

SISTEM PROTEKSI TERHADAP TEGANGAN LEBIH PADA GARDU TRAFU TIANG 20 kV

Yuni Rahmawati, S.T., M.T., Moh.Ishak

Abstrak: Gangguan tegangan lebih sering terjadi pada gardu trafo tiang yang biasanya diakibatkan dua hal yang pertama dikarenakan surja petir/sambaran petir dan yang kedua akibat surja hubung/pemutusan beban. Jika gangguan ini tidak diproteksi maka gangguan ini akan merusak peralatan gardu trafo tiang sehingga gardu trafo tiang ini tidak dapat menyalurkan daya ke konsumen ini karena pada peralatan gardu trafo tiang mempunyai batas minimum dan batas maksimum terhadap tegangan lebih. Permasalahan yang timbul adalah tegangan lebih akibat surja petir dimana tegangan lebih ini dibagi menjadi dua yaitu sambaran petir langsung dan sambaran petir tak langsung untuk memproteksi ini memerlukan peralatan proteksi yaitu untuk gangguan sambaran petir langsung alatnya kawat tanah/groundwire sedangkan gangguan sambaran petir tak langsung alatnya *Arrester/lightning Arrester*, peralatan diatas mempunyai fungsi masing-masing dan juga tempatnya berbeda oleh karena itu perlu adanya sebuah sistem proteksi untuk mengatasi gangguan petir langsung maupun tak langsung. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan ini berupa perhitungan dan simulasi menggunakan Matlab 6.1. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi Matlab 6.1, diperoleh hasil perhitungan rumus tegangan dasar *Arrester* dan tabel karakteristik kerja *Arrester* didapat 139 kV sedangkan hasil perhitungan simulasi matlab didapat tegangan pelepasan *Arrester* 120 kV ini dikarenakan adanya pengaruh sistem pentanahan, untuk tegangan pelepasan diatas 120 kV masih aman bagi trafo karena tidak melebihi dari BIL Trafo 20 kV yaitu 150 kV. Perhitungan sambaran tak langsung dengan saluran kawat tanah diperoleh 38,5663 gangguan per 100 km per tahun dan tanpa kawat tanah 61,8648 gangguan per 100 km per tahun ini dikarenakan saluran kawat tanah mempunyai factor perisaian. Perhitungan sambaran langsung dengan tiang yang diketanahkan diperoleh 30,2134 gangguan/100km/tahun dan tiang yang tidak diketanahkan diperoleh 36,5526 gangguan/100km/tahun ini dikarenakan pengaruh tahanan kontak tiang pada tiang diketanahkan lebih rendah daripada tahanan kontak tiang yang tidak diketanahkan. SOP *Arrester* : *Arrester* sedapat mungkin dipasang pada titik percabangan dan pada ujung-ujung saluran yang panjang, baik saluran utama maupun saluran percabangan, jarak *Arrester* yang satu dan yang lain tidak boleh lebih dari 500 meter sedangkan SOP kawat tanah: Pada tengah gawang kawat tanah harus mempunyai jarak yang cukup di atas kawat fasa untuk mencegah terjadinya loncatan api.

Kata kunci: sistem proteksi, tegangan lebih, *Arrester* dan kawat tanah/*groundwire*.

Sistem proteksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Tanpa adanya pengamanan, tenaga listrik yang dihasilkan tidak dapat ditransmisikan dan di distribusikan kepada konsumen dengan tingkat kehandalan atau kualitas yang tinggi.

Salah satu persyaratan keandalan sistem penyaluran tenaga listrik yang harus dipenuhi untuk pelayanan kepada konsumen adalah kualitas tegangan yang baik dan stabil, karena meskipun kelangsungan catu daya dapat diandalkan, namun belum mungkin untuk mempertahankan

tegangan tetap pada sistem distribusi karena tegangan akan jatuh terjadi disemua bagian sistem dan akan berubah dengan adanya perubahan beban dan gangguan yang timbul secara tiba-tiba.

Gangguan tersebut bisa terjadi adanya tegangan lebih, hubung singkat dan lain-lain yang dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Namun dalam Tugas Akhir ini akan mengulas tentang tegangan lebih yang diakibatkan sambaran petir.

Tegangan lebih akibat sambaran petir masih dibagi dua macam gangguan menurut cara terjadinya sambaran tersebut, yaitu sambaran kilat langsung dan sambaran induksi/sambaran tak langsung.

Yang dimaksud dengan sambaran langsung apabila kilat menyambar langsung pada kawat fasa (untuk saluran tanpa kawat tanah) atau pada kawat tanah (untuk saluran dengan kawat tanah). Pada saluran udara tegangan menengah diasumsikan bahwa pada saluran dengan kawat tanah tidak ada kegagalan perisaian. Asumsi ini dapat dibenarkan karena tinggi kawat diatas tanah relatif rendah (10 sampai 13 meter) dan juga karena dengan sudut perisaian yang biasanya lebih kecil 600 sudut dapat dianggap semua sambaran kilat mengenai kawat tanah.

Sedangkan untuk sambaran induksi/tak langsung terjadi bila ada sambaran kilat ke tanah didekat saluran maka akan terjadi fenomena transien yang diakibatkan oleh medan elektromagnetis dari kanal kilat. Fenomena kilat ini terjadi pada kawat penghantar. Akibat dari kejadian ini timbul

tegangan lebih dan gelombang berjalan yang merambat pada kedua sisi kawat di tempat sambaran langsung (Hutauruk T.S, 1989:171).

Maka dari itu membutuhkan suatu alat yang dapat mengatasi gangguan khususnya gangguan lebih akibat petir baik langsung maupun tak langsung/ sambaran induksi. Alat tersebut yaitu *Arrester* dan Kawat Tanah.

Arrester ini berfungsi sebagai proteksi/pengaman tegangan lebih yang disebabkan sambaran petir tak langsung dan surja hubung Sedangkan untuk Kawat Tanah adalah kawat dipasang pada puncak menara atau tiang tanpa isolator sepanjang saluran berfungsi mengamankan terhadap tegangan lebih langsung.

ARRESTER

Ligthning Arrester/LA yang biasa di sebut *Arrester*, di Gardu Induk berfungsi sebagai pengaman instalasi (peralatan listrik pada instalasi) dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir (*lightning Surge*) maupun oleh surja hubung (*Switching Surge*).

Prinsip kerja *Arrester*, Bila ada tegangan surja yang tinggi sampai pada jepitan *Arrester* kedua sela percik, yang diluar dan yang berada didalam tabung serat, tembus seketika dan membentuk jalan penghantar dalam bentuk busur api. Jadi *lightning Arrester* menjadi konduktor dengan impedansi rendah dan menyalurkan petir ke bumi.

Tegangan dasar *arrester* ditentukan berdasarkan tegangan sistem maksimum yang mungkin terjadi. Tegangan ini dipilih

berdasarkan kenaikan tegangan dari fasa-fasa yang sehat pada waktu ada gangguan 1-fasa ke tanah ditambah suatu toleransi:

$$E_r = \dots U_m$$

dimana E_r = tegangan dasar arrester

= koefisien pembumian

= toleransi

U_m = tegangan sistem Maksimum

Koefisien yang menunjukkan kenaikan dari fasa yang sehat pada waktu ada gangguan 1-fasa ke tanah, tergantung dari impedansi-impedansi urutan positif, negatif dan nol dilihat dari titik gangguan. Nilai kurang dari 0,8 bila $R_0/X_1 < 1$, $X_0/X_1 \geq 3$ pada sistem dengan pembumian dengan tahanan harga adalah 1,0, tetapi jika saluran transmisinya panjang impedansi urutan nolnya menjadi kapasitif dan menjadi lebih dari 1,0. Biasanya tegangan dasar arrester dipilih antara 0,7-0,85 U_m (termasuk toleransi) untuk sistem dengan pembumian efektif, dan kira-kira 1,2 U_m untuk sistem dengan pengetanahan dengan tahanan. (Sumber: Arismunandar A, DR. Dan Kuwahara S, DR., 1973:33)

Kawat tanah /*groundwire*

Kawat tanah atau kawat perisai (shelding wire) adalah kawat-kawat pada saluran transmisi diatas kawat kawat fasa. Dalam saluran tegangan tinggi Kawat Tanah ini ditujukan untuk mengatasi sambaran kilat langsung namun pada saluran tegangan menengah sampai 34,5 kV digunakan untuk mengatasi sambaran tidak langsung atau sambaran induksi

jadi sambaran langsung pada tegangan menengah tidak terlalu diperhatikan.

Sambaran langsung

$$N_t = N_L P_{FL} \eta$$

$$= 0,015 IKL (b + 4 h^{1,09}) e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{(R + \delta ht)^{34}}\right)} x \eta$$

Persamaan diatas dipakai untuk perhitungan gangguan kilat langsung baik tiang yang diketanahkan maupun tiang yang tidak diketanahkan.

Sambaran Induksi/ Tak Langsung

1. Tanpa kawat tanah

$$N_i = 30,6 IKL. h \frac{e^{-\left(\frac{V_{59\%}}{510 FP} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}} x \eta$$

2. Dengan satu kawat tanah

$$N_i = 30,6 IKL. FP. h \frac{e^{-\left(\frac{V_{59\%}}{510 FP} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}} x \eta$$

Persamaan ini dipakai untuk menghitung gangguan sambaran induksi baik saluran tanpa kawat tanah maupun saluran dengan kawat tanah. (Hutauruk T.S, 1989:193).

METODE

Prosedure Pemilihan Peralatan Proteksi Terhadap Tegangan Lebih

1. Arrester

Dalam memilih *arrester* yang sesuai untuk suatu keperluan tertentu, beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu:

- a. Kebutuhan perlindungan berhubungan dengan kekuatan isolasi dari alat yang harus

- dilindungi dan karakteristik impuls dari *arrester*.
- b. Tegangan sistem ialah tegangan maksimum yang mungkin timbul pada jepitan *arrester*.
 - c. Arus hubung singkat sistem ini hanya diperlukan pada *arrester* jenis *ekspulsi*
 - d. Jenis *lightning arrester*
 - e. Faktor kondisi luar apakah normal atau tidak normal (2000 meter atau lebih diatas permukaan laut), *temperature* dan kelembaban yang tinggi serta pengotoran
 - f. Faktor ekonomi merupakan perbandingan antara biaya pemeliharaan dan kerusakan bila tidak ada *lightning arrester*, atau bila dipasang *lightning arrester* yang lebih rendah mutunya.

2. Kawat tanah

Jarak antara ground wire dengan kawat fasa di tower adalah sebesar jarak antarkawat fasa, namun pada daerah tengah gawangan dapat mencapai 120% dari jarak tersebut.

Jumlah Kawat Tanah paling tidak ada satu buah di atas kawat fasa, namun umumnya di setiap tower dipasang dua buah. Pemasangan yang hanya satu buah untuk dua penghantar akan membuat sudut perlindungan menjadi besar sehingga kawat fasa mudah tersambar petir. Bahan ground wire terbuat dari steel yang sudah digalvanis, maupun sudah dilapisi dengan aluminium.

Untuk sambaran langsung, Kawat Tanah melindungi (*shileding*) kawat fasa, dan untuk memperoleh perlindungan yang baik kedudukan Kawat Tanah harus memenuhi

beberapa persyaratan yang penting antara lain:

- a. Kawat Tanah harus cukup tinggi diatas kawat fasa dan diatur sedemikian rupa agar dapat mencegah sambaran pada kawat-kawat fasa.
- b. Pada tengah gawang kawat tanah harus mempunyai jarak yang cukup di atas kawat fasa untuk mencegah terjadinya loncatan sebagian pada waktu yang diperlukan untuk gelombang pantulan negatif dari menara kembali ke tengah gawang dan ini mengurangi tegangan pada tengah gawang.
- c. Tahanan kaki menara harus cukup rendah untuk membatasi tegangan pada isolator agar tidak terjadi loncatan api pada isolator.
- d. Bila dipakai untuk proteksi terhadap gardu induk, Kawat Tanah harus cukup panjang sehingga surja yang masuk dapat diredam sampai harga yang tidak berbahaya sewaktu mencapai gardu

3. Simulasi Data dengan Program Matlab 6.1

a. Arrester

Untuk mensimulasikan arrester pada program matlab menggunakan tools simulink pada matlab. Simulink ini berfungsi sebagai integrasi rangkaian simulasi yang akan direncanakan. Dibawah ini merupakan tahapan untuk bekerja Simulink Matlab.

b. Kawat Tanah

Untuk mensimulasikan kawat tanah pada program matlab menggunakan M-File matlab yang fungsinya sama dengan bahasa

pemograman. Dengan M-File matlab dapat dengan mudah menghitung jumlah gangguan akibat petir dengan memasukkan rumus-rumusnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Perhitungan Tegangan Dasar arrester

Untuk *Arrester* yang dipasang pada pada 20 kv dimana sistim ini menggunakan tahanan pentanahan jadi kira-kira $1,2 U_m$

$$E_r = 1,2 \times 110\% \times 20$$

$$E_r = 26,4 \text{ kV}$$

Dari tegangan dasar arrester dapat ditentukan tegangan pelepasan arrester dengan melihat tabel karakteristik kerja arrester dan didapat tegangan pelepasan 139

Sedangkan dari hasil simulasi simulink matlab menunjukkan *Arrester* bekerja dan melepaskan tegangan 120 kV pada waktu 0.1 sec berbeda dengan hasil Dari perhitungan rumus tegangan dasar *Arrester* diatas (139 kV) ini dikarenakan adanya pengaruh sistem pentanahan terhadap tegangan masimum pada saat kawat ke tanah. Dan tegangan pelepasan 120 kV dari *Arrester* tersebut masih aman bagi Trafo GTT 20 kV karena tarfo 20 kV mempunyai BIL 150 kV, sedangkan sistem tanpa *Arrester* menunjukkan Kurva Tegangan Pelepasan sebesar sekitar $1.52 \times 10^5 = 152 \text{ kV}$ pada waktu 0,1 sec dan tegangan ini sangat berbahaya bagi trafo kerana tegangan pelepasan ini melebihi dari BIL Trafo GTT 20 yaitu 150 KV dan ini akan berakibat rusak dan terbakar

trafo karena tegangan lebih tersebut untuk melihat BIL Trafo.

b. Perhitungan sambaran tak langsung dan sambaran langsung

1. Sambaran tak Langsung

Dari hasil perhitungan dengan Matlab: Untuk saluran tanpa Kawat Tanah diperoleh 61,8648 gangguan per 100 km per tahun sedangkan saluran dengan Kawat Tanah diperoleh 38,5663 gangguan per 100 km per tahun. Jadi dari hasil perhitungan antara saluran udara tanpa Kawat Tanah dengan saluran udara menggunakan Kawat Tanah sangat beda jauh ini dikarenakan faktor perisaian, dimana jika saluran udara tanpa Kawat Tanah tidak ada faktor perisaian maka tidak ada perlindungan sambaran petir terhadap fasa sehingga bila terjadi sambaran induksi kemungkinan besar akan mengenai kawat fasa tersebut sedangkan untuk saluran udara dengan Kawat Tanah mempunyai faktor perisaian karena Kawat Tanah ada diatas kawat fasa sehingga bila ada sambaran induksi petir maka kemungkinan besar akan mengenai Kawat Tanah tersebut. Maka saluran udara dengan Kawat Tanah kemungkinan kecil terjadinya sambaran induksi daripada saluran udara tanpa Kawat Tanah.

2. Sambaran Langsung

Dari hasil perhitungan Matlab: Untuk perhitungan tiang yang diketanahkan diperoleh 30,2134 gangguan/100km/tahun sedangkan untuk tiang yang tidak diketanahkan diperoleh 36,5526 gangguan/100km/tahun. Dari perhitungan

sambaran langsung diatas menyatakan bahwa pengaruh terhadap tiang yang diketanahkan dan tiang tidak diketanahkan sangat besar dalam gangguan kilat langsung. Jadi untuk tiang yang diketanahkan kemungkinan kecil terjadinya gangguan kilat langsung daripada taing yang tidak diketanahkan ini dikarenakan tahanan kontak tiang beton yang diketanahkan lebih kecil daripada tahanan kontak tiang beton yang tidak diketanahkan kalau tiang beton yang diketanahkan = 20 ohm sedangkan tiang beton yang tidak diketanahkan = 500 ohm.

c. SOP Pemasangan Dan Settingan Proteksi Terhadap Tegangan Lebih

1. Arrester

Arrester 24 kv, 5 kA dipilih *Arrester* kelas distribusi (SPLN 7 C : 1985), Khusus untuk system multi pembumian, fasa tiga 4 kawat dipakai *Arrester* 18 kv, 5 ka kelas distribusi. Pembumian dengan menunjuk SPLN yang ada untuk menetapkan nilai pembumiannya (lihat SPLN 3 : 1978).

2. Kawat tanah

Untuk Kawat Tanah ada beberapa hal yang harus dipenuhi, yaitu :

- tinggi saluran :
semakin tinggi tiang Kawat Tanah maka kemungkinan besar terjadinya gangguan petir
- jenis tiang apakah tiang beton, basi atau tanah dan juga apakah tiang diketanahkan atau tidak kerana ini akan mempengaruhi pada saat penyaluran tegangan lebih akibat petir ke tanah.

KESIMPULAN

1. Dari hasil simulasi matlab didapat tegangan pelepasan Arrester 120kV pada waktu 0,1 sec dan berbeda dengan hasil perhitungan rumus diatas yaitu 139kV ini dikeranakan adanya pengaruh sistem pentanahan terhadap tegangan masimum pada saat kawat ke tanah. Dan tegangan pelepasan 120 kV dari Arrester tersebut masih aman bagi Trafo GTT 20 kV karena tarfo 20 kV mempunyai BIL 150 kV, sedangkan sistem tanpa Arrester menunjukkan Kurva Tegangan Pelepasan sebesar sekitar $1.52 \times 10^5 = 152$ kV pada waktu 0,1 sec dan tegangan ini sangat berbahaya bagi trafo kerana tegangan pelepasan ini melebihi dari BIL Trafo GTT 20 yaitu 150 KV dan ini akan berakibat rusak dan terbakar trafo karena tegangan lebih.

2. Perhitungan Sambaran Petir pada kawat tanah

a. Perhitungan jumlah gangguan induksi pada kawat tanah

Untuk saluran tanpa kawat tanah diperoleh 61,8648 gangguan per 100 km per tahun sedangkan saluran dengan kawat tanah diperoleh 38,5663 gangguan per 100 km per tahun jadi saluran udara dengan kawat tanah kemungkinan kecil terjadinya sambaran induksi daripada saluran udara tanpa kawat tanah.

b. Perhitungan jumlah gangguan induksi pada kawat tanah

Untuk perhitungan tiang yang diketanahkan diperoleh 30,2134 gangguan / 100km / tahun sedangkan untuk tiang yang tidak diketanahkan diperoleh 36,5526 gangguan / 100km / tahun. Jadi untuk tiang yang diketanahkan kemungkinan kecil terjadinya gangguan kilat langsung daripada tiang yang tidak diketanahkan.

3. SOP

a. Arrester

Arrester 24 kv, 5 kA dipilih arrester kelas distribusi (SPLN 7C:1985), Khusus untuk system multi pembumian, fasa tiga 4 kawat dipakai arrester 18 kv, 5 ka kelas distribusi. Pembumian dengan menunjuk SPLN yang ada untuk menetapkan nilai pembumiannya (lihat SPLN 3 : 1978)

b. Kawat tanah

tinggi saluran : semakin tinggi tiang kawat tanah maka kemungkinan besar terjadinya gangguan petir

jenis tiang apakah tiang beton, basi atau tanah dan juga apakah tiang diketanahkan atau tidak kerana ini akan mempengaruhi pada saat penyaluran tegangan lebih akibat petir ke tanah.

Arismunandar A, DR. dan Kuwahara S, DR. 1973. *Teknik Tenaga Listrik jilid III*. Cetakan IV. 1984. Jakarta: PT PERTJA.

Hutauruk T.S. 1989. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Jakarta: Erlangga.

PT.PLN Pusdiklat Pandaan. 1998 Pemeliharaan GI dan GITET. 2000. Malang: PT.PLN Pusdiklat Pandaan Malang.

Suhadi, dkk.2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 3*. (online). URL: <http://www.SMKN/Sistemproteksi.com>, diakses tanggal 22 Desember 2008.

DAFTAR RUJUKAN

Arismunandar A. 19988. *Teknik Tegangan Tinggi*. Cetakan IV. 1990. Jakarta: PT PERTJA.

Arismunandar A, DR. dan Kuwahara S, DR. 1973. *Teknik Tenaga Listrik jili II*. Cetakan V. 1982. Jakarta: PT PERTJA.