

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 DATA PENELITIAN

Data yang digunakan untuk menganalisis kemampuan transformator Gardu Induk 150 KV Klaten dalam 20 tahun yang akan datang adalah data pemakaian energi listrik tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 pada transformator I yang memiliki kapasitas 30 MVA dan data pemakaian energi listrik tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 pada transformator II dengan kapasitas 30 MVA. Kemudian data lain yang dibutuhkan adalah data kependudukan dan PDRB Kabupaten Klaten.

4.2 ANALISA DATA PENELITIAN

Dalam melakukan analisa dari penelitian ini langkah awal yang dilakukan adalah dengan menganalisis beban puncak tertinggi di Gardu Induk 150 KV Klaten, menganalisa dan mengansumsikan pertumbuhan penduduk dan PDRB, menghitung pemakaian beban dalam MVA pada transformator, membuat persamaan pendekatan metode regresi linier berganda, kemudian meramalkan pembebanan untuk mengetahui batas kemampuan transformator. Persamaan regresi linier ganda yaitu :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Dengan :

Y = Variabel tak bebas

a = Konstanta

b_1, b_2 = koefisien regresi

X_1, X_2 = Variabel bebas

Dari penelitian yang dilakukan di Gardu Induk 150 KV Klaten. Maka didapatkan data yang dibutuhkan untuk peramalan beban yaitu data beban puncak Gardu Induk 150 KV Klaten.

4.2.1 Data Transformator I Gardu Induk 150 KV Klaten

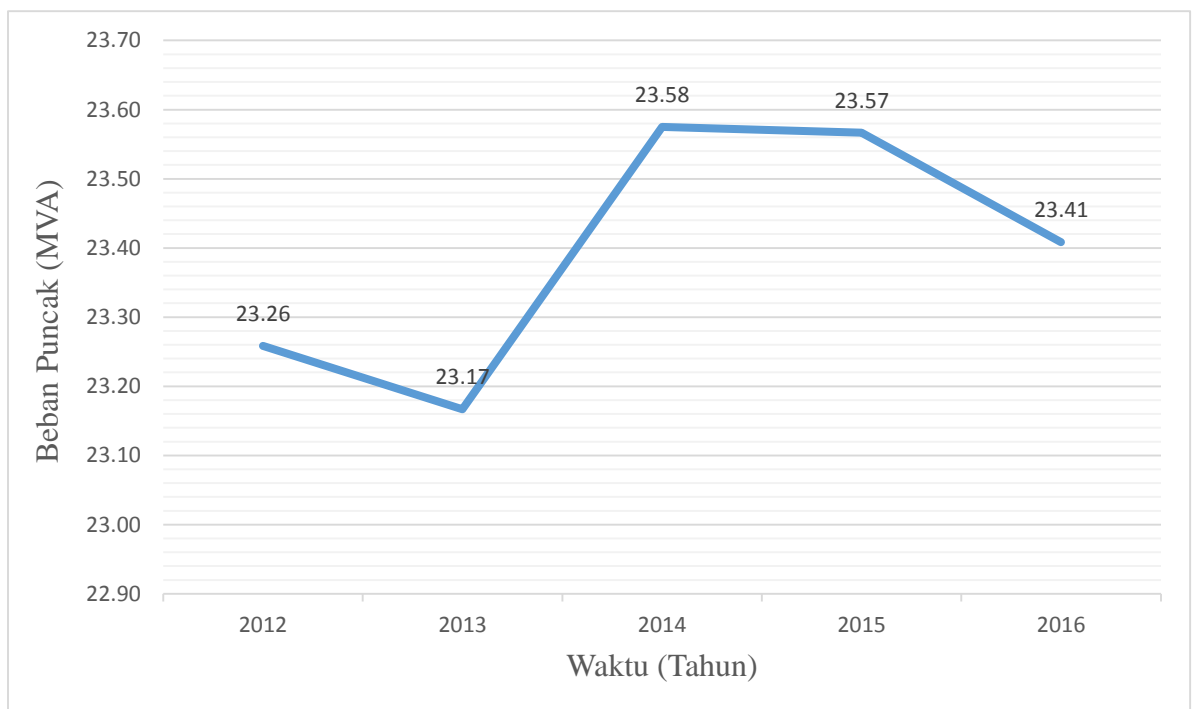
Spesifikasi Transformator I Gardu Induk 150 KV Klaten adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Trafo I

Peralatan	Trafo I 30 MVA
Terpasang	GI Klaten
Merk	ABB
Type	SDOR 30000/170
No Seri	12135225
Tegangan primer/sekunder (KV)	150/20 kV
Kapasitas (A)	115/866 A
Tahun Buat	1994
Tahun Operasi	1995

Tabel 4.2 Data Beban Trafo I

BULAN	2012	2013	2014	2015	2016
JANUARI	23.4	23.6	23	22.9	22.3
FEBUARI	23.6	23.3	21.7	22.9	22.7
MARET	23.2	23.5	22.1	23.8	24.5
APRIL	24.4	22.6	24.3	23.9	23.9
MEI	23.3	23.3	24.3	23.2	24
JUNI	23.6	22.3	22.9	23.4	23.7
JULI	23.2	22.6	22.3	23.2	23.8
AGUSTUS	22.2	22.4	24.1	23.2	23.4
SEPTEMBER	22.9	23	24.4	24.1	23.6
OKTOBER	22.3	24	24.9	24	23.5
NOVEMBER	23.5	23.5	24.9	25.4	23.2
DESEMBER	23.5	23.9	24	22.8	22.3
TOTAL	279.1	278	282.9	282.8	280.9
RATA-RATA	23.26	23.17	23.58	23.57	23.41



Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Beban Trafo I 2012 – 2016

4.2.2 Data Transformator II Gardu Induk 150 KV Klaten

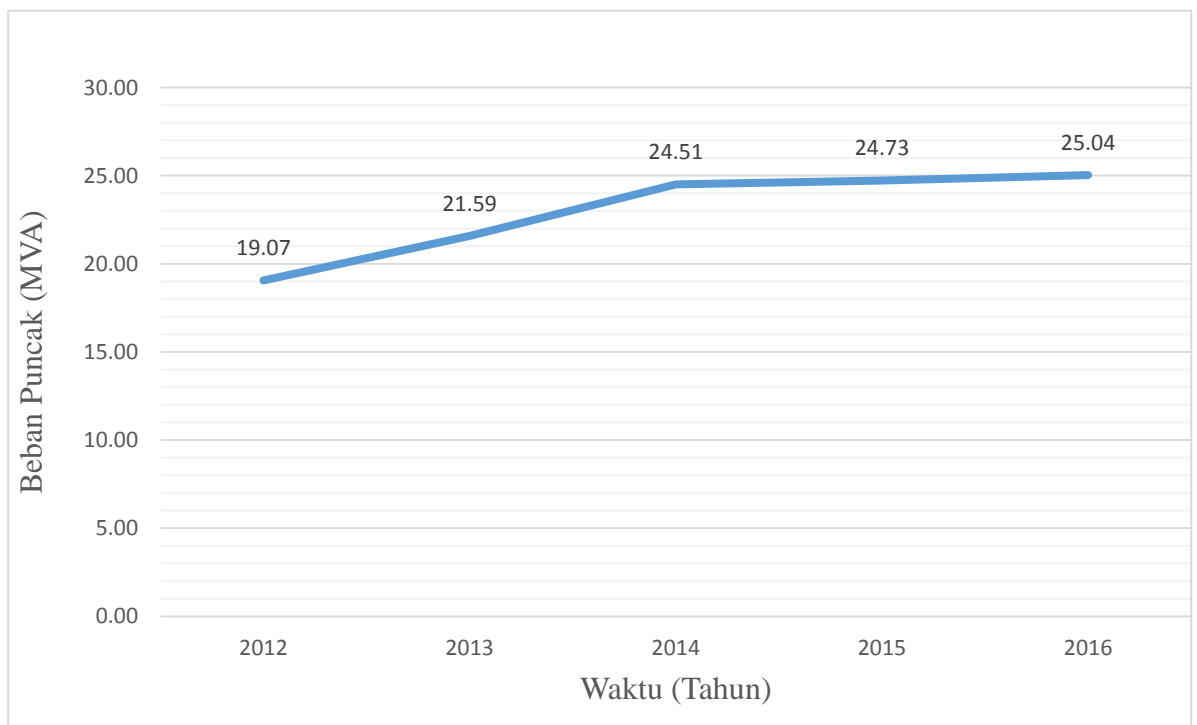
Spesifikasi Transformator II Gardu Induk 150 KV Klaten adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Spesifikasi Trafo II

Peralatan	Trafo II 30 MVA
Terpasang	GI Klaten
Merk	PAUWELS
Type	ORF
No Seri	99P0050
Tegangan primer/sekunder (KV)	150/20 kV
Kapasitas (A)	115/866 A
Tahun Buat	2000
Tahun Operasi	2002

Tabel 4.4 Data Beban Trafo II

BULAN	2012	2013	2014	2015	2016
JANUARI	20.9	16.7	23.6	23.4	25.3
FEBUARI	21.1	20.6	23.5	23.7	24.7
MARET	19.4	22.2	25.3	25.2	24.5
APRIL	21.4	21.5	24	24.5	25.2
MEI	19.9	21.6	24.6	24.7	24.2
JUNI	16.5	21	25.2	24.2	24.1
JULI	20.9	21.5	24.4	25.4	23.8
AGUSTUS	16.6	21.8	23.8	24.9	24.2
SEBTEMBER	16.5	22.2	26.8	25	24.8
OKTOBER	19.6	23.3	24.5	24.8	35
NOVEMBER	18	22.9	24.5	25.6	25.5
DESEMBER	18	23.8	23.9	25.3	19.2
TOTAL	228.8	259.1	294.1	296.7	300.5
RATA-RATA	19.07	21.59	24.51	24.73	25.04



Gambar 4.2 Grafik pertumbuhan beban trafo II 2012-2016

4.2.3 Presentase Beban Trafo

Untuk mengetahui presentase pembebanan trafo maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{S_t}{\text{Kapasitas transformator}} \times 100 \%$$

Keterangan :

S_t : pemakaian beban pada bulan t

Kapasitas transformator : Kapasitas trafo (data)

4.2.4 Batas Optimal Beban Trafo

Dalam pembebanan sebuah trafo, perlu diperhatikan batas optimal pembebanan trafo yaitu sebesar 60-80%. Berdasarkan SPT PLN no 50 tahun 1997, klasifikasi pembebanan trafo adalah sebagai berikut :

0 – 60 % = Beban Ringan

60 – 80 % = Beban Optimal

>80 % = Beban Berat

4.2.5 Data Penduduk dan PDRB Kabupaten Klaten

Untuk melakukan peramalan beban trafo di Gardu Induk 150 KV Klaten 20 tahun yang akan datang, dibutuhkan data jumlah penduduk dan pertumbuhan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) yang bersumber dari data Badan Pusat Statistik kabupaten Klaten yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.5 Jumlah Penduduk dan PDRB Kab. Klaten

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa) DALAM RIBU	PDRB DALAM JUTA
2012	1106	21351
2013	1148	23608
2014	1154	26103
2015	1197	28863
2016	1241	31913

Keterangan : Berdasarkan data dan info yang saya dapat dari BPS Klaten, bahwa PDRB Kabupaten Klaten setiap tahunnya meningkat 10.57% (berdasarkan data statistik Produk Domestik Regional Bruto BPS kabupaten Klaten 2012-2013) dan pertumbuhan penduduk kabupaten Klaten setiap tahun meningkat 3.69% (berdasarkan data statistik kependudukan BPS kabupaten Klaten 2012-2013)

4.2.6 Perhitungan Pertumbuhan PDRB Tahun n?

Untuk mencari perkiraan PDRB pada tahun selanjutnya atau tahun n, dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{PDRB tahun } n = (\text{PDRB tahun sebelum } n \times 10.57\%) + \text{PDRB tahun sebelum } n$$

1. PDRB tahun 2017

$$\text{PDRB tahun 2017} = (31.913 \times 10,57\%) + 31.913 = 35.287$$

2. PDRB tahun 2018

$$\text{PDRB tahun 2018} = (35.287 \times 10,57\%) + 35.287 = 39.016$$

4.2.7 Perhitungan Perumbuhan Penduduk Tahun n?

Untuk mencari perkiraan penduduk pada tahun selanjutnya atau tahun n, dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Penduduk tahun n = (penduduk tahun sebelum n X 3.69%) + penduduk tahun sebelum n

1. Penduduk tahun 2017

$$\text{Penduduk tahun 2017} = (1.241 \times 3,69\%) + 1.241 = 1.287$$

2. Penduduk tahun 2018

$$\text{Penduduk tahun 2018} = (1.287 \times 3,69\%) + 1.287 = 1.334$$

Setelah melakukan perhitungan jumlah penduduk dan PDRB untuk 20 tahun yang akan datang, maka diperoleh data keseluruhan sebagai berikut :

Tabel 4.6 Prediksi Jumlah Penduduk dan PDRB Kab. Klaten.

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa) DALAM RIBU	PDRB DALAM JUTA
2012	1106	21351
2013	1148	23608
2014	1154	26103
2015	1197	28863
2016	1241	31913
2017	1287	35287
2018	1334	39016
2019	1383	43140
2020	1434	47700
2021	1487	52742
2022	1542	58317
2023	1599	64481

2024	1658	71297
2025	1719	78833
2026	1783	87166
2027	1848	96379
2028	1917	106567
2029	1987	117831
2030	2061	130285
2031	2137	144056
2032	2215	159283
2033	2297	176119
2034	2382	194735
2035	2470	215319
2036	2561	238078

Pada Gardu Induk 150 KV Klaten memiliki 2 buah trafo maka ada pembagian jumlah penduduk yang terhubung ke trafo I dan trafo II. Trafo I dibebani 50% dari jumlah penduduk dan PDRB kabupaten Klaten, dan trafo II dibebani 50% dari jumlah penduduk dan PDRB kabupaten Klaten.

4.3 PERAMALAN BEBAN TRAF0

4.3.1 Peramalan Beban pada Trafo I di Gardu Induk 150 KV Klaten

Tabel 4.7 Beban dan Faktor yang Mempengaruhi Trafo I

Tahun	Beban (MVA) Y	Jumlah penduduk (dalam ribuan) X ₁	PDRB (dalam juta) X ₂
2012	23.26	1106	21351
2013	23.17	1148	23608
2014	23.58	1154	26103
2015	23.57	1197	28862
2016	23.41	1241	31913

Dari data diatas terlihat bahwa jumlah penduduk dan PDRB kabupaten Klaten sangat mempengaruhi pertumbuhan beban di Gardu Induk 150 KV Klaten. Sehingga, beban transformator di Gardu Induk 150 KV Klaten setiap tahunnya mengalami pertumbuhan yang diakibatkan oleh naiknya tingkat pertumbuhan penduduk dan meningkatnya PDRB kabupaten Klaten.

Tabel 4.8 Data Perhitungan untuk Persamaan Regresi pada Trafo I

Tahun	(MVA)Y	X ₁	X ₂	X ₁ ²	X ₂ ²	Y ²	X ₁ *X ₂	X ₁ *Y	X ₂ *Y
2012	23.26	1106	21351.24	1306449	455875449.5	541.03	24404467.32	26586.18	496629.84
2013	23.17	1148	23608.07	1317904	543630260.2	536.85	26766630.24	26599.16	540228.94
2014	23.58	1154	26103.48	1331716	681391668.1	556.02	30123415.92	27211.32	615520.06
2015	23.57	1197	28862.62	1431809.9	833050708.3	555.54	34536506.29	28203.45	680291.90
2016	23.41	1241	31913.40	1539427.1	1018464879	548.03	39596115.86	29045.64	747092.61
∑	116.99	5882.32	131546.61	6927305.98	3532412964.97	2737.47	155427135.63	137645.75	3079763.36

Perhitungan persamaan regresi untuk mendapatkan nilai a , b_1 , dan b_2 :

$$\Sigma X_1^2 = \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{n} = 6927305,98 - \frac{(5882,32)^2}{5} = 6970,38$$

$$\Sigma X_2^2 = \Sigma X_2^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{n} = 3532412964,97 - \frac{(131546,61)^2}{5} = 71510614,15$$

$$\Sigma Y^2 = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} = 2737,47 - \frac{(116,99)^2}{5} = 0,13$$

$$\Sigma X_1Y = \Sigma X_1Y - \frac{\Sigma X_1 x \Sigma Y}{n} = 137645,75 - \frac{5882,32 x 116,99}{5} = 11,25$$

$$\Sigma X_2Y = \Sigma X_2Y - \frac{\Sigma X_2 x \Sigma Y}{n} = 3079763,36 - \frac{131546,61 x 116,99}{5} = 1835,67$$

$$\Sigma X_1X_2 = \Sigma X_1X_2 - \frac{\Sigma X_1 x \Sigma X_2}{n} = 155427135,63 - \frac{5882,32 x 131546,61}{5} = 667303,23$$

Diperolehlah persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{[(\Sigma X_2^2 x \Sigma X_1Y) - (\Sigma X_2Y x \Sigma X_1X_2)]}{[(\Sigma X_1^2 x \Sigma X_2^2) - (\Sigma X_1X_2)^2]} \\ &= \frac{[(71510614,15 x 11,25) - (1835,67 x 667303,23)]}{[(6970,38 x 71510614,15) - (667303,23)^2]} \\ &= \frac{[(804565919,8) - (1224950273)]}{[(4,984561547 x 10^{11}) - (4,452936008 x 10^{11})]} \\ &= \frac{-420384353,2}{5,31625539 x 10^{10}} \\ &= -0,0079 \end{aligned}$$

$$b_2 = \frac{[(\Sigma X_1^2 x \Sigma X_2Y) - (\Sigma X_1Y x \Sigma X_1X_2)]}{[(\Sigma X_1^2 x \Sigma X_2^2) - (\Sigma X_1X_2)^2]}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{[(6970,38 \times 1835,6726) - (11,251 \times 667303,23)]}{[(6970,38 \times 715106141,15) - (667303,23)^2]} \\
&= \frac{[(12796335,76) - (7507828,641)]}{[(4,98456157 \times 10^{11}) - (4,452936008 \times 10^{11})]} \\
&= \frac{5287507,119}{5,31625539 \times 10^{10}} \\
&= -0,00009945 \\
a &= \frac{(\Sigma Y) - (b_1 \times \Sigma X_1) - (b_2 \times \Sigma X_2)}{n} \\
&= \frac{(116,99) - (-0,0079 \times 5882,32) - (-0,00009945 \times 131546,61)}{5} \\
&= \frac{(116,99) - (-46,47) - (-13,08)}{5} \\
&= 30,076
\end{aligned}$$

Setelah hasil didapat dari perhitungan persamaan regresi dan mendapatkan nilai a, b1, dan b2 langkah selanjutnya adalah menghitung beban trafo gardu induk 150 KV Klaten untuk 20 tahun yang akan datang.

Berdasarkan model regresi linier berganda persamaan untuk peramalan beban trafo ditahun x yaitu :

$$Y = a + (b_1 \times X_1) + (b_2 \times X_2)$$

Dengan hasil :

$$a = 30,076$$

$$b_1 = -0,0079$$

$$b_2 = -0,00009945$$

Sehingga rumus untuk mencari beban tahun yang akan datang x menjadi :

$$\text{Beban tahun } x = 30,076 + (0.1631862991 \times \text{jumlah penduduk tahun } x) + (-0,00009945 \times \text{PDRB tahun } x)$$

1. Beban tahun 2017

$$\begin{aligned} \text{Beban tahun 2017} &= 30,076 + (-0,0079 \times 1287) + (-0,00009945 \times 35287) \\ &= 23,421751 \end{aligned}$$

2. Beban tahun 2018

$$\begin{aligned} \text{Beban tahun 2018} &= 30,076 + (-0,0079 \times 1334) + (-0,00009945 \times 39016) \\ &= 23,417646 \end{aligned}$$

3. Beban tahun 2019

$$\begin{aligned} \text{Beban tahun 2019} &= 30,076 + (-0,0079 \times 1383) + (-0,00009945 \times 43140) \\ &= 23,43890 \end{aligned}$$

Presentase pembebanan trafo untuk menghitung presentase pembebanan trafo digunakanlah rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{S_x}{K_{transformator}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Pembebanan tahun 2017} &= \frac{23,42}{30 \text{ MVA}} \times 100\% \\ &= 78\% \end{aligned}$$

Hasil keseluruhan dari perhitungan peramalan beban dan perhitungan presentase beban trafo I gardu induk 150 kv Klaten dapat dilihat di tabel 4.9

Evaluasi toleransi transformator berdasarkan SPLN no 50 tahun 1997 untuk standar optimal pembebanan trafo sebesar 60% - 80%, maka batas optimal pembebanan transformator I gardu induk 150 kv Klaten 24 MVA.

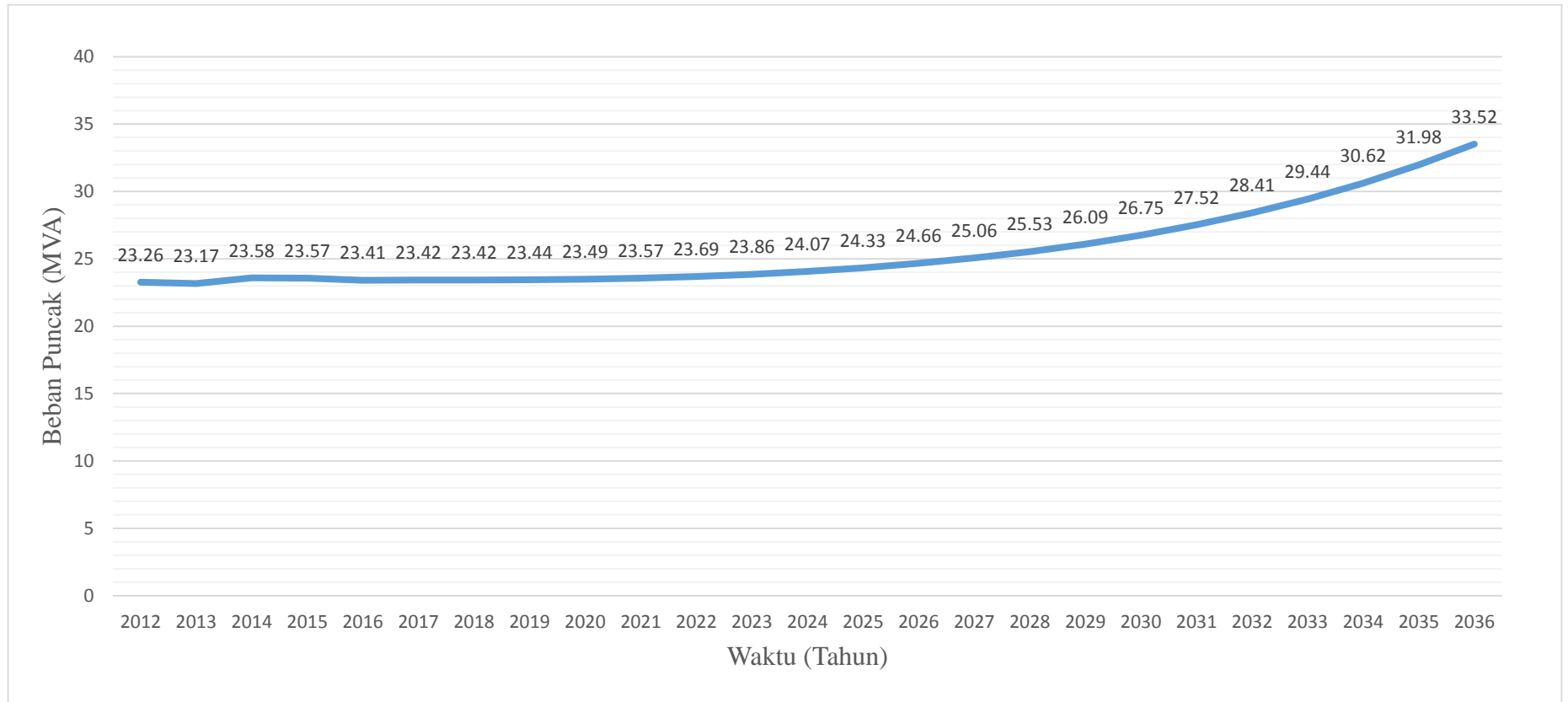
Pada tahun 2012 sampai tahun 2024 beban trafo masih dalam batas beban optimal trafo, dengan puncak batas optimal ditahun 2024 sebesar 24.07 MVA (80%). Setelah memasuki tahun 2025 hingga tahun 2033 trafo sudah mengalami beban berat, dengan beban sebesar 29.44 MVA (98%). Pada tahun 2034 hingga 2036 beban trafo telah melebihi kapasitas trafo. Sehingga pada tahun 2034 sudah harus mengganti trafo dengan kapasitas yang lebih besar. solusi yang lain adalah dengan menambah trafo baru di Gardu Induk 150 KV Klaten.

Ketika beban mencapai batas maksimal dan melebihi kapasitas trafo maka perencanaan penambahan transformator harus segera dilakukan karena sifat beban yang tumbuh akan semakin tinggi dengan adanya pertumbuhan penduduk dan juga PDRB kabupaten Klaten. Sehingga perlu adanya langkah pengawasan yang intens terhadap pertumbuhan beban trafo agar trafo tetap bekerja secara maksimal.

Karakteristik beban yang tumbuh dapat berubah apabila faktor yang mempengaruhi beban yaitu jumlah penduduk ataupun PDRB menurun drastis sehingga penurunan beban terjadi dengan jumlah yang signifikan.

Tabel 4.9 Hasil Peramalan dengan Metode Regresi pada Trafo I

Tahun	Beban (Y) (MVA)	Penduduk (X1) (Dalam Ribuan)	PDRB (X2) (Dalam Juta)	Pembebanan	Evaluasi Toleransi
2012	23.26	1106	21351	78%	Beban Optimal
2013	23.17	1148	23608	77%	Beban Optimal
2014	23.58	1154	26103	79%	Beban Optimal
2015	23.57	1197	28863	79%	Beban Optimal
2016	23.41	1241	31913	78%	Beban Optimal
2017	23.42	1287	35287	78%	Beban Optimal
2018	23.42	1334	39016	78%	Beban Optimal
2019	23.44	1383	43140	78%	Beban Optimal
2020	23.49	1434	47700	78%	Beban Optimal
2021	23.57	1487	52742	79%	Beban Optimal
2022	23.69	1542	58317	79%	Beban Optimal
2023	23.86	1599	64481	80%	Beban Optimal
2024	24.07	1658	71297	80%	Beban Optimal
2025	24.33	1719	78833	81%	Beban Berat
2026	24.66	1783	87166	82%	Beban Berat
2027	25.06	1848	96379	84%	Beban Berat
2028	25.53	1917	106567	85%	Beban Berat
2029	26.09	1987	117831	87%	Beban Berat
2030	26.75	2061	130285	89%	Beban Berat
2031	27.52	2137	144056	92%	Beban Berat
2032	28.41	2215	159283	95%	Beban Berat
2033	29.44	2297	176119	98%	Beban Berat
2034	30.62	2382	194735	102%	Overload
2035	31.98	2470	215319	107%	Overload
2036	33.52	2561	238078	112%	Overload

Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban Trafo I Gardu Induk 150 KV Klaten

Gambar 4.2 Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban Trafo I

4.3.2 Peramalan Beban pada Trafo II di Gardu Induk 150 KV Klaten

Tabel 4.10 Beban dan Faktor yang Mempengaruhi Trafo II

Tahun	Beban (MVA) Y	Jumlah penduduk (dalam ribuan) X ₁	PDRB (dalam juta) X ₂
2012	19.07	1106	21351
2013	21.59	1148	23608
2014	24.51	1154	26103
2015	24.73	1197	28862
2016	25.04	1241	31913

Dari data diatas terlihat bahwa jumlah penduduk dan PDRB kabupaten Klaten sangat mempengaruhi pertumbuhan beban di Gardu Induk 150 KV Klaten. Sehingga, beban transformator di Gardu Induk 150 KV Klaten setiap tahunnya mengalami pertumbuhan yang diakibatkan oleh naiknya tingkat pertumbuhan penduduk dan meningkatnya PDRB Klaten.

Tabel 4.11 Data Perhitungan untuk Persamaan Regresi pada Trafo II

Tahun	(MVA)Y	X1	X2	X_1^2	X22	Y2	X1*X2	X1*Y	X2*Y
2012	19.07	1106	21351	1306449	455875449.5	363.66	24404467.32	21797.01	407168.15
2013	21.59	1148	23608	1317904	543630260.2	466.13	26766630.24	24785.32	503389.85
2014	24.51	1154	26103	1331716	681391668.1	600.74	30123415.92	28284.54	639796.29
2015	24.73	1197	28863	1431809.919	833050708.3	611.57	34536506.29	29591.49	713772.54
2016	25.04	1241	31913	1539427.057	1018464879	627.00	39596115.86	31068.04	799111.45
Σ	114.94	5882.319	131546.61	6927305.976	3532412964.97	2669.11	155427135.63	135526.40	3063238.28

Perhitungan persamaan regresi untuk mendapatkan nilai a, b₁, dan b₂ :

$$\Sigma X_1^2 = \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{n} = 6927305,98 - \frac{(5882,32)^2}{5} = 6970,38$$

$$\Sigma X_2^2 = \Sigma X_2^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{n} = 3532412964,97 - \frac{(131546,61)^2}{5} = 71510614,15$$

$$\Sigma Y^2 = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} = 2669,11 - \frac{(5882,319)^2}{5} = 26,86$$

$$\Sigma X_1Y = \Sigma X_1Y - \frac{\Sigma X_1x \Sigma Y}{n} = 135526,40 - \frac{5882,32 x 114,94}{5} = 303,64$$

$$\Sigma X_2Y = \Sigma X_2Y - \frac{\Sigma X_2x \Sigma Y}{n} = 3063238,28 - \frac{131546,61 x 114,94}{5} = 39244,70$$

$$\Sigma X_1X_2 = \Sigma X_1X_2 - \frac{\Sigma X_1x \Sigma X_2}{n} = 155427135,63 - \frac{5882,32 x 131546,61}{5} = 667303,23$$

Diperolehlah persamaan sebagai berikut :

$$b_1 = \frac{[(\Sigma X_2^2 x \Sigma X_1Y) - (\Sigma X_2Y x \Sigma X_1X_2)]}{[(\Sigma X_1^2 x \Sigma X_2^2) - (\Sigma X_1X_2)^2]}$$

$$= \frac{[(71510614,15 x 303,648183) - (39244 x 667303,23)]}{[(6970,38 x 715110614,15) - (667303,23)^2]}$$

$$= \frac{[(2,171406805 x 10^{10}) - (2,618812042 x 10^{10})]}{[(4,984561547 x 10^{11}) - (4,452936008 x 10^{11})]}$$

$$= \frac{-4474052368}{5,31625539 x 10^{10}}$$

$$= -0,084157747$$

$$b_2 = \frac{[(\Sigma X_1^2 x \Sigma X_2Y) - (\Sigma X_1Y x \Sigma X_1X_2)]}{[(\Sigma X_1^2 x \Sigma X_2^2) - (\Sigma X_1X_2)^2]}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{[(6970,38 \times 39244,70797) - (303,648183 \times 667303,23)]}{[(6970,38 \times 715106141,15) - (667303,23)^2]} \\
&= \frac{[(273550603,9) - (202625413,5)]}{[(4,98456157 \times 10^{11}) - (4,452936008 \times 10^{11})]} \\
&= \frac{70925190,4}{5,31625539 \times 10^{10}} \\
&= 0,001334116 \\
a &= \frac{(\Sigma Y) - (b_1 \times \Sigma X_1) - (b_2 \times \Sigma X_2)}{n} \\
&= \frac{(114,94) - (-0,0841577 \times 5882,32) - (0,0013341 \times 131546,61)}{5} \\
&= \frac{(114,94) - (-495,042723) - (175,4984246)}{5} \\
&= 86,89685968
\end{aligned}$$

Setelah hasil didapat dari perhitungan persamaan regresi dan mendapatkan nilai a, b1, dan b2 langkah selanjutnya adalah menghitung beban trafo gardu induk 150 KV purbalingga untuk 20 tahun yang akan datang.

Berdasarkan model regresi linier berganda persamaan untuk peramalan beban trafo ditahun x yaitu :

$$Y = a + (b_1 \times X_1) + (b_2 \times X_2)$$

Dengan hasil :

$$a = 86,89685968$$

$$b_1 = -0,084157747$$

$$b_2 = 0,001334116$$

Sehingga rumus untuk mencari beban tahun yang akan datang x menjadi :

$$\text{Beban tahun } x = 86,89685968 + (-0,084157747 \times \text{jumlah penduduk tahun } x) + (-0,001334116 \times \text{PDRB tahun } x)$$

1. Beban tahun 2017

$$\begin{aligned} \text{Beban tahun 2017} &= 86,89685968 + (-0,084157747 \times 1287) + \\ &(0,001334116 \times 35287) = 25,7027368 \end{aligned}$$

2. Beban tahun 2018

$$\begin{aligned} \text{Beban tahun 2018} &= 86,89685968 + (-0,084157747 \times 1334) + \\ &(0,001334116 \times 39016) = 26,68353511 \end{aligned}$$

3. Beban tahun 2019

$$\begin{aligned} \text{Beban tahun 2019} &= 86,89685968 + (-0,084157747 \times 1383) + \\ &(0,001334116 \times 43140) = 28,0428725 \end{aligned}$$

Presentase pembebanan trafo untuk menghitung presentase pembebanan trafo digunakanlah rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{S_x}{K_{transformator}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Pembebanan tahun 2017} &= \frac{25,70}{30 \text{ MVA}} \times 100\% \\ &= 86\% \end{aligned}$$

Hasil keseluruhan dari perhitungan peramalan beban dan perhitungan presentase beban trafo II gardu induk 150 kv Klaten dapat dilihat di tabel 4.12

Untuk lebih jelas mengenai laju beban pertahun berikutnya pada trafo II dibuatlah grafik pertumbuhan beban gambar 4.4 dan berdasarkan hasil perhitungan beban trafo II pada tabel 4.12.

Evaluasi toleransi transformator berdasarkan SPLN no 50 tahun 1997 untuk standar optimal pembebanan trafo sebesar 60% - 80%, maka batas optimal pembebanan transformator I gardu induk 150 kv Klaten 30 MVA adalah sebesar 25 MVA.

Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan 20 tahun yang akan datang pada tabel 4.12 dan grafik pertumbuhan beban trafo II pada gambar 4.4, maka pertumbuhan beban trafo II dapat dijelaskan sebagai berikut :

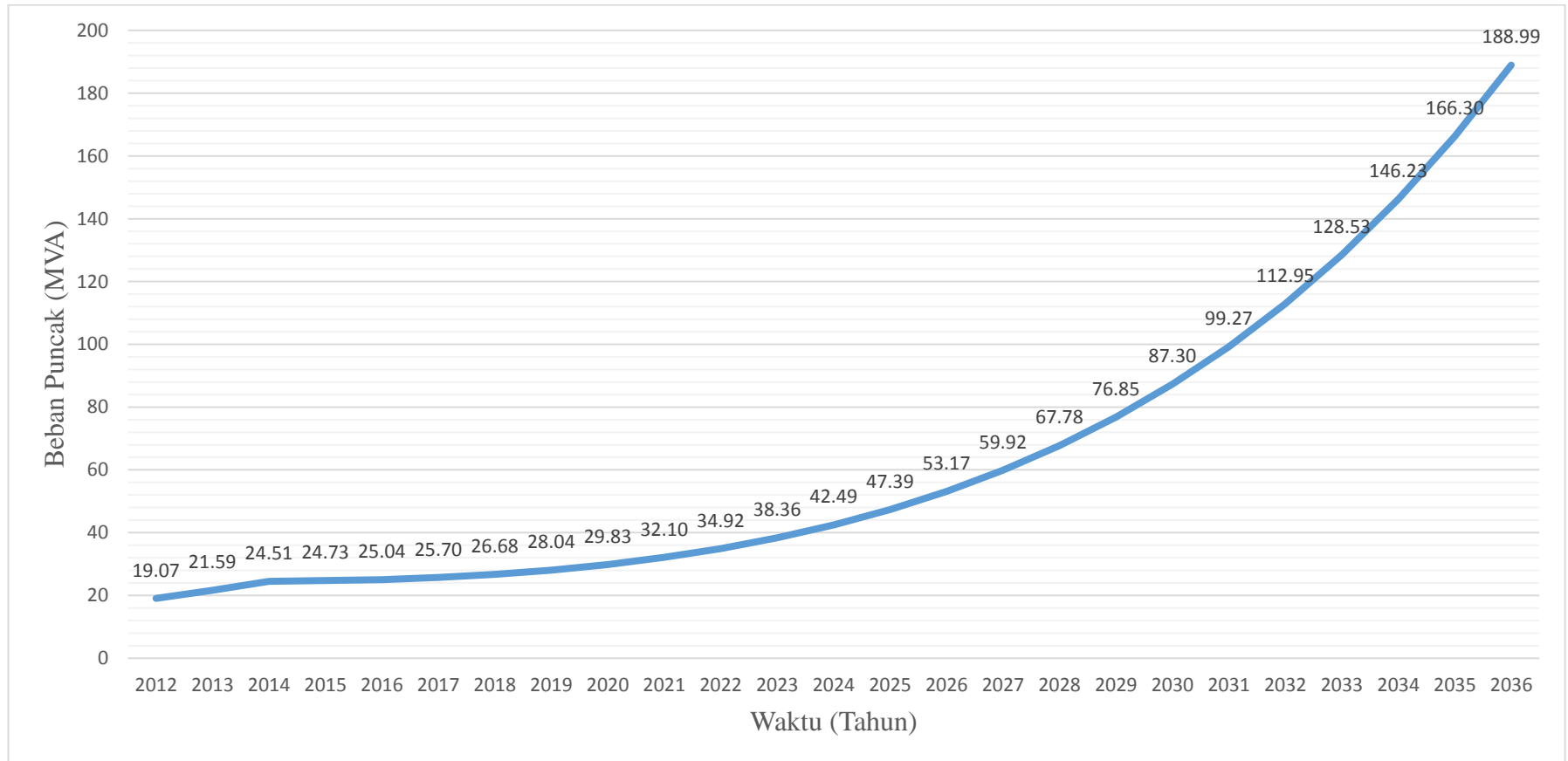
Pada tahun 2012 sampai tahun 2013 beban trafo masih dalam batas beban optimal trafo, dengan puncak batas optimal ditahun 2013 sebesar 21.59 MVA (72%). Setelah memasuki tahun 2014 hingga tahun 2020 trafo sudah mengalami beban berat, dengan beban sebesar 29.83 MVA (99%). Pada tahun 2021 hingga 2036 beban trafo telah melebihi kapasitas trafo. Sehingga pada tahun 2021 sudah harus mengganti trafo dengan kapasitas yang lebih besar atau solusi yang lain adalah dengan menambah trafo baru di Gardu Induk 150 KV Klaten.

Ketika beban mencapai batas maksimal dan melebihi kapasitas trafo maka perencanaan penambahan transformator harus segera dilakukan karena sifat beban yang tumbuh akan semakin tinggi dengan adanya pertumbuhan penduduk dan juga PDRB kabupaten Klaten. Sehingga perlu adanya langkah pengawasan yang intens terhadap pertumbuhan beban trafo agar trafo tetap bekerja secara maksimal.

Karakteristik beban yang tumbuh dapat berubah apabila faktor yang mempengaruhi beban yaitu jumlah penduduk ataupun PDRB menurun drastis sehingga penurunan beban terjadi dengan jumlah yang signifikan.

Tabel 4.12 Hasil Peramalan dengan Metode Regresi pada Trafo II

Tahun	Beban (Y) (MVA)	Penduduk (X1) (Dalam Ribuan)	PDRB (X2) (Dalam Juta)	Pembebanan	Evaluasi Toleransi
2012	19.07	1106	21351	64%	Beban Optimal
2013	21.59	1148	23608	72%	Beban Optimal
2014	24.51	1154	26103	82%	Beban Berat
2015	24.73	1197	28863	82%	Beban Berat
2016	25.04	1241	31913	83%	Beban Berat
2017	25.70	1287	35287	86%	Beban Berat
2018	26.68	1334	39016	89%	Beban Berat
2019	28.04	1383	43140	93%	Beban Berat
2020	29.83	1434	47700	99%	Beban Berat
2021	32.10	1487	52742	107%	Overload
2022	34.92	1542	58317	116%	Overload
2023	38.36	1599	64481	128%	Overload
2024	42.49	1658	71297	142%	Overload
2025	47.39	1719	78833	158%	Overload
2026	53.17	1783	87166	177%	Overload
2027	59.92	1848	96379	200%	Overload
2028	67.78	1917	106567	226%	Overload
2029	76.85	1987	117831	256%	Overload
2030	87.30	2061	130285	291%	Overload
2031	99.27	2137	144056	331%	Overload
2032	112.95	2215	159283	376%	Overload
2033	128.53	2297	176119	428%	Overload
2034	146.23	2382	194735	487%	Overload
2035	166.30	2470	215319	554%	Overload
2036	188.99	2561	238078	630%	Overload

Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban Trafo II Gardu Induk 150 KV Klaten

Gambar 4.4 Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban Trafo II