

# Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull Di Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru

Suryadi\*, Firdaus\*\*

\*Teknik Elektro Universitas Riau \*\*Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
Email: [surya.rodan@gmail.com](mailto:surya.rodan@gmail.com)

## ABSTRACT

*To provide a reliable service, the power system must remain intact and able to cope with various problems that may occur. In this study discussed on Power Transformer Reliability Analysis Method Using Weibull distribution based on the value of the MTTF. Weibull statistics have been widely used as a mathematical method for calculating failure rate, reliability, and predict the remaining life time of equipment. From the calculation, the parameter value is 1.8402 shape and scale parameter value is 1.1711. MTTF value of 0.3597 years, the uptime value of 2.6402 years, reliability value of 0.8800.*

*Keywords: Reliability, Distribution Weibull.*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan jaringan kompleks yang terdiri dari banyak komponen seperti generator sinkron, transformator daya, jaringan transmisi, jaringan distribusi dan beban. Ketersediaan operasional transformator daya adalah suatu kepentingan strategis bagi perusahaan utilitas listrik. Keandalan transformator daya dipengaruhi oleh gangguan dan pemeliharaan transformator daya tersebut. Gangguan yang serius pada transformator daya menyebabkan kontinuitas pelayanan listrik terganggu dan berakibat kerugian secara ekonomi. Pemeliharaan yang terjadwal dan teratur dapat meningkatkan keandalan transformator daya, akan tetapi pemeliharaan yang tidak tuntas dan tidak terjadwal dengan baik akan membuat transformator daya lebih sering tidak beroperasi atau melayani. Dengan menggunakan data gangguan dan pemeliharaan transformator daya, dapat dilihat penyebab PMT transformator daya trip/lepas, dan dapat dihitung indeks keandalan transformator daya. Indeks keandalan transformator daya adalah laju kegagalan atau fungsi *Hazardous*  $\lambda(t)$  dan MTTF (*Mean Time To Failure*), adapun metode statistik yang digunakan untuk mengolah dan

menganalisis data adalah metode Distribusi Weibull.

## 2. TRANSFORMATOR DAYA

Transformator daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal.

### 2.1 Gangguan Transformator Daya

Gangguan pada transformator daya tidak dapat dihindari, namun akibat dari gangguan tersebut harus diupayakan seminimal mungkin dampaknya.

#### 1. Gangguan Eksternal

Gangguan eksternal sumber gangguannya berasal dari luar pengamanan transformator, tetapi dampaknya dirasakan oleh transformator tersebut, diantaranya :

a. Gangguan hubung singkat pada jaringan.

Gangguan hubung singkat diluar transformator ini biasanya dapat segera dideteksi karena timbulnya arus yang sangat besar, dapat mencapai beberapa kali arus nominalnya.

b. Beban lebih

Transformator daya dapat beroperasi secara terus menerus pada arus beban nominalnya. Apabila beban yang dilayani lebih besar dari 100%, maka akan terjadi pembebanan lebih. Hal ini dapat menimbulkan pemanasan yang berlebih. Kondisi ini mungkin tidak akan menimbulkan kerusakan, tetapi apabila berlangsung secara terus menerus akan memperpendek umur isolasi.

c. Surja petir

Gelombang surja dapat terjadi karena cuaca, yaitu petir yang menyambar jaringan transmisi dan kemudian akan merambat ke gardu terdekat dimana transformator tenaga terpasang.

## 2. Gangguan Internal

Gangguan internal adalah gangguan yang bersumber dari daerah pengamanan transformator, diantaranya:

- a. Gangguan Hubung Singkat Antar belitan dan Inti Tranformator Daya
- b. Gangguan Hubung Singkat Belitan dengan Tangki Transformator Daya
- c. Gangguan Pada Isolasi (Minyak) Transformator Daya.

## 3. DEFENISI KEANDALAN

Keandalan adalah suatu kemungkinan dari sebuah barang yang bekerja pada suatu kondisi tertentu dengan memuaskan dalam suatu periode tertentu. Menurut IEEE, keandalan adalah kemampuan sistem atau komponen untuk memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam kondisi tertentu selama rentang waktu yang spesifik. Dari sisi pandang kualitas, keandalan

dapat didefinisikan sebagai kemampuan sebuah barang untuk dapat tetap berfungsi. Sedangkan dari sisi pandang kuantitatif, keandalan ditunjukkan sebagai kemungkinan bahwa tidak ada gangguan operasional yang akan muncul dalam suatu rentang waktu tertentu.

Hal-hal yang menjadi indikasi keandalan adalah :

1. Probabilitas / kemungkinan  
Hal ini merupakan cara untuk menunjukkan sesuatu itu akan terjadi atau tidak terjadi. Besar nilainya diantara 0 dan 1
2. Bekerja sesuai dengan fungsinya  
Menunjukkan tugas dari suatu komponen atau sistem
3. Periode waktu  
Faktor yang menunjukkan pengukuran waktu dalam penentuan kemungkinan
4. Kondisi kerja  
Kondisi kerja memiliki pengaruh penting terhadap keandalan

## 4. DISTRIBUSI WEIBULL

Dalam teori probabilitas dan statistik, distribusi Weibull adalah salah satu distribusi kontinu. Distribusi ini dinamai oleh Waloddi Weibull pada tahun 1951. Suatu peubah acak  $x$  berdistribusi Weibull. Parameter-parameter yang dipergunakan dalam evaluasi keandalan adalah parameter-parameter distribusi peluang. Nilai dari parameter-parameter ini sangat tergantung pada waktu kegagalan, waktu perawatan dsb. Dengan kata lain, komponen-komponen di dalam sistem akan gagal tidak pada waktu yang sama, dan juga akan diperbaiki tidak pada waktu yang sama pula.

### 4.1 Parameter Distribusi Weibull

Setiap pola distribusi statistika memiliki parameter tersendiri, distribusi weibull mempunyai 2 parameter yaitu *Shape Parameter* (Parameter Bentuk), *Scale Parameter* (Parameter Skala).

1. *Shape Parameter* (Parameter Bentuk)  
Parameter bentuk, seperti namanya membantu menentukan bentuk distribusi. Beberapa distribusi, seperti eksponensial atau normal, tidak memiliki parameter bentuk karena mereka memiliki bentuk standar yang tidak berubah.
2. *Scale Parameter* (Parameter Skala)  
Parameter skala adalah jenis yang paling umum dari parameter. Mayoritas distribusi dalam keandalan atau bidang analisis *survival* memiliki parameter skala. Skala parameter mendefinisikan di mana sebagian besar distribusi terletak, atau bagaimana mengulurkan distribusinya.

Distribusi weibull memiliki beberapa indeks keandalan seperti laju kegagalan, dan MTTF (*mean time to failure*).

1. Laju kegagalan atau fungsi hazard ( $\lambda$ ) adalah frekuensi suatu sistem atau komponen gagal bekerja, biasa disimbolkan dengan  $\lambda$  (*lambda*). Fungsi laju kegagalan atau fungsi hazard adalah :

$$\lambda(t) = \frac{\theta}{\alpha} t^{\theta-1} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- $\lambda(t)$  = Fungsi Laju Kegagalan atau Fungsi Hazardous
- $\alpha$  = *Scale Parameter*
- $\theta$  = *Shape Parameter*
- $t$  = waktu / tahun

2. MTTF (*Mean Time To failure*) adalah waktu rata-rata terjadi kegagalan dalam suatu sistem atau komponen. Persamaan umum MTTF (*Mean Time to Failure*) adalah :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

MTTF = Waktu Rata-rata Terjadi Kegagalan

$$\lambda = \text{Fungsi Laju}$$

Sebelum menghitung indeks keandalan terlebih dahulu dihitung nilai fungsi peluang kumulatif kegagalan dan parameter distribusi weibull. persamaan sebagai berikut :

Fungsi peluang kumulatif kegagalan :

$$F(t) = i/(N+1) \dots\dots\dots (3)$$

- $F(t)$  : Fungsi peluang kumulatif kegagalan
- $i$  : Jumlah kumulatif gangguan
- $N$  : Total jumlah gangguan

Parameter distribusi weibull :

$$\ln \left( \ln \frac{1}{1-F(t)} \right) = \theta \ln(t) - \theta \ln \alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Misalkan : } \ln \left( \ln \frac{1}{1-F(t)} \right) = Y \dots\dots\dots (5)$$

$$\ln(t) = X \dots\dots\dots (6)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln \left( \ln \frac{1}{1-F(t)} \right) \dots\dots\dots (7)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln t(i) \dots\dots\dots (8)$$

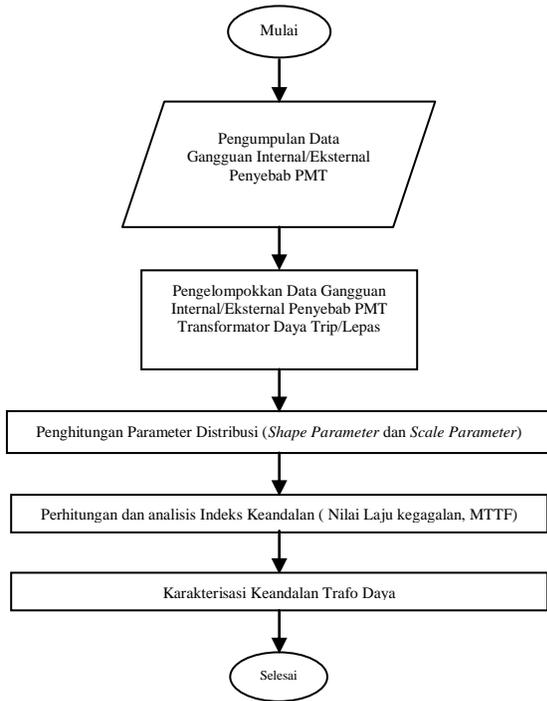
$$\theta = \frac{[n \sum_{i=1}^n (\ln t(i) \cdot (\ln(\ln \frac{1}{1-F(t)})))] - [\sum_{i=1}^n \ln(\ln \frac{1}{1-F(t)}) \cdot \sum_{i=1}^n \ln t(i)]}{[n \sum_{i=1}^n (\ln t(i))^2] - [\sum_{i=1}^n (\ln t(i))^2]} \dots\dots\dots (10)$$

$$\alpha = e^{\frac{\bar{y} - \bar{x}}{\theta}} \dots\dots\dots (11)$$

dimana :

- $F(t)$  = Fungsi Peluang Kumulatif
- $\theta$  = *Shape Parameter*
- $\alpha$  = *Scale Parameter*
- $n$  = Tahun

## 4.2 Metode Pelaksanaan



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Kemudian dilanjutkan dengan spesifikasi relai-relai (OCR dan GFR) serta penyetelan kondisi *existing* dari relai tersebut serta data-data tambahan yang mendukung untuk skripsi ini seperti data beban harian dan lain-lain.

## 5. ANALISA KEANDALAN TRANSFORMATOR DAYA GARDU INDUK GARUDA SAKTI

Metode pengambilan data transformator daya dengan cara mengumpulkan data bulanan perusahaan gardu induk garuda sakti, tepatnya data trip/lepas PMT transformator daya 150/20 KV. Data bulanan trip/lepas PMT transformator daya 150/20 KV dikelompokkan kedalam rentang waktu pertahun kerja, dan dikelompokkan ke dalam penyebab terjadinya trip/lepas PMT transformator daya 150/20 KV. Data perusahaan mulai dari tahun 2013 sampai tahun 2015. Trip/lepas transformator daya dikelompokkan berdasarkan jenis gangguan yang dialami transformator daya. Nilai TTF

(*Time To Failure*) dari transformator daya Gardu Induk Garuda Sakti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Gangguan Penyebab Kegagalan, Jumlah Trip/Lepas dan TTF

Gangguan Penyebab Kegagalan	Jumlah Trip/lepas	Time to Failure (menit)
External	10	163
Internal	23	402
Tidak di ketahui	6	64
	39	629

### 5.1 Analisa Data Parameter Distribusi Weibull

Untuk mendapatkan nilai fungsi laju kegagalan, nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) dan nilai *Reliability* atau keandalan, terlebih dahulu dihitung nilai parameter distribusi weibull. Dari table 1 dapat diperoleh nilai fungsi kumulatif gangguan. Nilai fungsi kumulatif gangguan dihitung menggunakan Microsoft Excel dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Kumulatif Ganggaa

Tahun	N	jumlah gangguan akibat trip/lepas	jumlah kumulatif gangguan akibat trip/lepas	fungsi peluang kumulatif f(t)
1 <= t <= 2	39	26	26	0,65
2 <= t <= 3		11	37	0,925
3 <= t <= 4		2	39	0,975

Dalam menyelesaikan perhitungan parameter distribusi Weibull, maka perlu dilakukan pemisalan X dan Y. Nilai ini berpengaruh terhadap nilai dari parameter bentuk dan parameter skala. Nilai X dan Y dihitung menggunakan Microsoft Excel dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai X dan Y

Tahun	N	jumlah gangguan akibat trip/lepas	jumlah kumulatif gangguan akibat trip/lepas	fungsi peluang kumulatif f(t)	X	Y
1 <= t <= 2	39	26	26	0,65	0,6931	0,0486
2 <= t <= 3		11	37	0,925	1,0986	0,9517
3 <= t <= 4		2	39	0,975	1,3863	1,3053

Untuk mendapatkan nilai shape parameter dan scale parameter, menggunakan rumus 10 dan 11. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai parameter distribusi weibull

Tahun	X	Y	$\theta$	$\alpha$
1 <del>2</del>	0,6931	0,0486		
2 <del>3</del>	1,0986	0,9517	1,8402	1,1711
3 <del>4</del>	1,3863	1,3053		

### 5.2 Analisa Perhitungan Fungsi Laju Kegagalan atau Fungsi *Hazardous*

Perhitungan Fungsi laju kegagalan diperoleh dari persamaan 1. Nilai laju kegagalan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai fungsi laju kegagalan

Tahun	$\theta$	$\alpha$	$\lambda$
1 <del>2</del>			1,5712
2 <del>3</del>	1,8402	1,1711	2,813
3 <del>4</del>			3,9549

*raiture)*

Untuk mendapatkan nilai MTTF digunakan persamaan 2. Nilai MTTF dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai MTTF

Tahun	$\lambda$	Rata - rata $\lambda$	MTTF
1 <del>2</del>	1,5712		
2 <del>3</del>	2,813	2,7797	0,3597
3 <del>4</del>	3,9549		

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan diatas maka kesimpulannya adalah sebagai berikut:

1. Gangguan transformator daya yang sering terjadi gangguan dan paling lama durasi terjadi adalah gangguan internal.
2. Transformator yang paling sering terjadi gangguan dalam kurun waktu 3 tahun terakhir adalah transformator 1, dan transformator yang paling lama durasi tripnya adalah transformator 1.
3. Nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) transformator daya Gardu Induk Garuda Sakti adalah 0.3597.
4. Nilai *uptime* dari Transformator Gardu Induk Garuda Sakti adalah 2.6402 tahun. Jadi dapat di jelaskan bahwa transformator tersebut bekerja selama 2.6402 tahun dari waktu 3 tahun kerjanya.
5. Nilai *Reliability* (keandalan) Transformator Gardu Induk Garuda sakti adalah 0.8800. Dapat dijelaskan bahwa nilai tersebut mendekati nilai probabilitas sebesar 1. Jadi terdapat nilai tidak andal sebesar 0.12.
6. Sesuai dengan standar keandalan *Croanbach Alpha*, maka dapat disimpulkan bahwa keandalan transformator daya di gardu induk garuda sakti adalah sangat baik (sangat andal) karena mendekati nilai 1.

## 7. SARAN

1. Skripsi ini dapat dilanjutkan dengan melakukan analisa perhitungan ekonomi seperti *cost* analisis, manajemen analisis, maupun *maintenance* analisis. Untuk pengembangan lebih lanjut, dapat dilakukan penelitian di perusahaan lainnya dengan metode yang sama maupun berbeda.
2. Pemeliharaan yang lebih terjadwal dengan baik, memberikan nilai keandalan yang lebih baik.

## Daftar Pustaka

- Agung Yanuar Wirapraja, I Gusti Ngurah Satriyadi Hernanda, Adi Soeprijanto. (2012). *Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Surabaya Menggunakan Metode Latin Hypercube Sampling*. Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Surabaya (ITS).
- Jhon Cristian Napitupulu, Panusur S.M.L. Tobing. (2013). *Analisi Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Weibull*. Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara (USU).
- Joseph & Rosemary. (2003). “*Calculating, Interpretin, and Reporting Croanbach’s Alpha Reliability Coefficient for Likert-Type Scales*”.
- Mohammad A. Al-Fawzan. (2000). *Methods for Estimating the Parameters of the Weibull Distribution*. King Abdulaziz City for Science and Technology Saudi Arabia.
- Sopyandi, Endi. 2011. *Gangguan Pada Transformator*.  
<https://electricdot.wordpress.com/2011/10/27/gangguan-gangguan-pada-transformator/>, diakses pada 01 November 2015, Pkl. 19.00 WIB.