

EVALUASI SISTEM PROTEKSI PETIR EKSTERNAL PADA GEDUNG AULA DAN PUSAT KEGIATAN MAHASISWA FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Rofiqoh Ainun¹, Muhammad Abu Bakar Sidik¹
¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Kota Palembang, Indonesia
corresponding author(s): abubakar@unsri.ac.id

Abstrak— Universitas Sriwijaya merupakan salah satu universitas yang berada di Sumatera Selatan. Ada satu gedung yang baru dibangun di kampus Indralaya Universitas Sriwijaya yaitu Aula dan Student Center Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya yang dibangun di dekat kepadatan aktivitas dan gedung kemahasiswaan. Oleh karena itu, diperlukan Sistem Penangkal Petir (LPS) eksternal untuk meminimalisir dampak sambaran petir langsung yang dapat terjadi. Telah dilakukan penelitian tentang evaluasi LPS eksternal gedung dengan menggunakan software Alternative Transient Program (ATP) untuk melihat potensi yang timbul pada konduktor turun saat petir langsung menyambar terminasi udara. Berdasarkan data tata letak gedung, diketahui bahwa jenis down conductor yang akan dipasang pada LPS eksternal adalah Bare Core Cable (KBC) 50 mm² dengan satu buah down conductor dan satu buah batang pembumian. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa potensial yang timbul pada penghantar bawah menggunakan KBC 50 mm² adalah $4,4408 \times 10^6$ V. Sedangkan potensial yang timbul pada penghantar bawah menggunakan KBC 70 mm² adalah $4,4406 \times 10^6$ V Dengan satu konduktor bawah dan satu batang pembumian yang dipasang pada LPS luar, maka potensial yang timbul pada Batang 1 adalah $4,441 \times 10^6$ V. Sedangkan, potensial yang timbul pada masing-masing Batang (Batang 1 dan Batang 2) dari LPS luar itu dipasang dengan dua buah penghantar bawah dan dua batang pembumian adalah $2,7249 \times 10^6$ V. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, tegangan induksi yang timbul pada satu lilitan pada suatu ruangan yang terletak di sebelah penghantar bawah adalah 378 kV jika nilai puncak arus petir yang mengenai konduktor turun adalah 30 kA/ μ s. Sedangkan berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan software ATP, tegangan induksi yang timbul sebesar 4441,5 kV.

Keywords—*Alternative Transient Program (ATP), lighting protection system, tegangan induksi*

Abstract— Sriwijaya University is one of the universities located in South Sumatera. There is one building that recently built in Indralaya campus of Sriwijaya University, namely Hall and Student Center Faculty of Economics Sriwijaya University which is built near the density of student activities and buildings. Thus, it needs an external Lightning Protection System (LPS) to minimize the impact of direct lightning strike that can be occurred. A research about the building's external LPS evaluation has been done using Alternative Transient Program (ATP) software to see the potential that arise on the down conductor when lightning directly strikes the air termination. Based on the layout data of the building, it is known that the type of down conductor that will be installed on the external LPS is Bare Core Cable (KBC) 50 mm² with one down conductor and one earthing rod. Based on the simulation that has been done, it is known that the potential that arised on the down conductor using KBC 50 mm² is 4.4408×10^6 V. Meanwhile, the potential that arise on the down conductor using KBC 70 mm² is 4.4406×10^6 V. With one down conductor and one earthing rod that installed on the external LPS, the potential that arise on Rod 1 is 4.441×10^6 V. Meanwhile, the potential that arise on each Rod (Rod 1 and Rod 2) of the external LPS that installed with two down conductors and two earthing rods is 2.7249×10^6 V. Based on the calculation that has been done, the induced voltage that arise in one loop in a room that located next to the down conductor is 378 kV if the peak value of lightning current that strikes the down conductor is 30 kA/ μ s. Meanwhile, based on the simulation that has been done by using ATP software, the induced voltage that arise is 4441.5 kV.

Keywords—*Alternative Transient Program (ATP), lighting protection system, induced voltage*

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang terletak di garis khatulistiwa dengan iklim tropis. Kondisi ini menyebabkan Indonesia memiliki curah hujan yang tinggi dikarenakan negara tersebut mempunyai wilayah perairan yang luas dengan suhu panas serta kelembapan yang tinggi. Curah hujan yang tinggi menyebabkan tingginya pula pembentukan awan *Cumulonimbus*, yaitu salah satu jenis awan penyebab terjadinya petir dengan bentuk yang tinggi dan cenderung menggumpal dibandingkan dengan awan biasa.

Dengan tingginya curah hujan di Indonesia, maka semakin tinggi pula jumlah sambaran petir yang dapat terjadi.

Universitas Sriwijaya merupakan salah satu perguruan tinggi yang berada di Sumatera Selatan dan memiliki dua kampus utama, yaitu di Bukit Besar (Palembang) dan di Indralaya (Ogan Ilir) serta memiliki sepuluh fakultas, dimana setiap fakultas memiliki gedung perkuliahan masing-masing yang dibangun dan digunakan untuk menunjang kegiatan mahasiswa, baik untuk kegiatan akademik maupun non akademik.

Terdapat satu gedung yang baru selesai dibangun di kampus Indralaya, yaitu Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi, Universitas Sriwijaya. Sebagai gedung yang terletak di dekat pusat kegiatan mahasiswa dan kepadatan bangunan perkuliahan, maka dibutuhkan suatu Sistem Proteksi Petir (SPP) pada gedung guna meminimalisir dampak dari sambaran petir.

Dampak dari sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung pada suatu bangunan dapat menyebabkan kerusakan yang fatal, baik pada bangunan itu sendiri maupun peralatan listrik yang ada di dalam dan disekitar bangunan tersebut. Hal ini disebabkan oleh adanya arus petir yang menghasilkan medan elektromagnetik, sehingga timbulnya tegangan induksi.

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan simulasi SPP pada suatu bangunan. Rakov *et al.* telah melakukan penelitian dengan menginjeksikan arus petir secara langsung ke SPP pada suatu rumah untuk melihat distribusi arus petir yang mengalir dalam setiap bagian sistem, dimana SPP rumah tersebut terdiri dari satu terminasi udara dan dua batang elektroda pada sistem pentanahannya.

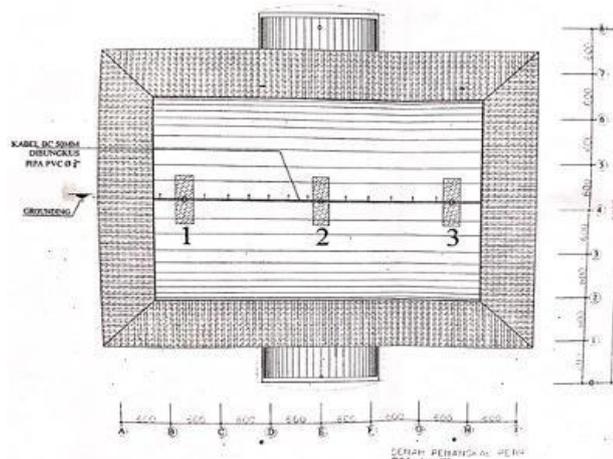
Maslowski *et al.* membahas mengenai bentuk gelombang dan distribusi arus petir pada setiap bagian SPP suatu struktur yang relatif kecil menggunakan *software Alternative Transient Program (ATP)*, dimana rangkaian ekuivalen yang dibuat untuk simulasi *software* difokuskan pada batang elektroda dari sistem pentanahan struktur tersebut.

Namun, hingga saat ini belum dilakukan penelitian mengenai simulasi dan evaluasi dari SPP eksternal gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya menggunakan *software ATP* terhadap potensial yang timbul pada *down conductor* diakibatkan sambaran petir secara langsung pada salah satu terminasi udara.

II. METODOLOGI PENELITIAN

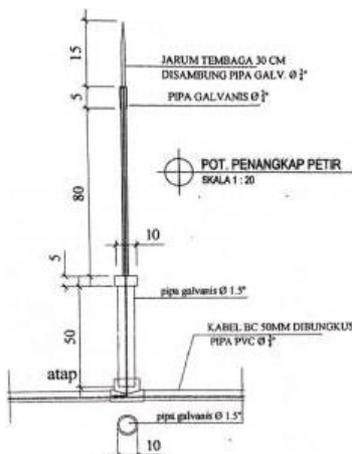
Bangunan yang menjadi objek penelitian yaitu Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya yang berlokasi di Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Penelitian dilakukan pada bulan Februari - Mei 2020.

Layout dari SPP eksternal gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar. 1. *Layout* Tampak Atas SPP Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya

Diketahui bahwa SPP eksternal gedung tersusun atas tiga bagian, yaitu tiga batang terminasi udara yang tersambung satu sama lain melalui *down conductor* hingga ke sistem pentanahan. Struktur dari satu terminasi udara yang terpasang pada gedung ditunjukkan pada Gambar 2.

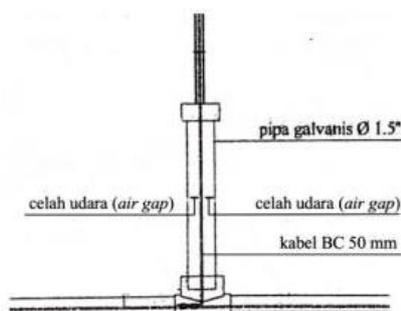


Gambar. 2. Struktur Satu Terminasi Udara Bangunan

Terminasi udara tersusun atas beberapa jenis bahan, dimana masing-masing bahan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda. Pada bagian atas terminasi udara, terdapat sebuah Jarum Tembaga 30 cm (JT 30 cm) yang tersambung dengan Kabel *Bare Core* (KBC) dengan ukuran/luas penampang 50 mm² dan Pipa Galvanis berdiameter 3/4" (PG 3/4"). Selanjutnya, pipa galvanis 3/4" tersebut disambung dengan pipa galvanis lain berdiameter 1.5" (PG 1.5").

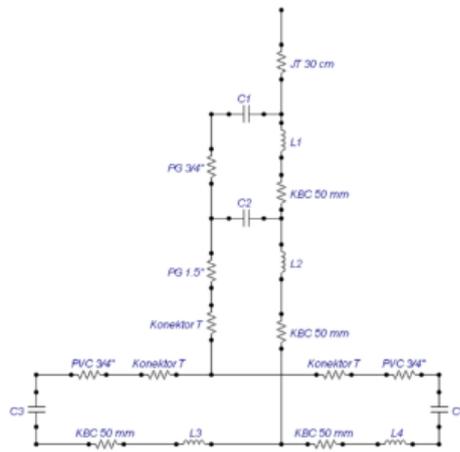
Agar pipa galvanis 1.5" tersebut dapat disambung dengan batang terminasi udara yang lain melalui konduktor penyalur, maka pipa galvanis tersebut disambungkan dengan konektor berbentuk "T" yang pada penelitian kali ini diasumsikan terbuat dari material besi. Jika satu sisi konektor "T" telah tersambung dengan pipa galvanis 1.5", maka dua sisi konektor lainnya disambungkan dengan pipa *PolyVinyl Chloride* (PVC) berdiameter 3/4" (PVC 3/4") yang membungkus kabel BC 50 mm² yang juga tersambung dengan jarum tembaga pada bagian atas batang terminasi udara.

Pada penelitian kali ini, diasumsikan bahwa terdapat celah udara (*air gap*) antara pipa galvanis 3/4" dan kabel BC 50 mm pada bagian atas batang terminasi udara, dimana bagian ini memiliki struktur yang hampir sama seperti kabel koaksial. Sehingga, terdapat kapasitansi pada bagian tersebut. Sama seperti bagian antara pipa galvanis 1.5" dan kabel BC 50 mm serta pipa PVC 3/4" dan kabel BC 50 mm² pada bagian bawah batang terminasi udara, terdapat celah udara diantaranya sehingga terdapat kapasitansi pada bagian tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



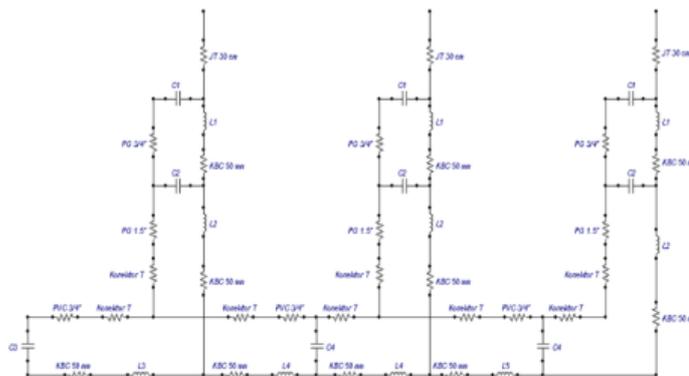
Gambar. 3. Celah Udara pada Pipa Galvanis 1.5" dan Kabel BC 50 mm²

Berdasarkan *layout* struktur satu terminasi udara, pemodelan rangkaian ekuivalen dari satu terminasi udara menggunakan *software ATP* ditunjukkan pada Gambar 4.



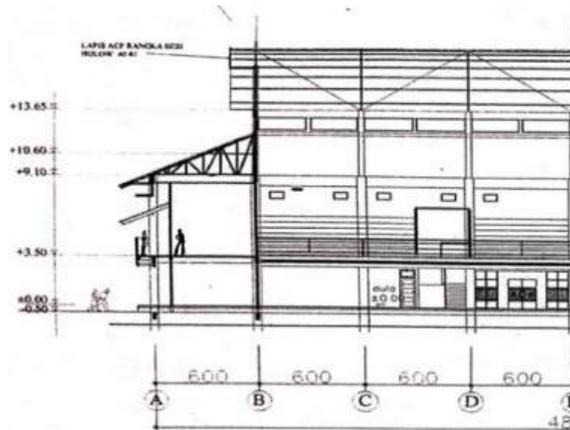
Gambar. 4. Rangkaian Ekuivalen dari Satu Terminasi Udara

Diketahui bahwa gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya memiliki tiga terminasi udara, yang mana bagian *down conductor* dari SPP eksternal yang menghubungkan antarterminasi udara dipasang di bawah atap gedung. Rangkaian ekuivalen dari ketiga terminasi udara ditunjukkan pada Gambar 5.



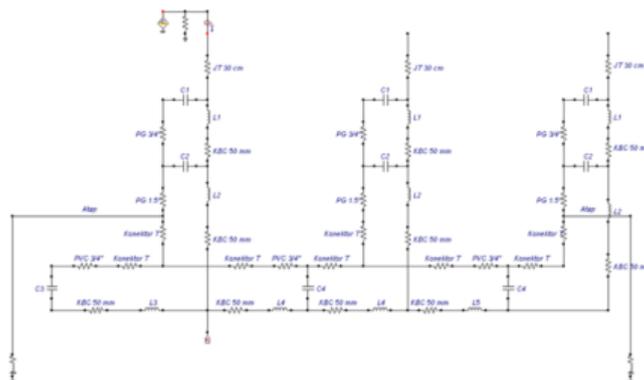
Gambar. 5. Rangkaian Ekuivalen dari Ketiga Terminasi Udara

Diketahui bahwa atap gedung ini menggunakan listplang *Aluminium Composite Panel (ACP)* dengan rangka besi *hollow* yang diasumsikan dipasang terhubung dengan beton bertulang dari dinding bangunan yang ditanam ke tanah yang ditunjukkan pada Gambar 6.



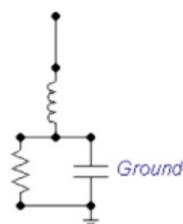
Gambar. 6. *Layout* Potongan Gedung

Sambungan antara atap dan beton bertulang bangunan ini diasumsikan menjadi *down conductor* yang dimodelkan dalam rangkaian ekuivalen SPP sebagai komponen RLC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



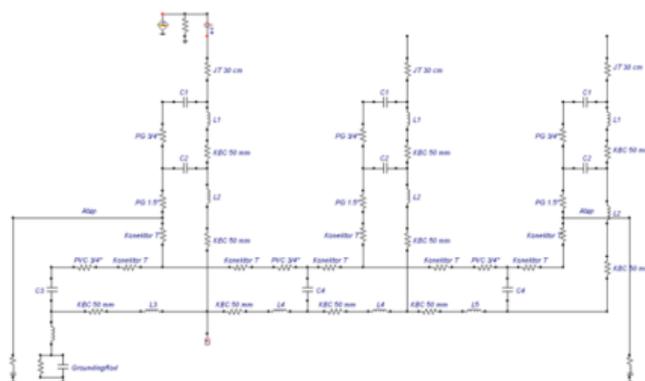
Gambar. 7. Rangkaian Ekivalen SPP dengan Penambahan Komponen RLC Atap

Diketahui sistem pentanahan pada gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya hanya menggunakan satu batang elektroda vertikal yang ditanamkan ke tanah. Komponen pengganti dari satu batang elektroda vertikal ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar. 8. Komponen Pengganti Sistem Pentanahan

Simulasi petir yang digunakan pada *software ATP* yaitu standar petir *Heidler* dengan *front time* $1.2 \mu\text{s}$ dan *tail time* $50 \mu\text{s}$ ($1.2/50$) yang dihubungkan secara seri dengan resistansi jarum tembaga 30 cm (JT 30 cm). Untuk mengukur nilai tegangan pada suatu titik/*node* pada rangkaian tersebut, digunakan komponen *Probe Voltage* pada *software*. Maka, rangkaian ekivalen dari SPP Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya ditunjukkan pada Gambar 9.

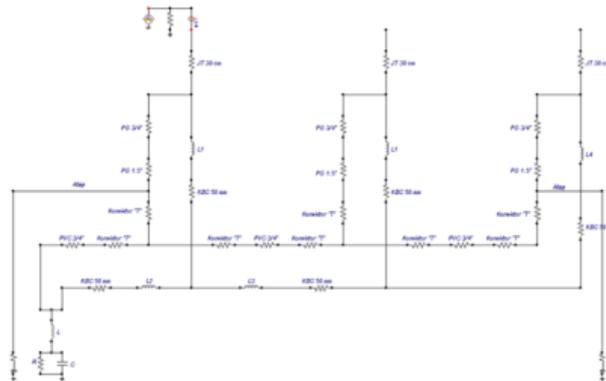


Gambar. 9. Rangkaian Ekivalen dari SPP Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya

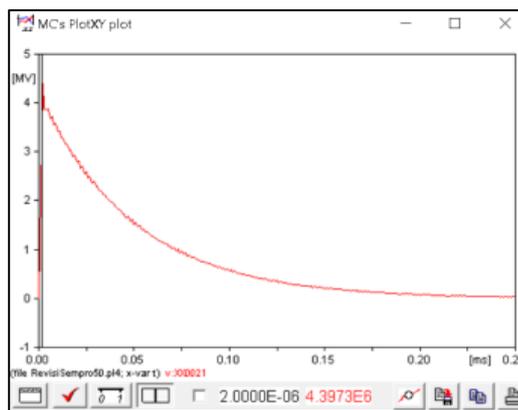
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi Rangkaian Ekivalen SPP Eksternal Tanpa Komponen Kapasitansi

Pada semua simulasi yang akan dilakukan, komponen kapasitansi pada rangkaian ekivalen SPP eksternal tidak diabaikan. Jika diabaikan, maka akan mempengaruhi hasil simulasi. Untuk membuktikannya, dilakukan simulasi dengan mengabaikan komponen kapasitansi pada rangkaian ekivalen SPP eksternal yang dimodelkan sesuai data *layout* yang ada. Rangkaian simulasi ini ditunjukkan pada Gambar 10, dan hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar. 10. Rangkaian Ekvivalen dari SPP Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya tanpa Komponen Kapasitansi

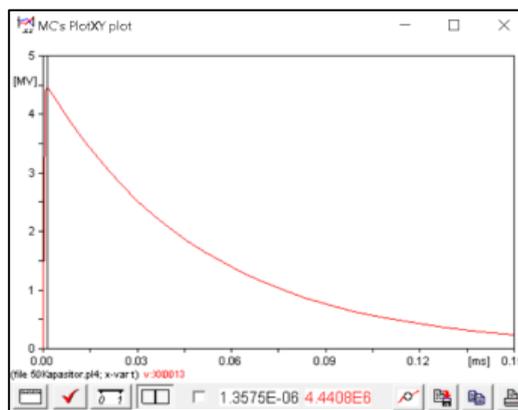


Gambar. 11. Grafik Potensial pada *Down Conductor* untuk Rangkaian Ekvivalen SPP tanpa Komponen Kapasitansi

Berdasarkan grafik hasil simulasi pada Gambar 11, diketahui bahwa besar potensial yang timbul pada *down conductor* KBC 50 mm² dengan mengabaikan komponen kapasitansi yaitu sebesar 4.3973×10^6 V.

B. Simulasi Sambaran Petir dengan *Down Conductor* KBC 50 mm²

Pada simulasi ini, komponen kapasitansi pada rangkaian ekivalen SPP eksternal tidak diabaikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, yang nantinya akan dilakukan perbandingan hasil simulasi pada rangkaian ekivalen SPP eksternal dengan mengabaikan komponen kapasitansi yang sebelumnya.



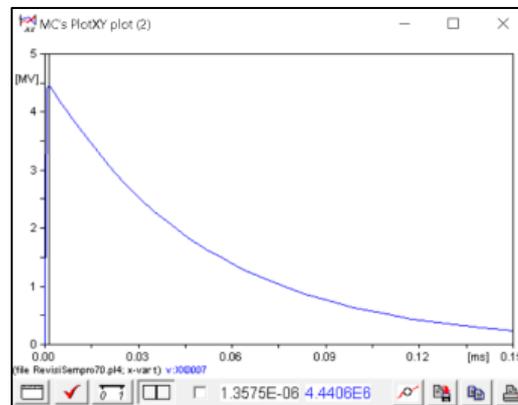
Gambar. 12. Grafik Potensial pada *Down Conductor* KBC 50 mm²

Berdasarkan grafik hasil simulasi pada Gambar 12, diketahui bahwa besar potensial yang timbul pada *down conductor* KBC 50 mm² tanpa mengabaikan komponen kapasitansi yaitu sebesar 4.4408×10^6 V.

Dapat dilihat pula bahwa komponen kapasitansi pada rangkaian ekivalen SPP eksternal gedung mempengaruhi hasil simulasi. Maka dari itu, komponen kapasitansi pada simulasi selanjutnya tidak diabaikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

C. Simulasi Sambaran Petir dengan Down Conductor KBC 70 mm²

Untuk melakukan evaluasi pada *down conductor* yang digunakan, maka simulasi kedua dilakukan dengan menggunakan jenis *down conductor* yang berbeda, yaitu dengan menggunakan kabel BC berdiameter 70 mm² (KBC 70 mm²). Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi besar potensial yang mengalir pada *down conductor* pada SPP.

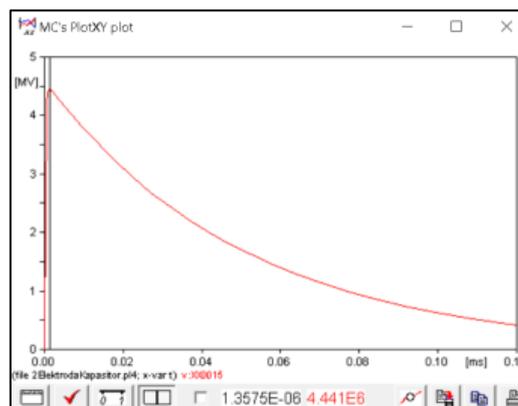


Gambar. 13. Grafik Potensial pada *Down Conductor* KBC 70 mm²

Berdasarkan grafik hasil simulasi pada Gambar 13, diketahui bahwa besar potensial yang timbul pada *down conductor* dengan menggunakan KBC 70 mm² yaitu sebesar 4.4406×10^6 V.

D. Simulasi Sambaran Petir dengan Satu Batang Elektroda Pentanahan

Pada simulasi ini, akan dilihat besar potensial yang timbul pada batang elektroda pentanahan yang digunakan dalam SPP gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya. *Rod 1* merupakan label yang diberikan dalam simulasi *software ATP* untuk satu batang elektroda yang digunakan pada SPP gedung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

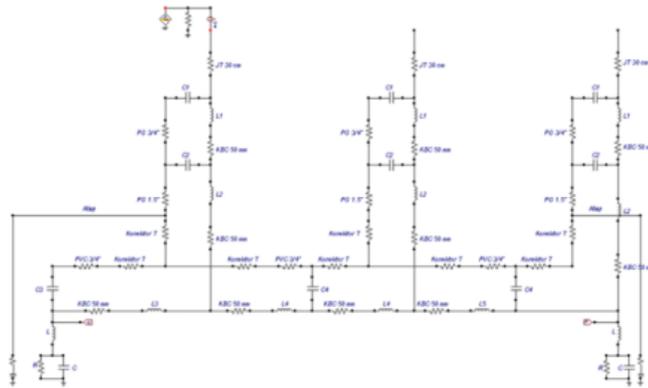


Gambar. 14. Grafik Potensial *Rod 1* pada SPP dengan Satu Elektroda Pentanahan

Berdasarkan grafik hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 14, dapat diketahui bahwa besar potensial yang timbul pada *Rod 1* SPP dengan satu elektroda pentanahan sebesar 4.441×10^6 V.

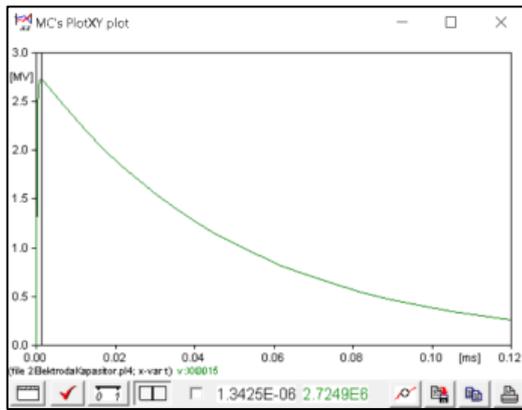
E. Simulasi Sambaran Petir dengan Dua Batang Elektroda Pentanahan

Untuk melakukan simulasi terhadap elektroda pentanahan pada SPP gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya, maka pada simulasi selanjutnya dilakukan penambahan satu batang elektroda pentanahan (*Rod 2*) pada rangkaian ekivalen yang akan disimulasikan pada *software ATP* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.

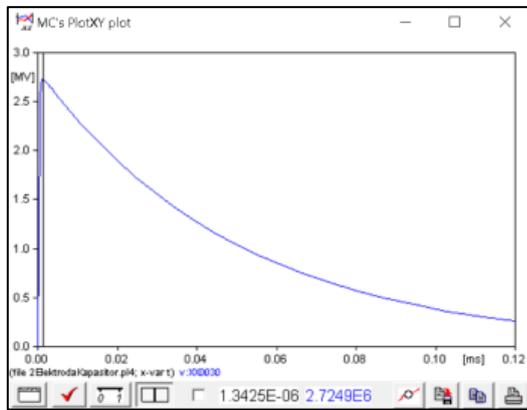


Gambar. 15. Rangkaian Ekuivalen dari SPP Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya dengan Dua Down Conductor dan Elektroda Pentanahan

Hasil simulasi berupa grafik potensial pada Rod 1 dan Rod 2 ditunjukkan pada Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar. 16. Grafik Potensial Rod 1 pada SPP dengan Dua Elektroda Pentanahan



Gambar. 17. Grafik Potensial Rod 2 pada SPP dengan Dua Elektroda Pentanahan

Berdasarkan grafik hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 16 dan Gambar 17, diketahui bahwa besar potensial yang timbul pada Rod 1 dan Rod 2 ketika terjadi sambaran petir secara langsung pada terminasi udara bernilai sama, yaitu sebesar 2.7249×10^6 V.

F. Evaluasi SPP Eksternal Berdasarkan Hasil Simulasi

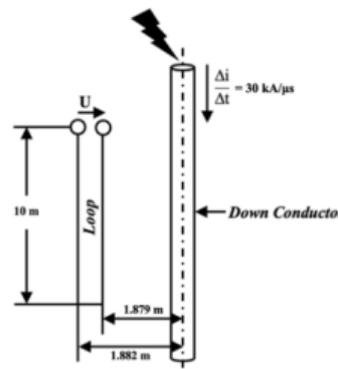
Dari hasil simulasi berupa grafik yang ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13, dapat dilihat bahwa potensial yang timbul pada down conductor menggunakan KBC 50 mm² bernilai lebih besar dibandingkan dengan potensial yang timbul pada down conductor menggunakan KBC 70 mm².

Hal ini dikarenakan adanya perbedaan nilai resistansi dan induktansi antara kedua jenis kabel yang sama namun dengan luas penampang yang berbeda, yaitu 50 mm² dan 70 mm². Semakin kecil nilai resistansi dan induktansi dari KBC, maka semakin kecil pula nilai potensial yang timbul pada KBC. Kondisi ini dapat meminimalisir bahaya yang dapat disebabkan oleh besarnya potensial yang timbul pada down conductor (overvoltage) serta meningkatkan perlindungan pada gedung tersebut dari sambaran petir secara langsung.

$$M = 0.2 \times 10 \times 0.63$$

$$M = 1.26 \mu\text{H}$$

$$M = 1260 \text{ nH/m}$$



Gambar. 19. Ilustrasi Loop pada Ruang UKM

Berdasarkan simulasi sebelumnya dengan menggunakan sumber arus *Heidler* dengan arus sebesar 30 kA, serta *front time* 1.2 μs dan *tail time* 50 μs (1.2/50), maka pada perhitungan ini diasumsikan kecuraman arus petir memiliki nilai yang sama dengan besar sumber arus pada simulasi tersebut ($\frac{\Delta i}{\Delta t} = 30 \text{ kA}/\mu\text{s}$). Maka, tegangan induksi pada loop tersebut yaitu:

$$U = M \times \ell \times \left(\frac{\Delta i}{\Delta t}\right) \quad (2)$$

$$U = (1260)(10)(30)$$

$$U = 378 \text{ kV}$$

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa besarnya tegangan induksi pada loop tersebut yaitu 378 kV. Tegangan ini dapat menginduksi peralatan listrik yang saling terhubung satu sama lain dalam instalasi pada ruang UKM tersebut. Jika tegangan induksi tersebut lebih besar dari tegangan kerja peralatan listrik, maka akan terjadi *overvoltage* pada peralatan listrik tersebut yang menyebabkan kerusakan pada peralatan serta menimbulkan bahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan disekitarnya.

IV. KESIMPULAN

Pemodelan rangkaian ekivalen dari SPP gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya pada *software ATP* telah dilakukan sesuai dengan data *layout* yang ada. Pada simulasi, komponen kapasitansi hendaknya tidak diabaikan karena dapat berpengaruh pada hasil simulasi. Penggunaan KBC 70 mm² sebagai *down conductor* dan dua batang elektroda pentanahan pada SPP gedung menimbulkan potensial yang lebih kecil dibandingkan *down conductor* KBC 50 mm² dan satu batang elektroda pentanahan saja. Kondisi ini dapat lebih meminimalisir kemungkinan *overvoltage* pada *down conductor* yang dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan sekitar gedung. Besarnya tegangan induksi yang nilainya didapat melalui perhitungan pada suatu loop instalasi peralatan elektronik di dekat *down conductor* yang dialiri arus petir yaitu 378 kV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Putra, Angie; Lursinsap, "Cumulonimbus Prediction Using Artificial Neural Network Back Propagation with Radiosonde Indices," *Natl. Remote Sens. Semin.*, vol. 96, no. 24, pp. 7549–7551, 2014.
- [2] C. Putra, Angie; Lursinsap. 2014. "Cumulonimbus Prediction Using Artificial Neural Network Back Propagation with Radiosonde Indices", *National Remote Sens. Seminar*, volume 96, no. 24: 7549–7551.
- [3] Isnaini. 2018. "Perencanaan Gedung Aula dan UKM Fakultas Ekonomi, Tahap III, Universitas Sriwijaya Kampus Inderalaya". Universitas Sriwijaya. Ogan Ilir.
- [4] L. Pecastaing et al. 2016. "Experimental Demonstration of The Effectiveness of An Early Streamer Emission Air Terminal Versus A Franklin Rod", *IEEE Transmission Dielectric Electrical Insulation*, volume 23, no. 1: 605–608.
- [5] M. Sukmawidjaja et al.. 2016. "Analisis Perancangan Sistem Proteksi Bangunan the Bellagio Residence Terhadap Sambaran Petir", *Jetri Jurnal Ilmu Teknik Elektro*, volume 12: 75–86.
- [6] N. Rameli, M. Z. A. Ab-Kadir, M. Izadi, C. Gomes dan N. Azis. 2016. "Variations in Return Stroke Velocity and Its Effect on The Return Stroke Current Along Lightning Channel", *33rd International Conference of Lightning Protection ICLP 2016*: 1–5.
- [7] R. Zoro, A. S. Wibowo. 2008. "Evaluasi Sistem Proteksi Eksternal dan Analisa Resiko Sambaran Petir pada Bangunan", *Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan*: 29–35.
- [8] S. H. J. Tongkukut, B. M. Utara. 2011. "Identifikasi Potensi Kejadian Petir di Sulawesi Utara", *Jurnal Ilmu Sains*, volume 11: 41–47.

126 Rofiqoh Ainun¹ et al., Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal pada Gedung Aula dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya

- [9] T. Gunawan, L. N. L. Pandiangan. 2014. "Analisis Tingkat Kerawanan Bahaya Sambaran Petir Dengan Metode Simple Additive Weighting Di Provinsi Bali", *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*: 193–201.
- [10] Universitas Sriwijaya. 2008. "Lokasi Kampus Utama". http://www.unsri.ac.id/unsri_lokasi_kampus_utama.php. Diakses pada 12 September 2019.
- [11] W. Rison. 2003. "Experimental Validation of Conventional and Non-Conventional Lightning Protection Systems", *IEEE Power Eng. Soc. Gen. Meet. Conf. Proc.*, volume 4: 2195–2200.