

# Analisis Usia Arrester Akibat Gangguan Sambaran Langsung Petir Pada Transmisi 150 kV

Fathir Juliando<sup>1)</sup>, Iswadi Hasyim Rosma<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, <sup>2)</sup> 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: [fatierjuliando@gmail.com](mailto:fatierjuliando@gmail.com)

## ABSTRACT

*Lightning strike is one of the main causes of faults at 150 kV transmission line in Indonesia. This fault may cause damage on the electrical system equipment. Therefore, the protection device to protect the equipment is essential to ensure reliable operation of electrical system. Arrester is a protection device that can be used to protect equipment from lightning strike. The life time of the arrester is effected, when the number of strike is increased. Therefore, the objective of this study is to analyze the lightning strike to the life time of the arrester. A number of parameters were used in this study such as: Thunderstormday (IKL), lightning current, the length of transmission line, The Total Probability of the Arrester Failure. It has been found from the results that when there was a lightning strike with 1 kA until 45 kA and the tail duration 0 until 45 $\mu$ s, The Total Probability of the Arrester Failure is 0,00141255. Therefore, with IKL 150 per year, the life time of the arrester is 2 years and 2 months when it is hit by 1 kA until 45 kA lightning.*

*Keywords: Arrester, life time of arrester, lightning strike.*

## 1. PENDAHULUAN

Petir merupakan sebuah fenomena alam berupa kilatan cahaya yang disertai oleh suara yang menggelegar yang sering dijumpai menjelang atau ketika hujan. Petir merupakan mekanisme pelepasan muatan di udara yang dapat terjadi di dalam awan, antara awan, awan dengan udara, dan antara awan dengan tanah. Fenomena petir antara awan dan permukaan bumi dapat dianalogikan seperti kapasitor raksasa, dimana lempeng pertama adalah awan dan lempeng kedua adalah bumi (Hutagaol, 2009).

Arrester merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik terhadap surja tegangan lebih yang disebabkan oleh petir. Kemampuan melewatkan arus yang disebabkan oleh tegangan induksi dari petir merupakan keunggulan yang dimiliki oleh

suatu arrester untuk mengamankan suatu sistem kelistrikan.

Sesuai dengan fungsinya itu maka arrester harus dapat menahan tegangan sistem pada frekuensi 50/60 Hz untuk waktu yang terbatas dan harus dapat melewatkan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan pada arrester itu sendiri. Arrester berlaku sebagai jalan pintas di sekitar isolasi. Arrester membentuk jalan yang mudah untuk dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang nilainya tinggi pada peralatan. Pada penelitian ini tipe arrester yang digunakan adalah tipe MOA dengan karakteristik arus mengacu pada data arrester di PT.PLN (Persero) GI Garuda Sakti. Arrester yang ideal harus memiliki karakteristik seperti berikut :

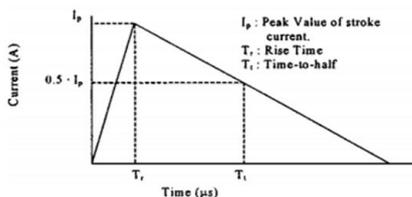
(1). Pada tegangan operasi (rms) LA bersifat sebagai insulator, Arus bocor ke

tanah tetap ada, namun dalam orde mili-Ampere. Arus bocor ini mayoritas adalah arus kapasitif.

(2) Pada saat terjadi surja petir/ surja hubung LA bersifat konduktif, dengan nilai resistansi sangat rendah. LA mengalirkan arus surja ke tanah dalam orde kilo-Ampere. LA segera bersifat insulator setelah surja berhasil dilewatkan, sehingga menghilangkan pengaruh follow current. (PT. PLN (Persero), 2014)

## 2. Lightning Current Parameter

Bentuk gelombang petir tidak selalu sama, hal ini dikarenakan bentuk gelombang petir bergantung terhadap besar arus petir, kecuraman (kenaikan arus) dan waktu petir.



**Gambar 1. Bentuk Gelombang Petir**

Gambar 1 merupakan bentuk gelombang petir dalam perumpamaan bentuk gelombang segitiga. Dimana pada gambar gelombang tersebut terdapat beberapa keterangan dimana  $I_p$  adalah nilai puncak petir, dan  $T_r$  adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai waktu puncak petir, sementara itu  $T_t$  adalah waktu menuju setengah dari nilai puncak petir setelah gelombang tertinggi.

### 2.1 Konfigurasi Jarak Sambar Petir

Jarak sambaran petir yang menyambar kawat phasa atau kawat tanah dapat dihitung menggunakan persamaan (IEEE Power Engineering Society, 2004)

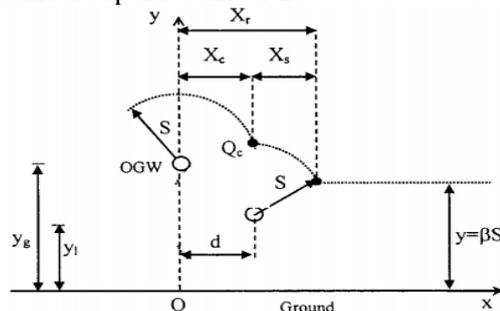
$$S = 8 \times I_p^{0.65} \quad (1)$$

Dimana :

S: Jarak sambaran terhadap kawat transmisi

$I_p$ : Arus Puncak petir

Dengan mengetahui jarak sambar petir maka dapat dibuat konfigurasi jarak sambar seperti Gambar 2.



**Gambar 2. Konfigurasi jarak sambar**

Dengan mengetahui nilai  $I_p$  dan konfigurasi jarak sambar petir ke menara transmisi maka dihitung nilai probabilitas sambaran ke kawat tanah dan sambaran ke kawat phasa dengan menggunakan persamaan (M.Garcia-Garcia, S. Boldovinos, 1999).

- Sambaran ke kawat tanah

$$h_G(I_p) = \frac{X_c}{X_r} \quad (2)$$

- Sambaran ke kawat phasa

$$h_L(I_p) = 1 - \frac{X_c}{X_r} \quad (3)$$

Dimana nilai  $X_c$  dan  $X_r$  adalah hasil dari representasi dari konfigurasi jarak sambar.

### 2.2 Probabilitas kegagalan kerja arrestersaat petir menyambar kawat tanah.

Tidak selamanya arrester bekerja sebagai mana mestinya saat terjadi gangguan tegangan lebih akibat surja petir atau surja hubung. Hal ini menimbulkan adanya probabilitas arrester bekerja. Probabilitas ini dapat mengganggu kelangsungan penyaluran energi listrik, Disamping itu keandalan arrester juga akan menurun yang akan mempengaruhi usianya. Adapun besar probabilitas kegagalan arrester bekerja dihitung menggunakan persamaan

- Probabilitas distribusi arus puncak

$$f(I_p) = -\frac{dF}{dI} \Big|_{I=I_p} = \frac{n_c}{I_{50}^{n_c}} \cdot \frac{I_p^{n_c-1}}{\left[1 + \left(\frac{I}{I_{50}}\right)^{n_c}\right]^2} \quad (4)$$

- Probabilitas distribusi waktu ekor

$$g(T_t) = - \frac{dG}{dT} \Big|_{t=T_t} = \frac{n_t}{T_{50}^{n_t}} \cdot \frac{T_t^{n_t-1}}{\left[1 + \left(\frac{T_t}{T_{50}}\right)^{n_t}\right]^2} \quad (5)$$

Dimana,  $f(I_P)$ : probabilitas distribusi arus puncak.  $g(I_P)$ : Probabilitas distribusi waktu ekor.  $n_t$  : konstanta waktu (1,82) dan  $n_c$ : konstanta arus (1,89).

Untuk nilai  $I_{50}$  dan  $T_{50}$  didapat pada data observasi petir dimana  $I_{50} = 24$  kA dan  $T_{50} = 30 \mu s$ .  $I_p$  yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari 1kA sampai dengan 45 kA. Sedangkan nilai waktu ekor yaitu mulai dari 0 sampai  $45 \mu s$  dimana dengan *step* waktunya adalah  $1 \mu s$ . Dengan didapatnya nilai probabilitas distribusi arus puncak petir dan waktu ekor maka selanjutnya akan dihitung probabilitas kegagalan kerja arrester.

- Probabilitas Kegagalan kerja arrester pada saat sambaran ke kawat tanah

$$P_A = \int_{T_T}^{\infty} \left[ \int_{I_{SG}(T_t)}^{\infty} f(I_P) \cdot h_G(I_P) dI_P \right] \cdot g(T_t) \cdot dT \quad (6)$$

Dimana  $I_{SG}$  adalah waktu dibutuhkan menuju nilai setengah energi terhadap sambaran ke kawat tanah.

### 2.3 Probabilitas Kegagalan Kerja arrester saat sambaran ke kawat phasa

Dengan cara yang sama namun dengan jenis sambaran ke kawat phasa maka dihitung juga probabilitas kegagalan kerja arrester.

- Probabilitas kegagalan arrester pada saat petir menyambar kawat phasa

$$P_B = \int_{T_T}^{\infty} \left[ \int_{I_{SL}(T_t)}^{\infty} f(I_P) \cdot h_L(I_P) dI_P \right] \cdot g(T_t) \cdot dT \quad (7)$$

Dimana  $I_{SL}$  adalah *minimum peak current* yang menyebabkan arrester gagal bekerja.

### 2.4 Total Probabilitas kegagalan kerja arrester.

Total probabilitas kerja arrester merupakan penjumlahan dari probabilitas kegagalan kerja arrester pada saat sambaran ke kawat tanah dan probabilitas kegagalan kerja arrester saat sambaran ke kawat phasa.

$$P_F = P_A + P_B \quad (8)$$

### 2.5 Usia Pakai Arrester

Usia pakai arrester merupakan usia layak pakainya arrester setelah mendapat gangguan petir pada transmisi 150 kV. untuk melakukan perhitungan usia pakai arrester digunakan persamaan (9) :

$$\bar{T} = [N_s \cdot L_{zone} \cdot P_F]^{-1} \quad (9)$$

Dimana :

$N_s$  :Jumlah sambaran ke jaringan

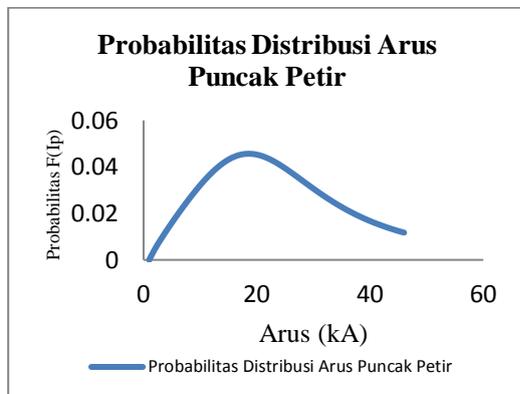
$L_{zone}$  : panjang daerah proteksi arrester

## 3. METODELOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi ini disajikan bahan yang digunakan dan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dalam pembuatan skripsi ini. Dalam pengambilan data pada penelitian ini menggunakan metode observasi dimana data yang didapat diperoleh diantaranya dari data transmisi 150 kV PT.PLN (persero) GI Garuda sakti dan data-data yang terdapat pada beberapa jurnal internasional yang bisa menunjang dalam penelitian ini.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

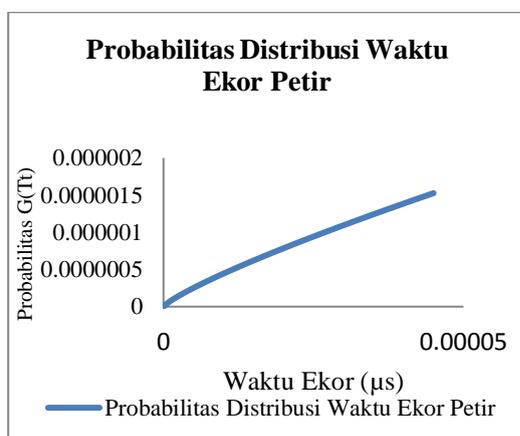
Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan menggunakan persamaan yang telah ditentukan maka untuk nilai arus puncak petir  $I_P$  mulai dari 1 kA sampai dengan 45 kA. Hasil tersebut dapat dilihat pada grafik probabilitas distribusi arus puncak petir seperti gambar 3.



**Gambar 3. Probabilitas distribusi arus puncak petir**

Dari Gambar 3 didapat nilai Probabilitas distribusi arus pada saat 1 kA yaitu 0,004654359 sedangkan pada saat  $I_p$  45 kA maka nilainya yaitu 0,011713673.

Sementara itu untuk distribusi waktu ekor petir dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4. Probabilitas waktu ekor petir**

Dari Gambar 4 dapat terlihat yaitu semakin besar nilai waktu ekor petir maka nilai probabilitasnya juga akan semakin besar.

Setelah didapatnya nilai-nilai yang dibutuhkan untuk menghitung probabilitas total kegagalan arrester seperti terpenuhinya nilai probabilitas sambaran ke kawat tanah (PA) = 0,001049699 dan probabilitas sambaran di kawat fasa (PB) = 0,0003629. maka selanjutnya dilakukan perhitungan probabilitas total kegagalan arrester. Pada penelitian ini nilai probabilitas total yang didapat yaitu 0,00141255.

Dengan nilai IKL 150 maka akan terjadi jumlah gangguan ke saluran ( $N_s$ ) sebanyak 799,641. Dengan jarak lindung arrester sejauh 400meter maka didapat usia pakai arrester pada saluran transmisi 150 kV adalah 2 tahun 2 bulan.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil dan analisis yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan berikut.

1. Jika jumlah IKL 150 per tahun maka diperoleh nilai usia layak pakai arrester sebesar 2 tahun 2 bulan.
2. Sementara itu dengan memvariasikan nilai IKL pertahun didapat usia arrester seperti berikut, saat nilai IKL 50 pertahun maka diperoleh usia arrester yaitu 8 tahun 8 bulan, Sementara itu apabila nilai IKL 250 pertahun didapatkan usia arrester yaitu 1 tahun 1bulan. Dari hasil perhitungan tersebut dapat diambil kesimpulan dengan yaitu semakin besar nilai IKL/tahun maka gangguan kesaluran akan makin sering terjadi sehingga akan mengakibatkan usia pakai arrester semakin kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hutagaol, S. A. (2009) *Studi Tentang Sistem Penangkal Petir Pada BTS (Base Transceiver Station)*, Universitas Sumatera Utara. Universitas Sumatra Utara.
- IEEE Power Engineering Society (2004) *IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines*. Edited by R. Of and I. S. 1410-1997.
- M.Garcia-Garcia, S. Boldovinos, M. S. (1999) 'Evaluation of the failure probability for gapless metal oxide arresters', *Transmission and ...*, pp. 700–705.
- PT. PLN (Persero) (2014) *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester P T. P L N (Persero)*. Edited by N. Pamudji. Jakarta: PT.PLN (Persero).