

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

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

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

<sup>1</sup>isatherossi@gmail.com, <sup>2</sup>pujislamet@untag-sby.ac.id, <sup>3</sup>rezaswidagdo@untag-sby.ac.id

**Abstract** - The reliability of the electric power system is very important in the continuity of the supply of electrical energy to the load. One of the important parts in the electric power system 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 tenaga listrik merupakan suatu hal yang sangat penting dalam keberlangsungan suplai energi listrik ke beban. Salah satu bagian penting dalam sistem tenaga listrik adalah 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

Pada suatu jaringan sistem tenaga listrik, terdapat tiga komponen atau bagian utama yakni sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Tiga bagian utama ini sangat penting keadaannya karena saling terkait 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 tenaga listrik ditentukan oleh keandalan dari transformator daya. Keandalan transformator ditentukan oleh tingkat kegagalannya. 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 menghitung laju kegagalan, tingkat keandalan, dan proyeksi waktu sisa pada komponen. Setelah 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 transformator daya 150/20 KV yang ada di GI Kendari. Analisa yang didapatkan yaitu PMT transformator trip karena gangguan 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*. Distribusi Weibull adalah distribusi yang memiliki peranan yang penting terutama pada persoalan keandalan (reliability). 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

Pada penelitian ini metode yang dilakukan adalah mengumpulkan data yang diperlukan berupa gangguan transformator distribusi yang didapat dari survei kepada pihak ULP Rungkut dalam kurun waktu tiga tahun terhitung sejak 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.

A. Weibull Distribution

Parameter peluang menjadi parameter-parameter yang digunakan dalam penghitungan nilai permasalahan keandalan. Parameter yang diterapkan dalam distribusi ini adalah parameter skala dan bentuk. Parameter Skala yaitu mendefinisikan letak sebagian besar distribusi berada dan bagaimana memasukkan distribusinya. Parameter Bentuk yaitu 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].

a. Indeks Keandalan Distribusi Weibull

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

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

Dimana,

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

b. MTTF (mean time to failure)

Mean Time To Failure (MTTF) merupakan waktu rata-rata terjadinya kegagalan pada sistem atau komponen . Dengan persamaannya sebagai berikut [8].

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

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

$$Up\ Time = Waktu\ Peneitian - MTTF \dots\dots\dots (3)$$

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

$$Keandalan = Up\ Time / Waktu\ Penelitian \dots\dots (4)$$

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  $\bar{x}$  dan  $\bar{y}$ , parameter skala dan parameter bentuk, laju kegagalan, nilai MTTF, nilai up time, nilai keandalan, dan nilai persentase penyebab mayoritas kegagalan.

A. Fungsi Probabilitas Kumulatif

Fungsi distribusi kumulatif merupakan jumlahan dari seluruh nilai probabilitas variabel acak tersebut yang berada pada interval pengamatan tertentu.

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

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

*B. 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. Dengan hasil perhitungan yang diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Parameter Bentuk

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

*C. Parameter Skala*

Parameter skala adalah jenis yang paling umum dari parameter. Mayoritas distribusi dalam keandalan atau bidang analisis *survival* memiliki parameter skala.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Parameter Skala

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

*D. Laju Kegagalan*

Laju kegagalan atau fungsi hazard adalah frekuensi suatu sistem atau komponen gagal bekerja, biasa disimbolkan dengan  $\lambda$  (lambda). Setelah nilai parameter skala dan parameter bentuk didapatkan. Maka hasilnya digunakan untuk mencari nilai laju kegagalan dengan hasil yang didapatkan ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 7. Hasil 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	

E. 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
$2 \leq t \leq 3$			
$3 \leq t \leq 4$			

Berdasarkan beberapa contoh aplikasi distribusi weibull di atas, dapat disimpulkan bahwa distribusi Weibull dapat dipergunakan untuk memprediksi waktu kegagalan yang sebarannya bercorak tidak linier. Rataan waktu gagal adalah bergantung pada parameternya. fungsi kerusakan karena perubahan nilai akan mengakibatkan distribusi Weibull mempunyai sifat tertentu ataupun ekuivalen dengan distribusi tertentu. Distribusi ini adalah distribusi serbaguna yang dapat mengambil karakteristik dari jenis lain dari distribusi, berdasarkan nilai dari bentuk parameter.

F. Rasio Penyebab Kegagalan Transformer

Data mengenai gangguan-gangguan pada transformator distribusi tersebut dapat dilihat pada 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.

$$\frac{25}{82} = 0,304878..... (3)$$

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

#### IV. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai tingkat keandalan transformator distribusi di wilayah ULP Rungkut Kota Surabaya didapatkan nilai rata-rata laju kegagalan sebesar 18,321894% per tahun, lalu nilai MTTF sebesar 0,054579% per tahun, dan didapatkan pula nilai tingkat keandalan transformator sebesar 0,981. Sehingga, berdasarkan standar croanbach 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.