

STUDI PENGARUH PEMASANGAN SPIKE UNTUK MELINDUNGI SALURAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH PADA PENYULANG BUDUK

I Kadek Dodik Darma Putra¹, I Gede Dyana Arjana², I Wayan Rinas³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali

darmadodik9@gmail.com¹, dyanaarjana@unud.ac.id², rinas@unud.co.id³

ABSTRAK

Penyulang Buduk merupakan sistem distribusi tegangan menengah 20 Kv yang mendapat suplai daya dari gardu induk kapal dan melintasi daerah pantai dan persawahan yang luas dan rawan terhadap fenomena alam berupa petir. Selama tahun 2018 terjadi 3 kali gangguan petir. Berdasarkan data tersebut perlu dilakukan analisis kegagalan saluran distribusi pada penyulang Buduk, sehingga kontinuitas penyaluran distribusi dapat menjadi lebih baik. Kinerja Sistem *Spike* adalah saat terjadinya surja petir pada saluran distribusi, Sistem *Spike* tersebut langsung menyalurkan sambaran petir ke pentanahan. Berdasarkan analisis data tersebut, diperlukan adanya penambahan sistem proteksi *Spike* pada Penyulang Buduk untuk menjaga kontinuitas tenaga listrik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pengumpulan data berupa single line diagram, data gangguan akibat sambaran petir pada penyulang Buduk. Selanjutnya membandingkan saluran penyulang Buduk sebelum pemasangan *Spike* dengan setelah dipasang *Spike*. Pertama dilakukan analisis data teknis dan kinerja saluran sebelum dipasang *Spike*. Kedua, dilanjutkan dengan analisis saluran setelah dipasangnya *Spike*. Ketiga, menganalisis penyebab kegagalan akibat sambaran petir pada Penyulang Buduk. Hasil yang didapatkan setelah pemasangan sistem *Spike* jumlah gangguan akibat surja petir baik itu gangguan induksi dan sambaran langsung mengalami penurunan di tahun 2019 dengan jumlah gangguan 1 kali.

Kata kunci : Surja Petir, Sistem Proteksi Petir, *Spike*

ABSTRACT

Buduk feeder is a 20 Kv medium voltage distribution system that gets power supply from the ship's substation and crosses large coastal areas and rice fields and is prone to natural phenomena such as lightning. During 2018 there were 3 lightning disturbances. Based on these data, it is necessary to analyze the distribution channel failure at Buduk feeders, so the continuity of the distribution channel can be better. The performance of the Spike System is when a lightning surge occurs on the distribution channel, the Spike System directly transmits the lightning strike to the ground. Based on the data analysis, it is necessary to add a Spike protection system to the Buduk Feeder to maintain the continuity of electric power. The method used in this research is to collect data in the form of a single line diagram, disturbance data due to lightning strikes at Buduk feeders. Next, compared the Buduk feed line before Spike installation and after spike installation. First, analysis of technical data and the channel performance before spike installation. Second, proceed with channel analysis after the installation of the Spike. Third, to analyze the causes of failure due to lightning strikes on the feeders. The results obtained after the installation of the Spike system, the number of disturbances due to lightning surges, both induction and direct strikes, decreased in 2019 with the number of interruptions one time.

Keywords : Lightning Surja, Lightning Protection System, *Spike*

1. PENDAHULUAN

Sistem Tenaga listrik sangat berperan penting untuk masyarakat sejalan dengan permintaan kebutuhan listrik yang terus meningkat sesuai dengan kemajuan pembangunan dan perkembangan pariwisata di Bali, sehingga Energi listrik yang disuplai haruslah memiliki kualitas serta keandalan yang baik. Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat merusak peralatan listrik sehingga akan menyebabkan kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan akan menyebabkan terganggunya kontinuitas dari sistem penyaluran tenaga listrik yang berdampak buruk pada perusahaan dan konsumen. Untuk meningkatkan kualitas pelayanan listrik, maka digunakan sistem proteksi tambahan untuk melindungi saluran terhadap sambaran petir (Teja Bhaskara, 2016).

2. Tinjauan Pustaka

Pembangkit listrik umumnya terdapat jauh dari pusat beban dan pembangkit listrik berskala besar, sehingga untuk menyalurkan tenaga listrik tersebut sampai ke konsumen atau pusat beban maka tenaga listrik tersebut harus disalurkan. Sistem tenaga listrik pada dasarnya terdapat tiga komponen utama sebagai berikut :

- a. Sistem pembangkitan
- b. Sistem transmisi
- c. Sistem distribusi (primer dan sekunder)
- d. Konsumen

Untuk yang disalurkan adalah energi listrik sampai ke konsumen melalui tahapan transmisi dan distribusi untuk menyalurkan tenaga listrik menuju Gardu induk menggunakan jaringan tegangan tinggi yang biasa disebut dengan saluran transmisi 150 kV. Dari Gardu Induk menuju ke trafo distribusi digunakan jaringan distribusi jaringan tegangan menengah 20kV. Dalam proses penyaluran tenaga listrik ke konsumen terdapat beberapa gangguan pada saat sistem distribusi tenaga listrik. Dua jenis gangguan yang dapat terjadi:

1. Gangguan Internal
 - Gangguan sisten
 - Gangguan jaringan
 - Gangguan peralatan
 - Gangguan akibat penyuluan lain
 - Gangguan mahluk hidup
2. Gangguan external:
 - Angin dan pohon
 - Petir (sambaran langsung dan tidak langsung)
 - Kegagalan atau kerusakan peralatan dan saluran
 - Manusia
 - Hujan dan cuaca
 - Binatang dan benda-benda asing
 - Gangguan bersifat temporer, yang dapat hilang atau sementara
 - Gangguan bersifat permanen, diperlukan tindakan perbaikan.

Untuk menghindari gangguan pada sistem, maka diperlukan sistem pengaman seperti, sistem pengaman jaringan distribusi primer:

- a. Kecepatan bertindak (*quikness of action*)
- b. Pemilihan tindakan (*selectivity or discrimination action*)
- c. Peka (*sensitivity*)
- d. Keandalan (*reliability*)
- e. Pemutus Tenaga (PMT)
- f. Pemisah (PMS)
- g. Saklar Seksi Otomatis (SSO)
- h. Saklar Beban (SB)
- i. *Tie Swicth* (TS)
- j. Penutup Balik Otomatis (PBO) /*Recloser*
- k. Pelebur.

Selain sistem pengaman primer, ada juga sistem pengaman yang disebut spike. Sistem *Spike* adalah batang besi yang digunakan untuk melindungi kawat fasa saluran distribusi dari sambaran surja petir. Batang besi *Spike* dipasang di atas tiang Beton saluran distribusi dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, karena dianggap surja petir menyambar dari ujung atas batang besi, namun jika petir menyambar dari samping maka mengakibatkan kawat fasa tersambar dan menyebabkan gangguan. Sistem *spike* ini ditanahkan secara langsung dari batang besi pengaman ke tanah. Keefektipan perlindungan sistem *Spike* bertambah

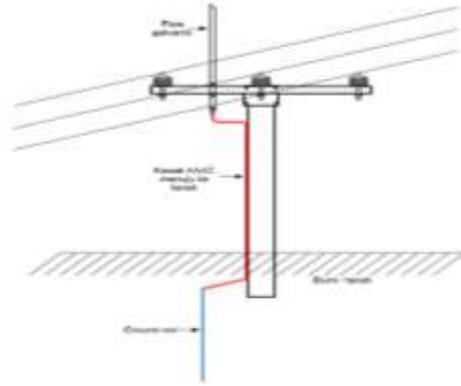
baik jika pemasangan sistem *Spike* ketinggiannya efektif untuk melindungi kawat fasa. Memperoleh perlindungan yang baik, harus memenuhi persyaratan penting yaitu sebagai berikut:

1. Supaya petir tidak menyambar langsung kawat fasa maka jarak tiang pengaman di atas kawat fasa diatur sesuai ketentuan.
2. Saat petir menyambar tiang secara langsung, tidak terjadi *flashover* pada isolator.

Perlindungan jaringan SUTM penyulang Buduk terhadap sambaran petir sebelum dipasang sistem *Spike* adalah dengan memasang *lightning arrester*. *Lightning arrester* ini dipasang di beberapa titik lokasi disepanjang penyulang Buduk. Namun dalam beberapa kasus, *lightning arrester* ini tidak mampu untuk melindungi SUTM di penyulang Buduk, sehingga mengakibatkan penyulang Buduk trip (padam). Untuk menanggulangi gangguan pada penyulang Buduk, maka dilakukan pemasangan sistem *Spike*. Pekerjaan pemasangan sistem *Spike* dimulai dengan perencanaan tentang berapa tinggi sistem *Spike* dari kawat fasa untuk mendapatkan sudut perlindungan yang dapat melindungi kawat fasa. Material yang digunakan adalah kawat AAAC, besi galvanis dan material lainnya. Konstruksi SUTM secara umum menggunakan *travers* sebagai dudukan dan pemegang dari isolator, dimana isolator ini merupakan penyangga dan pembatas kawat fasa dengan ground. Panjang rata-rata sebuah *travers* adalah 2 meter dan jarak antar kawat fasa adalah 1 meter. Beberapa tahap pemasangan *Spike*:

1. Pentanahan sistem *Spike*
2. Perhitungan Gangguan Sambaran Induksi pada saat menggunakan Sistem *Spike* dan tanpa Sistem *Spike*
3. Perhitungan Gangguan Kilat Akibat Sambaran Induksi Saluran Udara Tegangan Menengah Tanpa Sistem *Spike*
4. Perhitungan Gangguan Kilat Akibat Sambaran Induksi Saluran Udara Tegangan Menengah dengan Sistem *Spike*

5. Perhitungan Gangguan Kilat Akibat Sambaran Langsung Saluran Udara Tegangan Menengah Tanpa Sistem *Spike*
6. Perhitungan Gangguan Kilat Akibat Sambaran Langsung Saluran Udara Tegangan Menengah dengan Sistem *Spike*

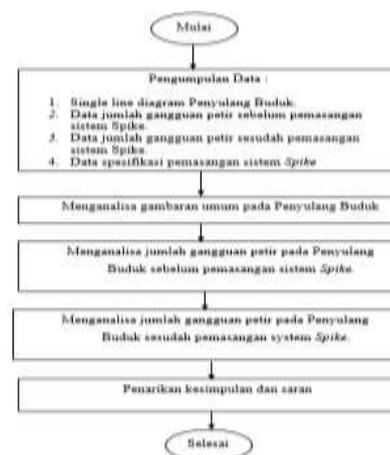


Gambar 1 Konstruksi *Grounding* Sistem *Spike*

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini data-data yang diperoleh dianalisis dengan prosedur sebagai berikut:

1. Analisa perhitungan gangguan kilat sambaran induksi saluran udara tegangan menengah tanpa sistem *Spike* pada Penyulang Buduk.
2. Analisa perhitungan gangguan kilat akibat sambaran induksi saluran udara tegangan menengah dengan sistem *Spike*.
3. Analisa perhitungan gangguan akibat sambaran langsung udara tegangan menengah tanpa sistem *Spike*.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

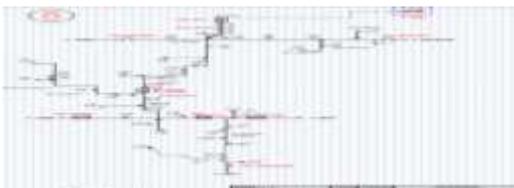
4.1 Realisasi Hasil Pembahasan

Penyulang Buduk yang bersumber dari Gardu induk Kapal yang beroperasi secara radial berada di - wilayah PLN Area Bali Selatan ULP Mengwi. Jaringan SUTM Penyulang Buduk banyak melintasi daerah pantai dan persawahan yang luas sehingga, berpotensi terkena sambaran petir. Ujung utara Penyulang Buduk berakhir pada LBS Pool I Br Cica dan diujung Selatan bertemu dengan Penyulang Pipitan yang bertemu pada LBS Padang Linjong.



Gambar 2 Sistem Spike yang di pasang di lokasi Penyulang Buduk.

Penyulang Buduk memiliki sistem pengamanan berupa Recloser dan CB yang belum maksimal mengamankan gangguan arus lebih. LA (Lighting Arrester) dan Kawat Tanah yang berfungsi untuk mengamankan tegangan lebih. Penyulang buduk yang daerahnya meliputi pantai dan sawah yang luas sering mengalami gangguan sambaran petir. Berdasarkan data gangguan sambaran petir yang terjadi di Penyulang Buduk pada tahun 2018 sebanyak 3 kali, LA dan kawat tanah sering mengalami kegagalan. Untuk meningkatkan kontinuitas pada saluran distribusi Penyulang Buduk terutama sambaran petir maka di pasang tambahan pengamanan berupa sistem *Spike* di sepanjang saluran.



Gambar 3 One Line Diagram Penyulang Buduk

4.2 Gangguan Akibat Sambaran Petir Tahun 2018 dan 2019

Berdasarkan data gangguan penyulang di PLN Area Bali Selatan untuk bulan Januari tahun 2018 sampai bulan Mei 2019 terjadi, 3 kali gangguan pada Penyulang Buduk disebabkan oleh gangguan petir. Indikasi gangguan tersebut merupakan gangguan petir didasarkan pada Pemutus Tenaga Terbuka (PMT) dan Pengaman lebur pada saluran putus. Akibat kegagalan Lighting Arrester dan Kawat Tanah mengisolasi sambaran pada Penyulang Buduk untuk menurunkan jumlah gangguan yang diakibatkan oleh sambaran petir, PLN Area Bali Selatan melakukan pemasangan sistem *Spike* diperoleh data gangguan penyulang untuk bulan Juni tahun 2019 sampai bulan Desember 2019 terjadi penurunan jumlah gangguan yaitu 1 kali gangguan petir di Penyulang Buduk.

Tabel 1 Data Gangguan Petir di Penyulang Buduk Tahun 2018

Nama Penyulang	Tgl_trip	Jam_trip	Arus (kA)	Tgl_musik	Jam_musik	Lm Pita
Buduk	22-04-2018	4:29 AM	5	22-04-2018	4:39 AM	04700
Buduk	22-04-2018	4:40 AM	9	22-04-2018	4:50 AM	04800
Buduk	09-11-2018	22:30 PM	40	09-11-2018	22:35 PM	04500

Sumber: PLN ULP Mengwi

Tabel 2 Data Gangguan Petir di Penyulang Buduk 2019

Nama Penyulang	Tgl_trip	Jam_trip	Arus (kA)	Tgl_musik	Jam_musik	Lm Pita
Buduk	09-12-2019	1:40 AM	2,7	09-12-2019	1:49 AM	04800

Pada tabel 1 menjelaskan jumlah gangguan yang diakibatkan oleh sambaran petir pada Penyulang Buduk, sedangkan pada tabel 2 menjelaskan jumlah gangguan yang diakibatkan oleh sambaran petir pada tahun 2019 sudah muali memasang sistem *Spike* disepanjang Penyulang Buduk.

4.3 Perhitungan Gangguan Kilat Akibat Sambaran Induksi Saluran Udara Tegangan Menengah Tanpa Sistem *Spike*.

Saluran yang berada diatas tanah dapat dikatakan membentuk sebayang-bayang listrik pada tanah atau disebut

daerah perisaian untuk saluran udara tegangan menengah tanpa sistem *Spike*. Penyulang Buduk memiliki tinggi tiang 11,9 m dengan jarak fasa ke fasa adalah 1,8 m.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Sambaran Induksi pada Jaringan Udara Tegangan Menengah yang Tidak Dipasang *Spike*

H	r	Arus Induksi I ₀ (kA)	Vmaks (kV)	Probabilitas Lompatan Arus (P ₀)	Jumlah Lompatan Api (NFL)	Jumlah Gangguan Kilat (Ni)
10	30	20	216	0,97	130	65
11	30	20	220	0,97	143	71
11,9	30	20	200	0,97	154	77



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Sambaran Induksi pada Jaringan Udara Tegangan Menengah yang Sebelum Dipasang *Spike*

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.4 dapat diketahui bahwa jumlah gangguan meningkat dari 65 kali menjadi 71 kali dan 77 kali dengan ketinggian tiang yang berbeda yaitu 10 m, 11 m, dan 11, 9 m, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penempatan komponen tiang, maka semakin banyak jumlah lompatan api (NFL) dan semakin banyak jumlah gangguan kilat (Ni), sehingga tinggi komponen tiang berbanding lurus dengan jumlah lompatan api dan jumlah gangguan kilat.

4.4 Perhitungan Gangguan Kilat Akibat Sambaran Langsung Saluran Udara Tegangan Menengah Tanpa Sistem *Spike*

perhitungan kemungkinan jumlah gangguan kilat sambaran induksi yang terjadi sepanjang saluran dengan panjang 100 km, dapat hasil jumlah gangguan sambaran induksi sebanyak 44 kali gangguan. Berdasarkan cara perhitungan yang sama untuk menentukan hasil diatas dapat ditampilkan sebagai tabel 4 berikut:

Tabel 4 Data Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Sambaran Langsung pada Jaringan Udara Tegangan Menengah Tanpa *Spike*

I ₀ (kA)	k (meter)	I (kA)	V _r (kV)	Probabilitas Lompatan Api (P ₀)	Jumlah Sambaran Kilat (N ₀)	Jumlah Lompatan Api (N ₀)	Jumlah Gangguan (N ₀)
20	10	10	2,5	0,96	92	74	37
20	11	10	2,5	0,96	95	81	41
20	11,9	10	2,5	0,96	77	89	44



Gambar 5 Grafik Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Sambaran Langsung pada Jaringan Udara Tegangan Menengah Tanpa *Spike*

Berdasarkan tabel 3 dan gambar 4 maka dapat di baca bahwa jumlah gangguan meningkat dari 37 kali, 41 kali dan 44 kali dengan ketinggian tiang yang berbeda yaitu 10 m, 11 m, dan 11,9 m. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penempatan komponen tiang, maka semakin banyak jumlah lompatan api (NFL) dan semakin banyak jumlah gangguan kilat (Ni).

4.5 Perhitungan Gangguan Kilat Akibat Sambaran Induksi dan Sambaran Langsung Saluran Udara Tegangan Menengah Menggunakan Sistem *Spike*

Perhitungan lebar bayang-bayang listrik di bawah saluran atau disebut daerah perisaian untuk saluran udara tegangan menengah dengan sistem *Spike*. Penyulang Buduk memiliki tinggi tiang dengan spike 14, 05 m dengan jarak fasa ke fasa adalah 1,8 m.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Sambaran Induksi pada Jaringan Udara Tegangan Menengah yang dipasang *Spike*.

Tinggi Tiang (m)	Tinggi tiang dengan spike (m)	V (kV)	Arus Induksi Ia (kA)	Tegangan Induksi V (kV)	Probabilitas Arus	Faktor Perbaikan (PF)	Jumlah Lompatan Api (ML)	Jumlah Gangguan (%)
10	12,15	30	20	150	0,67	0,3	38	49
11	13,15	30	20	157	0,67	0,7	33	49
11,9	14,05	30	20	155	0,67	0,7	31	49



Gambar 6 Grafik Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Sambaran Induksi pada Jaringan Udara Tegangan Menengah yang Dipasang *Spike*

Berdasarkan tabel 5 dan Gambar 6 dapat dibaca bahwa jumlah gangguan pada tiang yang di pasang *Spike* adalah tetap yaitu 49 kali, pada ketinggian tiang yang berbeda-beda yaitu 14,05 m, 15 m dan 16 m.

4.6 Perhitungan Gangguan Kilat Akibat Sambaran Langsung Saluran Udara Tegangan Menengah Menggunakan Sistem *Spike*

Untuk menghitung berapa tegangan puncak yang diakibatkan oleh sambaran langsung dari petir, terlebih dahulu hitung impedansi surja tiang (Z_t) dan impedansi surja sistem *Spike* (Z_g) dengan menggunakan tinggi tiang 11,9 (ht) dan jari – jari tiang 0,108 (rt).

Tabel 6 Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Sambaran Langsung pada Jaringan Udara Tegangan Menengah yang dipasang *Spike*.

Tinggi tiang tanpa spike (meter)	Tinggi tiang dengan spike (meter)	Vt (kV)	Ia (kA)	Probabilitas Lompatan Api (PFL)	Jumlah Sambaran Kilat (%)	Jumlah Gangguan (%)
10	12,15	150	11,6	0,71	89	32
11	13,15	150	11,4	0,71	89	32
11,9	14,05	150	11,2	0,72	89	32



Gambar 7 Grafik Hasil Perhitungan Jumlah Gangguan Sambaran Langsung pada Jaringan Udara Tegangan Menengah yang Dipasang *Spike*

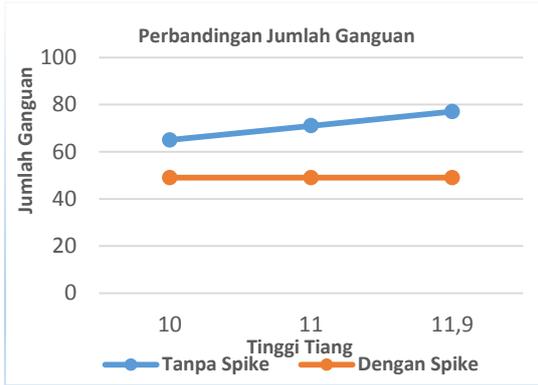
Berdasarkan tabel 5 dan gambar 6 dapat dibaca bahwa jumlah gangguan pada tiang yang di pasang *Spike* adalah tetap yaitu 32 kali pada ketinggian tiang yang berbeda-beda yaitu 12,15 m 13,15 m dan 14,05 m.

4.7 Perbandingan Gangguan Kilat Terhadap Sistem Tanpa *Spike* Dan Dengan *Spike*

Dari hasil perhitungan Tabel 5 dan 6 kemungkinan jumlah gangguan kilat akibat sambaran induksi, saluran distribusi yang tidak dipasang sistem *Spike* mengalami gangguan sebanyak 71 kali dan saluran distribusi yang dilengkapi dengan sistem *Spike* mengalami gangguan sebanyak 49 kali.

Tabel. 7 Perbandingan probabilitas lompatan api, jumlah lompatan api dan jumlah gangguan pada sistem tanpa menggunakan *Spike* dan sistem menggunakan *Spike* pada sambaran induksi.

No	H Tinggi Tiang		PFL Probabilitas Lompatan Api		NFL Jumlah Lompatan Api		Nl Jumlah Gangguan		
	Tinggi Tiang	Tinggi Spike	Tanpa Spike	Dengan Spike	Tanpa Spike	Dengan Spike	Tanpa Spike	Dengan Spike	
1	10	10	12,15	0,96	0,67	154	86	65	49
2	11	11	13,15	0,96	0,67	143	83	71	49
3	11,9	11,9	14,05	0,96	0,67	130	81	77	49



Gambar 8 Grafik Hasil Perbandingan probabilitas lompatan api, jumlah lompatan api dan jumlah gangguan pada sistem tanpa menggunakan *Spike* dan sistem menggunakan *Spike* pada sambaran induksi.

Pada tabel 7 dan grafik 8 menunjukkan bahwa jumlah gangguan sebelum pemasangan *Spike* dari 65 kali, 71 kali, dan 77 kali dengan tiang 10 m, 11m, dan 11,9 m. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tiang maka semakin banyak jumlah gangguan yang dihasilkan, sedangkan jumlah gangguan pada tiang yang dipasang *Spike* adalah 49 kali gangguan dengan tiang yang berbeda-beda yaitu 12,15 m, 13,15 m dan 14,05 m. Pada pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa tinggi tiang yang tidak dipasang *Spike* mempengaruhi jumlah gangguan, dimana jumlah gangguan berbanding lurus dengan tinggi tiang, sedangkan tinggi tiang yang dipasang sistem *Spike* tidak berpengaruh pada jumlah gangguan, dimana jumlah gangguan tetap stabil pada tinggi tiang yang berbeda-beda.

4.8 Analisis perbandingan gangguan kilat terhadap Sistem tanpa *Spike* dan dengan Sistem *Spike* akibat sambaran langsung

Dari perhitungan tabel 7 dan tabel 8 kemungkinan jumlah gangguan sambaran kilat yang tidak dipasang sistem *Spike* mengalami gangguan sebanyak 41 kali, dan saluran distribusi yang dilengkapi dengan sistem *Spike* mengalami gangguan sebanyak 32 kali. Dari hasil perhitungan ini dapat dijelaskan bahwa telah terjadinya penurunan jumlah gangguan yang diakibatkan oleh gangguan sambaran kilat, karena saluran distribusi telah dilindungi

oleh sistem *Spike*. Berikut adalah tabel perbandingan probabilitas lompatan api, jumlah sambaran kilat dan jumlah gangguan tanpa menggunakan *Spike* dan dengan menggunakan *Spike*.

Tabel 4.8 Perbandingan probabilitas lompatan api, jumlah lomp

No	H Tinggi Tiang			PFL Probabilitas Lompatan Api		NL Jumlah Sambaran Kilat		Nt Jumlah Gangguan	
	Tinggi Tiang	Tanpa Spike	Dengan Spike	Tanpa Spike	Dengan Spike	Tanpa Spike	Dengan Spike	Tanpa Spike	Dengan Spike
1	10	10	12,15	0,96	0,72	92	89	37	32
2	11	11	13,15	0,96	0,72	85	89	41	32
3	11,9	11,9	14,04	0,96	0,72	77	89	44	32



Gambar 9 Grafik Hasil Perbandingan probabilitas lompatan api, jumlah lompatan api dan jumlah gangguan pada sistem tanpa menggunakan *Spike* dan sistem menggunakan *Spike* pada sambaran langsung.

Pada tabel 4.8 dan grafik 9 menunjukkan bahwa jumlah gangguan sebelum pemasangan *Spike* adalah 37, 41, dan 44 kali dengan tiang 10, 11, dan 11,9 yang menyimpulkan bahwa semakin tinggi tiang maka semakin banyak jumlah gangguan yang dihasilkan, sedangkan jumlah gangguan pada tiang yang dipasang *Spike* adalah 32 kali dengan tiang yang berbeda – beda yaitu 12,15m, 13,15 m dan 14,05 m. Pada pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa tinggi tiang yang tidak dipasang *Spike* mempengaruhi jumlah gangguan, dimana jumlah gangguan berbanding lurus dengan tinggi tiang. Sedangkan tinggi tiang yang dipasang sistem *Spike* tidak berpengaruh pada jumlah gangguan, dimana jumlah gangguan tetap stabil pada tinggi tiang yang berbeda-beda. Dilihat dari gambar 4.10, hal diatas menunjukkan adanya perubahan jumlah gangguan pada daerah yang sudah terpasang *Spike*.

5. KESIMPULAN

1. Pada perhitungan jumlah gangguan sambaran induksi dengan menggunakan *isokronic level* (IKL) 100 kali, saat sebelum saluran distribusi dipasang sistem Spike mendapatkan hasil jumlah gangguan sebanyak 77 kali gangguan. Setelah saluran distribusi dipasang sistem Spike jumlah gangguan menurun menjadi 49 kali gangguan induksi. Setelah melakukan perhitungan perbandingan dengan tinggi tiang yang berbeda-beda dapat disimpulkan tinggi tiang yang tidak dipasang sistem *Spike* mempengaruhi jumlah gangguan, dimana jumlah gangguan berbanding lurus dengan tinggi tiang, sedangkan tinggi tiang yang dipasang sistem *Spike* tidak berpengaruh pada jumlah gangguan, dimana jumlah gangguan tetap stabil pada tinggi tiang yang berbeda – beda.
2. Pada perhitungan jumlah gangguan sambaran langsung dengan menggunakan *isokronic level* (IKL) 100 kali, saat sebelum saluran distribusi dipasang sistem Spike mendapatkan hasil jumlah gangguan sebanyak 44 kali gangguan. Setelah saluran distribusi dipasang sistem Spike jumlah gangguan menurun menjadi 32 kali gangguan sambaran langsung. Setelah melakukan perhitungan perbandingan dengan tinggi tiang yang berbeda-beda dapat disimpulkan tinggi tiang yang tidak dipasang sistem *Spike* mempengaruhi jumlah gangguan, dimana jumlah gangguan berbanding lurus dengan tinggi tiang, sedangkan tinggi tiang yang dipasang sistem *Spike* tidak berpengaruh pada jumlah gangguan, dimana jumlah gangguan tetap stabil pada tinggi tiang yang berbeda – beda.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hutahuruk, T.S. 1998. Perhitungan Gangguan Kilat pada Saluran Udara Tegangan Menengah. Bandung: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri.
- [2] Hutahuruk, T.S. 1998. Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja. Jakarta: Erlangga.
- [3] Hutahuruk, T.S. 1998 Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Jakarta: Erlangga.
- [4] I Wayan Adi Rusmana Studi, 2013. Pengaruh Pemasangan Kawat Tanah dan Arrester untuk Melindungi Saluran Distribusi Tegangan Menengah Akibat Surja.
- [5] PT. PLN, 2010. Buku 5 Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. Jakarta. PT PLN (Persero)
- [6] PT. PLN, 2018. Laporan Gangguan Penyulang Padam Tahun 2018: PT PLN (Persero) Area Bali Selatan.
- [7] PT. PLN, 2018. Laporan Gangguan Penyulang Padam Tahun 2018: PT PLN (Persero) Area Bali Selatan.
- [8] PT. PLN, 2011. Sistem Kontruksi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah. Denpasar: PT PLN (Persero) Distribusi Bali.
- [9] Ramadoni, 2017. Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, Yogyakarta: LP3 UMY.