

STUDI KINERJA LIGHTNING ARRESTER AKIBAT SAMBARAN PETIR PADA TRAFOMATOR BERKAPASITAS 60 MVA DI GARDU INDUK BUDURAN 150 KV

Ryo Qodrian Setyanto¹⁾, Hadi Tasmono²⁾, Reza Sarwo
Widagdo³⁾, Ratna Hartayu⁴⁾

Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email : ryoqodrian123@gmail.com¹⁾, haditasmono@untag-sby.ac.id²⁾,
rezaswidagdo@untag-sby.ac.id³⁾, rhartayu@untag-sby.ac.id⁴⁾

ABSTRAK

Pusat daya sering dihubungkan ke saluran listrik, yang rentan terhadap gangguan dari sistem eksternal seperti petir. Petir merupakan bahaya bagi bagian-bagian pembangkit listrik. Oleh karena itu, perlindungan terhadap sambaran petir sangat penting agar komponen yang ada di dalam pusat tenaga listrik tidak mengalami kerusakan saat terjadi. Studi ini menjelaskan proteksi daya trafo (60 MVA) di Gardu Induk Buduran untuk melindungi trafo dari tegangan lebih akibat petir. Spesifikasi arester surja tegangan tinggi yang dipasang pada sisi tegangan tinggi transformator II, III, IV dan VI, VI dari Gardu induk Buduran adalah tegangan pengenalan 132kV dan arus luahan 5,06kA untuk memenuhi persyaratan sistem. Jarak maksimum yang diperbolehkan antara arester surja dan keluaran trafo adalah 28,5 meter. Walaupun jarak medan 3,6 dan 8 meter, tegangan ke trafo adalah 480 kV, namun masih lebih rendah dari nilai isolasi dasar trafo, sehingga proteksi trafo terhadap transmisi petir baik.

Kata kunci: *Arus Bocor Resistif, Lightning Arrester, Surja Petir*

ABSTRACT

Power centers are often connected to power lines, which are susceptible to disturbances from external systems such as lightning. Lightning is a hazard to parts of the power plant. Therefore, protection against lightning strikes is essential so that the components inside the power center are not damaged when it occurs. bolt. This study describes transformer power protection (60 MVA) at Buduran substation to protect transformer from overvoltage caused by lightning. The specifications of high-voltage surge arresters installed on the high-voltage side of transformers II, III, IV and VI, VI of substation Buduran are rated voltage 132kV and discharge current 5.06kA to meet system requirements. The maximum allowable distance between the surge arrester and the output of the transformer is 28.5 meters. Although the field distance is 3.6 and 8 meters, the voltage to the transformer is 480 kV, but it is still lower than the basic insulation value of the transformer, so the transformer protection against Lightning transmission is good.

Keywords: Resistive Leakage Current, Lightning Arrester, Lightning Surge

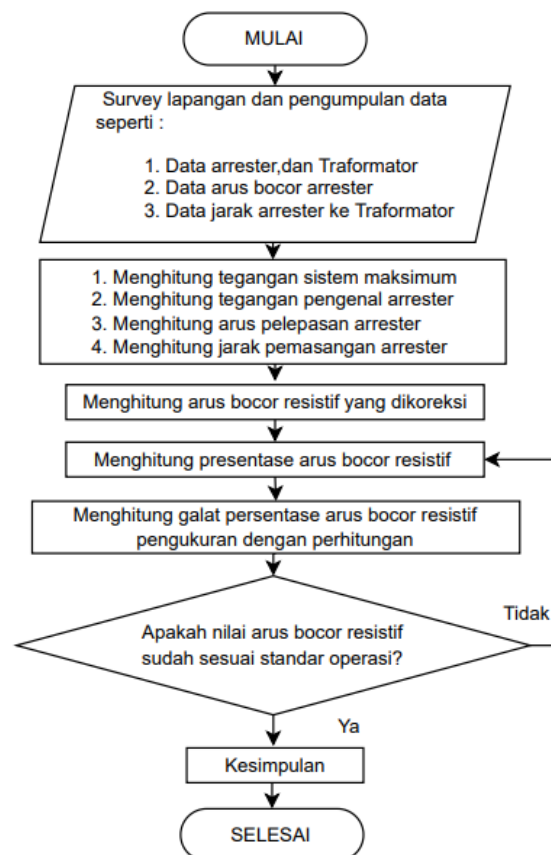
Pendahuluan

Di zaman sekarang ini, dengan berkembangnya teknologi, kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Listrik juga telah menjadi kebutuhan sosial yang penting. Sebagai satu-satunya perusahaan yang bergerak di bidang distribusi listrik di Indonesia, PT harus mampu menjaga ketersediaan listrik di seluruh wilayah. PLN (Persia). Indonesia adalah negara tropis dan memiliki kerapatan petir tahunan yang relatif tinggi. Kepadatan petir di Indonesia adalah 5 hingga 15 sambaran petir per kilometer per tahun. Jika arus cukup tinggi, dapat merusak komponen sistem tenaga listrik, terutama di lingkungan gardu induk. Gangguan petir di gardu induk dapat dibagi menjadi dua area: gelombang berjalan di jalur transmisi dan sambaran petir langsung ke gardu induk. Gelombang yang merambat dari saluran transmisi dapat menyebabkan busur pada perangkat. Di sisi lain, jika gardu induk disambar petir

secara langsung, isolator dan peralatan dengan struktur tiang pancang dapat terbakar kembali. Oleh karena itu gardu induk perlu memiliki sistem proteksi petir. Solusi untuk perjalanan gelombang dari pemancar terletak pada parameter isolasi. Solusi untuk mencegah sambaran petir langsung pada gardu induk adalah dengan membangun tiang penopang peralatan gardu induk dan memasang penangkal petir. Penangkal petir adalah perangkat yang melindungi jaringan listrik terhadap gangguan yang disebabkan oleh petir. Alat ini melindungi sistem bahan bakar dengan cara biasa. Penangkal petir bertindak sebagai isolator, dan jika terjadi lonjakan tegangan, penangkal petir bertindak sebagai konduktor, membawa listrik ke tanah. Setelah tegangan lebih dihentikan, penangkal petir harus segera kembali ke keadaan terisolasi. Arrester petir yang digunakan saat ini adalah *Zinc Oxide (ZnO)*. Penangkal petir seperti itu secara bertahap terdegradasi oleh aksi kerja, listrik atau mekanik. Hal ini menyebabkan arus bocor, terutama pada komponen resistif arrester surja. Elemen *varistor ZnO* dapat memanaskan karena arus bocor resistif. *varistor ZnO* menjadi panas ketika tegangan lebih diterapkan, yang dapat meningkatkan arus bocor resistif dan mengurangi kinerja penangkal petir. Faktor utama yang mempengaruhi arus bocor adalah komponen resistif yaitu temperatur. Jika nilai temperature tinggi semakin tinggi juga nilai arus bocor pada arrester.

Metode

Penelitian ini membutuhkan langkah-langkah kerja tertentu untuk diselesaikan. Langkah-langkah proses ditampilkan pada Gambar 1 di bawah ini. :



Gambar 1. Diagram alir

Data – Data Yang Diperlukan

Adapun data-data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai

berikut:

1. Spesifikasi Transformator, dan Arrester
2. Data arus bocor arrester
3. Jarak arrester terhadap Traformator

Data spesifikasi transormator dan Lightning Arrester dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1.Spesifikasi traformator

Data Traformator Daya	
Merk	UNINDO
Tahun Operasi	15/06/2004
Standard	IEC 60076:1976
Kapasitas	60
Sistem Pendingin	ONAN/ONAF
Tegangan Operasi	150/20
Vector Grub	YNyn0d

Tabel 2.Spesifikasi Lightning Arrester

Data Lightning Arrester	
Merk	TRI DELTA
Type	SBK 150/20,4-1
Standard	IEC 60099-4
Rated Voltage	150 KV
Continuous Operating Voltage	123 KV
Rated Frecuency	48-62 Hz
Vector Grub	YNyn0d
Nominal Discarge current	20 KV
Line Discarge Class	4
Pressure Relife Ratted Current	63 A

Hasil dan Pembahasan

Tegangan Sistem Maksimum

Untuk menghitung nilai tegangan maksimum sistem biasanya digunakan 110% dari tegangan nominal sistem,dapat dilihat dari Persamaan (1) Berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{Max} &= V_{nominal} \times 110\% \\
 V_{Max} &= 150 \text{ KV} \times 1,1 \\
 &= 165 \text{ KV}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Mengacu pada standar PLN dimana tegangan maksimal bisa mencapai 170 kV, tegangan maksimal sistem yang digunakan adalah 170 kV.

Tegangan Pengenal

Pada Sistem saat beroperasi tegangan maksimum tidak lebih dari 1,1 kali tegangan pengenal sistem. Saat memilih arester, faktor pentanahan juga dipertimbangkan, Untuk sistem yang tidak dibumikan, nilai faktor pentanahan adalah 1,0. Untuk sistem pentanahan yang efektif, nilai ini $\leq 0,8$. Untuk peralatan yang tidak diarde secara efektif, nilai faktor pentanahan adalah 0,8 hingga 1,0. Sistem penahanan GI Buduran adalah platform yang efektif. Untuk mendapatkan rating tegangan dari persamaan proteksi petir.

$$Er = a \times \beta \times U \quad (2)$$

Dimana :

$$a = 0,8 \text{ (Keofisien Pembumian)}$$

$$\beta = 1,1 \text{ (Faktor Fluktuatif)}$$

$$Um = 150 \text{ KV (Vnom)}$$

Sehingga

$$Er = a \times \beta \times Um$$

$$= 0,8 \times 1,1 \times 150 \text{ KV}$$

$$= 132 \text{ KV}$$

Berdasarkan hasil di atas, terlihat dari Tabel 3 bahwa nilai tegangan pengenal harus mendekati 132 kV, dan Trafo Gardu Induk Buduran dipasang pada 150 kV.

Tabel 3. Nilai Maksimum Tegangan Lebih Gelombang Petir

Arrester Rating kV	Front steepnes FOW kV/ μ s	10 kA <i>Light-and havy-Duty</i> and 5 kA <i>Serie A</i>	
		Std. kV,peak	FOW.kV , Peak
1	2	3	4
108	870	363	418
120	940	940	463
126	980	420	493
138	1.030	500	577
174	1.160	570	660
186	1.180	610	702
198	1.200	649	746

Arus Pelepasan

Arus pelepasan arester surja Tegangan gelombang datang menggunakan tegangan gelombang petir standar diasumsikan 1000kV dan tegangan kerja proteksi petir adalah 150kV. Nilai resistor arester adalah 6,6 ohm. Jarak antara konduktor dan permukaan bumi adalah 3 meter, makaipedensi surja petir dapat menggunakan persamaan (3) Berikut:

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} (\Omega) \quad (3)$$

setelah ditemukan hasil dari persamaan (3) kemudian memasukkan data dari perhitungan tersebut ke persamaan (4)

$$I_a = \frac{2U_d + U_A}{Z} \quad (4)$$

Arester yang terpasang harus mampu mengalirkan arus sebesar 5068,78 A dan arester surja yang terpasang memiliki tipe arus 20 kA sampai batas arus 63 kA. Semakin besar kapasitas arus pelepasan arester, semakin baik perlindungan arester. Nilai ini sesuai dengan kebutuhan gardu induk tersebut.

Jarak Pemasangan Arrester

Trafo beroperasi pada tegangan 150 kV BIL trafo 650 kV dan arester surja dengan tegangan pelepasan 460 kV dengan kecepatan 300 m/μs. untuk mencari jarak pmasangan arrester GI Buduran Transformator Daya II,III,IV,VI dapat dihitung, menggunakan persamaan (5) berikut :

$$S = \frac{v(E_p + E_a)}{2A} \quad (5)$$

hasil perhitungan diatas mendapatkan jarak maksimum 28,5 meter. jika pemasangan arrester semakin dekat dengan trafo maka pembumian petir ke tanah semakin bagus.. Di gardu induk Buduran Jarak pemasangan Arrester dengan transformator II dengan jarak 6 meter ,traformator III dengan jarak 3 meter,Trafo IV dan VI dengan Jarak 8 meter.

Menghitung Arus Bocor Arrester

Untuk mencari arus bocor dari data pengukuran menggunakan alat (LCM). terlebih dahulu menghitung tegangan sistem dan rasio tegangan pada arester yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) berikut:

$$\text{Tegangan sistem} = \frac{\text{Tegangan sistem fasa}}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

$$\text{Rasio Tegangan} = \frac{\text{Tegangan sistem}}{\text{Tegangan Rating Arrester}} \quad (7)$$

Setelah ditemukan hasil persamaan (6) dan (7), kemudian di masukkan data tersebut ke persamaan (8) sebagai berikut :

$$I_{r_{cor}} = I_r \times FKT \times FKS \quad (8)$$

Tabel 4. Hasil perhitungan arus bocor

Trafo	Tahun	Standart	Fasa	$I_{r_{cor}}$ Perhitungan (μA)	FKT	FKS
II	2019	SKDIR 0520 150 μA	R	48,27	1,8	0,77
			S	24,57	1,8	0,77
			T	43,01	1,8	0,77
III			R	23,90	1,8	0,78
			S	17,63	1,8	0,78
			T	31,12	1,8	0,78
IV			R	75,25	1,8	0,81
			S	34,93	1,8	0,81
			T	47,55	1,8	0,81
VI			R	25,98	1,3	0,79
			S	16,53	1,3	0,79
			T	24,64	1,3	0,79
II	2020	SKDIR 0520 150 μA	R	18,41	1,8	0,71
			S	38,85	1,8	0,71
			T	67,86	1,8	0,71
III			R	52,28	1,8	0,73
			S	44,66	1,8	0,73
			T	48,68	1,8	0,73
IV			R	56,65	1,8	0,71
			S	45,46	1,8	0,71
			T	53,69	1,8	0,71
VI			R	44,69	1,3	0,73
			S	23,81	1,3	0,73
			T	41,37	1,3	0,73

Dari PT. PLN menetapkan standarisasi arus bocor sebesar 150 μA . bisa dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Batas Maksimum Arus Bocor

Tegangan Sistem (kV)	Arus bocor reistif maksimum (μA)
70	100
150	150
500	250

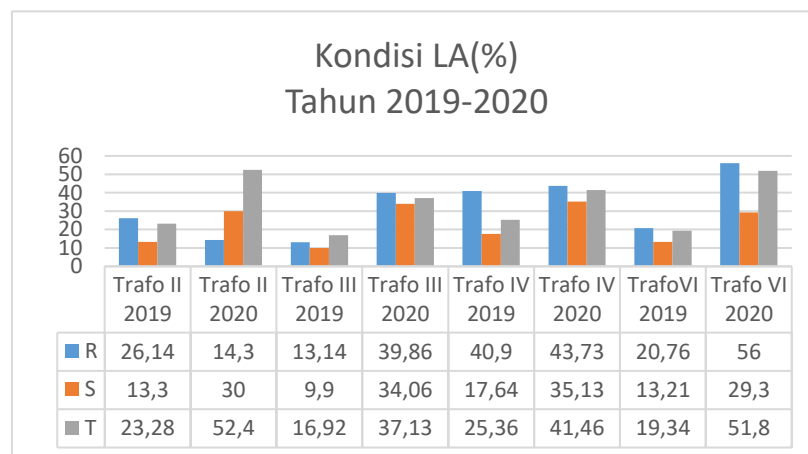
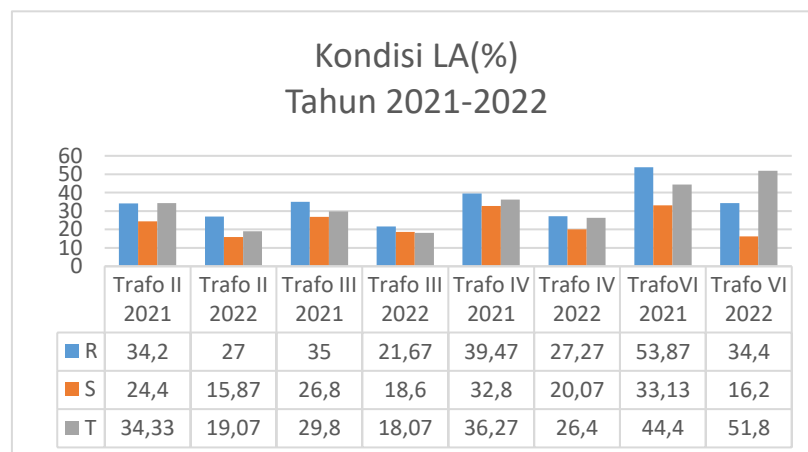
Persentase arus bocor

Untuk mencari persentase arus bocor pada arrester digunakan persamaan (9) Berikut :

$$Kondisi\ Arrester\ \% = \frac{I_{r_{cor}}}{Batasan\ Arus\ Bocor} \times 100\% \quad (9)$$

Tabel 6. Hasil penghitungan arus bocor

Traformator	Rekomendasi	Fasa	Kondisi arrester Pengukuran (%)			
			Tahun			
			2019	2020	2021	2022
II	% dari Ires, Max ≤ 90 91 - 99	R	26,14	14,3	34,20	27,00
		S	13,3	30	24,40	15,87
		T	23,28	52,4	34,33	19,07
III		R	13,14	39,86	35,00	21,67
		S	9,9	34,06	26,80	18,60
		T	16,92	37,13	29,80	18,07
IV		R	40,9	43,73	39,47	27,27
		S	17,64	35,13	32,80	20,07
		T	25,36	41,46	36,27	26,40
VI		R	20,76	5,6	53,87	34,60
		S	13,21	29,3	33,13	16,20
		T	19,34	51,8	44,40	24,07

Tabel 7. Grafik Kondisi LA**Tabel 8.** Grafik Kondisi LA

Tabel 9. Batas Maksimum Arus Bocor

%dari Ires max	Rekomendasi
≤ 90	Ukur LCM Tahunan
91 – 99	Ukur LCM 6 Bulan Kemudian
≥ 100	Penggantian LA

Dari hasil pengukuran kondisi dan perhitungan arus bocor pada stasiun penangkal petir Gardu Induk Buduran, semua kondisi penangkal petir dalam keadaan baik, keadaan penangkal petir $\leq 90\%$ dari tahanan arus maksimum. Oleh karena itu, rekomendasi perawatan yang harus dilakukan untuk arester surja adalah pemeriksaan LCM tahunan.

Galat Presentase arus bocor

Mencari nilai perbandingan penghitungan dan pengukuran menggunakan persamaan (10) Berikut:

$$Galat = \frac{\text{Kondisi Penghitungan} - \text{Kondisi pengukuran}}{\text{Kondisi perhitungan}} \times 100\% \quad (10)$$

Tabel 10. Hasil Galat kondisi penghitungan dan pengukuran

Galat kondisi arrester (%)			
Trafo	Tahun	Fasa	Nilai Galat arrester
II	2019	R	18,76
		S	27,6
		T	18,78
III		R	17
		S	10
		T	18,4
IV		R	18,4
		S	18,5
		T	20
VI		R	16,57
		S	16,59
		T	15
II	2020	R	13
		S	13,6
		T	11
III		R	12,5
		S	12,6
		T	12,6
IV		R	13,6
		S	13,7
		T	13,6
VI		R	44,4
		S	46,73
		T	46,75

Maka hasil dari perhitungan dan pengukuran pada tahun 2019 dan 2020 pada fasa R,S,T pada Trafo II,III,IV,V,dan VI. Mendapatkan presentase sebesar 13%-16,59%.Ini disebabkan oleh nilai arus resistif yang dihitung terdapat perbedaan nilai pengukuran.

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil Analisa dan penghitungan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan persentase (kondisi) arrester Pada Trafo II,III,IV,VI pada gardu induk buduran yaitu berkisar antara 9 – 53% dalam 4 Tahun terakhir. Dimana batasan arus bocor maksimum masih dibawah $\leq 90\%$ yang menandakan arrester masih dalam keadaan baik.
2. hasil perhitungan jarak maksimum pemasangan Arrester 28,5 meter. jika pemasangan arrester semakin dekat dengan trafo maka pembumian petir ke tanah semakin bagus. Di gardu induk Buduran Jarak pemasangan Arrester dengan transformator II dengan jarak 6 meter ,traformator III dengan jarak 3 meter,Trafo IV dan VI dengan Jarak 8 meter. Sehingga untuk proteksi akibat sambaran petir ke trafo masih dalam batas aman.
3. Berdasarkan hasil perhitungan kerja Arrester pada GI Buduran Tegangan pengenalan 132 kV dan Arus Pelepasan 5,06 kA. Arrester yang terpasang pada Gi Buduran kelas arus 20 kA sampai dengan batas arus 63 kA sehingga proteksi akibat sambaran petir pada traformator masih dalam batas aman.

Daftar Pustaka

- R. T. Jurnal, “KAJIAN PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER PADA SISI HV TRANSFORMATOR DAYA UNIT SATU GARDU INDUK TELUK BETUNG,” *energi*, vol. 9, no. 2, pp. 168–179, Nov. 2018, doi: 10.33322/energi.v9i2.42.
- Ramadhani, A., Joko, J., Agung, A., & Wrahatnolo, T. (2023). "Analisis Arus Bocor Resistif Pada Sistem Proteksi Lightning Arrester Bay Kedinding Di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya". *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 12(1), 19-27.
- Ratama, Ahmad Teguh Andika (2019) *Analisa Pengaruh Surja Petir Terhadap Lightning Arrester Pada Gardu Trafo Distribusi Di PT PLN (Persero) ULP Tandes.*,
- I. P. Agus Kumara Putra, I. G. Dyana Arjana, and Cok. G. Indra Partha, “ANALISIS LIGHTNING ARRESTER UNTUK MENGAMANKAN BUSBAR 150 kV TERHADAP GANGGUAN SURJA PADA GIS PECATU,” *SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 63, Jan. 2022, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i04.p8.
- O. J. Sinaga and J. Siburian, “ANALISA ARRESTER TRANSFORMATOR 60 MVA 150 KV / 20 KV DI GARDU INDUK TITI KUNING MEDAN,” vol. 30.
- Rusdjaja. Tatang, Yani. Christi, Tjahja. Indra, Delyuzar, Hartanti. Hesti, Sumaryadi, Munthe. James, dan Tonapa. Jhon H. 2014. Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester (LA). SKDIR 0520-2.K/DIR/2014 Jakarta: PT.PLN (Persero).”