

PROTEKSI TRAFODISTRIBUSI 20 kV TERHADAP BAHAYA SAMBARAN PETIR DENGAN MENGGUNAKAN LIGHTNING ARRESTER DI GARDU DISTRIBUSI MB 053 PT. PLN (PERSERO) RAYON TUBAN JAWA TIMUR

Yosua Seto Dwi Nugroho¹, M. Taqiyuddin alawiy², Bambang Dwi Sulo³

1. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Jln. Mayjen Haryono No. 193, kota Malang, 65144, Indonesia
2. PT. PLN (Persero) Rayon Tuban, Jln. AKBP Suroko No. 38, Kab. Tuban, 62317, Indonesia
Email: setoyosua@gmail.com

ABSTRAK

Teori perbandingan efek penempatan arrester sebelum dan sesudah FCO sebagai pengaman transformator tiga fasa dari gangguan petir di penyulang Sunan Kalijogo kab. Tuban menjelaskan fungsi dan tujuan yang sama tetapi penempatan berbeda. Lokasi arrester berhubungan dengan wiring arrester dengan transformator dan FCO dimana memiliki tujuan untuk memberikan perlindungan pada transformator dari tegangan lebih. Penempatan lightning arrester yang efektif dapat melindungi transformator dan peralatan pendukungnya dari kerusakan akibat tegangan lebih. Dengan mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi tingkat tegangan gelombang dan arus lonjakan yang terjadi pada setiap sistem seperti kabel arrester, panjang kawat, arrester terpisah yang digunakan di lokasi sistem penangkal, kecuraman dari gelombang datang, kecepatan merayap gelombang dan Tingkat Isolasi Dasar (BIL), sehingga akhirnya didapatkan lokasi yang tepat untuk pemasangan lightning arrester sebagai perlindungan transformator.

1. PENDAHULUAN

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk mendistribusikan tenaga listrik pada konsumen tegangan menengah maupun tegangan rendah, sehingga gardu distribusi merupakan komponen yang penting dalam suatu sistem distribusi dan membutuhkan keandalan tinggi.

Salah satu komponen pada gardu distribusi adalah trafo yang berfungsi sebagai penurun tegangan (*step down transformer*), yang menurunkan tegangan 20 kV (tegangan menengah) menjadi 400/230 V (tegangan rendah). Karena trafo terhubung dengan saluran udara 20 kV dan penempatannya di tempat terbuka sehingga pada trafo dapat terjadi gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir secara langsung atau sambaran petir tidak langsung (induksi). Sambaran petir akan menimbulkan tegangan lebih yang tinggi melebihi kemampuan isolasi trafo sehingga dapat menyebabkan kerusakan isolasi yang fatal.

Terdapat dua metode penempatan arrester dan FCO sebagai proteksi pada gardu distribusi di PLN Rayon Tuban Jawa Timur yaitu penempatan arrester sebelum FCO dan penempatan arrester setelah FCO. Masing-masing metode memiliki dampak yang berbeda dalam mengatasi gangguan tegangan impuls petir yang datang.

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengaruh penempatan arrester dan FCO sebagai proteksi trafo distribusi terhadap gangguan tegangan impuls petir dan akan didapatkan metode penempatan yang tepat sebagai proteksi transformator distribusi.

2. LANDASAN TEORI

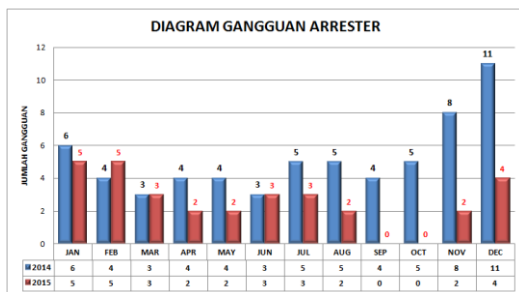
Terdapat dua tipe sambaran petir, yaitu sambaran langsung dan sambaran tidak langsung. Yang dimaksud dengan sambaran langsung adalah apabila kilat menyambar langsung pada kawat fasa (untuk saluran tanpa kawat tanah) atau pada kawat tanah (untuk saluran dengan kawat tanah). Sedangkan sambaran tidak langsung (sambaran induksi) terjadi bila sambaran kilat ke tanah di dekat saluran maka akan terjadi fenomena transien

yang diakibatkan oleh medan elektromagnetis dari kanal kilat.

Menurut Sarimun (2012) *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. Ketika sebuah surja sampai pada kawat distribusi dan dilewatkan pada piringan-pirangan yang tak linear, tahanan katup elemen berubah turun secara cepat, sehingga tegangan turun dibatasi meskipun arusnya besar.

Lightning arrester (LA) yang dipakai di PT. PLN (Persero) Rayon Tuban ada dua yaitu bersirip *polymer* dan bersirip keramik. *Lightning arrester polymer* disarankan untuk dipasang di dalam ruangan karena permukaan *polymer* dapat menjebak partikel-partikel di udara seperti debu dan penggaraman (di tepi laut) sehingga terjadi penumpukan di permukaan isolator/sirip-sirip *lightning arrester*. Keadaan tersebut dapat membentuk *tracking* / alur sehingga menyebabkan kegagalan isolasi.

LA *polymer* banyak dipasang di gardu distribusi atau jaringan SUTM yang berlokasi di pesisir pantai, sehingga mengakibatkan seringnya terjadi gangguan penyulang akibat *lightning arrester* tembus atau gagal bekerja. Dari dasar tersebut, maka PT. PLN (Persero) melakukan penggantian LA jenis *polymer* ke LA jenis keramik yang lebih handal bila dipasang di daerah pesisir pantai



Gambar di atas adalah diagram jumlah gangguan *arrester* di PT PLN Rayon Tuban. Dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2015 (31) setelah dilakukan penggantian *arrester* jumlah gangguan penyulang akibat *arrester* menurun dibandingkan tahun 2014 (62) dengan curah hujan dan pergantian musim yang sama dimana musim hujan dimulai pada akhir Oktober.

Jarak *arrester* dan *transformator* yang dihubungkan dengan saluran udara dimana:

U_t = Nilai tegangan diambil dari TID *transformator* yaitu 125 kV

U_A = tegangan kerja *arrester* yaitu 58,6 kV

$\frac{du}{dt}$ = kecuraman muka gelombang 4825,73 kV/ μ s

V = kecepatan rambat gelombang (di udara 300 m/ μ s)

Maka jarak efektif dari *arrester* dan *transformator* adalah :

$$S = \frac{U_t - U_A}{2 \frac{du}{dt}} \times v$$

$$S = \frac{125 - 58,6}{2 \times 4825,73817} \times 300$$

$$S = \frac{66,4}{9561,47634} \times 300$$

$$S = \frac{19920}{9561,47634}$$

$$S = 2,06393 \text{ m}$$

Besarnya tegangan surja yang masuk ke sisi jumper (e_2), diperoleh dengan persamaan (SPLN 7, 1987):

$$e_2 = \frac{2 z_1}{z_1 + z_2} e_1$$

Pada sistem penempatan *arrester* sebelum FCO, besarnya arus pelepasan *arrester* (I) :

$$I = \frac{2e - U_a}{Z}$$

Dimana :

I : Arus pelepasan *arrester* (A)

e : tegangan surja yang datang (kV)

U_a : Tegangan pelepasan *arrester* (kV)

Z : Impedansi surja saluran (Ω)

Untuk menentukan besarnya perubahan tegangan pada *arrester* (E_s) ketika tegangan impuls melewati *arrester*, diperoleh dengan menggunakan persamaan (Zoro, 2011) :

$$E_s = U_0 + (I \times R) + L \frac{di}{dt}$$

Dimana :

E_s : Perubahan tegangan pada *arrester*

U_0 : Tegangan *arrester* pada saat arus 0
 (Maximal Discharge voltage) (kV)
 I : Arus pelepasan (kA)
 R : Tahanan *arrester* (Ω)
 L : Induktansi penghantar *arrester* (μH)
 $\frac{di}{dt}$: Kenaikan arus penghantar (kA/ μs)

Besarnya tegangan surja yang melalui kawat *fuselink* (e_{FCO}) diperoleh dengan persamaan (SPLN 7. 1987) :

$$e_{FCO} = \frac{2z_{FCO}}{Z_2 + Z_{FCO}} e_R$$

Setelah melewati kawat *fuselink*, tegangan surja ini akan kembali melewati kabel *jumper* (e_{ST}) sehingga tegangannya berubah lagi yaitu:

$$e_{ST} = \frac{2 z_2}{Z_2 + Z_{FCO}} e_{FCO}$$

HASIL PENGAMATAN & PEMBAHASAN

Penghitungan tegangan surja pada perhitungan menggunakan surja petir dengan tegangan sebesar 200 kV/ μs (e_1). Besarnya tegangan surja yang masuk ke sisi *jumper* (e_2), diperoleh dengan persamaan (SPLN 7. 1987) :

$$e_2 = \frac{2 z_1}{z_1 + z_2} e_1 = \frac{2 \times 43,4775}{43,4775 + 47,8231} \times 200$$

$$= 190,4762 \text{ kV}/\mu s$$

Pada sistem penempatan *arrester* sebelum FCO besarnya arus pelepasan *arrester* (I)

$$I = \frac{2e_2 - Ea}{Z_2}$$

$$\frac{(2 \times 190,4762) - 73}{47,8231} = 6,43941 \text{ kA}$$

Besarnya tegangan impuls petir yang dilepaskan ke tanah adalah :

$$e_s = U_0 + (I \times R) + L \frac{di}{dt}$$

$$= 42,3 + (6,4394 \times 16,8311) + (0,4115 \times 30)$$

$$= 163,0276 \text{ kV}/\mu s$$

Lalu sisa dari tegangan surja yang sudah dilepaskan dan masih mengalir di kabel *jumper* (e_R) :

$$e_R = e - e_s$$

$$= 190,4762 - 163,0276$$

$$= 27,4485 \text{ kV}/\mu s$$

Besarnya tegangan surja yang melalui kawat *fuselink* (e_F) diperoleh dengan persamaan (SPLN 7. 1987) :

$$e_{FCO} = \frac{2z_{FCO}}{Z_2 + Z_{FCO}} e_R$$

$$= \frac{2 \times 81,5159}{47,8231 + 81,5159} \times 27,4485$$

$$= 34,5359 \text{ kV}/\mu s$$

Setelah melewati kawat *fuselink*, tegangan surja ini akan kembali melewati kabel *jumper* (e_{ST}) sehingga tegangannya berubah lagi yaitu :

$$e_{ST} = \frac{2 z_2}{Z_2 + Z_{FCO}} e_{FCO}$$

$$= \frac{2 \times 47,8231}{47,8231 + 81,5159} \times 34,5359$$

$$= 25,6185 \text{ kV}/\mu s$$

Pada sistem penempatan *arrester* setelah FCO tegangan impuls yang masuk ke kawat *fuselink* (e_{FCO}):

$$e_{FCO} = \frac{2 Z_{FCO}}{Z_2 + Z_{FCO}} e_2$$

$$= \frac{2 \times 81,1159}{47,8231 + 81,1159} \times 190,4762$$

$$= 239,6582 \text{ kV}/\mu s$$

Tegangan dari sisi kawat *fuselink* ini akan kembali menemui sisi *jumper* (e_{SA}) sebesar :

$$e_{SA} = \frac{2 z_2}{Z_2 + Z_F} e_F$$

$$= \frac{2 \times 47,8231}{47,8231 + 81,1159} \times 239,6582$$

$$= 177,777 \text{ kV}/\mu s$$

Sedangkan arus pelepasan *arrester* (I) adalah :

$$I = \frac{2e_{SA} - Ea}{Z_2}$$

$$= \frac{(2 \times 177,7771) - 73}{47,8321} = 5.9083 \text{ kA}$$

Sehingga besarnya tegangan yang dilepaskan *arrester* ke tanah (e_S) adalah dengan:

$$e_S = U_0 + (I \times R) + L \frac{di}{dt}$$

$$= 42,3 + (5,9083 \times 17,90725) + (0,4115 \times 30)$$

$$= 160,4468 \text{ kV}/\mu\text{S}$$

Setelah tegangan di *chop* oleh *arrester* sebesar 160,4468 kV, maka tegangan yang masih mengalir pada kabel (e_R) adalah sebesar :

$$e_R = e - e_S$$

$$= 190,4762 - 160,4468$$

$$= 17,33035 \text{ kV}/\mu\text{S}$$

Akhirnya diperoleh bahwa tegangan total (V Total) yang masuk ke sisi primer trafo adalah sebesar 17,33035 kV/ μ S.

KESIMPULAN

1. Jumlah gangguan *arrester* di PT PLN Rayon Tuban pada tahun 2015 sebanyak 31 kali menurun dibandingkan tahun 2014 sebanyak 62 kali dengan curah hujan dan pergantian musim yang sama dimana musim hujan dimulai pada akhir Oktober. Hal tersebut dikarenakan telah banyak dilakukan penggantian *arrester polymer* ke *arrester* keramik khususnya pada daerah pesisir pantai karena permukaan *arrester* berbahan *polymer* dapat menjebak partikel-partikel di udara seperti debu dan pengkaraman sehingga terjadi penumpukan kotoran di permukaan isolator/sirip-sirip *lightning arrester* sehingga dapat membentuk *tracking* / alur dan menyebabkan kegagalan isolasi.
2. Untuk mendapatkan hasil maksimal perlindungan *transformator* dari tegangan surja petir, maka digunakan *lightning arrester* keramik dan ditempatkan setelah FCO karena LA keramik dapat dengan mudah dibersihkan dari kotoran debu dan pengkaraman sedangkan penempatan LA setelah FCO lebih efektif dalam melindungi *transformator* dari sambaran surja petir dimana tegangan yang masuk ke sisi trafo sebesar 17.33 kV/ μ S dibandingkan dengan penempatan LA sebelum FCO tegangan surja yang lolos masuk ke trafo sebesar 25,6185 kV/ μ S.

3. Jarak ideal antara *arrester* dan *transformator* adalah 2,06573 m. Pada trafo MB 053, jarak penempatan *lightning arrester* dengan *transformator* sudah sesuai yaitu berjarak 1,56 meter dan semakin dekat pemasangan *arrester* dengan *transformator* maka akan semakin baik perlindungan *transformator* dari tegangan/ arus surja.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Artono, Susumu Kuwara. 1975. *Teknik Tenaga Listrik (Jilid 3 : Gardu Induk)*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Arismunandar, Artono. 1990. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Basri, Hasan. 2002. *Gardu Induk dan Peralatan Hubung Tegangan Tinggi*. Jakarta: Fakultas Teknologi Industri Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- Hutauruk TS, tahun. 1991. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*.
- Lampiran Keputusan Direksi PT.PLN (Pesero). 2010. *Kriteria Desain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik (Buku 1)*. Nomor : 475.k/DIR/2010, 11 Agustus 2010.
- Lampiran Keputusan Direksi PT.PLN (Pesero). 2010. *Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik (Buku 4)*. Nomor : 605.k/DIR/2010, 29 Desember 2010.
- Lampiran Keputusan Direksi PT.PLN (Pesero). 2010. *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik (Buku 5)*. Nomor : 606.k/DIR/ 2010, 9 Desember 2010.
- Metha. 1982. *Principles of Power System*. New Delhi : S.Chand & Company LTD, First Edition.
- riochoandra42.blogspot.com/2011/03/gardu-distribusi.html
- Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik. Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Zoro,Dr. Reynaldo. 1978. *Pemilihan Tingkat Isolasi Transformator dan Penangkap Petir*.