

Sistem Proteksi Petir Eksternal dan Estimasi Kenaikan Tegangan pada Sistem Pentanahan Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang

Septrianesa¹, Muhammad Abu Bakar Sidik¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Palembang, Indonesia

corresponding author(s): abubakar@unsri.ac.id

Abstrak— Fenomena petir merupakan peristiwa lepasnya muatan listrik (*electric discharge*) yang terjadi di atmosfer, diikuti dengan semburan cahaya dan radiasi gelombang elektromagnetik karena efek perpindahan muatan yang terjadi antara bumi dan udara. Sambaran petir yang dapat menimbulkan kerusakan fatal mengakibatkan diciptakanlah usaha proteksi petir guna melindungi dari akibat sambaran petir. Untuk menciptakan proteksi petir yang optimal diperlukan pengetahuan tentang segala hal mengenai petir itu sendiri dan juga proteksi petir yang akan digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem proteksi eksternal petir yang sedang dikerjakan pada Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang dengan menggunakan *software SketchUp* kemudian membuat rangkaian ekuivalen SPP petir untuk dilakukan perhitungan besar tegangan saat sambaran petir menggunakan *software ATP-Draw*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga belas bangunan memiliki kebutuhan *air termination* dan *down conductor* yang berbeda. Kemudian untuk hasil simulasi besar tegangan yang timbul saat sambaran petir mengenai *down conductor* bangunan *office building*, tangki avtur dan lampu jalan secara berurutan yaitu 22.729 kV, 23.506 kV dan 22.798 kV. Nilai tegangan yang timbul pada bangunan tangki avtur lebih besar dibandingkan bangunan *office building* dan lampu jalan. Nilai tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya yaitu perbedaan struktur dan tinggi bangunan. Perbedaan tersebut membuat rangkaian ekuivalen untuk tiap bangunan juga berbeda.

Kata Kunci—petir, *software sketchup*, *software ATP*

Abstract— The lightning phenomenon is the event of the release of electric charge that occurs in the atmosphere, followed by bursts of light and electromagnetic wave radiation due to the effect of the transfer of charge that occurs between the earth and the air. Lightning strikes that can cause fatal damage result in the creation of lightning protection efforts to protect from the effects of lightning strikes. To create optimal lightning protection, knowledge of everything about lightning itself and also lightning protection is required. This study aims to evaluate the external protection system of lightning that is being worked on the Avtur Pulau Layang Storage Station by using SketchUp software and then create a series of lightning SPP equivalents to perform large voltage calculations when lightning strikes using ATP-Draw software. The simulation results using SketchUp software showed that all thirteen buildings must have external SPP to reduce the impact of lightning strikes, where the need for water termination and down conductor for each building is different. Furthermore, for the simulation results using ATP-Draw software, it was obtained that the voltage that arises when lightning strikes hit the down conductor of office building buildings, avtur tanks and street lights in sequence is 22,729 kV, 23,506 kV and 22,798 kV. The voltage value that arises in the tank building avtur is greater than the office building and street lights.

Keywords— *lightning*, *SketchUp software*, *ATP software*

I. PENDAHULUAN

Fenomena petir merupakan peristiwa lepasnya muatan listrik (*electric discharge*) yang terjadi di atmosfer, diikuti dengan semburan cahaya dan radiasi gelombang elektromagnetik karena efek perpindahan muatan yang terjadi antara bumi dan udara. Awan yang bermuatan dapat tercipta dari pergerakan awan yang terus menerus bergerak dan akan saling berinteraksi dengan awan lainnya sehingga berkumpul muatan negatif pada salah satu sisinya sedangkan pada sisi sebaliknya akan berkumpul muatan positif. Disaat beda potensial yang terbentuk antara awan dan bumi cukup besar melebihi kuat medan tembus udara ke tanah maka akan terjadi proses pelepasan muatan ke bumi agar tercapai kesetimbangan [1].

Secara geografis Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa dan berada di antara dua benua memiliki jumlah hari guruh sekitar 180 sampai 260 hari per tahun dengan nilai kerapatan sambaran petir ke tanah mencapai 30 sambaran per tahun, serta karakteristik petir yang dimiliki berbeda dengan negara lainnya [2].

Oleh sebab itu badan standarisasi menggunakan karakteristik petir di Indonesia tersebut menjadi standar umum untuk petir. Sambaran petir yang dapat menimbulkan kerusakan fatal mengakibatkan diciptakanlah

usaha proteksi petir guna melindungi dari akibat sambaran petir. Untuk menciptakan proteksi petir yang optimal diperlukan pengetahuan tentang segala hal mengenai petir itu sendiri dan juga proteksi petir yang akan digunakan [3].

Sistem proteksi petir pada suatu bangunan terdiri dari dua bagian yaitu sistem proteksi internal dan eksternal. Sistem proteksi internal berguna untuk melindungi area dalam gedung seperti peralatan elektronik dari tegangan lebih yang berasal dari sambaran petir. Sebaliknya sistem proteksi eksternal membuat resiko sambaran langsung pada bangunan tidak terlalu memberikan dampak kerusakan [2].

Adapun peraturan mengenai pentingnya pengawasan terhadap suatu instalasi petir yaitu terdapat dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 1989 tentang pengawasan instalasi penyalur petir. Keselamatan tenaga kerja dan sistem produksi di tempat kerja dari bahaya kemungkinan sambaran petir menjadi inti pokok dari peraturan tersebut [4].

Sebagai salah satu proyek milik PT. Pertamina (PERSERO), Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang harus memiliki Sistem Proteksi Petir (SPP) yang handal dan optimal untuk meminimalisir dampak sambaran petir langsung pada area bangunan proyek. Karena itulah dilakukan evaluasi serta simulasi mengenai SPP eksternal bangunan tersebut serta akan dilakukan perhitungan besar tegangan saat sambar petir langsung pada *down conductor* bangunan.

Diketahui penelitian mengenai perancangan sistem proteksi eksternal petir dan simulasi sambaran petir pada SPP eksternal telah banyak sekali dilakukan. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Venkatesh et al [8], yaitu meneliti tentang perancangan sistem proteksi eksternal petir dengan menggunakan metode *Modified Rolling Sphere* untuk monumen raksasa Chola abad pertengahan di India Selatan yang mempunyai geometri struktur rumit dan luas. Adapun penelitian yang dilakukan Masowski et al [7] yang meneliti tentang bentuk gelombang dan distribusi arus petir pada setiap bagian SPP suatu struktur yang relatif kecil menggunakan *software* ATP, dengan memfokuskan pada batang elektroda untuk rangkaian ekuivalen yang disimulasikan. Rofiqoh Ainun [6], dalam penelitiannya mengevaluasi ukuran *down conductor*, jumlah *down conductor* dan elektroda pentanahan yang digunakan dalam SPP apakah telah optimal dengan menggunakan *software* ATP.

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan terdapat perbedaan terhadap penelitian yang sebelumnya yaitu terletak pada daerah penelitian serta pada penelitian ini akan ditemukan perancangan sistem proteksi petir eksternal yang paling optimal dengan menggunakan *software* SketchUp dan dilakukan simulasi untuk mendapatkan besar potensial sambaran petir secara langsung pada *down conductor* dengan menggunakan *software* ATP.

II. METODOLOGI PENELITIAN

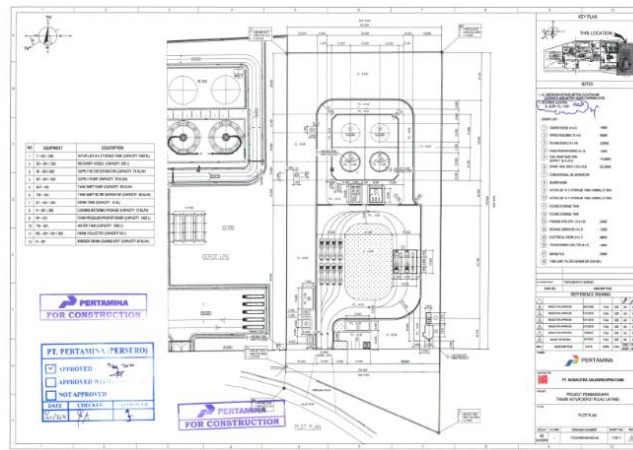
Pada penelitian ini, tahap awal yang dilakukan yaitu studi literatur dengan mencari berbagai informasi dari berbagai literatur seperti buku, jurnal/paper ataupun hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan untuk membantu penulisan penelitian ini. Studi literatur yang dilakukan antara lain mempelajari berbagai informasi tentang petir, sistem proteksi eksternal petir serta mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk penelitian ini.

Selanjutnya melakukan perancangan sistem proteksi eksternal petir dengan menggunakan *software* SketchUp. SketchUp digunakan untuk mendesain grafik model dalam bentuk 3 dimensi sehingga akan terlihat jumlah dan letak dari *air termination* dan *down conductor* yang optimal setelah dilakukannya pemodelan dengan metode *rolling sphere*.

Setelah perancangan sistem proteksi eksternal petir selesai didesain selanjutnya akan dibuat pemodelan rangkaian ekuivalen pada sistem SPP eksternal Proyek Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang dengan menggunakan *software* ATP. Pada *software* ATP dilakukan simulasi dan akan dianalisa besarnya potensial terkena sambaran petir langsung pada *down conductor*.

A. Objek Penelitian

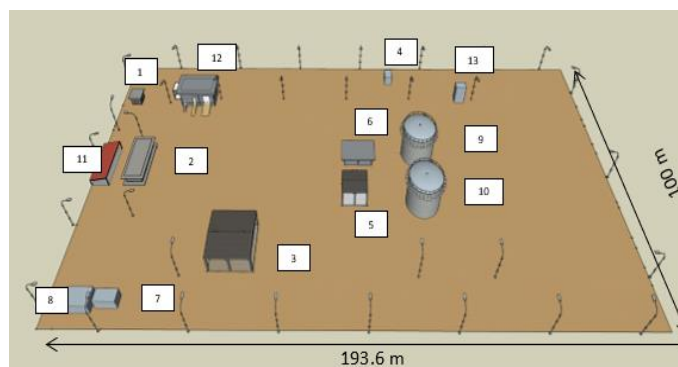
Proyek pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang merupakan salah satu proyek dari PT. Pertamina (PERSERO) dengan luas area sebesar 100 x 193.6 meter. Banyak bangunan yang terdapat didalam proyek tersebut yaitu sekitar tiga belas bangunan dengan panjang, lebar serta tinggi tiap bangunan berbeda. Pemilihan proyek pembangunan tanki avtur ini sebagai objek penelitian karena proyek tersebut masih dalam tahap pembangunan dan walaupun sudah dilengkapi mengenai rancangan SPP eksternal pada bangunannya tetapi tidak semua bangunan dilengkapi SPP eksternal sehingga penulis melalui penelitian ini bertujuan untuk melengkapi semua bangunan yang ada di proyek dengan SPP eksternal untuk meminimalisir dampak sambaran petir. Berikut merupakan *layout* proyek pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar. 1. Layout luas proyek stasiun penyimpanan avtur Pulau Layang

B. Perancangan Sistem Proteksi Eksternal dengan Software SketchUp

Perancangan sistem proteksi eksternal petir dilakukan dalam beberapa tahap yaitu pemasangan *air termination* dan *down conductor* yang sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari bangunan yang berada di area proyek Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang. Pada penelitian ini terdapat tiga belas bangunan yang akan didesain sistem proteksi petir eksternalnya. Ketiga belas bangunan tersebut dibuat sketsa bentuk 3D dengan menggunakan software *SketchUp*. Beberapa bangunan ada yang belum selesai dibangun sehingga sketsanya hanya dibuat kotak dengan panjang, lebar dan tingginya sesuai dengan data yang diperoleh. Sketsa tiap bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar. 2. Bentuk sketsa dari ketiga belas bangunan

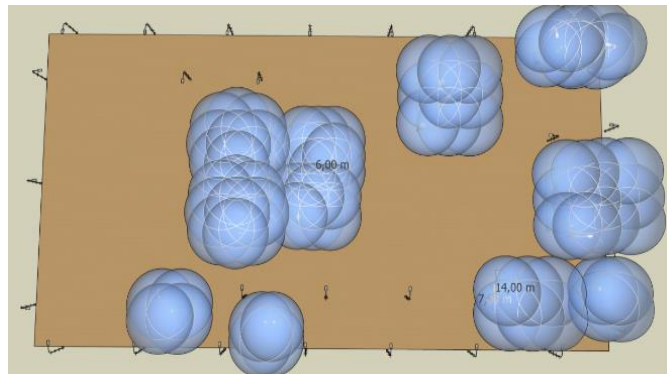
C. Pemodelan Rangkaian Ekuivalen Menggunakan Software ATP

Software ATP digunakan pada penelitian untuk melakukan pemodelan dan simulasi pada Sistem Proteksi Eksternal Petir Proyek Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang. Pemodelan rangkaian ekuivalen akan dibuat berdasarkan data *layout* Pada tiap bangunan menggunakan terminasi udara yang sama yaitu jarum tembaga dengan panjang 60 cm dan diameter $\frac{1}{2}$ inci. Kemudian terminasi udara akan disambung ke terminasi udara lainnya dengan kabel *core* 50 mm². Kabel *core* 50 mm² juga digunakan sebagai *down conductor* untuk mengalirkan arus petir dari terminasi udara menuju ke *grounding*. Berdasarkan desain SPP yang telah dibuat, diketahui jumlah *air termination*, *down conductor* dan *grounding* pada setiap bangunan berbeda. Pada *grounding* digunakan batang elektroda dengan panjang 3 meter. Sumber sambaran petir yang digunakan pada simulasi yaitu petir *Heidler* 30 kA dengan *front time* 1.2 μ s dan *tail time* 50 μ s (1.2/50).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Sistem Proteksi Petir Eksternal

Pada penelitian ini digunakan metode *rolling sphere*/bola bergulir untuk menentukan sistem proteksi eksternal petir. Jari-jari bola yang digunakan yaitu 20 meter sesuai dengan standar IEC 62305 proteksi petir level 1. Sedangkan panjang *air termination* yaitu 60 cm. Rancangan *air termination* dengan metode *rolling sphere* pada tiap bangunan dapat dilihat pada Gambar 3.



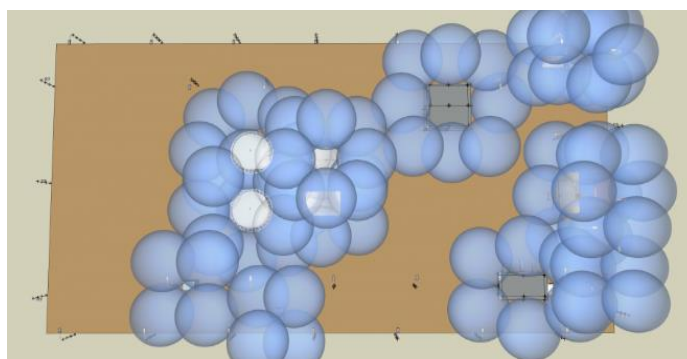
Gambar. 3. Simulasi perancangan *air terminal*

Setelah simulasi perancangan *air termination* selesai, dapat diketahui banyaknya jumlah *air termination* yang optimal untuk dapat melindungi seluruh bagian atas bangunan dari sambaran petir langsung. Berikut tabel 2 untuk jumlah *air termination* tiap bangunan.

TABEL I. JUMLAH AIR TERMINATION TIAP BANGUNAN

No.	Nama Bangunan	Jumlah Air Terminal
1.	Guard House	4
2.	Office Building	6
3.	Filling Shed	9
4.	Foam Proportioner	4
5.	Fuel Pump Sheed For Supply	9
6.	Drain Tank Shed	6
7.	Conventional Oil Separator	4
8.	Guard Basin	3
9.	Avtur (Jet A-1) Storage Tank (1000KL)	1
10.	Avtur (Jet A-1) Storage Tank (1000KL)	1
11.	Parking Shelter	6
12.	Electrical Room	6
13.	Gudang Limbah	4

Perancangan *down conductor* juga digunakan metode *rolling sphere* yang digulirkan pada setiap dinding bangunan. Simulasi yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.



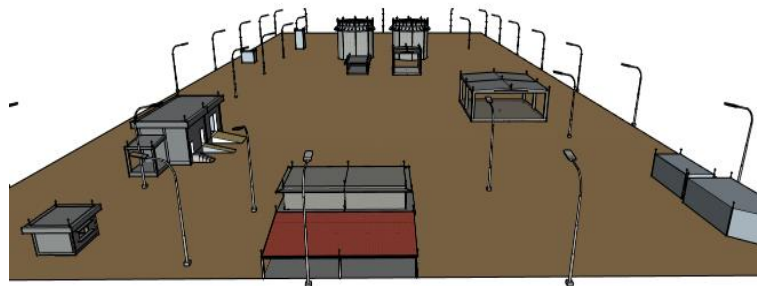
Gambar. 4. Perancangan *down conductor*

Setelah simulasi perancangan selesai dilakukan, didapatkan jumlah *down conductor* yang dapat dipasang untuk meminimalisir kerusakan dari sambaran petir langsung pada dinding tiap bangunan. Berikut tabel II untuk jumlah *down conductor* tiap bangunan.

TABEL II. JUMLAH *DOWN CONDUCTOR* TIAP BANGUNAN

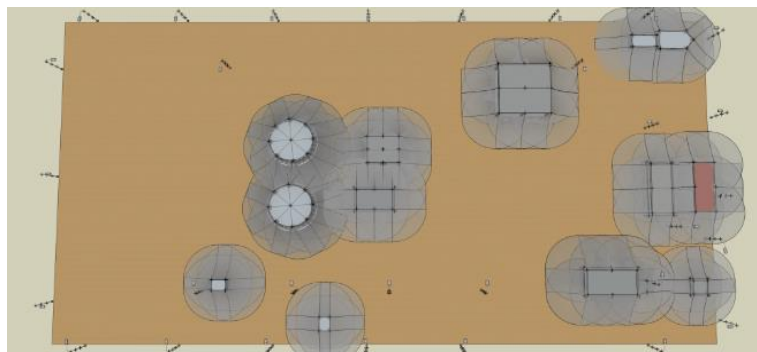
No.	Nama Bangunan	Jumlah <i>Down Conductor</i>
1.	<i>Guard House</i>	1
2.	<i>Office Building</i>	2
3.	<i>Filling Shed</i>	3
4.	<i>Foam Proportioner</i>	1
5.	<i>Fuel Pump Sheed For Supply</i>	1
6.	<i>Drain Tank Shed</i>	1
7.	<i>Conventional Oil Separator</i>	1
8.	<i>Guard Basin</i>	1
9.	<i>Avtur (Jet A-1) Storage Tank (1000KL)</i>	2
10.	<i>Avtur (Jet A-1) Storage Tank (1000KL)</i>	2
11.	<i>Parking Shelter</i>	1
12.	<i>Electrical Room</i>	2
13.	Gudang Limbah	1

Setelah dilakukan simulasi menggunakan metode *rolling sphere*, kemudian dipasang *air termination* dan *down conductor* pada bangunan tersebut. Berikut Gambar 5 saat telah dipasang *air termination* dan *down conductor*nya.



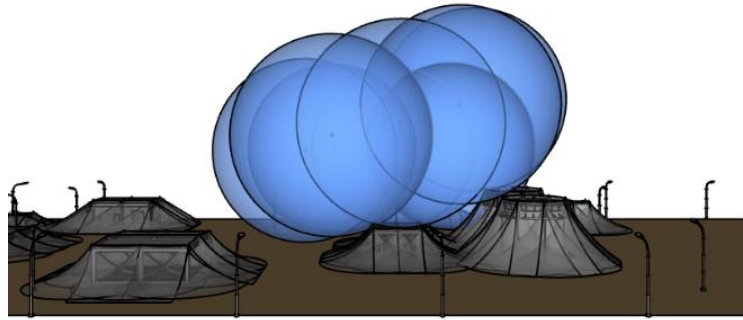
Gambar 5. Setelah pemasangan *air termination* dan *down conductor*

Setelah terpasang *air termination* dan *down conductor* pada tiap bangunan maka akan terbentuk area perlindungan yang melingkupi setiap bangunan. Dengan adanya area perlindungan maka sambaran petir langsung tidak akan menyambar daerah yang termasuk dalam area perlindungan sehingga meminimalisir kerusakan. Berikut area perlindungan yang didapatkan dari hasil simulasi menggunakan metode *rolling sphere* dapat dilihat pada Gambar 6.



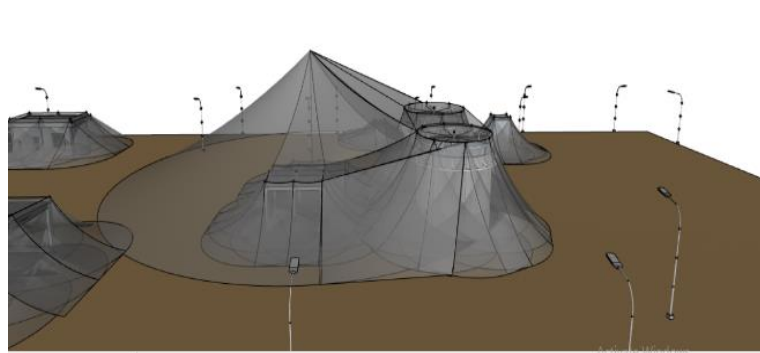
Gambar 6. Area perlindungan secara keseluruhan

Selain menggunakan *air termination* di setiap bangunan, digunakan pula ESE sistem untuk sistem proteksi eksternal petir. Simulasi juga dilakukan dengan menggunakan *software SketchUp* dengan metode *rolling sphere*. Perencanaan yang telah disimulasikan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar. 7. Perencanaan ESE sistem dengan metode *rolling sphere*

Berikut adalah area perlindungan untuk ESE sistem yang didapatkan dari hasil simulasi menggunakan metode *rolling sphere*, dapat dilihat pada Gambar 8.

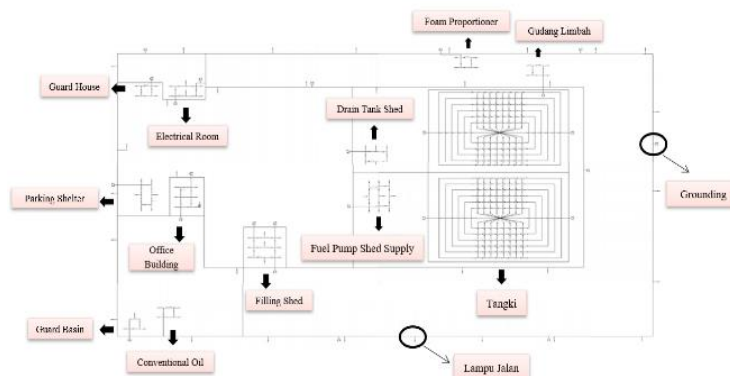


Gambar. 8. Area Perlindungan untuk ESE Sistem

B. Simulasi Sistem Proteksi Petir Eksternal dengan Menggunakan Software ATP Draw

Setiap bangunan yang telah didesain dengan menggunakan software *SketchUp* akan dibuat rangkaian ekuivalennya untuk disimulasikan menggunakan software *ATP Draw* untuk melihat besar tegangan yang timbul saat terjadi sambaran petir yang mengenai bangunan.

Setelah semua rangkaian ekuivalen setiap bangunan dibuat, selanjutnya tiap bangunan akan saling dihubungkan dan akan terdapat tambahan komponen pengganti lampu jalan dan grounding pada sekeliling bangunan sehingga akan terbentuk daerah proyek Penyimpanan Avtur Pulau Layang seperti pada data *layout*. Rangkaian ekuivalen keseluruhan proyek Penyimpanan Avtur Pulau Layang dapat dilihat pada Gambar 9.



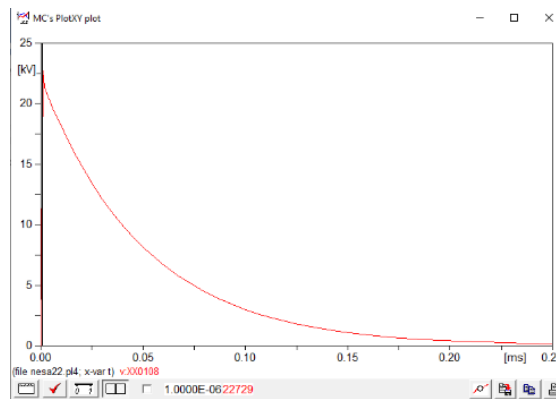
Gambar. 9. Rangkaian ekuivalen SPP bangunan yang saling terhubung

Simulasi pertama dilakukan saat sambaran petir mengenai salah satu bangunan. Pada simulasi ini digunakan bangunan *office building* sebagai objek simulasi. Setelah rangkaian ekuivalen setiap gedung dihubungkan kemudian diberi arus petir *Heidler* dengan arus sebesar 30 kA, serta *front time* 1.2 μ s dan *tail time* 50 μ s (1.2/50). Arus petir akan mengenai rangkaian ekuivalen SPP pada *down conductor* yang menggunakan KBC 50 mm² dan selanjutnya akan dilihat besar tegangan yang timbul pada *down conductor*. Simulasi sambaran petir yang mengenai *office building* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar. 10. Simulasi sambaran petir yang mengenai *office building*

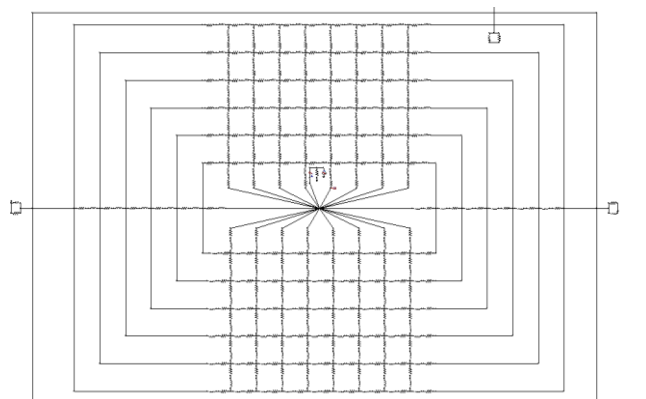
Dari simulasi yang telah dilakukan, didapat grafik yang menunjukkan besar tegangan yang timbul pada *down conductor* KBC 50 mm² ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar. 11. Grafik tegangan pada *down conductor* untuk rangkaian ekuivalen SPP *office building*

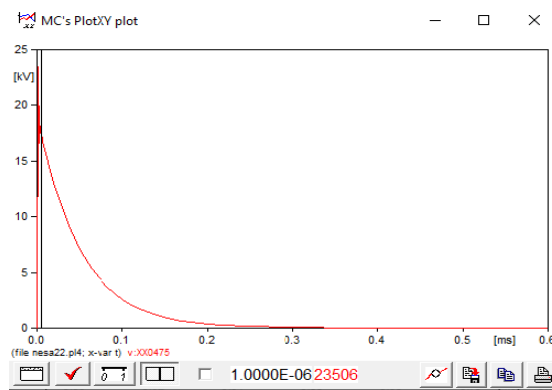
Berdasarkan grafik hasil simulasi untuk rangkaian ekuivalen SPP Office Building yang ditunjukkan pada Gambar 11, diketahui bahwa besar tegangan yang timbul pada *down conductor* KBC 50 mm² yaitu sebesar 22.729 kV.

Simulasi selanjutnya yaitu saat sambaran petir mengenai tangki avtur yang merupakan bangunan tertinggi didalam proyek tersebut. Rangkaian ekuivalen SPP tangki hanya memiliki satu *air termination* yang berada tepat ditengah bagian atas tangki yang berbentuk lingkaran. Pada simulasi ini sambaran petir akan mengenai *air termination* dan selanjutnya *probe voltage* akan diletakkan pada *down conductor* untuk menghitung besar tegangan yang timbul pada *down conductor*. Simulasi sambaran petir yang mengenai tangki avtur dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar. 12. Simulasi sambaran petir yang mengenai tangki avtur

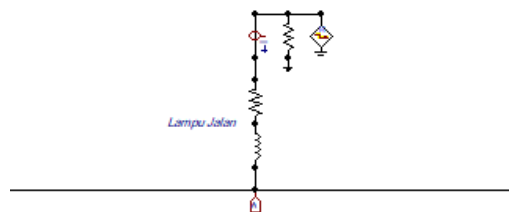
Dari simulasi yang telah dilakukan, didapat grafik yang menunjukkan besar tegangan yang timbul pada *down conductor* ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar. 13. Grafik tegangan pada *down conductor* untuk rangkaian ekuivalen SPP tangki avtur

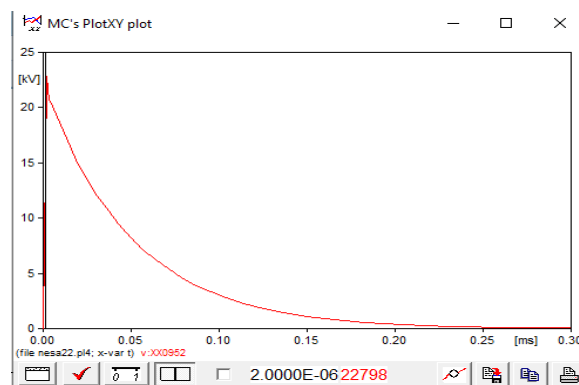
Berdasarkan grafik hasil simulasi untuk rangkaian ekuivalen SPP Tangki Avtur yang ditunjukkan pada Gambar 13, diketahui bahwa besar tegangan yang timbul pada *down conductor* yaitu sebesar 23.506 kV.

Dilakukan pula simulasi disaat sambaran petir mengenai tiang lampu jalan. Daerah proyek penyimpanan Avtur Pulau Layang memiliki sekitar 33 lampu jalan dengan tinggi 10 meter yang mana juga berpotensi untuk terkena sambaran petir. Karena hal itulah, perlu dilakukan simulasi untuk menghitung besar tegangan saat sambaran petir mengenai tiang lampu jalan. Untuk lampu jalan sendiri diasumsikan sebagai satu batang tunggal dengan panjang 3 meter. Simulasi sambaran petir yang mengenai lampu jalan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar. 14. Simulasi sambaran petir yang mengenai lampu jalan

Setelah dilakukan simulasi, didapatkan grafik yang menunjukkan besar tegangan yang timbul pada lampu jalan ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar. 15. Grafik tegangan pada lampu jalan

Berdasarkan grafik hasil simulasi untuk rangkaian ekuivalen untuk simulasi sambaran petir mengenai lampu jalan yang ditunjukkan pada Gambar 15, diketahui bahwa besar tegangan yang timbul yaitu sebesar 22.798 kV.

Pada hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai tegangan yang paling besar yaitu saat petir menyambar *down conductor* pada tangki avtur sedangkan nilai tegangan saat petir menyambar *office building* dan lampu jalan lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan struktur dan tinggi bangunan. Dimana tangki avtur merupakan bangunan yang paling tinggi di proyek tersebut. Dengan semakin besarnya nilai tegangan yang timbul pada *down conductor* suatu SPP maka potensi terjadinya tegangan lebih (*overvoltage*) akan semakin besar. Karena itu perlindungan sistem proteksi petir eksternal pada tangki avtur harus lebih

diprioritaskan sehingga *overvoltage* pada *down conductor* yang dapat menimbulkan bahaya bagi gedung dan lingkungan sekitarnya dapat diminimalisir.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan desain SPP eksternal pada Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang yang telah dilakukan, diketahui bahwa setiap bangunan haruslah memiliki SPP eksternal yang berguna untuk meminimalisir dampak kerusakan dari sambaran petir. Untuk ketiga belas bangunan memiliki panjang, lebar serta tinggi yang berbeda-beda sehingga kebutuhan *air termination* dan *down conductor* untuk SPP eksternalnya berbeda pula. Sedangkan untuk pemodelan rangkaian ekuivalen dari SPP Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang pada *software* ATP telah dilakukan sesuai dengan data *layout* yang ada, dimana nilai dari setiap komponen pada rangkaian simulasi didapat dari proses perhitungan menggunakan beberapa persamaan. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan besar tegangan yang timbul saat sambaran petir mengenai *down conductor* bangunan *office building*, tangki avtur dan lampu jalan secara berurutan yaitu 22.729 kV, 23.506 kV dan 22.798 kV. Nilai tegangan yang timbul pada bangunan tangki avtur lebih besar dibandingkan bangunan *office building* dan lampu jalan. Nilai tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya yaitu perbedaan struktur dan tinggi bangunan. Perbedaan tersebut membuat rangkaian ekuivalen untuk tiap bangunan juga berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Antonov, "Perlindungan Bangunan Terhadap Sambaran Petir," Institut Teknologi Padang, 1994.
- [2] D. M. Christian, "Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Pabrik PT Pupuk Sriwijaya," Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.
- [3] I. G. S. Widharma, "Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Petir Pada Stasiun Pemancar Tv," Matrix, vol. 9, no. 3, 2019.
- [4] J. Ginting, "Analisa Efek Tegangan Induksi Karena Sambaran Petir Pada Area Operasional PT.X," Universitas Indonesia, 2012.
- [5] V. A. Rakov et al, "Direct Lightning Strikes to The Lightning Protective System of A Residential Building: Triggered-Lightning Experiments," IEEE Trans. Power Deliv, vol. 17, no. 2, pp. 575–586, 2002.
- [6] R. Ainun, "Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal pada Gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya," Universitas Sriwijaya, 2020.
- [7] G. Maslowski, V. A. Rakov, and R. Ziembra, "Experimental Investigation and Modeling of Surge Currents in Lightning Protection System 2. Experimental Setup," no. Lv, pp. 10–13, 2014.
- [8] Venkatesh et al, "Three-Dimensional Implementation of Modified Rolling Sphere Method for Lightning Protection of Giant Medieval Chola Monument in South India," IEEE 14th Int. Conf. Ind. Inf. Syst., pp. 535–540, 2019.