



Peramalan Beban Puncak Transformator dengan Metode Dekomposisi di Gardu Induk 150 KV Weleri

Prasetyo Wahyu Aji Ritabin^{1*}, Sri Arttini Dwi P.²

^{1,2} Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia

Alamat: Kaligawe Raya No.Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah

Korespondensi penulis: wahyu.tyo242@std.unissula.ac.id

Abstract. *Electrical energy is essential for modern life, with demand increasing every year. Therefore, the development of electric power systems, including energy supply, transmission, and distribution, needs to be well planned. Transformers in substations play a vital role in converting high voltage of 150 kV to medium voltage of 20 kV to be distributed to customers. However, transformers that experience overloading can cause problems. According to the Directors' Circular Letter Number 0017.E/DIR/2014, the ideal transformer loading should be between 60% and 80%. Therefore, it is important to keep the transformer operating within safe limits to prevent disruption or damage to the electricity distribution system. One step to prevent transformer damage is to forecast peak loads in the future. There are many load forecasting methods that can be used. In this study, load forecasting was carried out using the simple linear regression method and the trend decomposition method. After the load forecasting is carried out, the accuracy of each method will be compared by calculating the MAPE value. In addition, transformer usability tests will also be carried out based on the estimated loading percentage in the next 10 years.*

Keywords : *Transformer, Forecasting, Peak Load, Decomposition*

Abstrak. Energi listrik sangat penting bagi kehidupan modern, dengan permintaan yang terus meningkat setiap tahun. Oleh karena itu, pengembangan sistem tenaga listrik, termasuk penyediaan energi, transmisi, dan distribusi, perlu direncanakan dengan baik. Transformator di gardu induk memiliki peran vital dalam mengubah tegangan tinggi 150 kV menjadi tegangan menengah 20 kV untuk disalurkan ke pelanggan. Namun, transformator yang mengalami pembebanan melebihi kapasitas dapat menyebabkan masalah. Menurut Surat Edaran Direksi Nomor 0017.E/DIR/2014, pembebanan ideal transformator sebaiknya antara 60% hingga 80%. Oleh karena itu, penting untuk menjaga agar transformator beroperasi dalam batas aman guna mencegah gangguan atau kerusakan dalam sistem distribusi listrik. Salah satu langkah pencegahan kerusakan transformator adalah dengan meramalkan beban puncak pada masa mendatang. Terdapat banyak metode peramalan beban yang dapat digunakan. Pada penelitian ini, peramalan beban dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear sederhana dan metode tren dekomposisi. Setelah peramalan beban dilakukan, akan dibandingkan akurasi masing-masing metode dengan menghitung nilai MAPE. Selain itu, uji kelayakan pakai transformator juga akan dilakukan berdasarkan persentase pembebanan yang diperkirakan dalam 10 tahun mendatang.

Kata kunci : Transformator, Peramalan, Beban Puncak, Dekomposisi

1. LATAR BELAKANG

Energi listrik merupakan sumber energi krusial bagi kehidupan modern, dengan permintaan yang terus meningkat. Pengembangan sistem tenaga listrik, termasuk penyediaan energi, transmisi, dan distribusi, perlu direncanakan dengan matang. Salah satu aspek penting dalam sistem ini adalah gardu induk, yang berfungsi menghubungkan dan mendistribusikan listrik dari pembangkit ke konsumen. Transformator di gardu induk berperan vital dalam mengubah tegangan tinggi 150 kV menjadi tegangan menengah 20 kV untuk pelanggan.

Namun, transformator yang kelebihan beban dapat menimbulkan masalah. Menurut Surat Edaran Direksi Nomor 0017.E/DIR/2014, pembebanan ideal transformator sebaiknya antara 60% hingga 80%. Oleh karena itu, menjaga agar transformator beroperasi dalam batas aman sangat penting untuk mencegah gangguan dalam sistem distribusi listrik. Penelitian ini bertujuan meramalkan beban puncak transformator pada Gardu Induk 150 kV Weleri hingga 10 tahun mendatang. Tujuannya adalah untuk merencanakan perawatan atau penggantian unit transformator guna mencegah kerusakan. Metode peramalan yang digunakan adalah regresi linear sederhana dan tren dekomposisi, dengan evaluasi akurasi menggunakan MAPE. Selain itu, akan dilakukan uji kelayakan pakai transformator berdasarkan pembebanan yang diperkirakan dalam 10 tahun ke depan.

2. KAJIAN TEORITIS

Transformator adalah perangkat yang mengubah energi listrik dari satu tegangan dan arus ke tegangan dan arus lainnya dengan daya yang tetap sama. Alat ini sangat penting dalam sistem kelistrikan untuk menyesuaikan tegangan sesuai kebutuhan, seperti dalam pembangkit listrik, di mana transformator digunakan untuk menaikkan tegangan guna mengurangi kerugian energi pada transmisi.

Beban puncak listrik merujuk pada jumlah daya listrik maksimum yang dibutuhkan pada waktu tertentu dalam sistem kelistrikan, sering terjadi pada waktu konsumsi listrik tertinggi, seperti saat musim panas atau malam hari saat banyak peralatan listrik digunakan. Peramalan beban puncak adalah metode untuk memprediksi kebutuhan daya listrik pada waktu puncak di masa depan, yang sangat penting bagi perusahaan penyedia listrik seperti PLN untuk merencanakan pembangkit, transmisi, dan distribusi dengan efisien. (Azis & Lembang, 2022)

Analisis regresi linier adalah metode statistik untuk mengukur hubungan antara satu variabel bebas (independen) dan satu atau lebih variabel terikat (dependen). Dalam peramalan beban listrik, variabel independen dapat berupa faktor seperti suhu atau waktu, sedangkan variabel dependen adalah beban listrik yang ingin diprediksi. Regresi linier membantu menentukan seberapa kuat hubungan antar variabel dan memprediksi beban listrik di masa depan. (Rani & Arlianti, 2024)

Persamaan Regresi Linear Sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bx \quad (1-1)$$

dimana :

Y = garis regresi/ *variable response*

a = konstanta (intersep), perpotongan dengan sumbu vertikal

b = konstanta regresi (*slope*)

X = variabel bebas/ *predictor*

Metode dekomposisi adalah teknik peramalan yang digunakan untuk memecah data deret waktu (time series) menjadi beberapa komponen utama yaitu tren, musiman, siklus, dan error. Metode dekomposisi bertujuan untuk mengidentifikasi dan memisahkan setiap komponen ini, sehingga peramalan masa depan bisa lebih akurat dengan mempertimbangkan pola yang ada di dalam data historis.(Novanda & Hidayati, 2024)

Diketahui persamaan dekomposisi multiplikatif adalah sebagai berikut (Yuni et al., 2015) :

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \quad (1-2)$$

Y_t = Nilai aktual data pada periode t

T_t = Komponen tren

S_t = Komponen Musiman

C_t = Komponen Siklus

I_t = Komponen Error

Penelitian Sebelumnya

Menurut Nugraha dan Fauziah (2023) pada penelitian berjudul **Analisis Overload Transformator Distribusi di Gardu SKMR ULP3 Kabupaten Garut**. Untuk menganalisis metode perbaikan bagi kondisi overload pada Transformator Distribusi 100 kVA di Gardu SKMR ULP3 Kabupaten Garut dengan menggunakan cara memperkirakan nilai persentase beban puncak transformator dengan metode regresi linear dan metode uprating untuk mengatasi transformator yang overload.

Menurut Syamsir (2018) pada penelitian yang berjudul **Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linear**. Untuk mengetahui periode masa pakai transformator pada gardu induk area Lenteng Agung, Jakarta Selatan dengan menggunakan metode regresi linear dan uji validasi dengan software minitab. Data yang diambil adalah beban puncak transformator pada siang dan malam hari selama 4

tahun yaitu dari 2014- 2017 dengan periode waktu pengambilan selama 3 bulan sekali. Rentang waktu peramalan masa pakai transformator yang digunakan adalah selama 12 tahun yaitu dari 2018-2030. Hasil penelitian ini bahwa Trafo 1 dengan tipe JGK6 400 kVA tahun pemasangan 2006 memiliki masa pakai yang panjang hingga 2030 dengan sisa periode 1 tahun 9 bulan, nilai persentase beban puncaknya adalah 72,24 % pada siang hari dan 77,87% pada malam hari. Trafo 2 dengan tipe RG72 630 kVA tahun pemasangan 2008 memiliki masa pakai hanya sampai 2026 dengan sisa periode 1 tahun 9 bulan, nilai persentase beban puncaknya adalah 72,98 % pada siang hari dan 83,81% pada malam hari. Trafo 3 dengan tipe RG98P 400 kVA tahun pemasangan 2007 memiliki masa pakai sampai 2024 dengan sisa periode 1 tahun, nilai persentase beban puncaknya adalah 76,15 % pada siang hari dan 83,41 % pada malam hari. Trafo 3 dengan tipe RG168 630 kVA tahun pemasangan 2006 memiliki masa pakai yang panjang hingga 2027 dengan sisa periode 1 tahun , nilai persentase beban puncaknya adalah 78,44 % pada siang hari dan 81,08 % pada malam hari.

3. METODE PENELITIAN

Berikut adalah uraian mengenai metode penelitian yang digunakan dalam studi ini :

1. Lokasi dan waktu penelitian dilakukan di Gardu Induk 150 KV Weleri selama 1 minggu pada 17-21 Februari 2025.
2. Teknik Pengumpulan Data
Wawancara: dilakukan dengan supervisor dan karyawan GI 150 KV Weleri untuk mendapatkan informasi terkait kondisi transformator yang ada di GI 150 KV Weleri
Dokumentasi: Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan menganalisis dokumen-dokumen pencatatan beban harian dan laporan beban bulanan transformator GI 150 KV Weleri.
3. Teknik Analisis Data: Data diolah dan dianalisa menggunakan metode regresi linear sederhana dan metode dekomposisi.
4. Data Penelitian: Data spesifikasi transformator, single line diagram GI 150 Weleri dan data beban bulanan transformator
5. Tahap Penelitian: Diawali dengan studi literatur terkait topik bahasan yang diambil serta mempelajari metode yang digunakan. Kemudian mengumpulkan data yang dibutuhkan dan diolah. Hasil pengolahan data dianalisa dan diambil kesimpulan serta saran yang akan disampaikan ke pihak GI 150 KV Weleri.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Perbandingan Metode Regresi Linear Sederhana dan Metode Dekomposisi

Hasil analisis data menunjukkan bahwa metode terbaik untuk meramalkan beban transformator 1 & 2 adalah metode dekomposisi dengan nilai MAPE sebesar 0,51 % dan 0,37 %.

Tabel 1 Hasil peramalan beban transformator 1 tahun 2024

Bulan	Beban Peramalan		Beban Aktual
	Regresi Linear	Dekomposisi	
Januari	24,09	28,42	25,0
Februari	24,11	28,67	29,7
Maret	24,13	28,90	42,4
April	24,14	28,82	24,0
Mei	24,16	29,01	26,6
Juni	24,17	29,56	26,8
Juli	24,19	29,53	28,7
Agustus	24,20	29,68	28,4
September	24,22	29,63	29,4
Oktober	24,24	29,91	38,3
November	24,25	29,93	37,6
Desember	24,27	30,09	38,4

Tabel 2 Hasil peramalan beban transformator 2 tahun 2024

Bulan	Beban Peramalan		Beban Aktual
	Regresi Linear	Tren	
Januari	42,81	40,8	38,6
Februari	42,90	41,8	50,6
Maret	42,99	43,5	45,9
April	43,08	46,5	42,7
Mei	43,17	46,3	45,2
Juni	43,26	45,7	46,2
Juli	43,35	42,1	42,4
Agustus	43,45	42,4	44,9
September	43,54	44,3	40,8
Oktober	43,63	45,0	52,9
November	43,72	41,6	48,7
Desember	43,81	43,5	49,0

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa hasil peramalan dari metode regresi linear sederhana cenderung linier dan meningkat. Sedangkan hasil peramalan metode dekomposisi cenderung fluktuatif atau naik turun mengikuti pola-pola tertentu.

II. Peramalan Beban Puncak Transformator tahun 2025-2034

Karena sudah diketahui metode terbaik untuk meramalkan beban transformator adalah metode dekomposisi maka berikut hasil peramalan beban puncak tahun 2025-2034 dan hasil persentase pembebanannya.

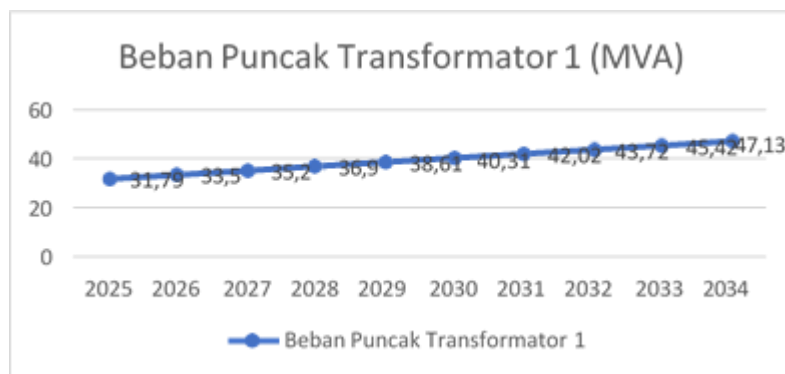
Tabel 3 Hasil Peramalan Beban Puncak Transformator 1 tahun 2025-2034

TAHUN	BEBAN PUNCAK	PERSENTASE BEBAN
2025	31,79 MVA	52,9 %
2026	33,50 MVA	55,8 %
2027	35,20 MVA	58,7 %
2028	36,90 MVA	61,5 %
2029	38,61 MVA	64,3 %
2030	40,31 MVA	67,2 %
2031	42,02 MVA	70,0 %
2032	43,72 MVA	72,9 %
2033	45,42 MVA	75,7 %
2034	47,13 MVA	78,5 %

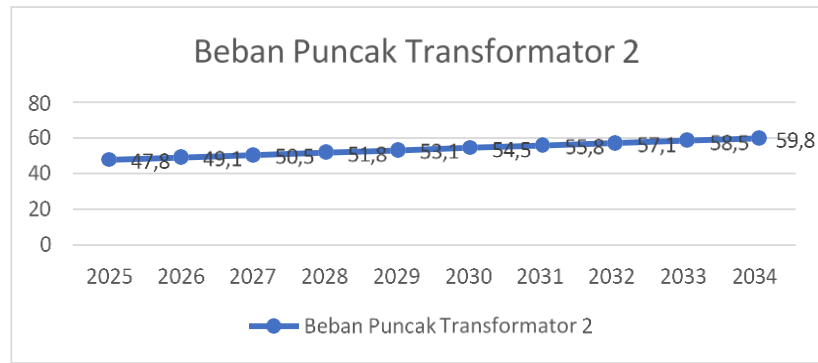
Tabel 4 Hasil Peramalan Beban Puncak Transformator 2 tahun 2025-2034

TAHUN	BEBAN PUNCAK	PERSENTASE BEBAN
2025	47,8 MVA	79,6 %
2026	49,1 MVA	81,9 %
2027	50,5 MVA	84,1 %
2028	51,8 MVA	86,3 %
2029	53,1 MVA	88,5 %
2030	54,5 MVA	90,7 %
2031	55,8 MVA	93,0 %
2032	57,1 MVA	95,2 %
2033	58,5 MVA	97,4 %
2034	59,8 MVA	99,6 %

Dari table diatas dapat digambarkan grafik pertumbuhan beban transformator 1 dan transformator 2 sebagai berikut :



Gambar 1 Grafik pertumbuhan beban transformator 1 tahun 2025-2034



Gambar 2 Grafik pertumbuhan beban transformator 2 tahun 2025-2034

Berdasarkan hasil penggambaran grafik diatas, diketahui bahwa beban puncak transformator setiap tahun mengalami peningkatan. Transformator 1 masih layak digunakan hingga tahun 2034 karena persentase pembebanannya masih dibawah 80 %. Sedangkan transformator 2 mengalami overload pada tahun 2026 tepatnya pada bulan april dengan persentase pembebanan sebesar 81,9 % dan beban puncak sebesar 49,1 %.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada transformator 1, metode terbaik untuk meramalkan beban puncak adalah metode tren dekomposisi dengan nilai MAPE sebesar 0,51 %, sedangkan dengan metode MAPE diperoleh MAPE sebesar 1,89%. Pada transformator 2, metode terbaik untuk meramalkan beban puncak adalah metode tren dekomposisi dengan nilai MAPE sebesar 0,37 % , sedangkan dengan metode MAPE diperoleh MAPE sebesar 0,43 %. Transformator 1 masih layak digunakan sampai tahun 2034 dan tidak mengalami overload. Dengan beban puncak pada tahun 2034 sebesar 47,13 MVA dan persentase sebesar 78,5 % dari total kapasitas trafo. Kemungkinan Transformator 1 akan mengalami overload pada tahun 2035 karena pada tahun 2034 persentase beban transformator sudah mendekati 80 %. Transformator 2 mengalami overload pada bulan April 2026 dengan nilai beban sebesar 49,1 MVA atau 81,9% dari total kapasitas transformator dan harus segera dilakukan uprating. Metode Dekomposisi dapat meramalkan beban secara fluktuatif atau naik turun karena pengaruh perhitungan dan pemisahan data komponen musim dan komponen siklus. Sedangkan pada regresi linear sederhana hanya dapat meramalkan kenaikan beban secara linear atau terus meningkat.

Saran yang dapat peneliti berikan adalah metode penelitian yang dilaksanakan pada penelitian ini dapat diterapkan pada transformator lain. Gunakan metode peramalan sesuai dengan variabel data yang tersedia. Pada penelitian ini hanya tersedia data bulanan dengan jumlah cukup banyak sehingga lebih baik menggunakan metode dekomposisi karena data

inputnya lebih banyak. Selain itu agar hasil peramalan lebih akurat, bisa menambah parameter seperti jumlah pelanggan listrik, pengaruh suhu, minyak, dll.

DAFTAR REFERENSI

- Azis, F., & Lembang, N. (2022). Studi pembebanan transformator distribusi tipe Voltra 100 kVA. *Joule (Journal of Electrical Engineering)*, 3(2), 160–165. <https://doi.org/10.61141/joule.v3i2.320>
- Novanda, D., & Hidayati, R. (2024). Prediction of the number of pulmonary tuberculosis disease using the moving average forecasting method and time series decomposition. *Antivirus: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 18(1), 37–45. <https://doi.org/10.35457/antivirus.v18i1.3468>
- Nugraha, A. R. I., & Fauziah, D. (2023). Analisis overload transformator distribusi di gardu SKMR ULP3 Kabupaten Garut. (Tidak dipublikasikan/jurnal tidak dicantumkan, perlu dilengkapi jika ada)
- Rani, H. A., & Arlianti, N. (2024). Dasar-dasar statistika dan probabilitas dalam ilmu sains (Edisi Oktober). CV Budi Utama.
- Syamsir. (2018). Analisis peramalan masa pakai transformator berdasarkan beban menggunakan metode regresi linear. (Tidak dipublikasikan/jurnal tidak dicantumkan, perlu dilengkapi jika ada)
- Yuni, S., Talakua, M. W., & Lesnussa, Y. A. (2015). Peramalan jumlah pengunjung perpustakaan metode dekomposisi. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 9(1), 41–50.