

## *Analysis of Configuration and Performance of Arrester for Protecting Substation against Impulse Lightning Using ATP-EMTP Software*

Alfian Adri<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: alfianadri810@gmail.com

### **ABSTRACT**

*Electrical energy is one of the most important and often used energy in life. Therefore to keep the availability of electricity, it takes a power company that will manage the electricity needs. One of the things that affect to the reliability of the equipment is need to know the configuration of the electrical equipment protective device. As known that transmission line is very vulnerable to lightning strikes that produce a traveling wave. It can enter the substation and make the existing equipment in danger. Based on the problems we need to analyze the configuration and performance of the arrester against the impulse lightning. This study was conducted by simulating lightning strikes on equipment using ATP-EMTP software by varying the strike and the distance of the arrester protection for protected transformer in order to get the correct distance to minimize the optimum voltage. The result of the simulation by varying the distance from 3 m, 6.7 m, 9 m, 15 m, 21 m, 27 m, 28.5 m, the safer distance and the smaller peak voltage which is protected by the arrester to the transformer is 21 meters from the current variation at 10 kA, 30 kA, and 60 kA where the lowest peak voltage of phases A, B, and C are compared with other distances. Then the distance 21 m better than the distance of 6.7 m used by PT.PLN (Persero) Garuda Sakti Substation.*

*Keywords: Arrester, ATP-EMTP, Arrester configuration.*

### **1. PENDAHULUAN**

Sumber energi listrik merupakan salah satu energi yang penting dan sering digunakan oleh manusia untuk mempermudah pekerjaan dalam kehidupan. Untuk menjaga ketersediaan aliran listrik, maka dibutuhkan suatu perusahaan listrik yang akan mengelola kebutuhan listrik tersebut. Seiring peningkatan kebutuhan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari, khususnya bagi keperluan industri, maka kualitas dan kuantitas aliran listrik menjadi tuntutan yang besar dari pihak konsumen energi listrik. Salah satu hal yang mempengaruhi keandalan dari peralatan listrik di gardu induk yaitu alat untuk memproteksi peralatan listrik di gardu dimana perlu nya konfigurasi jarak antara peralatan dengan alat proteksi. konfigurasi

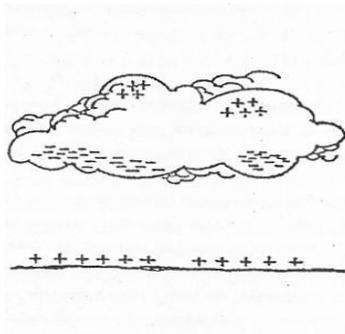
dilakukan untuk menjaga kondisi dari peralatan agar berfungsi dengan baik, dan untuk meminimalisir terjadinya gangguan arus lebih pada peralatan supaya lebih optimal.

### **2. TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Proses Terjadi Petir**

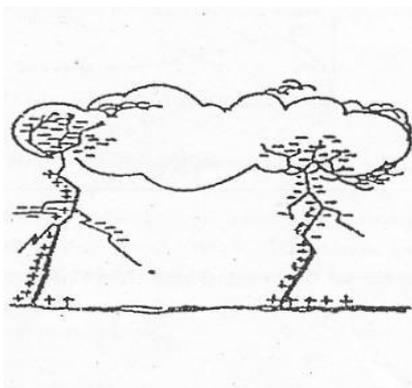
Teori yang secara luas dapat diterima tentang petir yaitu bahwa awan terdiri dari daerah bermuatan positif dan negatif. Pusat-pusat muatan ini menginduksikan muatan berpolaritas berlawanan ke awan terdekat atau ke bumi. Gradien potensial di udara antara pusat-pusat muatan di awan atau antara awan dan bumi tidak seragam tapi gradient tersebut timbul pada bagian

konsentrasi muatan tinggi. Ketika gradient tegangan tinggi pada titik konsentrasi muatan dari awan melebihi harga tembus udara yang terionisasi, maka udara di daerah konsentrasi tekanan tinggi mengionisasi atau tembus (breakdown). Muatan dari pusat muatan mengalir ke dalam kanal terionisasi, mempertahankan gradient tegangan tinggi pada ujung kanal dan melanjutkan proses tembus listrik. Sambaran petir ke bumi mulai ketika suatu muatan sepanjang pinggir awan menginduksikan suatu muatan lawan ke bumi seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1 Muatan Sepanjang pinggir awan menginduksikan muatan awan pada bumi

Kemudian akan timbul lidah petir arah bawah menyebar dari awan ke bumi seperti terlihat pada gambar 2.2



Gambar.2 Lidah petir menjalar ke arah bumi

## 2.2 Arrester

Arrester atau biasa juga disebut Lightning Arrester adalah suatu alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga

listrik terhadap surja petir (surge) dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Dipasang pada atau dekat peralatan yang dihubungkan dari fasa konduktor ke tanah.

Sesuai dengan fungsinya itu maka arrester harus dapat menahan tegangan sistem pada frekuensi 50 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.

Selain melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan lebih eksternal, arrester juga melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan lebih internal seperti surja hubung. Surja hubung merupakan suatu gangguan tegangan lebih yang muncul secara internal yang disebabkan oleh lepas beban (karena gangguan alam) dan fluktuasi beban. Selain itu arrester juga merupakan kunci dalam koordinasi isolasi suatu sistem tenaga listrik. Bila surja hubung datang ke gardu induk maka arrester akan bekerja melepaskan muatan listrik serta mengurangi tegangan abnormal yang mengenai peralatan dalam gardu induk.

Lightning arrester bekerja pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi untuk membuang muatan listrik dari surja petir dan berhenti beroperasi pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada tegangan operasi, dan perbandingan dua tegangan ini disebut rasio proteksi arrester. Tingkat isolasi bahan arrester harus berada di bawah tingkat isolasi bahan transformator agar apabila sampai terjadi flashover, maka flashover diharapkan terjadi pada arrester dan tidak pada transformator.

## 2.3 Prinsip Kinerja LA (Lightning Arrester)

Pada umumnya prinsip kerja arrester cukup sederhana yaitu membentuk jalan

yang mudah dilalui oleh petir, sehingga tidak timbul tegangan yang lebih tinggi pada peralatan listrik lainnya. Pada kondisi kerja yang normal, arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja akibat adanya petir maka arrester akan berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah tegangan surja itu hilang maka arrester harus dengan cepat kembali berlaku sebagai isolator, sehingga pemutus tenaga (PMT) tidak sempat membuka. Pada kondisi yang normal (tidak terkena petir), arus bocor arrester tidak boleh melebihi 2 mA. Apabila melebihi angka tersebut, berarti kemungkinan besar lightning arrester mengalami kerusakan (Harrij 2012).

#### 2.4 Bagian-bagian Arrester

- a. Elektroda Elektroda adalah terminal dari *lightning arrester* yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dibagian atas dan elektroda bawah dihubungkan dengan tanah.
- b. 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.
- c. Tahanan katup (*Valve resistor*) Tahanan yang diperlukan dalam *lightning arrester* ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah bila mendapat perubahan tegangan.

#### METODELOGI PENELITIAN

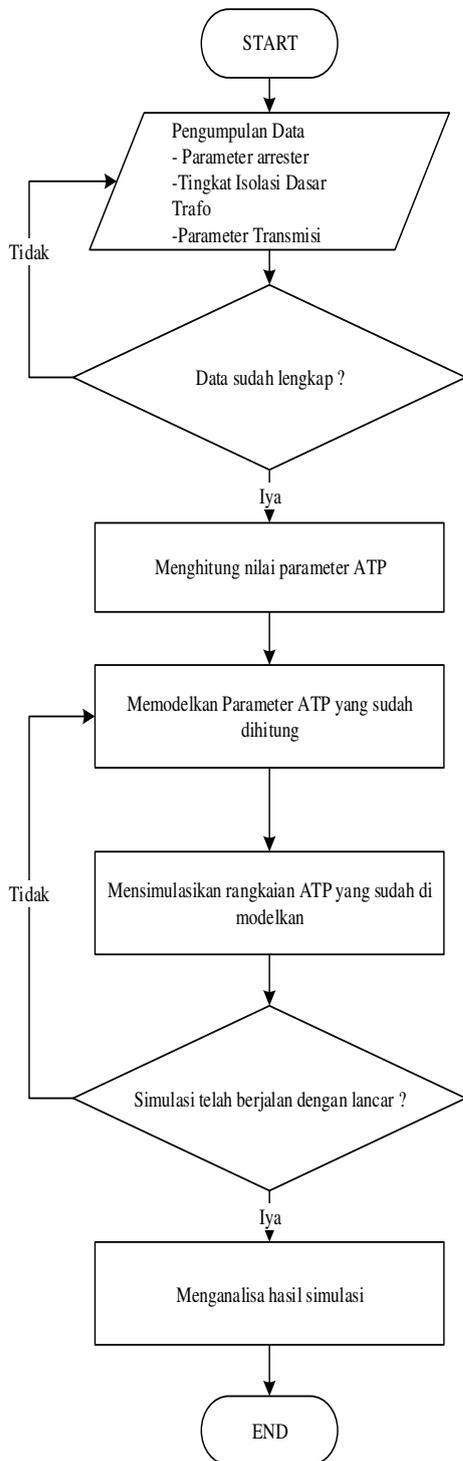
Pada bab metodologi ini disajikan bahan yang digunakan dan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dalam pembuatan skripsi ini. Ditinjau dari tujuan dasarnya maka penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian terapan (aplikatif)

dan dirancang dengan menggunakan beberapa simulasi dengan perangkat lunak komputer.

#### 3.1 Prosedur Penelitian

Pada skripsi ini dilakukan pengambilan data-data yang di perlukan. Data-data tersebut antara lain, data teknis peralatan seperti *transformator*, arrester, data transmisi, dan *single line diagram* dari Gardu Induk Garuda Sakti. Selanjutnya dilakukan perhitungan jarak antara arrester dan transformator., kemudian dilakukan simulasi dengan software ATP.

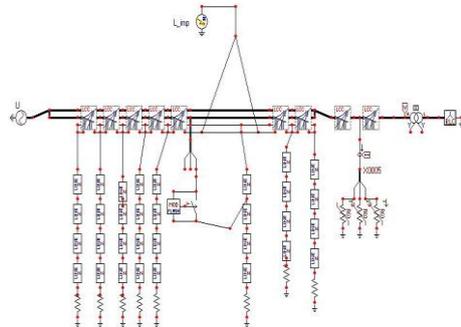
Prosedur pengerjaan skripsi ini diuraikan pada flowchart berikut.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Pemodelan dari Sistem dengan Software ATP

Pemodelan sistem menggunakan software ATP dilakukan dengan memodelkan saluran transmisi yang terdekat dengan gardu induk. Kemudian dilakukan simulasi sambaran petir untuk mengetahui kinerja arrester.



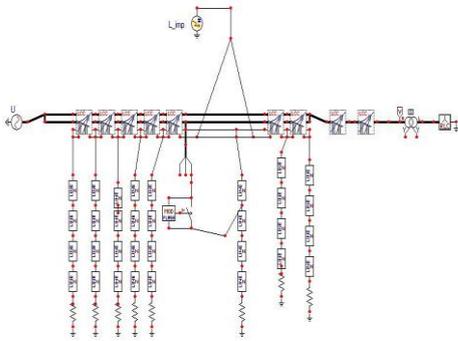
Gambar 4 rangkaian simulasi di ATP

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

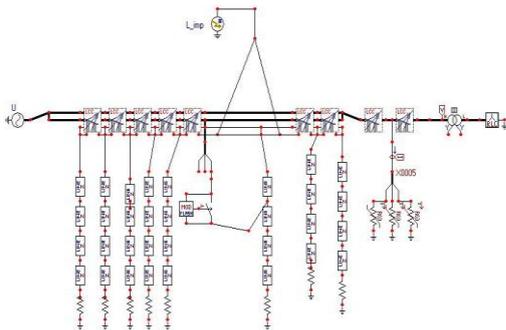
Pada rangkaian yang telah di modelkan di ATP-EMTP akan di simulasikan dua buah skenario jarak antara arrester dan transformator keluaran tegangan di gardu induk gardu sakti. Skenario pertama menggunakan jarak existing dari PLN (persero) gardu induk gardu sakti, dan skenario kedua menggunakan jarak dari hasil perhitungan menggunakan persamaan. Kemudian hasil dari simulasi tersebut akan dibandingkan dengan satu sama lainnya.

### 4.1 Pemodelan Sambaran Petir Rangkaian Tanpa Arrester dan Dengan Arrester

Tabel 4.1 Berikut ini hasil tegangan puncak dari pemodelan rangkaian menggunakan arrester dan tanpa menggunakan arrester pada peralatan gardu induk saat memproteksi transformator.



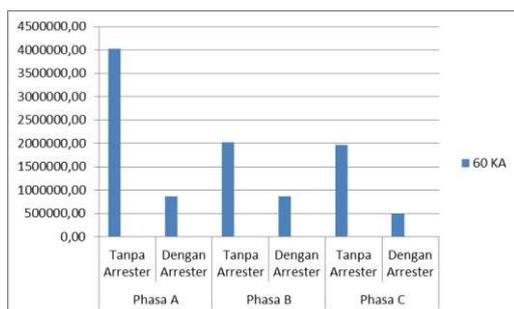
Gambar 5 Rangkaian tanpa menggunakan arrester



Gambar 6 Rangkaian menggunakan arrester

Tabel 1 Tegangan puncak rangkaian tanpa arrester dan dengan arrester

ARUS PETIR	Phasa A		Phasa B		Phasa C	
	Tanpa Arrester	Dengan Arrester	Tanpa Arrester	Dengan Arrester	Tanpa Arrester	Dengan Arrester
60 KA	4023367,75	865893,5	2029976,75	868549,6875	1970240,38	505663,3125



Gambar 7 Grafik perbandingan tegangan menggunakan arrester dan tanpa arrester

Dari gambar 4.3 diatas dapat kita lihat hasil dari tegangan menggunakan arrester dan tanpa arrester, bahwa tegangan menggunakan arrester lebih kecil dari pada tegangan yang terjadi di transformator yang tanpa menggunakan arrester, dimana tegangannya lebih besar terjadi jika tanpa arrester.

#### 4.2 Pemodelan Sambaran Petir pada Sistem Tenaga Objek Penelitian

Gambar 4.4 berikut ini adalah hasil dari pemodelan objek penelitian yang berupa saluran transmisi dan gardu induk garuda sakti. Dimana terjadi sambaran petir pada saluran transmisi yang menuju ke gardu induk. Kemudian di variasikan jarak dan arus petir pada simulasi yang dilakukan, dimana jarak yang di ambil dari data PT.PLN (Persero) yaitu 6.7 m dan jarak maksimum dari hasil perhitungan yaitu 28.5 m kemudian memvariasikan jarak dari minimum ke maksimum 3, 6.7, 9, 15, 21, 27, dan 28.5 dan arus 10kA,30kA, dan 60kA.

Berikut ini adalah nilai tegangan puncak dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan variasi jarak arrester dan arus petir yang diberikan.

Tabel 2 Nilai tegangan hasil simulasi dari jarak dan arus yang berbeda

JARAK	TEGANGAN TRANSFORMATOR (V)								
	ARUS PETIR 10 kA			ARUS PETIR 60 kA			ARUS PETIR 60 kA		
	Phasa A	Phasa B	Phasa C	Phasa A	Phasa B	Phasa C	Phasa A	Phasa B	Phasa C
3	494 kV	341 kV	307 kV	689 kV	668 kV	587 kV	1 MV	845 kV	839 kV
6.7	516 kV	319 kV	340 kV	681 kV	577 kV	621 kV	865 kV	868 kV	505 kV
9	518 kV	302 kV	342 kV	696 kV	563 kV	558 kV	949 kV	888 kV	783 kV
15	499 kV	270 kV	251 kV	805 kV	631 kV	608 kV	923 kV	760 kV	816 kV
21	522 kV	262 kV	247 kV	822 kV	492 kV	584 kV	900 kV	662 kV	833 kV
27	561 kV	275 kV	254 kV	794 kV	543 kV	577 kV	782 kV	632 kV	781 kV
28.5	574 kV	277 kV	255 kV	788 kV	538 kV	577 kV	798 kV	636 kV	783 kV

Dari tabel 2 ini dapat dilihat tegangan puncak terendah di phasa A sebesar 494 kV pada saat kondisi arus petir 10 kA dengan jarak arrester 3 meter dan tegangan puncak tertinggi sebesar 1 MV pada arus petir 60 kA dengan jarak arrester 3 meter. Untuk phasa B dengan tegangan puncak terendah adalah 262 kV pada saat kondisi arus petir 10kA

dengan jarak arrester 21 meter dan tegangan puncak tertinggi 888 kV pada jarak arrester 9 meter. Untuk fasa C dengan tegangan puncak terendah 247kV dengan jarak arrester 21 meter dan tegangan puncak tertingginya 839 kV.

### 4.3 Perbandingan Tegangan Puncak terendah dengan tegangan puncak pada jarak 6,7 m (setingan PLN)

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada masing-masing arus petir diperoleh masing-masing jarak terendah seperti terlihat pada tabel 4.9, 4.10, 4.11.

Tabel 3 Perbandingan tegangan terendah fasa A

Arus (kA)	Petir	Fasa A		KET
		PLN (6,7 Meter)	Terendah	
10		516 kV	494 kV	3 meter
30		681 kV	681 kV	6,7 meter
60		865 kV	782 kV	27 meter

Tabel 4 Perbandingan tegangan terendah fasa B

Arus (kA)	Petir	B		KET
		PLN (6,7 Meter)	Terendah	
10		319 kV	262 kV	21 meter
30		577 kV	492 kV	21 meter
60		868 kV	632 kV	27 meter

Tabel 5 Perbandingan tegangan terendah fasa C

Arus (kA)	Petir	C		KET
		PLN (6,7 Meter)	Terendah	
10		340 kV	247 kV	21 meter
30		621 kV	558 kV	9 meter
60		505 kV	505 kV	6,7 meter

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa di fasa A tegangan yang terendah pada arus petir 10 kA di ajrak 3 meter, arus 30 kA di jarak 6,7 meter di arus petir 60 kA adalah di jarak 27 meter. Sedangkan di fasa B tegangan yang terendah pada arus petir 10 kA di ajrak 21 meter, arus 30 kA di jarak 21 meter di arus petir 60 kA adalah di

jarak 27 meter. Pada fasa C tegangan yang terendah pada arus petir 10 kA di ajrak 21 meter, arus 30 kA di jarak 9 meter di arus petir 60 kA adalah di jarak 6,7 meter.

Dari hasil tegangan terendah di atas bahwa tegangan terendah yang sering terjadi di jarak 21 meter dibandingkan jarak 6,7 meter yang digunakan PT.PLN Garuda Sakti.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan simulasi dan analisa yang dilakukan maka dapat disimpulkan :

1. Penempatan arrester pada jarak 21 meter lebih efektif dari pada jarak yang digunakan oleh PT. PLN (Persero) Gardu Induk Garuda Sakti yaitu dengan jarak 6,7 meter.
2. Sangat pentingnya setiap gardu induk menggunakan arrester sebagai alat memproteksi peralatan supaya tegangan lebih yang masuk ke transformator lebih rendah sehingga tidak merusak peralatan di gardu induk.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang ingin disampaikan pada penelitian selanjutnya yang ingin meneruskan penelitian ini adalah:

Melakukan analisa pemilihan tipe arrester yang tepat untuk memproteksi peralatan pada gardu induk garuda sakti dengan menggunakan software ATP dan bervariasi rangkaian arrester dengan tipe yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Harrij, Mukti. "Analisis Penentuan Penempatan Arrester Sebagai Pengaman Transformator Distribusi 20 kV." *ELTEK*, 2012: 26-36.
- Hidayatulloh, Nurul. "Kemampuan Arrester Untuk Pengaman." *Skripsi*.

- Semarang: Universitas Negri Semarang, 2009.
- Liliyana. "Simulasi Induksi Sambaran Petir dan Kinerja Arester pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Menggunakan EMTP." 2002: 2.
- Silviu. *Condition Monitoring of Oxide Surge Arresters*. InTech, 2011.
- Susilawati, Dyah Ika. "Pemakaian Pemeliharaan Arester pada Gardu Induk 150 KV Seondol PT. PLN (PERSERO) P3B JB." 2013: 1-6.
- T.S Hutauruk. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Jakarta: Erlangga, 1991.