

## DESAIN PROTOTYPE PENAMBAHAN ARRESTER PADA *ARCING HORN* (SALURAN TRANSMISI PAYAKUMBUH-KOTOPANJANG 150 KV PADA AREA CADAS)

Affalenza Ahmad<sup>1\*</sup> dan Yusreni Warmi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang  
Jln. Gajah Mada Jl. Kandis Raya, Kp. Olo, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatra Barat 25173  
\*Email: 2018310032.affalenza@itp.ac.id

### Abstrak

*Petir merupakan fenomena alam yang terjadi secara alami dan tidak dapat kita cegah. petir mempengaruhi sistem transmisi penyaluran daya listrik ke pelanggan pengguna listrik. Petir dapat merusak komponen yang ada pada menara transmisi, yang membuat sistem transmisi daya listrik menjadi terganggu. Menara transmisi yang berada di daerah perbukitan yang tinggi membuat menara transmisi menjadi sasaran utama petir untuk menyalurkan kelebihan muatannya akibat gesekan elektron di awan. Khususnya saluran transmisi 150 kV Payakumbuh-Koto Panjang di Sumatra Barat yang memiliki gangguan petir sebesar 66% Menurut data Pusat Pengendalian Distribusi dan Beban Sumatra (P3B Sumatra). Salah satu komponen yang digunakan untuk mengurangi kerusakan isolator akibat sambaran petir adalah arcing horn. Namun itu tidak cukup, maka dari itu perlu adanya gabungan komponen arcing horn dengan arrester. Dengan menggabungkan dua komponen tersebut tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran petir bisa dipotong oleh arrester. Penambahan arrester pada sisi isolator mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap tegangan surja, dengan menambahkan 2 arrester pada sisi isolator tegangan yang mampu di potong oleh arrester adalah 88,3% dari tegangan surja yang diberikan dan jika menggunakan 1 arrester tegangan yang terpotong adalah 79,1% dari tegangan petir yang di berikan berdasarkan simulasi EMTP.*

**Kata kunci:** *arrester, BFO, ECLA, EMTP, sambaran petir.*

### 1. PENDAHULUAN

Sistem transmisi tenaga listrik di Indonesia khususnya di Sumatera Barat yakni Payakumbuh–Koto Panjang didominasi menggunakan saluran udara dibandingkan dengan kabel bawah tanah(Warmi dan Michishita, 2016)(Warmi dan Ismail, 2018). Saluran udara cukup rentan terhadap sambaran petir karena konstruksinya yang tinggi(Warmi dan Ismail, 2018)(Warmi dan Michishita, 2015). saluran transmisi 150 kV dari Payakumbuh ke Koto Panjang di Sumatera Barat, melewati daerah yang rata-rata hari badai petir per tahun (IKL: tingkat Isokeranik) mencapai 173 hari/tahun, dan frekuensi sambaran petir langsung ke saluran transmisi sangat tinggi (Warmi dan Michishita, 2016)(Warmi dan Michishita, 2018)(Warmi dan Ananda, 2019). kinerja petir menjadi salah satu yang paling penting sebagai bagian dari saluran transmisi, karena sebagian besar transmisi pemadaman listrik disebabkan oleh petir(Pham dkk., 2012). Hal ini dibuktikan dengan data Pusat Pengendalian Distribusi dan Beban Sumatera (P3B Sumatera), penyebab utama terjadinya sambaran petir adalah sebesar 66% dari seluruh sambaran petir. Selain menyebabkan padam, tegangan lebih petir juga menyebabkan putusnya saluran transmisi (Warmi dan Michishita, 2018).

*Tripouts* petir berarti pengoperasian pemutus sirkuit, yang menghilangkan *flashover* pada tanduk lengkung yang disebabkan oleh petir(Warmi dan Michishita, 2016). Ketika petir menyambar struktur menara atau kawat pelindung di atas kepala, arus pelepasan petir, yang mengalir melalui menara dan menara footing resistansi, menghasilkan perbedaan potensial di seluruh insulasi garis. Jika kekuatan isolasi garis terlampaui, *flashover* terjadi, yaitu *backflashover*. Karena tegangan menara sangat tergantung pada resistansi menara, akibatnya pijakan resistansi merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan kinerja petir(Christodoulou et al., 2010). Investigasi kinerja petir pada jalur transmisi telah dilakukan, dan telah ditunjukkan bahwa impedansi pijakan menara memiliki pengaruh besar pada kinerja perlindungan *backflashover* semakin besar impedansi pijakan, semakin banyak tingkat *backflashover*(Warmi dan Michishita, 2016). Dalam kasus *backflashover* yang disebabkan oleh sambaran petir untuk melindungi kawat atau bagian atas menara dari saluran transmisi, tegangan surja petir yang ditanggung oleh string isolator sangat bergantung pada tahanan pijakan, dengan

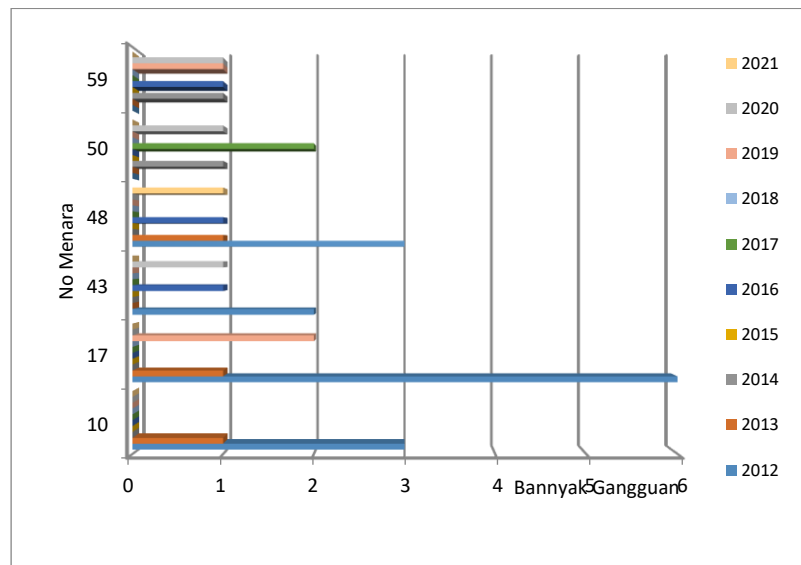
mempertimbangkan pantulan surja pada impedansi menara. Semakin tinggi tahanan pijakan, semakin besar tegangan yang ditanggung oleh senar isolator. Namun, praktis tidak mudah untuk menurunkan tahanan pijakan menara, misalnya di daerah pegunungan berbatu (Hayashi dkk., 2008).

Pemasangan arester dianggap sebagai perlindungan paling efektif terhadap tegangan lebih sementara ini, terutama untuk daerah dengan ketahanan tanah yang tinggi dan tingkat keraunik (Christodoulou dkk., 2010). Arrester merupakan peralatan yang didesain untuk melindungi peralatan lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir) dan pengaruh *follow current*. Sebuah arester harus mampu bertindak sebagai insulator, mengalirkan beberapa miliampere arus bocor ke tanah pada tegangan sistem dan berubah menjadi konduktor yang sangat baik yaitu mengalirkan ribuan ampere arus surja ke tanah (Setiawan, 2010). Ada dua desain yang berbeda dari line arrester (LA) yaitu *Externally Gapped Line Arrester (EGLA)* dan *Non-Gapped Line Arresters (NGLA)* (Johnerfelt dkk., 2013). *Non-Gapped Line Arrester (NGLA)* adalah adaptasi dasar dari arester gardu induk yang digunakan untuk melindungi peralatan berharga seperti transformator daya. Bagian aktif terhubung langsung antara konduktor fase dan struktur ground (Giraudet, 2019). Sedangkan arrester *EGLA* terdiri dari dua bagian termasuk varistor seng oksida dan celah udara eksternal. Arrester *EGLA*, *disk ZnO* biasanya tidak diberi energi dan karenanya tidak akan dihancurkan dalam kondisi operasi normal (Khodsuz, 2022). Beberapa keuntungan dari arrester *EGLA* adalah peningkatan kinerja jalur, lingkungan yang lebih aman, lebih sedikit biaya untuk pemasangan, pemeliharaan, pengoperasian saluran (Stanchev, 2020).

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Observasi Data Menara

Saluran transmisi tegangan tinggi Payakumbuh-Koto Panjang memiliki jumlah menara sebanyak 248 menara dengan panjang saluran 169,69 Kms dan jenis kawat penghantar ACSR 340 mm<sup>2</sup>. Dari data investigasi yang diperoleh dari tahun 2012-2021 terdapat 64 menara yang mengalami Trip-out dan 6 menara yang mengalami Trip-Out  $\geq 4$  kali.

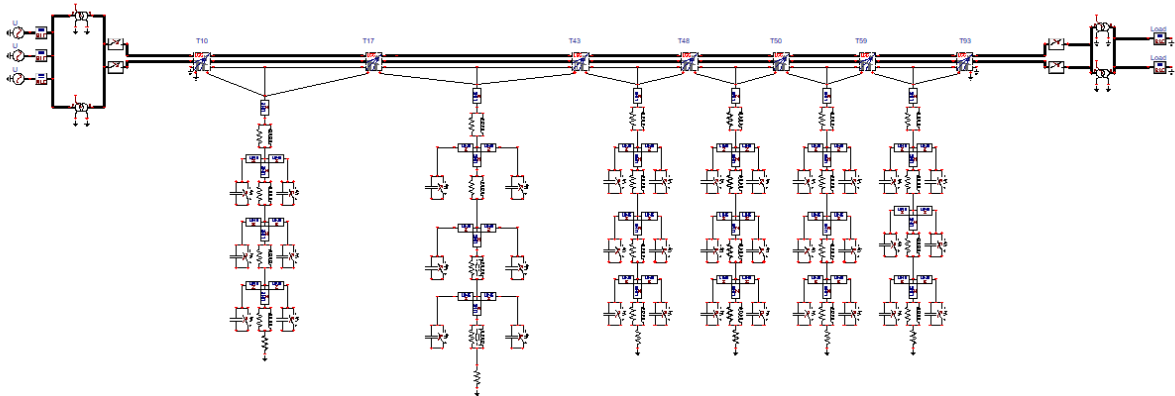


**Gambar 1. Grafik gangguan menara yang mengalami Trip-Outs 2012-2021  $\geq 4$  kali**

Dari Gambar 1 dapat diketahui tingginya frekuensi terjadi *Trip-Out* pada saluran yang disebabkan oleh petir, dalam kurun waktu setiap tahun terjadi gangguan *Trip-Out* yang diakibatkan oleh sambaran petir dan terjadi 6 kali *Trip-Out* pada menara 17 di tahun 2012 dan 3 kali *Trip-Out* pada menara 48 pada tahun 2012 dengan jumlah total gangguan *Trip-Out* pada Menara 17 yaitu 9 kali dan pada menara 48 yaitu 6 kali dari tahun 2012-2021.

## 2.2. Simulasi EMTP (*Electromagnetik Transient Program*)

Pengaplikasian data menara dan arrester dilakukan menggunakan *software EMTP (Electromagnetik Transient Program)*, *EMTP* menjadi suatu program komputer terintegrasi yang didesain untuk menyelesaikan permasalahan peralihan (*transient*) pada sistem tenaga listrik untuk rangkaian terkonsentrasi (*lumped*), rangkaian terdistribusi, atau kombinasi dari kedua rangkaian tersebut. Simulasi arrester menggunakan dengan kurva karakteristik V-I untuk Tegangan  $A_0$  dan  $A_1$  berdasarkan referensi (Khodsuz, 2022) arrester yang digunakan adalah arrester tipe *EGLA*.



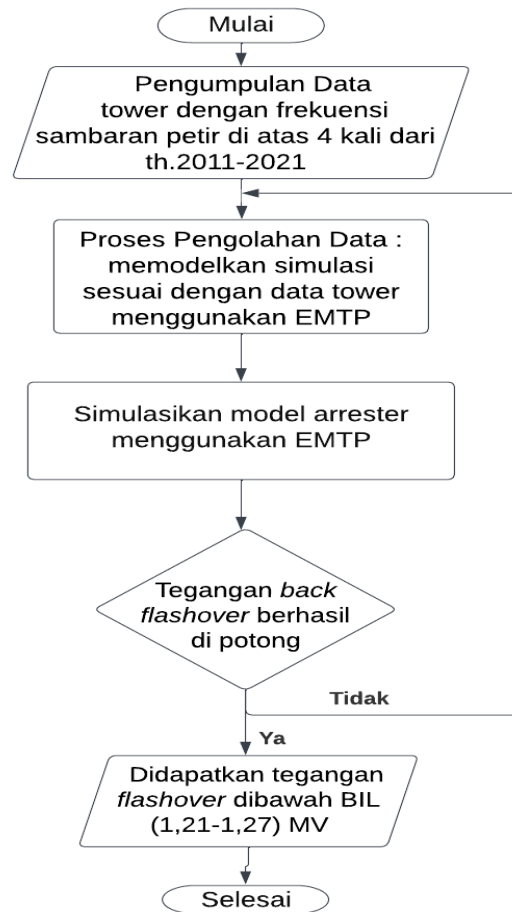
**Gambar 2. Rangkaian Simulasi 6 menara SUTT 150 KV Payakumbuh-Koto Panjang**

Dapat terlihat pada gambar rangkaian simulasi terdapat pemodelan terhadap 6 menara dilengkapi dengan 3 generator pembangkit yaitu dengan masing-masing daya sebesar 11,5 KV kemudian diteruskan menuju 2 buah trafo Step-Up untuk menaikkan tegangan sumber dari pembangkit menjadi tegangan sistem saluran transmisi 150 KV. Terdapat 6 menara yang disimulasikan yaitu menara yang memiliki gangguan *Trip-Outs* melebihi 4 kali berdasarkan data dari tahun 2012-2021.

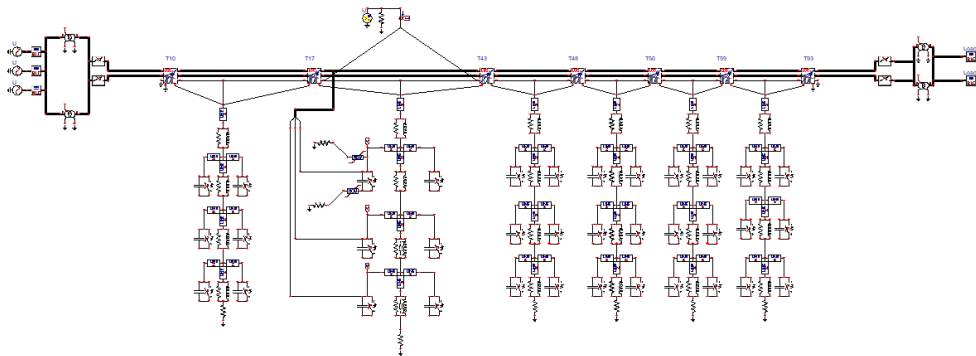
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Simulasi Penambahan Arrester Pada Isolator

Penambahan arrester bertujuan untuk memotong tegangan impuls yang terjadi akibat sambaran petir yang menyebabkan terjadinya *flashover* yang dapat merusak isolator dan terjadinya *Trip-outs* pada jaringan, sehingga terganggunya penyaluran kontinuitas daya ke pelanggan.

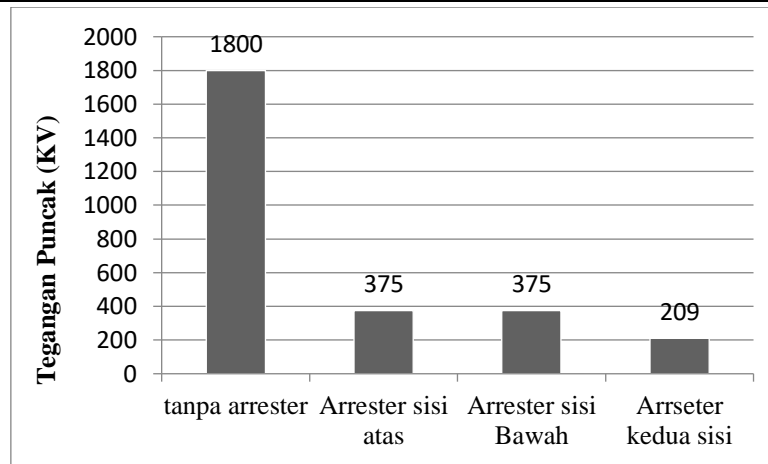


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Rangkaian simulasi menggunakan EMTP dengan gangguan impuls yang ditambahkan dengan Arrester

Pengaruh penambahan arrester terhadap tegangan impuls yang diberikan menunjukkan bahwa arrester mampu memotong tegangan impuls dapat dilihat pada gelombang yang terdapat pada gambar 5. Acuan dasar penentuan tegangan yang terpotong pada isolator adalah BIL (*Basic Insulator Level*) yaitu sebesar 1,21-1,27 MV. Penambahan jumlah arrester juga akan berpengaruh terhadap tegangan yang mampu dipotong oleh arrester.



**Gambar 5. Grafik Perbandingan Gelombang Impuls pada simulasi**

Berdasarkan grafik pada gambar 5. Penambahan arrester memiliki pengaruh yang signifikan terhadap gelombang impuls yang diberikan, dengan mula-mula tegangan puncak impuls sebesar 1,8 MV menjadi 375 KV ketika penambahan dengan menggunakan 1 arrester, dan kondisi tegangan impuls kembali menurun menjadi 209 KV ketika penambahan dengan menggunakan 2 buah arrester dimana penempatan arrester tersebut di letakkan pada sisi bawah dan atas isolator. Ini membuktikan tegangan impuls 1,8 MV yang telah melebihi BIL isolator dimana Tegangan BIL isolator adalah 1,21-1,27 MV berhasil diturunkan menjadi tegangan aman yang masih mampu di tahan oleh isolator yaitu sebesar 209 KV.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi penambahan arrester pada sisi isolator mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap tegangan impuls, dengan menambahkan 1 arrester tegangan impuls 1,8 MV berhasil diturunkan menjadi 375 KV artinya 1425 KV berhasil dipotong oleh 1 arrester yang diletakkan disisi atas maupun disisi bawah. Jika menggunakan arrester yang terletak pada kedua sisi tegangan yang berhasil dipotong yaitu sebesar 1591 KV dengan tegangan surja sebesar 1800 KV. Sehingga dapat di simpulkan dengan menggunakan 2 arrester tegangan yang mampu di potong oleh arrester adalah 88,3% dari tegangan surja yang diberikan dan jika hanya menggunakan 1 arrester tegangan yang terpotong adalah 79,1% dari tegangan impuls yang di berikan. Ini dipengaruhi oleh kinerja *Externally Gapped Line Arrester (EGLA)*, EGLA terdiri dari dua bagian termasuk varistor seng oksida dan celah udara eksternal sehingga apabila terjadi surja petir arrester akan menyerap energi surja petir dan membatasi tegangan lebih yang lebih rendah dari nilai ambang batas. Selain mampu menyerap energi surja Arrester EGLA mempunyai celah ,dengan adanya celah eksternal tidak ada rugi-rugi dan tidak ada kemungkinan kesalahan jangka panjang dan Konstruksi arester lebih ramah lingkungan karena material yang lebih sedikit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Christodoulou, C. A. *et al.* (2010) "Surge arresters' circuit models review and their application to a Hellenic 150 kV transmission line," *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(6), hal. 836–849. doi: 10.1016/j.simpat.2010.01.019.
- Giraudet, F. (2019) "Various Benefits for Line Surge Arrester Application and Advantages of Externally Gapped Line Arresters," *2019 International Conference on High Voltage Engineering and Technology (ICHVET)*, hal. 1–6.
- Hayashi, T., Mizuno, Y. dan Naito, K. (2008) "Study on transmission-line arresters for tower with high footing resistance," *IEEE Transactions on Power Delivery*, 23(4), hal. 2456–2460. doi: 10.1109/TPWRD.2008.917892.

- Johnnerfelt, B. *et al.* (2013) "Coordination of arrester and disconnecter characteristics for optimized application of line arresters," *2013 International Symposium on Lightning Protection, SIPDA 2013*, hal. 113–117. doi: 10.1109/SIPDA.2013.6729205.
- Khodsuz, M. (2022) "Externally gapped line arrester performance in high voltage transmission line using frequency grounding system : Absorbed," (February), hal. 426–440. doi: 10.1049/smt2.12116.
- Pham, T. H. *et al.* (2012) "Effect of externally gapped line arrester placement on insulation coordination of a twin-circuit 220 kv line," *IEEE Transactions on Power Delivery*, 27(4), hal. 1991–1997. doi: 10.1109/TPWRD.2012.2205729.
- Setiawan, D. (2010) "Studi Pengaman Tegangan Lebih pada Saluran Kabel Tegangan Tinggi 150kV yang Dilindungi oleh Arester Surja," hal. 1–6.
- Stanchev, D. (2020) "Energy stress of externally gapped line arresters for various cases through model study," *2020 12th Electrical Engineering Faculty Conference, BuLEF 2020*, hal. 8–11. doi: 10.1109/BuLEF51036.2020.9326059.
- Warmi, Y. dan Ananda, D. (2019) "Analisa Pengaruh Panjang Span Terhadap Jumlah Gangguan Petir Pada Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh-Koto Panjang." doi: 10.21063/PIMIMD5.2019.23.
- Warmi, Y. dan Ismail, F. (2018) "Perbaikan Desain Proteksi Petir Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(1), hal. 1–6. doi: 10.21063/jte.2018.3133701.
- Warmi, Y. dan Michishita, K. (2015) "A Study on Lightning Outages on the 150 Kv Transmission Line of Payakumbuh – Koto Panjang in West Sumatra in Indonesia," *19th International Symposium on High Voltage Engineering*, hal. 23–28.
- Warmi, Y. dan Michishita, K. (2016) "Investigation of lightning tripouts on 150-kV transmission lines in West Sumatra in Indonesia," *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 11(5), hal. 671–673. doi: 10.1002/tee.22286.
- Warmi, Y. dan Michishita, K. (2018) "Tower-footing resistance and lightning trip-outs of 150 kV transmission lines in west sumatra in Indonesia," *MATEC Web of Conferences*, 215, hal. 4–11. doi: 10.1051/mateconf/201821501022.