

# Analisis Peramalan Susut Umur Transformator Daya Berdasarkan Pembebanan Menggunakan Metode Regresi Linear

Retno Sari Juwita<sup>(1)</sup>, Liliana L<sup>(2)</sup>

Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Panam, Jl. HR. Soebrantas No.Km. 15, RW.15, Simpang Baru, Kota Pekanbaru,  
Riau 28293, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>11850524800@students.uin-suska.ac.id, <sup>2</sup> liliana@ uin- suska.ac.id

---

## Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

---

## Sejarah Artikel

Diterima pada 10 Januari 2023  
Disetujui pada 11 Maret 2023  
Dipublikasikan pada 30 Agustus 2023  
Hal. 723-730

---

## Kata Kunci:

Transformator; Pembebanan; Suhu;  
Regresi Linear

---

## DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v8i3.1286>

---

**Abstrak:** Masa pakai transformator dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah pengaruh pembebanan. Beban pada trafo menyebabkan peningkatan suhu *hot spot*. Kenaikan suhu pada trafo juga dipengaruhi oleh suhu sekitar tempat trafo dioperasikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis susut umur transformator daya berdasarkan pembebanan menggunakan metode regresi linear. Penelitian ini dilakukan digardu induk pasir putih, Permasalahan yang sering terjadi pada trafo adalah adanya pembebanan berlebih atau peningkatan beban yang mengakibatkan menurunnya kinerja trafo daya dan dapat mengurangi susut umur pada transformator tersebut. Berdasarkan masalah yang ditemukan, Upaya yang dapat dilakukan adalah mengetahui susut umur transformator dengan cara peramalan pembebanan menggunakan metode regresi linear guna membantu memprediksi kapan transformator akan berhenti berfungsi atau berhenti handal dan stabil. Dari hasil perhitungan suhu *hot*

*spot* menurut standar IEC 60076-7 mencapai batas aman 98°C, Pada pembebanan 89,517% dengan susut umur 1,07 pu/tahun pada tahun 2024. Peningkatan beban pada trafo daya 3 yang semakin meningkat setiap waktu dapat mempengaruhi susut umur trafo. Pada tahun 2022 dan 2023 nilai beban masih dibawah 89,517%. Pada periode tahun 2025, Pertumbuhan beban sudah melebihi beban maksimum akibatnya susut umur transformator akan meningkat secara signifikan.

## PENDAHULUAN

Sangat penting untuk memperhatikan keandalan dan kestabilan operasi system tenaga listrik untuk memberikan kenyamanan dalam pelayanan kepada user atau konsumen, dengan mengkondisikan peralatan tenaga listrik tersebut. Hal terpenting yang menjadi salah satu peralatan operasi system tenaga listrik itu sendiri adalah transformator(P. Gultom et al., 2017). Salah satu fungsi dari transformator sebagai penyalur daya listrik, yang akan merubah tegangan dari tinggi menjadi tegangan menengah ataupun sebaliknya(Tambunan et al., 2015).

Susut umur pada transformator dapat disebabkan karena pembebanan yang berlebih dan suhu lingkungan yang tidak sesuai dengan standar transformator, Standar transformator dirancang dan dioperasikan pada lingkungan yang bersuhu

antara 20°C sampai dengan 22°C, Sementara untuk area atau wilayah yang beriklim tropis suhu lingkungan pada transformator sekitar 30°C sampai dengan 40°C (Oleh, 2020). Pembebanan dapat mempengaruhi temperature *hot spot*, Semakin rendah pembebanannya maka akan semakin rendah pula temperature *hot spot*-nya (Gardu et al., 2018), Sementara semakin tinggi pembebanannya maka semakin tinggi juga temperature *hot spot*-nya. Menurut IEC (*International Electricity Commission*), trafo akan memiliki umur normal 30 tahun di bawah kondisi 100% pembebanan terus menerus dengan suhu *hot spot* 98°C. Jika transformator memiliki suhu hotspot di atas 98°C, umur transformator akan berkurang dengan sangat cepat sehingga perkiraan umur transformator dapat berkurang (RizkidanErvianto, 2019) (Pendahuluan et al., n.d.).

Isolasi transformator dirancang dan dikembangkan guna untuk mendapatkan kinerja yang dapat diandalkan dan ekonomis. Penuaan transformator diperkirakan menggunakan suhu *hot spot* dan minyak bagian atas, Saat suhu *hot spot* naik, kondisi abnormal dapat terjadi, seperti peningkatan beban dan paparan suhu sekitar yang lebih tinggi (Rizki dan Ervianto, 2019) (Putra et al., 2020).

Beberapa masalah yang sering terjadi pada transformator Gardu Induk Pasir Putih ialah kondisi pembebanan lebih atau peningkatan beban yang mengakibatkan menurunnya kinerja trafo daya dan dapat mengurangi susut umur pada transformator tersebut. Mengingat beratnya pekerjaan trafo, Peralatan ini diharapkan dapat bertahan dan digunakan lebih lama, sehingga trafo harus dirawat dengan *system* dan *tools* yang benar dan memadai (Gardu et al., 2018).

Tindakan yang dilakukan PLN untuk menangani permasalahan tersebut adalah *maintenance* transformator. Dimana Pemeliharaan Transformator merupakan suatu kegiatan merawat bagian - bagian Transformator dalam upaya memperpanjang umur Transformator sendiri. Transformator yang dirawat dengan baik akan memberikan performa yang andal dengan sedikit gangguan baik gangguan internal maupun eksternal Transformator (Mangago, n.d.). Untuk menghindari kerusakan yang disebabkan oleh degradasi usia maka transformator harus dipelihara dengan cara *In Service inspection* yaitu pada saat trafo dalam kondisi bertegangan/operasi kegiatan inspeksi yang dilakukan. Tujuan pemeriksaan operasional adalah untuk mendeteksi kemungkinan kelainan pada trafo secara dini tanpa harus mematikan Trafo. Aktivitas pengujian/pengukuran yang dilakukan saat kondisi trafo sedang dalam keadaan beroperasi/bertegangan disebut juga *in service measurement*, Tujuan dilakukannya *in service measurement* adalah untuk mendapatkan kondisi yang menyeluruh tentang kondisi trafo tanpa memaatkannya, *Shutdown testing/measurement* yaitu pekerjaan pengujian yang dilakukan saat trafo dimatikan. Pekerjaan ini dilakukan selama pemeliharaan rutin serta selama investigasi abnormal. Menguji fungsi *shutdown* adalah tugas yang bertujuan untuk menguji kegunaan dari rele-rele proteksi maupun indikator Perawatan adalah tindakan perbaikan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan pemeliharaan, pengukuran pemeliharaan, pengukuran pemadaman dan uji fungsi pemadaman (Maulidya, n.d.).

Model probabilitas yang menggunakan hubungan linear antara 2 variabel, asumsi bahwa satu *variable* mempengaruhi *variable* lainnya. *Variable* yang dipengaruhi adalah dependen dan yang mempengaruhi adalah *independent* (No Title, n.d.). Alat ukur yang digunakan untuk mengetahui quantity kolerasi antar

*variable* disebut juga dengan model regresi linear. Analisis regresi lebih tepat dan bagus daripada analisis korelasi karena laju peralihan satu *variable* relatif terhadap *variable* lain dapat ditentukan. Oleh karena itu, dalam regresi juga lebih akurat untuk memprediksi atau memperkirakan nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen. Regresi yang *variable* bebasnya (*variable* X) mempunyai pangkat tinggi 1 untuk regresi sederhana, yaitu regresi yang hanya melibatkan 2 *variable* (X dan Y) dimaksud juga dengan regresi linear (Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linier, 2019). Analisa data *statistic* menggunakan *minitab*, yaitu perangkat lunak *statistic* yang dianggap handal karena dapat digunakan pada data sekunder dan primer (Effect et al., 2022). *Minitab* adalah aplikasi yang dapat memudahkan penggunaanya dalam mengolah data, *minitab* mengabungkan kemudahan penggunaan *Ms Excel* dengan keistimewaan untuk analisa *statistic* yang komplek/satuan kelompok dan juga mudah untuk digunakan karena memiliki berbagai macam fitur pengolahan data yang beragam (Meilisa dan Kurnia, 2018).

Berdasarkan masalah diatas, untuk mengupayakan agar transformator dapat bekerja secara terus menerus, Penting sebaiknya untuk mengetahui susut umur transformator dalam kurun waktu tertentu. Pembebanan dapat diramalkan menggunakan metode regresi linear, Maka akan dirancang sebuah penelitian yang berjudul “Analisis Peramalan Susut Umur Transformator Daya Berdasarkan Pembebanan Menggunakan Metode Regresi Linear”. Laporan penelitian ini akan dilakukan disalah satu gardu induk yang dimiliki kota pekanbaru PT. PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Gardu Induk Pasir Putih yang terletak di Jl. Pasir Putih, Desa Baru Km. 10,5 Kecamatan Siak Hulu Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Gardu Induk (GI) Pasir Putih memiliki 3 unit transformator daya, dimana terdapat 1 unit transformator 60 MVA dan 2 unit lainnya dengan masing-masing daya sebesar 30 MVA.

## METODE

Dalam penelitian ini, transformator yang digunakan adalah transformator yang berkapasitas 60 MVA, Metode yang dipakai pada penelitian sekarang menggunakan data pembebanan trafo diambil dari beban puncak tahun 2021 dan data spesifikasi transformator. Data diperoleh dari PT. PLN (Persero) ULTG Gardu Induk Pasir Putih, data lainnya seperti *temperatur* lingkungan, Diperoleh dari data BMKG Pekanbaru. Setelah data didapatkan data dianalisis dengan menggunakan kalkulator ilmiah dan *Ms. Excel*. Metode perhitungan berdasarkan peramalan beban transformator menggunakan metode regresi linear.

### Pengumpulan Data Penelitian

Berikut data Transformator Daya 3 Gardu Induk Pasir Putih PT PLN (PERSERO).

**Tabel 1. Spesifikasi Transformator Daya 3 Gardu Induk Pasir Putih**

Standar	IEC 60076
Tahun pemasangan	2017
Merk	UNINDO
Daya pengenalan	60 MVA
Jumlah fasa	3 fasa (RST)
Frekuensi	50 Hz
Jenis pendingin	ONAN atau ONAF

Tegangan primer	150 kV
Tegangan sekunder	20 kV
Rugi Tembaga	140
Rugi Beban nol	38
Kenaikan Temperatur minyak atas	52°C
Kenaikan Suhu Minyak Rata - Rata	44°C
Kenaikan Suhu Belitan Rata - Rata	63,76°C

Tabel 2. Data pembebanan Transformator Daya 3 Tahun 2021

Periode	Beban(%)
1	57,89
2	60,76
3	62,00
4	64,45

### Peramalan Beban Regresi Linear

Hubungan yang didapatkan dan dinyatakan dalam satuan persamaan matematis yang menyatakan hubungan *functional* antara *variable* disebut juga dengan Regresi linier. Persamaan 1 ini merupakan Persamaan regresi linear sederhana yang digunakan untuk peramalan beban transformator (*Analisis Peramalan Masa Pakai Trasformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linier*, 2019).

$$Y = a + b X \quad (1)$$

Keterangan :

Y = Data Pembebanan

X = Periode Pengambilan data

a = Nilai tetap (konstanta)

b = Koefisien regresi

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

$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (3)$$

Keterangan :

n = Banyaknya *variable* X dan Y

$\sum X$  = jumlah pengambilan data

$\sum Y$  = Jumlah persentase beban Transformator

### Simulasi Ramalan dengan *Minitab*

Pada tahap ini Peramalan beban dilakukan dengan menggunakan data trafo yang diperoleh dari hasil persamaan 2 dan 3. Kemudian dilakukan pemeriksaan kebenaran hasil pengolahan data secara manual dengan *software Minitab*. Setelah pengolahan data hasil ramalan beban sudah masuk, Tahap berikutnya adalah menemukan perkiraan umur transformator (*Analisis Peramalan Masa Pakai Trasformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linier*, 2019)(Elektro et al., 2018).

## Perhitungan Perkiraan Susut Umur Transformator

### 1. Kenaikan *Temperature Top Oil*

Pengolahan data kenaikan *temperature* minyak bagian atas awal dapat dihitung menggunakan persamaan (Elektro et al., 2018)(R. Gultom et al., n.d.):

$$\Delta\theta_{OU} = \Delta\theta_{OR} \left( \frac{1+RK^2}{1+R} \right)^n \quad (4)$$

Dimana :

$\Delta\theta_{OU}$  = kenaikan temperatur minyak bagian atas ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta\theta_{OR}$  = kenaikan temperatur minyak bagian atas pada *rating* beban ( $^{\circ}\text{C}$ )

K = Faktor beban (*suplai* beban/*rating* beban)

R = Rasio dari rugi tembaga pada beban penuh dibandingkan rugi tanpa beban (kW)

n = Konstanta

### 2. Menentukan *Temperature Hot spot* atau Kenaikan Temperatur

Penentuan kenaikan *temperature hot spot* diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Rizki dan Ervianto, 2019):

$$\theta_H = \theta_A + \Delta\theta_{OU} + \Delta\theta_H \quad (5)$$

Dimana :

$\theta_H$  = nilai akhir temperatur *hot spot* ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\theta_A$  = Temperatur *Ambient* ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta\theta_{OU}$  = Kenaikan temperatur minyak atas ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta\theta_H$  = Kenaikan temperatur *hot spot* ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 3. Laju Penuaan Relatif Isolasi Belitan Tranformator

Untuk menentukan faktor penuaan umur transformator pada setiap kenaikan suhu titik panas diatas suhu normal ( $98^{\circ}\text{C}$ ) dapat dihitung menggunakan rumus monstinger seperti persamaan dibawah ini (Rizki dan Ervianto, 2019) (Oleh, 2020) (BARASA et al., 2020) :

$$V = 2^{(\theta_H - 98)/6} \quad (6)$$

Dimana :

V = Faktor penuaan thermal relatif

$\theta_H$  = temperature *hot spot* ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 4. Perhitungan Susut Umur

Saat umur transformator selama satu periode dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (BARASA et al., 2020):

$$L = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V \quad (7)$$

Dimana :

L = Laju umur relatif

N = Jumlah total interval waktu ekivalen

n = Jumlah dari tiap-tiap interval waktu

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui hasil peramalan beban terlebih dahulu kita mencari nilai konstanta dan koefisien dengan menggunakan persamaan 2 dan 3. Didapatkan persamaan *trend* untuk peramalan yaitu  $Y = 56,045 + 2,092X$ . Setelah nilai konstanta dan koefisien diperoleh secara manual, selanjutnya dilakukan uji

kebebanaran melakukan *software minitab*. Berikut hasil peramalan beban menggunakan *software minitab* dan hasil perkiraan sisa umur transformator daya 3 menggunakan persamaan 4-7.

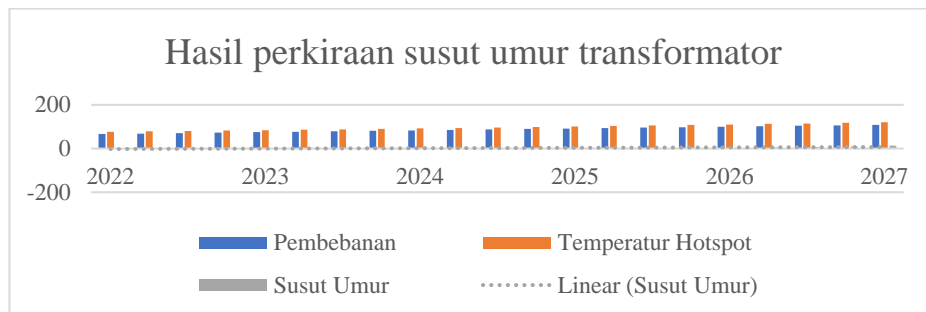
Tabel 3. Data pembebanan	
Tahun	Pembebanan(%)
2022	66.505
	68.597
	70.689
	72.781
2023	74.873
	76.965
	79.057
	81.149
2024	83.241
	85.333
	87.425
	89.517
2025	91.609
	93.701
	95.793
	97.885
2026	99.977
	102.069
	104.161
	106.253
2027	108.34

Dapat dilihat dari tabel diatas peramalan pembebanan setiap tahunnya mengalami peningkatan, Pada kondisi tertentu batas beban normal idealnya ada pada angka 80% yaitu pada tahun 2023.

Tabel 4. Hasil perkiraan susut umur transformator			
Tahun	Pembebanan(%)	Temperatur <i>Hot spot</i> (°C)	Susut Umur(p.u)
2022	66.505	76.8	0.086
	68.597	78.58	0.106
	70.689	80.39	0.13
	72.781	82.26	0.162
2023	74.873	84.16	0.203
	76.965	86.11	0.253
	79.057	88.1	0.32
	81.149	90.13	0.403
2024	83.241	92.19	0.511

	85.333	94.31	0.653
	87.425	96.45	0.836
	89.517	98.63	1.076
2025	91.609	100.85	1.38
	93.701	103.12	1.8
	95.793	105.42	2.34
	97.885	107.77	3.07
	99.977	110.14	4.055
2026	102.069	113.3	5.85
	104.161	115.03	7.11
	106.253	117.52	9.513
	108.34	120.05	12.72

Bersumber dari data peramalan pembebanan transformator terhadap temperatur *hot spot*, Diketahui semakin besar pembebanan maka suhu *hot spot* akan semakin tinggi yang mengakibatkan semakin besarnya penyusutan umur transformator. Dari hasil pengolahan data suhu *hot spot* mencapai batas aman 98°C menurut standar IEC 60076-7 pada pembebanan 89,517% dengan susut umur 1,07 pu/tahun pada tahun 2024.



Gambar 3. Hasil perkiraan susut umur transformator

Dapat dilihat dari grafik diatas jika mengacu pada standar IEC, Transforamtora daya ketika diberi beban 100% pada suhu sekitar 20°C dengan suhu titik panas 98°C. Karena transformator daya 3 beroperasi pada temperatur lingkungan rata-rata 32,5°C maka hasil perhitungan dalam penelitian ini, suhu titik panas transformator akan mencapai 98°C pada pembebanan 89,517%. Dengan kata lain transformator daya 3 mengalami susut umur normal ketika dibebani 89,517% pada susut umur 1,076 p/u. Pertumbuhan beban transformator daya 3 yang setiap waktu mengalami kenaikan mempengaruhi susut umur transformator. Pada peramalan tahun 2022 dan 2023 nilai pembebanan masih dibawah 89,517%. Pada rentang periode tahun 2025 pertumbuhan beban sudah melebihi beban maksimal 89,517% akibatnya susut umur transformator akan meningkat secara signifikan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan peramalan pembebanan pada transformator daya 3 dengan menggunakan regresi linear pembebanan mengalami peningkatan pada setiap tahunnya. Dengan hasil pengolahan data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin



besar pembebanan yang diberikan pada transformator maka semakin tinggi temperatur *hot spot* yang dihasilkan. Penuaan *thermal* juga akan semakin tinggi, dan akan menyebabkan penyusutan umur. Transformator daya 3 di Gi Pasir Putih yang beroperasi pada temperatur lingkungan 32,5°C akan memiliki susut umur ketika dibebani 89,517% pada susut umur 1,076 pu.

## SARAN

Disarankan untuk penelitian selanjutnya yang hendak meneliti topik yang sama agar dapat menerapkan metode lain selain metode regresi linier.

## DAFTAR RUJUKAN

- ANALISIS PERAMALAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINIER.* (2019).
- BARASA, E. D., Simamora, Y., dan Azis, H. (2020). *Analisis Susut Umur Transformator Akibat Pembebanan Dan Temperatur Lingkungan Di Plta Jelok*. <http://156.67.221.169/3029/>
- Effect, T. H. E., Trade, O. F., dan Inequality, O. N. (2022). *Buku Aplikasi Minitab Untuk Statistisi Pemula* (Issue March).
- Elektro, J. T., Industri, F. T., dan Indonesia, U. I. (2018). *Analisis peramalan masa pakai transformator berdasarkan beban menggunakan metode regresi linear*.
- Gardu, D., Lambaro, I., Muzar, M. A., dan Syukri, M. (2018). *Analisis Pengaruh Suhu Akibat Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya*. 3(2), 1–8.
- Gultom, P., Danial, dan Rajagukguk, M. (2017). Studi Susut Umur Transformator. *Jurnal Untan*. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21155>
- Gultom, R., Patras, L. S., dan Tuegeh, M. (n.d.). *Analisa Perkiraan Umur Transformator Di Gardu Induk Paniki Berdasarkan Pengaruh Pembebanan*.
- Mangago, M. M. (n.d.). *Laporan akhir*. 1–53.
- Maulidya, F. (n.d.). *A D o k u m e n n o m o r : P D M / P. 1*.
- Meilisa, M., dan Kurnia, L. (2018). *PENGEMBANGAN BAHAN AJAR STATISTIKA ELEMENTER MENGGUNAKAN APLIKASI MINITAB*. 10(2), 63–67.
- Oleh, D. (2020). Disusun Oleh: *Pengaruh Pembebanan Pada Perhitungan Susut Umur Transformator Daya Nomor 4 Di Gardu Induk 150 KV Serpong*.
- Pendahuluan, I., Belakang, A. L., dan Transformator, A. (n.d.). *Studi Pengaruh Beban Puncak Terhadap Susut Umur Transformator di PT PLN ( Persero ) Rayon Daya*. 2, 80–87.
- Putra, T. A., Studi, P., Elektro, T., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., dan Kasim, S. (2020). *Tugas akhir*.
- Rizki, Y. Y., dan Ervianto, E. (2019). Perkiraan umur transformator berdasarkan pengaruh pembebanan dan temperatur lingkungan menggunakan metode trend linear. *Jom Fteknik*, 6(2), 1–8.
- Tambunan, J. M., Hariyanto, A., dan Tindra, W. K. (2015). Kerja Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur. *Sutet*, 5(2), 91–99.