

Metode Terbaru Perancangan Proteksi Petir Eksternal Pada Pembangkit Listrik

Zulkarnain Lubis¹⁾, Solly Aryza²⁾, Selly Annisa³⁾

¹⁾Institut Teknologi Medan ; dr.zulkarnainlubis@itm.ac.id

²⁾Universitas Pembangunan Pancabudi ; sollyaryzalubis@gmail.com

³⁾Universitas Negeri Medan ; sellyannisalubis@gmail.com

Abstrak

Dalam rangka meningkatkan pengaman dan perlindungan terhadap suatu bangunan gedung, baik itu bangunan gedung pemerintahan, perindustrian, perkantoran maupun perumahan, khususnya pada gedung Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Maka pemeliharaan sarana yang terdapat di luar dan dalam gedung haruslah ditangani secara baik dan benar. Kerusakan pada sarana dan peralatan pada suatu bangunan banyak diakibatkan oleh sambaran petir. Untuk itu diperlukan suatu peralatan proteksi yang handal agar dapat melindungi dan mengamankan bangunan gedung tersebut, sehingga sarana yang terdapat didalamnya dapat berfungsi dengan baik. Dari beberapa sistem penangkal petir (SPP) yang ada, dalam hal ini gedung perkantoran/administrasi yang dianalisa pada penelitian ini menggunakan tipe konvensional (franklin rod), dengan jarak perlindungan 22,8 m.

Kata Kunci : Penangkal Petir, Peralatan Proteksi, Efek, External.

I. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk daerah tropis yang terletak di daerah katulistiwa dengan jumlah hari guruh pertahun/petir (*Thunderstormdays*) yang sangat tinggi sehingga memungkinkan banyak terjadinya bahaya dengan kerusakan yang ditimbulkan pada harta benda dan kematian pada mahluk hidup yang ada disekitarnya akibat sambaran petir. Sambaran petir juga dapat menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Setiap peralatan yang menggunakan energi listrik atau elektronika dapat menjadi sasaran sambaran petir secara tidak langsung melalui radiasi, konduksi atau induksi elektromagnetik dari sambaran petir tersebut.

Teknologi elektronika saat ini berkembang dengan sangat pesat, hampir seluruh aspek kehidupan tidak terlepas dari peralatan elektronik dan mikroprosesor. Kecepatan prosesnya yang semakin tinggi, ukurannya kecil, kapasitasnya besar dan lain-lain, namun kekuatan isolasinya rendah sehingga komponen ini sangat rawan terhadap pengaruh impuls elektromagnetik, terutama impuls elektromagnetik yang disebabkan oleh sambaran petir.

Bangunan-bangunan bertingkat menjadi objek sambaran petir karena merupakan daerah yang paling tinggi, karena sifat petir menyambar sebuah bangunan yang paling tinggi permukaannya untuk menyalurkan arusnya ke bumi untuk dinetralisir. Efek gangguan yang ditimbulkan akibat sambaran petir ini semakin besar sesuai dengan semakin tingginya dan semakin luasnya areal bangunan tersebut. Kerugian yang disebabkan sambaran petir sangat fatal sekali dampaknya, karena itu untuk menanggulangi dampak dari bahaya sambaran langsung petir, maka sistem proteksi bangunan sangat diperlukan. Dan karena penulis mengikuti

perkuliahan di Institut Teknologi Medan, maka penulis mencoba merencanakan suatu sistem pengaman terhadap bahaya sambaran petir pada PT.Indonesia Power, Gedung perkantoran/administrasi UJP (unit jasa pembangkit) PLTU Pangkalan Susu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tegangan Lebih Surya Petir

Petir merupakan peristiwa pelepasan muatan listrik statik di udara yang dibangkitkan dalam bagian awan petir yang disebut *cells*. Pelepasan muatan ini dapat terjadi dalam 2 (dua) kemungkinan, yaitu :

- Lightning Flash* yaitu pelepasan muatan diantara awan-awan ataupun antara pusat-pusat muatan di dalam awan tersebut.
- Lightning Strike* yaitu pelepasan muatan antara awan bermuatan dengan tanah.

Lebih banyak pelepasan muatan (*discharge*) terjadi antara awan-awan dan di dalam awan itu sendiri daripada pelepasan muatan yang terjadi antara awan bermuatan dengan tanah. Tetapi petir awan – tanah ini sudah cukup besar untuk dapat menyebabkan kerusakan pada benda-benda di permukaan tanah. Petir merupakan proses alam yang terjadi di atmosfer bumi pada waktu hujan (*thunderstorm*). Muatan-muatan tersebut akan terkonsentrasi di dalam awan atau bagian dari awan dan muatan yang berlawanan akan timbul pada permukaan tanah di bawahnya. Jika muatan bertambah, beda potensial antara awan dan tanah akan naik, maka kuat medan listrik di udara pun akan meningkat. Jika kuat medan listrik ini melebihi kekuatan dielektrik diantara awan-awan tersebut, maka akan terjadi pelepasan muatan (petir). Kuat

medan listrik yang diperlukan untuk memulai aliran (*streamer*) adalah $E_B = 10 - 40$ kV/m, pada awan yang mempunyai ketinggian 1 – 2 km di atas tanah dapat menghasilkan tegangan 100 MV. (Aris Munandar, Artono : "Teknik Tegangan Tinggi", PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1990.).

2.2 Mengondensasi sehingga terbentuklah awan seperti yang kita lihat (Proses Terjadinya Petir)

Awan dapat terbentuk jika udara yang mengandung air bergerak ke atas. Pada daerah yang lebih tinggi, maka tekanan dan suhu atmosfer akan lebih rendah sehingga udara yang mengandung uap air akan mengembang dan menjadi dingin. Sebagian uap airnya Gambar 2.1.a)

Awan yang dapat mengakibatkan petir adalah awan *cummulonimbus*. Disebut demikian karena terjadi pemisahan muatan (polarisasi) akibat adanya angin keras yang meniup awan lebih tinggi. Polarisasi yang terjadi pada awan *cummulonimbus* dapat dijelaskan dengan menggunakan dasar teori listrik statis. Pemisahan muatan (polarisasi) terjadi akibat adanya angin keras dapat menyebabkan turbulensi. Angin keras ke atas (*updraft*) membawa butiran-butiran air (*small liquid water droplets*) yang terdapat pada awan ke daerah yang suhunya sangat rendah (*freezing level*). Di lain sisi, angin keras ke bawah (*downdraft*) membawa bongkahan-bongkahan es ke daerah yang lebih rendah. Saat butiran-butiran air dan bongkahan-bongkahan es tadi berbenturan, maka akan dilepaskan panas yang dapat membuat ukuran bongkahan-bongkahan es menjadi lebih kecil disebut *soft hail/graupels*.

Dengan adanya awan yang bermuatan akan timbul muatan induksi pada muka bumi, hingga timbul medan listrik. Mengingat dimensinya, bumi dianggap rata terhadap awan. Jadi awan dan bumi dapat dianggap sebagai kedua plat kondensator. Jika medan listrik yang terjadi melebihi kekuatan dielektrik udara (kekuatan tembus udara), maka akan terjadi pelepasan muatan. Pada saat itulah terjadi petir.⁽⁶⁾Kondisi ketidakmampuan di dalam atmosfer dapat saja timbul akibat pemisahan, tidak seperti yang terjadi di atas. Misalnya, muatan yang perpisahannya terjadi ke arah horizontal, yang kemudian menimbulkan pelepasan muatan antara dua awan. Atau pemisahan muatan vertikal tersebut dapat terjadi sebaliknya, hingga arah pelepasan muatan atau petir menjadi terbalik. (Hasse, P., *Overvoltage Protection Of Low Voltage System*, Short Run Press Ltd., England. 1988).

2.3 Tahapan Sambaran Petir Ke Tanah

Pada saat gradien tegangan di awan melebihi harga tembus udara yang terionisasi, terjadilah *pilot streamer* yang menentukan arah perambatan muatan dari awan ke udara yang ionisasinya rendah, hal ini diikuti oleh adanya titik cahaya.

Kemudian gerakan *pilot streamer* yang diikuti dengan lompatan-lompatan titik-titik cahaya yang dinamakan *stepped leader*. Arah setiap *stepped*

leader berubah-ubah dimana ia mencari udara yang mempunyai kekuatan dielektrik yang paling rendah untuk dilalui sehingga secara keseluruhan jalannya tidak lurus dan patah-patah. Setiap sambaran petir bermula dari suatu lidah petir (*stepped leader*) yang bergerak turun (*down leader*) dari awan bermuatan. Panjang setiap *stepped leader* ini sekitar 50 m (dalam rentang 3–200 m), dalam interval waktu antara setiap $\pm 50\mu s$ (30-125 μs). Dari waktu ke waktu, dalam perambatannya ini *stepped leader* mengalami percabangan sehingga terbentuk lidah petir yang bercabang-cabang.

Ketika *leader* bergerak mendekati bumi, akan terdapat beda potensial yang makin tinggi antara ujung *stepped leader* dengan bumi sehingga terbentuklah pelepasan muatan mula yang berasal dari bumi atau obyek pada bumi yang bergerak ke atas menuju ujung *stepped leader*. Pelepasan muatan mula ini disebut *upward streamer*. Apabila *upward streamer* telah masuk dalam zona jarak sambaran atau *striking distace*, terbentuklah petir penghubung (*connecting leader*) yang menghubungkan ujung *stepped leader* dengan obyek yang disambar. Setelah itu timbullah sambaran balik (*return strike*) yang bercahaya sangat terang bergerak dari bumi atau obyek menuju awan dan kemudian melepaskan muatan di awan. Jalur yang ditempuh oleh *return strike* adalah sama dengan jalur turunnya *stepped leader*, hanya arahnya saja yang berbeda. Setelah itu terjadi juga sambaran susulan (*subsequent strike*) dari awan menuju bumi akibat belum pulihnya udara yang menjadi tempat jalannya sambaran yang pertama. Sambaran susulan tidak memiliki percabangan dan bisa disebut lidah panah (*dart leader*). Pergerakan *dart leader* ini sekitar 10 kali lebih cepat dari *leader* yang pertama. (Aris Munandar, Artono : "Teknik Tegangan Tinggi", PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1990.).

2.4. Karakteristik Terpa Arus Petir

2.4.1. Parameter Umum Petir ⁽⁶⁾

Petir yang terjadi secara umum memiliki beberapa parameter, antara lain ;

- Muatan lokal yang dipindah adalah 150 – 300 Coulomb.
- Puncak arus yang dicapai adalah 100 – 200 kA
- Muatan petir 50 – 100 Coulomb.
- Kecuraman kenaikan arus (di/dt) 100 – 200 kA/ms.

2.4.2. Bentuk Arus Petir ⁽⁶⁾

Bagian penting dari sambaran petir yang merupakan bagian utama sambaran adalah sambaran balik, dimana muatan sel dalam awan petir dilepaskan ke bumi. Bila terjadi aktifitas pengumpulan atau pembentukan muatan pada awan, maka induksi muatan dengan polaritas yang berlawanan terjadi di permukaan bumi. Akibat peristiwa tersebut timbullah medan listrik yang kuat diantara awan dan bumi. Medan listrik yang amat kuat itu membuat obyek yang terdapat di

permukaan bumi dan biasanya di tempat yang tinggi, misalnya menara, gedung-gedung, pohon-pohon dan lain-lain melepaskan muatan ion positif yang berasal dari bumi. Ion positif ini membuat semacam pita di udara yang bergerak ke arah pita yang dibentuk oleh ion negatif awan. Apabila kedua pita ini bertemu di satu titik di udara, maka terjadilah sambaran balik (*return strike*). Pada saat inilah mengalir arus petir dari udara ke bumi melalui saluran yang dibentuk oleh kedua ujung pita tersebut. Arus pada kebanyakan sambaran berasal dari sel yang bermuatan negatif dalam awan petir, sehingga arus sambaran merupakan aliran negatif dari awan ke tanah. Jarang ditemukan sambaran yang berasal dari sel positif. Kedua polaritas mempunyai aliran arus yang seragam. (*Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia*).

2.4.3. Pengaruh Polaritas Awan

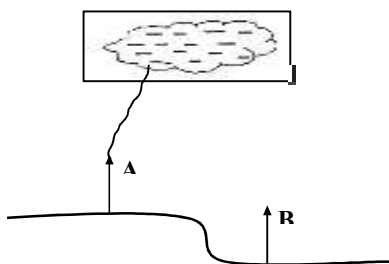
Bagian dasar awan kebanyakan bermuatan negatif, tetapi dapat juga bermuatan positif. Polaritas ini berpengaruh pada besar arus dan juga arah arus petir.

Di bawah awan positif, arus sambaran perintis berkisar antara 1000 – 3000 A, sedangkan di bawah awan negative, berkisar antara 50 – 300 A. Tetapi sambaran balik (*return strike*) berkisar 8 – 150 kA di bawah awan negatif dan sampai 300 kA di bawah awan positif. (Razevig, Prof.D.V., *High Voltage Engineering*, Khana Publisher, Delhi. 1978.).

2.5. Mekanisme Sambaran Petir ⁽⁶⁾

2.5.1. Pengaruh Bentuk Permukaan Bumi Dan Jarak Obyek Ke Sumber Petir

Petir lebih cenderung menyambar tempat-tempat yang tinggi di permukaan bumi. Hal ini disebabkan karena kuat medan disekitar ujung atau puncak bangunan tersebut lebih rapat dan sifat dari muatan akan cenderung mengumpul pada puncak atau ujung dari bagian yang runcing, begitu pula tepian-tepiannya runcing bangunan. Selain itu, pada daerah yang tinggi di permukaan bumi berarti jarak antara obyek tersebut dengan *leader* adalah lebih dekat dibandingkan dengan obyek pada daerah dengan permukaan yang relatif datar, sehingga kuat medan listrik yang dihasilkan pun akan lebih tinggi.



Gambar 1. Pengaruh bentuk permukaan bumi

Dari Gambar 1 dapat dilihat, walaupun kedua obyek (A dan B) memiliki konduktivitas jenis yang sama dan ukuran tinggi yang sama, namun yang tersambar adalah obyek A. Hal ini dikarenakan obyek A lebih dekat dengan sumber petir (awan), sehingga medan listrik menjadi lebih besar.

Apabila permukaan pada Gambar 2.7. dianggap rata, maka obyek yang cenderung tersambar adalah obyek yang jaraknya paling dekat dengan sumber petir karena medan listriknya lebih besar. Bukan tidak mungkin pula sebuah bangunan yang tinggi tidak disambar petir pada puncaknya, melainkan disambar pada bagian dasar ataupun tengah bangunan. Hal seperti ini dapat terjadi karena adanya lompatan dari *stepped leader*. (Reynaldo Zoro; “*Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*“, ITB Bandung.).

2.5.2. Kepadatan Sambaran Petir

Dalam perencanaan pengamanan terhadap sambaran petir, angka kepadatannya (frekuensi) harus ditinjau dahulu untuk menentukan mutu pengamanan yang akan dipasang. Hal tersebut dapat diketahui dengan menggunakan peta hari guruh pertahun (Isokeraunik Level), kemudian mencari harga korelasinya dengan kepadatan sambaran petir ke tanah.

Menurut standar yang dipakai dalam tugas akhir ini yaitu SNI 03-7015-2004, maka kepadatan sambaran petir adalah :

$$Ng = 0.04 \cdot Td^{1.25}$$
 per km²/tahun dimana Td adalah jumlah hari guruh pertahun yang diperoleh dari peta Isokeraunik atau tabel yang dikeluarkan oleh BMKG. Semakin besar harga kepadatan sambaran petir pada suatu daerah, maka semakin besar kebutuhan bangunan tersebut akan proteksi petir. (Vevyola Betsy, *Studi mengenai perencanaan proteksi petir eksternal pada bangunan atau gedung (Aplikasi pada Gedung Indosat – Medan)*, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, 2005.).

2.6. Mekanisme Terjadinya Kerusakan Pada Daerah Yang Dilindungi

Sambaran petir dapat mengakibatkan kerusakan fisik pada bangunan dan manusia di suatu area karena adanya perbedaan potensial di tanah, bangunan, peralatan dan manusia yang terjadi dalam waktu yang relatif singkat antara 1- 10 mikro detik dan memiliki arus discharge rata-rata 30 kA – 80 kA. Dengan arus sebesar itu dan kenaikan dalam waktu yang singkat, maka kerusakan tidak dapat dihindarkan. (SNI 03-7015-2004, *Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung*, Standar Nasional Indonesia, 2004.).

Sambaran petir juga menimbulkan tegangan transient yang dapat merusak dalam 3 (tiga) cara, yaitu : ⁽²⁾

1. Galvanized Coupling (Ohmic Coupling)

Merupakan kopling yang terjadi akibat adanya perbedaan tegangan antara dua bangunan pada saat petir menyambar. Perbedaan tegangan ini terjadi karena perbedaan tahanan pembumian pada bangunan. Pada Gambar 2.8.a dapat dilihat bahwa saat gedung A dialiri arus petir, maka akan terdapat tegangan pada pembumian gedung B akibat tahanan pembumian yang dimiliki gedung tersebut sehingga arus dapat mengalir pada gedung B.

2. Inductive Coupling

Merupakan kopling yang terjadi akibat mengalirnya arus petir melalui suatu obyek (bangunan A) sehingga timbul medan magnet akibat arus petir tadi karena adanya induktansi pada penghantar dari gedung A. Akibatnya gedung B akan merasakan induksi magnetik dimana konduktor yang terdapat pada gedung B yang berdekatan dengan gedung A akan bertegangan.

3. Capacitive Coupling

Akibat konsentrasi muatan pada awan petir, maka permukaan bumi akan terinduksi. Setelah arus petir menyambar gedung A, akan terdistribusi muatan-muatan negatif pada gedung tersebut.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Proteksi Gedung Bertingkat Terhadap Bahaya Sambaran Petir

Sambaran petir dapat menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Pada bangunan atau gedung bertingkat, efek gangguan akibat sambaran petir ini semakin besar sesuai dengan semakin tinggi dan luasnya areal bangunan atau gedung tersebut. Penyebab daripada kerusakan-kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir, terutama adalah besar (amplitudo) dari arus petir dan kecuraman arus petir, dimana amplitudo arus petir berkisar antara 5kA sampai 200 kA. Kerusakan-kerusakan pada bangunan yang tersambar dapat berupa kerusakan thermis, misalnya bagian yang tersambar terbakar dan dapat pula berupa kerusakan mekanis, misalnya bagian atap bangunan retak atau tembok bangunan retak atau runtuh.

3.2. Sistem Proteksi Petir

1. Sistem Dengan Penangkap Petir

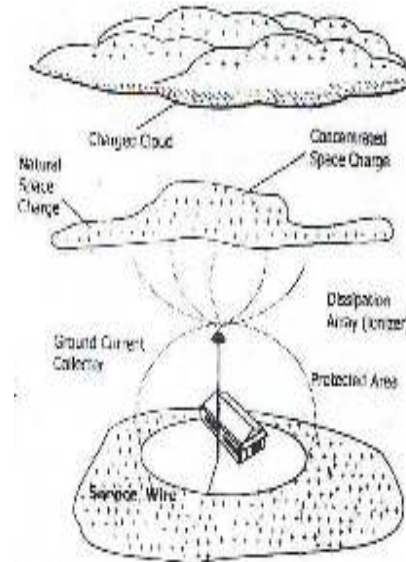
Prinsip kerja dari sistem ini adalah :

- Harus menyediakan titik pada ujung bangunan yang diamankan untuk sasaran sambaran petir, dengan harapan petir akan menyambar titik itu terlebih dahulu.
- Harus menyediakan saluran untuk menyalurkan arus petir ke tanah.
- Harus menyediakan sistem pembumian untuk mendistribusikan arus petir yang masuk ke tanah dengan merata agar tidak menimbulkan kerusakan atau bahaya pada bagian dari bangunan atau pada manusia yang sedang berada disekitarnya.

2. Sistem Disipasi (Dissipation Array System)

Pada prinsipnya, *Dissipation Array System* (DAS) tidak bertujuan untuk mengundangi arus petir agar menyambar terminasi udara yang sudah disediakan, melainkan membuyarkan arus petir agar tidak mengalir ke daerah yang dilindungi.

Gambar berikut (Gambar 2) menggambarkan konsep dari proteksi petir sistem disipasi (DAS).



Gambar 2. Konsep dari *Dissipation Array System*

3.3 Hari Guruh

Menurut definisi WMO (*World Meteorological Organization*), jumlah hari guruh adalah banyaknya hari dimana terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam 1 hari / 1 tahun pada jarak sekitar 15 km dari stasiun pengamatan.

Hari guruh ini disebut juga hari badai guntur (*Thunderstorm day*). Data meteorologi dari Badan Meteorologi dan Geofisika menunjukkan adanya beberapa daerah di Indonesia yang jumlah hari badai guntur per tahunnya cukup tinggi, antara lain : sebagian daerah Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa tengah, Jawa Timur, dan daerah Papua dimana hari badai gunturnya lebih dari 100 hari per tahun.

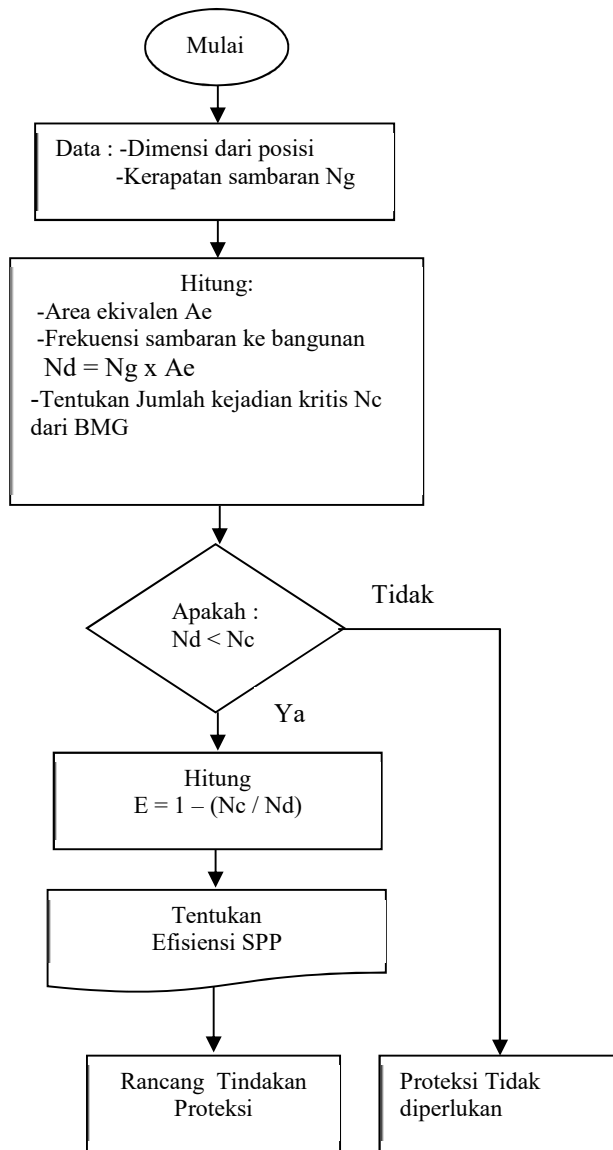
3.4 Besarnya Kebutuhan Bangunan Akan Sistem Proteksi Petir

Suatu instalasi proteksi petir harus dapat melindungi semua bagian dari bangunan, termasuk juga manusia dan peralatan yang berada didalamnya terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir. Bahaya dan kerusakan tersebut dapat dihindarkan bila instalasi penangkal petir memenuhi persyaratan-persyaratan teknis yang sesuai dengan kebutuhan perlindungan.

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

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

Adapun prosedur penentu perlu/ tidaknya proteksi eksternal dapat dilihat pada Gambar 3. diagram alir dibawah ini :



Gambar 3. Diagram alir menentukan kebutuhan tingkat proteksi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perancangan Proteksi Petir

Gedung perkantoran PLTU (PT. Indonesia Power) merupakan gedung Pusat Administrasi UJP Pangkalan susu yang terletak di Desa Tanjung Pasir, Kecamatan Pangkalan Susu, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara.

Jumlah manusia dalam gedung ini terdapat ± 300 hingga 400 orang setiap harinya, dan karena gedung ini merupakan pusat administrasi PT.Indonesia Power, PLTU Pangkalan Susu maka terdapat banyak peralatan listrik dan elektronik pendukung administrasi seperti komputer unit, jaringan internet, jaringan telepon (PABX),dll. Sesuai dengan ketentuan IEC yang disahkan bulan Agustus 1989, maka system penangkal petir yang sempurna terdiri dari 2 bagian, yaitu :

1. Proteksi Eksternal
2. Proteksi Internal

4.2. Pemasangan Penangkal Petir

Dalam pemasangan penangkal petir, hal-hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

4.2.1. ElektroDa Penangkal Petir

Elektroda pengaman ini terdiri dari atas pipa besi dan elektroda runcing yang di bangun dengan menggunakan drak ulir. Persambungan pipa dengan elektroda runcing harus di beri isolasi agar keduanya tidak tersambung secara listrik. Ini bertujuan apabila terjadi petir dan menyambar elektroda yang runcing kemudian arus petir tidak terhubung dengan pipa besi sehingga bangunan / Gedung menjadi lebih aman , untuk itu di usahakan arus petir tidak terhubung dengan bangunan yang dilindunginya. Pemakaian elektroda pengaman menurut panjang dan lebar bangunan sehingga dapat diketahui tinggi elektroda yang digunakan.

4.2.2. Ujung penangkal petir (Spitzen)

Ujung penangkal petir (Spitzen) ini dipasang pada ujung pipa besi galvanis berukuran 1 ½ yang diberi lubang tempat elektroda penghantar dan juga diberi baut pengunci dari bahan tembaga, yang bertujuan untuk mempermudah pengendalian penangkap petir, karena sifat petir yang selalu menyambar bagian permukaan yang tinggi dan runcing. Pada persambungan pipa besi diberi isolasi agar antara pipa besi dengan elektroda runcing tidak terhubung secara listrik, yang bertujuan untuk menjaga agar petir tidak terhubung langsung dengan pipa besi.

4.3. Analisa Kebutuhan Pada Gedung Perkantoran/Administrasi PT. Indonesia Power UJP (Unit Jasa Pembangkit) PLTU Pangkalan Susu.

Hari guruh (Td) menurut data dari BMKG 136. Frekuensi sambaran petir yang diperoleh pada gedung : 10⁻¹/tahun. Maka dari data, dapat dicari kebutuhan gedung Perkantoran/administrasi PT.

Indonesia Power UJP Pangkalan Susu terhadap kebutuhan proteksi petir eksternal maupun mengetahui tingkat proteksinya dengan menggunakan PUIPP (Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir) dan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004).

4.4. Jarak perlindungan batang penangkal petir

Jarak sambaran petir mulai di perhitungkan sebagai parameter yang menentukan ketika dijumpai masalah penentuan tinggi batang penangkal petir untuk suatu ulasan tertentu. Dengan demikian jika ada lidah petir yang melampaui jarak sambaran ini, maka terjadi pelepasan muatan melalui lidah petir ini kesasaran.

Dari persamaan dibawah ini dapat ditentukan daerah perlindungan yang diberikan oleh batang penangkal petir terhadap suatu bangunan.

$$(a - \sqrt{2} \times H \times rs - H^2)^2 + (h - rs)^2 = rs^2$$

Dimana :

a = Jarak radial dari penangkal petir (m)

H = Tinggi batang penangkal petir diatas tanah (m)

rs^2 = Jarak sambaran petir (m)

h = Tinggi gedung (m)

Hasil survey yang dilakukan di Gedung Perkantoran/administrasi PT.Indonesia Power UJP PLTU Pangkalan Susu, dengan ketinggian gedung mencapai 25 meter, panjang 70 meter, dan lebar 45 meter, maka dapat ditentukan jarak perlindungan yang diberikan oleh batang penangkal petir terhadap gedung tersebut adalah :

Diketahui : $h = 25$ m

$H = 30$ m

Harga arus yang diambil minimum 10 KA

$$rs^2 = 9,4 \times 10 \times \frac{2}{3} = 43,6 \text{ m}$$

Hitung : Jarak perlindungan yang akan diberikan oleh batang penangkal petir (α) penyelesaian,

$$\begin{aligned} (\alpha - \sqrt{2} \times H \times rs - H^2)^2 + (h - rs)^2 &= rs^2 \\ (\alpha - \sqrt{2} \times 30 \times 43,6 - 30^2)^2 + (25 - 43,6)^2 &= 43,6^2 \\ (\alpha - \sqrt{2616 - 900})^2 + (-18,6)^2 &= 1900,96 \\ (\alpha - \sqrt{1716})^2 + 345,96 &= 1900,96 \\ (\alpha - 41,42)^2 &= 1900,96 - 345,96 \\ \alpha^2 - 82,84 \alpha + 1715,61 &= 1555 \\ \alpha^2 - 82,84 \alpha - 84,65 &= \frac{82,84 \alpha - 84,65}{2} = -1,81 \text{ M} \end{aligned}$$

4.4.1. Penentuan Kebutuhan Bangunan Akan Proteksi Petir Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP).

Penentuan kebutuhan bangunan akan proteksi petir berdasarkan PUIPP yaitu dengan menggunakan data hari guruh (*thunderstorm days*) di Medan, maka untuk gedung

Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power ujp pangkalan susu

Indeks C : 3

Indeks D : 0

Indeks E : 6

Maka didapatkan indeks perkiraan bahaya sambaran petir (R) adalah :

$$R = \text{Indeks A} + \text{Indeks B} + \text{Indeks C} + \text{Indeks D} + \text{Indeks E}$$

$$R = 2 + 2 + 3 + 0 + 6$$

$$R = 13$$

Di mana $R > 12$, sehingga diambil kesimpulan bahwa gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu sangat memerlukan proteksi petir.

4.4.2. Penentuan Tingkat Proteksi Berdasarkan SNI 03-7015-2004

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3, maka dapat dihitung nilai-nilai yang diperlukan untuk menentukan tingkat proteksi gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu.

1. Menghitung kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (Ng).

Ng dapat dihitung berdasarkan rumus (2) yaitu :

$$Ng = 0,04 \times T_d^{1,25} / \text{km}^2 / \text{tahun}$$

$$Ng = 0,04 \times 136^{1,25}$$

$$Ng = 18,5773 / \text{km}^2 / \text{tahun.}$$

2. Menghitung area cakupan ekivalen gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu (A_e).

Area cakupan ekivalen untuk gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu yang mempunyai panjang (a) 70m ; lebar (b) 45 m dan tinggi (h) 25 m dapat dihitung berdasarkan rumus (4) yaitu :

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2$$

$$A_e = (70 \times 45) + \{(6 \times 25) \cdot (70 + 45) + 9 \times \pi \times (25)^2\}$$

$$A_e = 38.062,5 \text{ m}^2$$

3. Menghitung frekuensi sambaran petir langsung (N_d) yang diperkirakan pada bangunan/gedung Perkantoran/ administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu

Frekuensi sambaran petir langsung (N_d) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi didapatkan berdasarkan rumus (3) yaitu :

$$N_d = Ng \times A_e \times 10^{-6} / \text{tahun}$$

$$N_d = 18,5773 \times 38.062,5 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 0,707098 / \text{tahun}$$

4. Menentukan efisiensi SPP (Sistem Proteksi Petir) lalu kemudian menentukan tingkat proteksi.

Dari stasiun BMG – Medan diperoleh nilai frekuensi sambaran petir tahunan setempat (N_c) yang diperbolehkan adalah 10^{-1} / tahun. Nilai $N_d > N_c$ maka diperlukan sistem proteksi petir dan efisiensi SPP dapat dihitung berdasarkan rum yaitu:

$$E = 1 - N_c / N_d$$

$$E = 1 - 0,1 / 0,707098$$

$$E = 0,858$$

Maka berdasarkan tabel didapatkan bahwa gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu mempunyai tingkat proteksi IV.

4.5. Perencanaan Komponen Sistem Proteksi Eksternal

4.5.1 Terminasi Udara

Telah diketahui bahwa tingkat proteksi gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu adalah tingkat IV dan menurut tabel dapat dilihat bahwa untuk gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power ujp pangkalan susu dimana tinggi (h) adalah 25 m, maka didapatkan sudut proteksi yang dipakai adalah 55° . Dengan kata lain, perancangan penempatan proteksi petir eksternal ditentukan dengan menggunakan metode sudut proteksi (*angle protection method*).

Bahan yang digunakan untuk terminasi udara dipilih adalah tembaga, sehingga menurut tabel luas penampang minimum yang diperbolehkan adalah 35 mm^2 . Akan tetapi karena terminasi udara dihubungkan dengan konduktor penyalur, dimana luas penampang minimum untuk konduktor penyalur adalah 50 mm^2 , maka luas penampang dari terminasi udara pun lebih baik jika disesuaikan dengan konduktor penyalurnya, yaitu 50 mm^2 . Berdasarkan kriteria yang telah dibuat di dalam SNI 03-7015-2004, tinggi terminasi udara tak terisolasi adalah antara 2 – 3 m.

Bila direncanakan batang terminasi udara dengan metode sudut proteksi hanya menggunakan satu batang penangkap petir, maka terminasi udara ditempatkan tepat ditengah pada atap gedung. Dengan sudut proteksi sebesar 55° , batang terminasi udara harus ditempatkan sedemikian sehingga dengan ketinggian puncak batang terminasi udara, gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu berada dalam kerucut protektif batang terminasi udara.

Karena batang terminasi udara dengan metode sudut proteksi dirancang hanya menggunakan satu batang penangkap petir, maka terminasi udara ditempatkan tepat ditengah pada atap Lt. 4 gedung. Dengan sudut proteksi yang diperoleh sebesar 55° , tinggi terminasi udara minimum yang dipasang pada atap Lt. 4 adalah 22, 8 m. Sehingga dengan ketinggian puncak batang terminasi udara tersebut, setiap sudut bangunan gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan

Susu berada dalam kerucut protektif batang terminasi udara.

Ketinggian puncak terminasi udara dari permukaan tanah diperoleh 42,4 m ($22,8 \text{ m} + 19,6 \text{ m}$).

4.5.2 Konduktor Penyalur

Konduktor penyalur merupakan konduktor yang menyalurkan arus petir yang diterima oleh terminasi udara baik itu vertikal maupun horizontal untuk kemudian disalurkan menuju bumi. Mengingat arus petir sangat besar, maka konduktor penyalur yang disediakan sebaiknya lebih dari satu agar arus petir tersebut dapat terbagi-bagi.

Setelah ditentukan jenis bahan, maka selanjutnya adalah menentukan luas penampang dari konduktor. Dari tabel, luas penampang minimum yang diperbolehkan adalah 16 mm^2 . Akan tetapi karena konduktor penyalur dihubungkan dengan terminasi bumi, dimana luas penampang minimum untuk terminasi bumi adalah 50 mm^2 , maka luas penampang dari konduktor penyalur pun lebih baik bila disesuaikan dengan terminasi buminya. Maka luas penampang konduktor penyalur yang dipilih adalah 50 mm^2 .

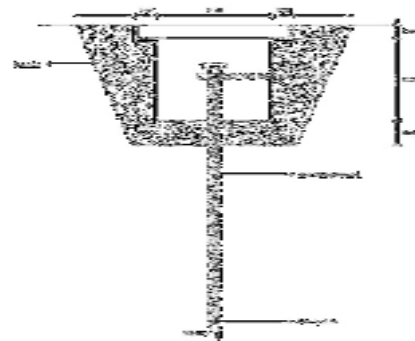
4.5.3 Terminasi Bumi (Grounding System)

Seperti yang sudah ketahui bahwa fungsi dari sistem terminasi bumi adalah menyalurkan arus petir secara aman kebumi. Dari beberapa jenis elektroda pembedaan yang sudah dibahas sebelumnya, maka susunan tipe A dipilih untuk terminasi bumi, tipe ini terdiri dari elektroda vertikal dan radial.

Ukuran minimum bahan terminasi bumi adalah 50 mm^2 , maka kabel yang disambungkan pada elektroda pembedaan adalah kabel tembaga 50 mm^2 . Sedangkan untuk elektroda pembedaan dipilih juga bahan yang terbuat dari tembaga. Panjang minimum elektroda pembedaan yang diperlukan adalah 5 meter.

Berdasarkan pengukuran tahanan tanah yang dilakukan, pada kedalaman tanah 50 cm diperoleh tahanan tanah sebesar 2,85 ohm.

Jadi intinya tahanan tanah harus dibawah 5 ohm per cm, tahanan tanah dipengaruhi oleh tahanan jenis tanah dan kedalamannya.



Gambar 4. Penempatan Terminasi Bumi

4.6. Analisa Kondisi Sistem Proteksi Eksternal terpasang pada Gedung Perkantoran/ Administrasi PT.Indonesia Power

4.6.1. Terminasi Udara

Gedung PT.Indonesia Power memiliki sistem proteksi petir dengan terminasi udara terdiri dari 2 batang penangkap petir terpisah. Batang penangkap petir I dengan tinggi 9 meter dari atap lantai 4 terletak tepat ditengah atap gedung, namun bila digunakan sudut proteksi 55° sesuai dengan tabel, tidak seluruh bangunan gedung Perkantoran/ administrasi PT. Indonesia Power ujp pangkalan susu berada dalam kerucut protektif batang terminasi udara sehingga batang penangkap petir ini belum melindungi seluruh bangunan. Batang penangkap petir II dengan tinggi 22 meter dari atap tertinggi gedung terletak pada sebelah kiri gedung, dan bila digunakan sudut proteksi 55° sesuai dengan tabel, tidak seluruh bangunan gedung Perkantoran/ administrasi PT. Indonesia Power ujp pangkalan susu berada dalam kerucut protektif batang terminasi udara sehingga batang penangkap petir ini juga belum melindungi seluruh bangunan.

$$A = I \frac{\frac{\sqrt{33.t}}{T_m - T_a}}{\log 10 234 + T_a} + 1$$

Di mana:

A = Luas Penampang Konduktor (*circulars mils*)

I = Arus Gangguan (Amp)

t = Lama Gangguan (detik)

T_m = Suhu Maksimum Konduktor yang diizinkan (°C)

T_a = Suhu Sekeliling tahanan maksimum (°C)

4.6.4. Kemampuan Hantar Arus Pada Konduktor

Kemampuan hantar arus satu konduktor ditentukan oleh luas penampang dan jenis konduktor, semakin besar luas penampang maka semakin besar kemampuan hantar arusnya. Hal ini dapat dilihat dari persamaan berikut ini:

Pada survey yang dilakukan di Gedung Perkantoran/Administrasi PT.Indonesia Power, luas penampang konduktornya adalah 50 mm². Dengan luas penampang tersebut maka dapat diketahui arus yang melewati konduktor adalah :

Diketahui :

A = 50 mm² *circulars mils*

t = 0,75 detik

T_m = 1000 °C

T_a = 30 °C

I *circulars mils* = 0,0005065

Maka:

$$A = I \frac{\frac{\sqrt{33.t}}{T_m - T_a}}{\log 10 234 + T_a} + 1$$

$$I = A \frac{\frac{\sqrt{33.t}}{T_m - T_a}}{\log 10 234 + T_a} + 1$$

$$I = 50 \frac{\frac{\sqrt{33.0,75}}{1000 - 30}}{\log 10 234 + 30} + 1$$

$$= 44,319 \text{ KA}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Bangunan Gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu memiliki panjang 70 m dan lebar 45 m serta tinggi 25 m, terletak pada daerah dengan tingkat kerawanan petir sedang yaitu 136 hari guruh pertahun, sehingga perhitungan yang diperoleh, Frekuensi sambaran petir langsung (Nd) yang diperkirakan terjadi adalah 0,62 pertahun.
2. Berdasarkan Tingkat Proteksi IV, sudut proteksi yang diperoleh sebesar 55° sehingga karena dirancang hanya menggunakan satu terminasi udara dengan metode sudut proteksi maka tinggi terminasi udara minimum yang dipasang pada atap Lt. 4 adalah 22, 8 m dan dengan ketinggian ini, setiap sudut bangunan gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu berada dalam kerucut protektif batang terminasi udara.
3. Dari hasil perhitungan, panjang minimal untuk elektroda terminasi bumi diperoleh adalah 5 meter dan susunan elektroda bumi yang dipilih adalah tipe A (elektroda vertikal dan radial).

5.2 Saran

1. Sistem Proteksi Petir Eksternal pada Bangunan Gedung Perkantoran/administrasi PT. Indonesia Power UJP Pangkalan Susu yang terpasang saat ini sudah cukup baik tapi lebih baiknya dapat menggantinya dengan Sistem Proteksi Petir Eksternal yang memenuhi standard SNI.
2. Perlu pengecekan berkala terhadap peralatan proteksi petir agar dapat menjamin bahwa peralatan berfungsi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aris Munandar, Artono, 1990, *Teknik Tegangan Tinggi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Penangkal Petir Lampiran No.19 Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 378/KPTS/1987 Tgl. 31 Agustus 1987.*
- [3] Gultom, Rapido Parasian, 2008, *Analisis Perencanaan Sistem Pengaman Terhadap Sambaran Petir Eksternal Pada Gedung Biro Rektor Universitas Sumatra Utara.*

- [4] Hasse, P., 1988, *Overvoltage Protection Of Low Voltage System*, Short Run Press Ltd., England.
- [5] *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia*.1983, Direktorat penyelidikan masalah bangunan. Jakarta.
- [6] Razevig, Prof.D.V., 1978, *High Voltage Engineering*, Khana Publisher, Delhi.
- [7] Reynaldo Zoro; *Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*, ITB Bandung.
- [8] Riyatno, Agus, 2012, *Studi Proteksi Eksternal pada Gedung Bertingkat Terhadap Efek Sambaran Petir*, Teknik Elektro ITM.
- [9] SNI 03-7015-2004, *Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung*, Stándar Nasional Indonesia.
- [10] T. Rosman Pasaribu, 2007, *Analisis Proteksi Eksternal dan Internal Petir Pada Bangunan Gedung PT. INDOSAT Medan terhadap sambaran petir*, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [11] Vevyola Betsy, 2005, *Studi Mengenai Perencanaan Proteksi Petir Eksternal Pada Bangunan Atau Gedung (Aplikasi pada Gedung Indosat – Medan)*, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

