

# PRAKIRAAN KEBUTUHAN DAYA BEBAN PUNCAK UNTUK EVALUASI KAPASITAS TRANSFORMATOR TENAGA

Aris Sampe<sup>1</sup>, Rosalina N. Revassy<sup>2</sup>, Marthen Liga<sup>3</sup>, Theresia Wuri O<sup>4</sup>, Dultudes Mangopo<sup>5</sup>  
Idham Khaliq<sup>6</sup>, Vitra Idris Kesowe<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup> Fakultas/Universitas/Negara  
Email: arissampe@yahoo.co.id

## Info Artikel

Histori Artikel:  
Diterima 20 09 2024  
Direvisi 15 10 2024  
Disetujui 27 10 2024

## ABSTRACT

Currently, electrical power has become an essential need in human life, as almost all daily appliances require electricity. The electrical power system is designed to deliver electricity efficiently and safely to customers. This study aims to calculate the average peak load of the Skyline substation from 2017 to 2022 and to forecast the load of the Skyline substation from 2023 to 2042. The method used for forecasting is the exponential regression model to obtain an approximation equation. The research material was obtained from PT. PLN (PERSERO) Skyline Substation, Papua and West Papua Sub Area Unit, where the collected data was processed and analyzed. The analysis results show that the average peak load in 2017 was 20.458 MVA, in 2018 it was 21.162 MVA, in 2019 it was 27.376 MVA, in 2020 it was 25.661 MVA, in 2021 it was 23.676 MVA, and in 2022 it was 21.559 MVA. For the years 2023 to 2042, the substation is still feasible or capable of meeting the load demand based on the transformer feasibility tolerance standard of 60 MVA. The decline in average peak load from 2020 to 2022 was due to the pandemic, which resulted in no significant increase in electricity usage. However, the load forecast calculations for the next 20 years, from 2023 to 2042, indicate an increase in load usage due to rising development and electricity consumption.

**Keywords:** Forecasting, Load Power Demand, Transformer Capacity.

---

## ABSTRAK

Masa sekarang ini tenaga listrik sudah merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia, karena hampir semua peralatan kebutuhan manusia menggunakan listrik. Sistem tenaga listrik dirancang untuk dapat mengirim tenaga listrik dengan cara efisien dan aman sampai pada pelanggan. Tujuan penelitian Untuk mendapatkan nilai perhitungan beban puncak rata-rata gardu induk skyline 2017 sampai 2022 Untuk menghitung peramalan beban pada gardu induk skyline tahun 2023 sampai 2042. Metoda untuk peramalan dipilih persamaan regresi model eksponensial untuk mendapatkan persamaan pendekatan Materi penelitian didapat dari PT. PLN (PERSERO) Gardu Induk Skyline Unit Induk Sub Area Papua dan Papua Barat di Gardu induk Skyline, data-data yang diperoleh diolah dan dianalisis. Hasil analisis data untuk beban puncak rata-rata tahun 2017 sebesar 20,458 MVA, 2018 sebesar 21,162 MVA, 2019 sebesar 27,376 MVA, 2020 sebesar 25,661 MVA, 2021 sebesar 23,676, 2022 sebesar 21,559. Untuk tahun 2023 sampai tahun 2042 masih layak atau mampu melayani kebutuhan beban berdasarkan dari standar toleransi kelayakannya. transformator sebesar 60 MVA. Dari hasil perhitungan beban puncak rata-rata pada tahun 2017 sebesar,20,458 MVA , pada tahun 2018 sebesar 21,162 MVA, pada tahun 2019 sebesar 27,376 MVA, pada tahun 2020 sebesar 25,661 MVA, pada tahun 2021 sebesar 23,676 MVA, pada tahun 2022 sebesar 21,559. Beban puncak rata-rata pada tahun 2020 sampai 2022 mengalami penurunan penggunaan listrik di karenakan masa pandemi, sehingga penggunaan listrik tidak terlalu meningkat. Hasil perhitungan peramalan beban untuk 20 tahun ke depan yaitu dari 2023 sampai 2042, semakin tahun

*penggunaan beban semakin meningkat di karenakan semakin tinggi pembangunan hingga penggunaan listrik semakin meningkat.*

**Kata Kunci:** *Prakiraan Beban, Kebutuhan Daya Beban, Kapasitas Transformator.*

---

**Penulis Korespondensi:**

Aris Sampe,

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,

Universitas Cenderawasih,

Email: arissampe@yahoo.co.id

---

## 1. PENDAHULUAN

Masa sekarang ini tenaga listrik sudah merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia, karena hampir semua peralatan kebutuhan manusia menggunakan listrik. Sistem tenaga listrik dirancang untuk dapat mengirim tenaga listrik dengan cara efisien dan aman sampai pada pelanggan atau konsumen. Kebutuhan tenaga listrik dihasilkan dan disalurkan oleh sistem pembangkit tenaga listrik melalui suatu media transmisi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pusat pembangkit tenaga listrik disalurkan ke saluran Transmisi Tegangan Tinggi (STT) dengan tegangan antara 150 kV sampai 500 kV yang kemudian diturunkan oleh transformator penurun tegangan menjadi 20 kV, selanjutnya diturunkan lagi oleh transformator distribusi menjadi tegangan rendah 220 /380 V.

Sistem tenaga listrik dikatakan baik apabila dapat mencatu dan menyalurkan tenaga listrik ke konsumen dengan tingkat keandalan yang tinggi. Peningkatan keandalan dan kualitas penyediaan tenaga listrik pada Gardu Induk Skyline. dilakukan dengan memilih dan memasang peralatan tenaga listrik termasuk transformator distribusi dengan kapasitas yang sesuai sehingga dapat mengikuti pertumbuhan beban di daerah pelayanan. Berdasarkan uraian diatas maka tujuan dari penelitian yaitu untuk mendapatkan nilai perhitungan beban puncak rata-rata gardu induk skyline 2017 sampai 2022 dan menghitung peramalan beban pada gardu induk skyline tahun 2023 sampai 2042.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gardu Induk

Gardu induk merupakan salah satu bagian yang paling vital pada sistem tenaga listrik. Dengan adanya gardu induk dalam sistem tenaga listrik maka tenaga listrik akan dapat disuplai kepada konsumen. Gardu induk merupakan instansi yang terdiri dari berbagai macam perlengkapan listrik seperti transformator,

lighting arrester, current transformer, pemisah (PMS), pemutus daya (PMT) serta perlengkapan lainnya. Fungsi lain dari gardu induk itu sendiri adalah sebagai penghubung ataupun pemutus arus listrik dan sebagai penyesuai tegangan yang terhubung dengan sistem-sistem sesuai dengan level tegannya.

### 2.2 Transformator

Transformator atau trafo merupakan suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tenaga yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pendistribusian listrik jarak jauh. Transformator terdiri dari sebuah inti besi (*core*) dan dua buah lilitan yang biasa disebut lilitan primer dan lilitan sekunder.

### 2.3 Prakiraan Beban Listrik

Salah satu faktor yang sangat menentukan dalam membuat rencana operasi sistem tenaga listrik adalah perkiraan beban yang akan dialami oleh sistem tenaga listrik yang bersangkutan. Tidak ada rumus eksak untuk ini karena besarnya beban ditentukan oleh para pemakai (konsumen) tenaga listrik yang secara bebas dapat menentukan pemakaiannya. Namun pada umumnya pemakaian energi listrik konsumen sifatnya periodik maka grafik pemakaian tenaga listrik atau lazimnya dibuat sebagai grafik beban dari sistem tenaga listrik juga mempunyai sifat periodik. Grafik beban secara perlahan-lahan berubah bentuknya baik kuantitatif maupun kualitatif.

### 2.4 Pertumbuhan Beban Pada Sistem Distribusi

Kemampuan kerja dari setiap sistem distribusi harus dijaga untuk menjamin kehandalan dan kontinuitas pelayanan. Selain itu perencanaan sistem distribusi diperlukan untuk menjamin bahwa pertumbuhan beban tersebut dapat dipenuhi oleh penambahan sistem distribusi secara teknis dan ekonomis sebab akan berhubungan dengan keadaan sistem pada masa yang akan datang untuk menunjang keandalan pelayanan.

Semakin kompleksnya sistem maka fasilitas listrik akan menentukan pemilihan peralatan yang dapat mengatasi berbagai alternatif yang harus dipilih secara tepat sehingga dapat mengikuti pertumbuhan beban pada sistem distribusi dari penghantar sekunder melalui gardu induk. Setelah prosedur perencanaan atau pengembangan yang terdiri dari peramalan pertumbuhan beban, desain konfigurasi sistem distribusi, pengembangan gardu induk dan pemilihan tempat gardu induk dilakukan serta proyeksi data beban diketahui. Analisis kerja sistem dilakukan untuk menentukan apakah sistem yang ada dapat menangani pertumbuhan beban baru. Untuk mengetahui sistem distribusi tersebut mempunyai unjuk kerja yang baik, dapat dilihat dari keterandalan dan kontinuitas pelayanannya.

## 2.5 Metode Regresi

Metoda regresi mempunyai ketelitian dilihat dari koefisien korelasinya (r) yang didapat dari persamaan pendekatan fungsional yang dibentuk dari data masa lalu yang ada. Nilai koefisien korelasi ini berkisar antara -1 dan +1, dan jika koefisien korelasi ini mendekati nol maka hubungan antara data yang ada kurang erat.

## 2.6 Persamaan Regresi

Cara menentukan persamaan pendekatan matematis yang menghubungkan data masa lalu yang sudah ada digunakan model persamaan, yaitu:

### Model eksponensial

Model eksponensial didekati dengan persamaan:

$$Y = ae^{bx}$$

Yang dapat diubah menjadi:

$$\ln Y = \ln a + bx$$

Kalau dimisalkan:

$$Y^1 = \ln Y ; \text{ dan } a^1 = \ln a$$

Maka diperoleh:

$$Y^1 = a^1 + bx$$

Dengan harga-harga:

$$b = \frac{m\sum(Xi \ln Yi) - (\sum Xi)(\sum \ln Yi)}{m\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}$$

$$a = e^{\frac{1}{m}(\sum \ln Yi) - b\sum Xi}$$

r

$$= \frac{m\sum(Xi \ln Yi) - (\sum Xi)(\sum \ln Yi)}{[\{m\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2\}\{m\sum \ln Yi^2 - (\sum \ln Yi)^2\}]^{1/2}}$$

dengan,

m : jumlah pasangan data

$X_i Y_i$  : pasangan data

r : koefisien korelasi

a, b : konstanta

## Faktor Pengali ( $\alpha$ )

Faktor pengali atau pertumbuhan beban ( $\alpha$ ) diperoleh dengan membagi hasil persamaan pendekatan peramalan beban puncak dengan konstanta persamaan a.

$$\alpha = \frac{Y}{a}$$

dengan,

$\alpha$  : faktor pengali (pertumbuhan beban)

Y: hasil persamaan pendekatan

a : konstanta a

## 2.7 Peramalan Beban

Pembebanan transformator didapat dari hasil peramalan beban dibagi dengan kapasitas transformator, kapasitas transformator didapat dari data transformator yang dipakai.

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{S_t}{K_{transformator}} \times 100\%$$

dengan,

$S_t$  : pemakaian beban pada tahun t (yang diramalkan)

$K_{transformator}$  : Kapasitas trafo (data)

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

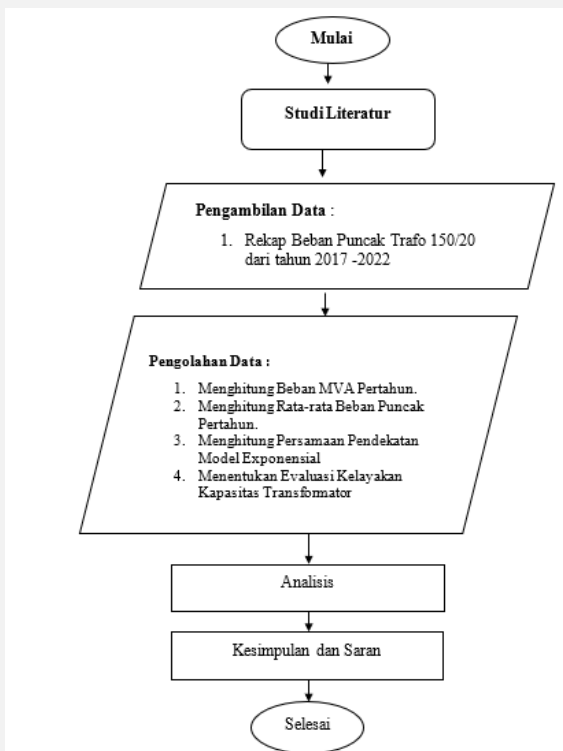
### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Mei 2024 bertempat di PT.PLN (Persero) di Gardu Induk Skyline.

### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengambilan data pada pada Gardu Induk Skyline adalah :

1. Mulai dengan mempersiapkan alat dan bahan yang akan di gunakan pada pengumpulan data pada Gardu Induk Skyline.
2. Mengambil data Beban Puncak Trafo 150/20 kV dari tahun 2017-2022
3. Pengolahan data untuk perhitungan.
4. Menghitung beban puncak MVA pertahun.
5. Menghitung besarnya rata-rata beban puncak pertahun
6. Menghitung persamaan pendekatan Model Eksponensial
7. Menentukan evaluasi kelayakan kapasitas transformator
8. Buat Kesimpulan
9. Selesai.



Gambar Diagram Alir Peneitian

$$S = \sqrt{13,3^2 + 4,64^2}$$

$$S = 14,086 \text{ MVA}$$

Beban MVA bulan Februari tahun 2017: (data rata-rata bulanan dari lampiran.)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{14,29^2 + 4,77^2}$$

$$S = 15,065 \text{ MVA}$$

Hasil perhitungan beban MVA bulanan untuk tahun 2017 dimasukkan kedalam bentuk tabulasi dan dapat dilihat pada tabel .1.

Tabel 1 Beban puncak rata-rata tahun 2017 GI Skyline

Bulan	MW	MVAR	MVA
Januari	13,3	4,64	14,086
Februari	14,29	4,77	15,065
Maret	17,81	6,41	18,928
April	20,7	7,50	22,084
Mei	22,48	8,29	23,959
Juni	18,67	10,384	21,363
Juli	17,542	9,897	20,141
Agustus	19,253	10,73	22,041
September	18,08	10,174	20,746
Oktober	22,15	8,14	23,598
November	19,83	10,913	22,635
Desember	18,28	10,09	20,88
Jumlah	222,385	101,938	245,526
Rata-rata	18,53	8,491	20,458

Hasil perhitungan beban MVA bulanan untuk tahun 2018 dimasukkan kedalam bentuk tabulasi dan dapat dilihat pada tabel 2.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASN

### 4.1 Hasil Penelitian

#### Perhitungan beban dalam MVA

Dari data maka dapat dicari beban puncak dalam satuan MVA untuk mencari beban puncak MVA rata-rata pertahun.

Beban MVA bulan Januari tahun 2017: (data rata-rata bulanan dari lampiran.)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Tabel 2 Beban puncak rata-rata tahun 2018 GI Skyline

Bulan	MW	MVAR	MVA
Januari	17,361	9,577	19,827
Februari	17,021	9,455	19,471
Maret	19,448	10,561	22,131
April	19,65	10,573	22,314
mei	18,723	10,184	21,313
Juni	17,95	9,967	20,532
Juli	18,919	10,497	21,636
Agustus	18,013	9,945	20,576
September	18,163	10,027	20,747
Oktober	19,397	10,358	21,989
November	18,507	10	21,036
Desember	19,694	10,606	22,368
Jumlah	222,846	121,75	253,94
Rata-rata	<b>18,571</b>	<b>10,146</b>	<b>21,162</b>

Hasil perhitungan beban MVA bulanan tahun 2019 dimasukkan kedalam bentuk tabulasi dan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Beban puncak rata-rata tahun 2019 GI Skyline

Bulan	MW	MVAR	MVA
Januari	22,606	12,319	25,745
Februari	27,89	9,0	29,306
Maret	25,42	9,6	27,172
April	28,78	10,9	30,774
Mei	30,4	12,55	32,916
Juni	25,016	12,964	28,176
Juli	24,507	13,207	27,839
Agustus	23,264	12,268	26,301
September	22,542	12,016	25,545
Oktober	22,6	11,997	25,587
November	21,655	11,693	24,61
Desember	21,717	11,433	24,543
Jumlah	296,397	139,947	328,514
Rata-rata	<b>24,699</b>	<b>11,662</b>	<b>27,376</b>

Hasil perhitungan beban MVA bulanan tahun 2020 dimasukkan kedalam bentuk tabulasi dan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Beban puncak rata-rata tahun 2020 GI Skyline

Bulan	MW	MVAR	MVA
Januari	22,61	12,316	25,747
Februari	20,95	11,696	23,994
Maret	22,606	12,319	25,745
April	23,267	12,543	26,433
Mei	25,016	12,964	28,176
Juni	24,507	13,207	27,839

Juli	23,264	12,268	26,301
Agustus	22,542	12,016	25,545
September	22,6	11,997	25,587
Oktober	21,655	11,693	24,61
November	21,717	11,433	24,543
Desember	20,606	11,119	23,415
Jumlah	271,34	145,571	307,932
Rata-rata	<b>22,612</b>	<b>12,131</b>	<b>25,661</b>

Hasil perhitungan beban MVA bulanan tahun 2021 dimasukkan kedalam bentuk tabulasi dan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Beban puncak rata-rata tahun 2021 GI Skyline

Bulan	MW	MVAR	MVA
Januari	13,42	4,62	14,195
Februari	15,93	5,33	16,798
Maret	17,86	6,46	18,992
April	21,4	7,81	22,780
Mei	22,6	8,35	24,093
Juni	22,9	8,49	24,423
Juli	26,3	8,12	27,531
Agustus	25,65	7,01	26,590
September	22,7	5,86	23,444
Oktober	24,1	8,34	25,417
November	26,07	13,70	29,450
Desember	28,38	10,91	30,404
Jumlah	267,31	95	284,117
Rata-rata	22,275	7,916	23,676

Hasil perhitungan beban MVA bulanan tahun 2022 dimasukkan kedalam bentuk tabulasi dan dapat dilihat pada tabel 6.

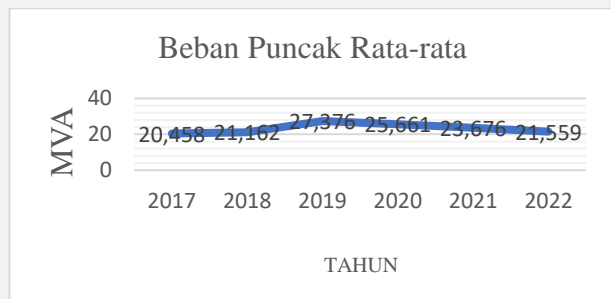
Tabel 6 Beban puncak rata-rata tahun 2022 GI Skyline

Bulan	MW	MVAR	MVA
Januari	18,3	7,7	19,853
Februari	19,0	6,66	20,133
Maret	17,90	6,05	18,894
April	20,7	7,50	22,084
mei	20,44	6,63	21,488
Juni	20,317	9,367	22,372
Juli	22,032	10,145	24,256
Agustus	19,516	9,048	21,511
September	18,017	8,217	19,802
Oktober	17,548	8,065	19,313
November	22,667	10,133	24,829
Desember	22,113	9,79	24,183
Jumlah	238,55	99,305	258,718
Rata-rata	19,879	8,275	21,559

Berdasarkan Perhitungan Rata-rata Beban Puncak Sesuai Tabel 1 sampai 6 Maka Beban Puncak Rata-rata Dari Tahun 2017 Sampai 2022 Dapat Di Lihat Pada Tabel Berikut :

Tabel 7 Beban puncak rata-rata tahun 2017 sampai 2022 GI Skyline

TAHUN	MVA
2017	20,458
2018	21,162
2019	27,376
2020	25,661
2021	23,676
2022	21,559



Gambar 1 Grafik beban puncak rata-rata gardu induk Skyline tahun 2017 sampai dengan 2022

Grafik pada gambar 1 di atas terlihat bahwa pada tahun 2017 beban puncak sebesar 20,458 MVA, pada tahun 2018 beban puncak sebesar 21,162 MVA, pada tahun 2019 beban puncak sebesar 27,376 MVA, beban puncak rata-rata semakin tahun meningkat, sedangkan pada tahun 2020 beban puncak sebesar 25,661 MVA, pada tahun 2021 beban puncak sebesar 23,676 MVA, pada tahun 2022 beban puncak sebesar 21,559 MVA, beban menurun di karenakan penggunaan listrik berkurang akibat adanya pandemi pada tahun tersebut.

## 4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

### Membuat persamaan pendekatan

Perhitungan penentuan persamaan pendekatan peramalan beban untuk beban puncak dapat di hitung dari tabel.8.

Tabel 8 Data untuk mencari perhitungan harga-harga r, a, dan b

Tahun	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Σ
$X_i$	1	2	3	4	5	6	$\Sigma X_i = 21$
$Y_i$	20,458	21,162	27,376	25,661	23,676	21,559	$\Sigma Y_i = 139,892$
$X_i \cdot Y_i$	20,458	42,324	82,128	102,644	118,38	129,354	$\Sigma X_i \cdot Y_i = 495,288$
$X_i^2$	1	4	9	16	25	36	$\Sigma X_i^2 = 91$
$Y_i^2$	418,53	447,83	749,45	658,49	560,55	464,79	$\Sigma Y_i^2 = 3299,64$
$\ln Y_i$	3,02	3,05	3,31	3,28	3,16	3,07	$\Sigma \ln Y_i = 18,90$
$X_i \cdot \ln Y_i$	3,02	6,10	9,93	13,13	15,82	18,42	$\Sigma X_i \cdot \ln Y_i = 66,43$
$(\ln Y_i)^2$	9,11	9,32	10,95	10,78	10,01	9,43	$\Sigma (\ln Y_i)^2 = 59,60$

Keterangan

$\Sigma$ : jumlah

$x_i, y_i$ : pasangan data

Persamaan pendekatan model eksponensial diperoleh dari harga koefisien korelasi (r) sebagai berikut:

Model eksponensial:

$$r = \frac{m \sum (X_i \ln Y_i) - (\sum X_i)(\sum \ln Y_i)}{[\{m \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{m \sum \ln Y_i^2 - (\sum \ln Y_i)^2\}]^{1/2}}$$

$$r = \frac{6(66,43) - (21)(18,90)}{[\{6(91) - (21)^2\} \{6(59,60) - (18,90)^2\}]^{1/2}}$$

$$r = \frac{(398,58) - (396,9)}{[\{(546) - (441)\} \{(357,6) - (357,21)\}]^{1/2}}$$

$$r = \frac{(1,72)}{[(105)(0,46)]^{1/2}}$$

$$r = \frac{(1,72)}{[(48,26)]^{1/2}}$$

$$r = 0,0352$$

Mencari harga-harga a dan b untuk pendekatan model eksponensial untuk beban puncak adalah sebagai berikut

Harga b:

$$b = \frac{m \sum (X_i \ln Y_i) - (\sum X_i)(\sum \ln Y_i)}{m \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{6(66,43) - (21)(18,90)}{6(91) - (21)^2}$$

$$b = \frac{(398,58) - (396,9)}{(546 - 441)}$$

$$b = \frac{1,72}{105}$$

$$b = 0,016$$

Harga a:

$$a = e^{\frac{1}{m}(\sum \ln Y_i) - b \sum X_i}$$

$$a = e^{\frac{1}{6}(18,90) - (0,016 \times 21)}$$

$$a = e^{(3,15) - (0,336)}$$

$$a = e^{2,814}$$

$$a = 16,676$$

Hasil perhitungan diatas diperoleh persamaan pendekatan peramalan beban untuk beban puncak adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

4.2.2 Faktor pengali ( $\alpha$ )

X : 1 berarti tahun 2023

X : 2 berarti tahun 2024

X : 3 berarti tahun 2025

Dan seterusnya

Persamaan pendekatan peramalan beban puncak di gardu induk Skyline adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

Pada tahun 2023 (x : 1), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(1)}$$

$$Y = 16,9449$$

Faktor pengali pada tahun 2023 adalah:

$$a = \frac{16,9449}{16,676}$$

$$a = 1,0161$$

Pada tahun 2024 (x : 2), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(2)}$$

$$Y = 16,676e^{0,032}$$

$$Y = 17,2120$$

Faktor pengali pada tahun 2024 adalah:

$$a = \frac{17,2120}{16,676}$$

$$a = 1,0321$$

Pada tahun 2025 (x : 3), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(3)}$$

$$Y = 16,676e^{0,048}$$

$$Y = 17,4959$$

Faktor pengali pada tahun 2025 adalah:

$$a = \frac{17,4959}{16,676}$$

$$a = 1,0491$$

Pada tahun 2026 (x : 4), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(4)}$$

$$Y = 16,676e^{0,064}$$

$$Y = 17,7781$$

Faktor pengali pada tahun 2026 adalah:

$$a = \frac{17,7781}{16,676}$$

$$a = 1,0660$$

Pada tahun 2027 (x : 5), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(5)}$$

$$Y = 16,676e^{0,08}$$

$$Y = 18,0648$$

Faktor pengali pada tahun 2027 adalah:

$$a = \frac{18,0648}{16,676}$$

$$a = 1,0832$$

Pada tahun 2028 (x : 6), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(6)}$$

$$Y = 16,676e^{0,096}$$

$$Y = 18,3562$$

Faktor pengali pada tahun 2028 adalah:

$$a = \frac{18,3562}{16,676}$$

$$a = 1,1007$$

Pada tahun 2029 (x : 7), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(7)}$$

$$Y = 16,676e^{0,112}$$

$$Y = 18,6523$$

Faktor pengali pada tahun 2029 adalah:

$$a = \frac{18,6523}{16,676}$$

$$a = 1,1185$$

Pada tahun 2030 (x : 8), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(8)}$$

$$Y = 16,676e^{0,128}$$

$$Y = 18,9531$$

Faktor pengali pada tahun 2030 adalah:

$$a = \frac{18,9531}{16,676}$$

$$a = 1,1365$$

Pada tahun 2031 (x : 9), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(9)}$$

$$Y = 16,676e^{0,144}$$

$$Y = 19,2588$$

Faktor pengali pada tahun 2031 adalah:

$$a = \frac{19,2588}{16,676}$$

$$a = 1,1548$$

Pada tahun 2032 (x : 10), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(10)}$$

$$Y = 16,676e^{0,16}$$

$$Y = 19,5694$$

Faktor pengali pada tahun 2032 adalah:

$$a = \frac{19,5694}{16,676}$$

$$a = 1,1735$$

Pada tahun 2033 (x : 11), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(11)}$$

$$Y = 16,676e^{0,176}$$

$$Y = 19,8850$$

Faktor pengali pada tahun 2033 adalah:

$$a = \frac{19,8850}{16,676}$$

$$a = 1,1924$$

Pada tahun 2034 (x : 12 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(12)}$$

$$Y = 16,676e^{0,192}$$

$$Y = 20,2058$$

Faktor pengali pada tahun 2034 adalah:

$$a = \frac{20,2058}{16,676}$$

$$a = 1,2116$$

Pada tahun 2035 (x : 13 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(13)}$$

$$Y = 16,676e^{0,208}$$

$$Y = 20,5317$$

Faktor pengali pada tahun 2035 adalah:

$$a = \frac{20,5317}{16,676}$$

$$a = 1,2312$$

Pada tahun 2036 (x : 14 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(14)}$$

$$Y = 16,676e^{0,224}$$

$$Y = 20,8628$$

Faktor pengali pada tahun 2036 adalah:

$$a = \frac{20,8628}{16,676}$$

$$a = 1,2510$$

Pada tahun 2037 (x : 15 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(15)}$$

$$Y = 16,676e^{0,24}$$

$$Y = 21,1993$$

Faktor pengali pada tahun 2037 adalah:

$$a = \frac{21,1993}{16,676}$$

$$a = 1,2712$$

Pada tahun 2038 (x : 16 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(16)}$$

$$Y = 16,676e^{0,256}$$

$$Y = 21,5412$$

Faktor pengali pada tahun 2038 adalah:

$$a = \frac{21,5412}{16,676}$$

$$a = 1,2917$$

Pada tahun 2039 (x : 17 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(17)}$$

$$Y = 16,676e^{0,272}$$

$$Y = 21,8887$$

Faktor pengali pada tahun 2039 adalah:

$$a = \frac{21,8887}{16,676}$$

$$a = 1,3125$$

Pada tahun 2040 (x : 18 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(18)}$$

$$Y = 16,676e^{0,288}$$

$$Y = 22,2417$$

Faktor pengali pada tahun 2040 adalah:

$$a = \frac{22,2417}{16,676}$$

$$a = 1,3337$$

Pada tahun 2041 (x : 19 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(19)}$$

$$Y = 16,676e^{0,304}$$

$$Y = 22,6004$$

Faktor pengali pada tahun 2041 adalah:

$$a = \frac{22,6004}{16,676}$$

$$a = 1,3552$$

Pada tahun 2042 (x : 20 ), harga persamaannya adalah:

$$Y = 16,676e^{0,016x}$$

$$Y = 16,676e^{0,016.(20)}$$

$$Y = 16,676e^{0,32}$$

$$Y = 22,9649$$

Faktor pengali pada tahun 2042 adalah:

$$a = \frac{22,9649}{16,676}$$

$$a = 1,3771$$

Hasil perhitungan harga persamaan dimasukkan kedalam tabel dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Hasil perhitungan harga persamaan dan faktor pengali ( $\alpha$ )

Tahun ke	Tahun	Harga persamaan	$\alpha$
1	2023	16,9449	1,0161
2	2024	17,2120	1,0321
3	2025	17,4959	1,0491
4	2026	17,7781	1,0660
5	2027	18,0648	1,0832
6	2028	18,3562	1,1007
7	2029	18,6523	1,1185
8	2030	18,9531	1,1365
9	2031	19,2588	1,1548
10	2032	19,5694	1,1735
11	2033	19,8850	1,1924
12	2034	20,2058	1,2116
13	2035	20,5317	1,2312
14	2036	20,8628	1,2510
15	2037	21,1993	1,2712
16	2038	21,5412	1,2917
17	2039	21,8887	1,3125
18	2040	22,2417	1,3337
19	2041	22,6004	1,3552
20	2042	22,9649	1,3771

Keterangan

$\alpha$  : faktor pengali (pertumbuhan beban)

### Peramalan beban rata-rata transformator pada GI Skyline

Peramalan pemakaian beban untuk tahun ke t ( $S(t)$ ) dapat dihitung, dengan beban dasar ( $S_0$ ) 21,559 MVA dan Faktor pengali ( $F_p$ ), kapasitas transformator gardu induk Skyline adalah 60 MVA.

Peramalan beban transformator GI Skyline tahun 2023:

$$S(t) = (S_0) \times \text{Faktor pengali } (\alpha)$$

$$S_{(2023)} = 21,559 \times 1,0161$$

$$S_{(2023)} = 21,9061 \text{ MVA}$$

$$\% \text{pembebanan} = \frac{21,9061}{60} \times 100\% = 36,510\%$$

Hasil perhitungan peramalan beban transformator pada gardu induk Skyline dapat dilihat pada tabel 10

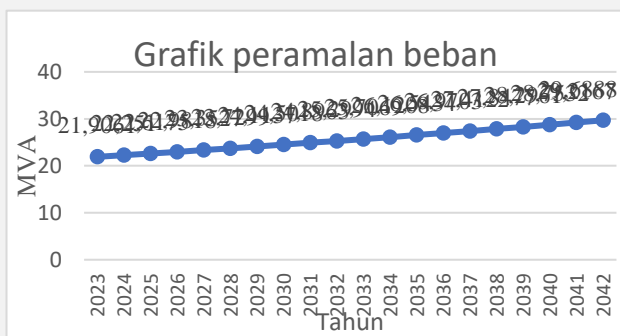
Tabel 10 Hasil perhitungan peramalan beban

Tahun ke	Tahun	MVA(st)
1	2023	21,9061

Tahun ke	Tahun	MVA(st)
2	2024	22,251
3	2025	22,6175
4	2026	22,9818
5	2027	23,3527
6	2028	23,7299
7	2029	24,1137
8	2030	24,5018
9	2031	24,8963
10	2032	25,2994
11	2033	25,7069
12	2034	26,1208
13	2035	26,5434
14	2036	26,9703
15	2037	27,4122
16	2038	27,8477
17	2039	28,2961
18	2040	28,7532
19	2041	29,2167
20	2042	29,6888

Keterangan :

$S_t$  : Pemakaian Beban Tahun ke t (yang diramalkan)



Gambar 2 Grafik Peramalan beban pada gardu induk Skyline

Grafik pada gambar 2 terlihat bahwa pada tahun 2023 sampai 2042 beban puncak rata-rata semakin tahun meningkat, di karenakan banyaknya penggunaan listrik dan banyaknya pembangunan, sehingga tiap tahun beban akan semakin meningkat.

Tabel 11 Hasil perhitungan pembebanan transformator GI Skyline

Tahun ke	Tahun	%Pembebanan
1	2023	36,510
2	2024	37,085
3	2025	37,695
4	2026	38,303
5	2027	38,921

Tahun ke	Tahun	%Pembebanan
6	2028	39,549
7	2029	40,189
8	2030	40,836
9	2031	41,493
10	2032	42,165
11	2033	42,844
12	2034	43,534
13	2035	44,239
14	2036	44,950
15	2037	45,687
16	2038	46,412
17	2039	47,160
18	2040	47,922
19	2041	48,694
20	2042	49,481

### Evaluasi kapasitas transformator berdasarkan perkiraan peramalan Beban

Berdasarkan peramalan beban rata-rata pada transformator gardu induk Skyline dapat dievaluasi kelayakan kapasitas transformator tersebut dalam melayani kebutuhan beban tenaga listrik. Kapasitas transformator pada gardu induk Skyline adalah sebesar 60 MVA sedangkan untuk standar toleransi kelayakan kapasitas transformator gardu induk Skyline adalah sebesar 85 % dari total kapasitas terpasang yaitu sebesar 51 MVA. Berdasarkan peramalan beban rata-rata transformator pada tahun 2023 sampai dengan 2042 masih layak atau mampu melayani kebutuhan beban berdasarkan dari standar toleransi kelayakannya.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dari hasil dan pembahasan, maka dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Dari hasil perhitungan beban puncak rata-rata pada tahun 2017 sebesar,20,458 MVA, pada tahun 2018 sebesar 21,162 MVA, pada tahun 2019 sebesar 27,376 MVA, pada tahun 2020 sebesar 25,661 MVA, pada tahun 2021 sebesar 23,676 MVA, pada tahun 2022 sebesar 21,559. Beban puncak rata-rata pada tahun 2020 sampai 2022 mengalami penurunan penggunaan listrik di karenakan masa pandemi, sehingga penggunaan listrik tidak terlalu meningkat.
- Dari Hasil perhitungan peramalan beban untuk 20 tahun ke depan yaitu dari 2023

sebesar,21,9061 MVA, pada tahun 2024 sebesar,22,251 MVA, pada tahun 2025 sebesar,22,6175 MVA, pada tahun 2026 sebesar,22,9818 MVA, pada tahun 2027 sebesar,23,3527 MVA , pada tahun 2028 sebesar,23,7299 MVA, pada tahun 2029 sebesar, 24,1137 MVA, pada tahun 2030 sebesar,24,5018 MVA, pada tahun 2031 sebesar,24,8963 MVA, pada tahun 2032 sebesar, 25,2994 MVA, pada tahun 2033 sebesar,25,7029 MVA, pada tahun 2034 sebesar, 26,1208 MVA, pada tahun 2035 sebesar,26,5434 MVA, pada tahun 2036 sebesar, 26,9703 MVA, pada tahun 2037 sebesar,27,4122, pada tahun 2038 sebesar 27,8477 MVA, pada tahun 2039 sebesar 28,2961 MVA, pada tahun 2040 sebesar 28,7532 MVA, pada tahun 2041 sebesar 29,2167 MVA, pada tahun 2042 sebesar 29,6888 MVA. Berdasarkan peramalan beban rata-rata transformator gardu induk Skyline tahun 2023 sampai 2042 transformator masih layak digunakan sesuai dengan kapasitas toleransinya sebesar 85% dari total kapasitas yang terpasang yaitu sebesar 60 MVA

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Kadir, Ir. 1988, *Transmisi Tenaga Listrik*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [2] Abdul Kadir, Ir. 1979, *Transformator*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [3] Ardiyansyah ,Dian Yayan Sukma, Firdaus, Studi Prakiraan Beban Listrik Pada Wilayah PLN Kota Pekanbaru dengan Metode Mikro Spasial.
- [4] Anto Dajan, 1986, *Pengantar Metoda Statistik Jilid 1*, LP3ES, Jakarta.
- [5] A.S. Pabla, Ir. Abdul hadi, 1992. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Erlangga, Jakarta Indonesia.
- [6] Bayu Jati Prabowo, 2019, Analisis Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Rayon Wonogiri Menggunakan Metode DKL 3.2, Naskah Publikasi Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [7] Billy Sangkek, Analisa Peramalan Beban Untuk Evaluasi Kapasitas Trafo Tenaga gardu induk wirobrajan
- [8] Muhammad Hasan Basri Paleba, 2017, Analisis Peramalan Beban Transformator Tenaga Dengan Metode Regresi Linear Berganda Di Gardu Induk Bandar Sribhawono Lampung Timur, Tugas Akhir, Universitas
- [9] Muhammadiyah Yogyakarta Muhammad Suyanto, Ridwan Setyowibowo, Prasetyono Eko Pambudi, 2018, Evaluasi Kemampuan Transformator Daya Pada Gardu Induk 150 kV Wates, Jurnal Teknologi Technoscientia, Vol. 10 No. 2 Februari 2018, ISSN: 1979-8415
- [10] Naufal Zikry Fadhilah (2018), Analisis Pembebanan Transformator Berdasarkan Pertumbuhan Beban di Gardu Induk 150 kV Mrica Banjarnegara”.
- [11] Syarif M. Bahtiar, 2016, Peramalan Beban Dengan Menggunakan Metode Time Series Untuk Kebutuhan Tenaga Listrik Di Gardu Induk Sungai Raya, Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Vol. 2, No. 1, 2016.
- [12] Pamungkas, Ir. 2005, *Trik Pemrograman Microsoft Excel*, PT. Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta.
- [13] Pujiono, Prastyono Eko Pambudi, Mujiman, 2016, Analisis Pembebanan Terhadap Usia Pakai Transformator Tenaga Di Gardu Induk 150 kV, Jurnal Elektrikal, Volume 3 No. 1, Juni 2016, 11-20.
- [14] Sesa, S., Suyono, H., & Khasanah, N. R. (2014). Peramalan Beban Listrik Jangka Menengah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem Kelistrikan Kota Ambon. Journal Articiel, 19-25.
- [15] Sitisyarah, Bab II pengertian dan jenis gardu induk, bptppolban-gdl-sitisyarah-10742-3-bab 2.
- [16] Sudjana, Prof. Dr. MA. MSc, 1996, *Metoda Statistika*, Edisi ke 5, Penerbit Tarsito Bandung.
- [17] Syafriyudin, 2011, “ Perhitungan Lama Waktu Transformator Jaringan Distribusi 20 KV di APJ. Yogyakarta, Jurnal Teknologi, Vol. 4 No. 1, Juni 2011, hal 88 – 95.