

ANALISA SISTEM PROTEKSI PETIR PADA SUTET 275 KV MENGGUNAKAN SOFTWARE ATP-EMTP

Bella Novita Dona*, Fri Murdiya **

*Mahasiswa teknik Elektro Universitas Riau, **Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293 Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
E-mail : bella.novitadona@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Indonesia has high humidity intensity. This causes the lightning strike density on Indonesia be high too. Lightning strikes can damage electrical equipment and transmission networks, especially 275 kV Air Line of Extra High Voltage (SUTET), because it has a high towers that is susceptible to lightning strikes. Therefore, lightning protection with arrester is needed. This study, will examine the influence of installation variations of arrester based on classification towers at T1,T3,T5,T7,T9, and T2,T4,T6,T8,T10, variations in stroke current (10 kA, 30 kA, 60 kA, and 100 kA), and variations in lightning strike position (T1, T5, and T10) by using ATP-EMTP software. The analysis process is done by modeling all parameters of the transmission line and power plant. The results of this study are if lightning strikes a particular towers, the voltage on the towers will be higher than the other towers, the greater lightning impulse current, the greater the voltage that appears on its phase voltage; and so the arresters used for this conditions at T2, T4,T4, T8, and T10 are more efficient in terms of reducing the voltage.

Keywords : lightning arrester , extra high voltage, surge arrester, drop voltage, ATP

I. PENDAHULUAN

Di masa sekarang kebutuhan energi listrik semakin meningkat sejalan dengan berkembangnya teknologi. Perkembangan yang pesat ini harus diikuti dengan perbaikan mutu energi listrik yang dihasilkan, yaitu harus memiliki kualitas dan keandalan yang tinggi. Gangguan yang terbesar dalam sistem tenaga listrik terjadi di daerah penyaluran (transmisi dan distribusi), karena hampir sebagian besar sistem terdiri dari penyaluran dan diantara sekian banyak gangguan yang terjadi, petir merupakan salah satu penyebabnya, hal ini dikarenakan letak Indonesia pada daerah Katulistiwa dengan iklim tropis dan kelembaban yang tinggi, sehingga menyebabkan kerapatan sambaran petir di Indonesia jauh lebih besar dibandingkan dengan negara lainnya. (Syakur, Warsito, & Nilawati, 2009)

. *Lightning Arrester* yang biasanya disebut dengan penangkal petir merupakan alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik dari gangguan tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran

petir (surja petir). Penempatan *lightning arrester* dapat mempengaruhi besarnya tingkat perlindungan yang diberikan kepada peralatan listrik yang dilindunginya atau yang berada di dalam zona perlindungannya (Gassing, 2012).

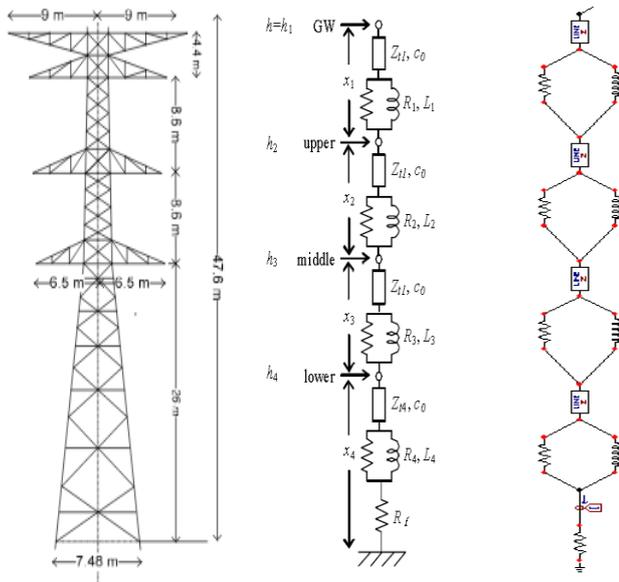
II. LANDASAN TEORI

2.1 Petir

Petir merupakan kejadian alam di mana terjadi loncatan muatan listrik antara awan dengan bumi. Loncatan muatan listrik tersebut diawali dengan mengumpulnya uap air didalam awan. Pada ketinggian tertentu uap tersebut menjadi kristal-kristal es. Karena di dalam awan terdapat angin ke segala arah, maka kristal-kristal es tersebut akan saling bertumbukan dan bergesekan sehingga terpisahkan antara muatan positif dan muatan negatif. (Dwi Adi, 2009)

2.2 Model Menara Transmisi

Menara transmisi dimodelkan dengan lima parameter yang diilustrasikan pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Konstruksi menara transmisi 275 kV (Reynaldo, 2012)

Untuk menentukan parameter menara dapat digunakan persamaan berikut (Ametani, et al., 2005) :

$$R_i = \Delta R_i \cdot X_i \quad (2.4)$$

$$\Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_3 = \frac{2 \cdot Z_{t1}}{(h - X_4)} \ln \frac{1}{\alpha_1} \quad (2.5)$$

$$\Delta R_4 = \frac{2 \cdot Z_{t4}}{(h)} \ln \frac{1}{\alpha_4} \quad (2.6)$$

$$L_i = 2 \times \tau \times R_i \quad (2.7)$$

Dimana :

$$\tau = h / C_0$$

$$\alpha_1 = \alpha_4 = 0.89$$

$$h = \text{tinggi tower}$$

2.3 Arrester

Arrester adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap tegangan lebih, baik yang disebabkan oleh surja petir maupun surja hubung. Alat ini bersifat sebagai *by pass* di sekitar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui oleh arus kilat, sehingga tidak timbul tegangan lebih pada peralatan (Nurhaidi, Danial, & Rajagukguk, 2012)

2.4.1. Model Arus Impuls Petir dan Surge Arrester

Simulasi arus menggunakan fungsi *Heidler* dengan persamaan (Abdelrahman, 2017) :

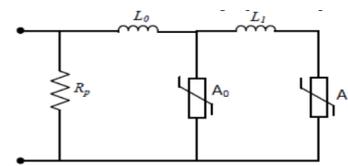
$$i(t) = I_0 \frac{(t/\tau_1)^2}{[(t/\tau_1)^2 + 1]} e^{-t/\tau_2} \quad (2.11)$$

Dimana :

I_0 = Arus Puncak

τ_1 dan τ_2 = Konstanta waktu saat naik dan turun

Untuk model *arrester* yang digunakan adalah Jenis MOV model Picenti, untuk rangkaian model picenti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Picenti (Abdelrahman, 2017)

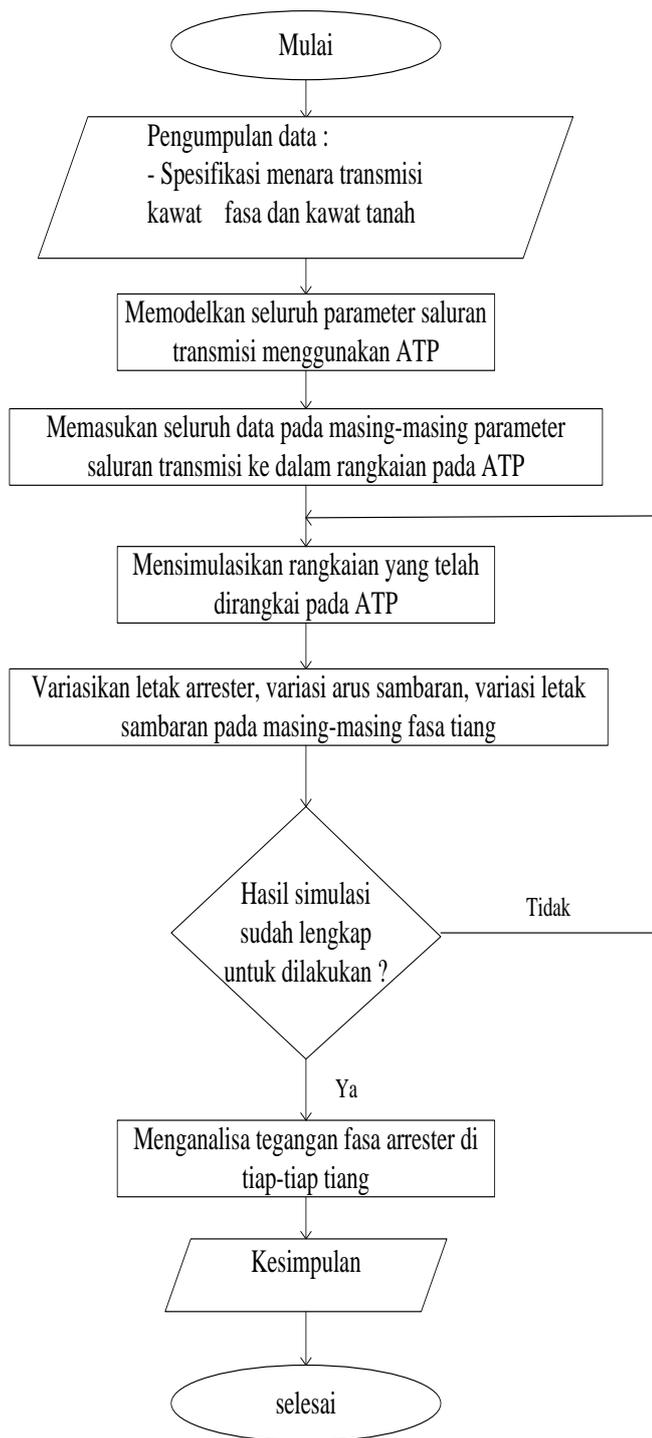
2.4 ATP (Alternative transients Program)

ATP adalah program komputer yang didesain untuk menyelesaikan masalah peralihan pada sistem tenaga listrik untuk rangkaian terkonsentrasi (*lumped*), rangkaian terdistribusi atau kombinasi kedua rangkaian tersebut. Program versi ini pertama kali dikembangkan oleh H. M. Dommel di *Munich Institute of Technology* awal tahun 1960-an. H. M. Dommel mengembangkan program ini di *University of British Columbia*. Sekitar tahun 1980, EMTP menjadi program yang diminati oleh perusahaan listrik. (Cecillia, 2017)

III. METODE PENELITIAN

Proses Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data spesifikasi menara transmisi, kawat fasa, dan kawat tanah, kemudian memodelkan seluruh parameter saluran transmisi menggunakan ATP dan memasukkan seluruh data pada masing-masing parameter saluran ke dalam rangkaian. Setelah itu mensimulasikan rangkaian yang telah dirangkai dan melakukan variasi letak *arrester*, variasi arus sambaran, serta variasi letak

sambaran pada masing-masing fasa tiang. Diagram alir penelitian diberikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Pemodelan sambaran petir pada SUTET 275 kV diberikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Untuk membandingkan hasil grafik dari rangkaian yang menggunakan *arrester* dan tidak menggunakan *arrester* digunakan rumus perbandingan

$$\% \text{ penurunan} = \frac{V1 - V2}{V1} \times 100\%$$

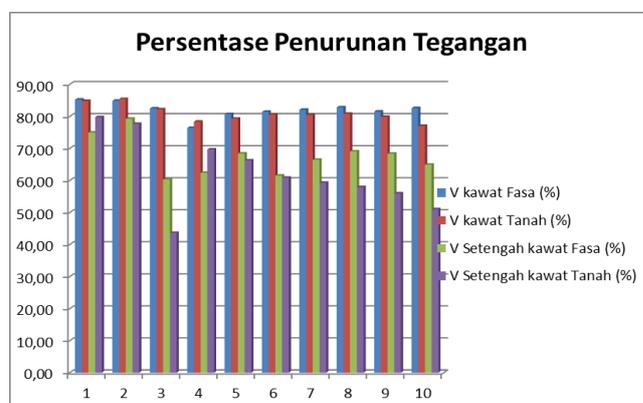
Dengan :

V1= nilai tegangan puncak sebelum pemasangan *arrester*

V2= nilai tegangan puncak setelah pemasangan *arrester*

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan simulasi digunakan nilai T_f sebesar 1.2E-6 dan Tau sebesar 8E-6.



Gambar 6. Grafik persentase penurunan tegangan pada sambaran kawat tanah tepat di tiang

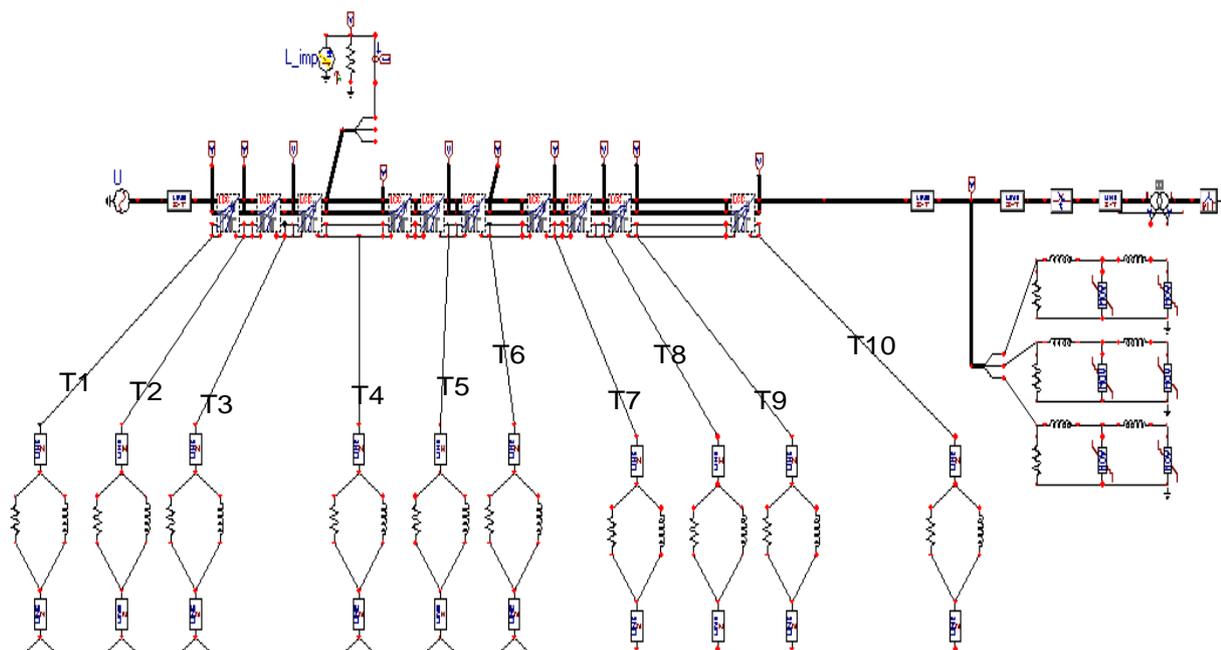
Gambar 6 merupakan grafik persentase penurunan tegangan di setiap tiang dengan *arrester* dipasang di setiap tiang nya. Berdasarkan grafik pada Gambar 6 didapatkan rata-rata persentase penurunan tegangan terbesar terjadi pada saat petir menyambar kawat fasa tepat di tiang.

4.1. Variasi Arrester Pada Tiang

4.1.1 Arrester fasa pada tiang 1,3, 5, 7, 9

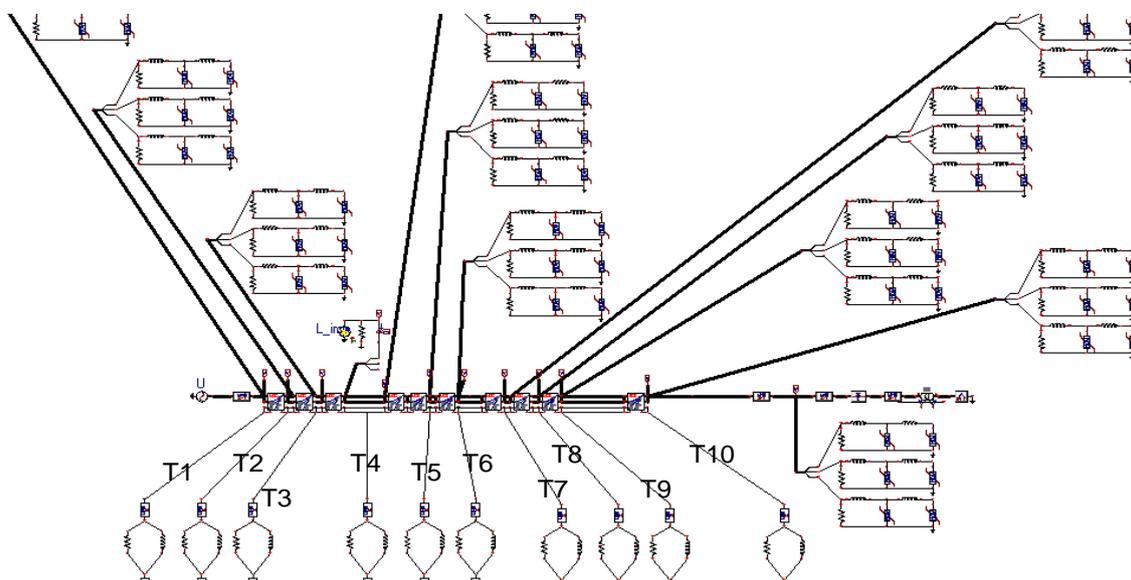
Berikut adalah hasil simulasi rangkaian sambaran petir pada kawat fasa dari tiang 1 sampai 5 dengan *arrester* di pasang pada tiang 1,3,5,7, dan 9.

Gambar 4 merupakan model sambaran petir pada kawat fasa tanpa pemasangan *arrester*, sedangkan. Berikut adalah simulasi sambaran petir pada saat flashover terjadi pada tiang 4.

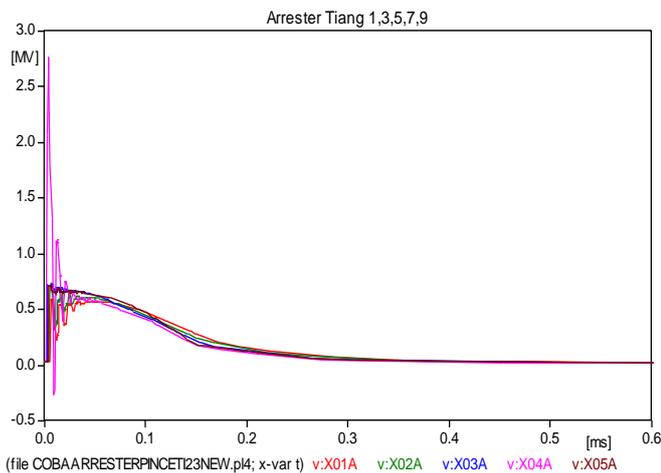


Gambar 4. Model sambaran petir pada kawat fasa pada ATP tanpa pemasangan *arrester*

Gambar 5 merupakan model sambaran petir pada kawat fasa menggunakan *arrester*. Berikut adalah simulasi sambaran petir pada saat flashover terjadi pada tiang 4.



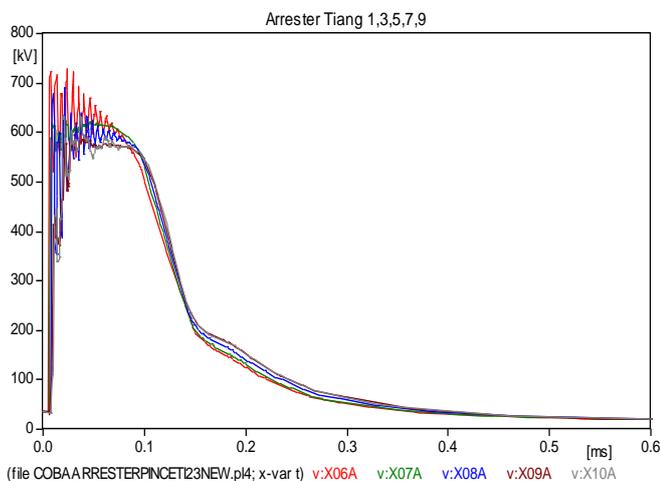
Gambar 5. Model sambaran petir pada kawat fasa pada ATP dengan pemasangan *arrester* di setiap tiangnya



Gambar 7. Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan impuls petir diinjeksikan pada kawat fasa tepat di tiang dengan *arrester* diletakkan pada tiang 1, 3, 5,7, 9

Pada Gambar 7 di dapatkan tegangan puncak fasa tiang 1 yaitu 0,592 MV (mengalami penurunan 64,18 %), tegangan puncak fasa tiang 2 yaitu 0,712 MV (mengalami penurunan 61,74 %), tegangan puncak fasa tiang 3 yaitu 0,716 MV (mengalami penurunan 54,97 %), tegangan puncak fasa tiang 4 yaitu 2,702 MV mengalami penurunan 4,34 %, dan tegangan puncak fasa tiang 5 yaitu 0,706 MV mengalami penurunan 59,22 %

Hasil simulasi rangkaian sambaran petir pada kawat fasa dari tiang 6 sampai 10 dengan *arrester* di pasang pada tiang 1,3,5,7, dan 9.

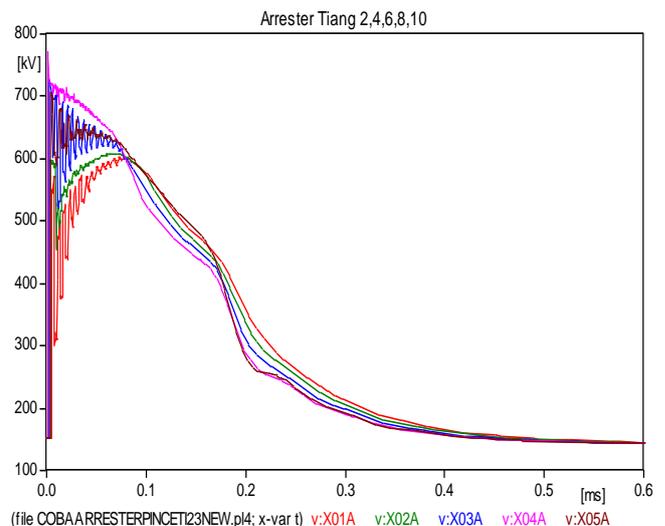


Gambar 8. Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan impuls petir diinjeksikan pada kawat fasa tepat di tiang dengan *arrester* diletakkan pada tiang 1, 3, 5,7, 9

Pada Gambar 8 di dapatkan tegangan puncak fasa tiang 6 yaitu 0,718 MV (mengalami penurunan 57,04 %), tegangan puncak fasa tiang 7 yaitu 0,627 MV (mengalami penurunan 56,93 %), tegangan puncak fasa tiang 8 yaitu 0,614 MV (mengalami penurunan 54,95 %), tegangan puncak fasa tiang 9 = 0,584 MV (mengalami penurunan 54,71 %), dan tegangan puncak fasa tiang 10 yaitu 0,628 MV (mengalami penurunan 38,77 %).

4.1.2 Arrester fasa pada tiang 2,4,6,8,10

Berikut adalah hasil simulasi rangkaian sambaran petir pada kawat fasa dari tiang 1 sampai 5 dengan *arrester* di pasang pada tiang 2,4,6,8, dan 10.

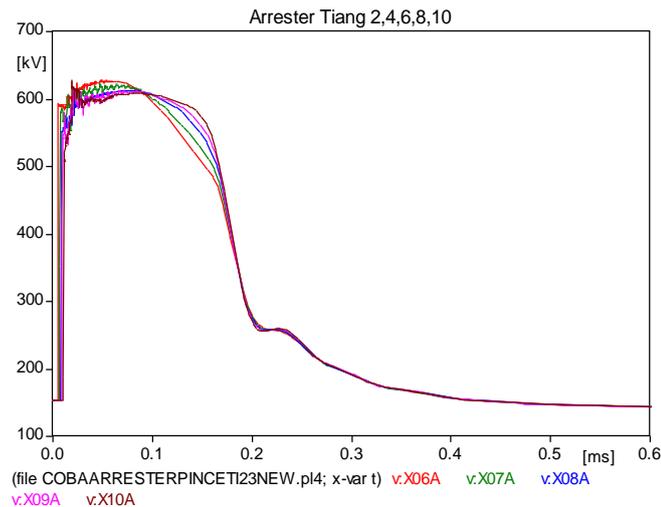


Gambar 9. Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan impuls petir diinjeksikan pada kawat fasa tepat di tiang dengan *arrester* diletakkan pada tiang 2,4,6,8,10

Pada Gambar 9 di dapatkan tegangan puncak fasa tiang 1 yaitu 0,572 MV (mengalami penurunan 64,17 %), tegangan puncak fasa tiang 2 yaitu 0,594 MV (mengalami penurunan 61,73 %), tegangan puncak fasa tiang 3 yaitu 0,716 MV

(mengalami penurunan 54,96 %), tegangan puncak fasa tiang 4 yaitu 0,722 MV (mengalami penurunan 64,33 %), dan tegangan puncak fasa tiang yaitu 0,676 MV (mengalami penurunan 59,21 %).

Hasil simulasi rangkaian sambaran petir pada kawat fasa dari tiang 6 sampai 10 dengan *arrester* di pasang pada tiang 2,4,6,8, dan 10.

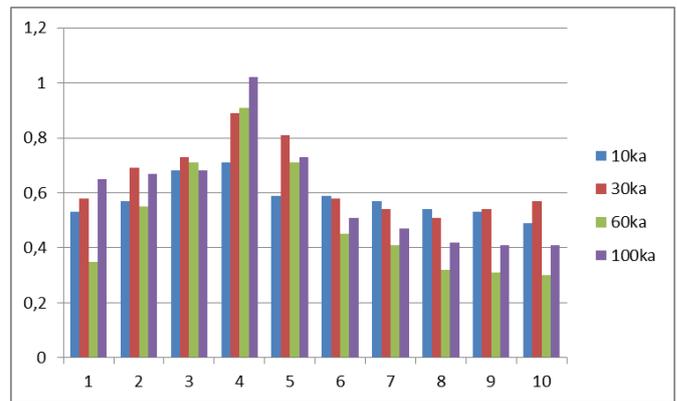


Gambar 10. Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan impuls petir diinjeksikan pada kawat fasa tepat di tiang dengan *arrester* diletakkan pada tiang 2,4,6,8,10

Pada Gambar 10 di dapatkan tegangan puncak fasa tiang 6 yaitu 0,626 MV (mengalami penurunan 56,03 %), tegangan puncak fasa tiang 7 yaitu 0,621 MV (mengalami penurunan 55,92 %), tegangan puncak fasa tiang 8 yaitu 0,614 MV (mengalami penurunan 53,92 %), tegangan puncak fasa tiang 9 yaitu 0,612 MV (mengalami penurunan 53,68 %), dan tegangan puncak fasa tiang 10 yaitu 0,601 MV (mengalami penurunan 38,67 %)

4.2. Memvariasikan Arus Sambaran Petir

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat Grafik tegangan pada setiap tiang pada saat variasi arus sambaran petir (10 kA, 30 kA, 60 kA, dan 100 kA) dengan *arrester* disetiap tiang

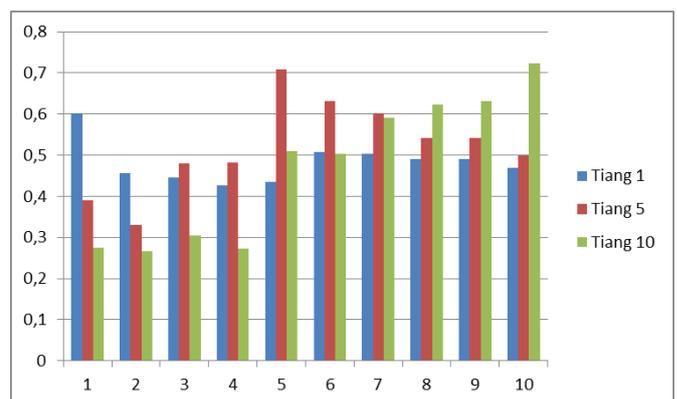


Gambar 11. Grafik tegangan pada setiap tiang pada saat variasi arus sambaran petir 10 kA, 30 kA, 60 kA, dan 100 kA

Berdasarkan Gambar 11 pada saat arus petir 10 kA tegangan puncak nya 0,712 MV, pada saat arus petir 30 kA tegangan puncak nya 0,891 MV, pada saat arus petir 60 kA tegangan puncak nya 0,904 MV, dan pada saat arus petir 100 kA tegangan puncak nya 1,023 MV.

4.3. Memvariasikan Letak Sambaran Petir

Pada Gambar 12 dapat dilihat Grafik tegangan pada setiap tiang pada saat variasi sambaran petir pada tiang 1,5, dan 10 dengan *arrester* disetiap tiang



Gambar 12. Grafik tegangan pada setiap tiang pada saat variasi sambaran petir pada tiang 1,5, dan 10

Berdasarkan Gambar 12 saat petir menyambar tiang 1 tegangan fasa tertinggi terletak pada tiang 1 yaitu 0,602 MV. Pada saat petir menyambar tiang 5, tegangan fasa tertinggi terletak

pada tiang 5 yaitu 0,708 MV, dan pada saat petir menyambar tiang 10, tegangan fasa tertinggi terletak pada tiang 10 yaitu 0,724 MV.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dan analisa yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Tegangan fasa tiang tertinggi terjadi pada saat petir menyambar tiang tersebut.
2. Pemasangan *arrester* pada tiang 2,4,6,8, dan 10 lebih efisien dibandingkan pada saat *arrester* dipasang pada tiang 1,3,5,7,dan 9
3. Semakin tinggi arus impuls petir maka akan semakin tinggi pula tegangan fasa yang ditimbulkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, S., Septian, Angga. (2009). Analisis Gangguan Petir Akibat Sambaran Langsung Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 500 kV. *Jurnal Penelitian*. Universitas Trisakti, Indonesia.
- Ametani, A., Fellow., IEE., T. Kawamura, (2005). A Method of a Lightning Surge Analysis Recommended in Japan Using EMTP. *IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility*, vol. 20, no 2.
- Dwi Adi, K. P. (2009). Halaman 1dari 7halamanProceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fti-Itsstudi Pemodelan Perambatan Gelombang Surja Petir Pada Saluran Transmisi 150 Kv Menggunakan Metode Multi-Conductor Transmission Line. *Proceeding Seminar Tugas Akhhir FTI-ITS*, 1-7.
- Ghoniem, A. S. (2017). Effective Elimination Factorsto Generated Lightning Flashover in High Voltage Transmission Network. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*.
- Gassing. (2012). Analisis Sistem Proteksi Petir (Lighting Performance) Pada Sutt 150 Kv Sistem Sulawesi Selatan. *Hasil Penelitian Fakultas Teknik*.
- Hileman Andrew R. Insulation Coordination for Power System [Buku]. - America : Taylor and Francis Group, 1999.
- Lovric Dino, Vujevic Slavko dan Modric Tonci. Comparison of Different Metal Oxide Surge *Arrester* Model [Jurnal] // IJES. - 2011.
- Mutaqin, C.S & Fri Murdiya. (2017). Analisa Pemasangan Insulator Pada GSW/Kawat Tanah Tower Transmisi 150 KV Di PT PLN (PERSERO) P3B Sumatera. *Jom FTEKNIK*, vol.4, no 2.
- Nurhaidi, R., Danial, & Rajagukguk, M. (2012). Penentuan Letak Optimum *Arrester* Pada Gardu Induk (GI) 150 kV Siantan Menggunakan Metode Optimasi.
- Pinceti P. dan Giannetoni M. A Simplified Model for Zinc Oxide Surge *Arresters* [Jurnal]. - [s.l.] : IEEE, 1999. - 2' : Vol. 14.
- Sano Havel Aliando dan Fri Murdiya. Analisa Sistem Proteksi Petir Pada SUTT 150 kV Menggunakan Software ATP [Laporan]. - Pekanbaru : Jom FTEKNIK, 2018.
- Stevanny, C., & Murdiya, F. (2017). Analisa Sambaran Petir Terhadap Kinerja *Arrester* pada Transformator Daya 150 kV menggunakan program ATP. *JOM FTEknik*, 1-9.
- Syakur, A., Warsito, A., & Nilawati, L. (2009). Kinerja *Arrester* Akibat Induksi Sambaran Petir Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv. *Teknik Elektro*, 09-14.
- Tobing, B. L. (2012). *Dasar-dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. PT. Penerbit Erlangga
- Worth, J. W. (2009). Selecting *Arrester* MCOV and Uc. Dalam *Arrester Works* (hal. 2-9).
- Zoro, R & Fri Murdiya. (2012). The Performance Of Lightning Protection System On 275 Kv Transmission Line Siguragura Kualatanjung, North Sumatera, Indonesia. *IEEE International Conference On Condition Monitoring And Diagnosis*, 23-27.