

ANALISIS PEMANFAATAN LIGHTING ARESTER UNTUK PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA GARDU INDUK BOLANGI

¹⁾A. Muh. Arief Bijaksana, ²⁾ Faridah, ³⁾ Muhammad Ali Jubbar

^{1,2,3)}Program Studi Elektro Universitas Islam Makassar,

Jl. Perintis Kemerdekaan No. 29 Makassar, Kampus UIM, Tlp: (0411)588167

Email: andimuhhammadarifbijaksana.dty@uim.makassar.ac.id

ABSTRAK

Tegangan lebih adalah tegangan yang hanya dapat ditahan untuk waktu yang terbatas. Tegangan lebih petir merupakan tegangan lebih periodik yang disebabkan karena sebab luar (*External Over Voltage*). Arestor adalah peralatan pengamanan instalasi dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir (*Lightning Surge*) maupun oleh surja hubung (*Switching Surge*). Transformator/ trafo tenaga berfungsi untuk menyalurkan tenaga/ daya listrik dengan menaikkan atau menurunkan tegangan di Gardu Induk. Penelitian ini fokus pada peralatan Gardu Induk yaitu arester tipe X AR 170 A1/ 162 yang terhubung dengan transformator (trafo) II tipe DRF 31.5/ 275. Perlindungan yang baik diperoleh bila arester ditempatkan sedekat mungkin pada jepitan trafo. Tetapi, dalam praktek arester itu harus ditempatkan dengan jarak S dari trafo yang dilindungi. Karena itu, jarak tersebut ditentukan agar perlindungan dapat berlangsung dengan baik. Jarak arester dengan trafo yang dipakai di gardu Induk bolangi 150 KV adalah 3 m. Penempatan arester (S) dipengaruhi oleh tegangan jepit trafo (E_p) sebesar 715 KV, tegangan percik arester (E_a) sebesar 650 KV, kecuraman gelombang datang (A) sebesar 1000 dv/ dt, dan kecepatan rambat gelombang (v), karena gelombang berjalan pada kawat udara mempunyai kecepatan tetap dengan kecepatan sama dengan kecepatan cahaya yaitu 300 m/ μ dt (Hutauruk, 1991:2).

Kata Kunci : *Tegangan Lebih, Arestor, Transformator, Jarak Arestor*

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Gardu induk sebagai salah satu tempat terpenting karena sebagai penyalur energi listrik ke konsumen. Perlu dilindungi atau diproteksi dari gangguan yang disebabkan oleh petir seperti diatas. Dan beberapa jenis gangguan pada saluran tenaga listrik yang memang tidak semuanya bisa dihindarkan. Untuk itu perlu dicari upaya pencegahan agar bisa memperkecil kerusakan pada peralatan listrik, terutama pada manusia akibat adanya gangguan.

Arrester petir disingkat arrester atau sering disebut penangkap petir, adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir, sebagai jalan pintas (*bypass*) sekitar isolasi. Arestor membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat atau petir,

sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya sistem 50 Hz dan pada kerja normal arester itu berlaku sebagai isolator dan apabila timbul surja maka dia berlaku sebagai konduktor, yang dapat melewatkan aliran arus yang tinggi. Setelah surja hilang, arester harus dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka. Arestor modern dapat membatasi harga tegangan surja di bawah tingkat isolasi peralatan. Peralatan dapat dilindungi dengan menempatkan arester sedekat mungkin padaperalatan tersebut dan tidak perlu menggunakan alat pelindung pada tiap bagian peralatan yang akan dilindungi. Walaupun pengaruh gelombang berjalan akan menimbulkan tegangan yang lebih tinggi di

tempat yang agak jauh dari arester, peralatan masih masih dapat dilindungi dengan baik bila jarak arester dan peralatan masih dalam batas yang diizinkan.

1.2.Rumusan Masalah

1. Berapa jarak optimum arester dengan trafo saat terjadi tegangan berlebih.
2. Bagaimana kemampuan arester dalam melindungi peralatan trafo terhadap arus lebih akibat surja petir ataupun surja hubung.

1.3.Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui jarak optimum arester dengan trafo saat terjadi tegangan berlebih.
2. Untuk Mengetahui kemampuan arester dalam melindungi peralatan trafo terhadap arus lebih akibat surja petir ataupun surja hubung.

1.4.Batasan Permasalahan

Dari identifikasi permasalahan yang ada dan untuk memperoleh gambaran yang jelas tentang ruang lingkup penelitian dan kedalaman pembahasan, maka penelitian ini akan membatasi masalah pada analisis kemampuan arester berdasarkan pada penempatan jarak arester dengan trafo sebagai alat pelindung terhadap gangguan surja petir atau *switching* pada Gardu Induk bolangi dengan kapasitas gardu induk tersebut 150 kv.

1.5.Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat digunakan sebagai referensi pemanfaatan secara aman dalam menggunakan arester untuk pengamanan transformator dalam hal ini adalah trafo.

METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode merupakan cara atau prosedur yang digunakan untuk memecahkan masalah penelitian. Metode pengumpulan data dalam suatu penelitian akan sangat membantu atau menentukan keberhasilan penelitian, oleh karena itu perlu direncanakan dengan tepat dalam memilih metode untuk pengumpulan data. Sedangkan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

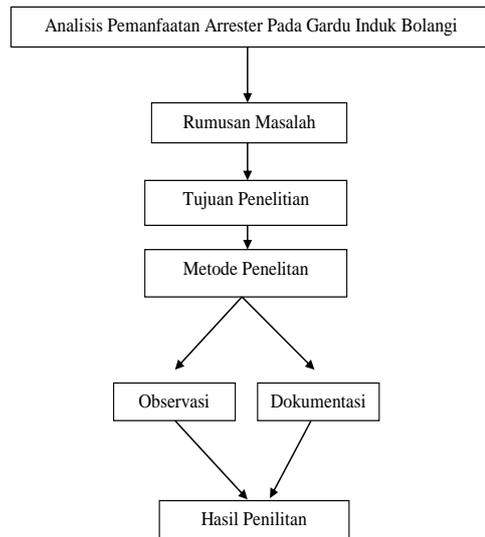
1. Metode Dokumentasi

2. Metode Observasi

2.2 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) P3 BJB SULAWESI SELATAN (Gardu Induk bolangi 150 KV).

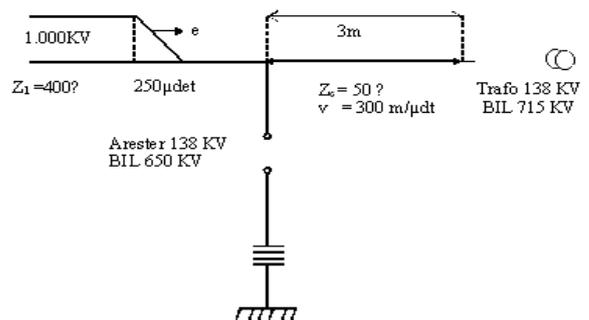
2.3 Flow Chart Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Data yang diperoleh dari hasil penelitian terhadap peralatan Gardu Induk Bolangi 150 KV yang disajikan dalam bentuk diagram tangga adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Konstruksi diagram tangga

3.2 Pembahasan

Dari hasil survey penelitian diketahui bahwa arester terpasang pada saluran guna untuk melindungi semua peralatan, dengan pembahasan:

3.2.1 Prinsip kerja arrester

Telah banyak dimanfaatkan sebagai pengaman dalam sistem kelistrikan. Arrester adalah sebuah alat yang berfungsi menstabilkan tegangan arus listrik saat terjadi lonjakan sehingga mampu melindungi berbagai peralatan elektronik dari kerusakan akibat lonjakan tegangan (surge atau tegangan kejut). Tegangan surge adalah lonjakan tegangan yang tiba-tiba dan sangat besar, sehingga dapat merusak peralatan listrik jika melebihi toleransi alat. Tegangan surge ini dapat terjadi akibat adanya putus sambung dari sebuah tenaga listrik yang mempunyai daya yang besar dan akibat dari adanya sambaran petir. Kerusakan ini dapat dicegah dengan sebuah prinsip kerja arrester.

3.2.2 Penghitungan jarak arester dengan trafo

Diketahui bahwa tegangan sistem peralatan adalah sebagai berikut, tegangan transmisi 150 KV dengan BIL 715 KV. Trafo dilindungi oleh arester dengan tegangan percik 650 KV, dengan jarak perlindungan terhadap peralatan adalah sejauh 3 meter, misalkan surja yang datang sebagai variable percobaannya, merambat menuju peralatan yang dilindungi arester dengan kecepatan 300 m/μdt, berapakah jarak maksimum antara arester dan peralatan, sehingga semua peralatan itu terlindungi dari bahayasureja?

Diketahui :

$$E_p = 715KV \quad E_a = 650KV$$

$$A = 1000 \text{ dv/dt} \quad v = 300m/\mu dt$$

Ditanya : S (Jarak maksimum antara arester dengan trafo)?

Surja petir sebesar 1.000 dv/dt, setelah dihitung secara matematis diperoleh perhitungan jarak maksimum arester adalah sebesar:

$$E_p = E_a + 2 \cdot \frac{1000}{300} S = 9,75 \text{ M}$$

Pada hal dalam kenyataan dilapangan dipasang sejauh 3 meter, sehingga pemasangannya masih di bawah harga maksimum.

Adapun Perhitungan Jarak Maksimum

Arrester dengan Peralatan Yang dilindungi:

Perlindungan Yang baik diperoleh jika arrester ditempatkan sedekat mungkin dengan transformator, Tetapi dalam kenyataannya, arrester harus ditempatkan dengan jarak tertentu, agar perlindungan dapat berlangsung dengan baik.

Jika Arrester dihubungkan dengan menggunakan saluran udara alat yang dilindungi ,maka untuk menentukan jarak yang baik antara Arrester dengan Transformator, dinyatakan dengan persamaan :

$$e_t = e_a + 2\mu x / v$$

Dengan :

- e_t = Tegangan Terminal dari Peralatan yang akan dilindungi (kV)
- e_a = Tegangan Pelepasan dari Arrester (kV)
- μ = Kecuraman Gelombang (kV/μs)
- v = Kecepatan Rambat Gelombang yang datang (m/ μs)
- x = Jarak dari Arrester ke alat yang dilindungi

3.2.3 Perhitungan Jarak Maksimum Arrester dengan Peralatan Yang dilindungi

Lightning Arrester 1, Arrester terpasang pada ujung saluran guna melindungi peralatan, khususnya pada bus bar / line. Dimana Jaraknya di Gardu Induk Simpang Tiga adalah 15 m.

Lightning Arrester 2, Arrester terpasang sebelum transformator tenaga (Apabila dilihat dari ujung saluran), sebagai pengamanan Khusus Transformator. Dimana Jaraknya di Gardu Induk Simpang Tiga adalah 2 m.

Secara umum arrester melindungi peralatan-peralatan pada Gardu Induk Simpang Tiga terhadap sambaran-sambaran petir maupun surja hubung. Arrester ini memiliki jarak maksimum untuk melindungi peralatan. Letak dari Arrester tersebut tidak boleh lebih dari perhitungan jarak yang ada, dengan kata lain arrester memiliki cakupan daerah yang terbatas.

Jadi dengan menggunakan persamaan diatas ,maka jarak cakupan Arrester yang

terdapat pada Gardu Induk Simpang Tiga dapat dihitung :

$$e_t = e_a + 2\mu \times v$$

Dengan Nilai –nilai :

$$e_t = \text{BIL} = 750 \text{ kV}$$

$$e_a = 620 \text{ kV}$$

$$\mu = 6250 \text{ kV} / \mu\text{s}$$

$$v = 300 \text{ m} / \mu\text{s} \quad (\text{Kecepatan Cahaya})$$

maka, $750 = 620 + 2$

$$x = 3,119 \text{ m}$$

Didapatkan jarak menurut perhitungan antara arrester dengan peralatan adalah 10 meter, sedangkan dalam kenyataannya di lapangan jarak antara arrester I pada ujung saluran dengan sejumlah peralatan (diambil dari jarak transformator tenaga) sejauh 15 m ,sedangkan jarak antara arrester II yang terpasang sebelum transformator adalah 2 m (apabila dilihat dari ujung saluran).Untuk Jarak Arrester I perlingungannya **kurang baik** untuk melindungi Transformator karena sangat jauh diatas jarak maksimum ,maka dari gambar diatas Arrester 1 perlingungannya lebih efsien untuk peralatan yang ada di sekitar Saluran, Sedangkan Arrester I perlingungannya dapat dikatakan **baik** untuk peralatan (Transformator) karena nilainya masih dibawah jarak maksimum dan tidak efisien untuk melindungi peralatan yang ada di saluran.

3.2.4 Protecive Margin Ligtning Arrester

Secara umum arrester melindungi peralatan-peralatan pada Gardu Induk Simpang Tiga terhadap sambaran-sambaran petir maupun surja hubung.Dimana Protective Marginnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus ;

$$\text{PM} = ((\text{BIL}/I_R) - 1) \times 100 \%$$

Dimana :

PM = Protective Margin (%)

BIL = Basic Insulation Level Lightning Arrester

$$I_R = \text{Residual Volt (kV)} = 420 \text{ kV}$$

Maka Untuk PM di Gardu Induk Simpang Tiga adalah

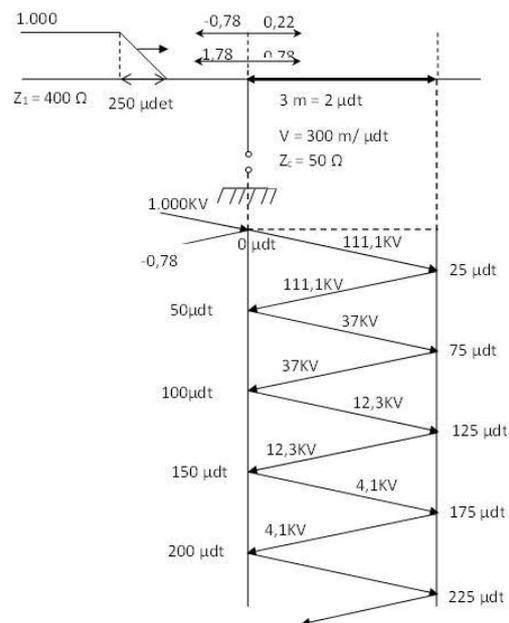
$$\text{PM} = ((750/420) - 1) \times 100 \%$$

$$\text{PM} = 78,57 \%$$

Nilai Protective Margin yang diperoleh adalah memenuhi Syarat dimana lebih besar dari 20 % (Nilai Minimum PM).

3.3 Analisis tegangan percikarrester

Untuk nilai kecuraman gelombang di atas sebesar 1000 dv/dt merupakan harga tertinggi yang dapat terjadi dari kenaikan tegangan akibat surja petir, sehingga diambil nilai maksimal tegangan berlebih yang dapat terjadi pada trafo. Hasil penghitungan percik arrester dan kenaikan tegangan pada trafo di perlihatkan pada analisis diagram tangga di bawah ini:



Gambar 4. Analisis diagram tangga

Pertama kita harus menentukan adalah waktu pada saat arrester mengalami percikan. Misalkan dulu tidak ada arrester, maka tegangannya:

t = 0	μdet	; e = 0 KV
t = 25	μdet	; e = 111,1 KV
t = 50	μdet	; e = 111,1 KV
t = 75	μdet	; e = 111,1 + 111,1 + 37 = 259,2 KV
t = 100	μdet	; e = 259,2 KV
t = 125	μdet	; e = 259,2 + 37 + 12,3 = 308,5 KV
t = 150	μdet	; e = 308,5 KV
t = 175	μdet	; e = 308,5 + 259,2 + 37 + 12,3 + 4,1 = 621,1 KV
t = 200	μdet	; e = 621,1 KV
t = 225	μdet	; e = 621,1 + 1,4 + 4,1 + 12,3 + 37 + 259,2 = 1243,6 KV
t = 250	μdet	; e = 1243,6 KV

Kecuraman gelombang yang diperoleh dari masing-masing penghitungan berdasarkan waktu terjadinya yang disajikan dalam bentuk tabel adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kecuraman Gelombang

No	Waktu/t(μdet)	Kecuraman Gelombang/ e (dv/dt)
1	0	0
2	25	111,1
3	50	111,1
4	75	259,2
5	100	259,2
6	125	308,5
7	150	308,5
8	175	621,1
9	200	621,1
10	225	1243,6
11	250	1243,6

Berdasarkan tabel 1. dapat diketahui bahwa kecuraman gelombang akan selalu meningkat sebanding dengan kenaikan waktu. Pada waktu tertentu dan kecuraman gelombang tertentu arester akan memercik (*spark over*). Tegangan pada lokasi arester dan waktu untuk mencapainya dapat di peroleh dari analisis diagram tangga, Gambar 4.2. Naik tegangan pada lokasi arester diberikan dalam Gambar 4.3. Sesuai perhitungan waktu arester di bawah ini:

Analisis tegangan percik arrester:

- t = 0 μdet ; e = 0 KV
- t = 25 μdet ; e = 333,3KV
- t = 50 μdet ; e = 333,3KV
- t = 75 μdet ; e = 333,3 + 333,3 = 666,6KV

waktu percik arester (ts0):
 ts0 = 8 + Δt (Hutauruk, 1988: 115)

$$ts0 = \frac{Ea + 2AS/v}{2A} \frac{365,3}{Z}$$

650 = 333,3 + 1,777Δt
 1300 = 666,6 + 657,3Δt
 Δt = 0,96

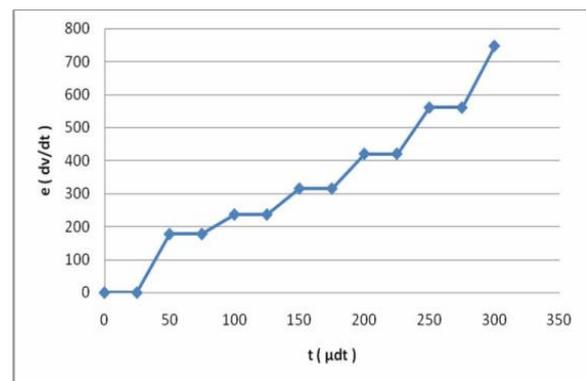
Jadi ts0 = 8 + 0,96 = 8,96 μdet.

- t = 100 μdet : e = 177,7 + 59,2 = 236,9KV
- t = 125 μdet : e = 236,9KV
- t = 150 μdet : e = 236,9 + 78,9 = 315,8KV
- t = 175 μdet : e = 315,8KV
- t = 200 μdet : e = 315,8 + 105,2 = 421KV
- t = 225 μdet : e = 421KV
- t = 250 μdet : e = 421 + 140,2 = 561,2KV

Tabel 2. Naik tegangan pada trafo

NO	Waktu/ t (μdet)	Kecuraman Gelombang/ e (dv/dt)
1	0	0
2	25	0
3	50	177,7
4	75	177,7
5	100	236,9
6	125	236,9
7	150	315,8
8	175	315,8
9	200	421
10	225	421
11	250	561,2
12	275	561,2
13	300	748,1

Atau :



Gambar 5. Grafik naik tegangan pada trafo

Berdasarkan Gambar 5. dapat diketahui bahwa besar tegangan pada trafo juga mengalami penambahan terus berbanding lurus dengan kenaikan atau bertambahnya waktu. Tegangan pelepasannya ditentukan dari perhitungan 4,55 x 138 KV = 627,9 KV, ditambah dengan toleransi 20 % menjadi 753,5 KV lebih tinggi dari BIL yang hendak dilindungi.

Tegangan pada trafo akan mengalami penurunan setelah arester memercik pada waktu 10,21 μdet. Dan karena BIL transformator 715 KV, sedangkan tegangan yang timbul puncaknya sampai 748,1 KV pada 300μdet, maka arester masih mampu melindungi trafo tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan: “Kemampuan Arester untuk Pengaman Trafo pada Gardu Induk Bolangi 150 KV”, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis matematis, jarak pemasangan dari arestertipe X AR 170 A1/ 162 masih mampu melindungi trafo dari gangguan surja petir dan surja hubung dengan tegangan sampai 1000 KV.
2. Berlangsungnya percikan arester masih berada dalam batas aman sesuai dengan analisis matematis.
3. Naik tegangan yang terjadi pada trafo masih berada pada toleransi yang di perbolehkan sebesar 20 % lebih tinggi dari BIL dari trafo, sehingga trafo masih terlindungi oleh arester.

4.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa saran antara lain:

1. Pemasangan arester berdasarkan jaraknya dengan trafo masih dalam batas aman yaitu antara jarak 3 m sampai 9,75m. dan itu merupakan standar yang sudah ditetapkan oleh PLN.
2. Perlu adanya pengujian atau penghitungan dengan teori lain seperti Witzke-Bliss untuk bisa membandingkan hasil penghitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, A. 1993. *Teknik Tenaga Listrik Jilid II*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Arismunandar, A. 2000. *Teknik Tenaga Listrik Jilid I*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Cahyaningsih, Tri. 2005. *Skripsi Arester Sebagai Sistem Pengaman Tegangan Lebih Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 KV*. TE FT UNNES. Semarang.
- Hermagasantos. 1994. *Teknik Tegangan*

Tinggi. PT. Rosda Jayaputra. Jakarta.

- Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- PT. PLN and Laboratory of High Voltage and Current Engineering ITB. 2004. *Lightning Protection and Detection System on Power Transmission and Distribution Lines*. Persero Diklat Semarang. Bandung
- Sinaga, Herman. 1992. *Model Arester SiC Menggunakan model Arester ZnO IEEE WG 3.4.11*. Tersedia di: <http://puslit.petra.ac.id/journals/electrical/>
- Team O & M. 1981. *Operasi dan Memelihara Peralatan*. PLN Pembangkitan Jawa Barat dan Jakarta.
- Tobing, L. Bonggas. 2003. *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- T. S. Hutauruk. 1991. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Erlangga. Jakarta.