

# Analisa Keandalan Transformator Distribusi Menggunakan *Weibull Distribution* di Wilayah ULP Rungkut Kota Surabaya

Aisahdan Adi Satrio<sup>1\*</sup>, Puji Slamet<sup>2</sup>, Reza Sarwo Widagdo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Kota Surabaya

<sup>1</sup>isatherossi@gmail.com, <sup>2</sup>pujislamet@untag-sby.ac.id, rezaswidagdo@untag-sby.ac.id

**Abstract** - The reliability of the electrical energy system is one of the most important in the continuity of the supply of electrical energy to the load. Of the many vital parts in the electrical energy system, one of them is the transformer. Maintaining the reliability of the transformer is an effort to make electrical energy channeled properly. For this reason, efforts are needed to evaluate whether the transformer is in good condition or not by using the Weibull distribution. By looking at the average failure rate, the MTTF value is used as a benchmark for reliability. It is based on the number of disturbances that cause the transformer to fail to operate. The results of the reliability analysis with the Weibull distribution on distribution transformers in the Rungkut ULP area during the time span from 2019, 2020, 2021 obtained an average failure rate of 18.321894% per year, with an MTTF value of 0.054579 per year, so the value reliability obtained 0.981. So according to Croanbach alpha, this value belongs to a very reliable level.

**Keywords** — Reliability, Reliability Rate, Weibull Distribution

**Abstrak**— Keandalan sistem energi listrik adalah satu dari sekian hal amat penting dalam keberlangsungan suplai energi atau tenaga listrik ke beban. Dari banyak bagian vital pada sistem energi listrik salah satunya transformator. Menjaga keandalan transformator merupakan suatu upaya untuk membuat energi listrik dapat tersalurkan dengan baik. Untuk itu diperlukan upaya dalam mengevaluasi transformator dalam keadaan baik atau tidak dengan menggunakan *Weibull distribution*. Dengan melihat tingkat rata-rata laju kegagalannya nilai MTTF digunakan sebagai tolak ukur nilai keandalannya. Hal tersebut didasarkan pada jumlah gangguan yang menyebabkan transformator gagal beroperasi. Hasil Analisa keandalan dengan *Weibull distribution* pada transformator distribusi di wilayah ULP Rungkut selama rentang waktu dari tahun 2019, 2020, 2021 didapatkan hasil rata-rata laju kegagalan sebesar 18,321894% per tahun, dengan nilai MTTF sebesar 0,054579 per tahun, sehingga nilai keandalan yang didapatkan 0,981. Sehingga menurut *croanbach alpha* maka nilai tersebut tergolong pada tingkatan sangat andal.

**Kata Kunci**—Keandalan, Laju Keandalan, Weibull Distribution

## I. PENDAHULUAN

Dalam sistem jaringan energi listrik, terdapat tiga komponen atau bagian penting yang utama yakni pembangkit energi listrik, transmisi energi listrik, dan distribusi energi listrik. Tiga bagian utama tersebut teramat penting keadaannya yang karenanya berkaitan satu sama lain untuk bisa menyuplai atau menyalurkan energi listrik sampai ke beban dalam kata lain konsumen. Bagian yang sering sekali mengalami gangguan adalah pada bagian sistem distribusi. Yang dimana apabila bagian sistem distribusi ini terkena gangguan maka dampaknya akan langsung dirasakan oleh konsumen [1].

Keandalan adalah sebuah kemampuan komponen, peralatan maupun sebuah sistem agar bisa bekerja sesuai yang diinginkan dalam kondisi tertentu pada rentang waktu yang sudah ditentukan. Kualitas sistem dari energi listrik ditentukan pada keandalan salah satunya dari transformator. Tingkat keandalan trafo ditentukan pada tingkat kegagalan. Karena dapat mempengaruhi tingkat keandalannya dan kualitas daya. Sehingga diperluakn analisa dalam rangka meningkatkan keandalan transformator. Dengan pengaplikasian distribusi Weibull sebagai analisa yang digunakan. Distribusi ini sering dipakai untuk mengkalkulasi besar laju kegagalan, tingkat keandalan, serta proyeksi usia pada komponen. Seusai melakukan analisa menggunakan distribusi weibull pada transformator daya GI Teluk Lembu PT PLN, didapat nilai MTTF sebesar 0,067 per tahun, dengan laju kegagalan 0,1492 % per tahun besar nilai up time yaitu 5,933 per tahun dengan nilai keandalan 0,98 [2].

Untuk dapat memberikan sebuah kondisi keandalan yang baik, maka sebuah sistem tenaga listrik diharapkan dapat bertahan dan mampu terhindar dari segala macam gangguan termasuk pada transformator. Peneliti lain [3] juga membahas suatu metode keandalan transformator daya yang disebut distribusi Weibull. Metode ini memperhatikan nilai dari MTTF dan banyak digunakan dalam penghitungan matematis untuk mencari tingkat kegagalan, nilai keandalan, dan sisa

usia dari suatu komponen. Dalam penghitungan menggunakan distribusi Weibull pada transformator daya di GI Garuda Sakti Pekanbaru, didapat nilai MTTF senilai 0,3597 per tahun, dengan nilai parameter bentuk 1,8402, nilai parameter skala 1,1711, nilai up time 2,6402, dan nilai keandalan senilai 0,88.

Dalam upaya peningkatan keandalan utilitas, analisa kegagalan, asal kegagalan serta penyebab kerusakan fisik harus dianalisa. Oleh karena itu digunakanlah distribusi Weibull, metode ini digunakan untuk penghitungan matematis untuk mencari laju kegagalan, tingkat keandalan, dan memprediksi usia dari komponen atau peralatan. Pada trafo daya 150/20 KV pada Gardu Induk Kendari. Analisa yang didapatkan yaitu PMT transformator trip karenagangguan eksternal terjadi sebanyak 12 kali dalam waktu 486 menit, gangguan internal terjadi sebanyak 7 kali dalam waktu 3212 menit dan gangguan tanpa diketahui sebabnya sebanyak 1 kali selama waktu 83 menit. Dengan akumulasi gangguan sebanyak 20 kali PMT lepas atau trip selama waktu 3781 menit, Setelah dianalisa didapatkan MTTF sebesar 0,8076% per tahun, nilai laju kegagalan 1,2382% per tahun [4].

Pada artikel ini memberikan suatu kontribusi terhadap menentukan nilai keandalan dari suatu transformator pada jaringan distribusi menggunakan *Weibull Distribution*.

Weibull merupakan distribusi yang punya peran penting dalam perihal sebuah keandalan (reliabilitas). Jika dibandingkan dengan metode lain seperti dengan menggunakan parameter SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI, dan ASUI [5] serta dengan menggunakan metode distribusi normal penggunaan metode distribusi Weibull ini memberikan data statistik yang dapat mengakomodir data yang tidak

berdistribusi normal sehingga eror yang dihasilkan lebih kecil nilainya. Metode ini memperhatikan nilai dari MTTF yang digunakan untuk mencari tingkat kegagalan, nilai keandalan, dari transformator di wilayah ULP Rungkut, Kota Surabaya.

## II. METODE PENELITIAN

Dalam hal penelitian ini metode pelaksanaannya adalah mengumpulkan data yang diperlukan berupa gangguan transformator distribusi yang didapat dari survei kepada pihak ULP Rungkut pada masa penelitian tiga tahun semenjak tahun 2019 hingga 2021. Lalu selanjutnya melakukan analisa terhadap data yang didapatkan dengan menggunakan *Weibull Distribution* untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Tahap selanjutnya adalah mencari nilai dari parameter skala, parameter bentuk, dan nilai dari laju kegagalan. Apabila nilai dari laju kegagalan telah didapatkan maka proses selanjutnya adalah mencari nilai MTTF. Kemudian, mengkalkulasi nilai up time yang akan dijadikan sebagai masukan dalam proses untuk menghitung nilai keandalan.

Setelah semua nilai indeks didapatkan maka proses terakhir adalah membuat kesimpulan dari semua hasil perhitungan yang telah dilakukan.

### 2.1 Weibull Distribution

Parameter peluang menjadi parameter-parameter yang digunakan dalam penghitungan nilai permasalahan keandalan. Penggunaan parameter pada distribusi ini yaitu parameter *shape*(bentuk) dan *scale*(skala). Parameter *shape*(bentuk) yakni parameter yang dapat membantu menentukan bentuk dari distribusi karena distribusi weibull bersifat fleksibel dengan segala macam data, maka parameter bentuk ini menjadi ciri khas pada distribusi weibull karena dapat menyesuaikan data yang akan dianalisa keandalannya [6]. Parameter *scale*(skala) yakni mendefinisikan letak mayoritas distribusi itu berposisi dan cara memasukkan distribusi itu

#### a. Indeks Keandalan Distribusi Weibull

Laju Kegagalan. Merupakan frekuensi atau jumlah seberapa banyak sistem atau komponen mengalami kegagalan. Persamaannya sebagai berikut [7]:

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

Dimana,

- $\lambda(t)$  = Fungsi laju kegagalan
- $\theta$  = Parameter bentuk
- $\alpha$  = Parameter skala
- t = Waktu

#### b. Mean Time To Failure

Yang dalam Bahasa Indonesia berarti rata-rata waktu menuju kegagalan merupakan waktu rata-rata gagal fungsinya pada sistem atau komponen. Dengan persamaannya sebagai berikut [8].

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

Lalu untuk menghitung nilai up time, maka melibatkan nilai MTTF yang telah didapatkan. Dan dimasukkan ke dalam persamaan berikut ini.

$$\text{Up Time} = \text{Waktu Penelitian} - \text{MTTF} \quad (3)$$

Apabila nilai up time berhasil diperoleh, selanjutnya dicari nilai keandalannya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Keandalan} = \text{Up Time} / \text{Waktu Penelitian} \quad (4)$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil data gangguan transformator maka dilanjutkan dengan melakukan proses mencari nilai-nilai indeks guna mendapatkan tingkat keandalan transformator. Nilai-nilai tersebut adalah fungsi probabilitas kumulatif, nilai  $x$  dan  $y$ , nilai  $\bar{x}$ , parameter skala dan parameter bentuk, laju kegagalan, nilai MTTF, nilai up time, nilai keandalan, dan nilai persentase penyebab mayoritas kegagalan.

#### 3.1 Fungsi Probabilitas Kumulatif

Fungsi ini adalah pengkumulatifan atau penjumlahan dari semua nilai kemungkinan variabel acak tersebut yang terdapat dalam suatu interval pengamatan.

Tabel 1. Data Gangguan Transformator

Tahun	Jumlah Gangguan
2019	28
2020	37
2021	17

Dari data tabel 1 maka dicari nilai fungsi probabilitas kumulatifnya menggunakan persamaan (3), dan hasilnya berikut ini.

Tabel 2. Hasil Fungsi Probabilitas Kumulatif

Tahun	Jumlah Gangguan	Jumlah Kumulatif Gangguan	Fungsi Probabilitas Kumulatif
$1 < t \leq 2$	28	28	0,337
$2 \leq t \leq 3$	37	65	0,783
$3 \leq t \leq 4$	17	82	0,987

Setelah nilai fungsi probabilitas kumulatif didapatkan maka selanjutnya mencari nilai parameter skala dan bentuk yang dimana diawali dengan mencari nilai  $X$  dan  $Y$  serta mencari nilai  $\bar{x}$  dan  $\bar{y}$  untuk dijadikan nilai masukan saat proses mencari nilai parameter skala dan bentuk.

Tabel 3. Hasil Perhitungan  $X$  dan  $Y$

Tahun	Nilai $X$	Nilai $Y$
$1 < t \leq 2$	0,693147	-0,889210
$2 \leq t \leq 3$	1,098612	0,423866
$3 \leq t \leq 4$	1,386294	1,468520

Tabel 4. Hasil Perhitungan  $\bar{x}$  dan  $\bar{y}$

Tahun	Nilai $\bar{x}$	Nilai $\bar{y}$
$1 < t \leq 2$		
$2 \leq t \leq 3$	1,059351	0,334392
$3 \leq t \leq 4$		

Tabel 3 dan Tabel 4 adalah hasil perhitungan yang nantinya akan dijadikan variabel masukan saat melakukan perhitungan parameter bentuk.

#### 3.2 Theta Parameter (Bentuk/ $\theta$ )

Berfungsi bagaimana bentuk dari sebuah distribusi ditentukan. Pada distribusi lain, yaitu eksponensial dan normal, tidak punya parameter *shape* ini karena sifat keduanya yang punya bentuk data standar dan tidak berubah. Dengan hasil perhitungan yang diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Parameter Bentuk

Tahun	Nilai Parameter Bentuk
$1 < t \leq 2$	
$2 \leq t \leq 3$	3,390944
$3 \leq t \leq 4$	

#### 3.3 Alpha Parameter (Skala/ $\alpha$ )

Scale parameter ini merupakan jenis terumumdari seluruh parameter. Dalam hal yang menyangkut keandalan maupun Analisa sisa umur pasti semuanya mempunyai parameter alpha atau skala ini.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Parameter Skala

Tahun	Nilai Parameter Skala
$1 < t \leq 2$	
$2 \leq t \leq 3$	1,238365
$3 \leq t \leq 4$	

#### 3.4 Laju Kegagalan

Laju kegagalan merupakan banyaknya suatu sistem maupun komponen mengalami gagal fungsi, biasa disimbolkan dengan  $\lambda$  (lambda). Setelah nilai parameter bentuk dan skaladidapat, Maka hasilnya digunakan untuk mencari nilai laju kegagalan yang hasilnya yang didapatkan dapat dilihat dari tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Nilai Perhitungan Laju Kegagalan

Tahun	Nilai $\lambda (t)$	Nilai Rata-Rata Laju Kegagalan
$1 < t \leq 2$	2,738242	18,321894
$2 \leq t \leq 3$	14,362090	
$3 \leq t \leq 4$	37,865352	

**3.5 MTTF, Up Time, dan Keandalan**

Setelah nilai rata-rata laju kegagalan didapatkan. Maka dengan nilai tersebut proses perhitungan nilai MTTF dapat dilakukan. Apabila nilai MTTF diperoleh, dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu menghitung nilai up time. Nilai up itme yang telah diperoleh selanjutnya dijadikan variabel masukan untuk mencari nilai keandalan. Dimana hasil dari perhitungan MTTF, up time, dan keandalan ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 8. Hasil Perhitungan MTTF, Up Time, dan Keandalan

Tahun	MTTF	UP Time	Keandalan
$1 < t \leq 2$	0,054579	2,945	0,981
$2 \leq t \leq 3$			
$3 \leq t \leq 4$			

Dari penjabaran pengaplikasian weibull di atas, bisa dipahami bahwasannya distribusi Weibull bisa diaplikasikan guna meramalkan waktu kegagalan yang sifatnya non linier. Rata-rata waktu gagal adalah tergantung terhadap parameternya. Fungsi kegagalan akibat perubahan nilai bisa menyebabkan distribusi Weibull memiliki sifat tertentu atau sesuai dengan distribusi tertentu. Distribusi ini merupakan distribusi serbaguna yang dapat mengambil sifat-sifat distribusi lain berdasarkan nilai-nilai parameter bentuknya.

**3.6 Rasio Penyebab Kegagalan Transformer**

Data mengenai gangguan-gangguan pada transformator distribusi tersebut bisa diperhatikan melalui Tabel 9. Data tersebut merupakan data gangguan transformator distribusi pada tahun 2019 - 2021. Dari data tersebut dapat dilihat mengenai penyebab-penyebab gangguan transformator, dimana apabila digolongkan menurut penyebab gangguan beserta jumlahnya adalah sebagai berikut.

Tabel 9. Data Gangguan Transformator Tahun 2019 - 2021

Penyebab Gangguan	Jumlah
Primer Sekunder	4
Primer Sekunder Body	16
Primer Body	5
Sekunder Body	4
Kumparan Primer Terbakar/Putus	25
Kumparan Primer Sekunder Terbakar /Putus	17
Kumparan Sekunder Terbakar/Putus	3
Rembes dari Body	1
Rembes dari Bushing	1
Bushing Sekunder Terbakar	1
Body Rusak/Pecah/Menggembung	2
Tegangan Tembus Kurang Baik	2
Tegangan Tidak Seimbang	1

Dari tabel data diatas menunjukkan mayoritas gangguan transformator disebabkan oleh kumparan primer terbakar/putus. Dengan jumlah kejadian sebanyak 25 kejadian dari total 82 gangguan. Sehingga persentase penyebab mayoritas gangguan transformator sebagai berikut.

$$\frac{25}{82} = 0,304878$$

$$0,304878 \times 100 = 30,4878 \%$$

**IV. KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian mengenai tingkat keandalan transformator distribusi di wilayah ULP Rungkut Kota Surabaya didapatkan mean dari laju kegagalan yakni 18,321894%/tahun, lalu nilai MTTF sebesar 0,054579%/tahun, dan didapatkan pula nilai tingkat keandalan transformator sebesar 0,981. Sehingga, berdasarkan standarcroanbach alpha tergolong dalam tingkat yang sangat andal.

Untuk gangguan yang terjadi secara mayoritas atau paling banyak terjadi yaitu gangguan kumparan primer terbakar/putus sebanyak 25 kejadian dari total 82 kejadian gangguan transformator. Sehingga nilai persentase pada gangguan kumparan primer terbakar/putus sebesar 30,4878% dalam kurun waktu tiga tahun terhitung dari 2019 - 2021.

---

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tamara, F. S. (2014). Analisis Prediksi Waktu Kegagalan Transformator Menggunakan Distribusi Weibull dan Distribusi Eksponensial. *Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok*.
- [2] Ali, A., Setiawan, D., & Situmeang, U. (2019, October). Analisis Keandalan Transformator Daya 60 MVA Menggunakan Metode Distribusi Weibull. In *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*.
- [3] Napitupulu, J. C., & Tobing, P. S. (2013). Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull. *Singuda Ensikom*, 3(3).
- [4] W. Mahendra, T. Tachrir, and B. Bunyamin, "Studi Keandalan Transformator 60 MVA Kendari New," *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 7, no. 1, p. 51, 2022.
- [5] Julianto, P., & Sidebang, J. (2018). Analisis Ketersediaan Daya dan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi di Universitas Borneo Tarakan. *Elektrika Borneo*, 4(2), 24-28.
- [6] Ramadhan, M. A. (2017). *Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull (Aplikasi PT. PLN (Persero) Gardu Induk Paya Pasir)*" (Doctoral dissertation).
- [7] Suryadi, S., & Firdaus, F. (2017). Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull Di Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 4(1), 1-6.
- [8] Manurung, Y. B. J. (2021). Studi Analisis Keandalan dan Efisiensi Transformator Daya di Gardu Induk Denai PT. PLN Persero.