

# ANALISIS PERAMALAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR

Syamsir\*, Wahyudi BP, Husen Mubarak

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang KM 14,5 Yogyakarta, Indonesia

[syamsiracm@gmail.com](mailto:syamsiracm@gmail.com)

## Abstrak

*PT. PLN (PERSERO) merupakan perusahaan milik Negara yang berfungsi untuk mengatur atau mengelola pendistribusian pasokan energi listrik nasional. Salah satu factor yang mempengaruhi system distribusi di PLN yaitu susut atau losses pada transformator. Susut ini dipengaruhi oleh factor pembebanan pada jaringan distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan masa pakai transformator distribusi yang beroperasi selama 24 jam. Dalam penelitian ini ada 2 jenis transformator distribusi yang diramalkan masa pakainya yaitu transformator distribusi 400 kVA dan transformator distribusi 630 kVA. Pada transformator distribusi JGK6 400 Kva tahun 2006 memiliki masa pakai yang cukup lama sampai 2030 dengan persentasi beban pada siang hari 72,24% dan malam hari 77,87% , transformator distribusi tipe RG98P 400 kVA tahun 2007 memiliki masa pakai sampai 2024 dengan persentasi beban pada siang hari sebesar 76,15% dan pada malam hari sebesar 83,41%, transformator distribusi tipe RG72 630 kVA Tahun 2008 diperoleh rata-rata beban transformator pada siang hari sebesar 54,56% dan beban transformator pada malam hari sebesar 62,74% dari rating transformator sebesar 58,47%. Sehingga dapat diketahui bahwa masa pakai transformator sampai tahun 2026 dan transformator distribusi tipe RG168 630 kVA Tahun 2006 memiliki rating sebesar 54,26%. Sehingga dari hasil peramalan beban diperoleh bahwa hasil masa pakai transformator ini sampai tahun 2027.*

**Kata Kunci : Transformator distribusi, Masa pakai transformator, Pengaruh beban untuk masa pakai**

## I. Latar Belakang

Pada operasi sistem tenaga listrik, kehandalan dan kestabilan pada gardu induk distribusi sangat penting guna menunjang kelancaran penyaluran tenaga listrik. Salah satu upaya untuk menjaga system dengan perawatan transformator. Perawatan transformator sangat penting untuk dijaga kelanjutannya demi menyalurkan ke sistem distribusi.

Saat ini permasalahan yang timbul pada transformator distribusi disebabkan meningkatnya pemakaian listrik oleh konsumen secara signifikan. Permasalahan ini mengakibatkan timbulnya pembebanan berlebih atau *overload* pada transformator selama beroperasi di sistem distribusi. Kategori pembebanan berlebih yaitu saat beban transformator melebihi *ratingnya*. Jika kondisi *overload* terus berlangsung dan tidak ada pencegahan atau perawatan, maka batas ketahanan isolasi pada komponen transformator akan menurun, penerunan kemampuan isolasi disebabkan naiknya suhu lilitan primer dan skunder. Kondisi pembebanan yang tidak stabil dapat mempengaruhi umur pemakaian transformator yang tidak sesuai dengan standar atau spesifikasi pabrik.

Oleh karena itu pentingnya untuk mengetahui susut umur transformator tiap harinya ketika mengalami kenaikan beban karena dapat membantu memprediksikan kapan transformator akan berhenti berfungsi atau berhenti menjadi handal dan stabil, maka dari penulis membuat judul skripsi ini “Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linear”.

## II. Studi Literatur

### a. Transformator

Transformator adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang digunakan untuk mengubah energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang berbeda berdasarkan cara kerja dari induksi elektromagnetik. Pada sisi primer dan sisi sekunder, tegangan transformator berbanding lurus sedangkan arusnya berbanding terbalik.

Penggunaan transformator yaitu untuk menyalurkan tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah melalui sistem transmisi dan distribusi. Fungsinya untuk kebutuhan ekonomis supaya mengurangi rugi-rugi pada saluran kabel ketika berada di jalur transmisi dikarenakan akan disalurkan ke kedaerah yang lumayan jauh dari pembangkit. Fungsi lainnya adalah menyalurkan daya rendah ke jalur distribusi untuk bisa digunakan oleh

konsumen dirumah. Gambar 2.1 adalah contoh transformator distribusi 400 kVA.



Gambar 2.1 Transformator distribusi 400 kVA.

### b. Regresi Linear Sederhana

Regresi linear adalah hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel. Persamaan 2.1 merupakan persamaan regresi linear sederhana yang digunakan untuk peramalan beban transformator[1].

$$Y = a + bX \quad (2.1)$$

Dimana:

$Y$  = Data Pembebanan

$a$  = Konstanta

$b$  = Koefisien Regresi

$X$  = Periode pengambilan data per 3 bulan

Untuk mencari nilai  $a$  dan  $b$  menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{(n)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (2.2)$$

$$b = \frac{(n)(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{(n)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (2.3)$$

Dimana:

$\Sigma Y$  = Jumlah *persentase* beban transformator.

$\Sigma X$  = Jumlah pengambilan data per 3 bulan.

$n$  = Banyaknya variabel  $X$  dan  $Y$ .

### c. Masa Pakai Transformator Distribusi

Susut umur transformator disebabkan adanya pembebanan berlebih yang mengakibatkan panas lilitan kumparan pada transformator. Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), transformator yang digunakan di Indonesia bekerja pada suhu maksimal 40°C. Hal ini disebabkan negara

Indonesia memiliki tingkat suhu rata-rata perhari maupun pertahun sebesar 30°C.

Penurunan umur transformator dipengaruhi oleh besarnya suhu. Persamaan 2.4 dan Persamaan 2.5 digunakan untuk mengetahui umur transformator yang digunakan [2] [3].

$$\theta_h = \text{beban transformator (\%)} \times T_{max} \quad (2.4)$$

$$V = 2^{\left(\frac{\theta_h - 98^\circ\text{C}}{6}\right)} \quad (2.5)$$

Dimana:

$V$  = Kecepatan relative (V)

$\theta_h$  = Titik suhu panas (°C)

$T_{max}$  = Suhu (98°C)

Persamaan 2.6 digunakan untuk mengetahui pengurangan umur transformator [2] [3].

$$\text{Susut umur (24jam)} = (t.V\text{siang1}) + (t.V\text{siang 2}) \quad (2.6)$$

$$\text{Susut umur (\%)} = \frac{s.u(\text{jam})}{t} \times 100$$

Dimana:

$t$  = Waktu (jam).

Karena pemberian beban selalu berubah-ubah setiap harinya dan tidak konstan maka perhitungan tersebut hanya menghitung umur transformator yang hanya dipengaruhi oleh panas kawat lilitan dan bukan yang lain, untuk menghitungnya menggunakan Persamaan 2.7 [2] [3].

$$\text{Perkiraan masa pakai pada tahun ke } - n = \frac{\text{umur dasar} - n}{\text{susut umur}} \quad (2.7)$$

Dimana:

$n$  = Tahun awal pemasangan.

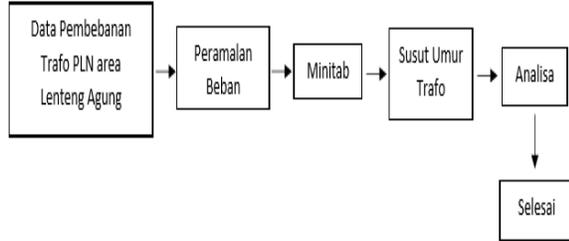
### d. Software Minitab

Minitab merupakan salah satu dari sekian banyak program komputer yang digunakan untuk mengerjakan pengolahan data statistik. Minitab menyediakan berbagai kemampuan untuk analisis data statistic baik dasar dan lanjutan. Minitab dirancang untuk mempermudah dalam menganalisa data, baik data sekunder maupun data primer. Minitab akan mempermudah dalam perhitungan matematis sehingga pengguna minitab lebih fokus pada analisis data dan intrepertasi hasil.[6]

### III. Perancangan Sistem

#### a. Desain Sistem

Dalam penyelesaian tugas akhir ini dibutuhkan langkah kerja dalam penyelesaiannya. Langkah kerjanya dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok diagram system

#### b. Mengumpulkan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperoleh dari kantor PLN area Lenteng Agung, Jakarta Selatan. Data yang diperoleh merupakan data pengukuran transformator saat siang dan malam hari, tanggal pengukuran transformator, kapasitas transformator, dan merek transformator. Data pengukuran transformator di siang hari merupakan data di luar beban puncak dan data pengukuran transformator di malam hari adalah data beban puncak.

#### c. Peramalan Beban

Pada tahap ini dilakukan peramalan data transformator yang telah diperoleh menggunakan Persamaan 2.1. Setelah diperoleh hasil peramalan, maka dilakukan uji kebenaran hasil perhitungan manual menggunakan software Minitab. Setelah diperoleh hasil peramalan beban, langkah selanjutnya adalah mencari masa pakai transformator menggunakan Persamaan 2.4 – 2.7.

#### d. Uji Validasi

Pada tahap ini, dilakukan uji validasi menggunakan software Minitab. Dimana Minitab digunakan untuk menguji kebenaran dari hasil perhitungan secara manual menggunakan Persamaan 2.2 dan 2.3.

#### e. Masa Pakai Transformator

Setelah melakukan uji validasi, dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 2.4 – 2.7 untuk meramalkan masa pakai transformator pada gardu area Lenteng Agung, Jakarta Selatan.

#### f. Analisa Data

Pada tahap ini dilakukan analisa data yang telah diperoleh pada saat pengumpulan data dan uji validasi.

### IV. Hasil dan Pembahasan

#### a. JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006

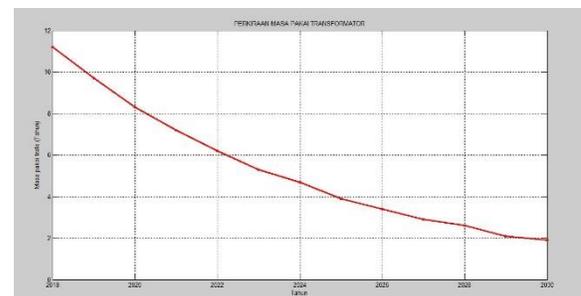
Untuk mengetahui hasil peramalan masa pakai transformator, terlebih dahulu kita harus mengetahui

nilai konstanta dan koefisiensi pada persamaan 2.1. adapun nilai konstantanya yaitu  $Y = 46,34 + 0,381X$  untuk peramalan beban transformator pada saat siang hari dan diperoleh nilai  $Y = 60,95 + 0,249X$  untuk peramalan beban transformator pada saat malam hari. Setelah nilai konstanta dan koefisiensi diperoleh secara manual, selanjutnya dilakukan uji kebenaran menggunakan software minitab. Hasil peramalan masa pakai transformator JGK6 400 kVA Tahun 2006 menggunakan software minitab dapat dilihat pada table 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Peramalan Beban Transformator JGK6 400 kVA

No	Tahun	% Beban		Periode Masa Pakai Transformator
		Siang (%)	Malam (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2018	53.96	65.93	11 Tahun 2 Bulan
2	2019	55.48	66.92	9 Tahun 6 Bulan
3	2020	57.00	67.92	8 Tahun 3 Bulan
4	2021	58.53	68.91	7 Tahun 2 Bulan
5	2022	60.05	69.91	6 Tahun 2 Bulan
6	2023	61.57	70.90	5 Tahun 3 Bulan
7	2024	63.10	71.90	4 Tahun 7 Bulan
8	2025	64.62	72.89	3 Tahun 10 Bulan
9	2026	66.14	73.89	3 Tahun 4 Bulan
10	2027	67.67	74.89	2 Tahun 10 Bulan
11	2028	69.19	75.88	2 Tahun 6 Bulan
12	2029	70.72	76.88	2 Tahun 1 Bulan
13	2030	72.24	77.87	1 Tahun 9 Bulan

Dari hasil peramalan beban transformator pada tabel 4.1 dapat diketahui bahwa masa pakai transformator dipengaruhi oleh beban. Semakin meningkat jumlah bebab menyebabkan masa pakai transformator menurun. Transformator JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006 memiliki masa pakai yang lama hingga tahun 2030 dengan periode 1 tahun 9 bulan pemakaian. Gambar 4.1 adalah grafik peramalan masa pakai transformator JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan.



Gambar 4.1 Grafik Masa Pakai Transformator JGK6

Dari gambar 4.1, terlihat bahwa masa pakai transformator setiap tahun akan menurun dan sebagai acuan untuk penggunaan maupun mengganti transformator dengan yang baru.

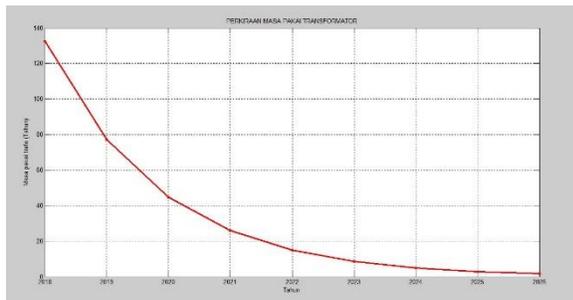
**b. RG72 630 kVA Tahun Pemasangan 2008**

Untuk mengetahui hasil peramalan masa pakai transformator, terlebih dahulu kita harus mengetahui nilai konstanta dan koefisiensi pada persamaan 2.1. adapun nilai konstantanya yaitu  $Y = 13,13 + 1,51X$  untuk peramalan transformator pada siang hari dan  $Y = 15,34 + 1,317X$  untuk malam hari. Setelah nilai konstanta dan koefisiensi diperoleh secara manual, selanjutnya dilakukan uji kebenaran menggunakan *software* minitab. Hasil peramalan masa pakai transformator JGK6 400 kVA Tahun 2006 menggunakan *software* minitab dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Peramalan Beban Transformator RG72 630 kVA

No	Tahun	% Beban		Periode Masa Pakai Transformator
		Siang (%)	Malam (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2018	36.15	41.67	132 Tahun 5 Bulan
2	2019	40.75	46.94	77 Tahun
3	2020	45.36	52.21	44 Tahun 8 Bulan
4	2021	49.96	57.47	26 Tahun
5	2022	54.56	62.74	15 Tahun
6	2023	59.17	68.01	8 Tahun 8 Bulan
7	2024	63.77	73.27	5 Tahun
8	2025	68.38	78.54	2 Tahun 10 Bulan
9	2026	72.98	83.81	1 Tahun 8 Bulan

Berdasarkan tabel 4.2 diperoleh rata-rata beban transformator pada siang hari sebesar 54.56% dan beban transformator pada malam hari sebesar 62.74% dari *rating* transformator sebesar 58.47%. berdasarkan rata-rata beban, diperoleh masa pemakaian transformator RG72 sampai 2026. Gambar 4.2 adalah grafik peramalan masa pakai transformator RG72 630 kVA tahun pemasangan 2006 pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan.



Gambar 4.2 Grafik masa pakai transformator RG72.

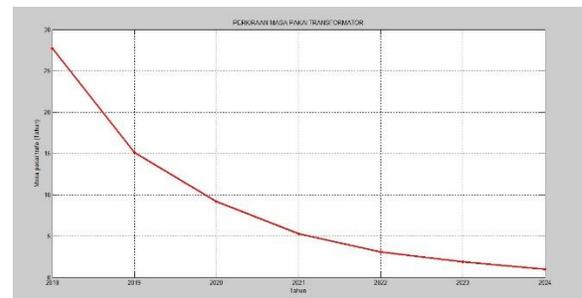
**c. RG98P 400 kVA Tahun Pemasangan 2007**

Transformator tipe RG98P 400 kVA tahun pemasangan 2007 diperoleh nilai konstanta dan koefisiensi yang dihitung secara manual berdasarkan persamaan 2.1 diperoleh nilai  $Y = 23,30 + 1,237X$  untuk peramalan beban transformator pada siang hari dan  $Y = 35.05 + 1,164X$  untuk peramalan beban transformator malam hari. Hasil perhitungan manual telah diperoleh kemudian dilakukan uji kebenaran menggunakan *software* minitab. Hasil peramalan menggunakan *software* minitab dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Peramalan Beban Transformator RG98P 400 kVA

No	Tahun	% Beban		Periode Masa Pakai Transformator
		Siang (%)	Malam (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2018	47.07	56.03	27 Tahun 7 Bulan
2	2019	51.91	60.59	15 Tahun 10 Bulan
3	2020	56.76	65.16	9 Tahun 2 Bulan
4	2021	61.61	69.72	5 Tahun 3 Bulan
5	2022	66.45	74.29	3 Tahun 1 Bulan
6	2023	71.30	78.85	1 Tahun 9 Bulan
7	2024	76.15	83.41	1 Tahun

Berdasarkan tabel 4.3 transformator jenis ini memiliki persentase *rating* sebesar 58,02% sehingga diperoleh masa pakai transformator terlama selama 27 tahun 6 bulan pada tahun 2018 sedangkan masa pakai tercepat selama 1 tahun pada tahun 2024. Sehingga transformator jenis ini dapat digunakan sampai 2024. Gambar 4.3 adalah grafik masa pakai transformator RG98P tahun pemasangan 2007 pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan.



Gambar 4.3 Grafik masa pakai transformator RG98P

#### d. RG168 630 kVA Tahun Pemasangan 2006

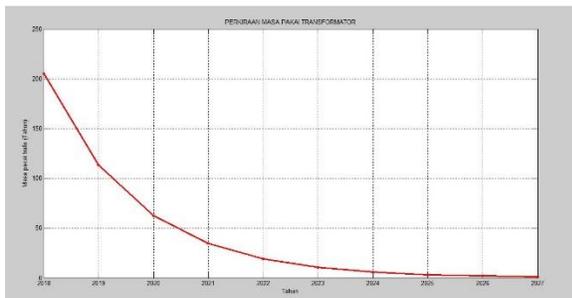
Nilai konstanta dan koefisiensi transformator jenis ini yang dihitung secara manual diperoleh  $Y = 4.70 + 1,317X$  untuk peramalan beban transformator pada siang hari dan  $Y = 9.94 + 1,293X$  untuk peramalan beban transformator pada malam hari.

Setelah diperoleh nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1 menggunakan perhitungan manual, dilakukan uji kebenaran hasil perhitungan manual menggunakan *software* Minitab. Tabel 4.4 adalah hasil peramalan beban transformator RG168 630 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada saat siang hari dan malam hari (beban puncak). Hasil peramalan menggunakan *software* minitib dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Peramalan Beban Transformator RG168 630 kVA

No	Tahun	% Beban		Periode Masa Pakai Transformator
		Siang (%)	Malam (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2018	31.04	34.51	204 Tahun 9 Bulan
2	2019	36.51	39.69	113 Tahun 1 Bulan
3	2020	41.57	44.86	62 Tahun 6 Bulan
4	2021	46.84	50.04	34 Tahun 6 Bulan
5	2022	52.11	55.21	19 Tahun
6	2023	57.37	60.38	10 Tahun 6 Bulan
7	2024	62.64	65.56	5 Tahun 9 Bulan
8	2025	67.91	70.73	3 Tahun 2 Bulan
9	2026	73.18	75.91	1 Tahun 9 Bulan
10	2027	78.44	81.08	1 Tahun

Untuk transformator jenis ini memiliki *rating* sebesar 54,26%. Sehingga dari hasil peramalan beban yang mempengaruhi masa pakai pada transformator ini diperoleh hasil bahwa masa pakai transformator ini sampai tahun 2027.



Gambar 4.4 Grafik masa pakai transformator RG168

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa masa pakai transformator mengalami penurunan sangat drastis. Pada saat awal pemasangan transformator RG168 630 kVA ditahun 2006, memiliki beban dengan nilai yang kecil hingga periode tahun 2016. Namun terjadi

lonjokkan beban yang signifikan pada tahun 2017 – 2018. Hal ini yang mempengaruhi peramalan beban hingga tahun 2027.

## V. Kesimpulan dan Saran

### a. Kesimpulan

1. Hasil peramalan masa pakai transformator area Lenteng Agung dipengaruhi oleh beban dari tahun 2014 – 2017. Rata-rata beban puncak tiap transformator area Lenteng Agung sebesar 63,06% untuk transformator JGK6, 26,53% untuk transformator RG72, 33,80% untuk transformator RG98P dan 20,93% untuk transformator RG168.
2. Transformator area Lenteng Agung memiliki hasil peramalan masa pakai masing-masing 24 tahun untuk transformator JGK6, 18 tahun untuk transformator RG72, 17 tahun untuk transformator RG98P dan 20 tahun untuk transformator RG168.

### b. Saran

1. PLN area Lenteng Agung, Jakarta Selatan untuk melakukan *maintenance* secara rutin agar memaksimalkan masa pakai transformator.
2. Mempertimbangkan pergantian transformator sesuai prediksi masa pakai transformator 1,2,3, dan 4 dalam penelitian ini.
3. Mempertimbangkan penambahan unit transformator untuk mengimbangi nilai beban yang terus bertambah di tiap tahunnya.

## VI. Daftar Pustaka

- [1] Junedy Pandapotan dan Eddy Warman, “Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya”, Jurnal Singuda Ensikom, Vol.3 No.1, Medan, Juli 2013.
- [2] Parlindungan Gultom dkk, “Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 kVA akibat Pembebanan Lebih Di PT.PLN (PERSERO)

Kota Pontianak”, Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Vol. 2 No 1, Pontianak, 2017.

- [3] Krestovel Alvian Kodoati dkk, “Analisa Perkiraan Umur Transformator”, Ejournal Teknik Elektro dan Komputer, ISSN : 2301-8402, Manado, 2015.
- [4] Herman H Sinaga dkk, “Analisis Karakteristik Gangguan Hubung Singkat Antar Belitan Transformator Menggunakan Transformasi Wavelet Diskrit”, Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Volume 2 No 1, Lampung, Edisi Januari 2008.
- [5] Ryan Septyawan, “Analisis Peramalan Kebutuhan Energi Listrik PLN Area Batam Menggunakan Metode Regresi Linear”, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. 2018. .
- [6] Heathcote, Martin. j. 1998. The J & P Transformer Book (Twelfth Edition). London: Newnes Imprint.

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Husein Mubarok, S.T., M.Eng

