

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Data-data Penelitian

Dalam menganalisa kemampuan transformator pada Gardu Induk 150 kV Gejayan untuk 15 tahun yang akan datang, maka diperlukan beberapa data seperti data beban puncak yang terjadi pada transformator 1 dan 2 yang berkapasitas 60 MVA dalam kurun waktu empat tahun belakangan ini yaitu antara tahun 2014 hingga 2018, kemudian data jumlah penduduk dan PDRB dari beberapa daerah di Yogyakarta yang disuplai oleh GI Gejayan yang didapat dari BPS (Badan Pusat Statistika).

4.2 Analisa Data Penelitian

Untuk melakukan analisa terhadap kemampuan transformator, maka yang pertama kali dilakukan adalah menganalisa data beban puncak yang paling besar pada transformator di Gardu Induk 150 kV Gejayan, kemudian melakukan perhitungan terhadap jumlah pertumbuhan penduduk dan PDRB serta mengansumsikannya, menghitung penggunaan beban transformator dalam satuan MW, setelah melakukan perhitungan terhadap data tersebut, maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan pendekatan metode Regresi Linier Berganda yang mana akan didapatkan hasil prakiraan kemampuan transformator.

Persamaan Regresi Linier Berganda adalah:

$$Y = b_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

Diketahui : b_1 = Konstanta

b_2b_3 = koefisien regresi

X_1X_2 = Variabel Bebas

Y = Variabel tak bebas

4.2.1 Data Transformator Gardu Induk 150 kV Gejayan

- a. Spesifikasi transformator 1 pada Gardu Induk 150 kV Gejayan yaitu seperti yang tercantum sebagai berikut:

<i>Merk</i>	: XIAN
<i>Type</i>	: SFZ-60000/150
<i>Serial Number</i>	: A95007 – 2
<i>Nominal Rating MVA</i>	: 60
<i>Cooling System</i>	: ONAN – ONAF
<i>Frequensy Hertz</i>	: 50
<i>Phase</i>	: 3
<i>Instalation</i>	: OUT DOOR
<i>Temp. Rise Oil</i>	: 53 ⁰
<i>Manufacture</i>	: 1995
<i>Ambient Temp. Max</i>	: 40 ⁰
<i>Standard</i>	: IEC 76 – 1976
<i>Winding Tem.p Rise</i>	: 59 ⁰

Tabel 4.1 adalah tabel yang berisi data beban puncak yang terjadi di transformator 1 pada gardu induk 150 kV gejayan dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Dapat dilihat pada tabel bahwa pada bulan januari hingga bulan maret data beban puncaknya kosong atau tidak ada, hal tersebut dikarenakan data yang didapatkan dari gardu induk 150 kV gejayan tidak lengkap.

Tabel 4.1 Data Beban Puncak Transformator 1 kapasitas 60 MVA

Bulan	Beban Puncak Transformator (MW)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Januari	0	43	48	38	48
Februari	0	45	48	43	47
Maret	0	41	48	56	45
April	46	48	47	53	45
Mei	46	48	48	48	48
Juni	44	45	45	46	49
Juli	47	37	47	44	48
Agustus	46	56	50	50	56
September	47	46	48	52	46
Oktober	45	47	49	45	48
November	46	51	44	49	49
Desember	47	47	40	47	47
Total	414	554	562	571	576
Rata-rata	46,00	46,17	46,83	47,58	48

Gambar 4.1 merupakan sebuah grafik yang menggambarkan rata-rata pertumbuhan beban pada transformator 1 dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Terlihat dengan jelas pada grafik bahwa di setiap tahunnya beban yang disuplai oleh transformator 1 semakin tumbuh.



Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Beban Trafo 1

- b. Spesifikasi transformator 1 pada Gardu Induk 150 kV Gejayan yaitu seperti yang tercantum sebagai berikut:

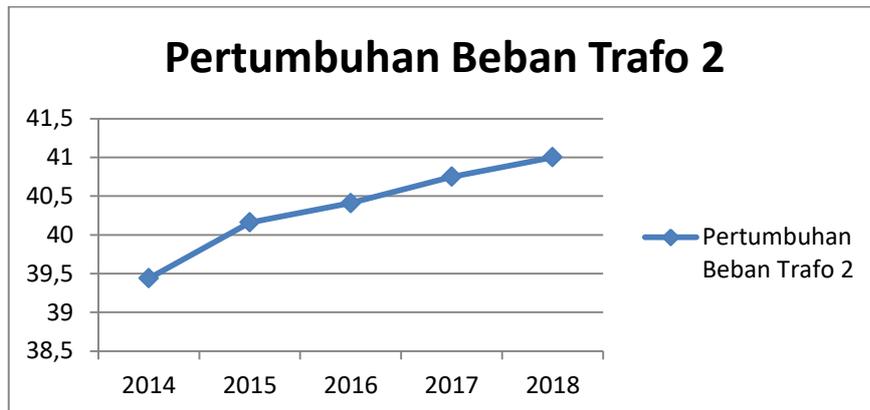
<i>Merk</i>	: XIAN
<i>Type</i>	: SFZ-60000/150
<i>Serial Number</i>	: A95007 – 2
<i>Nominal Rating MVA</i>	: 60
<i>Cooling System</i>	: ONAN – ONAF
<i>Frequensy Hertz</i>	: 50
<i>Phase</i>	: 3
<i>Instalation</i>	: OUT DOOR
<i>Tem.p Rise Oil</i>	: 53 ⁰
<i>Manufacture</i>	: 1995
<i>Ambient Temp. Max</i>	: 40 ⁰
<i>Standard</i>	: IEC 76 – 1976
<i>Winding Tem.p Rise</i>	: 59 ⁰

Tabel 4.2 adalah tabel yang berisi data beban puncak yang terjadi di transformator 2 pada gardu induk 150 kV gejayan dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Dapat dilihat pada tabel bahwa pada bulan januari hingga bulan maret data beban puncaknya kosong atau tidak ada, hal tersebut dikarenakan data yang didapatkan dari gardu induk 150 kV gejayan tidak lengkap.

Tabel 4.2 Data Beban Puncak Transformator 2 kapasitas 60 MVA

Bulan	Beban Puncak Transformator (MW)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Januari	0	35	44	32	40
Februari	0	37	50	37	37
Maret	0	43	50	42	38
April	35	40	42	40	43
Mei	43	40	46	44	40
Juni	42	40	37	44	35
Juli	35	37	34	32	38
Agustus	42	37	35	40	40
September	39	36	34	39	50
Oktober	39	45	35	46	42
November	43	46	38	48	49
Desember	37	46	40	45	40
Total	355	482	485	489	492
Rata-rata	39,44	40,17	40,42	40,75	41

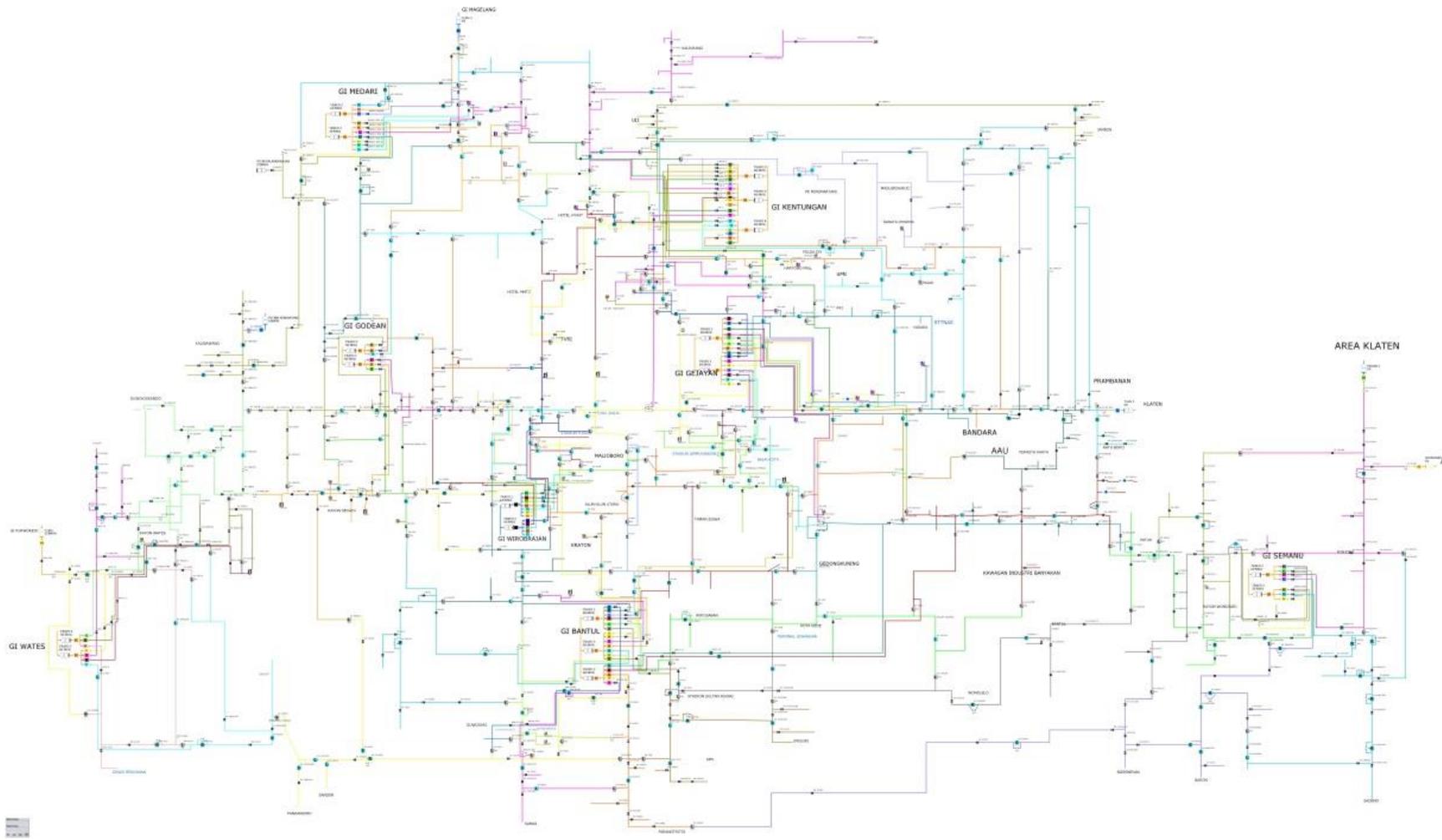
Gambar 4.2 merupakan sebuah grafik yang menggambarkan rata-rata pertumbuhan beban pada transformator 2 dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Terlihat dengan jelas pada grafik bahwa di setiap tahunnya beban yang disuplai oleh transformator 2 semakin tumbuh, namun tidak sebanyak yang dialami oleh transformator 1.



Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Trafo 2

4.2.2 Lokasi Yang Disuplai Oleh Gardu Induk

Gambar 4.3 di bawah merupakan gambar yang menunjukkan daerah-daerah atau lokasi yang disuplai melalui Gardu Induk Gejayan. Dari beberapa lokasi tersebut diantaranya adalah Kec. Depok, Kec. Kotagede, Kec. Banguntapan, Kec. Umbulharjo, Kec. Gondokusuman, Kec. Danurejan, Kec. Mergangsan dan Kec. Jetis. Jumlah total dari lokasi-lokasi tersebut yaitu sebanyak delapan Kecamatan.



Gambar 4.3 Peta *wiring* Gardu Induk 150 kV Unit Gejayan

4.2.3 Data Penduduk dan PDRB

Dalam melakukan perhitungan prakiraan beban transformator 1 dan 2 pada gardu induk 150 kV gejayan untuk 15 tahun yang akan datang, maka dibutuhkan data jumlah pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) dari daerah-daerah yang disuplai oleh GI Gejayan yang didapatkan melalui BPS (Badan Pusat Statistik) Yogyakarta.

4.2.3.1 Data Penduduk dan PDRB pada Transformator 1

Dengan memperhatikan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa ada beberapa lokasi yang disuplai dari GI Gejayan, khususnya melalui penyulang-penyulang yang ada pada transformator 1. Dari beberapa lokasi tersebut di antaranya adalah Kec. Depok, Kec. Kotagede, Kec. Banguntapan, Kec. Umbulharjo.

Salah salah satu faktor yang dijadikan untuk melakukan perhitungan prakiraan beban pada transformator yang ada di gardu induk adalah data jumlah penduduk. Tabel 4.3 merupakan data jumlah penduduk dari tahun 2014 hingga tahun 2017 yang mendapatkan energi listrik dari transformator 1.

Tabel 4.3 Data Jumlah Penduduk Yang Disuplai Trafo 1

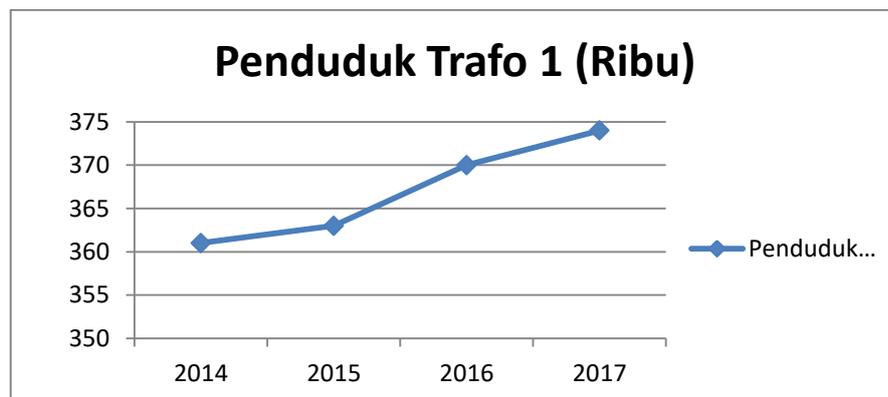
Tahun	Kec. Depok	Kec. Kotagede	Kec. Banguntapan	Kec. Umbulharjo
2014	126959	31987	135420	67632
2015	127152	33025	135888	67882
2016	128771	33326	139520	68403
2017	129649	33535	142620	68760

Tabel 4.4 merupakan data dari total seluruh jumlah penduduk yang berada di daerah-daerah jangkauan suplai transformator 1 atau lokasi yang mendapatkan energi listrik dari transformator 1. Daerah-daerah tersebut merupakan kawasan dari empat buah kecamatan, yaitu Depok, Kotagede, Banguntapan dan Umbulharjo.

Tabel 4.4 Total Jumlah Penduduk Yang Disuplai Trafo 1

Tahun	Total (Ribu)
2014	361
2015	363
2016	370
2017	374

Gambar 4.4 merupakan grafik yang menggambarkan pertumbuhan penduduk yang berada di kawasan transformator 1. Dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa penduduk yang disuplai oleh transformator 1 terus meningkat di setiap tahun, mulai dari tahun 2014 hingga tahun 2017.



Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Penduduk Trafo 1

Tabel 4.5 adalah tabel data jumlah pertumbuhan PDRB dari beberapa daerah di Yogyakarta yang disuplai energi listrik oleh GI Gejayan, khususnya dari penyulang transformator 1 dari tahun 2014 sampai dengan 2017. Data tersebut menjadi salah satu faktor untuk melakukan perhitungan prakiraan beban transformator pada Gardu Induk 150 kV Gejayan.

Tabel 4.5 Data Jumlah PDRB Yang Disuplai Trafo 1

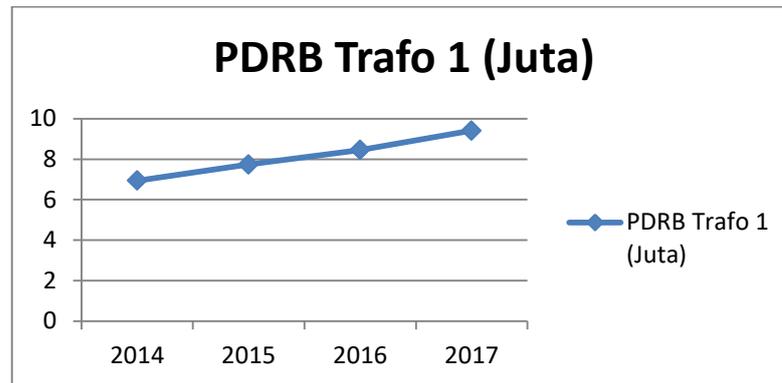
Tahun	Kec. Depok	Kec. Kota Gede	Kec. Banguntapan	Kec. Umbulharjo
2014	1.818.364	1.775.272	1.686.546	1.659.708
2015	1.989.792	1.870.552	2.057.281	1.818.527
2016	2.172.921	2.054.863	2.171.635	2.051.009
2017	2.358.083	2.341.217	2.356.420	2.353.646

Tabel 4.6 merupakan total dari jumlah pertumbuhan PDRB dari daerah-daerah atau wilayah yang mendapatkan energi listrik dari GI Gejayan, khususnya dari penyulang transformator 1. Data tersebut merupakan data dari tahun 2014 hingga tahun 2017.

Tabel 4.6 Total Jumlah Pertumbuhan PDRB Trafo 1

Tahun	Total (Juta)
2014	6,939
2015	7,736
2016	8,450
2017	9,409

Gambar 4.5 merupakan grafik yang menggambarkan pertumbuhan PDRB dari wilayah yang disuplai trafo 1. Dapat dilihat pada grafik bahwa di setiap tahunnya PDRB terus meningkat dari tahun 2014 hingga tahun 2017.



Gambar 4.5 Grafik Pertumbuhan PDRB Trafo 1

4.2.3.2 Prakiraan Pertumbuhan Penduduk dan PDRB Trafo 1

Setelah mendapatkan data penduduk dan PDRB, maka selanjutnya jumlah pertumbuhan penduduk dan PDRB trafo 1 dapat diasumsikan melalui perhitungan sebagai berikut:

1. Prakiraan Penduduk

$$R_{(x-1,x)} = \frac{\mathit{Penduduk}_x - \mathit{Penduduk}_{x-1}}{\mathit{Penduduk}_{x-1}} \times 100$$

- a. Persentase jumlah pertumbuhan penduduk 2014-2015

$$R_{(x-1,x)} = \frac{363947 - 361998}{361998} \times 100 = 0,53\%$$

- b. Persentase jumlah pertumbuhan penduduk 2015-2016

$$R_{(x-1,x)} = \frac{370020 - 363947}{363947} \times 100 = 1,66\%$$

- c. Persentase jumlah pertumbuhan penduduk 2016-2017

$$R_{(x-1,x)} = \frac{374564 - 370020}{370020} \times 100 = 1,22\%$$

Rata-rata jumlah pertumbuhan penduduk tiap tahunnya:

$$\mathit{Rata - rata\ pertumbuhan} = \frac{0,53 + 1,66 + 1,22}{3} = 1,13\%$$

Dengan melihat hasil dari perhitungan persentase jumlah pertumbuhan penduduk di atas, maka bisa kita asumsikan jumlah penduduk pada trafo 1 di tahun 2014 hingga 2015 mengalami pertumbuhan sebanyak 0,53%, kemudian

pada tahun 2015 hingga tahun 2016 mengalami pertumbuhan sebanyak 1,66%, dan pada tahun 2016 hingga 2017 meningkat sebanyak 1,22% dengan rata-rata jumlah pertumbuhan penduduk tiap tahunnya yaitu sebanyak 1,13%.

Dengan melihat data hasil perhitungan di atas, sehingga dapat dihitung jumlah prakiraan pertumbuhan penduduk untuk tahun-tahun yang akan datang melalui persamaan berikut:

$$\mathbf{Penduduk}_x = (\mathbf{Penduduk}_{x-1} \times \mathbf{1,13\%}) + \mathbf{Penduduk}_{x-1}$$

- a. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2018:

$$Penduduk_{2018} = (374 \times 1,13\%) + 374 = 378 \text{ Ribu}$$

- b. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2019

$$Penduduk_{2019} = (378 \times 1,13\%) + 378 = 383 \text{ Ribu}$$

- c. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2020

$$Penduduk_{2020} = (383 \times 1,13\%) + 383 = 387 \text{ Ribu}$$

- d. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2021

$$Penduduk_{2021} = (387 \times 1,13\%) + 387 = 391 \text{ Ribu}$$

2. Prakiraan PDRB

$$R_{(x-1,x)} = \frac{PDRB_x - PDRB_{x-1}}{PDRB_{x-1}} \times 100$$

- a. Persentase jumlah pertumbuhan PDRB 2014-2015:

$$R_{(x-1,x)} = \frac{7736152 - 6939890}{6939890} \times 100 = 11,47\%$$

- b. Persentase jumlah pertumbuhan PDRB 2015-2016:

$$R_{(x-1,x)} = \frac{8450428 - 7736152}{7736152} \times 100 = 9,23\%$$

- c. Persentase Jumlah Pertumbuhan PDRB 2016-2017

$$R_{(x-1,x)} = \frac{9409366 - 8450428}{8450428} \times 100 = 11,34\%$$

Rata-rata jumlah pertumbuhan PDRB tiap tahunnya:

$$\text{Rata - rata pertahun} = \frac{11,47+9,23+11,34}{3} = 10,68\%$$

Dengan melihat hasil dari perhitungan persentase jumlah pertumbuhan PDRB di atas, maka bisa kita asumsikan jumlah PDRB di daerah yang disuplai trafo 1 pada tahun 2014 hingga 2015 mengalami pertumbuhan sebanyak 11,47%, pada tahun 2015 hingga 2016 mengalami pertumbuhan sebanyak 9,23%, pada tahun 2016 sampai 2017 mengalami pertumbuhan sebanyak 11,34%, dengan rata-rata jumlah pertumbuhan PDRB tiap tahunnya yaitu sebanyak 10,68%.

Sehingga dengan melihat data hasil perhitungan persentase PDRB di atas, dapat kita hitung jumlah prakiraan pertumbuhan PDRB untuk tahun-tahun yang akan datang melalui persamaan berikut:

$$\mathbf{PDRB}_x = (\mathbf{PDRB}_{x-1} \times \mathbf{10,68\%}) + \mathbf{PDRB}_{x-1}$$

a. Perhitungan jumlah PDRB pada tahun 2018:

$$PDRB_{2018} = (9,409 \times 10,68\%) + 9,409 = 10,414 \text{ Juta}$$

b. Perhitungan jumlah PDRB pada tahun 2019:

$$PDRB_{2019} = (10,414 \times 10,68\%) + 10,414 = 11,526 \text{ Juta}$$

c. Perhitungan jumlah PDRB pada tahun 2020:

$$PDRB_{2020} = (11,526 \times 10,68\%) + 11,526 = 12,757 \text{ Juta}$$

d. Perhitungan jumlah PDRB pada tahun 2021:

$$PDRB_{2021} = (12,757 \times 10,68\%) + 12,757 = 14,120 \text{ Juta}$$

Untuk data jumlah pertumbuhan penduduk dan PDRB dari tahun-tahun sebelumnya hingga prakiraan untuk 15 tahun sesuai dengan data paling akhir yang didapatkan (tahun 2018) terdapat pada tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Prakiraan Pertumbuhan Penduduk dan PDRB 15 Tahun Mendatang

Tahun	Total Penduduk	PDRB (dalam jutaan)
2014	361	6,939
2015	363	7,736
2016	370	8,450
2017	374	9,409
2018	378	10,414
2019	383	11,526
2020	387	12,757
2021	391	14,120
2022	396	15,627
2023	400	17,297
2024	405	19,144
2025	409	21,188
2026	414	23,451
2027	418	25,956
2028	423	28,728
2029	428	31,796
2030	433	35,192
2031	438	38,950
2032	443	43,110
2033	448	47,714

4.2.3.3 Data Penduduk dan PDRB pada Transformator 2

Dengan melihat Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa wilayah yang disuplai dari GI Gejayan. Dari beberapa wilayah tersebut ada wilayah yang hanya disuplai oleh penyulang-penyulang dari transformator 2 GI Gejayan. Beberapa wilayah tersebut diantaranya adalah Kec. Gondokusuman, Kec. Danurejan, Kec. Mergangsan, Kec. Jetis.

Tabel 4.8 merupakan data jumlah penduduk yang berada di wilayah yang disuplai oleh transformator 2 GI Gejayan. Wilayah-wilayah yang disuplai dari transformator 2 tersebut ada 4 buah kecamatan, yaitu Gondokusuman, Danurejan, Mergangsan dan Jetis.

Tabel 4.8 Data Jumlah Penduduk Yang Disuplai Oleh Trafo 2

Tahun	Kec. Gondokusuman	Kec. Danurejan	Kec. Mergangsan	Kec. Jetis
2014	42993	21538	36364	54083
2015	44769	21477	36833	54233
2016	45067	21526	36948	54670
2017	45287	21580	36986	55083

Tabel 4.9 merupakan tabel yang menunjukkan total dari jumlah penduduk pada tahun 2014 hingga tahun 2017 yang disuplai oleh transformator 2. Data total jumlah pertumbuhan penduduk tersebut sangat penting karena menjadi salah satu faktor dalam melakukan sebuah perhitungan prakiraan beban pada transformator yang ada di GI.

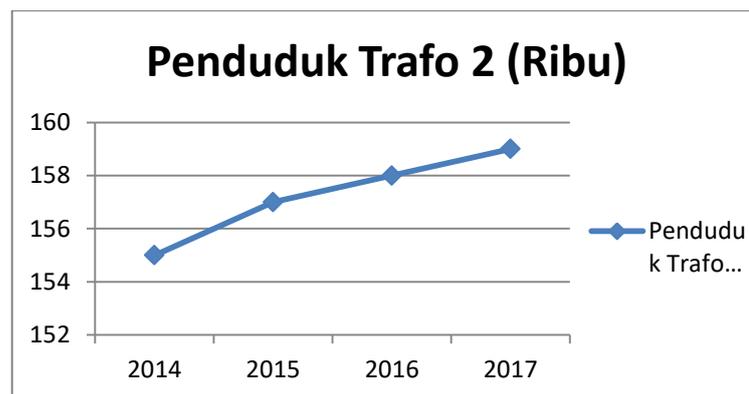
Tabel 4.9 Total Jumlah Penduduk Yang Disuplai Trafo 2

Tahun	Total (Ribuan)
2014	155

Tabel 4.9 Total Jumlah Penduduk Yang Disuplai Trafo 2 (lanjutan)

Tahun	Total (Ribuan)
2015	157
2016	158
2017	159

Gambar 4.6 merupakan grafik pertumbuhan penduduk yang disuplai transformator 2. Dengan melihat grafik tersebut, sangat jelas sekali bahwa di setiap tahunnya dari tahun 2014 hingga tahun 2017 penduduk yang berada di kawasan transformator 2 terus mengalami peningkatan.



Gambar 4.6 Grafik Pertumbuhan Penduduk Trafo 2

Tabel 4.10 adalah tabel data jumlah pertumbuhan PDRB dari beberapa daerah di Yogyakarta yang disuplai energi listrik oleh GI Gejayan, khususnya dari penyulang transformator 2 dari tahun 2014 sampai dengan 2017. Data tersebut menjadi salah satu faktor untuk melakukan perhitungan prakiraan beban transformator pada Gardu Induk 150 kV Gejayan.

Tabel 4.10 Data Jumlah PDRB Yang Disuplai Trafo 2

Tahun	Kec. Gondokusuman	Kec. Danurejan	Kec. Mergangsan	Kec. Jetis
2014	1.772.703	1.694.120	1.240.170	1.683.911

Tabel 4.10 Data Jumlah PDRB Yang Disuplai Trafo 2 (lanjutan)

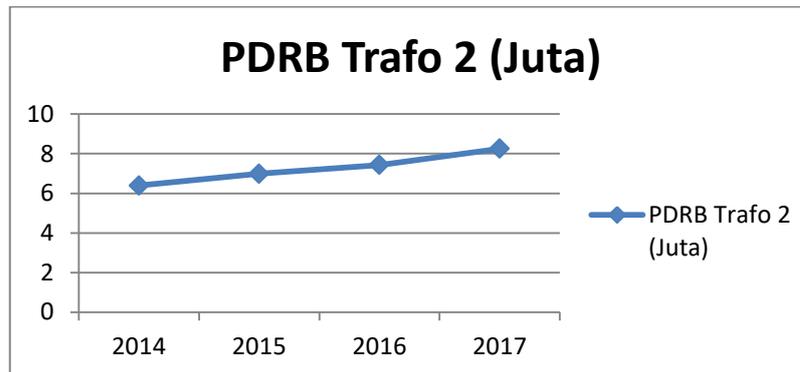
Tahun	Kec. Gondokusuman	Kec. Danurejan	Kec. Mergangsan	Kec. Jetis
2015	1.987.407	1.911.786	1.136.775	1.950.911
2016	2.072.603	2.054.495	1.231.147	2.072.802
2017	2.244.097	2.336.329	1.331.393	2.344.540

Tabel 4.11 adalah tabel dari total jumlah pertumbuhan PDRB dari daerah-daerah atau wilayah yang mendapatkan energi listrik dari GI Gejayan, khususnya dari penyulang transformator 2. Data tersebut merupakan data dari tahun 2014 hingga tahun 2017.

Tabel 4.11 Total Jumlah Pertumbuhan PDRB Trafo 2

Tahun	Total (Juta)
2014	6,390
2015	6,986
2016	7,431
2017	8,256

Gambar 4.7 merupakan grafik yang menggambarkan pertumbuhan PDRB dari wilayah yang disuplai oleh trafo 2. Dapat dilihat pada grafik bahwa di setiap tahunnya PDRB terus meningkat dari tahun 2014 hingga tahun 2017.



Gambar 4.7 Grafik Pertumbuhan PDRB Trafo 2

4.2.3.4 Prakiraan Pertumbuhan Penduduk dan PDRB Trafo 2

Setelah mendapatkan data penduduk dan PDRB yang berada di wilayah trafo 2, maka selanjutnya jumlah pertumbuhan penduduk dan PDRB trafo 2 dapat diasumsikan melalui perhitungan sebagai berikut:

1. Prakiraan Penduduk

$$R_{(x-1,x)} = \frac{\text{Penduduk}_x - \text{Penduduk}_{x-1}}{\text{Penduduk}_{x-1}} \times 100$$

- a. Persentase jumlah pertumbuhan penduduk 2014-2015

$$R_{(x-1,x)} = \frac{157312 - 154978}{154978} \times 100 = 1,5\%$$

- b. Persentase jumlah pertumbuhan penduduk 2015-2016

$$R_{(x-1,x)} = \frac{158211 - 157312}{157312} \times 100 = 0,57\%$$

- c. Persentase jumlah pertumbuhan penduduk 2016-2017

$$R_{(x-1,x)} = \frac{158936 - 158211}{158211} \times 100 = 0,45\%$$

Rata-rata jumlah pertumbuhan penduduk tiap tahunnya:

$$\text{Rata - rata pertahun} = \frac{1,5 + 0,57 + 0,45}{3} = 0,84\%$$

Dengan melihat hasil dari perhitungan persentase jumlah pertumbuhan penduduk di atas, maka bisa kita asumsikan jumlah penduduk pada trafo 2 di

tahun 2014 hingga 2015 mengalami pertumbuhan sebanyak 1,5%, kemudian pada tahun 2015 hingga tahun 2016 mengalami pertumbuhan sebanyak 0,57%, dan pada tahun 2016 hingga 2017 meningkat sebanyak 0,45% dengan rata-rata jumlah pertumbuhan penduduk tiap tahunnya yaitu dari tahun 2014 hingga tahun 2017 sebanyak 0,84%.

Dengan melihat data hasil perhitungan di atas, sehingga dapat dihitung jumlah prakiraan pertumbuhan penduduk untuk tahun-tahun yang akan datang melalui persamaan berikut:

$$Penduduk_x = (Penduduk_{x-1} \times 0,84\%) + Penduduk_{x-1}$$

- a. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2018:

$$Penduduk_{2018} = (159 \times 0,84\%) + 159 = 160 \text{ Ribu}$$

- b. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2019

$$Penduduk_{2019} = (160 \times 0,84\%) + 160 = 162 \text{ Ribu}$$

- c. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2020

$$Penduduk_{2020} = (162 \times 0,84\%) + 162 = 163 \text{ Ribu}$$

- d. Perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2021

$$Penduduk_{2021} = (163 \times 0,84\%) + 163 = 164 \text{ Ribu}$$

2. Prakiraan PDRB

$$R_{(x-1,x)} = \frac{PDRB_x - PDRB_{x-1}}{PDRB_{x-1}} \times 100$$

- a. Persentase jumlah pertumbuhan PDRB 2014-2015:

$$R_{(x-1,x)} = \frac{6986879 - 6390904}{6390904} \times 100 = 9,32\%$$

- b. Persentase jumlah pertumbuhan PDRB 2015-2016:

$$R_{(x-1,x)} = \frac{7431047 - 6986879}{6986879} \times 100 = 6,35\%$$

- c. Persentase Jumlah Pertumbuhan PDRB 2016-2017

$$R_{(x-1,x)} = \frac{8256359 - 7431047}{7431047} \times 100 = 11,10\%$$

Rata-rata jumlah pertumbuhan PDRB tiap tahunnya:

$$\text{Rata - rata pertahun} = \frac{9,32+6,35+11,10}{3} = 8,92\%$$

Dengan melihat hasil dari perhitungan persentase jumlah pertumbuhan PDRB di atas, maka bisa kita asumsikan jumlah PDRB di daerah yang disuplai trafo 2 pada tahun 2014 hingga 2015 mengalami pertumbuhan sebanyak 9,32%, pada tahun 2015 hingga 2016 mengalami pertumbuhan sebanyak 6,35%, pada tahun 2016 sampai 2017 mengalami pertumbuhan sebanyak 11,10%, dengan rata-rata jumlah pertumbuhan PDRB tiap tahunnya yaitu sebanyak 8,92%.

Dengan melihat data hasil perhitungan persentase PDRB di atas, dapat kita hitung jumlah prakiraan pertumbuhan PDRB pada transformator 2 untuk tahun-tahun yang akan datang melalui persamaan berikut:

$$\mathbf{PDRB}_x = (\mathbf{PDRB}_{x-1} \times \mathbf{8,92\%}) + \mathbf{PDRB}_{x-1}$$

a. Perhitungan jumlah PDRB pada tahun 2018:

$$PDRB_{2018} = (8,256 \times 8,92\%) + 8,256 = 8,992 \text{ Juta}$$

b. Perhitungan jumlah PDRB pada tahun 2019:

$$PDRB_{2019} = (8,992 \times 8,92\%) + 8,992 = 9,795 \text{ Juta}$$

c. Perhitungan jumlah PDRB pada tahun 2020:

$$PDRB_{2020} = (9,795 \times 8,92\%) + 9,795 = 10,668 \text{ Juta}$$

d. Perhitungan jumlah PDRB pada tahun 2021:

$$PDRB_{2021} = (10,668 \times 8,92\%) + 10,668 = 11,620 \text{ Juta}$$

Untuk data jumlah pertumbuhan penduduk dan PDRB yang disuplai dari transformator 2 dari tahun-tahun sebelumnya hingga prakiraan untuk 15 tahun sesuai dengan data paling akhir yang didapatkan (tahun 2018) terdapat pada tabel 4.12 berikut:

Tabel 4.12 Prakiraan Pertumbuhan Penduduk dan PDRB 15 Tahun Mendatang

Tahun	Total Penduduk (dalam ribuan)	PDRB (dalam jutaan)
2014	155	6,390
2015	157	6,986
2016	158	7,431
2017	159	8,256
2018	160	8,992
2019	162	9,795
2020	163	10,668
2021	164	11,620
2022	166	12,656
2023	167	13,785
2024	169	15,015
2025	170	16,354
2026	171	17,813
2027	173	19,402
2028	174	21,133
2029	176	23,018
2030	177	25,071
2031	179	27,307
2032	180	29,743
2033	182	32,396

4.3 Prakiraan Beban Transformator Pada Gardu Induk 150 kV Gejayan

4.3.1 Prakiraan Beban Trafo 1

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa rata-rata beban transformator 1 Gardu Induk 150 kV Gejayan mengalami peningkatan di setiap tahunnya dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2018. Dapat dilihat juga bahwa jumlah penduduk dan PDRB di wilayah transformator 1 juga mengalami peningkatan di setiap tahunnya. Hal tersebut menjadi faktor terhadap pertumbuhan beban yang terjadi pada transformator 1.

Tabel 4.13 Data Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Trafo 1

Tahun	Rata-rata Beban (MW) Y	Jumlah Penduduk Trafo 1 (ribuan) X_2	PDRB Trafo 1 (dalam jutaan) X_3
2014	46,00	361	6,939
2015	46,17	363	7,736
2016	46,83	370	8,450
2017	47,58	374	9,409
2018	48,00	378	10,414

Tabel 4.14 Lembaran Kerja Regresi Trafo 1

Tahun	Y	X₂	X₃	X₂²	X₃²	Y²	X₂ × X₃	X₂ × Y	X₃ × Y
2014	46,00	361	6,939	130321	48,150	2116,000	2504,979	16606,000	319,194
2015	46,17	363	7,736	131769	59,846	2131,669	2808,168	16759,710	357,171
2016	46,83	370	8,450	136900	71,403	2193,049	3126,500	17327,100	395,714
2017	47,58	374	9,409	139876	88,529	2263,856	3518,966	17794,920	447,680
2018	48,00	378	10,414	142884	108,449	2304,000	3936,447	18144,000	499,866
Total (Σ)	234,58	1846	42,948	681750	376,376	11008,574	15895,060	86631,730	2019,625

Keterangan:

Y : Beban Puncak

X₂ : Jumlah Penduduk

X₃ : Jumlah PDRB

$$\begin{bmatrix} n & \sum X_2 & \sum X_3 \\ \sum X_2 & \sum X_2^2 & \sum X_2 X_3 \\ \sum X_3 & \sum X_2 X_3 & \sum X_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y \\ \sum X_2 Y \\ \sum X_3 Y \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 5 & 1846 & 42,948 \\ 1846 & 681750 & 15895,060 \\ 42,948 & 15895,060 & 376,376 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 234,58 \\ 86631,730 \\ 2019,625 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 5 & 1846 & 42,948 \\ 1846 & 681750 & 15895,060 \\ 42,948 & 15895,060 & 376,376 \end{bmatrix};$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} 234,58 & 1846 & 42,948 \\ 86631,730 & 681750 & 15895,060 \\ 2019,625 & 15895,060 & 376,376 \end{bmatrix};$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 5 & 234,58 & 42,948 \\ 1846 & 86631,730 & 15895,060 \\ 42,948 & 2019,625 & 376,376 \end{bmatrix};$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 5 & 1846 & 234,58 \\ 1846 & 681750 & 86631,730 \\ 42,948 & 15895,060 & 2019,625 \end{bmatrix};$$

$$\begin{aligned} \det(A) &= (5 \times 681750 \times 376,376) + (1846 \times 15895,060 \times 42,948) + \\ &\quad (42,948 \times 15895,060 \times 1846) - (42,948 \times 681750 \times 42,948) - \\ &\quad (1846 \times 1846 \times 376,376) - (5 \times 15895,060 \times 15895,060) \\ &= 3803356238 - 3803355986 = \mathbf{252} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \det(A_1) &= (234,58 \times 681750 \times 376,376) + (1846 \times 15895,060 \times 2019,625) \\ &\quad + (42,948 \times 15895,060 \times 86631,730) - (2019,625 \times 681750 \\ &\quad \times 42,948) - (86631,730 \times 1846 \times 376,376) - (234,58 \\ &\quad \times 15895,060 \times 15895,060) \\ &= 1,785924102 \times 10^{11} - 1,785924069 \times 10^{11} = \mathbf{3300} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \det(A_2) &= (5 \times 86631,730 \times 376,376) + (234,58 \times 15895,060 \times 42,948) + \\ &\quad (42,948 \times 2019,625 \times 1846) - (42,948 \times 86631,730 \times 42,948) - \\ &\quad (1846 \times 234,58 \times 376,376) - (5 \times 15895,060 \times 2019,625) \end{aligned}$$

$$= 483289071,5 - 483289049,4 = \mathbf{22,1}$$

$$\begin{aligned} \det(A_3) &= (5 \times 681750 \times 2019,625) + (1846 \times 86631,730 \times 42,948) + \\ &\quad (234,58 \times 15895,060 \times 1846) - (42,948 \times 681750 \times 234,58) - \\ &\quad (1846 \times 1846 \times 2019,625) - (5 \times 86631,730 \times 15895,060) \\ &= 2,063584645 \times 10^{10} - 2,063584641 \times 10^{10} = \mathbf{40} \end{aligned}$$

Maka:

$$b_1 = \frac{\det(A_1)}{\det(A)} = \frac{3300}{252} = \mathbf{13,095}; \quad b_2 = \frac{\det(A_2)}{\det(A)} = \frac{22,1}{252} = \mathbf{0,0876};$$

$$b_3 = \frac{\det(A_3)}{\det(A)} = \frac{40}{252} = \mathbf{0,1587};$$

Setelah melakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil b_1, b_2 , dan b_3 maka selanjutnya melakukan perhitungan terhadap prakiraan beban pada transformator 1 GI 150 kV Unit Gejayan untuk 15 tahun kemudian. Untuk melakukan prakiraan tersebut akan dihitung dengan rumus regresi linier berganda:

$$y = b_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

$$b_1 = 13,095; \quad b_2 = 0,0876; \quad b_3 = 0,1587$$

Sebelum melakukan prakiraan beban pada tahun-tahun mendatang, maka harus dihitung terlebih dahulu berapa besar korelasi atau pengaruh pertumbuhan penduduk dan PDRB terhadap pertumbuhan beban. Besarnya korelasi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \sum x_2y &= \sum X_2Y - \frac{\sum X_2(\sum Y)}{n} \\ &= 86631,730 - \frac{1846(234,58)}{5} \\ &= \mathbf{24,794} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum x_3y &= \sum X_3Y - \frac{\sum X_3(\sum Y)}{n} \\ &= 2019,625 - \frac{42,948(234,58)}{5} \\ &= 4,676\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum y^2 &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 11008,574 - \frac{(234,58)^2}{5} \\ &= 3,018\end{aligned}$$

Sehingga:

$$KP = \frac{b_2 \sum x_2y + b_3 \sum x_3y}{\sum y^2}$$

$$KP = \frac{0,0876(24,749) + 0,1587(4,676)}{3,018} = \mathbf{0,9642}$$

$$\text{Dikalikan } 100\% = 0,9642 \times 100 = \mathbf{96,42\%}$$

Jadi, besarnya korelasi antara X_2 (Penduduk) dan X_3 (PDRB) terhadap pertumbuhan Y (Beban Trafo) adalah 96,42%. Sedangkan sisa sebesar 3,58% disebabkan oleh faktor-faktor yang lain.

Prakiraan beban transformator 1:

$$\mathbf{Beban\ tahun\ } x = b_1 + (b_2 \times \mathbf{penduduk\ tf1\ th\ } x) + (b_3 \times \mathbf{PDRB\ tf1\ th\ } x)$$

- a. Beban tahun 2019

$$\begin{aligned}&= 13,095 + (0,0876 \times 383) + (0,1587 \times 11,526) \\ &= 48,43 \text{ MW}\end{aligned}$$
- b. Beban tahun 2020

$$\begin{aligned}&= 13,095 + (0,0876 \times 387) + (0,1587 \times 12,757) \\ &= 49,01 \text{ MW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Beban tahun 2021} \\
 &= 13,095 + (0,0876 \times 391) + (0,1587 \times 14,120) \\
 &= 49,60 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Persentase pembebanan transformator 1:

$$\% \text{Pembbebanan tahun } x = \frac{\text{beban tahun } x}{\text{kapasitas trafo 1}} \times 100$$

a. Persentase tahun 2019:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{48,62}{60} \times 100 \\
 &= 80,72 \%
 \end{aligned}$$

b. Persentase tahun 2020:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{49,19}{60} \times 100 \\
 &= 81,68 \%
 \end{aligned}$$

c. Persentase tahun 2021:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{49,77}{60} \times 100 \\
 &= 82,67 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Jurnal Sain dan Teknologi yang berjudul “Analisis Pengoperasian dan Pemeliharaan Trafo Distribusi di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan”, yang merujuk pada ketentuan SPLN No. 50 Tahun 1997, bahwa batas-batas pembebanan pada transformator telah diklasifikasikan sebagai berikut:

0 % - 50 % : Beban Ringan (Tidak dan Kurang Optimal)

50 % - 80 % : Beban Optimal

80 % - 100 % : Beban Berat

> 100 % : Berlebih/ *Overload*

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Prakiraan Beban Pada Trafo 1

Tahun	Penduduk	PDRB	Beban (MW)	Persentase Beban (%)	Keterangan
2014	361	6,939	46,00	76,67	Beban Optimal
2015	363	7,736	46,17	76,95	Beban Optimal
2016	370	8,450	46,83	78,05	Beban Optimal
2017	374	9,409	47,58	79,30	Beban Optimal
2018	378	10,414	48,00	80,00	Beban Optimal
2019	383	11,526	48,43	80,72	Beban Berat
2020	387	12,757	49,01	81,68	Beban Berat
2021	391	14,120	49,60	82,67	Beban Berat
2022	396	15,627	50,23	83,72	Beban Berat
2023	400	17,297	50,89	84,81	Beban Berat
2024	405	19,144	51,58	85,96	Beban Berat
2025	409	21,188	52,30	87,17	Beban Berat
2026	414	23,451	53,07	88,44	Beban Berat
2027	418	25,956	53,87	89,79	Beban Berat
2028	423	28,728	54,73	91,21	Beban Berat
2029	428	31,796	55,63	92,72	Beban Berat
2030	433	35,192	56,60	94,33	Beban Berat
2031	438	38,950	57,62	96,03	Beban Berat
2032	443	43,110	58,71	97,86	Beban Berat
2033	448	47,714	59,88	99,80	Beban Berat

Tabel 4.15 merupakan tabel hasil prakiraan transformator 1 pada GI 150 kV Unit Gejayan. Prakiraan tersebut didapatkan melalui hasil perhitungan regresi linier berganda yang mana jumlah penduduk dan jumlah pertumbuhan perekonomian suatu daerah (PDRB) menjadi faktor meningkatnya pertumbuhan beban pada transformator.

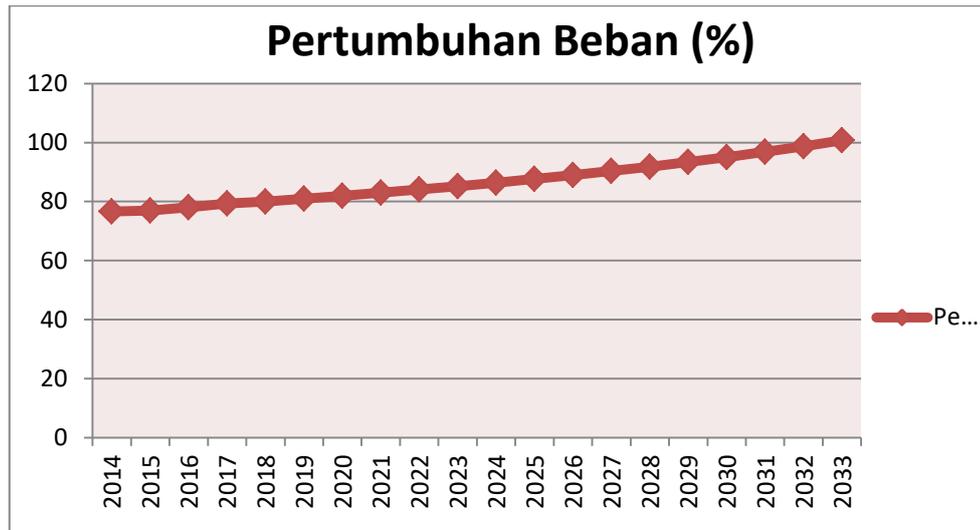
Pada perhitungan yang dilakukan pada transformator 1, dapat dilihat pada gambar 4.8 bahwa transformator mengalami pertumbuhan beban yang terus-menerus meningkat di setiap tahunnya. Tidak ada indikasi penurunan beban sama sekali dari tahun 2014 hingga tahun 2033. Beban terus naik seiring dengan bertumbuhnya penduduk pada transformator 1.

Keadaan beban optimal yang terjadi pada transformator 1 GI Gejayan hanya bertahan hingga tahun 2018 dengan beban sebesar 48 MW. Pada tahun 2014 transformator memiliki total beban sebesar 46 MW dengan persentase beban sekitar 76,67% yang mana kondisi seperti ini adalah kondisi optimal dalam pembebanan yang dilakukan transformator berkapasitas 60 MVA. Mulai pada tahun 2019, transformator 1 sudah mengalami kondisi beban berat dengan kapasitas beban 48,43 MW dengan persentase pembebanan 80,72%. Menurut ketentuan SPLN No.50 Tahun 1997, bahwa jika pembebanan sudah melebihi angka 80% maka itu termasuk dalam kondisi beban berat. Kondisi beban berat seperti ini dialami oleh transformator 1 hingga tahun 2033 dengan beban sebesar 59,88 MVA dan persentase beban sebesar 99,80%.

Dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan prakiraan beban transformator untuk 15 tahun mendatang, bahwa transformator 1 pada GI 150 kV Unit Gejayan masih mampu menyuplai beban hingga tahun 2033, dan pada tahun 2033 meskipun transformator 1 masih mampu menyuplai beban akan tetapi beban tersebut sangatlah berat, sehingga hal tersebut akan sangat membahayakan apabila dibiarkan dan belum ada penanganan dari pihak PLN.

Tentu saja ketika sebuah transformator sudah melewati batas optimal pembebanan, maka seharusnya akan ada perencanaan dalam pergantian

ataupun penambahan kapasitas transformator serta pengawasan yang lebih intens terhadap transformator 1 oleh pihak PLN, agar transformator terhindar dari kondisi *overload* ataupun *overheat* di tahun-tahun yang akan datang dengan mengingat bahwa jumlah penduduk setiap tahunnya juga semakin meningkat.



Gambar 4.8 Grafik Pertumbuhan Pembebanan Trafo 1

4.3.2 Prakiraan Beban Trafo 2

Tabel 4.16 adalah tabel yang menunjukkan bahwa rata-rata beban transformator 2 Gardu Induk 150 kV Gejayan mengalami peningkatan di setiap tahunnya dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2018. Dapat dilihat juga bahwa jumlah penduduk dan PDRB di wilayah transformator 2 juga mengalami peningkatan di setiap tahunnya dan menjadi faktor terhadap pertumbuhan beban yang terjadi pada transformator 2.

Tabel 4.16 Data Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Trafo 1

Tahun	Rata-rata Beban (MW) Y	Jumlah Penduduk Trafo 1 (ribuan) X_2	PDRB Trafo 1 (dalam jutaan) X_3
2014	39,44	155	6,390
2015	40,17	157	6,986
2016	40,42	158	7,431
2017	40,75	159	8,256
2018	41,00	160	8,992

Tabel 4.17 Perhitungan Persamaan Regresi Trafo 2

Tahun	Y	X₂	X₃	X₂²	X₃²	Y²	X₂ × X₃	X₂ × Y	X₃ × Y
2014	39,44	155	6,390	24018	40,832	1555,514	990,309	6112,332	252,022
2015	40,17	157	6,986	24747	48,804	1613,629	1098,982	6319,223	280,628
2016	40,42	158	7,431	25031	55,220	1633,776	1175,666	6394,889	300,361
2017	40,75	159	8,256	25261	68,162	1660,563	1312,176	6476,642	336,432
2018	41,00	160	8,992	25687	80,856	1681,000	1441,157	6571,114	368,672
Total	201,78	790	38,055	124743	293,874	8144,481	6018,290	31874,200	1538,114

Keterangan:

Y : Beban Puncak

X₂ : Jumlah Penduduk

X₃ : Jumlah PDRB

$$\begin{bmatrix} n & \sum X_2 & \sum X_3 \\ \sum X_2 & \sum X_2^2 & \sum X_2 X_3 \\ \sum X_3 & \sum X_2 X_3 & \sum X_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y \\ \sum X_2 Y \\ \sum X_3 Y \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 5 & 790 & 38,055 \\ 790 & 124743 & 6018,290 \\ 38,055 & 6018,290 & 293,874 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 201,78 \\ 31874,200 \\ 1538,114 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 5 & 790 & 38,055 \\ 790 & 124743 & 6018,290 \\ 38,055 & 6018,290 & 293,874 \end{bmatrix}$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} 201,78 & 790 & 38,055 \\ 31874,200 & 124743 & 6018,290 \\ 1538,114 & 6018,290 & 293,874 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 5 & 201,78 & 38,055 \\ 790 & 31874,200 & 6018,290 \\ 38,055 & 1538,114 & 293,874 \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 5 & 790 & 201,78 \\ 790 & 124743 & 31874,200 \\ 38,055 & 6018,290 & 1538,114 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \det(A) &= (5 \times 124743 \times 293,874) + (790 \times 6018,290 \times 38,055) + \\ &\quad (38,055 \times 6018,290 \times 790) - (38,055 \times 124743 \times 38,055) - \\ &\quad (790 \times 790 \times 293,874) - (5 \times 6018,290 \times 6018,290) \\ &= 545154742,9 - 545156531,1 = \mathbf{-1788,2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \det(A_1) &= (201,78 \times 124743 \times 293,874) + (790 \times 6018,290 \times 1538,144) + \\ &\quad (38,055 \times 6018,290 \times 31874,200) - (1538,144 \times 124743 \times \\ &\quad 38,055) - (31874,200 \times 790 \times 293,874) - (201,78 \times \\ &\quad 6018,290 \times 6018,290) \\ &= 2,201004612 \times 10^{10} - 2,201007859 \times 10^{10} = \mathbf{-32470} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \det(A_2) &= (5 \times 31874,200 \times 293,874) + (201,78 \times 6018,290 \times 38,055) + \\ &\quad (38,055 \times 1538,144 \times 790) - (38,055 \times 31874,200 \times 38,055) - \\ &\quad (790 \times 201,78 \times 293,874) - (5 \times 6018,290 \times 1538,144) \end{aligned}$$

$$= 139289780 - 139289996,3 = -216,3$$

$$\begin{aligned} \det(A_3) &= (5 \times 124743 \times 1538,144) + (790 \times 31874,200 \times 38,055) + \\ &\quad (201,78 \times 6018,290 \times 790) - (38,055 \times 124743 \times 201,78) - \\ &\quad (790 \times 790 \times 1538,144) - (5 \times 31874,200 \times 6018,290) \\ &= 2876964642 - 2876965368 = -726 \end{aligned}$$

Maka:

$$b_1 = \frac{\det(A_1)}{\det(A)} = \frac{-32470}{-1788,2} = \mathbf{18,1579}; \quad b_2 = \frac{\det(A_2)}{\det(A)} = \frac{-216,3}{-1788,2} = \mathbf{0,12095};$$

$$b_3 = \frac{\det(A_3)}{\det(A)} = \frac{-726}{-1788,2} = \mathbf{0,40599};$$

Setelah melakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil b_1, b_2 , dan b_3 maka selanjutnya melakukan perhitungan terhadap prakiraan beban pada transformator 2 GI 150 kV Unit Gejayan untuk 15 tahun kemudian. Untuk melakukan prakiraan tersebut akan dihitung dengan rumus regresi linier berganda:

$$y = b_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

$$b_1 = 18,1579; \quad b_2 = 0,12095; \quad b_3 = 0,40599;$$

Sebelum melakukan prakiraan beban pada tahun-tahun mendatang, maka harus dihitung terlebih dahulu berapa besar korelasi atau pengaruh pertumbuhan penduduk dan PDRB terhadap pertumbuhan beban. Besarnya korelasi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \sum x_2y &= \sum X_2Y - \frac{\sum X_2(\sum Y)}{n} \\ &= 31874,200 - \frac{790(201,78)}{5} \\ &= -7,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum x_3y &= \sum X_3Y - \frac{\sum X_3(\sum Y)}{n} \\ &= 1538,114 - \frac{38,055(201,78)}{5} \\ &= 2,366\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum y^2 &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 8144,481 - \frac{(201,78)^2}{5} \\ &= 1,447\end{aligned}$$

Sehingga:

$$KP = \frac{b_2 \sum x_2y + b_3 \sum x_3y}{\sum y^2}$$

$$KP = \frac{18,1579(-7,04) + 0,40599(2,366)}{1,447} = 0,7461$$

$$\text{Dikalikan } 100\% = 0,7461 \times 100 = 74,61\%$$

Jadi, besarnya korelasi antara X_2 (Penduduk) dan X_3 (PDRB) terhadap pertumbuhan Y (Beban Trafo) adalah 74,61%. Sedangkan sisa sebesar 25,39% disebabkan oleh faktor-faktor yang lain.

Prakiraan beban transformator 2:

$$\text{Beban tahun } x = b_1 + (b_2 \times \text{penduduk } tf2 \text{ th } x) + (b_3 \times \text{PDRB } tf2 \text{ th } x)$$

- a. Beban tahun 2019

$$\begin{aligned}&= 18,359 + (0,120 \times 162) + (0,399 \times 9,795) \\ &= 41,68 \text{ MW}\end{aligned}$$
- b. Beban tahun 2020

$$\begin{aligned}&= 18,359 + (0,120 \times 163) + (0,399 \times 10,668) \\ &= 42,20 \text{ MW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Beban tahun 2021} \\
 &= 18,359 + (0,120 \times 164) + (0,399 \times 11,620) \\
 &= 42,75 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Persentase pembebanan transformator 2:

$$\% \text{Pembelian tahun } x = \frac{\text{beban tahun } x}{\text{kapasitas trafo 2}} \times 100$$

a. Persentase tahun 2019:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{41,66}{60} \times 100 \\
 &= 69,47 \%
 \end{aligned}$$

b. Persentase tahun 2020:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{42,17}{60} \times 100 \\
 &= 70,33 \%
 \end{aligned}$$

c. Persentase tahun 2021:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{42,72}{60} \times 100 \\
 &= 71,25 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Jurnal Sain dan Teknologi yang berjudul “Analisis Pengoperasian dan Pemeliharaan Trafo Distribusi di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan”, yang merujuk pada ketentuan SPLN No. 50 Tahun 1997, bahwa batas-batas pembebanan pada transformator telah diklasifikasikan sebagai berikut:

0 % - 50 % : Beban Ringan (Tidak dan Kurang Optimal)

50 % - 80 % : Beban Optimal

80 % - 100 % : Beban Berat

> 100 % : Berlebih/ *Overload*

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Prakiraan Beban Pada Trafo 2

Tahun	Penduduk	PDRB	Beban (MW)	Persentase Beban (%)	Keterangan
2014	155	6,390	39,44	65,74	Beban Optimal
2015	157	6,986	40,17	66,94	Beban Optimal
2016	158	7,431	40,42	67,36	Beban Optimal
2017	159	8,256	40,75	67,92	Beban Optimal
2018	160	8,992	41,00	68,33	Beban Optimal
2019	162	9,795	41,68	69,47	Beban Optimal
2020	163	10,668	42,20	70,33	Beban Optimal
2021	164	11,620	42,75	71,25	Beban Optimal
2022	166	12,656	43,34	72,23	Beban Optimal
2023	167	13,785	43,97	73,28	Beban Optimal
2024	169	15,015	44,64	74,39	Beban Optimal
2025	170	16,354	45,35	75,59	Beban Optimal
2026	171	17,813	46,12	76,86	Beban Optimal
2027	173	19,402	46,94	78,23	Beban Optimal
2028	174	21,133	47,81	79,69	Beban Optimal
2029	176	23,018	48,76	81,26	Beban Berat
2030	177	25,071	49,77	82,95	Beban Berat
2031	179	27,307	50,86	84,76	Beban Berat
2032	180	29,743	52,03	86,71	Beban Berat
2033	182	32,396	53,29	88,81	Beban Berat

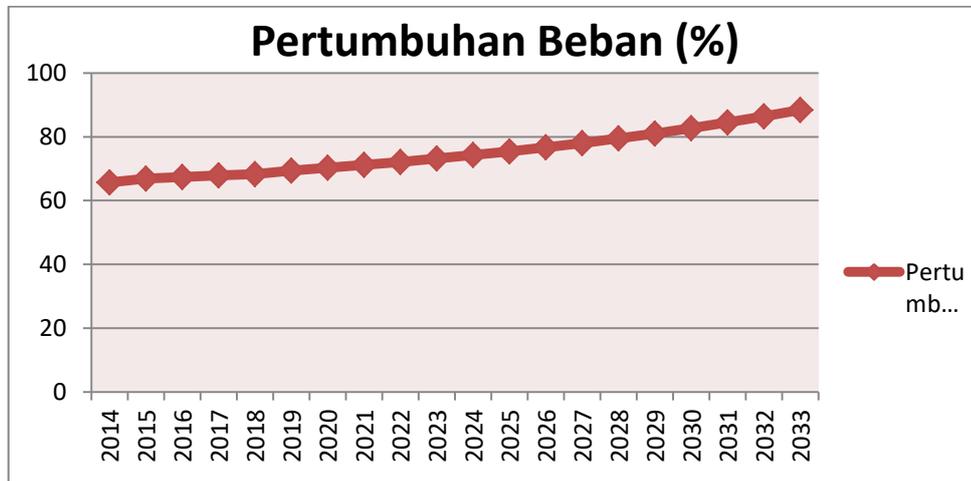
Tabel 4.18 merupakan tabel hasil prakiraan transformator 2 GI 150 kV Unit Gejayan. Prakiraan tersebut didapat dari perhitungan regresi linier berganda yang mana jumlah penduduk (X_2) dan jumlah pertumbuhan perekonomian daerah yang disuplai oleh transformator 2 atau PDRB (X_3) menjadi faktor peningkatan pertumbuhan beban transformator.

Jika dilihat dari gambar 4.9, beban transformator dari setiap tahunnya selalu meningkat. Sama seperti transformator 1 bahwa tidak ada indikasi penurunan jumlah beban dalam rentan tahun 2014 hingga tahun 2033. Hanya saja transformator 2 mengalami kondisi beban yang optimal relatif lebih lama dibandingkan dengan transformator 1. Hal tersebut dikarenakan jumlah penduduk yang disuplai oleh transformator 2 lebih sedikit dibandingkan dengan transformator 1.

Untuk prakiraan pertumbuhan beban pada 15 tahun yang akan datang, dapat dilihat pada tabel tersebut bahwa transformator 2 GI Gejayan masih mampu untuk menyuplai energi listrik ke beberapa daerah yang ada di Yogyakarta, khususnya daerah yang disuplai transformator 2. Jika dibandingkan dengan transformator 1, dapat diamati bahwa transformator 2 dapat lebih lama menyuplai beban dengan kondisi beban yang optimal dari pada transformator 1. Transformator 2 menyuplai beban dengan optimal selama 14 tahun dari tahun 2014 hingga 2028. Sedangkan transformator 1 hanya selama 4 tahun yaitu dari tahun 2014 hingga 2018. Hal tersebut dikarenakan pada transformator 1, Penduduk yang di suplai lebih banyak jika dibandingkan dengan transformator 2.

Transformator 2 baru mengalami beban berat pada tahun 2029 dengan beban 48,76 MW dan persentase beban sebesar 81,26%. Tentu saja ketika sebuah transformator telah melewati batas optimal pembebanan, akan segera ada perencanaan pergantian atau penambahan kapasitas transformator serta pengawasan yang lebih intens dari pihak PLN terhadap transformator tersebut. Hal ini sangat perlu dilakukan agar transformator yang digunakan terhindar dari kondisi beban lebih atau *overload* pada tahun-tahun yang akan datang,

juga dengan mengingat jumlah penduduk yang disuplai semakin lama semakin meningkat di setiap tahunnya.



Gambar 4.9 Grafik Pertumbuhan Pembebanan Trafo 2