplikasi SPSS

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	T	Sig.
1	(Constant)	151.000	1.933		78.111	.000
	Waktu	9.032	.706	.994	12.795	.006

a. Dependent Variable: Beban

Gambar 2 Perhitungan SPSS PT.IUP.024

Tabel 6. Rata-Rata Beban Trafo PT.IUP.024 5 Tahun ke depan

TAHUN	BULAN	TRIWULAN	RATA-RATA BEBAN (A) MANUAL	RATA-RATA BEBAN (A) SPSS
2022	Februari	5	196.15	196.15
	April	6	205.18	205.18
	Agustus	7	212.21	212.21
	Desember	8	223.24	223.24
2023	Februari	9	232.27	232.27
	April	10	241.3	241.3
	Agustus	11	250.33	250.33
	Desember	12	259.36	259.36
2024	Februari	13	268.39	268.39
	April	14	277.42	277.42
	Agustus	15	286.45	286.45
	Desember	16	295.48	295.48
2025	Februari	17	304.51	304.51
	April	18	313.54	313.54
	Agustus	19	322.57	322.57
	Desember	20	331.6	331.6
2026	Februari	21	340.63	340.63
	April	22	349.66	349.66
	Agustus	23	358.69	358.69

Berdasarkan tabel 6 diatas,beban yang paling tinggi pada transformator PT.IUP.024 tahun yang akan datang tepatnya 2026 sebesar 358.69 A. Dalam membandingkan beberapa kapasitas transformator digunakan persamaan 5 sebagai berikut:

Trafo kapasitas 315 kVA

$$\% \text{ Beban} = \frac{(358{,}69\ A)(400)(\sqrt{3})}{315000} \text{ x } 100\ \% = 78{,}89\ \%$$

Setelah didapatkan hasil persentase pembebanan transformator PT.IUP.024 dalam 5 tahun kedepan dengan mengambil acuan beban optimal transformator berdasarkan SK ED PLN No.0017.E/DlR/2014 yaitu diatas 80%. Transformator PT.IUP.024 yang telah dipecah beban dengan penambahan transformator sisipan layak digunakan dalam jangka waktu 5 tahun kedepan tepatnya hingga tahun 2026.

2. Peramalan Beban Transformator Sisipan PT.IUP.025

Tabel 7. Data *History* beban trafonsformator PT.IUP.025

BULAN	TRIWULAN (X)	BEBAN (A)			BEBAN RATA-RATA (Y)	% BEBAN
		R	S	T		
Februari	1	112	101	90	101	34.98
April	2	118	104	92	104.66	36,25
Agustus	3	120	108	96	108	37,41
Desember	4	122	115	98	111.66	38,68

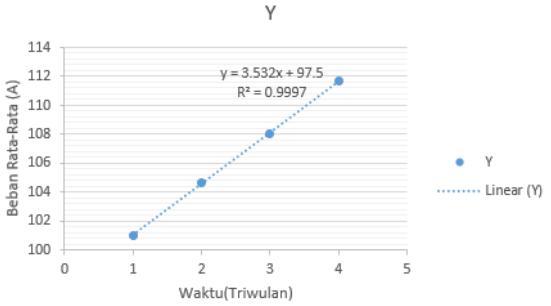
Tabel 8. Tabel bantu untuk memudahkan perhitungan peramalan beban transformator PT.IUP.025

NO	X	X^2	Y	Y^2	XY
1	1	1	101	10201	101
2	2	4	104.66	10953.716	209.32
3	3	9	108	11664	324
4	4	16	111.66	12467.956	446.64
∑	10	30	425.32	45286.671	1080.96

Berdasarkan tabel 8 diatas kemudian dapat dihitung besarnya konstanta a dan b dengan menggunakan persamaan 8 dan 9 sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$
$$= \frac{(425{,}32)(30) - (10)(1080{,}96)}{(4)(30) - (10)^2}$$
$$= \frac{12759{,}6 - 10809{,}6}{120 - 100}$$
$$= 97{,}5$$

$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$
$$= \frac{(4)(1080{,}96) - (10)(425{,}32)}{(4)(30) - (10)^2}$$
$$= \frac{4323{,}84 - 4253{,}2}{120 - 100}$$
$$= 3{,}53$$



Gambar 3. Grafik Regresi Linier PT.IUP.025

Setelah dilakukan perhitungan secara manual kemudian dilakukan lagi perhitungan dengan menggunakan aplikasi SPSS

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	T	Sig.
1	(Constant)	151.000	1.933		78.111	.000
	Waktu	9.032	.706	.994	12.795	.006

a. Dependent Variable: Beban

Gambar 4. Perhitungan SPSS PT.IUP.025

Tabel 9. Rata-Rata Beban Trafo PT.IUP.025 5 Tahun ke depan

TAHUN	BULAN	TRIWULAN	RATA-RATA BEBAN (A) MANUAL	RATA-RATA BEBAN (A) SPSS
2022	Februari	5	115.15	115.15
	April	6	118.68	118.68
	Agustus	7	112.21	112.21
	Desember	8	125.74	125.74
2023	Februari	9	129.27	129.27
	April	10	132.8	132.8
	Agustus	11	136.33	136.33
	Desember	12	139.86	139.86
2024	Februari	13	143.39	143.39
	April	14	146.92	146.92
	Agustus	15	150.45	150.45
	Desember	16	153.98	153.98
2025	Februari	17	157.51	157.51
	April	18	161.05	161.05
	Agustus	19	164.57	164.57
	Desember	20	168.1	168.1
2026	Februari	21	171.63	171.63
	April	22	175.16	175.16
	Agustus	23	178.69	178.69
	Desember	24	182.22	182.22

Berdasarkan tabel 9 diatas,beban yang paling tinggi pada transformator PT.IUP.025 tahun yang akan datang tepatnya 2026 sebesar 182.22 A. Dalam membandingkan beberapa kapasitas transformator digunakan persamaan 5 sebagai berikut:

Trafo kapasitas 200 kVA

$$\% \text{ Beban} = \frac{(182{,}22A)(400)(\sqrt{3})}{200000} \text{ x } 100\ \% = 62{,}12\%$$

Setelah didapatkan hasil persentase pembebanan transformator PT.IUP.025 dalam 5 tahun kedepan dengan mengambil acuan beban optimal transformator berdasarkan SK ED PLN No.0017.E/DlR/2014 yaitu diatas 80%. Transformator sisipan PT.IUP.025 layak digunakan dalam jangka waktu 5 tahun kedepan tepatnya hingga tahun 2026.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian penulis maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pembebanan Transformator PT.IUP.024 mengalami Overload sebesar 107,99 % dengan kapasitas beban sebesar 340,16 kVA. Oleh karena itu, permasalahan gardu overload diatasi dengan metode pecah beban dengan penambahan transformator sisipan. Presentase pembebanan PT.IUP.024 setelah pemasangan transformator sisipan adalah 41,42 % dengan kapasitas beban sebesar 130,47 kVA. Adapun persentase pembebanan transformator sisipannya

PT.IUP.025 adalah 38,68 % dengan kapasitas beban sebesar 77,36 kVA.

2. Peramalan beban transformator PT.IUP.024 dalam 5 tahun kedepan sebesar 358.69 A dengan persentase pembebanan sebesar 78,89 % dan transformator sisipan PT.IUP.025 sebesar 182,22 A dengan persentase pembebanan sebesar 62,12 %. Dalam hal ini transformator PT.IUP.024 dan PT.IUP.025 layak digunakan dalam 5 tahun kedepan tepatnya hingga tahun 2026.

REFERENSI

[1] Suhadi dan Tri Wahatnolo. 2008a. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

[2] Zuhal. 1992. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia Pustaka.

[3] Susongko, W., Setiawan, I N., Budiastra, I N. 2016. *Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Jaringan Distribusi Sekunder Gardu Distribusi DS 0587 di PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Rayon Denpasar*. Dalam *Jurnal Spektrum*, *III*(2): 26-34.

[4] Kappu, Darniati. 2019. *Penanganan Beban Lebih Transformator Distribusi Isr001 Penyulang Sanrangan Pt Pln (Persero)*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

[5] Wisnu Adi Suryo ,dkk. 2014-2015. *Studi Perkiraan Beban pada Gardu Induk Manisrejo*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

[6] PT PLN (Persero). 2014. *Edaran Direksi PT PLN (Persero) No:0017.E/ DIR/2014 Tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara

[7] Syafruddin, Hakim dan Despa. *Metode regresi Linear untuk Predikdi Kebutuhan energi listrik jangka panjang (studi kasus provinsi lampung).* Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

[8] Tim Penyusun . 2010. *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik.* Jakarta: PT PLN (PERSERO).

.