

# Perancangan Power Outage Software Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 500 KV

<sup>1</sup>Laily Agung Kurnia, <sup>2</sup>Ach. Ubaidillah, <sup>3</sup>Riza Alfita

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan

<sup>1</sup>[lailyagung25@gmail.com](mailto:lailyagung25@gmail.com), <sup>2</sup>[ca\\_achmed@yahoo.com](mailto:ca_achmed@yahoo.com), <sup>3</sup>[yogya\\_001@yahoo.co.id](mailto:yogya_001@yahoo.co.id)

**Abstrak** - Kebutuhan energy listrik merupakan salah satu kebutuhan yang penting dalam kehidupan manusia. Pemenuhan akan penyediaan energy listrik menjadi salah satu perhatian penting bagi pemerintah. Dalam menjaga kestabilan supply sangat perlu menjaga optimalisasi sistem transmisi energy listrik. Hal ini karena sistem transmisi sangat dipengaruhi oleh banyak factor salah satunya adalah cuaca yang tidak tentu. Petir adalah salah satu faktor penyebab gangguan yang sering terjadi terhadap sistem transmisi terutama pada SUTET 500 kV. Pada penelitian ini dilakukan peramalan petir serta dibuat perangkat lunak untuk mengetahui kemungkinan gangguan yang terjadi terhadap SUTET 500 kV akibat sambaran petir. Dengan menggunakan Metode ARIMA Box Jenkins didapatkan model ARIMA  $([2,4],0,1)(1,0,1)$  dengan jumlah peramalan petir yang terjadi ditahun 2016 sebanyak 120 petir. Untuk meramalkan kemungkinan gangguan yang terjadi terhadap SUTET menggunakan metode Popolansky. Jumlah gangguan yang terjadi sebanyak 3,745 gangguan per 100 km per tahun. Sedangkan berdasarkan data peramalan petir yang menggunakan ARIMA diperoleh nilai keandalan sebesar 3,942 gangguan per 100 km per tahun. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem transmisi menunjukkan keandalan sistem yang baik.

**Kata Kunci** : ARIMA, Petir, Gangguan, SUTET 500 kV, Popolansky

**Abstract** - Electric energy needs is one of the important needs in human life. The fulfillment of the provision of electrical energy becomes an important concern for the government. In maintaining the stability of supply is necessary to maintain the optimization of electrical energy transmission system. This is because the transmission system is strongly influenced by many factors one of which is the weather is not necessarily. Lightning is one of the factors that cause frequent disruption of the transmission system, especially in the 500 kV SUTET. In this study, lightning forecasting and software are made to determine the possible disturbances that occur on the 500 kV SUTET due to lightning strikes. By using ARIMA Method Box Jenkins obtained ARIMA model  $([2,4], 0,1)$

$(1,0,1)$  with the number of lightning forecasting that occurred in 2016 as much as 120 lightning. To predict possible interference with SUTET using Popolansky method. The number of disturbances that occurred as much as 3,745 disturbances per 100 km per year. Meanwhile, based on data of lightning forecasting using ARIMA obtained reliability value of 3,942 disturbances per 100 km per year. Thus it can be concluded that the transmission system shows good system reliability.

**Keyword** : ARIMA, Lightning, Disturbances, SUTET 500 kV, Popolansky

## I. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu kebutuhan penting bagi kehidupan manusia, pemenuhan akan penyediaan energy listrik menjadi perhatian penting bagi pemerintah. Salah satu cara menjaga kestabilan pemenuhan pasokan energy listrik adalah dengan menjaga kestabilan suplai energy listrik yaitu dengan menjaga optimalisasi sistem transmisi agar tetap optimal. Tingkat optimal pada sistem transmisi ditunjukkan dengan banyaknya gangguan yang terjadi pada sistem transmisi. Adapun beberapa penelitian yang dilakukan untuk menghirtung jumlah gangguan yang terjadi terhadap SUTET 500 kV akibat sambaran petir diantaranya menggunakan metode Acak[5], Brown [4], serta metode perhitungan lain.

Gangguan yang sering terjadi pada sistem transmisi biasanya dipengaruhi oleh faktor teknis serta faktor cuaca. Petir sebagai salah satu faktor cuaca yang menyebabkan gangguan pada pada sistem transmisi terutama pada Saluran Udara Tingkat Ekstra Tinggi (500 kV). Cuaca merupakan faktor yang sulit diperkirakan, pada beberapa penelitian, dilakukan uji perkiraan cuaca berupa curah hujan [2], temperatur udara [3], serta uji cuaca lain dengan menggunakan metode ARIMA.

Pada penelitian ini, penulis tertarik untuk untuk melakukan penelitian tentang peramalan kejadian petir dengan menggunakan metode ARIMA serta pembuatan perangkat lunak untuk menghitung gangguan sambaran petir terhadap SUTET 500 kV. Sehingga dapat diramalkan kemungkinan gangguan yang akan terjadi di tahun mendatang.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. ARIMA Box-Jenkins

Time Series merupakan suatu rangkaian tersusun dari pengamatan. Biasanya tersusun berdasarkan urutan waktu, terutama pada interval waktu yang sama. Penyusunan data juga dapat berdasarkan dimensi lainnya, misalnya jarak [9].

Metode peramalan ARIMA (Autoregressive Integrsted Moving Average) merupakan salah satu metode peramalan time series yang dikembangkan oleh George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins. Metode ini hanya dapat diterapkan terhadap suatu data runtun waktu yang stasioner atau yang telah distasionerkan melalui proses differencing.

Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) yang diterapkan dalam kasus dimana data tidak stasioner dan langkah awal dideferensiasi (sama dengan bagian yang terintegrasi dari model) dapat dibuat model ARMA dengan menerapkan integrasi pada proses stasioner. Lag dari rangkaian deferensiasi yang muncul dalam persamaan peramalan disebut bentuk AR. Sedangkan lag dari error ramalan disebut bentuk MA.

Sehingga, apabila menggunakan data time series yang sudah dideferensiasi sebanyak d kali hingga terbentuk data yang stasioner dan diterapkan pada model ARMA (p,q), maka model ARIMA dinotasikan dengan ARIMA(p,d,q) dengan ketentuan sebagai berikut:

- p adalah orde atau derajat AR
- d adalah orde atau derajat differencing
- q adalah orde atau derajat MA

sedangkan untuk persamaan model ARIMA (p,d,q) adalah sebagai berikut:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d Y_t = \mu + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) e_t \quad (1)$$

### B. Petir

Petir merupakan sebuah fenomena alam berupa kilatan cahaya disertai suara menggelegar yang sering dijumpai menjelang atau ketika hujan. Namun bukan berarti ketika hujan akan selalu disertai dengan petir. Petir hanya terjadi jika terdapat awan Cumulonimbus (Cb). Petir terjadi karena adanya perbedaan potensial antara dua medium. Dalam hal ini dua medium tersebut yaitu antara awan dan bumi atau awan dengan awan. Dalam kondisi cuaca yang normal perbedaan potensial antara permukaan bumi dengan ionosphere adalah sekitar 200.000 sampai 500.000 volt dengan kerapatan arus sekitar  $2 \times 10^{-12}$  Ampere/m<sup>2</sup>[6].

### C. Lightning Outage

Lightning outage adalah sebuah gangguan yang terjadi pada saluran transmisi akibat sambaran petir, baik secara langsung maupun tidak langsung (sambaran induksi). Sehingga menyebabkan terganggunya kontinuitas penyaluran daya listrik pada saluran transmisi tersebut. Pada saluran transmisi, petir merupakan pemutusan yang tidak dapat

direncanakan dalam penyaluran daya listrik. Satuan gangguan atau biasa disebut dengan angka keluar akibat sambaran petir dinyatakan dalam satuan gangguan per 100 km/tahun.

### D. Metode Popolansky

Secara umum gangguan kilat pada penghantar udara tegangan tinggi terbagi menurut tempat dimana kilat itu menerkam, yaitu:

1. Gangguan kilat pada kawat fasa atau akibat kegagalan perlindungan kawat tanah.
2. Gangguan kilat pada kawat tanah, yang terbagi dalam tiga macam gangguan, yaitu:
  - a. Gangguan kilat pada menara, 60% ( $O_t$ )
  - b. Gangguan kilat pada seperempat jarak dari menara (gangguan kilat diseperempatan gawang), 30% ( $O_q$ )
  - c. Gangguan kilat pada setengah jarak dari menara (gangguan kilat di pertengahan gawang), 10% ( $O_m$ )

Sehingga jumlah gangguan total akibat terkaman kilat pada penghantar udara tegangan tinggi dinyatakan oleh persamaan:

$$STR = SF0 + O_t + O_q + O_m \quad (2)$$

Dengan:

STR = jumlah gangguan total per 100 km penghantar pertahun (gangguan spesifik)

SF0 = jumlah gangguan kilat terhadap kawat fasa per 100 km penghantar per tahun

Untuk mengetahui jumlah gangguan total, digunakan pula peta jumlah hari guruh per tahun (IKL) dari daerah penghantar. IKL ini digunakan untuk menentukan kepadatan kilat per tahun satuan daerah luas per tahun dengan persamaan sebagai berikut:

$$D = 0,23 (IKL) \quad (3)$$

$$D = 8,875 \times 10^{-8} (IKL) \quad (4)$$

Dengan menggunakan harga kepadatan kilat diatas dan luas daerah yang dilindungi kawat tanah, maka jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi pada penghantar udara tegangan tinggi dapat ditentukan dengan persamaan:

$$A = (2r + 1) \cdot h_t^2 + 4 \cdot h_g \quad (5)$$

dan

$$L = \frac{100 \times 1000}{s} \times A \times D \quad (6)$$

Dengan:

D = kepadatan kilat per meter persegi per tahun

A = luas daerah yang dilindungi kawat tanah untuk setiap S

S = panjang gelombang rata-rata (m)

L = jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi per 100 km penghantar per tahun

$h_g$  = tinggi kawat tanah rata-rata (m)

$h_t$  = tinggi menara (m)

Dengan menggunakan Metode Popolansky dapat dihitung jumlah kilatan akibat kegagalan kawat tanah. Metode ini juga

merupakan fungsi sudut proteksi, tetapi dengan menambahkan faktor tinggi kawat tanah sebagai factor yang mempengaruhi efek perlindungan kawat tanah. Probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah dirmuskan sebagai:

$$\log P_0 = \frac{\theta \sqrt{h_{12}}}{75} - 3,95 \quad (7)$$

Selanjutnya hitung jumlah gangguan akibat kegagalan perlindungan kawat tanah dengan menggunakan persamaan:

$$SFO = P_0 \times L \quad (8)$$

Selanjutnya hitung jumlah gangguan kilat pada menara dengan menggunakan persamaan :

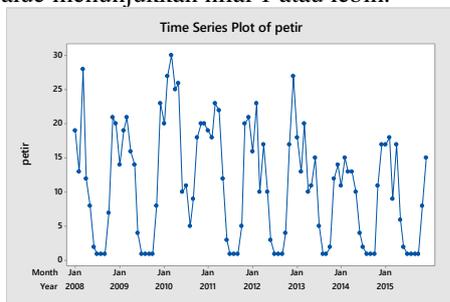
$$BFO = P \times L \times 60\% \quad (9)$$

Terakhir hitung total keseluruhan gangguan yang terjadi dengan persamaan :

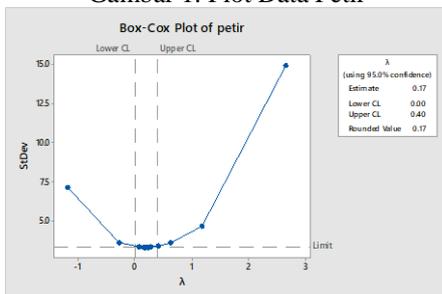
$$STR = SFO + BFO \quad (10)$$

### III. PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh plot data petir tahun 2008 hingga tahun 2015 menunjukkan adanya pola musiman yang terjadi. Sehingga perlu dilakukan uji Box-Cox Transformation untuk mengetahui apakah data telah stasioner terhadap varians. Data dianggap stasioner jika nilai rounded value menunjukkan nilai 1 atau lebih.

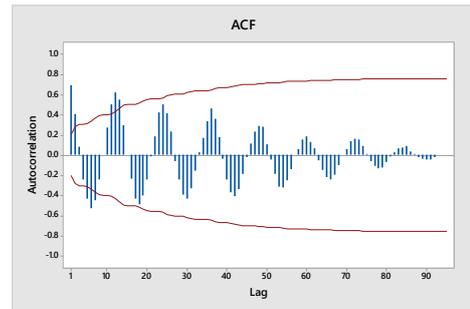


Gambar 1. Plot Data Petir

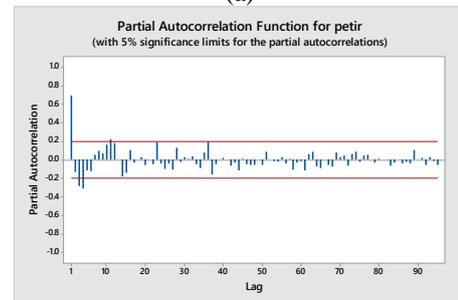


Gambar 2. Box Cox Transformation

Berdasarkan grafik Box-Cox transformation diatas diketahui bahwa nilai rounded value 0,17 dengan batas atas 0,4 dan batas bawah 0,00. Selanjutnya dilakukan uji kestasioneran terhadap means dengan menggunakan plot ACF dan plot PACF sebagai berikut.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Grafik ACF (b) Grafik PACF

Selanjutnya dilakukan uji Dickey Fuller menggunakan SAS 9 sehingga diperoleh nilai P-value dan V-value sebagai berikut

Tabel 1. Estimasi, SE, t-Value dan p-Value Data Petir

Data	Estimasi	SE	t-Value	p-Value
Petir	-0,11244	0,04668	-2,41	0,0180

Berdasarkan table menunjukkan bahwa nilai P-value sebesar -0,11244. Sehingga diputuskan menolak hipotesis H0 dikarenakan nilai p-Value < alpha yaitu 0,11244 < 0,05 dan data dinyatakan telah stasioner dalam mean. Setelah data petir dianggap stasioner terhadap varians dan mean, selanjutnya dilakukan identifikasi orde ARIMA yang sesuai berdasarkan lag-lag pada plot ACF dan PACF pada data petir. Gambar 4.6 sehingga diperoleh beberapa model ARIMA dugaan yang digunakan yaitu ARIMA (1,0,1)(0,0,1), ARIMA (1,0,1)(1,0,1), dan ARIMA (1,0,1)(1,1,1).

Tabel 2. Estimasi Parameter model ARIMA

Model ARIMA	Parameter	Estimasi	t-Value	p-Value
(1,0,1) (1,0,0)	$\theta_0$	11.96288	5.54	<.0001
	$\phi_1$	0.62900	4.18	<.0001
	$\theta_1$	0.12311	0.63	0.5279
	$\phi_{12}$	0.49764	4.99	<.0001
(1,0,1) (0,0,1)	$\theta_0$	11.89765	6.20	<.0001
	$\phi_1$	0.62179	4.69	<.0001
	$\theta_1$	0.0009009	0.01	0.9958
	$\theta_{12}$	-0.34382	-3.42	0.0009
(1,0,1) (1,0,1)	$\theta_0$	12.88760	5.12	<.0001
	$\phi_1$	0.66134	4.60	<.0001

	$\theta_1$	0.16346	0.87	0.3889
	$\phi_{12}$	0.96097	10.11	<.0001
	$\theta_{12}$	0.62667	3.83	0.0002
(2,0,1)	$\theta_0$	12.52900	5.39	<.0001
(1,0,1)	$\phi_1$	0.34477	3.15	0.0022
	$\theta_1$	-0.48586	-4.78	<.0001
	$\phi_{12}$	0.96346	9.83	<.0001
	$\theta_{12}$	0.64163	3.86	0.0002

Berdasarkan tabel 4.2 didapatkan nilai p-Value untuk masing-masing model ARIMA dugaan hanya model ARIMA (2,0,1)(1,0,1) yang signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai p-Value dari masing-masing parameter yang kurang dari 0,05. Tahap selanjutnya adalah pemeriksaan residual data petir yang dibagi menjadi 2 tahap pemeriksaan, yaitu pemeriksaan residual white noise dan residual berdistribusi normal. Untuk pengujian residual white noise didapatkan dari hasil pengujian Ljung Box sehingga hasil pengujiaanya sebagai berikut.

Tabel 3. Uji White Noise Model ARIMA (2,0,1)(1,0,1)

Model ARIMA	Residual White Noise		Kesimpulan
	Lag	Value	
(2,0,1) (1,0,1)	6	0.0338	Tidak White noise
	12	0.3094	
	18	0.0691	
	24	0.1052	

Berdasarkan hasil uji residual white noise pada tabel 4.3, dapat diambil kesimpulan bahwa model ARIMA dugaan tidak white noise. Namun, pada model ARIMA dugaan ketiga, yaitu ARIMA (2,0,1)(1,0,1) memiliki nilai p-Value yang hampir signifikan untuk setiap lag kecuali lag ke 6, maka dapat dilakukan uji model ARIMA ([2,6],0,1)(1,0,1) hingga didapatkan nilai sebagai berikut

Tabel 4. p-Value Model ARIMA ([2,6],0,1)(1,0,1)

Lag ke-	6	12	18	24
p-Value	0,0188	0,3214	0,0719	0,1345
Auto-correlation	-0.015	-0.077	0.272	0.022
	0.069	0.047	0.081	-0.071
	0.129	-0.057	-0.095	0.003
	-0.179	0.073	0.034	-0.067
	-0.017	0.080	-0.119	0.163
	-0.021	-0.029	-0.089	-0.027

Berdasarkan tabel diatas, p-Value pada hingga lag ke 6 diketahui masih belum signifikan. Maka lakukan kembali uji dengan menggunakan model ARIMA yang lain. Ambil nilai autocorrelation yang memiliki nilai tertinggi pada deret lag hingga 6. Sehingga didapatkan model ARIMA baru yaitu ARIMA ([2,4],0,1)(1,0,1).lakukan kembali uji terhadap arima tersebut hingga memperoleh parameter uji sebagai berikut.

Tabel 5. Estimasi Model ARIMA ([2,4],0,1)(1,0,1).

Paramete r	Estimasi	t-Value	p-Value
$\theta_0$	12.04615	6.48	<.0001

$\phi_1$	0.43721	3.81	0.0003
$\phi_2$	-0.23217	-2.22	0.0291
$\theta_1$	-0.50880	-5.02	<.0001
$\phi_{12}$	0.95311	8.00	<.0001
$\theta_{12}$	0.67277	3.56	0.0006

Tabel 6. Uji White Noise

Model ARIMA	Residual White Noise		Kesimpulan
	Lag	Value	
([2,4]0,1) (1,0,1)	6	0.2267	White noise
	12	0.9255	
	18	0.3877	
	24	0.5106	

Tabel 7. Uji Normalisasi

Model ARIMA	Residual Distribusi Normal		Kesimpulan
	KS	p-Value	
([2,4]0,1) (1,0,1)	0.0873 7	0.0712	Berdistribusi Normal

Berdasarkan tabel uji parameter, uji white noise, dan uji normalitas menunjukkan bahwa ARIMA ([2,4]0,1)(1,0,1) telah signifikan terhadap p-Value, telah memenuhi asumsi pengujian residual terdistribusi normal, serta tidak white noise. Sehingga ARIMA ([2,4]0,1)(1,0,1) dapat digunakan untuk peramalan terhadap kejadian petir dengan persamaan sebagai berikut.

$$Y_t = 0,43721Y_{t-2} - 0,23217Y_{t-4} + 0,95311Y_{t-12} - 0,41671Y_{t-14} + 0,21617Y_{t-16} + \epsilon_t + 0,50880\epsilon_{t-1} - 0,676277\epsilon_{t-12} + 0,33423\epsilon_{t-13}$$

Dari persamaan diatas menunjukkan bahwa nilai  $Y_t$  yang diramalkan dimasa depan dipengaruhi nilai data ke 2, 4, 12, 14, dan data ke 16. Sehingga diperoleh nilai hasil peramalan untuk tahun berikutnya sebagai berikut.

Tabel 8. Prediksi Petir Tahun 2016

Bulan ke -	Data asli	Prediksi
1	11	13.7154
2	16	16.3088
3	12	14.6845
4	9	15.4849
5	9	10.8026
6	6	6.5961
7	3	4.1878
8	3	3.1266
9	5	3.1981
10	10	4.2896
11	15	11.8782
12	15	16.5519
Total	114	120.8245

Berdasarkan tabel hasil peramalan diatas, didapatkan jumlah IKL yang mungkin terjadi ditahun 2016 adalah sebanyak 120 kejadian petir dalam setahun. Sedangkan data asli menunjukkan jumlah IKL sebesar 114. Sehingga presiksi terjadinya petir dianggap sudah baik karena nilai errornya sekitar 0,058648. Jumlah IKL yang telah didapatkan selanjutnya diolah kembali untuk mengetahui keandalan SUTET 500 kV pada saluran antara Gresik hingga Surabaya barat ketika terhadap sambaran petir yang terjadi.

Setelah diperoleh perkiraan IKL tahun 2016, selanjutnya lakukan perhitungan kemungkinan gangguan yang terjadi pada SUTET 500 kV akibat sambaran petir sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut. Perhitungan gangguan ini menggunakan 2 data IKL yaitu menggunakan data asli dan menggunakan data petir hasil dari peramalan menggunakan ARIMA.

POWER OUTAGE SOFTWARE SUTET 500 KV	
Jumlah Hari Guruh (DG)	114
Jumlah Kepadatan Kilat (D)	1.01175E-5
Luas Daerah Terlindung Kawat Tanah (A)	106843.4904512
Jumlah Terkaman Kilat yang Mungkin Terjadi (L)	304.478834714707
Kemungkinan Kegagalan Perlindungan Kawat Tanah (P)	0.00893941342503462
Jumlah Gangguan Akibat Kegagalan Perlindungan Kawat Tanah (SFO)	2.72186218268755
Probabilitas Kegagalan Perlindungan Kawat Tanah (Prob P)	0.0056
Jumlah Gangguan Kilat pada Menara (BFO)	1.02304888464142
Total Keseluruhan Gangguan (STR)	3.74491106732897

(a)

POWER OUTAGE SOFTWARE SUTET 500 KV	
Jumlah Hari Guruh (DG)	120
Jumlah Kepadatan Kilat (D)	1.065E-5
Luas Daerah Terlindung Kawat Tanah (A)	106843.4904512
Jumlah Terkaman Kilat yang Mungkin Terjadi (L)	320.504036541797
Kemungkinan Kegagalan Perlindungan Kawat Tanah (P)	0.00893941342503462
Jumlah Gangguan Akibat Kegagalan Perlindungan Kawat Tanah (SFO)	2.86511808703953
Probabilitas Kegagalan Perlindungan Kawat Tanah (Prob P)	0.0056
Jumlah Gangguan Kilat pada Menara (BFO)	1.07689356278044
Total Keseluruhan Gangguan (STR)	3.94201164981997

(b)

Gambar 4. (a) nilai perhitungan gangguan dengan IKL 114  
 (b) nilai perhitungan gangguan dengan IKL 120

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi gangguan sambaran petir terhadap SUTET 500 kV adalah jumlah sambaran petir yang terjadi selama satu tahun (IKL). Dari kedua perhitungan menunjukkan bahwa jumlah keseluruhan gangguan yang terjadi pada tahun 2016 sebesar 3,745 berdasarkan data asli dan 3,942 berdasarkan data peramalan petir. Sehingga didapatkan nilai error sebesar 0,0526. Berdasarkan nilai tersebut, maka sistem transmisi pada SUTET 500 kV dianggap masih optimal atau memiliki tingkat keandalan yang baik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada pemelitan ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil peramalan kejadian petir tahun 2016 diperoleh sebanyak 120 kejadian petir dengan menggunakan model ARIMA  $([2,4],0,1)(1,0,1)$ . Nilai ini memiliki selisih sebanyak 6 dari data asli yaitu 114 kejadian petir.
2. Jumlah keseluruhan gangguan yang mungkin terjadi terhadap SUTET 500 kV sebanyak 3,745 berdasarkan data asli dan 3,942 berdasarkan data peramalan petir. Dengan ini diperoleh nilai error sebesar 0,0526.
3. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh menunjukkan bahwa SUTET 500 kV antara Gresik dan Surabaya Barat memiliki nilai keandalan yang baik dan masih optimal.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brown, Ryan. (ed). 2014. Reliability Enhancement of Avista Electric Power System Gonzaga University, Spokane.
- [2] Faulina, Ria 2013, "Hybrid ARIMA-ANFIS untuk Peramalan Curah Hujan di Indonesia"
- [3] Mahmudin, Ali, Brodjol S 2012, "Peramalan Temperatur Udara di Kota Surabaya", Jurnal Sain dan Seni ITS Vol. 1, No. 1, (Sept. 2012) ISSN: 2301-928X
- [4] Alfita Riza, Rachmad Aeri 2016, "Perancangan Perangkat Lunak Lightning Outage Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV metode Brown", Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016, ISSN: 2527-6042 eISSN: 2527-6050
- [5] Choirudin Muhammad, dkk, 2017, "Analisa Power Outage Software untuk Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV terhadap Sambaran Petir", Seminar Nasional Inovasi Teknologi UN PGRI Kediri, 22 Februari 2017.
- [6] Gunawan, Tomy, dkk. 2014. Analisis Tingkat Kerawanan Bahaya Sambaran Petir dengan Metode Simple Additive Weighting di Provinsi Bali. Jurnal Meetrologi dan Geofisika Vol. 15 No. 3 hal: 193-201
- [7] Presentasi prof zero Engineering Meeting 6 Des 2014
- [8] Zoro, Reynaldo dan Eko Yudo Pramono. 2008. Lightning Performance of Extra High Voltage 500 kV Lines at East Java-Indonesia. IPTEK, The Journal for Technology and Science, Vol. 19, No. 4, November 2008
- [9] Wei, W. W. S. (2006) *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, 2<sup>nd</sup> Edition*. New York: Pearson.