

Analisis Statistik Gangguan Akibat Sambaran Petir yang Terjadi pada Saluran Transmisi Di PLN Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Semarang

Ahmad Mubarak¹; Hariadi Fitrianto^{1)}; Khairizvan Edwar¹*

1. Institut Teknologi PLN, Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, DKI Jakarta, 11750, Indonesia

**)Email: hariadi2110003@itpln.ac.id*

ABSTRACT

Indonesia is a tropical climate area that gets rainfall throughout the year. Heavy rainfall is also in line with an increase in lightning strikes which can affect the electric power system. Lightning strikes cause disturbances to the electrical system temporarily or permanently which will affect the reliability of the supply of electric power to consumers. This study aims to obtain an analysis of lightning strikes with data on lightning strikes and disturbances on 150 kV high-voltage overhead lines and 500 kV extra high-voltage overhead lines that occurred in the period 2018 to 2022. The results of the 5-year data were processed to see similarities or dissimilarities. trend that occurs every year. The next step is to predict lightning strike disturbances in the next few years. Along with the increase in disturbances every year, more effort is also needed for the application and installation of lightning fault protection devices in the electricity system.

Keywords: *Lightning strike, temporary, permanent, protection, electricity*

ABSTRAK

Indonesia merupakan kawasan beriklim tropis yang mendapatkan curah hujan di sepanjang tahun. Curah hujan yang besar juga selaras dengan peningkatan sambaran petir yang dapat berpengaruh terhadap sistem tenaga listrik. Sambaran petir menimbulkan gangguan pada sistem kelistrikan secara temporer maupun permanen dimana akan mempengaruhi keandalan pasokan daya listrik ke konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan analisis sambaran petir dengan data sambaran dan gangguan akibat petir pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV dan saluran udara tegangan ekstra tinggi 500 kV yang terjadi pada periode tahun 2018 hingga tahun 2022. Hasil data selama 5 tahun tersebut diolah untuk dilihat kesamaan atau ketidaksamaan trend yang timbul setiap tahunnya. Langkah selanjutnya dilakukan prediksi dari gangguan sambaran petir beberapa tahun kedepan. Seiring dengan peningkatan gangguan setiap tahunnya dibutuhkan juga effort lebih untuk penerapan dan pemasangan alat proteksi gangguan petir di sistem ketenagalistrikan.

Kata kunci: *Sambaran petir, temporer, permanen, proteksi, ketenagalistrikan*

1. PENDAHULUAN

Tidak hanya terdiri dari ribuan pulau, Indonesia juga berada disepanjang garis khatulistiwa yang menjadikan hampir seluruh kawasan beriklim tropis. Wilayah tropis umumnya memiliki dua musim yaitu musim panas dan musim hujan. Pulau-pulau di Indonesia mudah dipengaruhi peredaran udara yang datang dari perairan yang mengelilinginya, yang mengakibatkan Indonesia banyak menerima curah hujan di sepanjang tahun [1]. Hari guruh per-tahun secara rata-rata di Indonesia sangat tinggi yaitu sekitar 180-260 guruh per tahun. Dengan hari guruh yang sangat tinggi tersebut maka Indonesia memiliki potensi dan probabilitas kemungkinan terkena sambaran petir yang cukup tinggi. Sambaran petir juga dapat membahayakan manusia dan menimbulkan kerusakan peralatan yang berada disekitar area tersebut .

PT. PLN (Persero) di sektor transmisi menggunakan sistem tegangan 500 kV dan 150 kV dalam menyalurkan energi listriknya ke gardu-gardu induk melalui sistem transmisi udara (overhead)/SUTT maupun sistem bawah tanah (underground)/SKTT [2]. Sistem transmisi terdiri dari menara-menara tinggi dan kawat penghantar yang menyalurkan listrik dari pembangkit ke Gardu Induk Distribusi. Sistem transmisi terutama saluran udara merupakan sistem yang rawan terkena gangguan sambaran petir. menara, kabel maupun tower yang terkena sambaran petir, akan timbul arus yang mengalir pada Menara, kabel maupun tower menuju ke dasar kemudian diketanahkan [3].

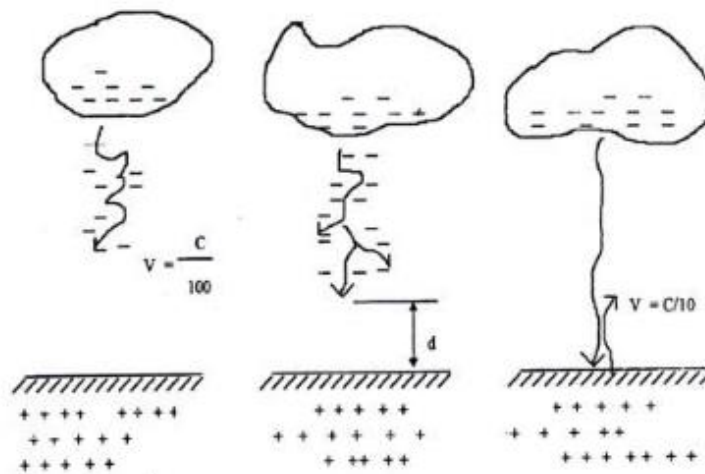
Penelitian sebelumnya menganalisis korelasi antara jumlah gangguan petir dengan variable waktu. Kemudian dapat diambil kesimpulan waktu yang tepat untuk melakukan pemeliharaan sistem proteksi dari gangguan petir. Pada penelitian ini menganalisis data dari gangguan petir selama 5 tahun terakhir beserta dampak gangguan yang terjadi dari sambaran petir tersebut. Kemudian juga dilakukan prediksi gangguan petir untuk beberapa tahun berikutnya. Dari prediksi tersebut diharapkan dapat membantu untuk menentukan langkah antisipasi dan percepatan untuk menurunkan gangguan petir pada sistem transmisi 500 kV dan 150 kV.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yaitu pendekatan-pendekatan terhadap kajian empiris untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menampilkan data dalam bentuk numerik (angka) daripada naratif [4]. Pengumpulan data menggunakan metode dokumentasi, dimana data diperoleh dari dokumen elektronik yang dimiliki PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Semarang. Data yang digunakan adalah data sambaran petir dan data gangguan akibat petir pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV dan saluran udara tegangan ekstra tinggi 500 kV yang terjadi pada periode 2018 sampai dengan 2022. Untuk dapat memperoleh kesimpulan yang mendalam terkait masalah penelitian, maka penulis melakukan analisis data dengan pendekatan statistik berdasarkan data-data yang diperoleh.

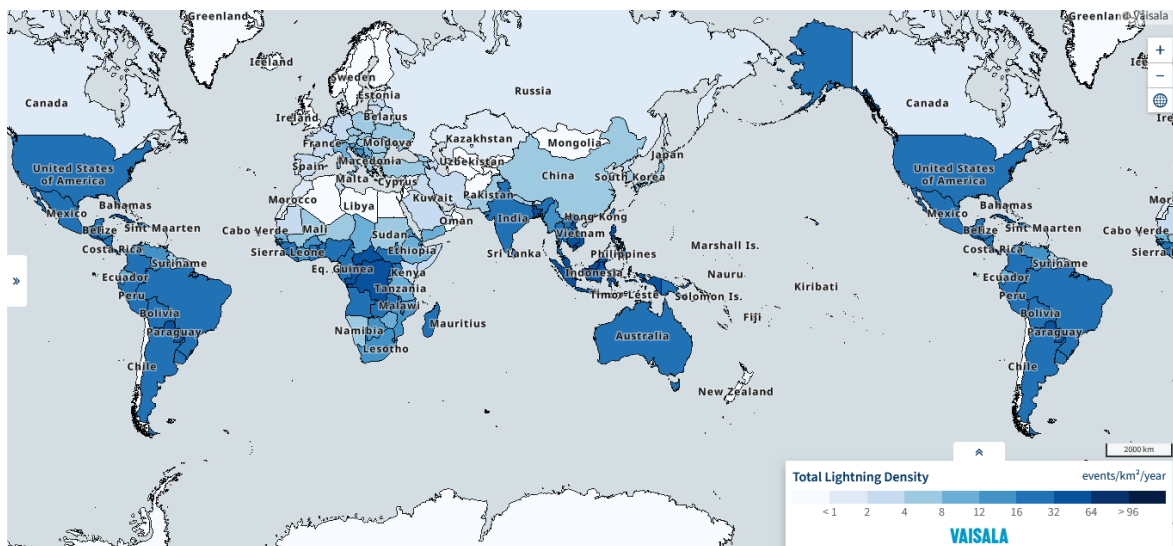
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Petir terjadi pada waktu hujan karena karena proses alam yang terbentuk diatmosfir [5]. Muatan tersebut akan berkumpul di dalam awan maupun bagian awan tersebut dan muatan yang berlawanan akan timbul pada permukaan tanah bawahnya. Apabila jumlah dari muatan tersebut bertambah, maka akan timbul beda potensial diantara awan dan tanah yang nilainya naik, sehingga kuat medan di dalam udara pun nilainya akan naik. Pelepasan muatan terjadi jika kuat medan ini melebihi kuat medan di antara awan-awan tersebut. Mekanisme terjadinya petir dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Pelepasan muatan listrik [4]

Dibandingkan negara-negara di dunia, kerapatan petir di Indonesia merupakan salah satu yang tertinggi, seperti ditunjukkan pada gambar 1 berikut. Paparan sambaran petir pada saluran transmisi dapat dipengaruhi oleh kerapatan petir yang tinggi [6]

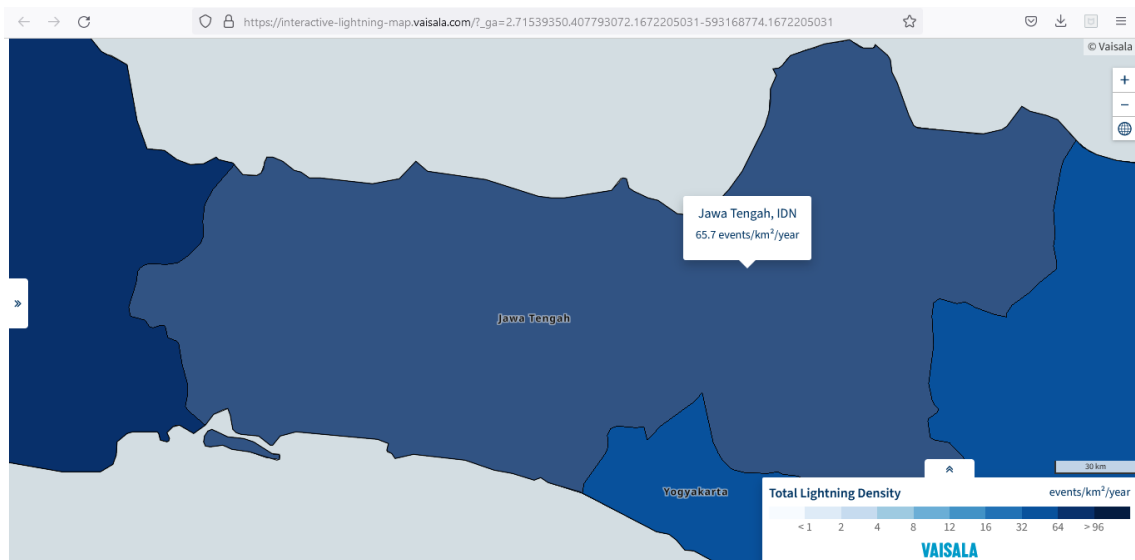


Gambar 2. Peta kerapatan petir dunia [5]

Sambaran petir sangat besar pengaruhnya terhadap sistem tenaga listrik. Sambaran petir dapat menimbulkan beberapa fenomena yang harus dipertimbangkan terkait: keselamatan dan kehandalan, perlindungan surja, koordinasi isolasi, sistem proteksi, keamanan peralatan sistem tenaga listrik dan personil, serta isu-isu tentang kontinuitas energi listrik [8]. Jenis sambaran petir pada saluran transmisi adalah:

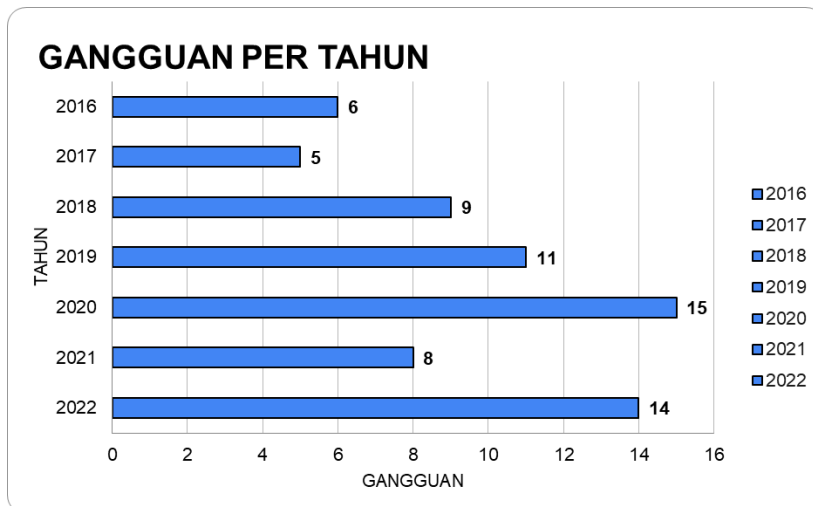
- A. Sambaran petir ke kawat fasa
Sambaran ke kawat pentanahan atau ke tower dapat menginduksi tegangan lebih ke kawat fasa walaupun biasanya kecil. Jika sambaran terjadi di suatu titik pada kawat fasa kemudian akan ada gelombang kedua dengan arah berlawanan pada saluran [8]
- B. Sambaran petir ke kawat tanah
Jika kawat tanah disambar petir kemudian arus sebagian akan mengalir ke tower [8]

- C. Sambaran petir ke tower
Tegangan lebih yang terjadi karena sambaran petir ke tower sebagai impedansi surja memiliki nilai yang berbanding lurus dengan arus puncak petir sedangkan untuk tower sebagai induktansi nilainya akan sebanding dengan kecuraman arus [9]
- D. Shielding failure
Shielding failure adalah kejadian dimana kawat tanah tidak dapat melindungi penghantar fasa dari sambaran petir langsung (*direct strike*).



Gambar 3. Lightning Flash Density di Provinsi Jawa Tengah [5]

Gangguan pada saluran transmisi merupakan suatu kondisi yang menginisiasi atau memicu bekerjanya relai proteksi dan menyebabkan *trip* pemutus tenaga (PMT), sehingga mengakibatkan aliran daya yang melalui PMT tersebut terputus. Penyebab gangguan dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, tegangan lebih, kesalahan mekanis ataupun termis. Gangguan yang diakibatkan petir pada saluran transmisi dapat berupa gangguan temporer (sementara) dan gangguan permanen. Gangguan temporer dapat diartikan gangguan yang terjadi dengan durasi waktu yang singkat, setelah itu sistem normal kembali dengan memasukkan pemutus tenaga (PMT). Sedangkan gangguan permanen merupakan gangguan yang baru dapat dinormalkan apabila lokasi gangguan telah dilokalisir dengan beroperasinya pemutus tenaga (PMT).



Gambar 4. Data gangguan akibat petir PLN UPT Semarang 2016-2022 [6]

Ada beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan gangguan petir yaitu [11]:

- Memasang isolator tambahan untuk meningkatkan nilai CFO
- Memasang kawat pentanahan tambahan
- Memasang TLA untuk mengatasi kegagalan perlindungan (shielding failure)
- Perbaikan sistem grounding/pentanahan kaki tiang
- Pemasangan EMT

Secara rincian penghantar yang mengalami gangguan sejak tahun 2108 sampai dengan tahun 2022 dijelaskan sesuai tabel berikut :

Tabel 1. Data gangguan petir per-penghantar [6]

PENGHANTAR	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
BUMI SEMARANG BARU - KRAPYAK				1				1
JEKULO - PATI	1					1		2
JEPARA -TANJUNG JATI				1	1		2	4
KALIWUNGU - WELERI					1	1		2
KRAPYAK - RANDUGARUT							1	1
KUDUS - JEPARA				1	1		1	3
KUDUS - PURWODADI		1						1
MRANGGEN - SEMEN GROBOGAN				1			1	2
PANDEANLAMPER - PUDAK PAYUNG					1			1
PANDEANLAMPER - SRONDOL	1							1
PANDEANLAMPER - TAMBAK LOROK						1		1
PEMALANG - UNGARAN 1		1						1
PLTU REMBANG - PATI	1		1	1				3
PLTU REMBANG - REMBANG	1							1
PUDAK PAYUNG - UNGARAN			2		2			4
PURWODADI - KEDUNGOMBO							1	1
RANDUGARUT - KALIWUNGU			1		1			2

SAYUNG - KUDUS			1	1				2
SRONDOL - KRAPYAK		1	1	1	1			4
TAMBAK LOROK - BAWEN		1					1	2
TAMBAK LOROK - SAYUNG	1	1	1			1		4
TANJUNG JATI - SAYUNG					4	2	3	9
TANJUNG JATI - UNGARAN	1		1	1		1	2	6
UNGARAN - KRIAN						1	1	2
UNGARAN - MRANGGEN				1	1			2
UNGARAN - WELERI							1	1
WELERI - NEW BATANG			1	2	2			5
TOTAL	6	5	9	11	15	8	14	68

Analisis dan perhitungan dilakukan berdasarkan data sambaran petir yang terjadi pada penghantar saluran transmisi mulai tahun 2018 sampai dengan tahun 2022 seperti dijelaskan sesuai tabel berikut :

Tabel 2. Data sambaran petir [6]

PENGHANTAR	SAT	2018	2019	2020	2021	2022
JOINT SKTT 150kV KLSRI-SLIMA	kali	45	54	41	50	40
JOINT SKTT 150kV SLIMA-PDLAM	kali	11	10	24	86	39
TOWER SUTET 500kV TJATI-UNGRN	kali	3259	5003	6614	4649	2400
TOWER SUTET 500kV UNGRN-KRIAN	kali	2634	2611	5630	3045	1124
TOWER SUTET 500kV UNGRN-KRIAN+NGBNG	kali	51	71	75	61	48
TOWER SUTET 500kV UNGRN-NGBNG	kali	2814	2793	6036	3423	1285
TOWER SUTT 150kV BJGRO-CEPU	kali	56	39	69	59	19
TOWER SUTT 150kV BLORA-CEPU	kali	480	624	817	630	294
TOWER SUTT 150kV BSB-KRAPYAK	kali	233	209	459	288	186
TOWER SUTT 150kV JKULO-KUDUS	kali	202	277	572	189	197
TOWER SUTT 150kV JKULO-KUDUS+PATI	kali	59	84	200	69	46
TOWER SUTT 150kV JKULO-PATI	kali	298	454	680	493	528
TOWER SUTT 150kV JPARA-TJATI	kali	614	1469	1785	1238	871
TOWER SUTT 150kV KLWNG-WLERI	kali	716	588	1050	1140	357
TOWER SUTT 150kV KRAPK-RGRUT	kali	73	151	125	159	119
TOWER SUTT 150kV KRAPK-RGRUT-KLWNG	kali	16	43	29	25	17
TOWER SUTT 150kV KUDUS-JPARA	kali	462	1107	969	1032	631
TOWER SUTT 150kV KUDUS-JPARA-TJATI	kali	64	112	161	67	48
TOWER SUTT 150kV KUDUS-PWDDI	kali	870	1245	1488	715	314
TOWER SUTT 150kV MRGEN-PWDDI	kali	405	354	778	434	340
TOWER SUTT 150kV PDLAM-PDUNG	kali	514	301	583	504	263
TOWER SUTT 150kV PDLAM-SRDOL	kali	420	280	406	391	220
TOWER SUTT 150kV PDLAM-TBROK	kali	289	206	322	464	186
TOWER SUTT 150kV PDUNG-UNGRN	kali	212	235	422	303	114
TOWER SUTT 150kV PDUNG+TBROK-UNGRN	kali	154	220	292	182	51
TOWER SUTT 150kV PLAM-PDUNG-UNGR	kali	179	318	373	274	96
TOWER SUTT 150kV PWDDI-KDMBO	kali	568	648	890	706	256
TOWER SUTT 150kV PWDDI-MRGEN	kali	1449	1188	2481	1496	373

TOWER SUTT 150kV RBANG-BLORA	kali	510	607	824	488	224
TOWER SUTT 150kV RGRUT-KLWNG	kali	371	398	426	561	282
TOWER SUTT 150kV SLUKE-PATI	kali	464	660	700	441	383
TOWER SUTT 150kV SLUKE-RBANG	kali	1	6	5	1	6
TOWER SUTT 150kV SLUKE-RBANG+PATI	kali	442	701	360	247	270
TOWER SUTT 150kV SRDOL-KRAPK	kali	709	540	862	621	638
TOWER SUTT 150kV SYUNG-KUDUS	kali	870	1780	2149	1342	797
TOWER SUTT 150kV TBROK-BAWEN	kali	1331	1535	1728	1723	999
TOWER SUTT 150kV TBROK-KLSR-KRPK	kali	40	38	37	36	31
TOWER SUTT 150kV TBROK-KLSR+KRPK	kali	667	661	1340	1120	547
TOWER SUTT 150kV TBROK-SYUNG	kali	444	423	718	506	272
TOWER SUTT 150kV TBROK-SYUNG+BAWEN	kali	84	29	91	145	32
TOWER SUTT 150kV TBROK-UNGRN	kali	1162	835	1272	1380	757
TOWER SUTT 150kV TBROK+KLSR-KRPK	kali	421	366	740	510	516
TOWER SUTT 150kV TJATI-SYUNG	kali	1594	3942	2775	2879	1895
TOWER SUTT 150kV UNGARAN-WELERI	kali	1731	1359	2844	2135	1174
TOWER SUTT 150kV UNGRN-MRGEN	kali	588	575	766	824	458
TOWER SUTT 150kV UNGRN-MRGN-PWDDI	kali	161	126	220	121	35
TOWER SUTT 150kV WLERI-BTANG	kali	471	473	909	760	417
TOWER SUTT 500kV PEMALANG-UNGRAN 1	kali	1193	1023	2666	1733	1170
TOWER SUTT 500kV PEMALANG-UNGRAN 2	kali	1367	1254	3032	2069	1213
Grand Total		31768	38025	57835	41814	22578

Adapun untuk jumlah gangguan per tahun pada setiap jenis tegangan dijelaskan sesuai tabel berikut :

Tabel 3. Data sambaran petir per jenis tegangan [6]

PENGHANTAR	SAT	2018	2019	2020	2021	2022
Penghantar 150 kV	kali	20450	25270	33782	26834	15338
Penghantar 500 kV	kali	11318	12755	24053	14980	7240
TOTAL	kali	31768	38025	57835	41814	22578

Dengan menggunakan analisis statistik terhadap data diatas maka dapat diperoleh data statistik sambaran petir mulai tahun 2018 sampai tahun 2022 di saluran transmisi 150 kV maupun 500 kV di UPT Semarang sebagai berikut:

Tabel 4. Alanisis statistik sambaran petir total [7]

	2018	2019	2020	2021	2022
Mean	648.3265	776.0204	1180.306	853.3469	460.7755
Standard Error	104.7924	142.6436	215.5174	141.2856	72.64761
Median	444	454	718	504	282
Mode	870	-	-	-	48
Standard Deviation	733.5466	998.5053	1508.622	988.9995	508.5333
Sample Variance	538090.7	997012.8	2275939	978119.9	258606.1
Kurtosis	4.061565	7.569669	5.351758	4.281351	4.029602
Skewness	1.992813	2.576117	2.301318	1.990919	1.873213

Range	3258	4997	6609	4648	2394
Minimum	1	6	5	1	6
Maximum	3259	5003	6614	4649	2400
Sum	31768	38025	57835	41814	22578
Count	49	49	49	49	49
Confidence Level(95.0%)	210.6992	286.8042	433.3267	284.0738	146.0678

Tabel 5. Analisis statistik sambaran petir per-tegangan [7]

	150 kV	500 kV
Mean	24334.8	14069.2
Standard Error	3101.646892	2796.784
Median	25270	12755
Mode	-	-
Standard Deviation	6935.493292	6253.799141
Sample Variance	48101067.2	39110003.7
Kurtosis	-0.012459614	1.946620649
Skewness	0.090845857	1.114654293
Range	18444	16813
Minimum	15338	7240
Maximum	33782	24053
Sum	121674	70346
Count	5	5
Confidence Level(95.0%)	24334.8	7765.117246

Untuk melihat persamaan maupun perbedaan diantara data tersebut dilakukan uji Anova single factor, yang dijelaskan sesuai tabel berikut:

Tabel 6. Analisis anova sambaran petir per-tahun

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
2018	49	31768	648.3265306	538090.6828
2019	49	38025	776.0204082	997012.7704
2020	49	57835	1180.306122	2275939.05
2021	49	41814	853.3469388	978119.9396
2022	49	22578	460.7755102	258606.0944

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	13955801.51	4	3488950.378	3.455933401	0.009090544	2.409256601
Within Groups	242292889.8	240	1009553.707			
Total	256248691.3	244				

Dari tabel 6 tersebut dapat diperoleh bahwa nilai P-value sebesar 0,009090544 dimana lebih rendah terhadap nilai alpha sebesar 0,05, sehingga dapat dikatakan bahwa diantara setiap tahunnya ada perbedaan yang significant atau dengan kata lain data tidak selalu sama setiap tahunnya.

Dari data sambaran petir yang terjadi tahun 2018 sampai tahun 2022 dapat dilakukan analisis regresi dengan menggunakan tiga metode yaitu linier, geometric dan power. Adapun data yang diperoleh sebagai berikut :

Tabel 7. Alanisis regresi linier

Regression Statistics					
Multiple R	0.176445109				
R Square	0.031132877				
Adjusted R Square	-0.291822831				
Standard Error	14860.96168				
Observations	5				

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	21289728.1	21289728.1	0.096399834	0.776514317
Residual	3	662544545.9	220848182		
Total	4	683834274			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	42781.3	15586.3081	2.744800098	0.071051442
X Variable 1	-1459.1	4699.448712	-0.310483227	0.776514317

	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-6821.288623	92383.88862	-6821.288623	92383.88862
X Variable 1	-16414.84319	13496.64319	-16414.84319	13496.64319

RESIDUAL OUTPUT		
Observation	Predicted Y	Residuals
1	41322.2	-9554.2
2	39863.1	-1838.1
3	38404	19431
4	36944.9	4869.1
5	35485.8	-12907.8

Tabel 8. Alanisis regresi geometrik

Regression Statistics	
Multiple R	0.267832009
R Square	0.071733985
Adjusted R Square	-0.23768802
Standard Error	0.167710297
Observations	5

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0.006520685	0.006520685	0.231832203	0.663107781
Residual	3	0.084380231	0.028126744		

Total 4 0.090900916

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	4.6404583	0.175896043	26.38182315	0.000119485
X Variable 1	-0.025535632	0.053034652	-0.481489567	0.663107781

	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	4.080678587	5.200238012	4.080678587	5.200238012
X Variable 1	-0.194315566	0.143244302	-0.194315566	0.143244302

RESIDUAL OUTPUT

Observation	Predicted Y	Residuals
1	4.614922668	-0.112932794
2	4.589387036	-0.009317813
3	4.563851404	0.198339336
4	4.538315772	0.083005943
5	4.51278014	-0.159094672

Tabel 9. Analisis regresi power

Regression Statistics	
Multiple R	-0.077
R Square	0.005901611
Observations	5

RESIDUAL OUTPUT

Observation	Predicted Y	Residuals
1	4.581	-6365
2	4.569	985
3	4.561	21420
4	4.556	5836
5	4.552	-13065

Adapun dari hasil analisis didapatkan nilai R-square dan MAPE masing-masing fungsi regresi :

Tabel 10. Nilai r square dan MAPE

Regresi	R-square	MAPE
Linier	0.031132877	27.46%
Geometric	0.071733985	26.03%
Power	0.005901611	26.30%

Dari metode analisis yang dilakukan, model analisis non linier Geometric merupakan fungsi yang paling tepat menggambarkan jumlah sambaran petir yang terjadi pada transmisi 150 kV dan 500 kV di UPT Semarang ditinjau dari nilai MAPE yang didapat. Selain dari MAPE, dapat dilihat juga melalui Koefisien Determinasi yang tertinggi di metode Geometric. Selanjutnya dengan melakukan ekstrapolasi untuk memperoleh penurunan nilai sambaran petir diangka 50% terhadap

nilai baseline tahun 2018 untuk melihat nilai penurunannya. Sesuai hasil ekstrapolasi untuk mendapatkan penurunan sambaran petir sampai dengan 50% diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 11. Ekstrapolasi penurunan sambaran 50%

Year (x)	X	Predicted	% Penurunan
2018	1	41,322.20	
2019	2	39,863.10	3.53%
2020	3	38,404.00	7.06%
2021	4	36,944.90	10.59%
2022	5	35,485.80	14.12%
2023	6	34,026.70	17.66%
2024	7	32,567.60	21.19%
2025	8	31,108.50	24.72%
2026	9	29,649.40	28.25%
2027	10	28,190.30	31.78%
2028	11	26,731.20	35.31%
2029	12	25,272.10	38.84%
2030	13	23,813.00	42.37%
2031	14	22,353.90	45.90%
2032	15	20,894.80	49.43%
2033	16	19,435.70	52.97%
2034	17	17,976.60	56.50%

Dari tabel 10 tersebut untuk penurunan sambaran petir sebesar 50% dicapai pada tahun 2033 atau orde ke 16 pada baseline tahun 2018. Oleh karenanya untuk dapat mempercepat penurunan gangguan selama 5 (lima) tahun kedepan dapat dilakukan rencana yang lebih massif dalam hal pemasangan proteksi petir di penghantar baik disisi 150 kV maupun 500 kV.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%, sambaran petir yang terjadi di penghantar transmisi 150 kV dan 500 kV setiap tahunnya terdapat perbedaan yang significant atau dengan kata lain data tidak sama setiap di setiap tahunnya (data antara tahun 2018 sampai dengan tahun 2022).

Nilai maksimum sambaran petir yang terjadi sebesar 6614 kali pada section 500 kV TJATI-UNGRN di tahun 2020 dan minimum 1 kali sambaran pada section 150 kV SLUKE-RBANG di tahun 2019 dan 2021.

Apabila tidak dilakukan extra ordinary effort makan untuk mengurangi penurunan sambaran petir sebesar 50% baru dapat dicapai pada tahun 2033 atau tahun ke 16 dengan baseline ditahun 2018. Oleh sebab itu untuk dapat mempercepat penurunan gangguan selama 5 (lima) tahun kedepan, perlu dilakukan extraordinary effort dan rencana yang lebih massif terutama dalam hal pemasangan proteksi petir di penghantar baik disisi 150 kV maupun 500 kV, untuk mengurangi gangguan karena petir di wilayah kerja UPT Semarang.

Dalam jurnal ini belum memperhitungkan kondisi sistem transimisi berdasarkan konstruksi maupun proteksi petir yang dimiliki sehigga masih perlu untuk dikaji lebih dalam dari segi konstruksi, peralatan proteksi serta kondisi lingkungan dari transmisi tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang telah membantu penulis dalam melakukan penulisan dan penelitian antara lain I Made Indrajaja Marcus Brunner, ST, MT, MURP, PhD serta PT PLN (Persero).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. R. Damayanti, "Letak Astronomis dan Geografis Indonesia, Lengkap dengan Pengaruhnya," 2022. [Online].
- [2] S. A. Nugroho dan S. Aprilia, "Analisis Perbandingan Karakteristik Arester Jenis," *Edu Elekrika Journal*, p. 1, 2021.
- [3] Y. K. Putra, "ANALISIS KEMAMPUAN PENTANAHAN MENARA SUTT TERHADAP," Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, 2017.
- [4] Norjanah, *Jenis-Jenis Penelitian Beserta Contohnya*, Makasar, 2014.
- [5] Renaldi, Lily, Glanny, "Analisa Daerah Lindung dan Grounding Pada Tower Transmisi Akibat Terjadinya Back Flashover," *Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. Vol.7 No.3, no. Universitas Manado, 2018.
- [6] Brian Bramantyo Harsono., Purnomoadi, Pramana, "Karakteristik Petir Indonesia Dan Penggunaannya Dalam Evaluasi Unjuk Kerja Saluran Udara 150 Kv Saat Terjadi Sambaran Petir," *Jurnal Technoprenuer Politeknik Negeri Gorontalo*, 2021.
- [7] "Lightning map," [Online]. Available: <https://interactive-lightning-map.vaisala.com>.
- [8] Junaidi, Zoro, "Lightning Performance Analysis of Extra High Voltage 500 Kv 2 Circuits and 4 Circuits In Sumatera," *2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power System*, October 2-5, 2017.
- [9] Zoro, Pramono, "Lightning Performance of Extra High Voltage 500 kV Lines at East Java-Indonesia," *The Journal for Technology and Science*, Vol. %1 dari %2Vol. 19, No. 4, 2008.
- [10] PT PLN (Persero), 2022.
- [11] Zoro, "Tropical Lightning Current Parameters and Protection of Transmission Lines," *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, Vol. %1 dari %2Volume 11, Number 3, 2019.
- [12] Descriptive Statistic Analysis Excel.
- [13] A. Nugroho, "Analisis Perbandingan Karakteristik Arester Jenis," *Edu Elekrika Journal*, 2021.
- [14] L. M. Nasution, "Statistik Deskriptif," *Jurnal Hikmah*, Vol. %1 dari %2Volume 14, No. 1, 2017.
- [15] I. Hasan, *Analisa Data Penelitian dengan Statistik*, Jakarta: PT Bumi Aksara, 2004.
- [16] P. Subagyo, *Statistik Deskriptif*, Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta, 2003.
- [17] Jinliang He, Xi Wang, Zhanqing Yu, and Rong Zeng, "Statistic al Analysis on Lightning Performance of Transmission Lines in Several Regions of China," *IEEE Journal*, 2013.
- [18] Li Xiaolan, Chen Jiahong, Gu Shanqiang, Tong Xuefang, "Statistics and Analysis of Lightning Flashovers of Transmission Lines during 2000~2007," *IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application*, 2008.
- [19] Zoro, Laksmiwati, "Improvement of Lightning Protection System for Transmission and Distribution Lines in High Lightning Density Area," *IEEE Journal*, no. Institut Teknologi Bandung, 2017.