

EVALUASI ARRESTER UNTUK PROTEKSI GI 150 KV JAJAR DARI SURJA PETIR MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD

Sapari, Aris Budiman, Agus Supardi
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan - Kartasura, Tromol Pos I Surakarta
garduind@yahoo.co.id

ABSTRAKSI

Gardu Induk mempunyai peralatan yang sangat penting dan mahal yaitu transformator, sehingga pada transformator harus dipasang peralatan proteksi untuk meminimalisir gangguan. Gangguan tersebut diantaranya gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh alam seperti petir. Peralatan proteksi yang dibutuhkan adalah arrester yang berfungsi untuk mengalirkan gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir langsung ke tanah, sehingga tidak merusak peralatan di gardu induk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rating tegangan untuk arrester 150 kV dan mengetahui karakteristik arrester pada software PSCAD.

Penelitian dilakukan di gardu induk 150 kV Jajar, diawali dengan pengambilan data berupa name plate transformator, arrester, tahanan pentanahan arrester dan penghantar yang digunakan. Kemudian dihitung rating tegangan arrester, dan parameter yang akan digunakan dalam simulasi menggunakan software PSCAD. Setelah itu parameter dimasukkan ke dalam rangkaian uji sampai mendapatkan hasil yang diinginkan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu: rating tegangan arrester pada sistem 150 kV adalah 132 kV bila ditanahkan langsung dan 165 kV bila tidak ditanahkan langsung. Semakin besar arus petir maka semakin besar pula tegangan kerja serta pemotongan arresternya. Rata – rata tegangan kerja maksimum pada arus petir 10 kA – 80 kA adalah 261.37 kV, dan rata – rata pemotongan arrester pada arus petir 10 kA - 80 kA adalah 89.75 %

Kata kunci :petir, arrester, gardu induk, PSCAD

1. Pendahuluan

Penyaluran energi listrik dari sistem pembangkit tenaga listrik dapat mengalami berbagai gangguan yang dapat mengakibatkan terhentinya penyaluran energi listrik terhadap konsumen. Selain itu gangguan tersebut dapat mengakibatkan rusaknya peralatan dan juga dapat membahayakan manusia yang ada di sekitarnya, untuk menghindari gangguan tersebut diperlukan suatu pengamanan dan perlindungan bagi peralatan listrik maupun pekerja, Pemasangan peralatan yang dapat menghantarkan arus lebih ke tanah secara langsung.

Gardu Induk mempunyai peralatan yang sangat penting dan mahal yaitu transformator, sehingga pada transformator harus dipasang proteksi untuk meminimalisir gangguan. Gangguan tersebut diantaranya gangguan

tegangan lebih yang disebabkan oleh alam seperti petir. Peralatan proteksi yang dibutuhkan adalah arrester yang berfungsi untuk mengalirkan gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir langsung ke tanah, sehingga tidak merusak peralatan di gardu induk.

Arrester dan *resistansi* pentanahan yang baik membuat peralatan gardu induk terutama transformator daya akan lebih aman dari tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir. Pemisah (PMS) dan pemutus (PMT) tidak membuka ketika terjadi gangguan lebih, sehingga tidak terjadi pemutusan arus listrik (pemadaman listrik) terhadap konsumen.

Suatu sistem tenaga listrik dapat mengalami gangguan yang mengakibatkan terhentinya proses penyaluran daya listrik. Salah satu penyebab gangguan yang mungkin terjadi

adalah rusaknya sistem isolasi karena pengaruh tegangan lebih akibat operasi pensaklaran maupun akibat surja hubung. Oleh karena itu, dalam pengoperasian sistem tenaga listrik perlu perhatian khusus pada sistem proteksi tegangan lebih (Aris Munandar, 1990).

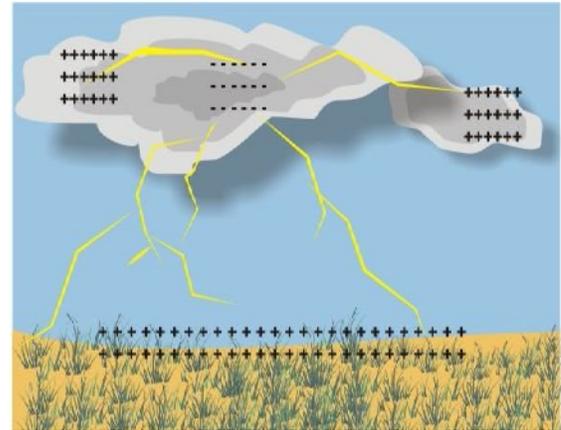
1.1 Petir

Petir merupakan hasil pemisahan muatan listrik secara alami di dalam awan badai, proses pelepasan muatan ini akan berupa kilat cahaya dan suara gemuruh yang biasa disebut petir. Petir lebih sering terjadi antara pusat muatan satu dengan pusat muatan lainnya di dalam awan, sedangkan antara pusat muatan di dalam awan dengan pusat muatan di permukaan bumi jarang terjadi.

Petir terjadi disebabkan oleh adanya konsentrasi muatan karena perbedaan tekanan udara dan temperatur yang menyebabkan pergerakan udara ke atas. Pergerakan udara keatas ini akan membawa uap air sampai pada ketinggian tertentu dimana temperatur udara sangat dingin. Uap air tersebut terkonsentrasi dan berubah menjadi titik-titik air seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, kumpulan dari titik-titik air ini disebut awan (*Comulo Nimbus*). Awan ini lebarnya bisa mencapai puluhan kilometer dan terdiri dari sejumlah besar sel-sel awan yang berdiri sendiri dengan ketinggian sekitar 7,5 km sampai dengan 18 km. Secara garis besar ada dua jenis awan badai yang membangkitkan muatan listrik statik, yaitu:

- a. Awan badai panas (*heat storm clouds*).
- b. Awan badai frontal (*frontal storm clouds*).

Awan yang bermuatan positif adalah kristal es sedangkan yang bermuatan negatif adalah titik-titik air. Distribusi partikel-partikel tersebut secara normal memberikan peningkatan muatan negatif didasar awan. Peningkatan muatan negatif didasar awan mengakibatkan peningkatan muatan positif diatas tanah. Akibatnya antara tanah dan dasar awan terdapat beda potensial yang tinggi. Apabila gradien potensial tersebut sedemikian besar, maka berakibat terjadinya proses tembus pada resistansi udara, sehingga menimbulkan suatu peluahan petir.



Gambar 1 Sambaran Petir

1.2 Arrester

Arrester adalah alat pelindung bagi sistem tenaga listrik terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh petir atau surja hubung (*switch surge*). Alat ini digunakan sebagai jalan pintas (*by-pass*) sekitar isolasi. Arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya system 50 Hz.

Arrester berfungsi untuk melindungi isolasi atau peralatan listrik terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir atau tegangan transient yang tinggi dari suatu penyambungan atau pemutusan rangkaian (sirkuit), dengan jalan mengalirkan arus surja (*surge current*) ketanah serta membatasi berlangsungnya arus ikutan (*follow current*) serta mengembalikan keadaan jaringan ke keadaan semula tanpa mengganggu sistem. Jadi pada keadaan normal arrester berlaku sebagai isolator dan pada saat timbul tegangan surja alat ini bersifat sebagai konduktor yang tahananya relatif rendah sehingga dapat mengalirkan arus yang tinggi ketanah. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh arrester adalah:

- a) Tegangan percikan (*spark over voltage*) dan tegangan pelepasannya (*discharge voltage*) yaitu tegangan pada terminalnya pada waktu pelepasan, harus cukup rendah, sehingga dapat mengamankan isolasi peralatan. Tegangan percikan disebut juga tegangan gagal sela (*gap break down voltage*).

b) Arrester harus dapat memutuskan arus dinamik dan dapat bekerja terus seperti semula. Pada arrester terdapat beberapa bagian yang penting, sebagai berikut:

1. Elektroda

Elektroda-elektroda ini adalah terminal dari arrester yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dibagian atas, dan elektroda bawah dihubungkan dengan tanah.

2. Sela Percikan (*Spark Gap*)

Apabila terjadi tegangan lebih oleh sambaran petir atau surja hubung pada arrester yang terpasang, maka sela percikan (*spark gap*) akan terjadi loncatan busur api. Pada beberapa tipe arrester busur api yang terjadi tersebut ditiup keluar oleh tekanan gas yang ditimbulkan oleh tabung fiber yang terbakar.

3. Tahanan Katup

Tahanan yang digunakan dalam arrester ini adalah suatu jenis arial yang sifat tahanannya akan berubah bila mendapatkan perubahan tegangan.

1.3 Prinsip Kerja Arrester

Arrester terdiri dari dua bagian yaitu sela api (*spark gap*) dan tahanan tak linier atau tahanan kran (*Valve Resistor*). Keduanya dihubungkan secara seri, batas atas dan batas bawah dari tegangan percikan ditentukan oleh tegangan maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang dilindungi. Oleh karena itu, sebenarnya arrester terdiri dari tiga unsur yaitu sela api, tahanan kran atau tahanan katub dan sistem pengaturan atau pembagi tegangan (*Grading System*).

2. Metode Penelitian

Metode penelitian meliputi beberapa tahapan diantaranya adalah proses pencarian data, data tersebut diolah untuk menghitung rating tegangan arrester, tahapan selanjutnya memodelkan sistem dengan menggunakan *software* PSCAD, lalu disimulasikan hingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan perhitungan.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Rating Arrester

Rating arrester untuk sistem tegangan 150 kV dapat dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$U_r = V_m \dots (1)$$

dengan:

U_r = Tegangan dasar arrester

V_m = Tegangan nominal sistem
= Toleransi untuk perhitungan fluktansi tegangan (110%)

= Koefesien pentanahan (untuk sistem yang ditanahkan langsung = 0.8, sistem yang tidak ditanahkan langsung = 1.0)

Sistem yang ditanahkan secara langsung:

$$U_r = (150 \times 1.1 \times 0.8) = 132 \text{ kV}$$

Sistem yang tidak ditanahkan secara langsung :

$$U_r = (150 \times 1.1 \times 1.0) = 165 \text{ kV}$$

3.2 Analisa Menggunakan PSCAD

Simulasi *lightning* arrester dapat menggunakan model arrester pada PSCAD ditunjukkan pada gambar 2.

Parameter yang digunakan untuk pemodelan arrester 150 kV dengan panjang arrester $d = 1.7 \text{ m}$ dan jumlah kolom paralel $n = 1$ dapat dihitung sebagai berikut:

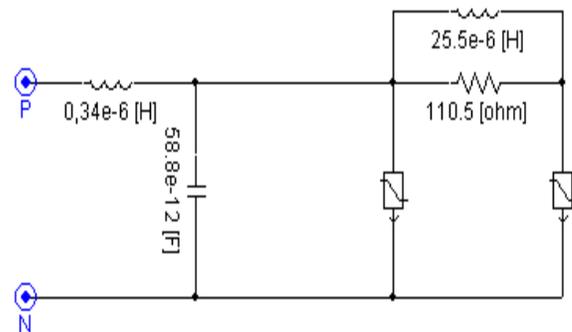
$$L_0 = 0.2d/n = 0.34 \mu\text{H}$$

$$C = 100n/d = 58.8 \text{ pF}$$

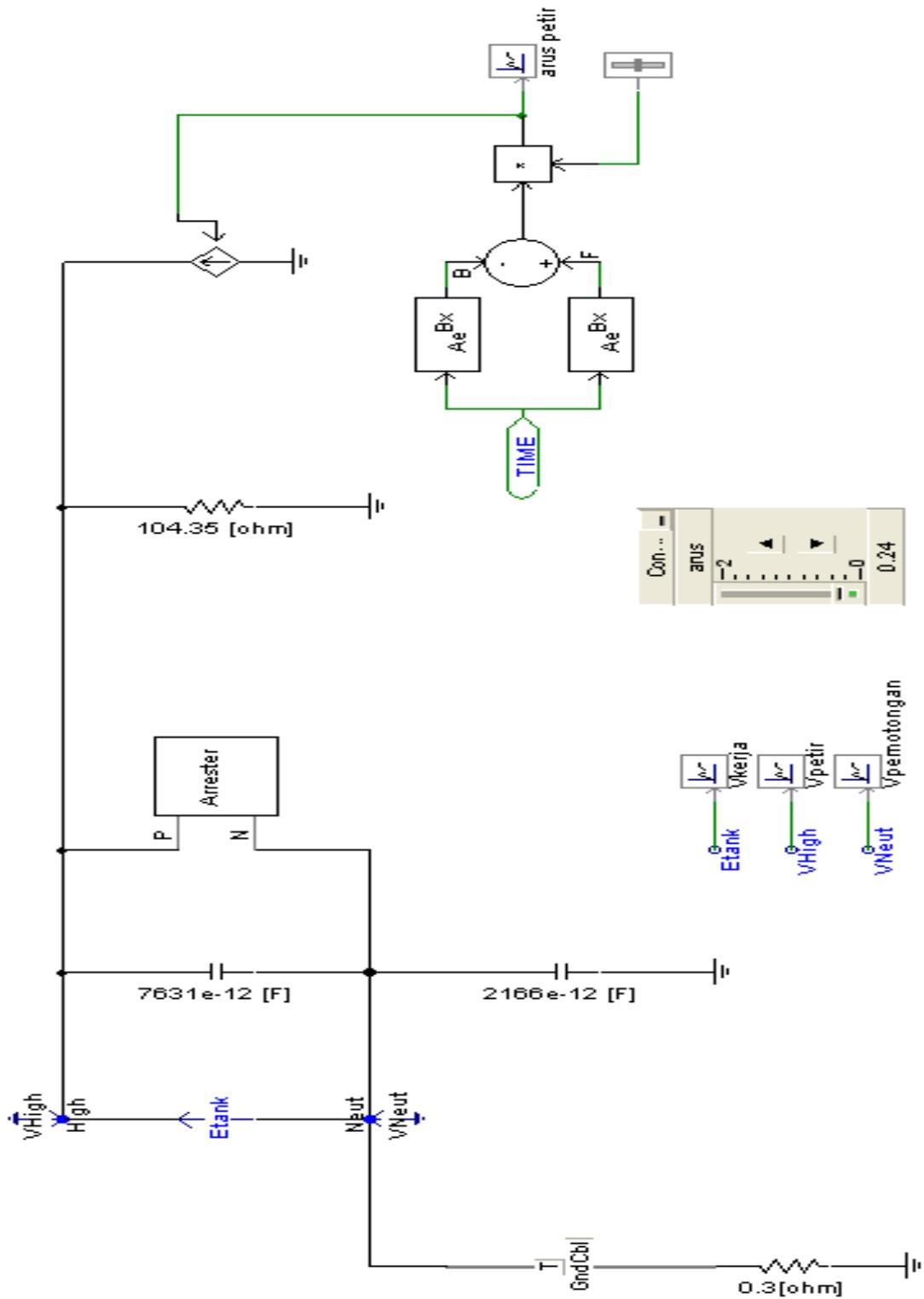
$$L_1 = 15d/n = 25.5 \mu\text{H}$$

$$R = 65d/n = 110.5 \text{ ohm}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka parameter arrester dapat dimasukkan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Model Arrester Setelah Parameter dimasukkan



Gambar 4 Gambar Rangkaian Sistem untuk Uji Arrester

Tabel 1 Hasil Simulasi Arrester Menggunakan PSCAD

I petir max (kA)	V petir max (kV)	V kerja max (kV)	V pemotongan max (kV)	Pemotongan arrester (%)
10	876.68	248.97	628.03	71.63
20	1700.14	257.88	1443.32	84.89
30	2524.89	259.61	2264.81	89.67
40	3347.01	261.39	3085.82	92.19
50	4170.03	263.15	3906.38	93.67
60	4992.83	264.81	4724.69	94.62
70	5815.22	266.55	5548.82	95.41
80	6636.14	268.62	6369.52	95.98

3.3 Rangkaian Sistem

Rangkaian sistem untuk simulasi arrester pada PSCAD dapat ditunjukkan pada gambar 4.

3.4 Hasil Simulasi Arrester

Berdasarkan simulasi arrester yang dilakukan dengan *software* PSCAD pada arus petir 10 kA – 80kA, maka didapatkan hasil yang dinyatakan dalam tabel 1.

Besarnya rata-rata tegangan kerja maksimum dan rata-rata pemotongan arrester pada kondisi arus petir 10 kA – 80 kA dari tabel 2 dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{n} \tag{2}$$

Rata-rata tegangan kerja maksimum dari arus petir 10 kA–80 kA adalah sebagai berikut:

$$V_{kerja} = \frac{2090.98}{8} = 261.37 \text{ kV}$$

Rerata pemotongan arrester dari arus petir 10 kA–80 kA adalah sebagai berikut:

$$pemotongan\ rerata = \frac{718.06}{8} = 89.75\%$$

Hasil simulasi pada tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar arus petir maka semakin meningkatkan tegangan kerja maksimumnya. Semakin besar arus petir berpengaruh pula pada pemotongan arrester yang semakin besar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Rating tegangan arrester pada sistem 150 kV adalah 132 kV bila ditanahkan langsung dan 165 kV bila tidak ditanahkan langsung.

2. Semakin besar arus petir maka semakin besar pula tegangan kerja serta pemotongan arresternya, rata – rata tegangan kerja maksimum pada arus petir 10 kA – 80 kA adalah 261.37 kV dan rata – rata pemotongan arrester pada arus petir 10 kA - 80 kA adalah 89.75 %.

Daftar Pustaka

Arismunandar, A. 1975, “*Teknik Tegangan Tinggi*”, Pradnya Paramita, Jakarta.

Arismunandar, A. 1997, “*Teknik Tenaga Listrik*”, Jilid III, Pradnya Paramita, Bandung.

Arismunandar, A. 1993, “*Teknik Tenaga Listrik*”, Jilid II, Pradnya Paramita, Jakarta.

L. Tobing, Bonggas. 2003, “*Peralatan Tegangan Tinggi*”, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Muthumuni, Dharshana. 2005, “*Pscad Getting-Started Tutorials*”, Manitoba HVDC Research Centre Inc, Canada.

Winnipeg. 2008, “*Applications of PSCAD® / EMTDC™*”, Manitoba HVDC Research Centre Inc, Canada.

<http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/19/jtptunimus-gdl-s1-2008-anasyusufn-917-2-bab2.pdf>

www.abb.com/arresteronline/EXLIM-P.pdf