

Pengaruh Penempatan *Lightning Arrester* Sebelum Dan Sesudah *Fuse Cut Out* Terhadap Tegangan Lebih Pada Transformator Distribusi 20 Kv Di PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Karang

Dasweptia¹, Agung Satria Hamdani², Tommy Kurniawan³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung
Jl. Z.A. Pagar Alam No.14 Bandar Lampung 35142
*E-mail: dasweptiadj@gmail.com

ABSTRAK

Lightning strikes on airborne transmission networks such as in distribution lines are injections of electric charge. The injection of the charge will cause a voltage increase in the network, so that more tension will arise in the network. Lightning Arrester (LA) is one of the equipment in the protection system to protect the 20 kV distribution transformer against overvoltage coming from lightning strikes. Under normal circumstances LA acts as an insulator, but when exposed to lightning strikes LA will function as a conductor whose resistance is relatively low, so that it can flow the surge current to the ground. This study aims to see the effect of the placement of lightning arresters before and after fuse cut out on overvoltage in the 20 KV distribution transformer, so that which placement is better is obtained, taking into account factors that affect the level of voltage and overcurrent that occurs in each system such as the location of LA placement, the steepness of incoming waves, the speed of propagation of surge waves, the voltage is large through the protection system, and the Basic Insulation Level (BIL) value of the equipment. So that in the end, the right PLACEMENT of LA was obtained as a 20 kv distribution transformer protection. Based on the results of the study, the voltage that reached the transformer was 67,192 kV, in this condition the transformer was still in a safe state because the voltage hitting the transformer was smaller than the transformer's BIL, which was $67.192\text{kV} < 125\text{ kV}$. the installation of the arrester after Fuse Cut Out is better because the voltage hitting the transformer is smaller than the installation of the arrester before Fuse Cut Out with a voltage difference of $69,092\text{ kV} - 67,192\text{ kV} = 1.9\text{ kV}$.

Keywords: Lightning Arrester, Distribution Transformer, Fuse Cut Out, Protection, Basic Insulation Level

1. Pendahuluan

Dalam penyuplaian daya listrik menuju beban-beban yang diinginkan maka PT. PLN memerlukan sebuah kualitas tegangan yang baik, ekonomis dan aman. Sistem distribusi dibedakan menjadi jaringan distribusi primer dan sekunder. Jaringan distribusi primer adalah jaringan dari transformator distribusi 20 kV ke konsumen atau beban. Jaringan distribusi lebih dikenal dengan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV, dan jaringan distribusi sekunder adalah Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan 220/380 V.

Gardu Transformator Distribusi merupakan salah satu bagian penting dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik. Gardu Transformator Distribusi digunakan sebagai tempat peletakan transformator 20 kV. Transformator tersebut berfungsi sebagai penurun tegangan (*step down transformer*), yang menurunkan tegangan 20 kV (tegangan menengah) menjadi 380/220 V (tegangan rendah). Karena transformator

terhubung dengan kawat tak berisolasi dan penempatannya ditempat terbuka sehingga pada transformator dapat terjadi gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir (surja). Sambaran petir akan menimbulkan tegangan lebih yang tinggi melebihi kemampuan isolasi transformator hingga menyebabkan kerusakan isolasi yang fatal.

Perlu diketahui daerah yang berpotensi rawan petir mempunyai topografi yang memungkinkan tumbuhnya awan-awan konvektif dan di sekitar lereng pegunungan dengan bentuk geomorfologi yang landai dan curam. Perairan di daerah Bandar Lampung juga menyuplai uap air yang tinggi memungkinkan pertumbuhan awan konvektif dan arus konveksi. Daerah yang banyak sinar matahari dan lembab adalah tempat yang berpotensi banyak terjadinya petir. Dengan daerah administratif Provinsi Lampung, dan juga daerah padat penduduk, Bandar Lampung Untuk mencegah terjadinya hal tersebut maka setiap pemasangan transformator distribusi 20 kV selalu dilengkapi dengan *lightning arrester*.

Alat pengaman atau pelindung adalah suatu alat yang berfungsi untuk melindungi atau mengamankan suatu sistem penyaluran tenaga listrik dengan cara membatasi tegangan lebih (*over voltage*) atau arus lebih (*over current*) yang mengalir pada sistem tersebut, dan mengalirkannya ke tanah (*ground*). Dengan demikian alat pengaman harus dapat menahan tegangan sistem agar kontinuitas pelayanan ke pusat beban (*load center*) tidak terganggu hingga waktu yang tidak terbatas. Selain itu, alat pengaman juga harus dapat melakukan atau mengalirkan arus lebih dengan tidak merusak peralatan jaringan yang lain.

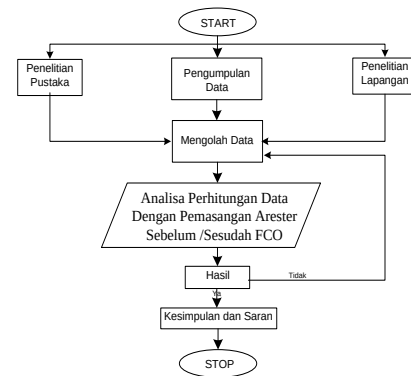
Pada saat ini telah diterapkan dua cara penempatan *arrester* pada gardu distribusi yaitu dengan pemasangan *arrester* sebelum *Fuse Cut Out (FCO)* serta dengan pemasangan setelah atau dibawah *FCO*. Penempatan *Lightning Arrester (LA)* adalah sistem yang berhubungan dengan cara pengawatan *LA* dengan transformator dan *FCO* yang memiliki tujuan untuk memberikan proteksi pada transformator dari tegangan lebih.

Dengan cara mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi besarnya tegangan surja dan arus surja yang terjadi pada masing-masing sistem seperti pengawatan (*wiring*), panjang kawat, dan jarak *arrester* yang digunakan dalam penempatan *arrester* yang digunakan dalam sistem penempatan *arrester*, kecuraman gelombang datang, kecepatan merambat gelombang surja, dan *Basic Impuls Insulation Level (BIL)* peralatan.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka penelitian ini mengangkat judul tentang "Pengaruh Penempatan *Lightning Arrester* Sebelum dan Sesudah *Fuse Cut Out* terhadap Tegangan Lebih Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Karang".

2. Metodologi

Pada penelitian akan dibandingkan system pemasangan *arrester* sebelum atau sesudah *Fuse Cut Out (FCO)*. Data yang digunakan Metodologi dalam penelitian berupa data primer dan data skunder yang didapatkan dari lapangan. Adapun diagram alir penelitian dapat dijelaskan dalam diagram dibawah ini:



Gambar. 1 Diagram alir *flow chart* penelitian

Setelah data terkumpul maka Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut

1. Melakukan perhitungan jari-jari penghantar.

$$A = \pi \times r^2 \quad (1)$$

2. Melakukan perhitungan impedansi surja

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} \Omega \quad (2)$$

3. Menentukan perhitungan tegangan dasar *arrester* :
 Koefisien pentanahan x Tegangan maksimum sistem

$$\quad (3)$$

4. Melakukan perhitungan tegangan maksimum antara fasa dan *grounding*

$$V_m = \frac{V_{rms} \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

5. Menentukan tegangan puncak surja yang datang

$$e = 1,2 \times BIL \quad (5)$$

6. Melakukan perhitungan arus pelepasan *arrester*

$$I = \frac{2e - E_0}{Z + R} \quad (6)$$

7. Melakukan perhitungan tegangan pelepasan *arrester*

$$E_a = E_0 + (I \times R). \quad (7)$$

8. Menghitung jarak maksimum antara *arrester* dengan transformator

$$E_p = E_a + 2 \frac{A_s}{v} \quad (8)$$

9. Melakukan perhitungan tegangan surja yang sampai ke trafo dengan pemasangan *arrester* sebelum atau

sesudah FCO pada transformator distribusi 20 kV

$$E_p = E_a + 2 \frac{A_s}{v} \quad (9).$$

3. Hasil Dan Pembahasan

Data-data yang diperoleh selama observasi, didapatkan data bahwa tinggi kawat penghantar dari tanah adalah 10 meter. Sedangkan penghantar yang digunakan adalah kawat A3C dengan luas penampang $1 \times 150 \text{ mm}^2$. Dalam menghitung impedansi surja saluran harus terlebih dahulu menghitung jari-jari penghantar dengan menggunakan persamaan (1) yaitu sebagai berikut :

$$A = \pi \times r^2$$

$$r^2 = \frac{150 \text{ mm}^2}{3,14} = 47,77 \text{ mm}$$

$$r = \sqrt{47,77 \text{ mm}}$$

$$r = 5,46 \text{ mm}$$

$$r = 0,00546 \text{ m}$$

Dengan diketahuinya harga jari-jari penghantar (r) dan tinggi kawat penghantar dari tanah (h), maka impedansi surja saluran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) yaitu sebagai berikut:

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} \Omega$$

$$Z = 60 \ln \frac{2 \times 10}{5,46 \times 10^{-3}} \Omega$$

$$Z = 60 \ln 3663,003 \Omega$$

$$Z = 492,36 \Omega$$

Tegangan dasar *arrester* bekerja sesuai dengan karakteristiknya. *Arrester* tidak bekerja dengan tegangan maksimum yang direncanakan tapi masih tetap mampu memutuskan arus susulan dari sistem secara efektif. Untuk mengetahui tegangan maksimum sistem yang mungkin terjadi pada fasa yang sehat ke tanah sebagai akibat gangguan satu fasa ke tanah perlu di ketahui dengan menggunakan persamaan (3) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Tegangan} = 20 \text{ kV}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan maks. system} &= 110\% \times 20 \text{ kV} \\ &= 22 \text{ kV} \end{aligned}$$

Untuk koefisien pentanahan, karena sistem ditanahkan langsung ke tanah maka koefisien pentanahan adalah 80%. Untuk menentukan tegangan dasar *arrester* adalah :

$$\text{Tegangan dasar } \textit{arrester} =$$

Koefisien Pentanahan x Tegangan Maksimum Sistem

$$= 80\% \times 22 \text{ kV}$$

$$= 17,6 \text{ kV}$$

Tegangan dasar *arrester* yang mendekati = 18 kV adalah 17,6 kV, tegangan percikan *arrester* = 65 kV dan Tahanan *arrester* diambil dari spesifikasi *arrester* yaitu 4 ohm. Untuk menentukan tegangan puncak antara *fasa* dan *grounding* dengan menggunakan persamaan (4) yaitu sebagai berikut:

$$V_m = \frac{V_{rms} \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

$$V_m = \frac{20 \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

$$V_m = \frac{28,284}{1,732} = 16,329 \text{ kV}$$

Dari data transformator nilai *BIL* adalah 125 kV, sehingga harga puncak tegangan surja yang datang dengan menggunakan persamaan (5) yaitu sebagai berikut:

$$e = 1,2 \times \textit{BIL}$$

$$= 1,2 \times 125 \text{ kV}$$

$$= 150 \text{ kV}$$

Pada spesifikasi *arrester* diketahui bahwa nilai untuk tahanan *arrester* adalah 4 Ohm. Sehingga untuk menghitung arus pelepasan *arrester* menggunakan persamaan (6) yaitu sebagai berikut:

$$I = \frac{2e - E_0}{Z + R}$$

$$I = \frac{(2 \times 150) - 65}{492,36 + 4}$$

$$I = \frac{300 - 65}{496,36}$$

$$I = 0,473 \text{ kA}$$

Sehingga dengan diketahui besar arus pelepasan diatas, maka dipilih *arrester* yang sesuai adalah dengan rating sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Nominal: } 20 \text{ kV}$$

$$\text{Arus Pelepasan : } 10 \text{ kA}$$

Dari data perhitungan diatas dapat dianalisa bahwa arus pelepasan dari *arrester* berdasarkan data perhitungan adalah 0,473 kA, namun disesuaikan dengan standar yang ada di pasaran dan agar lebih aman maka rating arus pelepasan *arrester* dipilih 10 kA. Hal ini diambil berdasarkan pertimbangan agar *arrester* dapat lebih aman apabila ada kemungkinan arus pelepasan yang mengalir melebihi dari nilai 0,473 kA.

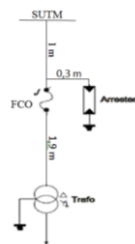
Tegangan arrester pada saat arus nol adalah 65 kV, maka tegangan pelepasan *arrester* dengan menggunakan persamaan (7) yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E_a &= E_0 + (I \times R) \\ E_a &= 65 + (I \times R) \\ &= 65 + (0,473 \times 4) \\ &= 66,892 \text{ kV} \end{aligned}$$

Dari data ketahui kecuraman gelombang 150 kV/ μ s, dengan kecepatan rambat gelombang 300 m/ μ det, tegangan pelepasan LA 66,892 kV dan BIL 125 kV. Maka Jarak maksimum LA dengan trafo adalah dengan menggunakan persamaan (8) yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E_p &= E_a + 2 \frac{A_s}{v} \\ 125 &= 66,892 + 2 \frac{150 \times s}{300} \\ 125 - 66,892 &= \frac{300 \times s}{300} \\ 58,108 &= 1 \times s \\ s &= 58,108 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk menghitung tegangan surja yang sampai pada trafo, ada dua perhitungan yang akan di hitung untuk membandingkan dua metode penempatan yaitu LA sebelum FCO dan LA sesudah FCO.



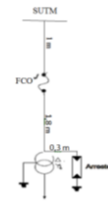
Gambar. 2 Single Line Diagram Pemasangan Arrester Sebelum FCO

Pada Gambar diatas jarak *arester* dengan transformator adalah 0,3 m + 1,9 m = 2,2 m. Maka tegangan surja yang sampai ke transformator dapat di hitung dengan persamaan (9) yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_p &= E_a + 2 \frac{A_s}{v} \\ E_p &= 66,892 + 2 \frac{150 \times 2,2}{300} \\ E_p &= 69,092 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat tegangan yang sampai pada trafo adalah sebesar 69,092 kV, pada kondisi ini transformator masih dalam keadaan aman karena

tegangan yang memukul trafo lebih kecil dari BIL trafo yaitu 69,092 kV < 125 kV.



Gambar 3. Single Line Diagram Pemasangan Arrester Setelah FCO

Pada Gambar diatas jarak *arester* dengan transformator adalah 0,3 m. Maka tegangan surja yang sampai ke transformator dapat di hitung dengan persamaan (16) yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_p &= E_a + 2 \frac{A_s}{v} \\ E_p &= 66,892 + 2 \frac{150 \times 0,3}{300} \\ E_p &= 67,192 \text{ kV} \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan didapat tegangan yang sampai pada trafo adalah sebesar 67,192 kV, pada kondisi ini transformator masih dalam keadaan aman karena tegangan yang memukul trafo lebih kecil dari BIL trafo yaitu 67,192 kV < 125 kV.

Pada pemasangan arester sebelum atau sesudah FCO pada kecuraman gelombang 150 kV/ μ s dengan jarak yang berbeda didapatkan tegangan yang memukul trafo masih lebih kecil dari BIL trafo. Namun pemasangan *arester* setelah FCO lebih baik karena tegangan yang memukul trafo lebih kecil daripada pemasangan *arester* sebelum FCO dengan selisih tegangan 69,092 kV - 67,192 kV = 1,9 kV

Daftar pustaka

- Abdirani Harefa, 2014. "Studi Penempatan Lightning Arrester Pada Gardu Induk 150 Kv Di PT. PLN (Persero) Area Dumai", Skripsi.
- Arismunandar, Artono, 1994. "Teknik Tegangan Tinggi". PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Azis Nurrochma Wardana & Arkhan Subar, 2014. "Fungsi Arrester Sebagai Pengaman Transformator 3 Fasa Di Penyulang Pandean Lamper 5", Jurnal,
- Bonggas L.Tobing, 2003. "Peralatan tegangan Tinggi". Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- Ibnu Hajar, Eko Rahman. 2017. "*Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi HV Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung*". Jurnal Ilmiah STT-PLN, Jakarta.
- Harrij Mukti. Jurnal ELTEK April 2012, Vol 10 No 02, "*Analisis Penentuan Penempatan Arrester Sebagai Pengaman Transformator distribusi 20 kV*" April 2012
- Hutauruk, T.S, 1989. "*Gelombang Berjalan Proteksi Surja*", Erlangga, Jakarta.
- K.T. Sirait, R. Zoro. 1987. "*Proteksi Sistem Tenaga Bagian I*". Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik. ITB. Bandung.
- Mochamad Isro'uddin, Maret 2014. "*Studi Penempatan Arrester Untuk Pemasangan Transformator Baru Dengan Tegangan 150 Kv Pada Gardu Induk Garuda Sakti Di PLN Cabang Pekanbaru*".
- Mr Andrew James Close, 2017. "*Operational Characteristics of Surge Arrester within High Voltage Substations*", Dissertation.
- M.S. Paraisu & rekan, 2013 "*Analisa Rating Lightning Arrester Pada Jaringan Transmisi 70 kV temohon-Teling*", Jurnal
- Pradnya Pratama Guntur, Sumakdi Tejo. "*Pemeliharaan Dan Analisa Penempatan Arrester Paa Gardu Induk 150 KV Spondol PT.PLN (Persero) P3B JB APP Semarang BC Semarang*".
- Suryana. 2010. "*Model Praktis Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*". Lembaga Penerbitan Universitas Pendidikan Indonesia.
- Stevenson, William D.,JR. 1982. "*Analisa Sistem Tenaga*". Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya.
- Zuhal, 1991. "*Dasar Teknik Tenaga Listrik*". Penerbit ITB, bandung.