

## ESTIMASI PEMBEBANAN TRANSFORMATOR Gardu Induk 150 KV

Elias K. Bawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Papua  
Email: elias\_kondorura@yahoo.com

**Abstract** - Development of an area, such as Yogyakarta is directly proportional to consumption of power in that area. Transformer of 150 KV Wirobrajan substation, 60 MVA, is one of main equipment in power system. Load forecasting on this research using daily average peak load data during five years that is since 2003 to 2008. Based on the analysis of the result of exponential model approach method, the equation  $Y = 5.29 e^{0.04057X}$  is obtained. By using this model, it is found that average load growth forecasting of the transformer during 2009 to 2025, is suitable to supply 50.89 MVA of load demand (85% of full load). Moreover, model  $Y = 20.18 + 0.44X_1 + 0.07X_2$  is found using polynomial method. In 2025, the transformer, based on polynomial method, can deliver power 80.07 MVA (about 80.07% of full load). Finally, load current was 230.72 A, in 2025.

**Keywords:** Power demand, transformer capacity, exponential trend

### I. Pendahuluan

Tenaga listrik merupakan kebutuhan primer bagi kehidupan manusia, hal ini disebabkan 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 dan distribusi. 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 [1].

Salah satu unsur pendukung keandalan pelayanan sistem tenaga listrik yaitu dengan adanya gardu induk. Transformator sebagai media perantara dalam menyalurkan tenaga listrik mempunyai batas kemampuan maksimal. Batas kemampuan maksimal pembebanan pada transformator didasarkan atas nilai pengenal (rating) yang merupakan harga dalam keadaan operasi normal yang tidak boleh dilampaui.

Tingkat keandalan yang tinggi suatu sistem tenaga listrik merupakan salah satu persyaratan yang penting dalam mencatu dan menyalurkan tenaga listrik ke konsumen. Peningkatan keandalan dan kualitas penyediaan tenaga listrik pada Gardu Induk 150 kV Wirobrajan Yogyakarta dilakukan dengan memilih dan memasang peralatan tenaga listrik termasuk transformator distribusi dengan kapasitas yang sesuai sehingga dapat mengikuti pertumbuhan beban didaerah pelayanannya

### II. Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah satu unit notebook dengan Pentium (R) Dual Core 2.1 GHz, 2.86 GB, printer, camera dan buku-buku referensi.

Penelitian ini dilaksanakan di kampus Universitas Gadjah Mada selama empat (4) bulan terhitung tanggal 9 September sampai 9 Desember 2009.

#### 2.1. Teknik Pengumpulan Data

Data untuk penelitian ini diambil secara langsung di PT. PLN (Persero) UBD Jawa Tengah Unit Pelayanan Jaringan II Sub Area Yogyakarta di GI 150 KV Wirobrajan. Data yang diambil mulai tahun 2003 sampai 2008. Jenis data yang diambil adalah :

1. Data beban puncak harian tahun 2003 – 2008
2. Pemakaian Beban tahun 2003 – 2008 data pada WBP (19.00) dan LWBP (10.00)
3. Kapasitas trafo 60 MVA

## 2.2. Analisa Data

Pertumbuhan daya listrik pada suatu daerah tidak selalu berbentuk linear. Pertambahan tahun belum tentu diikuti oleh pertambahan pemakaian daya secara linear. Penggunaan energi pada suatu daerah cenderung mengalami peningkatan dan tidak pernah berkurang selama daerah tersebut masih dalam keadaan normal. Dengan latarbelakang tersebut maka peneliti memilih metode pendekatan non linear sehingga metode yang digunakan adalah regresi linear model eksponensial [2].

Model eksponensial didekati dengan persamaan:

$$Y = ae^{bx} \quad (1)$$

Dengan harga-harga:

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

$$a = e^{\frac{1}{m}(\sum \ln Y_i) - b \sum X_i} \quad (3)$$

$$r = \frac{m \sum (X_i \ln Y_i) - (\sum X_i)(\sum \ln Y_i)}{\left[ \left\{ m \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 \right\} \left\{ m \sum \ln Y_i^2 - (\sum \ln Y_i)^2 \right\} \right]^{1/2}} \quad (4)$$

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

$$\alpha = \frac{Y}{a} \quad (5)$$

dimana,

$\alpha$  : faktor pengali (pertumbuhan beban)

Y: hasil persamaan pendekatan

a : konstanta persamaan

Peramalan beban adalah suatu cara memperkirakan atau menggambarkan

beban dimasa yang akan datang, model pendekatan peramalan

$$S_t = S_o \left( \frac{Y}{\alpha} \right) \quad (6)$$

dimana,

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

$S_o$ : Pemakaian beban tenaga listrik (MVA) dasar pada tahun perhitungan tahun pertama

a : Pertumbuhan beban rata-rata yang diamati (faktor pengali)

Y : Hasil persamaan pendekatan.

Pembebanan transformator didapat dari hasil peramalan beban dibagi dengan kapasitas transformator, kapasitas transformator didapat dari data transformator yang dipakai [3].

$$\%Pembebanan = \frac{S_t}{K_{transformator}} \times 100\% \quad (7)$$

dimana,

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

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

Beban puncak merupakan beban tertinggi yang dipikul oleh transformator pada selang waktu tertentu selama transformator beroperasi. Mencari daya rata-rata puncak pertahun digunakan persamaan :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (8)$$

Pembebanan transformator menyebabkan arus beban akan mengalami perubahan sesuai pemakaian beban. Persamaan untuk menghitung arus beban adalah :

$$I_{pembebanan} = \frac{S(MVA)}{KV \cdot \cos \phi \cdot \sqrt{3}} \quad (9)$$

### III. Hasil dan Pembahasan

Menghitung data beban puncak harian menjadi data beban puncak rata-rata bulanan setiap tahunan untuk setiap daya aktif (P) dan daya reaktif (Q). Dengan menggunakan persamaan 8 kita mendapatkan beban puncak rata-rata tahun 2003 sampai 2008 GI Wirobrajan.

**Tabel 1.** Daya rata-rata tahun 2003 sampai 2008

Tahun	MVA
2003	20.644
2004	21.162
2005	22.660
2006	22.819
2007	23.830
2008	25.531

Berdasarkan data beban puncak rata – rata dan beban rendah rata – rata transformator dari tahun 2003 sampai 2008 dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Beban puncak minimum (pukul 10.00)

Tahun	BebanPuncak Minimum				
	MW	MVAR	MVA	Cos	Arus beban (A)
2003	14.12	6.70	15.39	0.91	65.08
2004	15.27	7.16	16.87	0.91	71.81
2005	19.57	9.32	21.67	0.90	92.59
2006	18.23	8.20	19.99	0.91	84.48
2007	18.56	9.03	20.04	0.92	84.38
2008	20.03	9.78	22.36	0.90	95.30

**Tabel 3.** Beban puncak minimum (pukul 19.00)

Tahun	BebanPuncakMaksimum				
	MW	MVAR	MVA	Cos	Arusbeban (A)
2003	18.08	10.08	20.64	0.87	91.02
2004	18.57	10.15	21.16	0.88	92.99
2005	22.61	12.13	22.66	0.88	98.89
2006	20.61	9.80	22.82	0.90	97.38
2007	21.23	10.07	23.83	0.90	101.92
2008	23.53	14.66	25.53	0.90	109.80

#### 3.1 Analisis dengan Metode Eksponensial

Prediksi jumlah beban dilakukan dengan menggunakan koefisien a dan b dengan menggunakan persamaan 2 dan 3. Variabel-variable yang diperlukan untuk

koefisien a dan b terangkum dalam tabel berikut ini.

**Tabel 4.** Variabel Perhitungan

Tahun	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Σ
$X_i$	1	2	3	4	5	6	21.0
$Y_i$	20.6	21.2	22.7	22.8	23.8	25.5	136.6
$X_i * Y_i$	20.6	42.3	68.0	91.3	119.2	153.2	494.6
$X_i^{*2}$	1	4	9	16	25	36	91.0
$Y_i^{*2}$	426.2	447.8	513.5	520.7	567.9	651.8	3127.9
$Ln Y_i$	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	18.7
$X_i * Ln Y_i$	3.0	6.1	9.4	12.5	15.9	19.4	66.3
$(Ln Y_i)^{*2}$	9.2	9.3	9.7	9.8	10.1	10.5	58.6

Dari data-data yang ada kita menghitung koefisien – koefisien berikut :

Harga b:

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

$$b = 0.04057$$

Harga a:

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

$$a = 5.296$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh persamaan pendekatan peramalan beban untuk beban puncak adalah:

$$Y = 5.296e^{0.04057x}$$

Dengan menggunakan persamaan 5, kita menghitung faktor pengali. Faktor pengali pada tahun 2009 adalah:

$$\alpha = \frac{5.5152}{5.296}$$

$$\alpha = 1.0414$$

Peramalan beban transformator GI Wirobrajan tahun 2009.

$$S_{(t)} = (S_o) \times \text{Faktor pengali } (\alpha)$$

$$S_{(2009)} = 25.531 \times 1.0414$$

$$S_{(2007)} = 26.5879 \text{ MVA}$$

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{26.5879}{60} \times 100\% = 44.31\%$$

Dengan metode yang sama kita dapat menghitung peramalan beban untuk 20 tahun kedepan, dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 5.** Hasil perhitungan pembebanan metode eksponensial

Tahun Ke	Tahun	Pembebanan pada Tahun	Pembebanan (%)
1	2009	26.59	44.31
2	2010	27.69	46.15
3	2011	28.84	48.06
4	2012	30.03	50.05
5	2013	31.27	52.12
6	2014	32.57	54.28
7	2015	33.92	56.53
8	2016	35.32	58.87
9	2017	36.78	61.3
10	2018	38.31	63.84
11	2019	39.89	66.49
12	2020	41.54	69.24
13	2021	43.26	72.11
14	2022	45.06	75.09
15	2023	46.92	78.2
16	2024	48.86	81.44
17	2025	50.89	84.81
18	2026	53	88.33
19	2027	55.19	91.98
20	2028	57.47	95.79

### 3.2 Analisis dengan Fungsi Polinomial

Perhitungan penentuan persamaan pendekatan peramalan beban dapat di hitung dari tabel di bawah ini untuk mendapatkan persamaan polinomial.

**Tabel 6.** Variabel perhitungan koefisien persamaan

X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	X*Y	X <sup>2</sup> (Y)
1	20.64	1	1	1	20.64	20.64
2	21.16	4	8	16	42.32	84.65
3	22.66	9	27	81	67.98	203.94
4	22.82	16	64	256	91.28	365.10
5	23.83	25	125	625	119.15	595.75
6	25.53	36	216	1296	153.19	919.12
21	136.65	91	441	2275	494.56	2189.20

Persamaan umum fungsi polinomial adalah:  
 $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_1^2 + \dots + a_n X_1^n$

Dari tabel 6 kita dapatkan persamaan :

$$6 a_0 + 21 a_1 + 91 a_2 = 136 .646$$

$$21 a_0 + 91 a_1 + 441 a_2 = 494 .56$$

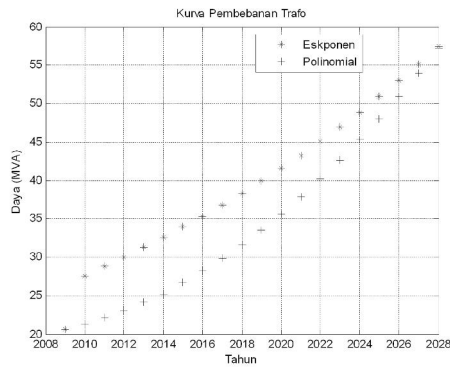
$$91 a_0 + 441 a_1 + 2275 a_2 = 2189 .202$$

Dengan bantuan Matlab<sup>[4]</sup> didapatkan koefisien-koefisien  $a_0$ ,  $a_1$  dan  $a_2$  sehingga persamaan menjadi:

$$Y = 20 .1757 + 0.4355 X_1 + 0.0708 X_1^2$$

**Tabel 7.** Hasil perhitungan pembebanan fungsi polinomial

x	Tahun	Y	Pembebanan (%)
1	2009	20.68	34.47
2	2010	21.33	35.55
3	2011	22.12	36.87
4	2012	23.05	38.42
5	2013	24.12	40.21
6	2014	25.34	42.23
7	2015	26.69	44.49
8	2016	28.19	46.98
9	2017	29.83	49.72
10	2018	31.61	52.68
11	2019	33.53	55.89
12	2020	35.60	59.33
13	2021	37.80	63.00
14	2022	40.15	66.92
15	2023	42.64	71.06
16	2024	45.27	75.45
17	2025	48.04	80.07
18	2026	50.95	84.92
19	2027	54.01	90.02
20	2028	57.21	95.34



Gambar 1. Kurva pembebanan trafo

### 3.3 Perubahan Arus Terhadap Pembebanan Transformator

Akibat adanya beban yang berubah-ubah maka besarnya arus beban juga akan mengalami perubahan berupa kenaikan atau penurunan.

Tabel 8. Perubahan Arus Akibat Pembebanan

Tahun	Pembebanan Pada Tahun	% Pembebanan	Arus Pembebanan (A)
2009	26.59	44.31	120.55
2010	27.69	46.15	125.54
2011	28.84	48.06	130.75
2012	30.03	50.05	136.14
2013	31.27	52.12	141.77
2014	32.57	54.28	147.66
2015	33.92	56.53	153.78
2016	35.32	58.87	160.13
2017	36.78	61.30	166.75
2018	38.31	63.84	173.68
2019	39.89	66.49	180.85
2020	41.54	69.24	188.33
2021	43.26	72.11	196.12
2022	45.06	75.09	204.28
2023	46.92	78.20	212.72
2024	48.86	81.44	221.51
2025	50.89	84.81	230.72
2026	53.00	88.33	240.28
2027	55.19	91.98	250.21
2028	57.47	95.79	260.55

## IV. Kesimpulan

Standar toleransi kelayakan kapasitas transformator gardu induk wirobrajan sebesar 85 % yaitu 50.89 MVA untuk fungsi eksponensial dan 48.07 MVA dengan fungsi polinomial dengan arus pembebanan 84.81% yaitu sebesar 230.72 Amperetercapai pada tahun 2025.

Untuk mengatasi persoalan ini maka pihak PLN Gardu Induk 150 kV Wirobrajan Yogyakarta harus segera melaksanakan evaluasi dan perencanaan penggantian atau penambahan trafo gardu induk pada tahun 2025.

Pemakaian beban harus memperhatikan ketentuan yang diizinkan yaitu tidak melebihi dari 85 % dari kapasitas daya terpasang.

Pemeliharaan dari transformator harus mengikuti aturan yang sudah ditentukan, yaitu secara rutin dan berkala.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimum maka sebaiknya menggunakan data yang lebih banyak

## Daftar Pustaka

- [1] Abdul Kadir, Ir. 1988, Transmisi Tenaga Listrik, Universitas Indonesia, Jakarta
- [2] Anto Dajan, 1986, Pengantar Metoda Statistik Jilid 1, LP3ES, Jakarta.
- [3] A.S. Pabla, Ir. Abdul hadi, 1992, Sistem Distribusi Daya Listrik. Erlangga, Jakarta Indonesia.
- [4] Kiusalaas, J., 2010, Numerical Methods in Engineering with Matlab, second edition, Pansylvanian State University.