

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data yang digunakan untuk memperkirakan beban transformator gardu induk 150 kv Mrica Banjarnegara selama 20 tahun kedepan adalah data monitoring beban puncak dari transformator selama 4 tahun dari tahun 2014 sampai tahun 2016, pengambilan data hanya di ambil dalam kurun waktu 4 tahun kebelakang karena terdapat pergantian transformator I dan II di tahun 2014. Data teknik transformator I dan transformator II dengan kapasitas 60 MVA, Data jumlah penduduk yang mendapatkan daya listrik dari gardu induk Mrica Banjarnegara dan data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang bersumber dari Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Banjarnegara dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2017.

4.2 Analisi Data Penelitian

Analisis awal yang dilakukan adalah menganalisis beban puncak paling tinggi dari gardu induk 150kv Mrica Banjarnegara setiap bulannya, kemudian menganalisis dan mengansumsikan pertumbuhan penduduk dan PDRB kabupaten Banjarnegara, Menghitung beban transformator dengan satuan MVA. Dengan menghitung data semua tersebut maka dapat dilanjutkkan dengan persamaan pendekatan metode Regresi Linier Berganda sehingga dengan demikian Prakiraan pembebanan transformator dapat diketahui.

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 150kv Mrica Banjarnegara, Peneliti mendapatkan data dari transformator, data tersebut merupakan data spesifikasi transformator dan data beban puncak transformator 1 dan transformator 2.

4.2.1 Data Transformator

1. Transformator I 60 MVA

Spesifikasi

Merk :CG Pauweles

Type :ORF 60/275

Vector Group : YNynO(d)

Nominal Rating KVA : 60.000

Frekuensi : 50Hz

Serial Number :3011140045
Cooling System : ONAN-ONAF
Manufacture :2015
Tegangan Nominal:150/20 kv
Arus Nominal : 230,9/1732A

2. Transformator II 60 MVA

Spesifikasi

Merk :CG Pauweles
Type :ORF 60/275
Vector Group : YNynO(d)
Nominal Rating KVA : 60.000
Frekuensi : 50Hz
Serial Number :3011130037
Cooling System : ONAN-ONAF
Manufacture :2014
Tegangan Nominal:150/20 kv
Arus Nominal : 230,9/1732A

Tabel 4.1 Data beban puncak trafo I 60 MVA gardu induk Mrica 150kV

Bulan	Beban Puncak Transformator (MW)			
	2014	2015	2016	2017
Januari	17,3	17,7	25,5	30,2
Februari	16,5	15,4	25,9	26,3
Maret	16,2	12,9	26,3	26,2
April	15,3	Padam	28,7	25,8
Mei	21,5	Padam	26,0	26,9
Juni	18,4	Padam	27,3	23,9
Juli	16,1	18,5	26,6	22,1
Agustus	18,3	20,1	30,5	23,0
September	20,2	19,3	29,0	31,8
Oktober	18,7	21,4	32,9	24,7
November	20,2	20,7	26,7	21,8
Desember	20,4	23,9	27,2	23,3
Rata-Rata	18,25	18,87	27,70	25,50

Tabel 4.2 Data Beban Puncak Trafo II 60 MVA Gardu Induk Mrica 150 KV

Bulan	Beban Puncak Transformator (MVA)			
	2014	2015	2016	2017
Januari	17,1	19,6	23,7	22,2
Februari	18,1	16,4	20,7	19,2
Maret	19,1	35,2	21,3	22,3
April	18,6	36,5	23,7	22,6
Mei	23,8	35,8	20,7	19,3
Juni	18,9	36,7	18,8	24,5
Juli	19,9	33,7	28,2	23,1
Agustus	20,3	26,0	25,7	21,2
September	21,3	23,9	20,3	21,7
Oktober	21,5	24,7	26,3	26,2
November	21,2	24,3	19,9	27,7
Desember	20,8	23,5	23,2	22,8
Rata-Rata	20,12	28,02	22,70	22,73

4.2.2 Presentase Beban Transformator

Untuk Mengeteahui presentase pembebanan transformator 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)

4.2.3 Batas Optimal Beban Transformator

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

0-60 % = Beban ringan

60-80 % = Beban Optimal

>80 % = Beban Berat

4.2.4 Data Penduduk dan PDRB Kabupaten Banjarnegara

Untuk memerkirakan beban transformator gardu induk 150kV Mrica selama 20 tahun yang akan datang, dibutuhkan data jumlah penduduk dan pertumbuhan Produk Domestik regional Bruto (PDRB) dari Kabupaten

Banjarnegara. Berikut data jumlah penduduk dan PDRB yang bersumber dari Badan Pusat Statistika.

Tabel 4.3 Data Jumlah Penduduk dan PDRB Kabupaten Banjarnegara

Tahun	Jumlah Penduduk (ribu)	PDRB (Juta)
2014	899	14,342
2015	902	15,847
2016	907	17,241
2017	911	18,550

Dari data diatas di dapat data yang bersumber dari Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Banjarnegara, Bahwa pertumbuhan penduduk Kabupaten Banjarnegara setiap tahunnya meningkat 0,4% (Berdasarkan data statistik kependudukan BPS Kabupaten Banjarnegara Tahun 2014-2017), dan PDRB Kabupaten Banjarnegara setiap tahunnya meningkat 8,8% (Berdasarkan data statistik Produk Domestik Regional Bruto BPS Kabupaten Banjarnegara Tahun 2014-2017).

Perhitungan Pertumbuhan PDRB Tahun n ?

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

$\text{PDRB tahun } n = (\text{PDRB tahun sebelum } n \times 8,8\%) + \text{PDRB tahun sebelum } n$

1. PDRB tahun 2018

$$\text{PDRB tahun 2018} = (18,550 \times 8,8\%) + 18,550 = 20,182$$

2. PDRB tahun 2019

$$\text{PDRB tahun 2019} = (20,182 \times 8,8\%) + 20,182 = 21,958$$

Perhitungan Pertumbuhan penduduk tahun n?

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

$$\text{Penduduk tahun n} = (\text{penduduk tahun sebelum n} \times 0,4\%) + \text{penduduk sebelum tahun n}$$

1. Penduduk Tahun 2018

$$\text{Penduduk Tahun 2018} = (911 \times 0,4\%) + 911 = 915$$

2. Penduduk Tahun 2019

$$\text{Penduduk Tahun 2019} = (915 \times 0,4\%) + 915 = 919$$

Setelah melakukan perhitungan jumlah penduduk dan PDRB selama 20 tahun kedepan, maka diperoleh data keseluruhan sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan Perkiraan Jumlah Penduduk dan PDRB 20 Tahun Kedepan

Tahun	Jumlah Penduduk (Dalam Ribuan)	Jumlah PDRB (Dalam Jutaan)
2014	899	14,342
2015	902	15,847
2016	907	17,241
2017	911	18,550
2018	915	20,182
2019	919	21,958
2020	923	23,890
2021	927	25,993
2022	931	28,280
2023	935	30,769
2024	939	33,447
2025	943	36,422
2026	947	39,628
2027	951	43,115
2028	955	46,909
2029	959	51,037
2030	963	55,526
2031	967	60,415
2032	971	65,732

2033	975	71,516
2034	979	77,809
2035	983	84,657
2036	987	92,107
2037	991	100,212

4.3 Peramalan Beban Trafo

4.3.1 Peramalan Beban Trafo I Gardu Induk Mrica 150kV

Tabel 4.5 Beban dan Faktor yang Mempengaruhi Trafo I

Tahun	Beban (MVA) Y	Jumlah Penduduk (Dalam Ribuan) X ₁	PDRB (Dalam Jutaan) X ₂
2014	18,25	899	14,342
2015	18,87	902	15,847
2016	27,70	907	17,241
2017	25,50	911	18,550

Dari data diatas terlihat bahwa jumlah penduduk dan PDRB Kabupaten banjarnegara sangat mempengaruhi pertumbuhan beban pada trafo I di gardu induk Mrica 150 kV Banjarnegara, Sehingga semakin naik pertumbuhan penduduk semakin naik juga beban pada transformator 150kV.

Tabel 4.6 Persamaan Regresi Trafo I Gardu Induk Mrica 150kV

Tahun	Y (Beban)	X₁ (Penduduk)	X₂ (PDRB)	X₁²	X₂²	Y²	X₁*X₂	X₁*Y	X₂*Y
2014	18,25	899	14,342	808201	205,6929	333,0625	12893,458	16406,75	261,7415
2015	18,87	902	15,847	813604	251,1274	356,0769	14293.994	17020,74	299,0328
2016	27,70	907	17,241	822649	297,2520	767,29	15637,587	25123,9	477,5757
2017	25,50	911	18,550	829921	344,1025	650,25	16899,05	23230,5	473,025
TOTAL (Σ)	90,32	3619	65,985	3274375	1098,1748	2106,6794	59725,099	81781,89	1511,375

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

$$\Sigma X_1^2 = \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{n} = 3274375 - \frac{(3619)^2}{4} = 84,75$$

$$\Sigma X_2^2 = \Sigma X_2^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{n} = 1098,1748 - \frac{(65,985)^2}{4} = 9,6698$$

$$\Sigma Y^2 = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} = 2106,6794 - \frac{(90,32)^2}{4} = 67,2538$$

$$\Sigma X_1Y = \Sigma X_1Y - \frac{\Sigma X_1 x \Sigma Y}{n} = 81781,89 - \frac{3619 x 90,32}{4} = 64,87$$

$$\Sigma X_2Y = \Sigma X_2Y - \frac{\Sigma X_2 x \Sigma Y}{n} = 1511,375 - \frac{65,985 x 90,32}{4} = 21,4337$$

$$\Sigma X_1X_2 = \Sigma X_1X_2 - \frac{\Sigma X_1 x \Sigma X_2}{n} = 59725,099 - \frac{3619 x 65,985}{4} = 25,1703$$

Maka diperoleh persamaan :

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

$$= \frac{[(9,6698 x 64,87) - (21,4337 x 25,1703)]}{[(84,75 x 9,6698) - (25,1703)^2]}$$

$$= \frac{[(627,2799) - (539,4926)]}{[(819,5155) - (633,5440)]}$$

$$= \frac{87,7878}{185,9715}$$

$$= 0,4720$$

$$b_2 = \frac{[(\Sigma X_1^2 \times \Sigma X_2 Y) - (\Sigma X_1 Y \times \Sigma X_1 X_2)]}{[(\Sigma X_1^2 \times \Sigma X_2^2) - (\Sigma X_1 X_2)^2]}$$

$$= \frac{[(84,75 \times 21,4337) - (64,87 \times 25,1703)]}{[(84,75 \times 9,6698) - (25,1703)^2]}$$

$$= \frac{[(1816,5060) - (1632,7993)]}{[(819,5155) - (633,5440)]}$$

$$= \frac{183,7087}{185,9715}$$

$$= 0,9878$$

$$a = \frac{(\Sigma Y) - (b_1 \times \Sigma X_1) - (b_2 \times \Sigma X_2)}{n}$$

$$= \frac{(90,32) - (0,4720 \times 3619) - (0,9878 \times 65,985)}{4}$$

$$= \frac{(90,32) - (1708,168) - (65,1799)}{4}$$

$$= -420,7569$$

Setelah melakukan perhitungan di atas maka telah diperoleh nilai dari b_1 , b_2 dan a , maka langkah selanjutnya adalah menghitung beban trafo I pada gardu induk 150 kV Mrica, Banjarnegara untuk 20 tahun yang akan datang.

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

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

$$Y = -420,7569 + (0,4720 \times X_1) + (0,9878 \times X_2)$$

Dengan hasil :

$$a = -420,7569$$

$$b_1 = 0,4720$$

$$b_2 = 0,9878$$

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

$$\text{Beban tahun } x = -420,7569 + (0,4720 \times \text{jumlah penduduk tahun } x) + (0,9878 \times \text{PDRB tahun } x)$$

1. Beban Tahun 2018

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

$$\begin{aligned}
&= -420,7569 + (0,4720 * 915) + (0,9878 * 20,182) \\
&= -420,7569 + 431,88 + 19,9357 \\
&= 31,0588
\end{aligned}$$

2. Beban Tahun 2019

$$\begin{aligned}
Y &= a + (b_1 * X_1) + (b_2 * X_2) \\
&= -420,7569 + (0,4720 * 919) + (0,9878 * 21,958) \\
&= -420,7569 + (433,768) + (21,6901) \\
&= 34,7012
\end{aligned}$$

3. Beban Tahun 2020

$$\begin{aligned}
Y &= a + (b_1 * X_1) + (b_2 * X_2) \\
&= -420,7569 + (0,4720 * 923) + (0,9878 * 23,890) \\
&= -420,7569 + (435,656) + (23,5985) \\
&= 38,4976
\end{aligned}$$

Presentase pembebanan transformator:

Untuk menghitung presentase pembebanan transformator dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{\text{Beban Transformator}}{\text{kapasitas Transformator}} \times 100\%$$

$$\text{Pembebanan tahun 2017} = \frac{31,0588}{60 \text{ MVA}} \times 100\%$$

$$= 51,76\%$$

Hasil keseluruhan dari perhitungan peramalan beban pada perhitungan presentase beban trafo I gardu induk 150kV Mrica Banjarnegara dapat dilihat pada table 4.8.

Pada penelitian yang telah dilakukan pada trafo I didapat data dengan hasil tahun 2014 dan 2015 beban yang dipakai yaitu 18,25 MVA dan 18,89 MVA dengan presentase 30% dan 31%, pada tahun 2016 beban naik secara signifikan yaitu sebesar 27,70 MVA dengan presentase 46% dikarenakan pada trafo II sedang ada perbaikan sehingga mengalami pemadaman selama tiga bulan maka beban pada trafo II dilimpahkan ke trafo I yang membuat bebat trafo I menjadi lebih besar. Untuk 2017 beban pada trafo I kembali normal yaitu sebesar 25,50 MVA dengan presentase beban 42%.

Berdasarkan batas kinerja optimal suatu transformator yaitu antara 60% - 80% dari kapasitas trafo tersebut. Dari 60% batas kinerja optimal dari trafo I gardu induk 150kV Mrica Banjarnegara didapat nilai 46MVA dari batas maksimal 80%. Dapat

dilihat kinerja transformator masih bekerja di beban ringan sampai tahun 2019 sebesar 34,70MVA dengan presentase 57%, dan dari tahun 2020 sampai 2022 beban transformator bekerja pada beban optimal sebesar 46,61 MVA dengan presentase 77% sehingga transformator masih sanggup melayani kebutuhan listrik untuk penduduk Banjarnegara.

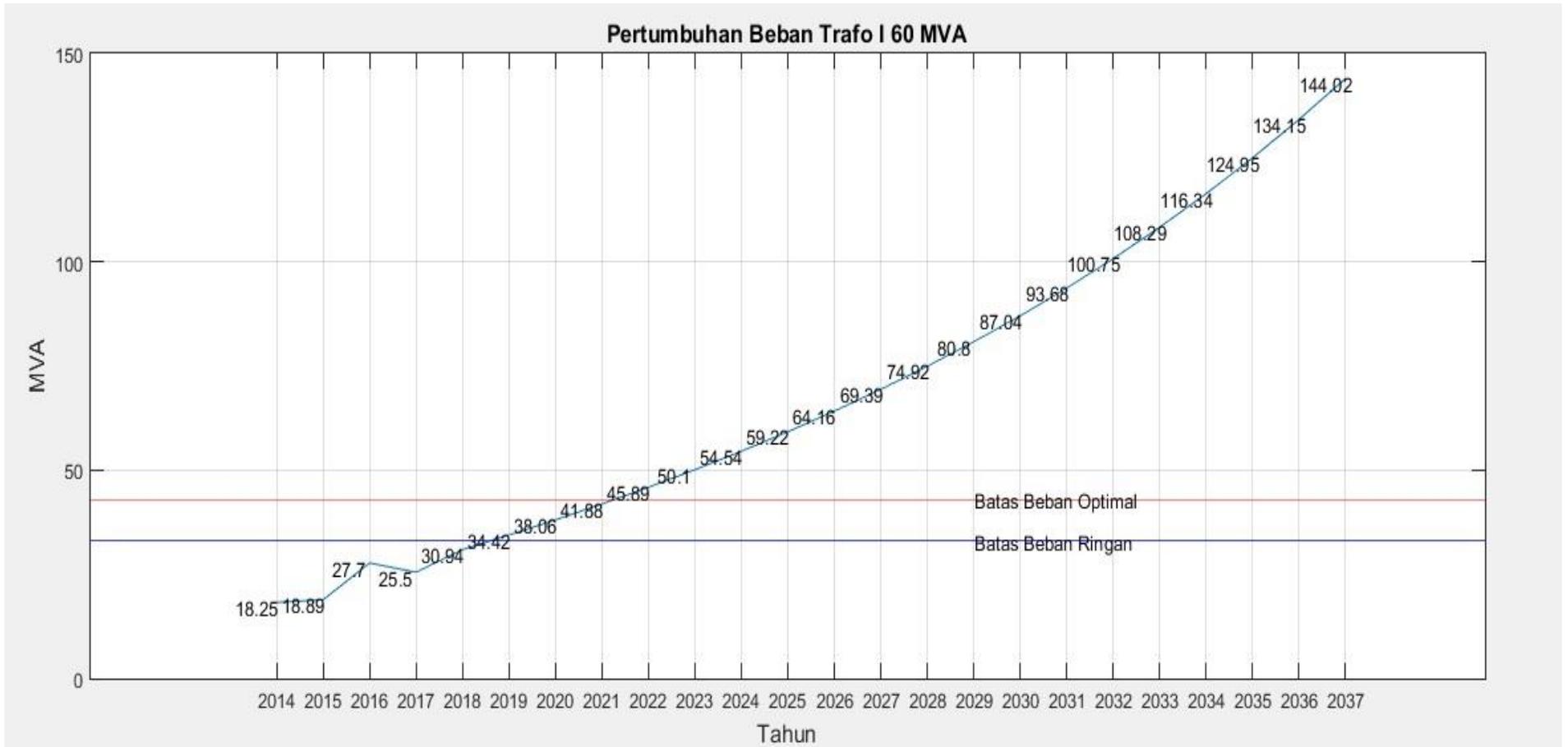
Transformator ini mengalami beban berat pada tahun 2023 sampai 2024 yaitu sebesar 55,49 MVA dengan presentase sebesar 92 % sedangkan untuk batas kinerja optimal pada suatu transformator yang bisa di tampung yaitu sebesar 80% . Ketika transformator rmencapai batas maksimal dari beban optimal, maka perencanaan penggantian atau penambahan kapasitas transformator harus segera dilakukan mengingat setiap tahunnya pertumbuhan penduduk selalu naik. Dengan naiknya bebab transformator pada tahun 2022 di gardu induk 150kV Mrica Banjarnegara sebaiknya pihak PLN APP Purwokerto melakukan tindakan penggantian atau penambahan kapasitas transformator untuk mengatasi beban lebih untuk tahun tahun kedepannya terhadap transformator mengingat bahwa kinerja transformator sudah dalam kondisi beban berat.

Tahun 2025 beban trafo sudah melebihi kapasitas yaitu sudah lebih dari 60 MVA dengan presentase lebih dari 100% itu artinya transformator sudah harus mengganti atau menambah kapasitas trafo dengan kapasitas yang lebih besar dari sebelumnya sehingga dapat mensuplai listrik secara optimal untuk kabupaten Banjarnegara.

Tabel 4.7 Hasil prakiraan beban menggunakan metode regresi pada trafo I

Tahun	Beban (Y) (MVA)	Penduduk (X1) (dalam ribuan)	PDRB (x2) (dalam jutaan)	Pembebanan	Evaluasi Toleransi
2014	18,25	899	14,342	30%	Beban Ringan
2015	18,89	902	15,847	31%	Beban Ringan
2016	27,70	907	17,241	46%	Beban Ringan
2017	25,50	911	18,550	42%	Beban Ringan
2018	31,05	915	20,182	51%	Beban Ringan
2019	34,70	919	21,958	57%	Beban Ringan
2020	38,49	923	23,890	64%	Beban Optimal
2021	42,46	927	25,993	70%	Beban Optimal
2022	46,10	931	28,280	77%	Beban Optimal
2023	50,95	935	30,769	84%	Beban Berat
2024	55,49	939	33,447	92%	Beban Berat
2025	60,31	943	36,422	100%	Overload
2026	65,37	947	39,628	108%	Overload
2027	70,70	951	43,115	117%	Overload
2028	76,33	955	46,909	127%	Overload
2029	80,80	959	51,037	137%	Overload
2030	88,62	963	55,526	147%	Overload
2031	93,34	967	60,415	158%	Overload
2032	101,48	971	65,732	170%	Overload
2033	109,08	975	71,516	183%	Overload
2034	116,19	979	77,809	196%	Overload
2035	126,84	983	84,657	211%	Overload
2036	135,09	987	92,107	226%	Overload
2037	144,98	991	100,212	243%	Overload

Grafik pertumbuhan beban pada trafo I



Gambar 4.1 Grafik pertumbuhan beban pada trafo I

4.3.2 Peramalan Beban Trafo II Gardu Induk Mrica 150kV

Tabel 4.8 Beban dan faktor yang mempengaruhi trafo II

Tahun	Beban (MVA) Y	Jumlah Penduduk (Dalam Ribuan) X ₁	PDRB (Dalam Jutaan) X ₂
2014	20,12	899	14,342
2015	28,02	902	15,847
2016	22,70	907	17,241
2017	22,73	911	18,550

Dari data diatas terlihat bahwa jumlah penduduk dan PDRB Kabupaten Banjarnegara sangat mempengaruhi pertumbuhan beban pada trafo II di gardu induk Mrica 150 kV Banjarnegara, Sehingga semakin naik pertumbuhan penduduk semakin naik juga beban pada transformator 150kV.

Tabel 4.9 Persamaan Regresi Trafo II Gardu Induk Mrica 150kV

Tahun	Y (Beban)	X₁ (Penduduk)	X₂ (PDRB)	X₁²	X₂²	Y²	X₁*X₂	X₁*Y	X₂*Y
2014	20,12	899	14,342	808201	205,6929	404,8144	12893,458	18097,88	288,5610
2015	28,02	902	15,847	813604	251,1274	785,1204	14293,994	25274,04	444,0329
2016	22,70	907	17,241	822649	297,2520	515,29	15637,587	20588,9	391,3707
2017	22,73	911	18,550	829921	344,1025	516,6529	16899,05	20707,03	421,6415
TOTAL (Σ)	93,57	3619	65,985	3274375	1098,1748	2221,8777	59725,099	84657,85	1545,6061

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

$$\Sigma X_1^2 = \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{n} = 3274375 - \frac{(3619)^2}{4} = 84,75$$

$$\Sigma X_2^2 = \Sigma X_2^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{n} = 1098,1748 - \frac{(65,985)^2}{4} = 9,6698$$

$$\Sigma Y^2 = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} = 2221,8777 - \frac{(93,57)^2}{4} = 33,0415$$

$$\Sigma X_1Y = \Sigma X_1Y - \frac{\Sigma X_1 x \Sigma Y}{n} = 84657,85 - \frac{3619 x 93,57}{4} = 0,3925$$

$$\Sigma X_2Y = \Sigma X_2Y - \frac{\Sigma X_2 x \Sigma Y}{n} = 1545,6061 - \frac{65,985 x 93,57}{4} = 2,052$$

$$\Sigma X_1X_2 = \Sigma X_1X_2 - \frac{\Sigma X_1 x \Sigma X_2}{n} = 59725,099 - \frac{3619 x 65,985}{4} = 25,1703$$

Maka diperoleh persamaan :

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

$$= \frac{[(9,6698 x 0,3925) - (2,052 x 25,1703)]}{[(84,75 x 9,6698) - (25,1703)^2]}$$

$$= \frac{[(3,7953) - (51,6494)]}{[(819,5155) - (633,5440)]}$$

$$= \frac{-47,8541}{185,9715}$$

$$= -0,2573$$

$$b_2 = \frac{[(\Sigma X_1^2 \times \Sigma X_2 Y) - (\Sigma X_1 Y \times \Sigma X_1 X_2)]}{[(\Sigma X_1^2 \times \Sigma X_2^2) - (\Sigma X_1 X_2)^2]}$$

$$= \frac{[(84,75 \times 2,052) - (0,3925 \times 25,1703)]}{[(84,75 \times 9,6698) - (25,1703)^2]}$$

$$= \frac{[(173,907) - (9,9473)]}{[(819,5155) - (633,5440)]}$$

$$= \frac{163,9597}{185,9715}$$

$$= 0,8816$$

$$a = \frac{(\Sigma Y) - (b_1 \times \Sigma X_1) - (b_2 \times \Sigma X_2)}{n}$$

$$= \frac{(93,57) - (-0,2573 \times 3619) - (0,8816 \times 65,985)}{4}$$

$$= \frac{(90,32) - (931,1687) - (58,1725)}{4}$$

$$= 240,829$$

Setelah melakukan perhitungan di atas maka telah diperoleh nilai dari b_1 , b_2 dan a , maka langkah selanjutnya adalah menghitung beban trafo II pada gardu induk 150 kV Mrica, Banjarnegara untuk 20 tahun yang akan datang.

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

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

$$Y = 241,6415 + (-0,2573 \times X_1) + (0,8816 \times X_2)$$

Dengan hasil :

$$a = 241,6415$$

$$b_1 = -0,2573$$

$$b_2 = 0,8816$$

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

$$\text{Beban tahun } x = -241,6415 + (-0,2573 \times \text{jumlah penduduk tahun } x) + (0,8816 \times \text{PDRB tahun } x)$$

1. Beban Tahun 2018

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

$$= 241,6415 + (-0,2573 \times 915) + (0,8816 \times 20,182)$$

$$= 241,6415 + (-235,4295) + 17,7924$$

$$= 24,0044$$

2. Beban Tahun 2019

$$Y = a + (b_1 * X_1) + (b_2 * X_2)$$

$$= 241,6451 + (-0,2573 * 919) + (0,8816 * 21,958)$$

$$= 241,6451 + (-236,4587) + (19,3581)$$

$$= 24,5445$$

3. Beban Tahun 2020

$$Y = a + (b_1 * X_1) + (b_2 * X_2)$$

$$= 241,6451 + (-0,2573 * 923) + (0,8816 * 23,890)$$

$$= 241,6451 + (-237,4879) + (21,0614)$$

$$= 25,2186$$

Presentase pembebanan transformator:

Untuk menghitung presentase pembebanan transformator dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{\text{Beban Transformator}}{\text{kapasitas Transformator}} \times 100\%$$

$$\text{Pembebanan tahun 2017} = \frac{24,0044}{60 \text{ MVA}} \times 100\%$$

$$= 40,00\%$$

Hasil keseluruhan dari perhitungan peramalan beban pada perhitungan presentase beban trafo II gardu induk 150kV Mrica Banjarnegara dapat dilihat pada table 4.11.

Pada penelitian yang telah dilakukan pada trafo II didapat data dengan hasil tahun 2014 beban yang dipakai yaitu sebesar 20,12 MVA dengan presentase pembebanan 33%, pada tahun 2015 beban naik secara signifikan yaitu sebesar 28,02 MVA dengan presentase 46% dikarenakan pada trafo I sedang ada perbaikan sehingga mengalami pemadaman selama tiga bulan maka beban pada trafo I dilimpahkan ke trafo II yang membuat beban trafo I menjadi lebih besar. Untuk tahun 2016 dan 2017 beban trafo kembali normal yaitu sebesar 22,70 MVA dan 22,73 MVA dengan presentase pembebanan 37%.

Berdasarkan batas kinerja optimal suatu transformator yaitu antara 60% - 80% dari kapasitas trafo tersebut. Dari 60% batas kinerja optimal dari trafo II gardu induk 150kV Mrica Banjarnegara didapat nilai 46,09 MVA dari batas maksimal 80%. Dapat dilihat kinerja transformator masih bekerja di beban ringan sampai tahun 2027 sebesar 34,96 MVA dengan presentase 58%, dan dari tahun 2028 sampai 2031 beban transformator bekerja pada beban optimal sebesar 46,09 MVA dengan presentase 76% sehingga transformator masih sanggup melayani kebutuhan listrik untuk penduduk Banjarnegara.

Transformator ini mengalami beban berat pada tahun 2032 sampai 2034 yaitu sebesar 58,34 MVA dengan presentase sebesar 97 % sedangkan untuk batas kinerja optimal pada suatu transformator yang bisa di tampung yaitu sebesar 80%

Ketika transformator mencapai batas maksimal dari beban optimal, maka perencanaan penggantian atau penambahan kapasitas transformator harus segera dilakukan mengingat setiap tahunnya pertumbuhan penduduk selalu naik. Dengan naiknya beban transformator pada tahun 2031 di gardu induk 150kV Mrica Banjarnegara sebaiknya pihak PLN APP Purwokerto melakukan tindakan penggantian atau penambahan kapasitas transformator untuk mengatasi beban lebih untuk tahun-tahun kedepannya terhadap transformator mengingat bahwa kinerja transformator sudah dalam kondisi beban berat.

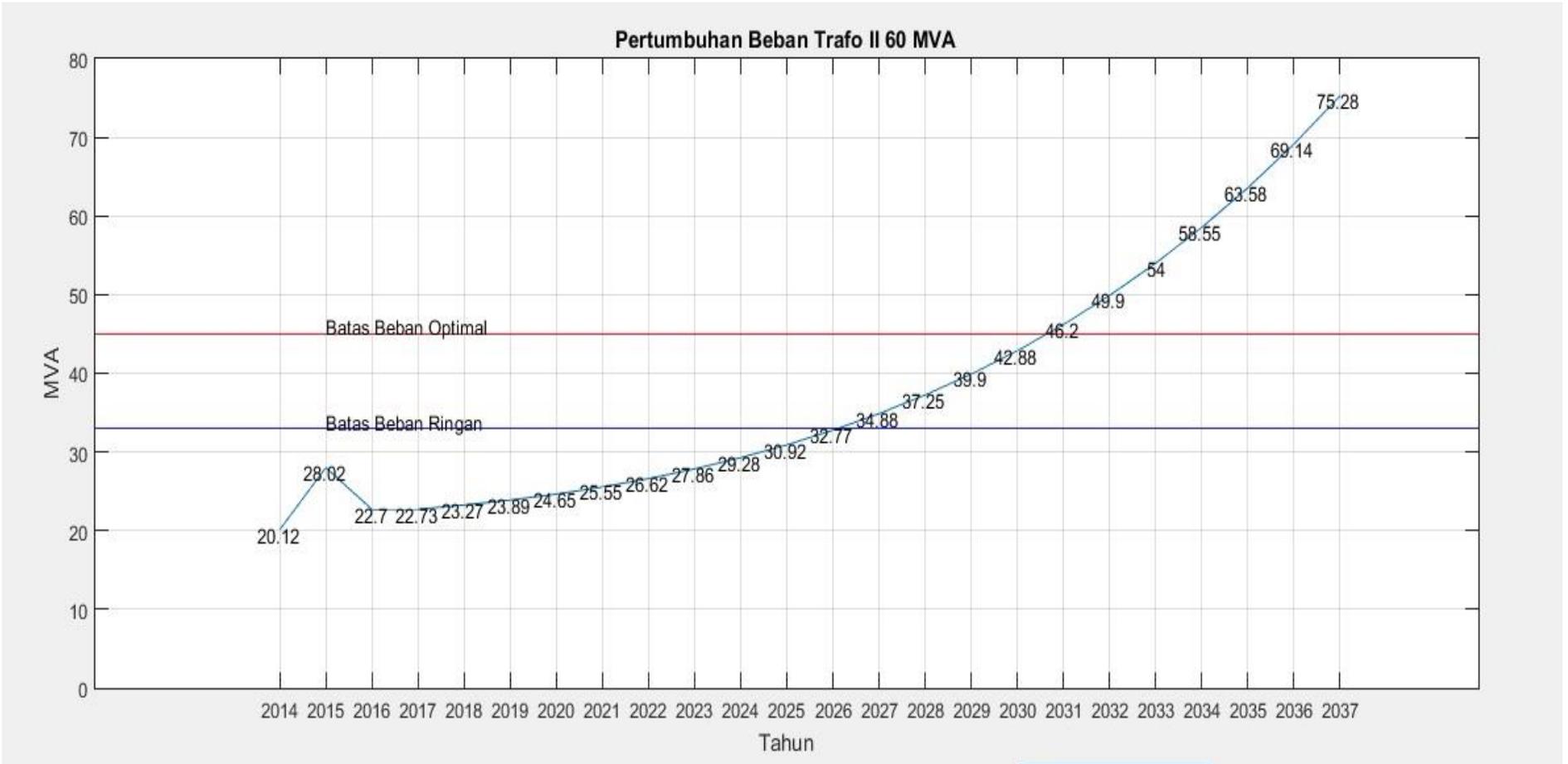
Tahun 2035 beban trafo sudah melebihi kapasitas yaitu sudah lebih dari 60 MVA dengan presentase lebih dari 100% itu artinya transformator sudah harus mengganti atau menambah kapasitas trafo dengan kapasitas yang lebih besar dari sebelumnya sehingga dapat mensuplai listrik secara optimal untuk kabupaten Banjarnegara.

Pada trafo I tahun 2025 sudah terjadi overload atau melebihi batas kapasitas dari transformator tersebut sedangkan pada trafo II overload terjadi pada tahun 2035, disini terjadi perbedaan kemampuan pembebanan antara trafo I dan trafo II dikarenakan trafo I mensuplai kebutuhan listrik Kabupaten Banjarnegara sebesar 50 – 60% sedangkan trafo II mensuplai kebutuhan listrik Kabupaten Banjarnegara sebesar 40 – 50 %, akan tetapi trafo II dapat mensuplai beban lebih dari 60% jika trafo I mengalami gangguan atau dalam perbaikan begitupun sebaliknya dengan trafo I dapat mensuplai beban lebih dari 60 % jika trafo II mengalami gangguan atau dalam perbaikan.

Tabel 4.10 Hasil prakiraan beban menggunakan metode regresi pada trafo II

Tahun	Beban (Y) (MVA)	Penduduk (X1) (dalam ribuan)	PDRB (x2) (dalam jutaan)	Pembebanan	Evaluasi Toleransi
2014	20,12	899	14,342	33%	Beban Ringan
2015	28,02	902	15,847	46%	Beban Ringan
2016	22,70	907	17,241	37%	Beban Ringan
2017	22,73	911	18,550	37%	Beban Ringan
2018	23,78	915	20,182	40%	Beban Ringan
2019	24,00	919	21,958	40%	Beban Ringan
2020	25,21	923	23,890	42%	Beban Ringan
2021	26,04	927	25,993	43%	Beban Ringan
2022	27,02	931	28,280	45%	Beban Ringan
2023	28,19	935	30,769	46%	Beban Ringan
2024	29,52	939	33,447	49%	Beban Ringan
2025	31,12	943	36,422	51%	Beban Ringan
2026	32,91	947	39,628	54%	Beban Ringan
2027	34,96	951	43,115	58%	Beban Ringan
2028	37,27	955	46,909	62%	Beban Optimal
2029	39,88	959	51,037	66%	Beban Optimal
2030	42,81	963	55,526	71%	Beban Optimal
2031	46,09	967	60,415	76%	Beban Optimal
2032	49,75	971	65,732	82%	Beban Berat
2033	53,82	975	71,516	89%	Beban Berat
2034	58,34	979	77,809	97%	Beban Berat
2035	63,35	983	84,657	105%	Overload
2036	68,88	987	92,107	114%	Overload
2037	75,00	991	100,212	100%	Overload

Grafik pertumbuhan beban pada trafo II



Gambar 4.2 grafik pertumbuhan beban pada trafo I

