

# ANALISIS KORELASI KAWAT TANAH DENGAN TAHANAN PENTANAHAN TERHADAP *BACK FLASHOVER*

Novri Andrian<sup>1)</sup>, Fri Murdiya<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
Email: novri.andrian@student.unri.ac.id

## ABSTRACT

*Indonesian is a tropical climate in general, including areas with high lightning days each year. A prominent mountain or tower in the middle of a free area of rice fields, fields, gardens, etc. it has the possibility of a higher radiation than places in the middle of the city surrounded by other tall buildings. The need for electricity is very important. So it needs a reliable system of electric power, service, and continuity of maximum 150 kV High Voltage Air Channels electricity distribution is part of the electric power transmission system. This channel is quite often a direct lightning strike disruption which can result in Back Flashover in the channel. To minimize this disturbance used the Independent Ground Wire System (IGWS) system installed along the 150 kV Transmission Line. Then to determine the correlation of ground wire with the value of tower ground resistance against back flashover due to direct lightning strikes using ATP-EMTP Software. The Simulation results show that the relationship of ground wire with tower ground resistance value is the greater than lightning impulse current and the tower grounding value. The peak voltage on the tower and phase wire increase. The phase voltage of the phase wire which is exposed to the back flashover on the 70 kA lightning impulse with the phase wire voltage of 1.66 MVolt.*

Keywords: ATP-EMTP, Back Flashover, Ground Wire, Tower grounding value.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang beriklim tropis pada umumnya termasuk daerah dengan hari petir yang cukup tinggi setiap tahunnya. Karena keterbatasan data besarnya hari petir untuk setiap lokasi di Indonesia, pada saat ini diasumsikan bahwa lokasi-lokasi yang tinggi di atas gunung atau menara yang menonjol di tengah-tengah area bebas sawah, ladang, kebun dan lainnya (sano, 2018).

Kemungkinan mempunyai Sambaran lebih tinggi daripada tempat-tempat di tengah-tengah kota yang dikelilingi bangunan-bangunan tinggi lainnya. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV adalah bagian dari sistem transmisi tenaga listrik, saluran ini sangat sering terjadi gangguan

sambaran petir langsung yang dapat mengakibatkan kenaikan tegangan sehingga merusak peralatan listrik (ambarita,2015)

Untuk meminimalisir hal tersebut, maka ada media untuk melindungi penghantar tersebut, yaitu menambahkan satu atau dua kawat tanah dan memodifikasi kawat tanah tersebut dengan menambahkan isolator. yang dipasang sepanjang SUTT 150 kV. Dengan demikian kemungkinan terjadinya loncatan api karena sambaran petir langsung dapat diabaikan. Sehingga loncatan balik (*back Flashover*) karena sambaran kilat secara langsung pada puncak menara tetap masih ada.

Untuk merencanakan suatu sistem pentanahan terdapat beberapa faktor yang

perlu dipertimbangkan antara lain tahanan jenis tanah, struktur tanah, keadaan lingkungan biaya, ukuran dan bentuk sistemnya. Pada umumnya tahanan jenis tanah yang memiliki nilai lebih rendah sangatlah efektif.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Petir

Petir halilintar merupakan gejala alam yang biasanya muncul ketika musim hujan dimana di langit muncul kilatan cahaya sesaat. Kemudian disusul dengan suara yang mengelegar. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan karena adanya perbedaan antara kecepatan cahaya dan kecepatan suara. Petir juga mempunyai kemampuan dalam merusak objek-objek yang berada diatas tanah melalui sambaran langsung (Wirahadi, 2010).

### 2.2 Komponen Sistem Pentanahan

Tanah dan elektroda pentanahan kedua komponen diatas menentukan baik buruknya suatu sistem pentanahan kualitas sistem pentanahan diekspresikan dalam bentuk tahanan pentanahan. Resistivitas tanah sangat tergantung pada karakteristik, kandungan tanah dan kelembaban tanah. Tower transmisi yang mempunyai nilai tahanan kaki yang tinggi berada pada daerah dengan struktur jenis tanah berpasir, berbatu, dan cenderung tanah padas pada tabel 1.

Bahwa jenis tanah berpasir, berbatu, dan cenderung padas mempunyai resistivitas yang tinggi. Keadaan tanah yang demikian diakibatkan kerusakan yang terjadi di permukaan tanah, berkurangnya tumbuh-tumbuhan yang dapat mengikat air mengakibatkan kondisi tanah tandus dan berkurang kelembabannya. Salah satu yang menentukan besarnya tahanan sistem pentanahan adalah tahanan jenis tanah. Semakin kecil tahanan tanah maka tahanan sistem pentanahan akan semakin baik.

**Tabel 1.** Parameter Jenis Tanah (PUIL,2000).

NO	Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm meter)
1	Tanah rawa	30
2	Tanah liat dan Ladang	100
3	Pasir Basah	200
4	Kerikil Basah	500
5	Pasir dan Kerikil Kering	1000
6	Tanah Berbatu	3000

### 2.3 Tahanan Pentanahan Tower

Dalam melakukan instalasi elektroda batang, terlebih dahulu harus menentukan desain dari elektroda batang. Perhitungan nilai tahanan elektroda batang sesuai dengan standar yang telah di tetapkan yaitu harus dibawah 10 ohmTahanan kaki Menara 10 ohm dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih bantang pengetanahan (Hutauruk, 1991).

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{\sqrt[4]{2^{0.5} a^3 r}} \right)$$

$$L = 2l \left( \ln \left( \frac{4l}{\sqrt[4]{2^{0.5} a^3 r}} \right) 10^{-7} \right)$$

$$C = \frac{\epsilon_r l}{18 \ln \left[ \frac{4l}{\sqrt[4]{2^{0.5} a^3 r}} \right]}$$

dimana :

- $\epsilon_r$  = Permittivitas Relatif Tanah
- $r$  = Radius batang konduktor
- $a$  = Jarak antara batang konduktor
- $l$  = Panjang batang konduktor

### 2.4. Resistansi dan Induktansi Tower

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).

Rumus Resistansi Menara R1, R2, R3

$$R_i = \Delta R_i x_i$$

$$R_1 = \Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_3 = \frac{2 \cdot z_{t1}}{h - x_4} \ln\left(\frac{1}{\alpha_1}\right) \text{ohm}$$

Rumus Resistansi Menara R4

$$R_4 = \frac{2 \cdot z_{t1}}{h} \ln\left(\frac{1}{4}\right) \text{ohm}$$

Rumus Induktansi Menara

$$L_i = 2 \cdot \tau \cdot R_i \text{ Hendry}$$

dimana :

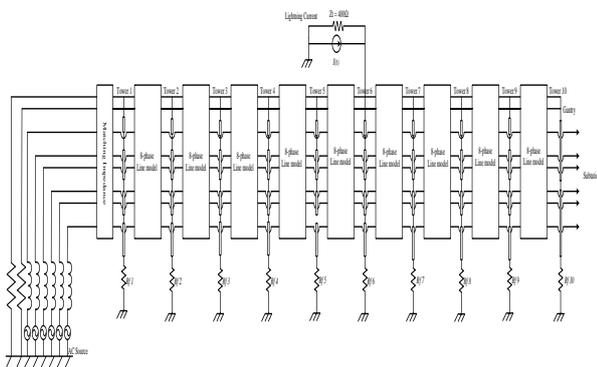
Waktu berjalan sepanjang tower  $\tau = h/c_0$

Konstanta atenuasi sepanjang tower  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,89$

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

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

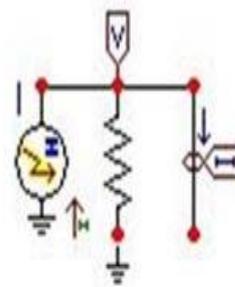
Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode simulasi. Ditinjau dari tujuan dasarnya maka penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian (aplikatif) dan di rancang menggunakan aplikasi ATP-EMTP. Pada penelitian ini, pemodelan sirkuit saluran transmisi 150 kV pada sambaran petir via ATP-EMTP di dasari oleh konfigurasi dasar sistem model jepang. (Ametani, 2010).



**Gambar 1.** Model sirkuit ganda saluran transmisi 150 kV Via ATP-EMTP (Ametani, 2010).

### 3.1. Model Implus Petir

Untuk sumber implus petir pada penelitian ini dipilih tipe Hiedler yang dapat digunakan sebagai sumber tegangan dan arus. Dalam penelitian ini tipe Hiedler digunakan sebagai pemodelan sambaran petir yang menginjeksikan arus petir mengalir ke saluran transmisi dengan menambahkan tahanan sebesar  $400 \Omega$  yang di parallel dengan Generator impuls tipe hiedler. Untuk arus injeksi ke saluran transmisi tersebut penelitian ini memvariasikan puncak arus petir sebesar 10 kA sampai 100 Ka dengan muka gelombang  $1.2 \times 10^{-6}$  dan durasi sambaran  $50 \times 10^{-6}$ . Berikut ini model implus petir tipe hiedler dalam ATP-EMTP (Ametani, 2010).

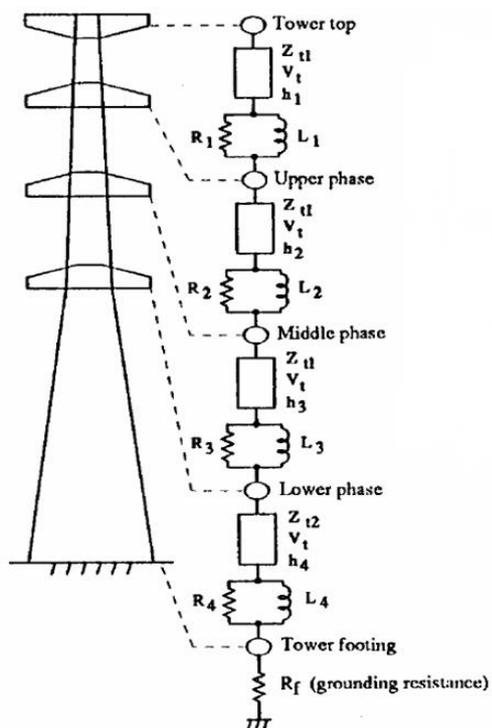


**Gambar 2.** Model implus petir tipe Hiedler dalam ATP-EMTP.

### 3.2. Model Tower

Pada penelitian ini tower transmisi yang digunakan jenis model tower *Lattice* sirkuit ganda. Tower tipe *Lattice* merupakan tower berbahan baja galvanis dengan besi yang bersiku. Tower *Lattice* memiliki tinggi yang bervariasi. Berikut ini kontruksi tower Transmisi 150 kv dan rangkaian menara dapat dilihat pada gambar 3.

Bagian antara puncak tower sampai dengan cross arm dimodelkan berdasarkan nilai induktansi yang tergantung pada panjang, impedansi surja dari tower dan cepat rambat gelombang. Bagian antara cross arm sampai ke ground dimodelkan berdasarkan impedansi surja  $Z_t$  dan panjang propagasi  $I_{prop}$  yang merupakan nilai yang diparalel dengan damping resistor.



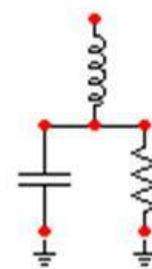
**Gambar 3.** Model tower transmisi pada ATP-EMTP (Ametani,2010).

**Tabel 2.** Data kontruksi tower *lattice* sirkuit ganda ( PT. PLN Persero).

Sirkuit 1		Sirkuit 2	
Tinggi	Meter	Tinggi	Meter
HR'	19.4	HR''	29
HS'	24.2	HS''	24.2
HT'	29	HT''	19.4
HN'	34.65	HN''	34.65
Jarak	Meter	Jarak	Meter
DR'	4.26	DR''	-4.26
DS'	4.08	DS''	-4.08
DT'	3.9	DT''	-3.9
DN'	2.64	DN''	-2.64

### 3.3. Tahanan Pentanahan Tower

Pada penelitian ini sistem pentanahan pada tower menggunakan sistem *driven rod* yaitu, sistem pentanahan dengan cara menanamkan batang-batang konduktor tegak lurus ke dalam tanah (*Vertikal*). Model tahanan kaki menara transmisi dengan cara menanamkan 4 batang konduktor berbentuk persegi. Berikut ini model tahanan kaki tower via ATP-EMTP dapat dilihat pada gambar 4. sebagai berikut (Wirahadi, 2010).



**Gambar 4.** Model tahanan kaki tower via ATP-EMTP.

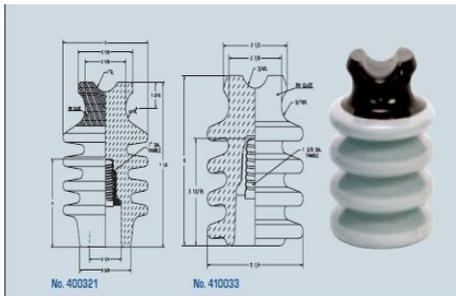
### 3.4. Model Sistem IGWS

Dalam pemodelan i-GWS ini terdapat penambahan isolator 20 kV sebagai pembatas antara konduktor vertikal dan tower transmisi. Dan fungsi dari konduktor vertikal ini adalah menyalurkan arus lebih dari petir yang menyambar di kawat tanah sehingga konduktor vertikal bekerja menghantarkan arus petir langsung ketanah tanpa melewati tower (PT. PLN Persero).

### 3.5. Model isolator IGWS

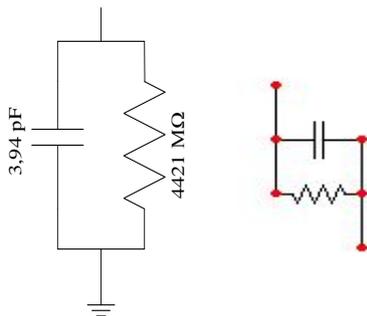
Isolator yang digunakan pada sistem i-GWS adalah isolator jenis pin-post komponen isolasi dari isolator pin-post terbuat dari keramik. Bagian logam isolator pin-post terbuat dari galvanis. Isolator pin post

Memiliki karakteristik elektrik, karakteristik mekanik, dan karakteristik dimensi. Berikut ini gambar dari isolator pin-post dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut (PT. PLN Persero).



**Gambar 5.** Isolator Pin-Post ( Sumber : ppcinsulator.com).

Pada penelitian ini, pemodelan isolator pin-post pada sistem i-GWS, dimodelkan dalam bentuk rangkaian ekivalen, yang terdiri dari beberapa komponen liner yaitu Resistansi dan kapasitansi yang dirangkai secara paralel. Untuk nilai resistansi 4421 M $\Omega$  dan untuk nilai kapasitansi 3,94 pF. Rangkaian ekivalen dari isolator pin-post tersebut dimodelkan kedalam ATP-EMTP. Berikut ini pemodelan rangkaian ekivalen isolator pin-post via ATP-EMTP.



**Gambar 6.** Pemodelan isolator Pin-Post Via ATP-EMTP

Pada penelitian ini, pemodelan kabel (AAAC-S) dimodelkan dalam bentuk impedansi surja via ATP-EMTP.

Berikut ini model konduktor vertika via ATP-EMTP.

### 3.6. Konduktor Vertikal IGWS

Konduktor vertikal yang digunakan pada sistem i-GWS adalah *Alumunium Alloy Conductor and XLPE Sheated (AAAC-S)* adalah jenis kabel *Overhead Transmission Line 20 kV*. Untuk pemasang sistem IGWS dengan ukuran luas penampang kabel 50 mm<sup>2</sup>. Berikut ini dapat dilihat jenis kabel (AAAC-S) pada gambar 7. sebagai berikut (PT. PLN Persero).



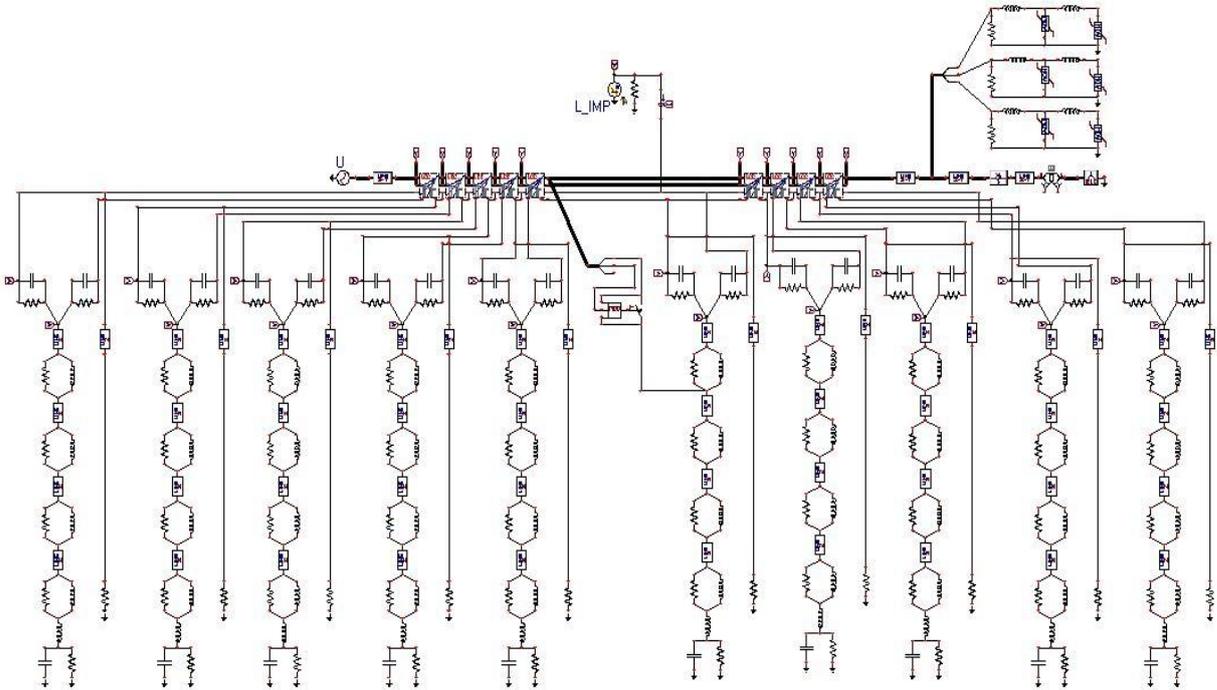
**Gambar 7.** Kabel *Alumunium Alloy Conductor and XLPE Sheated* (Sumber : Sutrado kabel ).



**Gambar 8.** Model konduktor vertikal

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

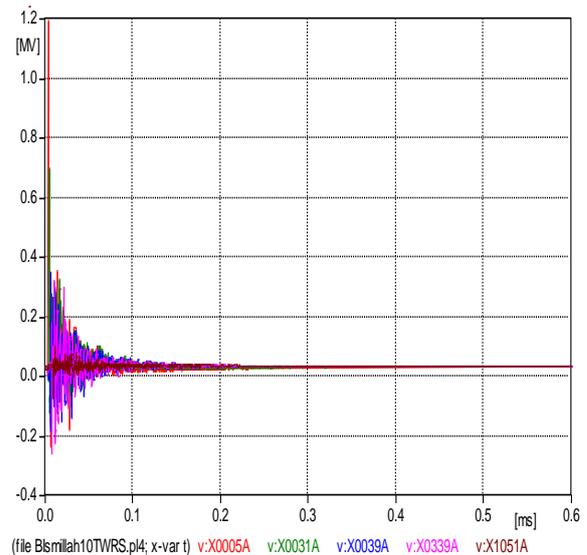
### 4.1. Model Simulasi Sambaran Petir Langsung Pada Saluran Transmisi 150 kV Via ATP-EMTP



Gambar 9. Pemodelan Sambaran Petir langsung Pada Saluran Transmisi 150 kV.

### 4.2. Simulasi tegangan puncak pada kawat fasa pada saat kondisi *back flashover* dengan arus impuls 50 kA.

Tahanan pentanahan tower sesuai dengan tahanan jenis tanah kerikil basah dengan tahanan jenis 500  $\Omega$ -m dengan nilai tahanan pentanahan 27  $\Omega$ .

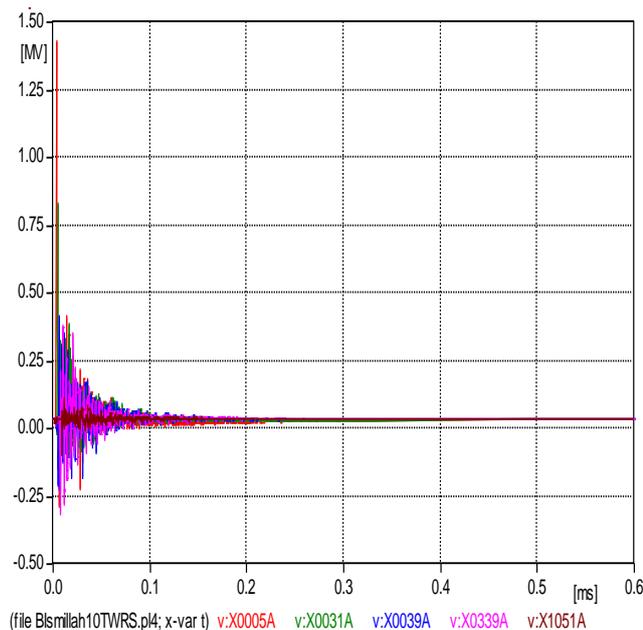


Gambar 10. Hasil tegangan Puncak kawat fasa dengan impuls petir 50 kA

Dari grafik diatas tegangan puncak kawat fasa mengalami kenaikan yang cukup tinggi karna di sebabkan oleh impuls petir yang tinggi. Dari grafik diatas terlihat pada kawat fasa X005A tegangan puncak sebesar 1,2 Mvolt, kawat fasa X0031A tegangan puncak sebesar 710 kVolt, kawat fasa X0039A tegangan puncak sebesar 350 kVolt, kawat fasa X0339A tegangan puncak sebesar 320 kVolt dan X1051A tegangan puncak sebesar 100 kVolt.

**4.3. Simulasi tegangan puncak pada kawat fasa pada saat kondisi *back flashover* dengan arus impuls 60 kA.**

Tahanan pentanahan tower sesuai dengan tahanan jenis tanah kerikil basah dengan tahanan jenis 500 Ω-m dengan nilai tahanan pentanahan 27 Ω.



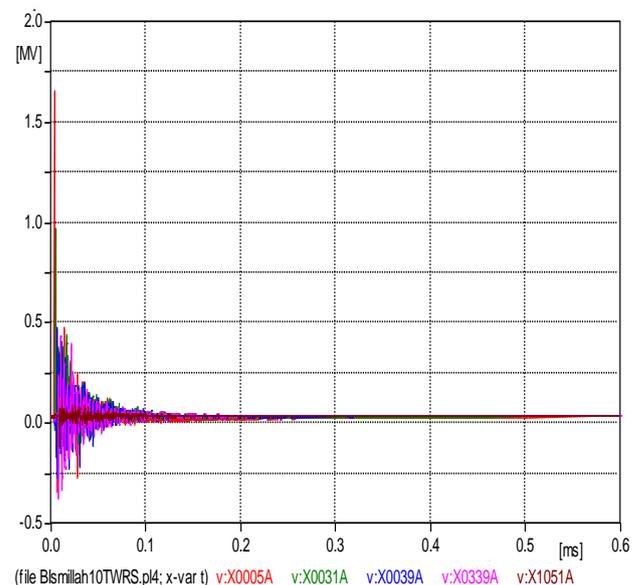
**Gambar 11.** Hasil tegangan Puncak kawat fasa dengan impuls petir 60 kA

Dari grafik diatas tegangan puncak kawat fasa mengalami kenaikan yang cukup tinggi karna di sebabkan oleh impuls petir yang tinggi. Dari grafik diatas terlihat pada kawat fasa X005A tegangan puncak sebesar 1,47 Mvolt, kawat fasa X0031A tegangan puncak sebesar 835 kVolt, kawat fasa X0039A tegangan puncak sebesar 420 kVolt, kawat

fasa X0339A tegangan puncak sebesar 375 kVolt dan X1051A tegangan puncak sebesar 114 kVolt.

**4.4. Simulasi tegangan puncak pada kawat fasa pada saat kondisi *back flashover* dengan arus impuls 70 kA.**

Tahanan pentanahan tower sesuai dengan tahanan jenis tanah kerikil basah dengan tahanan jenis 500 Ω-m dengan nilai tahanan pentanahan 27 Ω.



**Gambar 12.** Hasil tegangan Puncak kawat fasa dengan impuls petir 70 kA

Dari grafik diatas tegangan puncak kawat fasa mengalami kenaikan yang cukup tinggi karna di sebabkan oleh impuls petir yang tinggi. Dari grafik diatas terlihat pada kawat fasa X005A tegangan puncak sebesar 1,66 Mvolt, kawat fasa X0031A tegangan puncak sebesar 980 kVolt, kawat fasa X0039A tegangan puncak sebesar 480 kVolt, kawat fasa X0339A tegangan puncak sebesar 432 kVolt dan X1051A tegangan puncak sebesar 130 kVolt.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis korelasi kawat tanah dengan tahanan pentanahan terhadap *back flashover* dapat diambil beberapa kesimpulan. Hubungan kawat tanah dengan nilai tahanan pentanahan tower adalah semakin besar arus implus petir dan nilai tahanan pentanahan tower maka tegangan puncak kawat fasa semakin besar. Tegangan puncak kawat fasa yang terkena *back flashover* pada implus petir 70 kA dengan tegangan kawat fasa 1,66 MVolt.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, Rindu Putra, Abdul Syakur, and Yuningtyastuti. 2015. "Simulasi Penentuan Nilai Tahanan Pentanahan Menara Transmisi 150 Kv Terhadap Backflashover Akibat Sambaran Petir Langsung." *Transient* 4(4).
- Ametani, Akihiro. 2017. "Lightning Surge Analysis by EMTP and Numerical Electromagnetic Analysis Method." *2010 30th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2010* 2010: 1–18.
- Hutauruk, T.S. 1989. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Erlangga, Bandung.
- Hutauruk, T.S. 1991. *Sistem Pengetanahan Peralatan*. Erlangga, Bandung.
- Wirahadi, Afriando. 2010. "Analisis *Back Flashover* Dengan Model Menara *Constant- Parameter Distributed Line (CPDL)* Pada Saluran Transmisi 150 kV (GI Bukit Kemuning- GI Batu Raja)"