

Mitigasi Kebencanaan Sambaran Petir pada Kawasan Destinasi Pariwisata Embung-Jokaton

Budi Utama¹

¹Institut Teknologi Nasional Yogyakarta ; Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281, Telp. (0274) 485390/Fax (0274) 487249
Jur. Teknik Elektro S1 - ITNY
e-mail : budiutama@itny.ac.id

Abstrak

Tulisan ini mendeskripsikan desain sistem proteksi petir untuk sambaran petir langsung. Desain dikerjakan pada kontur tanah perbukitan kecil, dengan sebaran beberapa bukit kecil yang mengisi ruang permukaan tanahnya. Lokasi desain Sistem Proteksi Petir (SPP) di dsn Sengir, ds. Kalirejo, kec. Kokap, kb. Kulon Progo – DI Yogyakarta. Kontur permukaan tanah di dsn Sengir terpapar berbukit-bukit dengan ketinggian ± 250 meter. Dusun Sengir merupakan sebuah kawasan berbukit-bukit ketika musim hujan selalu disertai badai petir sehingga kawasan bukit Jokaton ini menjadi sangat rawan terhadap sambaran petir langsung. Dalam program desa, dsn Sengir ini akan dikembangkan menjadi sebuah kawasan Destinasi Pariwisata karena lokasinya sangat strategis yaitu berdekatan dengan Yogyakarta International Airport (YIA) Kulon Progo. Desain Proteksi Petir pada Embung-Jokaton digunakan Metoda Bola Gelinding (Rolling Sphere Method) dan model elektrogeometris diterapkan. Data lapangan diperoleh melalui metoda wawancara dengan kepala desa Kalirejo, dan observasi di atas Bukit Jokaton. Hasil desain Sistem Proteksi Petir diperoleh paparan zona dan perisai perlindungan yang di ilustrasikan ke dalam gambar visualisasi tiga dan dua dimensi. Perwujudan dari SPP akan menstimulasi warga setempat dan membuka peluang potensi pengembangan kawasan destinasi pariwisata lokal khususnya dusun Sengir, desa Kalirejo.

Kata Kunci : Destinasi-Pariwisata, Proteksi-Petir, Jokaton

Abstract

This paper describes the design of a lightning protection system for direct lightning strikes. The design is done on the contour of the land of small hills, with the distribution of several small hills that fill the surface space of the land. The design location of the Lightning Protection System (LPS) is in Sengir hamlet, Kalirejo village, Kokap sub-district, Kulon Progo district – Special Region of Yogyakarta. The contour of the land surface in Sengir Village is exposed to hills with a height of 250 meters, and a Jokaton Embung will be created at the top of the Jokaton hill. Sengir Hamlet is a hilly area when the rainy season is always accompanied by thunderstorms so that the area at the top of the Jokaton hill becomes very vulnerable to direct lightning strikes. In the village program, Sengir Village will be developed into a Tourism Destination area because of its very strategic location, which is close to the Yogyakarta International Airport (YIA) Kulon Progo. The design of the Lightning Protection System (LPS) at Embung-Jokaton used the Rolling Sphere Method and an electrogeometric model was applied. Field data were obtained through interviews with the village head of Kalirejo, and observations on Bukit Jokaton. The results of the design of the Lightning Protection System obtained zone exposures and protective shields which are illustrated in three- and two-dimensional visualization images. The embodiment of the SPP will stimulate local residents and open up potential opportunities for the development of local tourism destinations, especially Sengir hamlet, Kalirejo village.

Keywords : Tourist-Destinations, Lightning-Protection, Jokaton

1. PENDAHULUAN

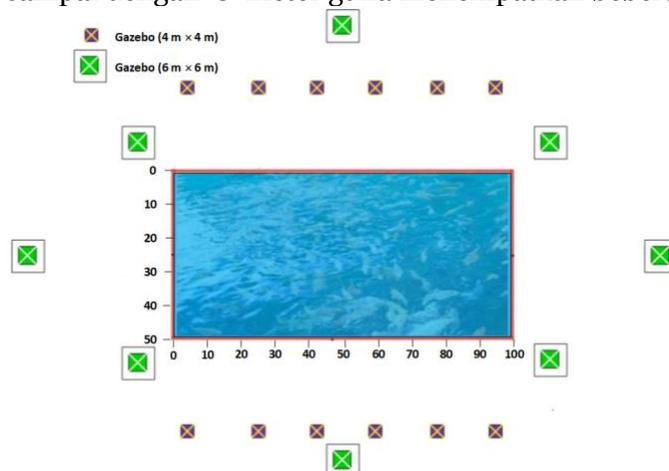
Embung Jokaton merupakan sebuah embung yang akan direncanakan Sistem Proteksi Petirnya, terletak di bagian atas bukit Jokaton dan akan dikondisikan sebagai sebuah tempat pariwisata alam / budaya setempat. Dalam jangka panjangnya akan dijadikan *destination* (menjadi tujuan utama dan pertama ketika kita berada/tiba di bandara Yogyakarta International Airport, YIA). Sebelah Selatan sisi bukit Jokaton ini akan terlihat (dalam kejauhan) bandara “Yogyakarta *International Airport*” (YIA). Bukit Jokaton (Embung Jokaton) berlokasi di dusun Sengir, desa Kalirejo, kec. Kokap, kab. Kulonprogo – DI Yogyakarta. Ketinggian bukit Jokaton ini lebih kurang 250 meter dari dasar kaki bukitnya.

Embung Jokaton diletakan di puncak bukit dengan dimensi : (50×100) m². Jika kita berdiri di puncak bukit Jokaton, dan menghadap ke Selatan (dalam kondisi cuaca cerah) tampak dikejauhan bandara YIA ini). Bukit Jokaton ini sangat cocok dijadikan *destination* (tujuan utama dan pertama ketika kita berada di YIA) untuk kawasan pengem bangan wisata. Disekeliling embung dilokasikan beberapa gazebo dengan luasan (3×3) m² dan (6×6) m² sebagai gazebo induknya. Untuk membentangkan dimensi embung (berdimensi : 100×50 m²) harus meratakan permukaan tanah di puncak bukit, dan ditambah beberapa meter (lebih kurang :8 meter) yang dibentangkan di sekeliling embung.



Gambar 1. Ilustrasi irisan melintang Bukit-Jokaton

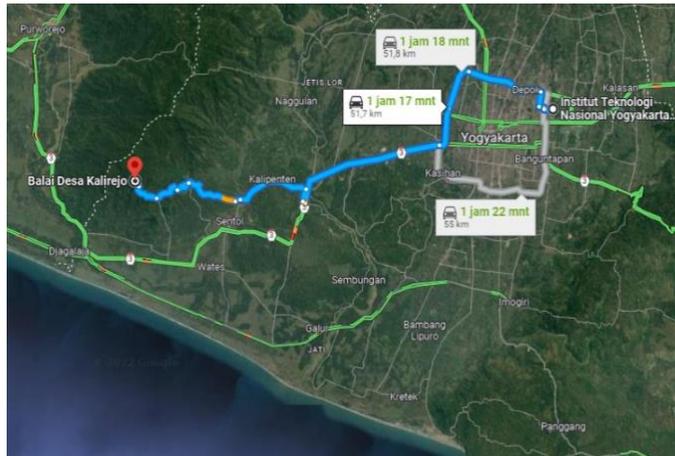
Sehingga embungnya jatuh di tengah-tengah, dan ditepi bibir embung dibentangkan permukaan tanah sejauh 5 meter sampai dengan 8 meter guna menempatkan beberapa gazebo, Gambar 2.



Gambar 2. Tampak Atas Embung Jokaton dengan Penempatan beberapa Gazebo

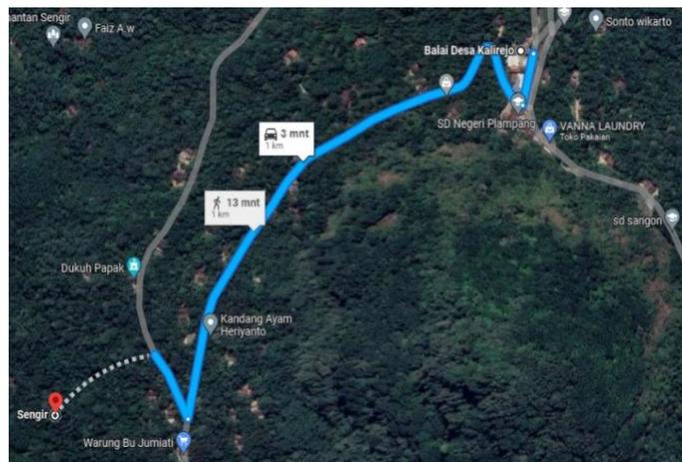
Embung Jokaton ini mendapat suplai air secara terus menerus (musim kemarau atau penghujan) dari arah Selatannya dimana terdapat embung yang berdekatan dengan sungai. Untuk pembuatan embung ini maka puncak bukit Jokaton ini di ratakan/dipangkas terlebih dahulu, sehingga dapat diilustrasikan sebagaimana Gambar 1a (puncak bukit sebelum di ratakan/di

pangkas dan Gambar 1b dimana puncak bukit sudah di ratakan. Karena kawasannya berbukit bukit kecil maka pada permukaan tanah pada puncak bukit tersebut akan berpotensi untuk menciptakan kondisi komposisi garis medan listrik yang “sangat amat tak-homogen”.



(a)

Peta Rute dari Kampus ITNY ke Balai Desa Kalirejo [1]



(b)

Gambar 3. Peta / Rute dari Balai Desa Kalirejo ke Dusun Sengir [2]

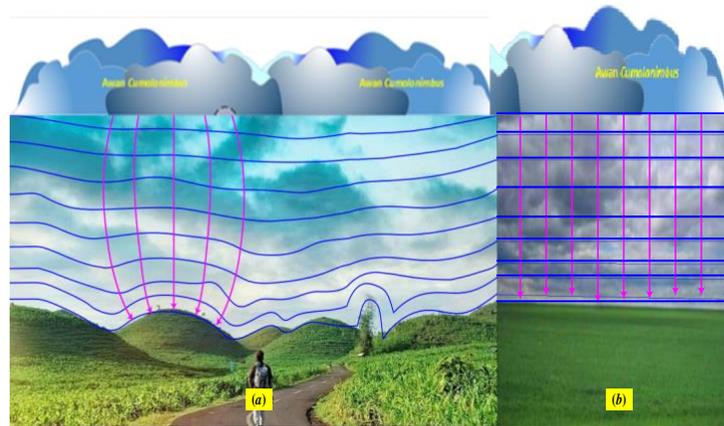
1.1 Medan Listrik Tak Homogen

Di bagian atas dari permukaan bukit akan terjadi kondisi kontur medan listrik yang sangat takhomogen ketika bukit tersebut dilewati oleh *cluster awan cumulonimbus* (awan badai petir). Medan listrik yang sangat tak homogen ini muncul disebabkan oleh kontur puncak bukit yang meruncing dan mengikuti kontur permukaan tanah pada bukit tsb serta ujung puncak dari ranting pepohonan yang tumbuh di bukit. Medan listrik yang sangat tak homogen ini akan berpotensi menjadi jalan “tolnya” lidah petir (*stepped leader*) yang mengarah ke permukaan bumi. Demikian juga dengan dimensi ketinggian dari bukit juga berkontribusi menjadi terminal sentuh antara ujung lidah petir dengan permukaan puncak bukit yang tinggi itu. Seandainya terdapat pohon pohon tinggi yang berada di titik puncak bukit tersebut maka pohon itu akan disambar terlebih dahulu. Namun demikian tdk semua ujung *stepped leader* mempunyai sifat gerak seperti itu, karena jarak sambaran petir bergantung pada amplitudo petir yang ditentukan dalam besaran arus petir yang mempunyai satuan Amper. Amplitudo arus petir (umumnya dinyatakan dengan satuan kilo-Amper, kA) ini hanya bergantung pada besar kecilnya muatan listrik (q , dalam satuan coulomb) yang terkandung di klaster awan yang menggantung di atas bukit.

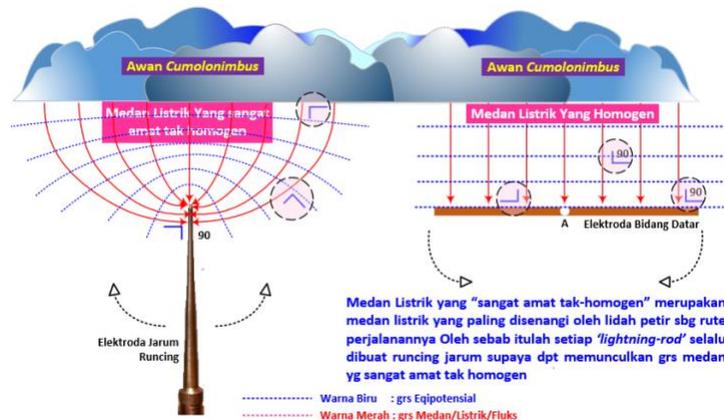
1.2 Paparan Medan Listrik Homogen dan Tak-Homogen

Pada aspek paparan medan listrik dapat dinyatakan bahwa elektroda jarum runcing dapat menjadikan sebaran medan listrik menjadi sangat tak homogen apabila di dekatkan dengan elektroda datar (piring) pada jarak celah tertentu. Di dusun Sengir terdapat beberapa bukit kecil dimana ketinggian puncaknya lebih kurang antara 100 m sampai dengan 250 m. Salah satunya adalah bukit Jokaton. Berikut digambarkan bentangan garis fluks listrik pada bidang kontur permukaan bukit untuk melihat tingkat ke homogenan medan listriknya atau sebaran garis fluks/listrik atau garis medannya.

Pada Gambar 4a. garis medannya (warna merah) melengkung. Kelengkungan garis ini tentunya mengikuti garis equipotensial (warna biru) yang dipotongannya. Garis equipotensial bentangnya mengikuti kontur permukaan tanah (bukit). Titik perpotongan antara garis equipotensial dan garis medan ini “harus” membentuk sudut 90° . Sedangkan pada Gambar 4b, garis medannya lurus bergerak ke bawah dan memotong garis equipotensial dengan titik perpotongan membentuk sudut 90° . Terciptalah kotak kotak yang seragam (bandingkan kotak-kotak ini dengan kotak yang ada di Gambar 4a.). Gambar 4a menunjukkan apa yang disebut dengan medan listrik yang tak homogen. Sedangkan Gambar 4b menunjukkan medan listrik yang homogen. Untuk mendapatkan medan sangat tak homogen dan yang homogen tinjau Gambar 5 di bawah



Gambar 4. Sebaran garis fluks listrik (warna merah) dan sebaran garis equipotensial (warna biru)



Gambar 5. Sisi kiri adalah Medan yang sangat tak homogen ; Sisi kanan : Medan yang homogen

Gambar 5, sisi kiri, garis medan (warna merah) dimunculkan oleh permukaan di bawah awan dimana permukaannya diasumsikan rata dan datar (jika dibandingkan bagian atas awan). Struktur awan seperti ini dapat dipresentasikan sebuah “elektroda-piring”. Jika elektroda piring

ini didekatkan dengan sebuah elektroda (berbentuk) jarum-runcing maka garis medan sebelah bawahnya akan dipaksa cenderung melengkung dan akibatnya akan menimbulkan medan yang “sangat tak homogen” (Gambar 5, sisi kiri).

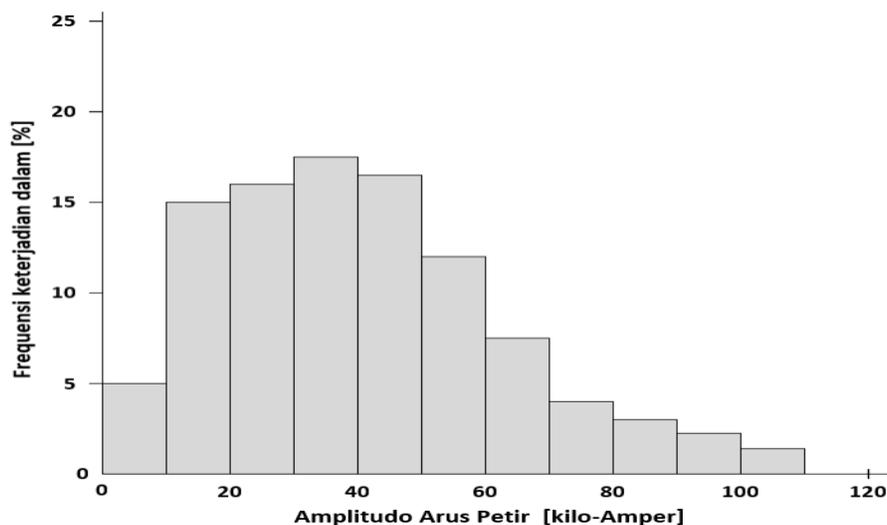
Elektroda jarum runcing ini dapat dibuat dengan menekukkan elektroda-datar atau elektroda piring pada titik ‘A’ (Gambar 5 sebelah kanan) kearah bawah sehingga menghasilkan elektroda jarum-runcing (sisi kiri). Dari sini dapat disimpulkan bahwa : untuk menghasilkan garis medan yang sangat tak homogen diperlukan elektroda piring (datar) dan elektroda jarum-runcing yang tersusun parallel, Gambar5, sisi kiri. Sedangkan untuk mendapatkan garis medan yang homogen dibutuhkan elektroda-piring dan elektroda piring yang disusun parallel (strukturnya seperti susunan kapasitor plat), diilustrasikan seperti Gambar 5, sisi kanan. Sebagaimana di deskripsikan di atas, ada beberapa hal yang dapat diinventarisir,. Kontur bukit menimbulkan garis medan/fluks yang sangat amat tak-homogen sehingga menjadi jalan tolnya lidah lompat (*stepped leader*) petir dari gugusan awan ke bumi/tanah. Kontur dan ketinggian bukit ternyata rawan terhadap persinggahan *stepped leader* (sambaran petir langsung) Ketinggian bukit berpotensi menjadi titik terminal perjalanan *stepped leader*, dan Ranting pepohonan yang tumbuh di atas permukaan bukit akan membuat sebaran medan listrik menjadi lebih sangat tak homogen.

Tulisan ini bertujuan untuk mendesain sistim proteksi sambaran petir di atas embung-Jokaton yang berada di puncak bukit yang rawan terhadap sambaran petir langsung dan sekaligus dilengkapi dengan sistem pentanahan untuk suatu sistem proteksi petir.

2. METODE

2.1 Amplitudo dan Waktu Puncak Gelombang Surya Petir

Besar kecilnya amplitudo sambaran “petir-langsung” diindikasikan dalam satuan kilo-Amper dan disertai dengan tingkat keterjadiannya diindikasikan dalam prosentase (%).



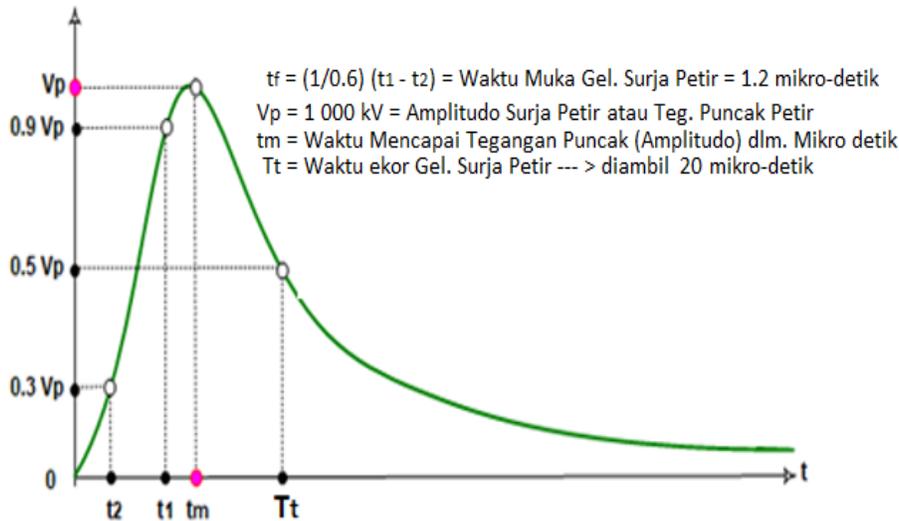
Gambar 6. Amplitudo Arus Petir dengan Tingkat Keterjadiannya [3]

Waktu muka dari puncak gelombang surja yang sering terjadi / muncul pada suatu insiden sambaran petir dapat digambarkan secara *frequency-histogram* [3]. Waktu sebuah surja sangat singkat sekali yaitu dalam orderan mikro detik (μ -det). Untuk mengekspresikan sebuah surja petir dapat ditulis sebagai berikut,

$$[E, t_f \times T_f] \quad (1)$$

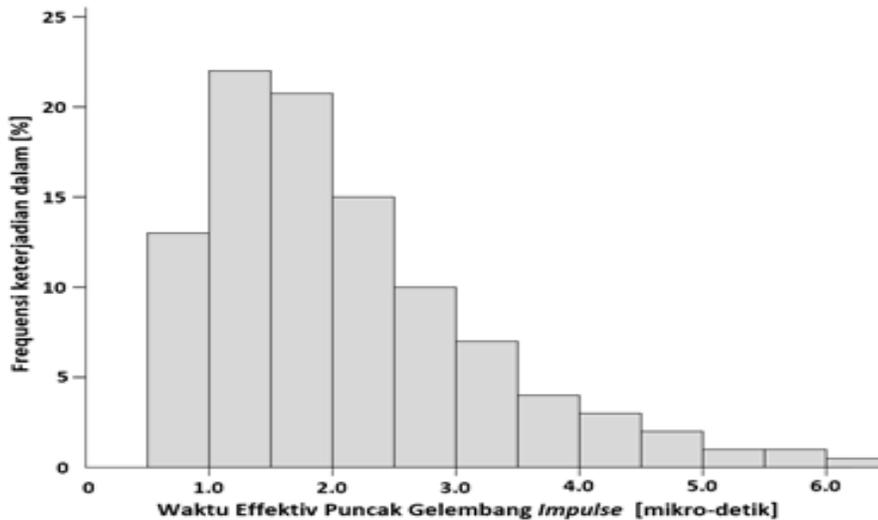
E adalah nilai amplitudo / puncak surja, misalnya : 1 000 kV atau 2 400 kV ; t_f adalah waktu muka gelombang surja, umumnya lama waktu muka ini sebesar 1.2 μ -det. ; T_f adalah waktu panjang ekor gelombang surja, juga dalam mikro detik yaitu sekitar 20 μ -det. Dengan demikian ekspresi secara keseluruhan untuk sebuah gelombang surja petir ini dapat ditulis/diekspressi

kan sebagai, $[1\ 000, 1.2 \times 20]$ atau $[2\ 400, 1.2. \times 20]$. Bentuk gelombang surja petir dengan identifikasi $[1\ 000, 1.2 \times 20]$ dapat digambarkan sbb :



Gambar 7. Bentuk Gelombang Surja Petir

Dimana nilai : $(t_1 - t_2)$ harus mendekati $= 1.2 \mu\text{det}$. atau dengan toleransi plus-minus 0.36 yaitu menjadi $= (1.2 \pm 0.36)$. Untuk contoh di atas nilai “waktu muka gelombangnya” toleransinya diambil nol $\rightarrow (1.2 \pm 0)$. Untuk ekor gelombang petirnya di ambil 50% dari nilai $V_p = 0.5 V_p$ yang terproyeksi pada sumbu t sebagai $T_t = 20$ mikro-detik (μdet). Sedangkan ketika gelombang surja mencapai puncaknya yaitu sebesar $1\ 000\ \text{kV}$ waktunya sebesar $= t_m$ dengan $V_p = 100\%$, yaitu sebesar $1\ 000\ \text{kV}$. Data waktu saat mencapai tegangan puncak ini *frequency histogram* keterjaterjadian/pe munculannya juga telah dibuat oleh Anderson, 1961 [3]



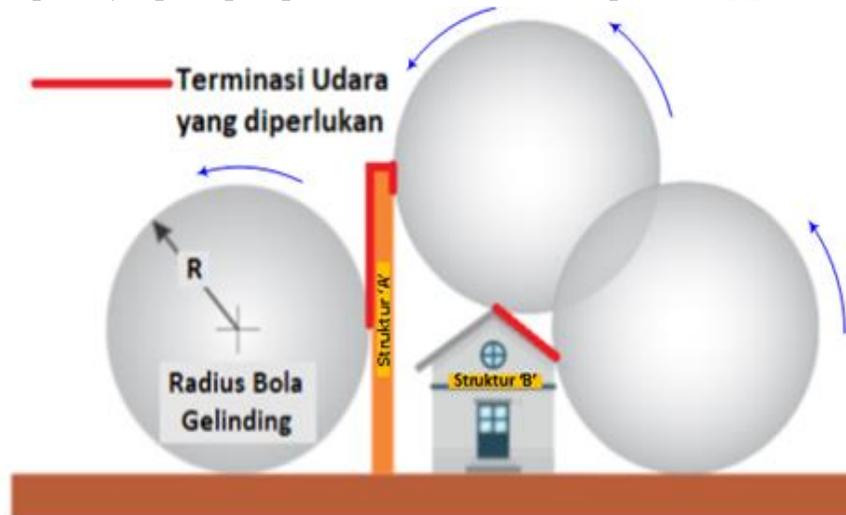
Gambar 8. Waktu Puncak Surja Petir dengan Tingkat Keterjadiannya [3]

2.2 Metoda Bola Gelinding

Metoda Bola Gelinding, MBG (*Rolling Sphere Method, RSM*) berguna untuk mendesain sistem proteksi petir pada struktur yang *complex* (rumit). Metoda ini juga dapat menggambarkan zona/kawasan sekaligus dapat menghitung volume ruang dan luasan permukaan yang diproteksi sekaligus disertai dengan perisai/busur perlindungan untuk setiap amplitudo arus petirnya. Penerapan metoda ini disertai dengan model elektromeometris (*Electrogeometric-modelling*). *Electrogeometric Model* merupakan representasi dari sebuah fasilitas yang disertai (bersama

sama) dengan ekspresi analisis yang sesuai dan menghubungkan dimensinya dengan arus sambaran petir, serta model ini mampu nyai cara dalam memprediksi apakah sambaran balasan (urutan) pertama dari petir akan berakhir pada sistem perlin dungan, ke bumi/tanah, atau ke elemen fasilitas yang dilindungi/diproteksi [4].

Electrogeometric Model Theory adalah suatu teori yang melukiskan/menggam barkan *Electrogeometric Model* bersama sama dengan analisis *quantitative* yang terkait termasuk korelasi antara jarak sambaran (S) dan para meter listrik petirnya, seperti besar/jumlah muatan dan arus puncak petirnya, pada prospektiv sambaran balasan pertama [4].



Gambar 9. Penerapan Metoda Bola Gelinding [5]

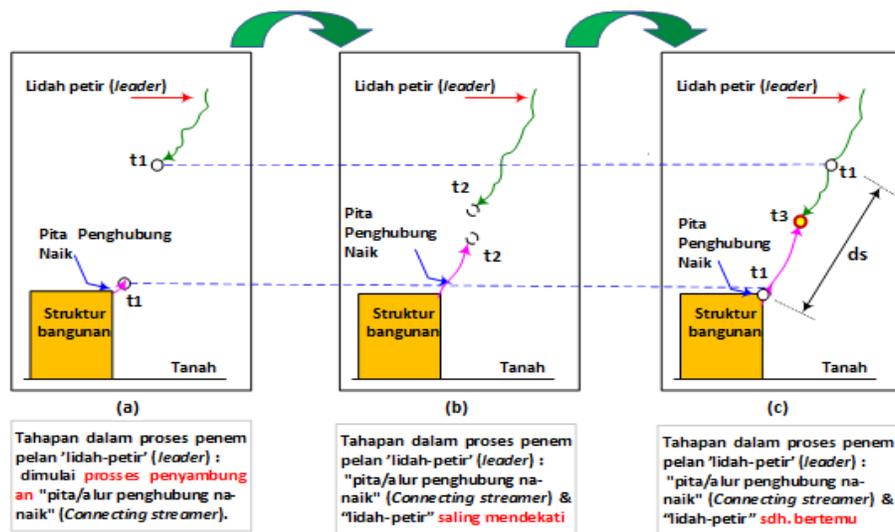
Berikut model elektrojeometric, jari jari bola gelinding (dengan notasi R, dari Gambar 9) dihubungkan dengan harga/nilai puncak arus impuls (*impulse*) pertama. Dalam laporan (*report*) 'IEEE working group' [6] sebagaimana dikutip *International Electrotechnical Commission*, IEC-62305 Part-1 [7], hubungan tersebut diberikan,

$$ds = Ra = R = A \times (I_p)^B \quad (2)$$

dimana I_p adalah amplitudo arus (puncak) petir (dalam satuan kA) Misalnya, besar konstanta A dan B masing masing bernilai 10 dan 0,65. Jarak ini didefinisikan sebagai jari-jari (R_a yang sama dengan R pada gambar 9, dlm. satuan meter) yang *attractive*, selalu digunakan dalam proses pemodelan yang disederhanakan, seperti model elektrojeometrik (*electrogeometric model*) atau menggunakan model adaptasi ini untuk suatu desain proteksi petir.

2.3 Definisi Jarak Sambaran Petir

Jarak sambaran (*striking distance*) merupakan jarak dimulai dari proses waktu t_1 dimana sebuah lidah petir (*leader*) bergerak ke bawah menuju bumi mendekati "pita penghubung naik" (*connecting streamer*) yang baru muncul pada bagian runcing dari sebuah struktur bangunan dengan pergerakan ke arah atas, selanjutnya mendekati lidah petir yang sedang bergerak ke bawah sampai keduanya bertemu pada suatu titik pertemuan akhir (yang disebut sebagai



Gambar 10. Penentuan jarak sambaran (ds) [8]

junction point). Pada saat sebelum terjadi *junction point*, dimana medan listrik di bagian-bagian struktur bangunan naik saat 'lidah perintis' (*leader*) mendekat, dan mencapai nilai waktu t_1 saat 'pita /alur penghu bung naik' (*streamer*) muncul di beberapa titik pada permukaan bidang (*runcing*) di atas struktur bangunan [8], seperti ditunjukkan Gambar 10.

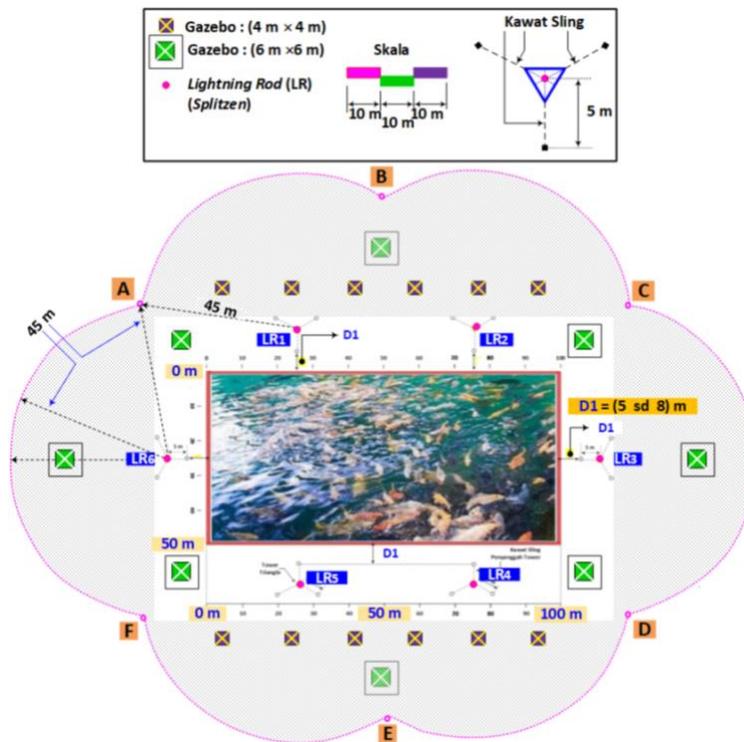
Pada Gambar 10a tampak pd saat waktu t_1 sebuah 'pita penghubung naik' (*connecting streamer*) segera mulai muncul pada bagian permukaan struktur bangunan gedung yang runcing. Sementara itu "lidah lompat" (*stepped leader*) petir sedang dalam perjalanan ke arah bawah (ke permukaan tanah) yang tentu saja mendekati pita penghubung naik (*connecting streamer*), Gambar 10(a). Selanjutnya, pada Gambar 10(b) menunjukkan lidah petir (*leader*) dan pita penghubung naik (*connecting streamer*) saling mendekati satu sama lainnya, dan akhirnya ujung akhir dari lidah petir dan pita penghubung naik bertemu pada saat waktu t_3 . Setelah itu jejak jarak dan waktu antara posisi pita penghubung naik dan lidah petir, yaitu jarak saat t_1 untuk pita penghubung naik dan saat t_1 untuk lidah petirnya merupakan jarak sambaran petirnya (ds), Gambar 10c

2.4 Modelling Mitigasi dengan Metoda Bola Gelinding

Sebagai pertimbangan keamanan di atas bukit Jokaton yang mempunyai ketinggian ± 250 meter, akan dibuat kan desain zona "Sistem Proteksi Petir" (SPP) yang melingkupi luasan permukaan embung tersebut, yaitu : (100 m \times 50 m). Sistem Proteksi Petir (SPP) yang akan direncanakan terdiri dari :

- Enam buah tembaga terminasi petir (*lightning rod*) atau *Splitzen*
- Sistem Pentanahan (*grounding system*) untuk proteksi sambaran langsung petirnya
- Beberapa proteksi tambahan (pada struktur atap Gazebo yang ada di atas puncak bukit)
- Enam buah struktur Tiang Segitiga (*triangle tower*) sebagai penyangga 4 *lightning rod*.

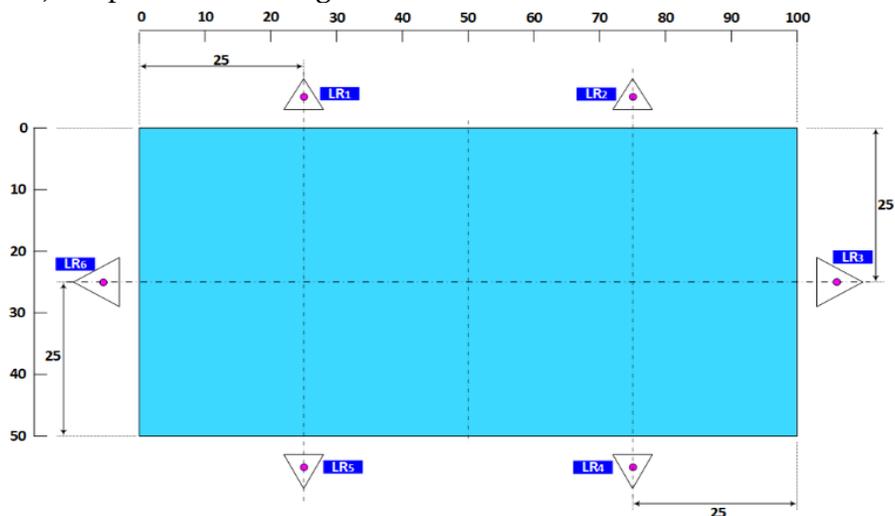
Pada Gambar 11 *Lightning Rod* (LR) dipasangkan di atas *triangle tower* (TT) yang mempunyai ketinggian 20 meter (4 *stage*) dipasangkan : 2 buah TT masing masing di sisi panjang dan 1 buah TT masing masing di sisi lebar. Kawasan yang terlindungi/terproteksi dengan pemasangan *lightning rod* (batang petir) adalah [A-B-C-D-E-F] \rightarrow arsiran berwarna abu-abu. Setiap busur yang tercipta berjarak 45 meter dari titik *lightning rod*. Berdasarkan Gambar 11, kawasan atau zona yang terproteksi terdiri dari 6 busur, yaitu :



Gambar 11. Kawasan Permukaan (tampak atas) yang terproteksi melalui Enam tiang segitiga (*tower triangle, TR*)

1. Busur AB, pusat di LR1
2. Busur BC, pusat di LR2
3. Busur CD, pusat di LR3
4. Busur DE, pusat di LR4
5. Busur EF, pusat di LR5
6. Busur FA, pusat di LR6

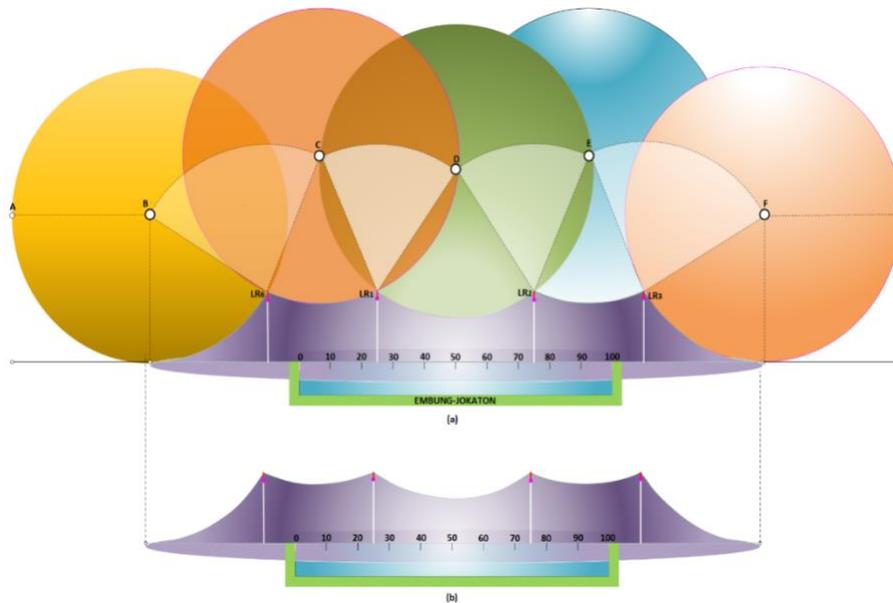
Pada gambar : 13a, busur BC berjari jari 45 meter dari titik pusat P₆. Demikian juga busur busur : CD, DE, dan busur EF, masing masing terletak di titik pusat : P₁, P₂, dan P₃. Titik-titik pusat ini (yaitu : P₆, P₁, P₂, P₃) adalah untuk penempatan lokasi *lightning-rod* : LR₆, LR₁, LR₂, dan LR₃ (Gambar 13b). Sedangkan untuk *lightning rod* yang berseberangan adalah LR₄ dan LR₅. Posisi *lightning rod* (LR) keseluruhan yang dipasangkan mengelilingi bagian tepi embung dapat dilihat pada gambar :12, tampak atas Embung Jokaton.



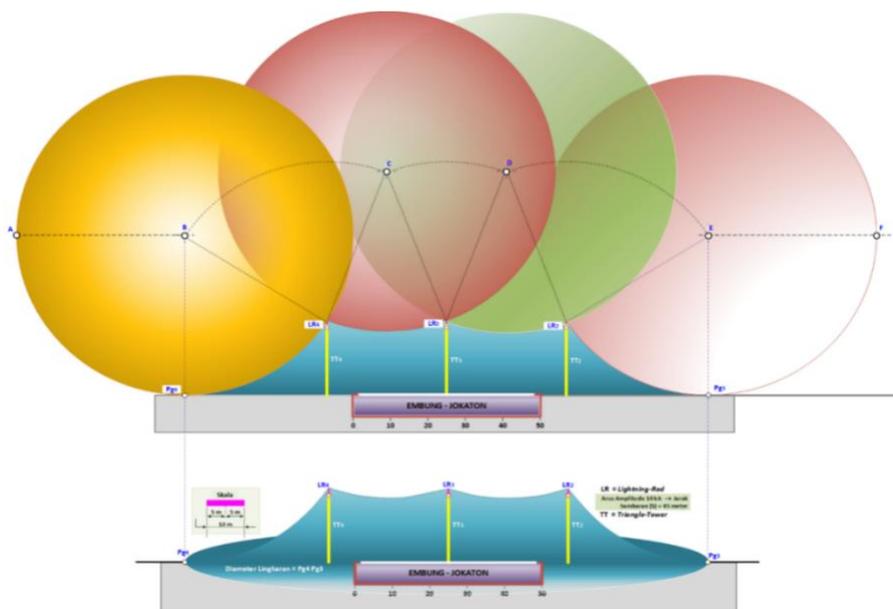
Gambar 12. Penempatan Enam *Lightninng rod* (LR), dimensi dalam meter

Untuk pandangan dari sisi sampingnya (sisi panjang), kawasan / zona perlindungan ini dapat

digambarkan melalui model elektromegetris (*Electrogeometric Model*) dengan bantuan metoda bola gelinding (*Rolling Sphere Method, RSM*).



Gambar 13. (a). Tampilan memanjang Embung 100 meter (sungkup berwarna ungu) dengan (b). Ruang Volume Zona yang terproteksi, dimensi dlm meter



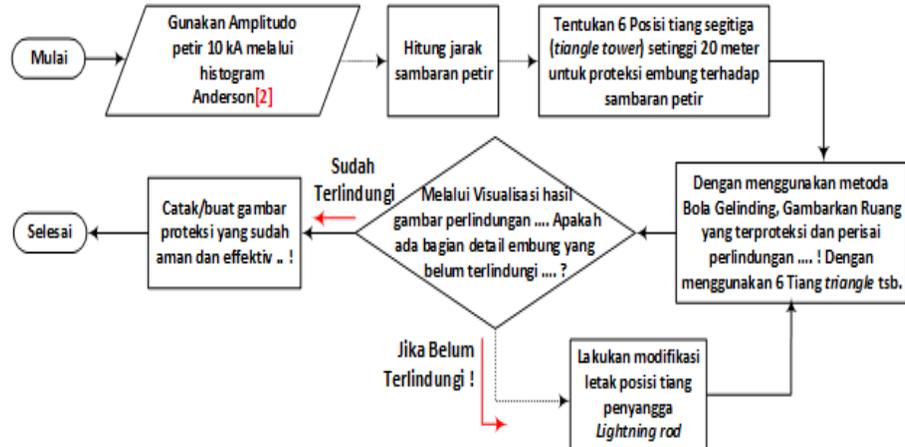
Gambar 14. Tampilan sisi lebar Embung 50 meter dengan Ruang Volume Zona yang terproteksinya (warna biru-muda), dimensi dlm meter

Ruang zona yang terlindungi oleh ke enam *lightning rod* ditunjukkan berbentuk kerucut dengan alas lingkaran. Ruang ini (berbentuk seperti kelambu) ditandai dengan warna ungu yang menutup seluruh permukaan embung (100 m × 50 m), Gambar 13b. Perisai perlindungan yang terbentuk adalah berupa busur : BC, CD, DE, dan busur EF yang tervisualisasi pada Gambar 13a. Sedangkan perlindungan untuk sisi lebar embung ditunjukkan Gambar 14, dengan zona yang terlindungi berwarna biru muda.

2.5 Diagram Alir (*Flow-Chart*)

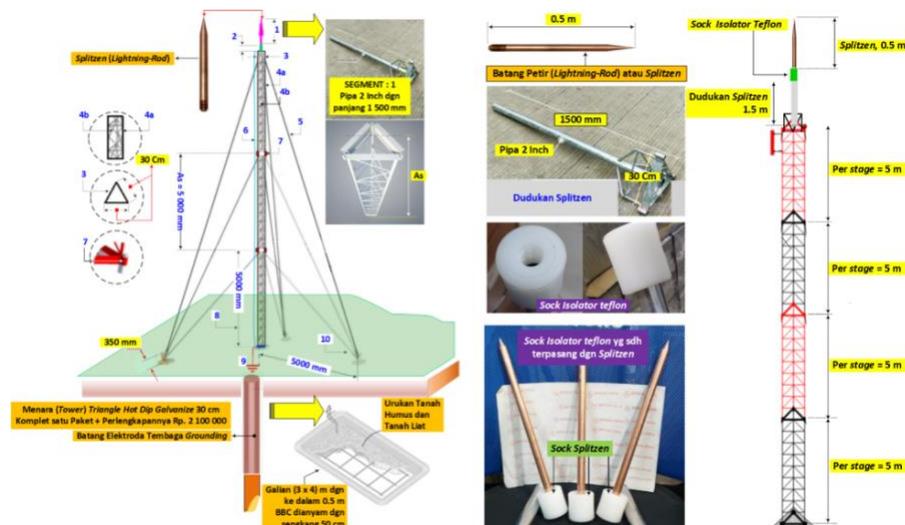
Untuk mendapatkan hasil mitigasi yang baik dan tepat dalam mendesain sistem proteksi

petir eksternal diperlukan alur (*flow chart*) dan tahapan yang dikerjakan, sehingga setiap hasil yang diperoleh dapat dikontrol dan direvisi menjadi lebih baik bahkan sempurna sesuai dengan harapan yang diinginkan.



Gambar 15. Alur Desain Proteksi Sambaran Petir dgn Metoda Bola Gelinding Pada Embung-Jokaton Dusun Sengir, Desa Kalirejo

2.6 Bahan Utama Tambahan untuk Mitigasi



Gambar 16. Tiang *triangle* dgn. kawat penyangga dan Bentuk Pentanahannya (kiri), serta Struktur Tiang *Triangle* dengan komponennya (bagian tengah dan sisi kanan)

Keterangan Gambar 16 :

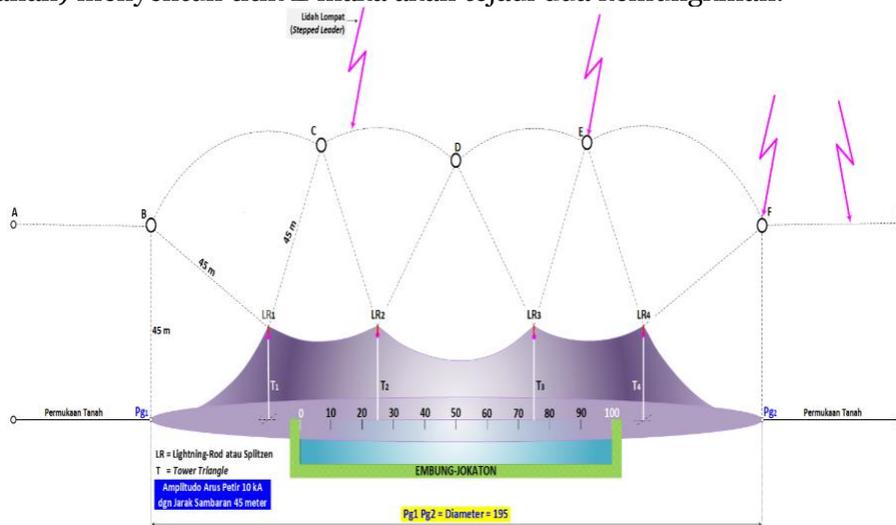
- | | |
|--|--|
| a. Terminasi Udara (<i>Splitzen</i>) | g. Kabel NYA 16 mm |
| b. Isolator Teflon | h. Baut Sambung M16 |
| c. Sisi Triangle 300 mm (30 cm) | i. Panjang per <i>Stage</i> Tiang <i>Tower</i> 5000 mm |
| d. Besi Beton 16 mm | j. Batang Tembaga Pentanahan (<i>Grounding Rod</i>) |
| e. Besi Beton 10 mm | k. <i>Span Skrup</i> / Jarum keras M12 |
| f. Kawat <i>Sling Baja</i> 4 mm | |

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Perisai Perlindungan dan Ruang/Volume/Zona yang Terproteksi

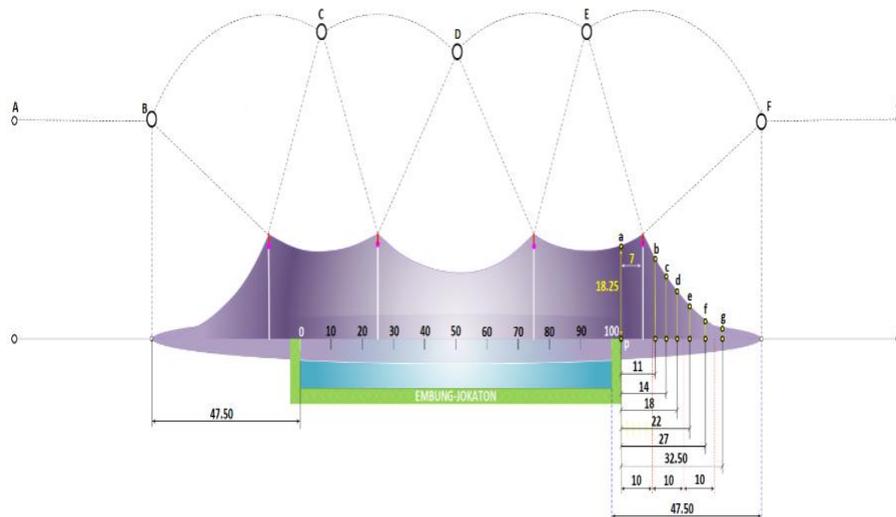
Perisai perlindungan ditunjukkan dengan garis busur : BC-CD-DE-EF. Jika sebuah lidah

petir (*step-leader*) turun ke bawah menyentuh garis busur/perisai perlindungan CD maka lidah petir tsb akan diarahkan ke *lightning-rod* LR₂. Kemudian, jika lidah petir (dalam perjalanannya menuju ke tanah) menyentuh titik E maka akan terjadi dua kemungkinan.



Gambar 17. Perisai Perlindungan dan Kawasan Embung yang terproteksi dengan 6 buah *Lightning rod* di atas *Tower Triangle* s etinggi 20 meter (seluruh dimensi dalam meter)

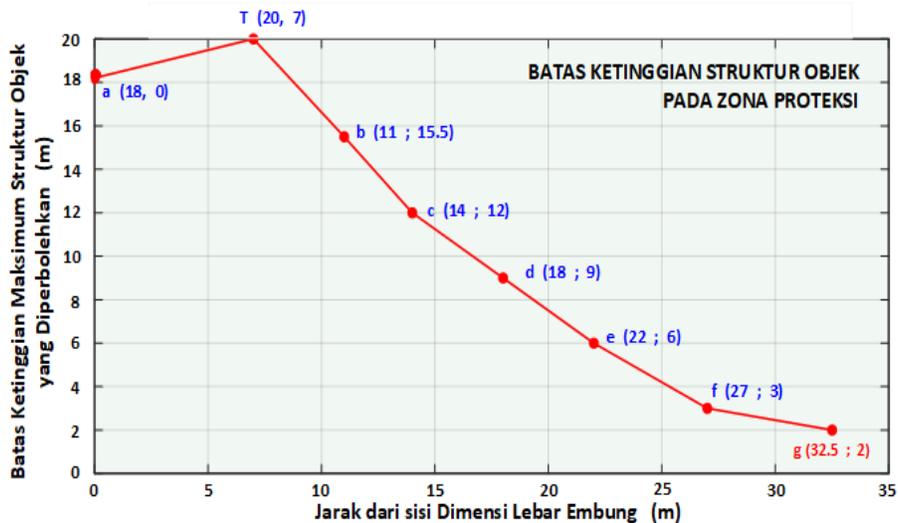
Kemungkinan pertama lidah petir diarahkan ke *lightning-rod* LR₂ atau dapat juga di arahkan ke *lightning rod* LR₃. Sedangkan lidah petir yang menyentuh garis eqipotensial AB dan FG akan diteruskan ke permukaan tanah. Namun apabila lidah petir ini tepat menyentuh titik B atau titik F maka akan terjadi dua kemungkinan juga yaitu akan di arahkan ke *Lightning Rod* nomor satu (LR₁) atau ke permukaan tanah dititik P_{g1}, (Gambar 17).



Gambar 18. Analisis Zona Aman dan Zona Kritis terhadap Sambaran Petir (Dimensi dlm meter)

Sedangkan ruang kawasan/zona yang diproteksi ditunjukkan oleh sungkup warna ungu (Gambar 18) dengan alas membentuk lingkaran yang berdiameter 195 meter. Hasil perlindungan sambaran petir 10 kA ini membentuk luas permukaan tanah yang terlindungi seluas $(\pi \times (195/2)^2 = 29\,865\text{ m}^2$. Apabila sebuah struktur berada dan berdiri secara tegak vertikal ke atas ditepi sisi lebar embung maka ruang “margin aman” terhadap sambaran petir setinggi 18.25 meter dan semangkin struktur ini bergerak menjauhi sisi tepi lebar embung maka ruang ketinggian amannya akan berkurang secara invers dan menjadi tidak aman sama sekali terhadap sambaran

petir 10 kA.



Gambar 19. Batas Ketinggian Struktur Objek yang Masuk Zona Proteksi pada Sisi Kanan Gambar 18

3.2 Batas Perlindungan Kritis Zona Proteksi

Ketika sebuah struktur objek setinggi 2 meter memasuki zona proteksi dengan jarak 32.5 meter dari sisi lebar embung maka struktur tersebut mempunyai probabiliti dan berpotensi tersambar petir dengan amplitude 10 kA. Dengan demikian untuk menjadi aman struktur dengan tinggi 2 meter tadi harus segera masuk ke zona yang lebih aman lagi, yaitu mendekati sisi lebar embung. Artinya struktur harus di geser lebih kecil dari angka 32.5 meter (< 32.50 m) atau struktur tersebut tingginya harus lebih kecil 2 meter (< 2 m). Jadi dapat dikatakan bahwa, struktur tersebut akan mengalami kondisi “kritis” terhadap sambaran petir 10 kA jika struktur tetap bertahan pada ketinggian 2 meter dan berada pada jarak 32.50 m dari sisi lebar embung. Untuk ketinggian sosok seorang manusia batasan 2 meter ini dapat dijadikan indikasi : apakah akan tersambar petir atau tidak tersambar petir sama sekali (aman secara efektif).

Analisis yang berdasarkan Gambar 18 dan 19 dapat juga digunakan dan dibuatkan kembali (gambarnya) untuk paparan bentangan zona proteksi pada sisi dimensi panjang daripada embung (dimana ukuran persegi embung adalah $50 \text{ m} \times 100 \text{ m}$). Karena dalam pendesainan proteksi digunakan amplitude petir 10 kA yang didasarkan pada histogram frekuensi[3] dimana tingkat probability keterjadiannya sebesar 15 % yang berarti pemunculan petir 10 kA itu hanya pada kisaran angka 15 % [3]. Sedangkan untuk di Indonesia (karena beriklim tropis) magnitud arus petir diambil antara margin 40 kA sd 50 kA dengan tingkat probability keterjadiannya sebesar 17.5 % [3].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan analisis pada visualisasi paparan perlindungan dengan menggunakan model elektrogeometris (*Elektrogeometric Modelling*) melalui bantuan metoda bola gelinding (*Rolling Sphere Method*) dapat disimpulkan : Proteksi petir dengan menggunakan tiang segitiga atau *Triangle-Tower* (tersusun 4 stage = diperoleh ketinggian 20 meter) Embung Jokaton dapat dilindungi secara efektif terhadap sambaran petir langsung dengan ampkitudo 10 kA.

Luas permukaan tanah di atas bukit Jokaton yang dpt dilindungi dgn 6 *Tower Triangle* seluas 29 865 m², dalam bentuk approssimasi (*approximation*) dan berbentuk luas sebuah lingkaran sempurna dengan diameter sebesar 195 meter.

Proses analisis mitigasi untuk sambaran petir 10 kA telah dapat diterapkan melalui metoda bola gelinding yang disertai dengan model elektrogeometris ditambah dengan peralatan dan perlengkapan untuk tiang triangle setinggi 20 meter sebanyak enam buah.

5. SARAN

Dalam pendesaian sistem proteksi petir ini belum dilengkapi dengan sistem pentanahan. Oleh karena itu untuk tulisan (*paper*) yang selanjutnya dapat diteruskan dengan sistem pentanahan (*grounding*). Ini penting dilakukan karena pascasambaran petir dampak yang sering memunculkan kerusakan dan keselamatan jiwa adalah pada aspek *safety* dan desain fisik peralatan dan perlengkapan sistem pentanahan yang diinstalasikan di gazebo maupun pada struktur objek lainnya yang berada disekitar proteksi petir dengan menggunakan *triangle-tower* tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Dekan Fakultas Teknologi Industri – ITNY.

Ka. Prodi Jurusan Teknik Elektro S1 ITNY.

Ka. LPPMI-ITNY atas bantuan dana dalam melaksanakan Pengabdian kepada masyarakat

Di dusun Sengir, Kalirejo, Kec Kokap, Kab. Kulon Progo – DI Yogyakarta.

Kepala Desa Kalirejo dan jajarannya. Yang telah memfasilitasi kegiatan P3M di desa Kalirejo.

Kepala Dusun Sengir yang telah membantu dilapangan ketika meninjau puncak bukit Jokaton.

Rombongan Mahasiswa/i yang telah melakukan KKN di desa Kalirejo, khususnya kepala dusun Sengir, dan Pihak pihak lain yang terlibat dalam melaksanakan P3M ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Peta / Rute Kampus ITNY ke Desa Kalirejo, Kec. Kokap, Kab. Kulonprogo – Yogyakarta, google map. com, Tanggal akses 13 September 2022, https://bit.ly/ITNY_kebalai_desa_kalirejo
- [2]. Peta / Rute Balai Desa Kalirejo ke Dusun Sengir, google maps.com, Tanggal akses 13 September 2022, https://bit.ly/Balai_desa_ke_Dsn_sengir
- [3]. Anderson, JG., 1961, “*Monte Carlo Computer Calculation of Transmission-Line Lightning Performance*”, Transactions of the American Institute of Electrical Engineers (AIEE). Part III: Power Apparatus and System, Volume : 80, Issue: 3, April 1961.
- [4]. Institute of Electrical and Electronic Engineering (IEEE)., “*998-2012 IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations*”, Standard IEEE 998-2012 (Revisi Standard IEEE 998-1996) https://bit.ly/standard_ieee_998_2012, pp. 07 ; IEEE, 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997 – USA, [Publisher IEEE : 30 April 2013].
- [5]. Lightning and Surge Protection (LSP) Team, Thn. --- ?, *BS EN IEC 62305 Standar Proteksi petir*, www.lsp-international.com, Diakses : 15 September 2022, https://bit.ly/meto_da_bola_gelinding
- [6]. IEEE working group report, “Estimating Lightning Performance of Transmission Lines Analytical Models” IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 8, No. 3, Juli 1993.
- [7]. IEC-62305 Part-1 International Standard, 2010, “Protection Against Lightning Part 1 : General Principles”, p. 36, General Principles BS EN/IEC 62305-1, 2010.
- [8]. Mackerras D., Darveniza M., Liew., AC., “Review of Claimed Enhanced Lightning Protection of Buildings By Early Streamer Emission Air Terminals”, Journal IEE (Institution of Electrical Engineers) Proc. Meas. Technol, Vol. 144, No. 1 January 1997.