

ANALISA SISTEM PROTEKSI PETIR PADA SUTT 150 KV MENGGUNAKAN SOFTWARE ATP

Havel Alindo Sano¹⁾, Fri Murdiya²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, ²⁾ Dosen Teknik Elektro
Laboratorium Konversi Energi Listrik
Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

[Email: alindo.sano@gmail.com](mailto:alindo.sano@gmail.com)

ABSTRACT

Electrical energy is very important today. The power company distributes the electric energy through the 150 kV overhead lines. The transmission line is a major part of the electrical energy distribution process. Overhead lines are supported by high towers, therefore the overhead lines and towers prone to lightning. The lightning current leads to the increasing voltage on the overhead lines. Surge arrester is a protective device used to protect overhead lines from lightning current. The analysis of the performance of the surge arrester against the lightning impulse requires the investigation in the placement of the surge arrester and the number of surge arresters installed. This study aims to determine the magnitude of the voltage caused by lightning strikes by varying the location of the surge arrester on the overhead lines. This study was conducted by selecting a lightning strike at a peak voltage of 10 MV on a transmission tower using ATP software. This study indicated that the installation of surge arresters on the overhead lines for each tower leads to dropping voltage very well. The result of study shows that the best result was to install the arresters on each tower phase by decreasing the voltage at 1st tower by 0,4679 MV (92,81%), 2nd tower 0,5674 MV (92,64%), 3rd tower 1,2248 MV (85,79%), 4th tower 10 MV (0%), 5th tower 1,2322 MV (86,09%) and 6th tower 0,6219 MV (92,53%).

Keywords : *Lightning strikes, surge arrester, peak voltage, placement of surge arrester , voltage drop*

I. PENDAHULUAN

Di zaman yang modern ini, telah terjadi perkembangan teknologi yang sangat pesat dan energi listrik menjadi kebutuhan yang sangat penting. Saluran transmisi merupakan suatu bagian utama pada proses penyaluran energi listrik. Jika terjadi gangguan pada saluran transmisi, maka juga akan mempengaruhi peralatan-peralatan yang terhubung ke sistem tenaga listrik. Saluran transmisi mempunyai menara yang tinggi, sehingga gangguan yang sering terjadi adalah sambaran petir.

Sambaran petir itu sendiri terbagi dua, ada sambaran langsung dan ada sambaran tidak langsung. Keduanya memungkinkan terjadinya gangguan pada saluran transmisi sehingga menyebabkan kontinuitas penyaluran tenaga listrik dapat terganggu. (Syamsir, 2009) Dan salah satu

perlindungan yang tepat adalah dengan pemasangan arrester di tower transmisi.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar tegangan yang timbul akibat sambaran petir dan memvariasikan letak letak arrester di tower transmisi agar dapat melihat penurunan tegangan lebih yang diakibatkan sambaran petir dengan disimulasikan pada perangkat lunak ATP.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Sebab Terjadinya Petir

Petir merupakan gejala alam yang bisa dianalogikan dengan sebuah kapasitor raksasa, di mana lempeng pertama adalah awan (bisa lempeng negatif atau lempeng positif) dan lempeng kedua adalah bumi (dianggap netral). Seperti yang sudah diketahui kapasitor adalah sebuah komponen pasif

pada rangkaian listrik yang bisa menyimpan energi sesaat.

Petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi. Proses terjadinya pemisahan muatan pada awan karena dia bergerak terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya dia akan berinteraksi dengan awan lainnya, sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi (atas atau bawah), sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya. Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar maka akan terjadi pembuangan muatan negatif (elektron) dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara. Petir lebih sering terjadi pada musim hujan, karena pada saat tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir. Karena ada awan bermuatan negatif dan awan bermuatan positif, maka petir juga bisa terjadi antar awan yang berbeda muatan.

2.2 Gangguan Petir pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV

Tegangan lebih adalah tegangan yang hanya dapat ditahan untuk waktu terbatas. Berdasarkan sumber-sumbernya, IEC mengklasifikasikan tegangan lebih menjadi tegangan lebih petir, tegangan lebih *switching* dan tegangan lebih temporer. Tegangan lebih petir yang terjadi pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh dua macam sambaran, yaitu sambaran langsung dan tidak langsung. Pada saluran udara, sambaran langsung tersebut dapat mengenai kawat fasa, kawat tanah, dan menara, sedangkan sambaran tidak langsung adalah sambaran ke tanah yang berada didekat saluran udara. Untuk saluran transmisi seperti SUTT 150 kV, dampak sambaran tidak langsung dapat diabaikan.

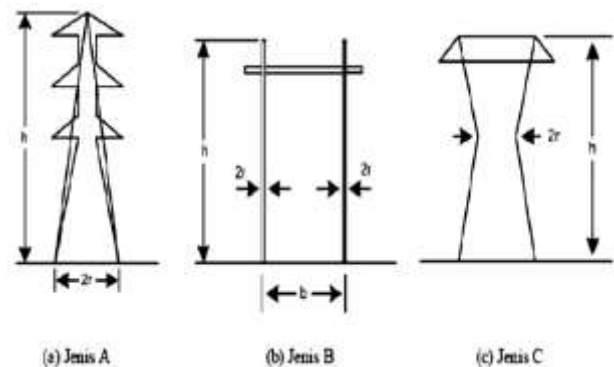
Saat terjadi sambaran petir pada sebuah saluran transmisi maka akan timbul kenaikan tegangan pada jaringan dan tegangan lebih surja kemudian akan merambat ke ujung jaringan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Tegangan Surja akibat Sambaran Petir

2.3 Impedansi Surja Menara

Menara dapat direpresentasikan sebagai impedansi surja atau induktansi. Tegangan lebih yang terjadi pada menara sebagai impedansi surja berbanding lurus dengan arus puncak, sedangkan pada menara sebagai induktansi tegangan lebih berbanding lurus dengan kecuraman arus. Impedansi surja menara diturunkan dari bentuk geometri menara. Dalam saluran transmisi terdapat tiga jenis tiang (menara), yaitu (a) Persegi, (b) *Gantry*, dan (c) *Korset*



Gambar 2.2 Jenis Menara Transmisi (Hutahuruk, 1991)

a. Menara Jenis Persegi

$$Z_t = 30 \ln \left[\frac{2(h^2 + r^2)}{r^2} \right] \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

Z_t = Impedansi Tiang (Ω)

r = Jarak Tengah Tiang (m)

h = Tinggi Tiang (m)

b. Menara Jenis *Gantry*

$$Z_t = 0.5 \left\{ \left[60 \ln \left(\frac{h}{b} \right) + 90 \left(\frac{b}{h} \right) - 60 \right] + \left[60 \ln \left(\frac{h}{r} \right) + 90 \left(\frac{r}{h} \right) - 60 \right] \right\} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

b = Jarak Gawang Tiang (m)

r = Jarak Tengah Lengan Tiang (m)

c. Menara Jenis *Korset*

$$Z_t = \left[\ln \left(\sqrt{2} \frac{2h}{r} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

r = Jarak Tengah Lengan Tiang

2.4 Resistansi dan Induktansi Menara

Besarnya nilai resistansi dan induktansi sebuah menara dapat mempengaruhi besarnya tegangan yang timbul pada tiang. Maka dari itu induktansi menara merupakan bagian penting dalam

sebuah menara yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Ametani, 2010):

$$R_i = \Delta R_i \cdot x_i \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_3 = \frac{2 \cdot Z_{t1}}{(h - x_4)} \cdot \ln\left(\frac{1}{\alpha_1}\right) \dots\dots\dots(2.5)$$

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

$$L_i = 2 \cdot \tau \cdot R_i \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana :

Waktu berjalan sepanjang tower : $\tau = \frac{h}{c_0}$

Konstanta atenuasi sepanjang tower : $\alpha_1 = \alpha_4 = 0.89$

Kecepatan cahaya : $c_0 = 300 \text{ m}/\mu\text{s}$

2.5 Arrester

Salah satu usaha memperkecil terjadinya gangguan internal maupun eksternal untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat sambaran petir adalah pemasangan arrester. Arrester adalah peralatan pengaman instalasi dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir (*Lightning Surge*) maupun oleh surja hubung (*Switching Surge*). Arrester berfungsi sebagai alat untuk melindungi isolasi atau mengamankan instalasi (peralatan listrik pada instalasi) dari gangguan tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran petir atau tegangan transient yang tinggi dari suatu penyambung atau pemutusan rangkaian, alat ini bersifat sebagai *by-pass* disekitar isolasi yang membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat sistem pentanahan sehingga menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik. *By-pass* ini harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran daya ke konsumen.

Dalam sistem tenaga listrik arrester merupakan kunci koordinasi isolasi. Saat surja (*surge*) tiba di gardu induk kemudian arrester akan melepaskan muatan listrik dan tegangan abnormal yang akan mengenai gardu induk dan peralatannya akan berkurang. Setelah surja (petir atau hubung) dilepaskan melalui arrester masih terdapat arus mengalir dikarenakan tegangan sistem yang disebut sebagai arus dinamik atau arus susulan (*follow current*). Arrester harus memiliki ketahanan termis

yang cukup terhadap energi dari arus susulan tersebut, serta harus mampu untuk memutuskannya.

Bagian-bagian Arrester:

- Elektroda**
Elektroda adalah terminal dari lightning arrester yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dibagian atas dan elektroda bawah dihubungkan dengan tanah.
- Sela percikan (*spark-gap*)**
Apabila terjadi tegangan lebih oleh sambaran petir atau surja hubung pada lightning arrester yang terpasang, maka pada sela percikan (*spark-gap*) akan terjadi loncatan bunga api. Pada beberapa tipe lightning arrester busur api yang terjadi tersebut ditiup keluar oleh tekanan gas yang ditimbulkan oleh tabung fiber yang terbakar.
- Tahanan katup (*Valve resistor*)**
Tahanan yang diperlukan dalam lightning arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah bila mendapat perubahan tegangan.

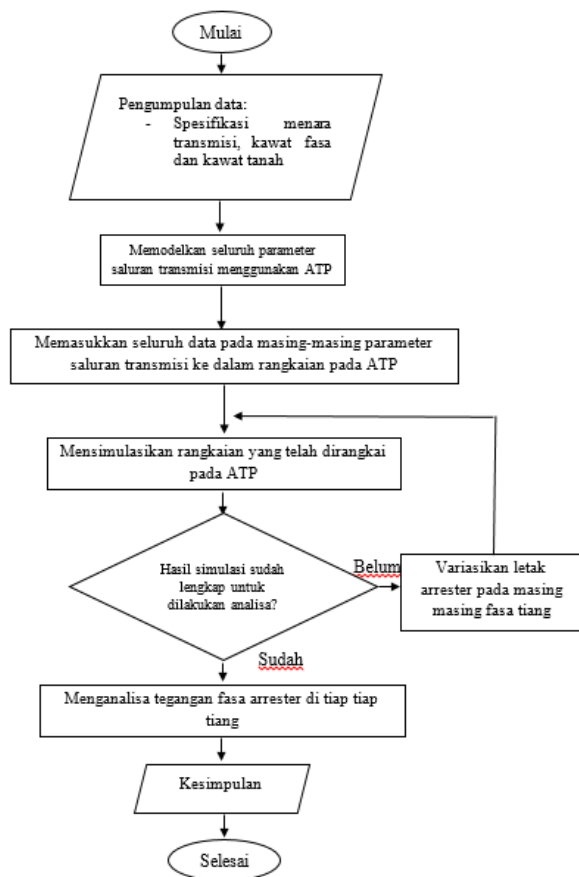
2.6 ATP (*Alternative Transients Program*)

ATP adalah program computer 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 diminat oleh perusahaan listrik. EMTP DCG (*Development Coordinating Group*) bekerja sama dengan EFRI (*Electric Power Research Industry*) untuk pengembangan EMTP. Karakteristik surja petir yang terjadi pada saluran transmisi kemudian sampai pada arrester dapat diketahui dengan mensimulasikannya dengan menggunakan suatu perangkat lunak (*software*) ATP-EMTP, dimana ATP-EMTP adalah suatu program komputer terintegrasi yang didesain khusus untuk menyelesaikan permasalahan peralihan (*transient*) pada sistem tenaga listrik dengan parameter R, L, dan C. EMTP digunakan untuk menganalisa tegangan lebih transien yang diakibatkan oleh surja hubung dan surja petir karena program ini menyediakan fasilitas pemodelan generator,

pemutus tenaga, arrester, sumber surja petir, dan pemodelan saluran tenaga listrik. (Dedi, 2009)

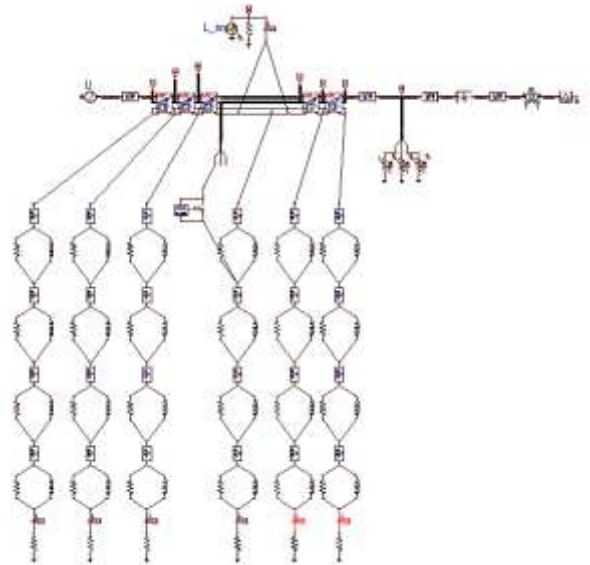
III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Gambar 3.1 menunjukkan tentang bagaimana proses penelitian. Proses dimulai dengan pengumpulan data, yang berupa spesifikasi menara transmisi dan data pendukung penelitian lainnya. Selanjutnya memodelkan seluruh parameter saluran transmisi ke dalam *software* ATP dan memasukkan data yang telah didapat ke dalam model yang telah dibuat. Selanjutnya dilakukan simulasi tanpa pemasangan arrester ditiang transmisi. Dan hasilnya akan kita bandingkan dengan hasil simulasi dengan pemasangan arrester di setiap tiangnya.



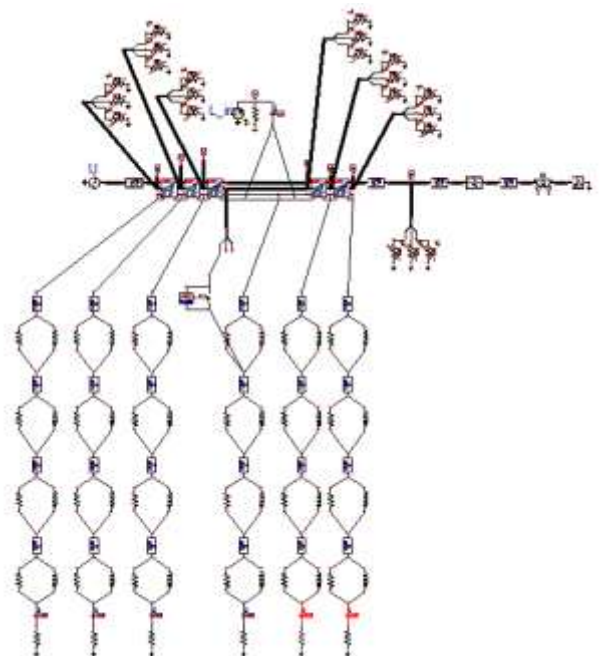
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3.2 merupakan model rangkaian sambaran langsung petir pada kawat tanah (*ground wire*) dan terjadi *flashover* pada tiang 4 yang dimodelkan menggunakan ATP tanpa pemasangan arrester ditiangnya.



Gambar 3.2 Rangkaian sambaran petir dengan impuls petir diinjeksikan pada kawat tanah tanpa pemasangan arrester

Dan gambar 3.3 berikut adalah model rangkaian sambaran petir pada kawat tanah dan terjadi *flashover* pada tiang 4 dengan pemasangan arrester disetiap tiangnya.



Gambar 3.3 Rangkaian sambaran petir pada kawat tanah dengan arrester dipasang disetiap tiangnya

Untuk membandingkan hasil grafik dari rangkaian yang menggunakan arrester dan tidak

menggunakan arrester digunakan rumus perbandingan

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

Dimana

V1 = nilai tegangan puncak sebelum pemasangan arrester

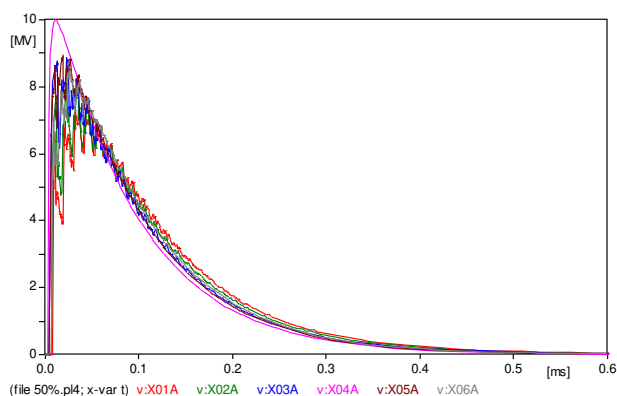
V2 = nilai tegangan puncak setelah pemasangan arrester

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Pemasangan Arrester pada Tiang Transmisi 150 kV

Untuk melakukan simulasi digunakan nilai Tf sebesar 7,5E-6. Sedangkan untuk nilai Tsta sebesar 3E-6 dan Tau 9E-5

Hasil simulasi yang di jalankan pada rangkaian sambaran petir pada kawat tanah tanpa pemasangan arrester dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.

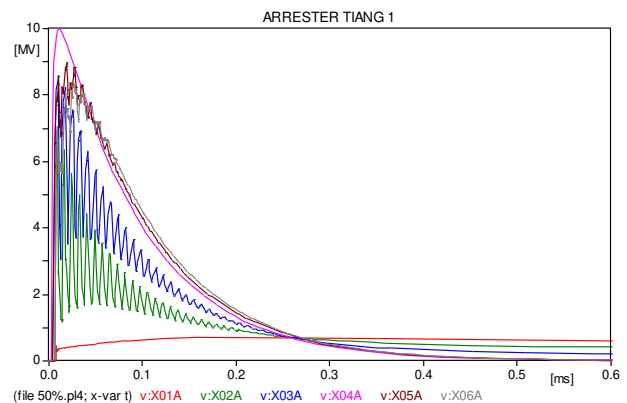


Gambar 4.1 Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir tanpa pemasangan arrester

Dari grafik di atas didapatkan data sebagai berikut:

Tegangan puncak fasa tiang 1 = 6,5078 MV
 Tegangan puncak fasa tiang 2 = 7,7113 MV
 Tegangan puncak fasa tiang 3 = 8,6198 MV
 Tegangan puncak fasa tiang 4 = 10 MV
 Tegangan puncak fasa tiang 5 = 8,8588 MV
 Tegangan puncak fasa tiang 6 = 8,3243 MV

Untuk melihat pengaruh kinerja arrester, maka akan divariasikan letak letak pemasangan arrester. Gambar 4.2 di bawah ini adalah hasil simulasi rangkaian sambaran petir dengan arrester diletakkan pada tiang 1.

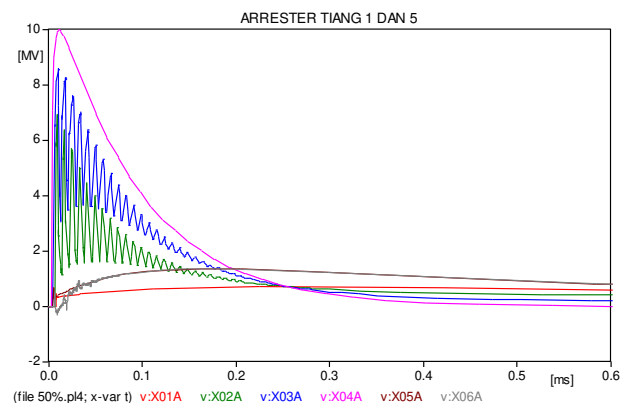


Gambar 4.2 Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan arrester diletakkan pada tiang 1

Dari grafik di atas didapatkan data sebagai berikut:

Tegangan puncak fasa tiang 1 = 0,7124 MV (mengalami penurunan 89,05%)
 Tegangan puncak fasa tiang 2 = 6,9173 MV (mengalami penurunan 10,99%)
 Tegangan puncak fasa tiang 3 = 8,5731 MV (mengalami penurunan 0,54%)
 Tegangan puncak fasa tiang 4 = 10 MV (0%)
 Tegangan puncak fasa tiang 5 = 8,7873 MV (mengalami penurunan 0,81%)
 Tegangan puncak fasa tiang 6 = 8,2579 MV (mengalami penurunan 0,8%)

Hasil simulasi untuk pemasangan arrester pada tiang 1 dan 5 dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan arrester diletakkan pada tiang 1 dan 5

Dari grafik di atas didapatkan data sebagai berikut:

Tegangan puncak fasa tiang 1 = 0,7113 MV (mengalami penurunan 89,67%)

Tegangan puncak fasa tiang 2 = 6,9167 MV
(mengalami penurunan 11%)

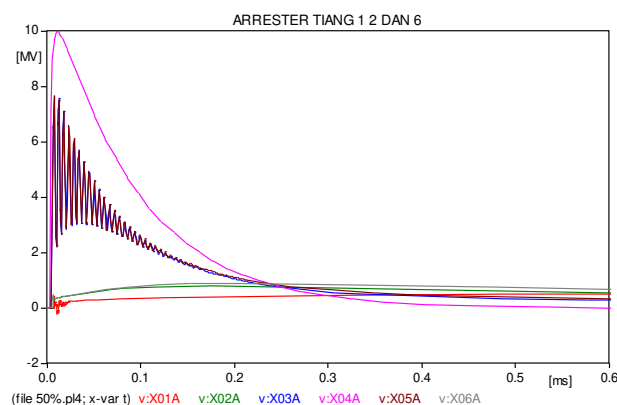
Tegangan puncak fasa tiang 3 = 8,5746 MV
(mengalami penurunan 0,52%)

Tegangan puncak fasa tiang 4 = 10 MV (0%)

Tegangan puncak fasa tiang 5 = 1,3636 MV
(mengalami penurunan 84,61%)

Tegangan puncak fasa tiang 6 = 1,3746 MV
(mengalami penurunan 83,49%)

Dan hasil simulasi untuk pemasangan arrester pada tiang 1, 2 dan 6 dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan arrester diletakkan pada tiang 1, 2 dan 6

Dari grafik di atas didapatkan data sebagai berikut:

Tegangan puncak fasa tiang 1 = 0,5153 MV
(mengalami penurunan 92,08%)

Tegangan puncak fasa tiang 2 = 0,8021 MV
(mengalami penurunan 89,68%)

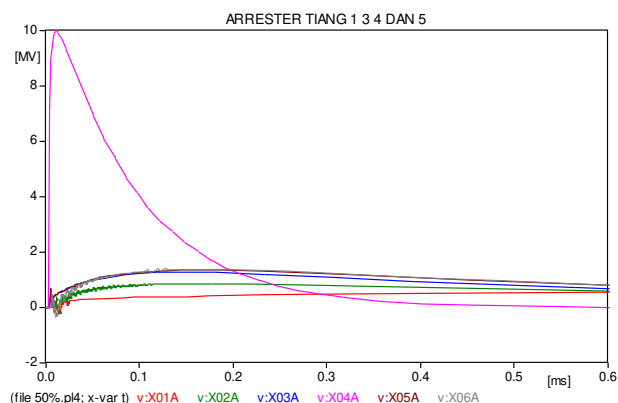
Tegangan puncak fasa tiang 3 = 7,6114 MV
(mengalami penurunan 11,69%)

Tegangan puncak fasa tiang 4 = 10 MV
(mengalami penurunan 0%)

Tegangan puncak fasa tiang 5 = 7,613 MV
(mengalami penurunan 14,04%)

Tegangan puncak fasa tiang 6 = 0,8971 MV
(mengalami penurunan 89,22%)

Hasil simulasi untuk pemasangan arrester pada tiang 1, 3, 4 dan 5 dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan arrester diletakkan pada tiang 1, 3, 4 dan 5

Dari grafik di atas didapatkan data sebagai berikut:

Tegangan puncak fasa tiang 1 = 0,5471 MV
(mengalami penurunan 91,59%)

Tegangan puncak fasa tiang 2 = 0,8519 MV
(mengalami penurunan 89,04%)

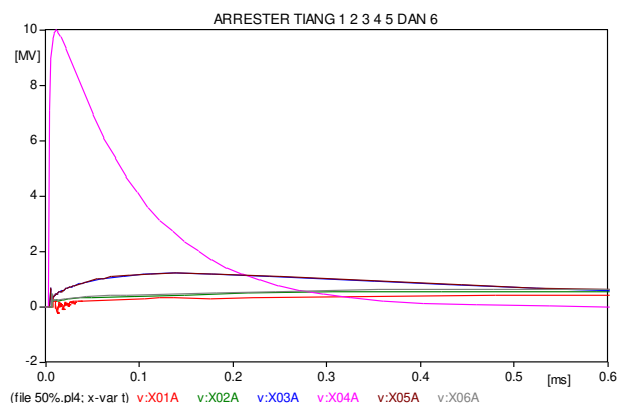
Tegangan puncak fasa tiang 3 = 1,284 MV
(mengalami penurunan 85,1%)

Tegangan puncak fasa tiang 4 = 10 MV
(mengalami penurunan 0%)

Tegangan puncak fasa tiang 5 = 1,3615 MV
(mengalami penurunan 84,63%)

Tegangan puncak fasa tiang 6 = 1,3811 MV
(mengalami penurunan 83,41%)

Dan hasil simulasi untuk pemasangan arrester pada tiang 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik keluaran simulasi rangkaian sambaran petir dengan arrester diletakkan pada tiang 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

Dari grafik di atas didapatkan data sebagai berikut:

Tegangan puncak fasa tiang 1 = 0,4679 MV
(mengalami penurunan 92,81%)

Tegangan puncak fasa tiang 2 = 0,5674 MV
(mengalami penurunan 92,64%)

Tegangan puncak fasa tiang 3 = 1,2248 MV
(mengalami penurunan 85,79%)

Tegangan puncak fasa tiang 4 = 10 MV
(mengalami penurunan 0%)

Tegangan puncak fasa tiang 5 = 1,2322 MV
(mengalami penurunan 86,09%)

Tegangan puncak fasa tiang 6 = 0,6219 MV
(mengalami penurunan 92,53%)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sambaran petir langsung pada kawat tanah mengakibatkan terjadinya *flashover* dan menimbulkan tegangan lebih pada kawat fasa.
2. Sambaran petir sebesar 10 MV pada kawat tanah tanpa pemasangan arrester mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa saluran, dimana kenaikan tegangan pada fasa tiang 1 sebesar 6,5078 MV, fasa tiang 2 sebesar 7,7113 MV, fasa tiang 3 sebesar 8,6198 MV, fasa tiang 4 sebesar 10 MV (tiang yang mengalami *flashover*), fasa tiang 5 sebesar 8,8588 MV dan fasa tiang 6 sebesar 8,3243 MV.
3. Setelah pemasangan arrester di tiap-tiap fasa tiang terjadi penurunan tegangan pada fasa tiang 1 sebesar 0,4679 MV (92,81%), fasa tiang 2 sebesar 0,5674 MV (92,64%), fasa tiang 3 sebesar 1,2248 MV (85,79%), fasa tiang 4 sebesar 10 MV (0%), fasa tiang 5 sebesar 1,2322 MV (86,09%) dan fasa tiang 6 sebesar 0,6219 MV (92,53%).
4. Perlindungan saluran transmisi untuk menurunkan tegangan lebih yang terbaik adalah dengan memasang arrester di tiap-tiap tiangnya.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi tentang karakteristik arrester yang dimodelkan pada *software* ATP

DAFTAR PUSTAKA

Abduh, Syamsir., Septian, Angga. 2009. *Analisis Gangguan Petir Akibat Sambaran Langsung Pada*

Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV. Universitas Trisakti, Jakarta.

Abdulwadood, Ali Shehab. 2013. *Modeling of Power Networks by ATP-Draw for Harmonics Propagation Study*. Aden University, Yemen.

Ambarita, Rindu Putra . *Simulasi Sambaran Petir Langsung pada Saluran Transmisi 150 kV Terhadap Kawat Fasa dengan Variasi Tahanan Pentanahan*. Universitas Diponegoro, Semarang.

Christodoulou, C.A., dkk. 2008. *Lightning Performance Of High Voltage Transmission Lines Protected By Surge Arresters: A Simulation For The Hellenic Transmission Network*. ICLP . Athens, Greece.

Gassing . 2012. *Analisis Sistem Proteksi Petir (Lighting Performance) Pada SUTT 150 kV Sistem Sulawesi Selatan*. Universitas Hasanuddin, Makassar.

Hutauruk, T.S. 1991. *Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja*. Jakarta : Erlangga.

Setiawan, Ricahya Wiguna. 2012. *Analisa Koordinasi Surja Arrester Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv Menggunakan ATP/EMTP Dan Metode Monte Carlo Di GIS Tandes*. ITS, Surabaya.