



Analisis Jumlah Gangguan Petir Akibat *Back flashover* Dengan Metode *Hileman* Pada SUTT 150 kV Gardu Induk Payakumbuh-Koto Panjang

Erhaneli^{1*}, Zuriman Anthony², Redha Vandeska³

¹²³²Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang

E-mail: erhanelimarzuki@gmail.com

Informasi Artikel

Diserahkan tanggal:

5 Juli 2022

Direvisi tanggal:

20 Juli 2022

Diterima tanggal:

28 Juli 2022

Dipublikasikan tanggal:

31 Juli 2022

Digital Object Identifier:

10.21063/JTE.2022.31331109



Abstrak

Saluran transmisi merupakan salah satu bagian yang tidak terpisahkan dari suatu sistem tenaga listrik dalam menyalurkan energi listrik ke konsumen. Saluran transmisi 150 kV Payakumbuh-Koto Panjang dengan panjang total saluran 84,844 km, memiliki 248 tower dengan 4 tipe tower yaitu AA, BB, CC dan DD. Gangguan yang terjadi dominan diakibatkan oleh *back flashover* karena pada umumnya tower terletak di daerah perbukitan. Tujuan penelitian ini adalah menghitung jumlah gangguan petir akibat *back flashover* pada *Upper* dengan menggunakan perhitungan *Hileman*. Dari penelitian terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya *back flashover* yaitu tahanan pentanahan kaki menara, panjang span, tinggi tower dan lokasi. Berdasarkan investigasi lapangan dengan perhitungan *Hileman* jumlah gangguan petir pada tower nomor 16 dari investigasi lapangan terdapat 9 kali gangguan petir, sedangkan pada perhitungan *Hileman* terdapat *back flashover* rate 8,09 sambaran/km²/tahun. Sehingga dapat dikatakan jumlah gangguan petir akibat *back flashover* pada *Upper* dari hasil investigasi lapangan dengan hasil perhitungan *Hileman* hasilnya sama atau mendekati.

Kata kunci : *Back flashover*, *Upper*, *Hileman Methode*, SUTT

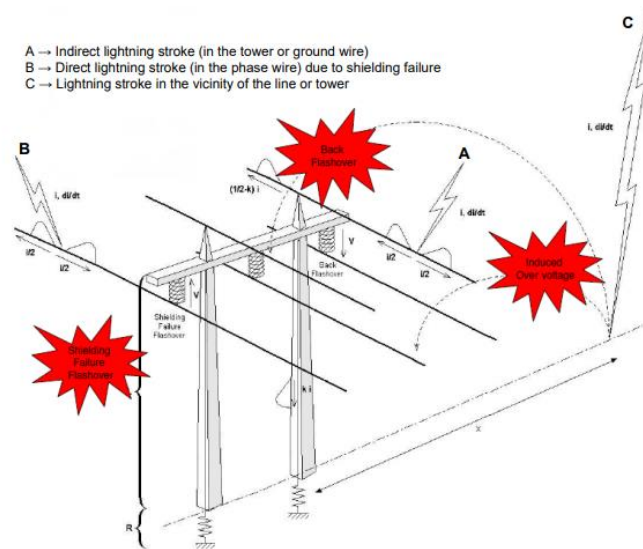
1. PENDAHULUAN

Dalam sistem penyaluran tenaga listrik, saluran transmisi 150 kV merupakan bagian yang menyalurkan energi listrik dari pusat-pusat pembangkit ke Gardu Induk yang selanjutnya didistribusikan sampai ke pusat-pusat beban. Untuk itu dilakukan beberapa usaha untuk mengurangi gangguan petir pada saluran transmisi. Usaha-usaha yang dilakukan adalah pemasangan kawat tanah atau Ground Steel Wire (GSW) pada saluran transmisi, perbaikan tahanan pentanahan kaki menara atau tower berdasarkan standar SPLN serta pemasangan Transmission Lightning Arrester (TLA). Jika pada saat terjadinya sambaran petir, maka GSW yang berada dipaling puncak tower akan menyalurkan tegangan hasil sambaran petir ke kawat tanah, sehingga akan melindungi kawat penghantar dari sambaran petir dan kawat tanah tersebut akan mengalirkannya ke tanah dan kawat penghantar akan aman dari gangguan petir.

Saluran transmisi 150 kV Payakumbuh-Koto Panjang dengan panjang total saluran 84,844 km, memiliki 248 tower dengan 4 tipe tower yaitu tipe AA, tipe BB, tipe CC dan tipe DD. Meskipun telah dilakukan usaha-usaha dengan pemasangan kawat tanah atau GSW, perbaikan tahanan pentanahan kaki menara serta pemasangan TLA namun gangguan petir tersebut masih terus terjadi. Pada kenyataannya hal tersebut tidak bisa dipungkiri bahwa pemasangan kawat tanah, perbaikan tahanan pentanahan kaki menara serta pemasangan TLA belum bisa membuat saluran transmisi terhindar dari gangguan petir. Saluran transmisi Payakumbuh-Koto Panjang sering mengalami gangguan yang diakibatkan oleh gangguan petir. Sehingga terjadinya *back flashover*. *Back flashover* ini terjadi karena sambaran petir menyambar kawat tanah pada menara, apabila tahanan kaki pentanahan menara lebih besar maka akan terjadi yang namanya *back flashover* atau lompatan api balik dari kawat tanah ke kawat fasa. Karena tegangan Surja yang datang

mempunyai nilai amplitudo tegangan yang melebihi level isolasi peralatan. *Back flashover* dapat menyebabkan timbulnya tegangan lebih pada saluran transmisi dan merusak peralatan [1].

Fenomena *back flashover* terjadi bila tegangan pada isolator saluran lebih besar atau sama dengan tegangan kritis lompatan api (*critical flashover*) sehingga lompatan api terjadi pada isolator tersebut [2]. Dari hal tersebut dapat diperhatikan bahwa gangguan sambaran petir mengakibatkan *back flashover* masih belum dapat dihindari. Maka dari itu di analisa jumlah gangguan petir akibat *back flashover* menggunakan metode Hileman pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV di Gardu Induk Payakumbuh-Koto Panjang.



Gambar 1. Sambaran petir pada saluran transmisi

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengkaji tentang analisa berapa jumlah gangguan petir akibat *back flashover* dengan menggunakan metode *Hileman* pada saluran transmisi 150 kV dari GI Koto Panjang–GI Payakumbuh. Data yang dibutuhkan adalah jumlah gangguan pada transmisi 150 kV dari GI Koto Panjang–GI Payakumbuh oleh petir terhadap *back flashover*. Perhitungan dilakukan berdasarkan data-data lapangan sesuai dengan data lokasi kajian yakni Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV dari GI Koto Panjang–GI Payakumbuh. Perhitungan dan analisa dilakukan dengan menggunakan metode *Hileman*

Metode Hileman membahas tentang *back flashover* yang terjadi karena sambaran petir menyambar kawat tanah pada menara, apabila tahanan kaki pentanahan menara lebih besar maka akan terjadi yang namanya *back flashover* atau lompatan api balik dari kawat tanah ke kawat fasa. Untuk menghitung jumlah gangguan petir akibat terjadi nya *back flashover* maka dapat dilakukan perhitungan-perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Menentukan tegangan *flashover* isolator (CFO)

$$CFO = \left(400 + \frac{710}{t^{0.75}} \right) D \quad (1)$$

Menghitung tegangan atas menara (V)

$$v = CFO \times 1,8 \quad (2)$$

Menghitung diameter kawat perisai korona (m). Gunakan ketinggian di menara.

$$R I_n \frac{2h}{R} = \frac{V}{E_o} \quad (3)$$

Hitung impedansi lonjakan dari masing-masing kawat perisai di menara dengan :

$$Z_{nn} = 60 \sqrt{I_n \frac{2h}{r} I_n \frac{2h}{R}} \quad (4)$$

Hitung gabungan lonjakan impedansi, Z_g , dari kawat perisai :

$$Z_{mn} = 60 I_n \left(\frac{a_{mn}}{b_{mn}} \right) Z_g = \frac{Z_{11} + Z_{12}}{2} \quad (5)$$

Menghitung Z_{C1} dan Z_{C2}

$$Z_{c1} = 60 \ln \left(\frac{a_1'}{a_1} \right), Z_{c2} = 60 \ln \left(\frac{a_2'}{a_2} \right) \quad (6)$$

Menghitung faktor kopling (alat penghubung) untuk setiap fase konduktor, K_n

$$K_n = \frac{Z_{n1} + Z_{n2}}{Z_{11} + Z_{12}} \quad (7)$$

Menghitung T_s

$$T_s = \frac{S}{c} \times 0,375 \quad (8)$$

Menentukan nilai Resistansi atau tahanan (R_e)

$$R_e = \frac{R_i Z_g}{Z_g + 2R_i} \quad (9)$$

Menentukan nilai tegangan frekuensi daya (V_{PF})

$$V_{PF} = K_{PF} V_{LN} \text{ dan } V_{LN} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} V_{L-L} \quad (10)$$

Mencari nilai Waktu tempuh gelombang petir (τ)

$$\tau = \frac{Z_g}{R_i} T_s \quad (11)$$

Menghitung CFO_{NS}

$$CFO_{NS} = \left(0,977 + \frac{2,82}{\tau} \right) \left(1 - 0,2 \frac{V_{PF}}{CFO} \right) CFO \quad (12)$$

Menghitung arus kritis (I_C)

$$I_C = \frac{CFO_{NS} - V_{PF}}{R_e(1 - C)} \quad (13)$$

Menghitung I_R

$$I_R = \frac{R_e}{R_i} \times I_C \quad (14)$$

Menghitung nilai I_g

$$I_g = \frac{1}{2\pi} \frac{E_0 \rho}{(R_0)^2} \quad (15)$$

Menentukan pentanahan tertinggi sesungguhnya (R_1)

$$R_i = \frac{R_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_R}{I_g} \right)}} \quad (16)$$

Menghitung Probabilitas lompatan api ($P_{(I_C)}$)

$$P(I_C) = \frac{1}{1 + \left(\frac{I_C}{31} \right)^{2,6}} \quad (17)$$

Menghitung jumlah sambaran petir (N_g)

$$N_g = 0,04 \times (IKL)^{1,26} \quad (18)$$

Menghitung jumlah sambaran petir ke tanah yang mungkin mengenai menara (N_L)

$$N_L = (28h^{0,6} + S_g) \frac{N_g}{10} \quad (19)$$

Menghitung *Back flashoverRate* (BFR) dengan mengalikan 0,6 dikali nilai step n dikali step L, yaitu sebagai berikut:

$$BFR = 0,6 \times N_L \times P(I_C) \quad (20)$$

Tabel 1. Data Penelitian

No	Jenis Data	Keterangan
1.	Tegangan operasi	150 kV
2.	Transmisi	GI .Payakumbuh - GI K. Panjang
3.	Panjang Saluran	84,844 km
4.	Banyak Tower	248 Tower
5.	Jenis kawat Tanah	GSW 50 mm ²
6.	Jenis Penghantar	ACSR 340 mm ²
7.	IKL	173 (hari/tahun)

Tabel 2. Tower yang terjadi gangguan lebih dari 3 kali

No	No. Tower	Jumlah Gangguan
1.	10	4
2.	16	9
3.	17	5
4.	46	4
5.	48	5
6.	50	6
7.	61	4
8.	70	4
9.	79	4
10.	101	4
11.	117	5
12.	210	5

Dari 284 menara/tower terdapat hanya 59 tower yang mengalami gangguan. Dari 59 tower mengalami gangguan melebihi dari 3 kali gangguan di setiap tower terdapat 12 tower seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Dari 12 tower yang paling banyak mengalami sambaran petir adalah tower nomor 16 yakni 9 kali, ini disebabkan karena pemasangan atau lokasi tower nomor 16 terdapat pada daerah perbukitan sehingga lebih mudah mengalami sambaran petir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

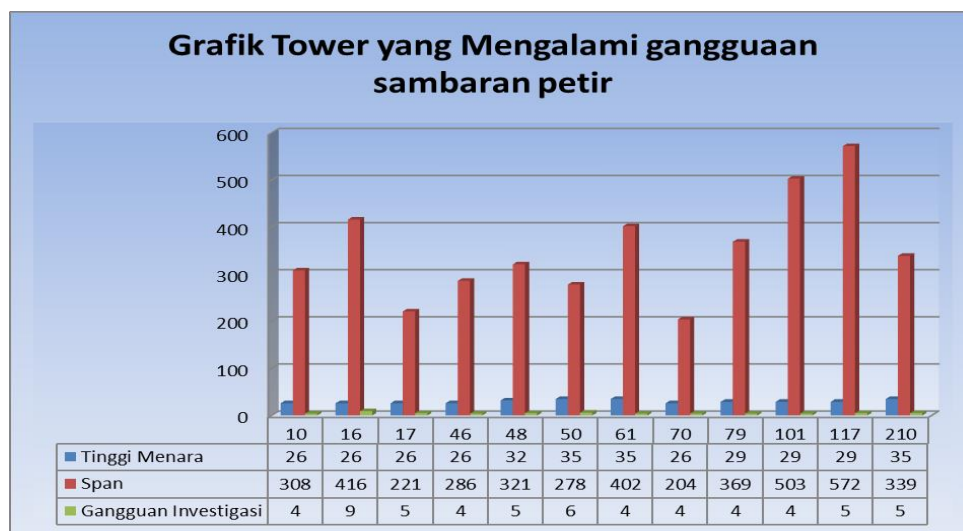
Dari Tabel 2 dilakukan perhitungan terhadap jumlah gangguan petir yang diakibatkan oleh *back flashover* dengan menggunakan metode *Hilemen*. Hasil perhitungan pada Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan jumlah gangguan akibat *back flashover* yang terjadi pada isolator *Upper* pada transmisi Payakumbuh ke Koto-Panjang. Tower yang sering disambar petir adalah tower 16 sebanyak 8,1 kali, tower 46 sebanyak 11,2 kali dan tower 48 sebanyak 6,4 kali dengan *Back Flasover Rate* (BFR). Sedangkan arus kritis terbesar terjadi pada tower 17 sebesar 387,3 amper, tower 70 sebesar 231,8 amper dan pada tower nomor 210 sebanyak sebesar 285,1 amper. Jika ditinjau dari type towernya maka arus kritis yang terbesar terjadi pada type tower BB (tower nomor 17 dan tower nomor 70) dan type CC (tower no 210). Setelah melakukan pengumpulan data maka dilakukan investigasi dari gangguan petir akibat *back flasover*.

Tabel-3 Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Akibat Back flashoverdi Upper

No. Tower	R0	Ri	Re	τ	CFONS	IC	IR	P(IC)	NL	BFR	INFEST
10	15	11.8	10.9	8.8	1167.5	186.0	171.0	0.01	513.88	2.9	4
16	35	19.9	17.3	7	1238.1	124.5	108.4	0.03	513.88	8.1	9
17	22.5	4.9	4.7	15.3	1043.7	387.8	373.8	0.001	513.88	0.43	5
46	59.8	46.6	34.6	2.1	2104.1	81.3	81.3	0.04	513.88	11.2	4

48	40.7	19.7	17.3	5.8	1318.3	125.5	125.5	0.02	579.73	6.4	5
50	39.2	18.1	16.1	5.5	1338.9	152.3	152.3	0.01	611.79	4.25	5
61	31	17.2	15.3	8.4	1247.5	167.9	149.9	0.01	611.79	4.48	4
70	35	15.7	14.1	4.3	1661	231.8	207.4	0.01	514.88	1.64	4
79	28	16.9	15	7.5	1216.4	160.3	142.8	0.01	548.5	4.5	4
101	32	18.9	16.6	9.1	1195	129.5	113.8	0.02	547.49	7.8	4
117	18.22	13.7	12.5	14.4	1053.8	163.2	148.5	0.01	547.49	4.3	5
210	10	8.4	7.9	14	1057.6	285.1	268.8	0.003	611.79	1.14	5

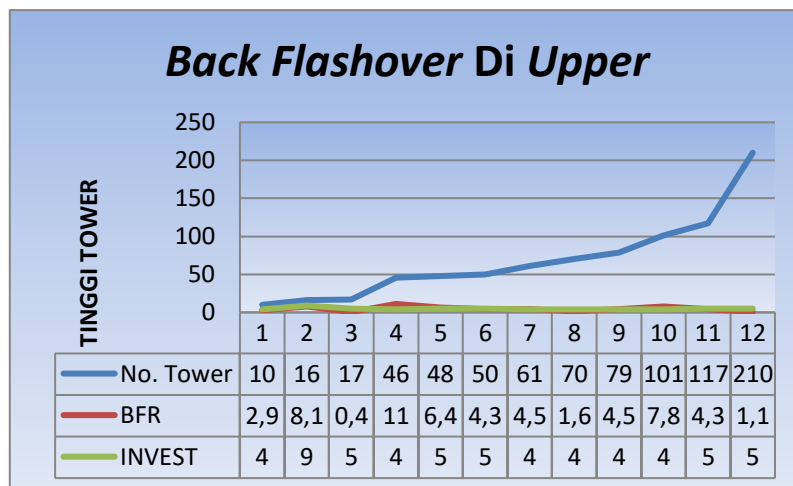
Gambar 2 menunjukkan hasil investigasi lapangan untuk melihat pengaruh tinggi menara dan panjang span terhadap jumlah gangguan petir. Semakin tinggi menara dan span semakin besar, maka jumlah gangguannya semakin kecil. Hal ini dapat dilihat dari Gambar-1, dimana tower tertinggi adalah tower nomor 61 dengan tinggi menara 35 meter, dan nilai span yang terpanjang adalah 402, maka didapat hasil jumlah gangguan adalah 4 kali/tahun. Begitu pun pada nilai span terbesar yaitu 416 dengan tinggi menara 26 meter maka didapat jumlah gangguannya 9 kali/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar span dengan tinggi menara kecil maka jumlah gangguannya akan besar juga. Walaupun nilai spannya besar belum menjamin untuk mengurangi jumlah gangguan petir pada saluran.



Gambar 2. Pengaruh tinggi menara dan panjang span terhadap Jumlah Gangguan

Setelah dilakukan perhitungan jumlah gangguan petir yang terjadi mengakibatkan *back flashover* pada GI Payakumbuh-Koto Panjang dengan menggunakan metode Hileman ditemukan beberapa tower yang sering mengalami terjadinya sambaran petir. Dari 248 tower yang terdapat pada GI Payakumbuh-Koto Panjang terdapat 59 tower yang mengalami gangguan dan dari 59 tower terdapat 12 tower yang mengalami gangguan lebih dari 3 kali sambaran petir akibat *back flashover*. *Back flashover* ini terjadi karena sambaran petir menyambar kawat tanah pada menara, apabila tahanan kaki pentanahan menara lebih besar maka akan terjadi yang namanya *back flashover* atau lompatan api balik dari kawat tanah ke kawat fasa (*Upper*). Maka dari itu dilakukan perhitungan pada *Upper*. Adapun tower yang mengalami gangguan lebih dari 3 kali tersebut ditunjukkan pada tabel 4.3.

Setelah dilakukan perhitungan jumlah gangguan petir dengan menggunakan metode hileman sehingga didapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadi sambaran petir pada kawat tanah yang mengakibatkan terjadinya *back flashover* adalah tahanan pentanahan kaki tower, panjang span, tinggi tower dan lokasi. Jika sering mengalami sambaran petir tentunya akan sangat merugikan pada pihak PLN maupun konsumen, karena jika terjadi sambaran petir otomatis PLN di non-aktifkan untuk sementara dan sangat berisiko dan bisa terjadinya *blackout* jika gagal *reclose* dan pada GI akan termonitor gangguan dengan bekerjanya *relay* proteksi.



Gambar 3. *Back flashoverdi Upper*

Gambar 3 menunjukkan hasil perhitungan dengan investigasi lapangan *back flashoverdi upper*. Tower yang mendekati hasil investigasi lapangan dengan perhitungan *Back flashover Rate (BFR)* di *Upper* terdapat pada tower (10, 16, 50, 79 dan 17) yaitu, investigasi lapangan jumlah gangguan petir terbesar terdapat pada tower nomor 16 terjadi 9 kali/tahun, faktor yang mempengaruhinya dapat dilihat pada gambar 4.1. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan dengan metode hileman, pada tower nomor 16 jumlah gangguan petir terjadi 8,1 atau 8 kali/tahun. Sementara pada tower (46, 48 dan 110) hasilnya sangat jauh dari hasil investigasi lapangan dengan perhitungan BFR yaitu, pada tower nomor 46 berdasarkan investigasi lapangan jumlah gangguan petir terjadi 4 kali/tahun, Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan dengan metode hileman, pada tower nomor 46 jumlah gangguan petir terjadi 11,2 atau 11 kali/tahun, yang dapat dilihat pada Gambar -2 diatas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil ivestigasi jumlah gangguan sambaran langsung yang terjadi akibat *back flashover* pada SUTT 150 kV Gardu Induk Payakumbuh – Koto Panjang menggunakan metode Hileman yang dilakukan saat di *Upper* dengan panjang saluran 84,84 km yang paling mendekati pada tower 16 dalam perhitungan 8,1 gangguan dengan investigasi lapangan 9 kali gangguan, tower 50 dalam perhitungan 4,3 gangguan dan investigasi lapangan 5 kali gangguan, tower 79 dalam perhitungan terdapat 4,5 gangguan dan hasil investigasi lapangan terdapat 4 kali gangguan, tower 79 dalam perhitungan 4,5 gangguan dan hasil investigasi lapangan 4 kali gangguan dan pada tower 117 dalam perhitungan terdapat 4, 3 kali gangguan sedangkan hasil lapangan terdapat 5 kali gangguan. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadi gangguan petir akibat *back flashover* yakni nilai pentanahan kaki tower yang melebihi standar , pemasangan tower lokasinya lebih dominan di daerah perbukitan sehingga nilai pentanahannya lebih besar dan mempermudah terjadinya loncatan api balik. Semakin tinggi menara dengan span semakin besar , maka jumlah gangguannya semakin kecil , dimana tower tertinggi tower nomor 61 dengan tinggi tower 35 meter dan nilai span yang terpanjang adalah 402, maka didapat hasil jumlah gangguan adalah 4 kali/tahun. Tetapi pada nilai span terbesar yaitu 416 tetapi tinggi tower hanya 26 meter maka jumlah gangguannya yang terjadi adalah 9 kali/tahun. Hal ini menunjukkan walaupun spannya besar tetapi tinggi tower kecil maka jumlah gangguannya akan besar juga, sehingga walaupun nilai spannya besar belum menjamin untuk mengurangi jumlah gangguan petir pada saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Warmi, D. Ananda, “Analisa Pengaruh Panjang Span Terhadap Jumlah Gangguan Petir Pada Saluran Transmisi 150 Kv Payakumbuh – Koto Abstrak : Seminar Nasional PIMIMD-5, ITP, Padang,” 2019, doi: 10.21063/PIMIMD5.2019.23.

- [2] R. P. Luntungan *et al.*, “Analisa Daerah Lindung dan Grounding Pada Tower Transmisi Akibat Terjadinya Back Flashover,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 199–206, 2018.
- [3] Y. Warmi and F. Ismail, “Perbaikan Desain Proteksi Petir Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133701.
- [4] R. Harman, J. Gajah, M. Kandis, and N. Padang, “Terhadap Tegangan Lebih Transient Akibat Surja Petir Dengan Menggunakan Elektromagnetic Transients Program (EMTP) (GI Kilirianjao – GI Muaro Bungo) E-21 Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Elektro E-22,” pp. 21–26.
- [5] E. A. Desril, “Pengaruh Kawat Tanah Terhadap Gangguan Kilat Induksi Pada SUTM 20 kV,” no. 1, pp. 30–35, 2012.
- [6] R. Irwanto and A. Bachtiar, “Studi Analisa Probabilitas Perlindungan Kawat Tanah Terhadap Gangguan Kilat Pada Kawat Fasa Berdasarkan Tipe Tower Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 6, no. 2, pp. 189–198, 2017, doi: 10.21063/jte.2017.3133625.
- [7] Francisco and Syahrawardi, “Transmisi Akibat Sambaran Petir Langsung,” *J. Tek. List. usu*, vol. 1, no. 1, pp. 7–10, 2013.
- [8] P. Gangguan, K. Pada, T. Menengah, and S. Hutahuruk, “Perhitungan Gangguan Kilat pada Saluran Udara Tegangan Menengah,” *J. Math. Fundam. Sci.*, vol. 21, no. 1, pp. 21–47, 1988.
- [9] E. Erhaneli and A. Afriliani, “Analisa Pengaruh Perilaku Petir pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Menggunakan Metode Burgsdorf,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 29–34, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133705.
- [10] P. Koordinasi, I. Peralatan, T. Tinggi, and G. Induk, “Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X Vol . 14 No . 1 . Februari 2013 Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X,” vol. 14, no. 1, pp. 102–108, 2013.
- [11] E. Prasetyo and P. L. Negara, “Mitigasi Gangguan Transmisi Akibat Petir Pada PT . PLN (Persero) P3B PADA PT . PLN (PERSERO) P3B Sumatera Upt Tanjung Karang,” no. January, 2016.