

Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Petir Pada Stasiun Pemancar TV

I Gede Suputra Widharma[✉], I Nengah Sunaya, I Gusti Putu Arka,
I Gde Nyoman Sangka

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

[✉]suputra@pnb.ac.id

Abstrak: Petir mempunyai karakteristik yang berbeda di berbagai negara. Mengingat kerusakan yang timbul akibat dari sambaran petir, maka muncul usaha untuk melindungi dari akibat sambaran petir. Dalam kelistrikan, ini dinamakan usaha proteksi petir. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah membuat simulasi sistem proteksi gangguan petir pada stasiun pemancar TV sesuai standar PUIPP dan SNI 03-7015-2004. Sistem proteksi gangguan petir pada stasiun pemancar TV ini memanfaatkan teknik pengolahan data deskriptif pada menara stasiun pemancar TV yang memiliki tinggi 50 meter, panjang 30 meter, dan lebar 20 meter. Data ini dikaji dengan literatur yang ada. Dengan membandingkan tingkat proteksi petir dengan efisiensinya diperoleh indeks dan kebutuhan proteksi yang terbaik yaitu tingkat proteksi III dan indeks sebesar 13.

Kata kunci: sistem proteksi, petir, pemancar TV.

Abstract: Lightning has different characteristics in various countries. Given the damage caused by lightning strikes. Given the damage arising from lightning strikes, an attempt is made to protect against the effects of lightning strikes. In electricity, this is called the lightning protection field. The aim of this research is to make a simulation of protection system at TV transmitter station based on the PUIPP and SNI 03-7015-2004 standards. The protection system of lightning disturbances at the TV transmitter station uses descriptive data collection techniques to the tower of transmitter TV station that has 50 metres high, 30 metres length, and 20 metres width. This data is examined with existing literature. By comparing the level of lightning protection with its efficiency, the best index and protection needs are obtained, namely protection level III and index of 13.

Keywords: protection system, lightning, TV transmitter.

I. PENDAHULUAN

Indonesia secara geografis merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa dan di antara dua benua dengan hari guruh sekitar 120 hari/tahun. Indonesia yang merupakan negara khatulistiwa mempunyai karakteristik petir yang berbeda dengan negara di luar negeri, maka karakteristik petir di Indonesia sering dijadikan sebagai standar oleh badan standarisasi pada umumnya. Mengingat kerusakan yang timbul akibat dari sambaran petir maka muncul usaha untuk melindungi dari akibat sambaran petir, dalam dunia kelistrikan ini dinamakan usaha proteksi petir. Dalam usaha proteksi petir ini tentu dibutuhkan pengetahuan tentang petir itu sendiri dan karakteristik petir. Dalam hal ini juga termasuk proteksi petir itu sendiri [1].

Dari beberapa penelitian yang dilakukan tentang sistem proteksi gangguan petir, pentingnya memberikan sistem proteksi gangguan petir pada tower [2]. Dengan memasang kawat tanah yang terpasang pada titik tertinggi sebagai pengamanan saluran terhadap petir. Oleh karena itu, pada wilayah penyulang yang rawan petir sudah mulai direalisasikan pemasangan kawat tanah ini sebagai sistem proteksi [3]. Sudut perlindungan pada perisai (*shield*) yang optimal mampu meningkatkan proteksi yang dilakukan [4]. Sistem pengamanan eksternal gangguan petir pada stasiun

pemancar TVRI perlu untuk ditingkatkan kemampuannya [5].

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka permasalahan yang dibahas pada artikel ini adalah bagaimana sistem proteksi petir di stasiun pemancar televisi berdasarkan PUIPP dan SNI 03-7015-2004 serta bagaimana perencanaan sistem proteksi petir yang seharusnya. Dari identifikasi permasalahan ini, maka penelitian ini akan membatasi masalah pada analisis sistem pengamanan gangguan petir yang digunakan pada stasiun pemancar TV dengan berpedoman atau berlandaskan Standar PUIPP dan Standar SNI 03-7015-2004 yang hanya mencakup 4 hal yaitu pemilihan tingkat proteksi petir, rancangan sistem terminasi udara, konduktor penyalur dan sistem terminasi bumi.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menganalisa sistem pengamanan peralatan di stasiun pemancar TV dengan standar PUIPP dan SNI 03-7015-2004 [6]. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat berupa hasil analisis pengamanan gangguan petir untuk pihak TV dalam sistem proteksi gangguan petir, agar ke depan bisa lebih mengetahui standar pengamanan gangguan petir sesuai standar yang digunakan. Serta dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi perkembangan ilmu pengetahuan dalam bentuk referensi bagaimana mengatasi gangguan

petir dengan sistem proteksi yang andal dan tepat guna berdasarkan simulasi stasiun pemancar TV.

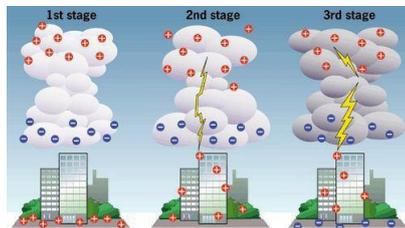
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Petir

Petir, kilat, atau halilintar adalah gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan di saat langit memunculkan kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan. Beberapa saat kemudian disusul dengan suara menggelegar yang disebut guruh. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya. Petir merupakan gejala alam yang bisa kita analogikan dengan sebuah kondensator raksasa, dimana lempeng pertama adalah awan (bisa lempeng negatif atau lempeng positif) dan lempeng kedua adalah bumi (dianggap netral). Seperti yang sudah diketahui kapasitor adalah sebuah komponen pasif pada rangkaian listrik yang bisa menyimpan energi sesaat (*energy storage*). Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan (*intercloud*), dimana salah satu awan bermuatan negatif dan awan lainnya bermuatan positif [7].

B. Proses Terjadinya Petir

Petir terjadi diakibatkan terkumpulnya ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan, ion listrik dihasilkan oleh gesekan antar awan dan juga kejadian ionisasi ini disebabkan oleh perubahan bentuk air mulai dari cair menjadi gas atau sebaliknya, bahkan padat (es) menjadi cair.



Gambar 1. Proses ionisasi terjadinya petir [8].

Ion bebas menempati permukaan awan dan bergerak mengikuti angin yang berhembus, bila awan-awan terkumpul di suatu tempat maka awan bermuatan akan memiliki beda potensial yang cukup untuk menyambar permukaan bumi maka inilah yang disebut petir. Proses ionisasi terjadinya petir dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada awalnya awan bergerak mengikuti arah angin, selama proses Bergeraknya awan ini maka saling bergesekan satu dengan yang lainnya, dari proses ini terlahir elektron-elektron bebas yang memenuhi permukaan awan. Proses ini bisa digambarkan secara sederhana pada sebuah penggaris plastik yang digosokkan pada rambut, maka penggaris ini akan mampu menarik potongan kertas.

Pada suatu saat awan ini akan terkumpul di sebuah kawasan, saat inilah petir dimungkinkan terjadi karena elektron-elektron bebas ini saling menguatkan satu dengan lainnya. Sehingga memiliki cukup beda potensial untuk menyambar permukaan bumi [7].

C. Sistem Proteksi Petir

Proteksi petir merupakan suatu usaha untuk melindungi suatu objek dari bahaya yang diakibatkan petir, baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Didasarkan pada tujuan atau sifat dari proteksi itu sendiri, proteksi petir dibagi menjadi dua jenis, yaitu: proteksi sambaran petir, dan proteksi sambaran tegangan lebih petir. Prinsip kerja antara kedua jenis proteksi tersebut di atas tentu saja berbeda.

Proteksi sambaran petir lebih bersifat pencegahan (preventif) sedang proteksi tegangan lebih petir sifatnya tidak lagi mencegah tetapi mengurangi akibat yang ditimbulkan oleh sambaran petir, dalam hal ini apabila ada jenis proteksi yang pertama gagal melaksanakan fungsinya [9].

D. Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Petir

Sambaran petir dapat menyebabkan tegangan lebih, hal ini karena sambaran petir merupakan peristiwa pelepasan muatan artinya pada saat petir menyambar suatu objek berarti pada objek itu telah disuntikan sejumlah muatan yang berasal dari petir sehingga tegangan pada objek tersebut naik melebihi yang seharusnya. Fenomena ini paling berbahaya bila terjadi pada peralatan-peralatan listrik yang memiliki tegangan kerja terbatas. Contohnya pada jaringan hantaran udara.

Sambaran petir pada jaringan hantaran udara memberikan suntikan muatan listrik. Suntikan muatan ini menimbulkan kenaikan tegangan pada jaringan, sehingga di jaringan timbul tegangan lebih berbentuk gelombang impuls yang merambat di sepanjang jaringan menuju ujung-ujung jaringan. Tegangan lebih akibat petir ini sering disebut surja petir (*lightning surge*).

E. Besarnya Kebutuhan Bangunan Pada Sistem Proteksi Petir

Instalasi-instalasi bangunan berdasarkan letak, bentuk, penggunaannya dianggap mudah terkena sambaran petir dan perlu diberi penangkal petir:

1. Bangunan-bangunan tinggi, seperti menara-menara, gedung-gedung bertingkat, cerobong-cerobong pabrik.
2. Bangunan-bangunan penyimpanan bahan mudah terbakar atau meledak, misalnya seperti pabrik amunisi, gudang penyimpanan bahan peledak, gudang penyimpanan cairan atau gas yang mudah terbakar, dan lain-lain.
3. Bangunan-bangunan untuk umum, misalnya gedung-gedung bertingkat, gedung pertunjukan, gedung sekolah, stasiun, dan lain-lain.
4. Bangunan-bangunan yang berdasarkan fungsi khusus perlu dilindungi secara baik, misalnya museum, gedung arsip negara, dan lain-lain.

F. Standar PIUPP

Besarnya kebutuhan suatu bangunan akan suatu instalasi penangkal petir ditentukan oleh besarnya

kemungkinan kerugian serta bahaya yang ditimbulkan bila bangunan tersebut tersambar petir.

Besarnya kebutuhan tersebut dapat ditentukan secara empiris berdasarkan indeks-indeks yang menyatakan faktor-faktor tertentu [8], sehingga diperoleh perkiraan bahaya akibat sambaran petir (R) sesuai dengan Persamaan (1).

$$R = A + B + C + D + E \quad (1)$$

Keterangan:

- A : Bahaya berdasarkan jenis bangunan
- B : Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan
- C : Bahaya berdasarkan tinggi bangunan
- D : Bahaya berdasarkan situasi bangunan
- E : Bahaya berdasarkan hari guruh yang terjadi

Apabila data yang ada dimasukkan dalam persamaan (1), maka selanjutnya dapat diambil kesimpulan mengenai perlu atau tidaknya sistem proteksi petir eksternal digunakan. Jika nilai $R > 13$, maka bangunan tersebut dianjurkan menggunakan sistem proteksi petir.

Jelas bahwa semakin besar nilai R , semakin besar pula bahaya serta kerusakan yang ditimbulkan oleh sambaran petir, berarti semakin besar pula kebutuhan bangunan tersebut akan adanya suatu sistem penangkal petir.

G. Standar SNI

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 terdapat berbagai macam standar untuk sistem proteksi petir pada bangunan gedung, dalam skripsi ini penulis hanya mengacu pada beberapa standar yang terdapat dalam SNI 03-7015-2004 yaitu:

1. Pemilihan Tingkat Proteksi Petir
2. Rancangan sistem terminasi udara
3. Konduktor penyalur
4. Sistem terminasi bumi

H. Rancangan Sistem Terminasi Udara Menurut SNI (03-7015-2004)

Untuk menentukan penempatan terminasi udara dan untuk mengetahui daerah proteksi, maka penulis menggunakan metode-metode yang terdapat dalam SNI 03-7015-2004, yaitu:

1. Metode sudut proteksi (*Protective Angle Method*)
2. Metode bola bergulir (*Rolling Sphere Method*)
3. Metode jala (*Mesh Sized Method*)

Pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi petir berdasarkan pada frekuensi sambaran petir langsung setempat yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi dan frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan. Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada adalah jumlah hari guruh per tahun yang diperoleh dari data isokeraunic level di daerah tempat struktur yang

akan diproteksi yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG).

Area cakupan ekivalen dari bangunan adalah daerah permukaan tanah yang dianggap sebagai struktur yang mempunyai frekuensi sambaran langsung tahunan [8]. Area ini dihitung dengan Persamaan (2).

$$a^2 = b^2 + h^2 \quad (2)$$

Keterangan:

- a : panjang dari bangunan tersebut (m)
- b : lebar dari bangunan tersebut (m)
- h : tinggi bangunan yang diproteksi (m)

Maka setelah dihitung nilai E (efisiensi sistem proteksi petir) sesuai dengan persamaan di atas, setelah itu dapat ditentukan tingkat proteksinya sesuai dengan tingkat proteksi Tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi sistem proteksi petir.

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

I. Konduktor Penyalur (*Down Conductor*)

Konduktor penyalur adalah bagian dari sistem proteksi eksternal yang dimaksudkan untuk melewati arus petir dari sistem terminasi udara ke sistem pembumian.

Konduktor penyalur perlu merancang agar tidak menimbulkan induksi terhadap peralatan-peralatan listrik yang terdapat didalam ataupun di sekitar bangunan atau gedung yang diproteksi. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebaiknya memperhitungkan kenyataan bahwa, jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur, resiko dan loncatan ke samping dan gangguan elektromagnetik didalam bangunan gedung berkurang [10].

J. Sistem Terminasi Bumi (*Grounding System*)

Sistem terminasi bumi perlu dirancang sedemikian rupa sehingga memperkecil tegangan sentuh dan tegangan langkah sehingga aman bagi manusia dan peralatan yang terdapat di sekitar daerah yang diproteksi.

Guna mengalirkan arus petir ke bumi tanpa menyebabkan tegangan lebih yang berbahaya, maka bentuk dan dimensi sistem terminasi bumi lebih penting dari nilai spesifik elektroda bumi. Namun pada umumnya di rekomendasikan resistansi bumi yang rendah. Pada dasarnya ada 3 (tiga) jenis elektroda yang digunakan pada sistem pentanahan, yaitu:

1. Elektroda Batang
2. Elektroda Pelat
3. Elektroda Pita

Elektroda - elektroda ini dapat digunakan secara tunggal maupun jamak dan juga secara gabungan dari ketiga jenis dalam suatu sistem [10].

K. *Hipotesis*

Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian, dimana rumusan masalah penelitian telah dinyatakan dalam bentuk kalimat pertanyaan. Dikatakan sementara karena jawaban yang diberikan adalah didasarkan pada teori yang relevan, belum didasarkan pada fakta-fakta empiris yang diperoleh melalui pengumpulan data [8].

Penolakan dan penerimaan hipotesis tergantung pada hasil penyelidikan terhadap fakta-fakta. Dengan demikian, hipotesis adalah suatu teori sementara yang kebenarannya perlu diuji. Berdasarkan landasan teori di atas, dapat disusun hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut:

H₀: penangkal petir pada stasiun pemancar TV dinyatakan tidak sesuai berdasarkan standar PUIPP dan standar SNI 03-7015-2004.

H₁: penangkal petir pada stasiun pemancar TV dinyatakan sesuai berdasarkan standar PUIPP dan standar SNI 03-7015-2004.

III. PEMBAHASAN

A. *Metode Penelitian*

Metode Penelitian merupakan suatu cara atau strategi yang digunakan oleh peneliti di dalam melaksanakan kegiatan penelitiannya untuk mengambil data dan kenyataan yang terjadi di lapangan. Berdasarkan hasil pelaksanaan penelitian tersebut dapat ditarik suatu kesimpulan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah di muka publik.

B. *Jenis Penelitian*

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Metode penelitian deskriptif sebagai kegiatan yang meliputi pengumpulan data dalam rangka menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan yang menyangkut keadaan yang sedang berjalan dari pokok suatu penelitian. Penelitian deskriptif menentukan dan melaporkan keadaan sekarang. Alasan digunakannya metode deskriptif adalah sebagai berikut:

1. Metode deskriptif telah digunakan secara luas dan dapat meliputi banyak segi dibanding dengan metode-metode penelitian yang lain.
2. Metode deskriptif banyak memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan melalui pemberian informasi keadaan mutakhir dan dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang berguna untuk melaksanakan percobaan.
3. Metode deskriptif dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan-keadaan yang mungkin terdapat dalam situasi tertentu.

Metode penelitian deskriptif ini melakukan analisis hanya sampai pada taraf deskripsi, yaitu menganalisis dan menyajikan fakta secara sistematis

sehingga dapat lebih mudah untuk dipahami dan disimpulkan. Simpulan yang diberikan jelas atas dasar faktualnya sehingga semuanya dapat dikembalikan langsung pada data yang diperoleh.

Pada penelitian ini yang akan di diskripsikan mengenai sistem penangkal petir yang ada di Stasiun Pemancar TV, berupa data fisik dan pemasangan komponen di lapangan yang akan dianalisis menggunakan rumus penentuan sistem penangkal petir yang terdapat pada panduan atau acuan berupa PUIPP dan Standar SNI 03-7015-2014.

C. *Sumber Data dan Variabel Penelitian*

Sumber data adalah subyek dari mana data dapat diperoleh. Pada penelitian ini sumber data adalah system penangkal petir di Stasiun Pemancar TV, yang harus didapat dari sumber data berupa data fisik bangunan yang akan digunakan untuk pengolahan data menggunakan rumus yang terdapat dalam Standar SNI 03-7015-2014, serta sistem penangkal petir yang telah terpasang di sana untuk di analisis berdasarkan panduan atau acuan yang digunakan dalam penelitian. Variabel adalah gejala yang bervariasi. Sedangkan gejala sendiri berarti obyek penelitian. Jadi dapat disimpulkan variabel adalah obyek penelitian yang bervariasi.

Variabel dalam penelitian ini adalah sistem penangkal petir yang digunakan, komponen-komponen yang digunakan, cara pemasangan sistem penangkal petir yang diterapkan sehingga memicu suatu perbandingan dengan standar SNI 03-7015-2004 yang sudah ditetapkan.

D. *Metode Pengumpulan Data*

Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Metode Dokumentasi*
Menurut Suharsimi, metode dokumentasi adalah metode yang digunakan untuk mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, lengger, agenda, dan sebagainya [1]. Metode dokumentasi bertujuan untuk mendapatkan komponen – komponen yang digunakan dalam sistem penangkal petir.
2. *Metode Observasi*
Metode observasi dalam penelitian ini adalah pengamatan langsung pada sistem penangkal petir beserta komponen – komponen yang digunakan dalam membantu pengoprasian sistem penangkal petir tersebut.

E. *Instrumen Penelitian*

Instrumen adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik, dalam arti lebih cermat, lengkap dan sistematis sehingga lebih mudah diolah. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa:

1. Dokumentasi dengan cara mencari data bangunan berupa denah bangunan, tinggi menara, jenis kabel konduktor, serta luas bangunan.
2. Observasi dengan cara mengamati secara langsung untuk memperoleh data berupa jumlah kabel konduktor yang digunakan, lokasi pembumian, pemasangan braket, serta pemasangan surge arrester.
3. Wawancara dengan cara tanya jawab kepada karyawan stasiun pemancar TV untuk memperoleh data berupa, nilai resistansi tanah pembumian, panjang elektroda pembumian, serta kedalaman pemasangan elektroda pembumian.
4. Alat ukur meter digunakan untuk memperoleh data berupa panjang dan lebar bangunan.
5. *Guide* penelitian berupa buku catatan yang berisi tentang daftar hal yang harus diketahui atau ditanyakan pada saat penelitian.

F. Teknik Analisis Data

Analisis data merupakan suatu langkah yang sangat penting dalam keseluruhan penelitian. Data yang terkumpul akan diolah untuk mendapatkan suatu kesimpulan dan hasil penelitian. Agar data tersebut memberikan rangkuman keterangan yang dapat dipakai secara tepat dan teliti maka harus menggunakan teknik analisis data.

Dalam penelitian ini yang digunakan adalah teknik analisis data deskriptif. Teknik analisis data deskriptif adalah suatu cara menggambarkan persoalan yang berdasarkan data yang dimiliki yakni dengan cara menata data tersebut sedemikian rupa sehingga dengan mudah dipahami tentang karakteristik data, dijelaskan dan berguna untuk keperluan berikutnya.

Dalam hal ini analisis data berupa pengolahan data masukan yang telah diperoleh di masukan dalam setiap variable yang digunakan dalam rumus yang ada pada pedoman atau acuan yang digunakan, serta perbandingan antara apa yang ada dilapangan dengan apa yang sesuai dengan standar PUIPP dan standar SNI 03-7015-2004 yang digunakan.

G. Penentuan Kebutuhan Proteksi Berdasarkan PUIPP

Penentuan kebutuhan proteksi ini berdasarkan Hari Guruh dan Tabel 2 mengenai indeks dalam rumus yang terdapat dalam PUIPP, dan dapat diperoleh sebagai berikut:

Tabel 2. Jenis indeks dan kebutuhan proteksi.

Jenis Indeks	Kebutuhan Proteksi
Indeks A	2
Indeks B	0
Indeks C	6
Indeks D	1
Indeks E	6

Maka akan didapatkan indeks bahaya sambaran petir sebagai berikut:

Dengan Persamaan (1) diperoleh nilai $R = 15$. Disini $R > 13$ maka sangat diperlukan proteksi petir dalam bangunan tersebut.

H. Penentuan Kebutuhan Proteksi Berdasarkan PUIPP

Menentukan kebutuhan proteksi petir pada menara stasiun pemancar TV, yaitu:

1. Menghitung kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan.
2. Menghitung area cakupan ekivalen menara Stasiun pemancar TV yang memiliki tinggi 50 meter, panjang 30 meter, dan lebar 20 meter.
3. Menghitung frekuensi sambaran petir langsung yang diperkirakan pada Menara Stasiun Pemancar TV.
4. Menentukan efisiensi dan selanjutnya menentukan tingkat proteksi.

Maka berdasarkan Tabel 1 tentang efisiensi sistem proteksi petir dapat diketahui bahwa menara stasiun pemancar TV memiliki tingkat proteksi III.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan PUIPP dan hasil dari penjumlahan indeks jenis bahaya pada bangunan yang hasilnya perkiraan bahaya akibat sambaran petir (R), yaitu mencapai angka 13. Berdasarkan SNI 03-7015-2004 dari pengolahan data penentuan tingkat proteksi, bangunan stasiun pemancar TV sangat memerlukan proteksi akan gangguan petir, dengan diperolehnya tingkat proteksi III pada penghitungan. Penempatan terminasi udara pada puncak menara berjumlah satu terminasi udara tidak sesuai berdasarkan standar SNI 03-7015-2004, karena dalam penentuan peletakan terminasi udara berdasarkan metode bola bergulir yang terdapat pada standar SNI 03-7015-2004 masih perlu adanya penambahan terminasi udara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardianto, *et al.* "Analisis kinerja sistem proteksi berdasarkan frekuensi gangguan di gardu induk 150 KV Garuda Sakti," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol. 4, no. 1, Feb. 2017.
- [2] T. Aryanto, S. Sutarno, and S. Sunardiyo, "Frekuensi gangguan terhadap kinerja sistem proteksi di gardu induk 150 KV Jepara," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, 2013.
- [3] E. Dermawan and D. Nugroho, "Analisa koordinasi over current relay dan ground fault relay di sistem proteksi feeder gardu induk 20 kV Jababeka," *Jurnal Elektum*, vol. 14, no. 2, 2010.
- [4] Jumadi and J. M. Tambunan, "Analisa pengaruh jenis beban listrik terhadap kinerja pemutus daya listrik di Gedung Cyber Jakarta," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 17, no. 1, 2015.
- [5] I W. Jondra, I G. S. Widharma, and I N. Sunaya, "Insulation resistance and breakdown voltage analysis for insulator cover type YSL-70AP," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1450, 2020.

- [6] I G. P. Arka, I N. Mudiana, and I G. N. Sangka, "Analisis pengaruh pemasangan sistem proteksi rele pada keandalan jaringan," *Jurnal Logic*, vol. 15, no. 3, 2015.
- [7] I G. S. Widharma, I N. Sunaya, I G. N. Sangka, and I G. P. Arka, "Analisis sudut perlindungan perisai pada kawat tanah dengan software GeoGEBRA," *Jurnal Matrix*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [8] I N. Sunaya, I G. S. Widharma, "Analisis pemasangan kawat tanah terhadap gangguan petir di Penyulang Sempidi," *Jurnal Logic*, vol. 15, no. 2, 2016.
- [9] I G. S. Widharma and I N. Sunaya. "Perbandingan instalasi penerangan terhadap konsumsi daya di area line maintenance bandara," *Jurnal TEKNO*, vol. 19, no. 1, 2019.
- [10] S. Bandri, "Analisa gangguan petir SUTT 150 KV dengan memperhatikan tegangan pada lightning arrester dan trafo," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 4, no. 1, 2015.