

ANALISA PENEMPATAN LIGHTNING ARESTER PADA GARDU INDUK TANJUNG MORAWA

Marlanfar¹⁾, Yusmartato²⁾, Yusniati³⁾, Zulfadli Pelawi⁴⁾

¹⁾Alumni, ^{2,3,4)}Dosen Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan
yusmartato@ft.uisu.ac.id; yusniati@ft.uisu.ac.id; zulfadli.pelawi@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Transmisi saluran udara sering mengalami gangguan-gangguan, baik dari dalam maupun dari luar. Salah satu gangguan luar adalah surja petir. Demi mempertahankan kelangsungan penyaluran daya listrik dari sumber ke konsumen dan untuk melindungi peralatan-peralatan listrik yang ada dalam sistem maka sangatlah perlu dilakukan pengamanan. Gangguan yang disebabkan oleh petir akan dapat menaikkan tegangan sampai beberapa kali tegangan nominal sistem tersebut, sehingga peralatan listrik yang mempunyai rating tegangan tertentu akan terlampaui yang dapat merusak peralatan listrik tersebut. Untuk mengatasi gangguan petir di jaringan sisi masuk gardu induk dipasang pengamanan petir yang dapat melindungi peralatan listrik yaitu dengan memasang lightning arrester. Penguraian lebih lanjut adalah mengenai komponen-komponen arrester, cara kerja, karakteristik, penggunaan serta penentuan lokasi arrester terhadap peralatan yang dilindungi. Untuk mengetahui pengaruh lightning arrester yang dipasang pada gardu induk dibanding dengan yang tanpa memakai lightning arrester. Untuk mengetahui surja petir terhadap isolasi.

Kata-Kata Kunci : *Gangguan, Surja Petir, Lightning Arrester, Gardu Induk*

I. Pendahuluan

Karena gardu induk bekerja pada sistem tegangan tinggi, maka gangguan yang disebabkan oleh tagangan lebih akibat sambaran petir, baik langsung maupun tidak langsung pada kawat transmisi atau kawat tanah akan mengakibatkan rusaknya peralatan yang ada di gardu induk tersebut terutama transformator daya dan pemutus tenaga (CB), sehingga penyaluran energi listrik ke konsumen akan mengalami gangguan.

Gangguan yang disebabkan oleh petir akan dapat menaikkan tegangan sampai beberapa kali tegangan nominal sistem tersebut, sehingga peralatan yang mempunyai rating tegangan tertentu akan terlampaui yang dapat merusak peralatan. Untuk mengatasi gangguan tersebut di atas, pada sisi masuk gardu induk (GI) dipasang pengamanan petir yang dapat melindungi peralatan listrik yang digunakan sebagai kelangsungan penyaluran energi listrik ke konsumen.

Dengan memasang alat pengaman dapat diketahui besar energi kilat/petir yang mengenai peralatan, karena kilat selalu mencari jalan terpendek untuk melepaskan muatan listrik selain itu alat pengaman harus dapat melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkan ke tanah.

Mencari tahu gangguan yang disebabkan oleh petir yang dapat menaikkan tegangan sampai beberapa kali dari tegangan nominal sistem tersebut. Sehingga peralatan yang mempunyai rating tegangan tertentu akan terlampaui yang dapat merusak peralatan.

II. Tinjauan Pustaka

2.1. Arrester

Arrester merupakan suatu alat pelindung terhadap tegangan surja berfungsi melindungi peralatan listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah.

Sesuai dengan fungsinya, arrester harus dapat menahan tegangan sistem 50 Hz untuk waktu yang tak terbatas dan harus dapat melakukan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan. Kecuali itu, sebuah alat pelindung yang baik mempunyai perbandingan perlindungan (*protective ratio*) yang tinggi yaitu pada waktu pelepasan antara tegangan surja maksimum yang diperbolehkan pada waktu pelepasan (*discharge*) dan tegangan sistem 50 Hz maksimum yang dapat ditahan sesudah pelepasan tadi.

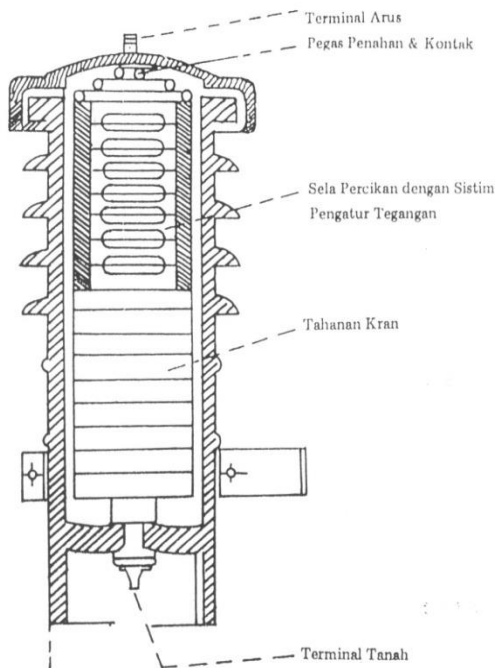
Alat pelindung yang paling sempurna adalah arrester, pada pokoknya arrester ini terdiri dari dua unsur yaitu sela api (*spark gap*) dan tahanan tak linier atau tahanan kran/katup (*valve resistor*). Kedua dihubungkan secara seri. Batas atas dan bawah dari tegangan percikan ditentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang dilindungi, sering kali persoalan ini dapat dipecahkan hanya dengan mengetrapkan cara-cara khusus pengaturan tegangan (*voltage control*). Oleh karena itu sebenarnya arrester terdiri dari unsur; sela api, tahanan katup dan sistem pengaturan atau pembagian tegangan (*grading sistem*).

Bila persoalannya hanya melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak memperdulikan akibatnya terhadap pelayanan, maka cukup dipakai sela batang yang memungkinkan terjadinya percikan pada waktu tegangannya mencapai keadaan bahaya. Dalam hal

ini tegangan sistem bolak-balik akan tetap mempertahankan busur api ini sampai pemutus bebannya dibuka, dengan menyambung sela api ini dengan sebuah tahanan, maka apinya dapat dipadamkan.

Tetapi bila tahanan mempunyai harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga untuk maksud meniadakan tegangan lebih tidak terlaksanakan, oleh sebab itu dipakailah tahanan katup yang mempunyai sifat khusus yang mana tahanan kecil sekali bila tegangannya dan arusnya besar. Proses pengecilan tahanan berlangsung cepat sekali yaitu selama tegangan lebih mencapai harga puncaknya. Tegangan lebih dalam hal ini mengakibatkan penurunan dratis dari pada tahanan sehingga jatuh tegangannya dibatasi meskipun arusnya besar.

Bila tegangan lebih telah habis dan tertinggal tegangan normal, tahanan naik lagi sehingga arus susulannya dibatasi sampai kira-kira 50 Ampere. Arus susulan ini akhirnya dimatikan oleh sela api pada waktu tegangan sistemnya mencapai titik nol sehingga alat ini bertindak sebagai sebuah kran yang menutup arus (dari sinilah dikenal tahanan kran).



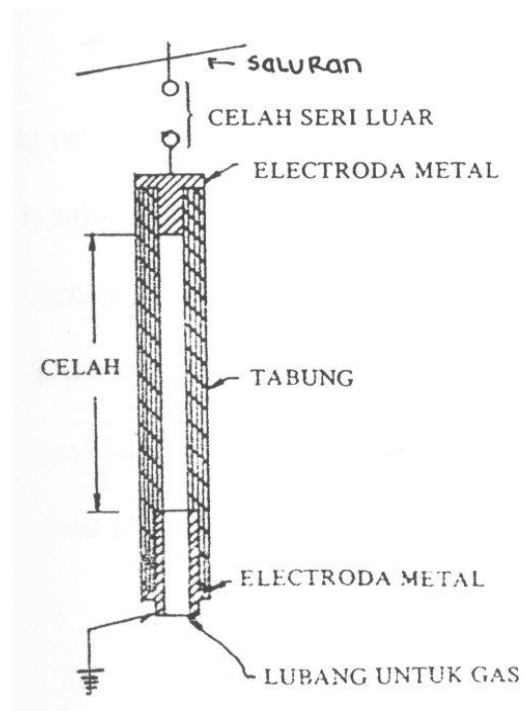
Gambar 1. Arester terdiri dari tiga unsur

2.2. Arester Jenis Expulsi (Expulsion Type)

Arester jenis expulsi atau tabung pelindung pada prinsipnya terdiri dari sela percik yang berada dalam tabung serat dan sela percik batang yang berada di luar udara atau disebut sela seri.

Bila ada tegangan surja yang tinggi sampai pada jepitan arester kedua sela percik, yang di luar dan yang berada di dalam tabung serat, tembus seketika dan membentuk jalan pengantar dalam bentuk busur api. Jadi arester menjadi konduktor dengan impedansi rendah dan melakukan surja arus daya sistem bersama-sama. Panas yang timbul karena mengalirnya arus petir menguapkan sedikit bahan dinding tabung serat, sehingga gas yang ditimbulkannya menyembur pada api dan mematikannya pada waktu arus susulan melewati titik nolnya. Arus susulan dalam arester jenis ini dapat mencapai harga yang tinggi sekali tetapi lamanya tidak lebih dari satu atau dua gelombang dan biasanya kurang dari setengah gelombang, jadi tidak menimbulkan gangguan.

Arester jenis expulsi ini mempunyai karakteristik volt-waktu yang lebih baik dari sela batang dan dapat memutuskan arus susulan. Tetapi tegangan percik impulsnya lebih tinggi dari jenis arester katup. Tambahan lagi kemampuan untuk memutuskan arus susulan tergantung dari tingkat arus hubung singkat dari sistem pada titik di mana arester itu dipasang. Dengan demikian perlindungan arester ini dipandang tidak memadai untuk perlindungan transformator daya, kecuali untuk sistem disribusi. Arester ini banyak digunakan pada saluran transmisi untuk membatasi besar surja yang memasuki gardu induk.



Gambar 2. Elemen-elemen arester jenis expulsi atau tabung pelindung

2.3. Lokasi Pemasangan Lightning Arester

Umumnya arester ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi, terutama pada-ujung transmisi dimana terdapat gardu atau transformator. Karena biaya yang mahal,

maka tidak perlu memasang arester pada setiap peralatan di gardu untuk melindungi peralatan tersebut. Hal ini tidak perlu dilakukan karena adanya faktor perlindungan dari arester, oleh sebab itu hanya peralatan-peralatan yang penting saja yang dilengkapi dengan arester. Transformator merupakan peralatan yang paling mahal dan paling penting dari suatu gardu induk. Jika transformator rusak maka perbaikan pengantinya akan mahal dan juga kerugian karena terputusnya aliran daya yang cukup besar. Selain itu tranformator adalah ujung terminal dari suatu tranmisi tempat paling sering terjadi pemantulan gelombang. Pada sistem di atas 220 kV, BIL dari transformator dapat diperoleh pada batas-batas yang diizinkan untuk memperkecil biaya isolasi. Hal ini dapat dilakukan pada BIL dari saklar pemutus daya atau (CB). Karena alasan-alasan tersebut, maka arester pada gardu induk dipasang pada terminal transformator daya, jika:

1. Sebuah gardu induk tidak dilindungi oleh kawat tanah terhadap sambaran langsung dari kilat.
2. Tidak cukupnya faktor perlindungan antara BIL dari transformator daya dengan tingkat perlindungan dari arester.
3. BIL transformator daya sudah dikurangi satu atau dua tingkat dibawah BIL standart.

Arester dapat dipasang pada terminal transformator, terminal pentanahan dan arester dapat dihubungkan kepentanahan transformator. Cara ini digunakan untuk mencegah timbulnya perbedaan impedansi pentanahan antara transformator dengan arester, karena untuk 1 ohm tahanan pentanahan akan dibangkitkan tegangan sebesar 10 W, jika arus pelepasan arester adalah 10 kA.

Jika banyak percabangan terdapat pada gardu induk maka gelombang datang akan terjadi menjadi gelombang-gelombang yang kecil sesuai dengan impedansi surjanya. Transformator yang dihubungkan dengan busbar di atas mungkin akan terlindungi dari bahaya gelombang berjalan, walaupun demikian arester harus tetap dipakai. Penggunaan arester disini dapat berfungsi sebagai pelindung tambahan, dan dalam situasi demikian arester dapat juga dipindahkan ke bus-bar sehingga peralatan-peralatan lain dapat juga dilindungi seperti pemutus daya, saklar pemisah dan lain-lain. Bila ada arester maka dianjurkan BIL peralatan ini dinaikkan satu atau dua tingkat dari BIL standartnya.

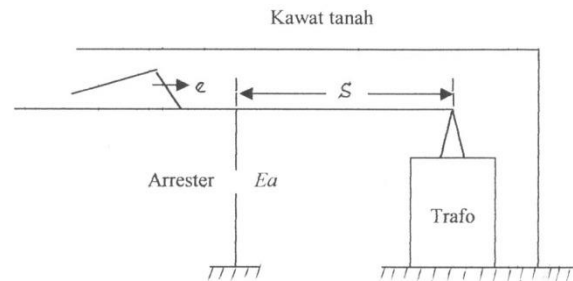
2.4. Penempatan Lightning Arester

Penempatan lightning arester yang terbaik adalah sedekat mungkin dengan peralatan (transformator), tetapi kadang-kadang dalam prakteknya sering arester itu harus ditempatkan sejarak S dari transformator yang dilindungi, jika jarak lightning arester terlalu jauh dari peralatan, maka dapat menyebabkan tegangan yang terjadi pada peralatan lebih tinggi dari tegangan pelepasan

arester. Karena itu jarak tersebut harus ditentukan agar perlindungan dapat berlangsung dengan baik.

2.5. Jarak Maksimum Arester dan Transformator Yang Dihubungkan Dengan Saluran Udara

Disini akan dibahas jarak maksimum arester dan transformator bila dihubungkan langsung dengan saluran udara dan transformator dianggap sebagai jepitan terbuka.



Gambar 3. Transformator dan arester terpisah sejarak S

Untuk keperluan analisa ini, transformator dianggap sebagai jepitan terbuka, yaitu keadaan yang paling berbahaya, apabila mencapai transformator, terjadi pantulan total dan gelombang ini kembali ke kawat dengan polaritas yang sama. Waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk merambat kembali ke arester = 2 S/v sehingga koefisien terusan sama dengan dua. Bila arester mulai memercik (*sparkover*) tegangan jepitan arester adalah sebesar :

$$E_a = At + A(t-2S/v)$$

$$E_a = 2 At - 2 AS/v$$

Bila waktu percik arester t_{so} , dihitung mulai gelombang itu pertama kali sampai ke arester, maka Persamaan di atas menjadi :

$$E_a - 2At_{so} - 2AS/v$$

$$t_{so} = \frac{E_a + 2AS/v}{2A}$$

Setelah arester itu memercik t_{so} berlaku sebagai jepitan hubung singkat dan menghasilkan gelombang sebesar :

$$-A (t - t_{so})$$

Gelombang negatip ini yang merambat transformator terjadi, jumlah tegangan transformator menjadi :

$$E_p = 2 At - 2A (t-t_{so}) = 2 A t_{so}$$

dari Persamaan di atas setelah disubstitusikan menjadi:

$$E_p = 2A \frac{E_a + 2AS/v}{2A}$$

Atau

$$E_p = E_a + 2AS/v$$

Jika E_p adalah harga tegangan dari BIL transformator, maka jarak lindung arester tersebut adalah:

$$S = \frac{E_p + E_a}{2A} \times V$$

Di mana:

- E_a = tegangan percik arester
- E_p = tegangan pada jepitan transformator.
- A = de/dt = kecuraman gelombang datang
- S = jarak antara arester dan transformator
- V = kecepatan merambat gelombang

2.6. Menentukan Rating (Tegangan Dasar) Arestes

Seperti telah diketahui, bahwa rating/tegangan dasar arester dipengaruhi juga oleh sistem pentanahan yang digunakan.

Misal: Sistem pentanahan yang digunakan adalah sistem pentanahan langsung. Dalam hal ini harga a dan b (dari Tabel):

Koefisien Pertanahan (a) = 65% $\frac{s}{d}$ 80%

Selisih (b) = 1 $\frac{s}{d}$ 1,15

Maka dapat ditentukan rating arester yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} E_r &= a \cdot b \cdot E_m \\ &= q \cdot E_m \\ &= 65\% \times 1,10 \times E_m \\ &= 0,56 \times 1,10 \times E_m \times 0,715 E_m \end{aligned}$$

Dalam penggunaan arester, biasanya diberi kelebihan tegangan sebesar 5 % $\frac{s}{d}$ 10 %.

Maka:

$$\begin{aligned} E_r &= 0,715 \times 105\% \times E_m \\ &= 0,75 E_m \end{aligned}$$

Misal:

Tegangan yang berkerja = 150 kV (GI)

Maka:

$$\begin{aligned} E_r &= 0,75 \times 150 \text{ kV} \\ &= 112,5 \text{ kV.} \end{aligned}$$

Jadi rating arester yang dipergunakan untuk sistem 150 kV adalah 112,5 kV. Atau dengan perkataan lain, bahwa rating arester yang dipergunakan adalah: 0,75 kali tegangan fasa ke fasa dari sistem.

III. Analisa

3.1. Data – Data Untuk Perhitungan

Data Lightning Arrester di Gardu Induk

Tipe	= 3 cmi 39
Merk	= Bowthorpe emp
Tegangan	= 170 kV
Frekuensi	= 50 Hz
Nomor Seri	= 5758
Arus Pelepasan	= 10 kV

Data Transformator Daya di Gardu Langsa

Tipe	= ORF 26/275
Daya	= 60 MVA
Tegangan	= 150 kV/ 20 kV
TID	= 650 kV
Frekuensi	= 50 Hz
Nomor Seri	= 81.5.6513

Di Gardu Induk Tanjung Morawa dengan transformator 70 MVA, dengan tingkat isolasi dasarnya 650 kV Transformator tersebut dihubungkan langsung dengan saluran transmisi udara 650 kV dan di lindungi oleh arester 170 kV dengan tegangan pelepasan maksimumnya 540 kV yang mempunyai panjang kawat penghubung ketanah 35 kaki. Misal gelombang surjanya $e = 1000$ kV dengan kecepatan merambat gelombangnya 300 m/ μ det

Penyelesaian

$$\begin{aligned} E_p &= 650 \text{ kV} \\ E_a &= 450 \text{ kV} \\ V &= 300 \text{ m}/\mu\text{det} \\ A &= 10000 \text{ kV} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Rumus, } S &= \frac{E_p + E_a}{2A} \times V \\ S &= \frac{650 + 450}{2 \cdot 10000} \times 300 \\ S &= 16,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi jarak maksimum antara transformator dengan lihgtning arrester adalah 16,5 meter.



Gambar 4. Lightning Arrester di sisi masuk gardu induk Tanjung Morawa

IV. Kesimpulan

1. Penangkal petir adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan dapat menahan tegangan sistem 50 Hz untuk waktu yang tak terbatas dan dapat menyalurkan surja arus ketanah tanpa mengalami kerusakan.
2. Umumnya arrester terdiri dari jenis katup dan tabung pelindung yang sering digunakan pada gardu induk dalam pemakaiannya.
3. Dengan menggunakan lightning arrester maka kontinuitas pelayanan tenaga listrik lebih terjamin bila ada gangguan petir di transformator.
4. Dalam pemilihan kelas dan rating lightning arrester perlu dipertimbangkan beberapa faktor sehingga diperoleh kelas dan jenis lightning arrester yang lebih efektif dan ekonomis untuk melindungi peralatan-peralatan listrik.
5. Tegangan nominal atau tegangan pengenalan adalah tegangan dimana penangkal petir masih dapat bekerja sesuai dengan karakteristiknya.
6. Setelah dianalisis jarak maksimum antara lightning arrester dan transformator adalah 16,5 meter. Sedangkan jarak lightning arrester dengan transformator yang dipasang pada gardu induk Tanjung Morawa adalah 9 meter, harga ini sudah memenuhi syarat. Ini terjadi perbedaan harga disebabkan menggunakan rumus pendekatan.

Daftar Pustaka

- [1] Aris Munandar, Artono, 1990, *Teknik Tegangan Tinggi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] Arismunandar dan S. Kuwuhara, 1973, *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid III, Gardu Induk*. Pradnya Paramita, Jakarta
- [3] Bonggas L. T, 2003, *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Penangkal Petir Lampiran No.19 Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 378/KPTS/1987*.
- [5] Dieter Kind, 1993, *Pengantar Teknik Eksperimental Tegangan Tinggi*, ITB, Bandung
- [6] Gultom, Rapido Parasian, 2008, *Analisis Perencanaan Sistem Pengaman Terhadap Sambaran Petir Eksternal Pada Gedung Biro Rektor Universitas Sumatra Utara*.
- [7] Hasse, P., 1988, *Overvoltage Protection Of Low Voltage System*, Short Run Press Ltd., England.
- [8] Hutaaruk. T.S. 1989, *Gelombang Berjalan dan Surja*, Penerbit Erlangga, 1989
- [9] Hutaaruk. T.S. 1975, *Gelombang Berjalan Pada Sistem Transmisi Dan Proteksi Peralatan Terhadap Surja*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [10] *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia*. 1983, Direktorat penyelidikan masalah bangunan. Jakarta.
- [11] Razevig, Prof.D.V., 1978, *High Voltage Engineering*, Khana Publisher, Delhi.
- [12] Reynaldo Zoro; *Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*, ITB Bandung.
- [13] Robert. D. Evans. 1950, *Electrical Transmisi and Distribusi*, Oxford & IBH Publishing
- [14] SNI 03-7015-2004, *Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung*, Standar Nasional Indonesia.
- [15] T. Rosman Pasaribu, 2007, *Analisis Proteksi Eksternal dan Internal Petir Pada Bangunan Gedung PT. INDOSAT Medan terhadap sambaran petir*, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.