

STUDI ANALISIS ARRESTER TIPE TAHANAN TAK LINIER TERHADAP PROTEKSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 KV PADA GARDU PORTAL DI PT.PLN (PERSERO) RAYON TIMUR KOTA PALANGKARAYA

Yosa Nur Hutama¹, Bambang Dwi Sulo², M. Taqiyyuddin Alawiy³,

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Islam Malang

Email : yosanur.tama@gmail.com

Abstrak

Berdasarkan hasil data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Palangkaraya, unsur iklim jumlah hari guruh pada tahun 2014 sebanyak 144 kali. Proteksi utama terhadap sambaran petir pada jaringan listrik adalah *lightning arrester*. Sebagai rumusan masalahnya yaitu mengenai kehandalan arrester tipe tak linier jenis metal oxide memproteksi peralatan dari surja petir dan bagaimana kerja arrester tipe metal oxide dalam memberikan tingkat perlindungan. Dari penelitian ini, hasil analisa dan perhitungan dari penggunaan arrester dengan rating tegangan 18 kV telah diperoleh hasil analisa sebagai berikut: Tegangan percikan jala-jala 30 kV, arus pelepasan nominal 5 kA, tegangan percikan impuls maksimum 85 kV, tegangan sisa 73 kV, arus pelepasan maksimum 65 kA dengan tegangan dasar 24 kV dan faktor perlindungan sebesar 35,8%. Jadi dalam pemilihan arrester ini sudah tepat untuk memproteksi peralatan listrik pada sistem 20 kV.

Kata Kunci : *Arrester, Kehandalan Arrester, Surja Petir, Isokeraonik Level, Fuse Cut Out, Impedansi Surja.*

PENDAHULUAN

Untuk mencegah terjadinya sambaran petir yang akan menimbulkan tegangan lebih maka setiap pemasangan trafo distribusi 20 kV pada gardu distribusi ini selalu dilengkapi dengan arrester.

Jumlah sambaran petir yang tinggi di daerah Palangkaraya, mengakibatkan Transformator pasangan luar dan peralatan distribusi lainnya yang terpasang pada tiang menjadi sasaran sambaran surja petir. Untuk itu diperlukan perhitungan sistem perlindungan transformator, agar dapat diketahui dengan pasti arrester yang digunakan sudah cukup handal dalam memproteksi peralatan listrik di gardu distribusi jenis portal dari kemungkinan sambaran petir.

LANDASAN TEORI

A. Surja Petir pada Transformator Distribusi

Gelombang surja petir yang terjadi karena adanya petir yang menyambar saluran distribusi atau saluran udara tegangan menengah (SUTM) merambat hingga sampai pada gardu portal.

Gelombang surja petir disebabkan oleh sambaran petir yang mengenai saluran atau kawat dengan dua cara, yaitu:

- 1) Sambaran petir langsung pada kawat,
- 2) Sambaran petir tidak langsung pada kawat (induksi)

B. Arrester Tipe Tahanan Tak Linear Jenis Metal Oxide

Arrester jenis Metal Oxide hanya terdiri dari unit-unit tahanan tak linear yang terhubung satu sama lainnya tanpa memakai sela percik pada setiap unit. Untuk arrester jenis Metal Oxide material tahanan tak linear pada dasarnya keramik yang dibentuk oksida seng (ZnO) dengan penambahan oksida lain. Bahan ini telah banyak dipakai untuk perlindungan rangkaian-rangkaian yang bekerja pada beberapa kV sampai dengan tegangan transmisi. Karena derajat ketidak linearan yang tinggi, bahan ini memungkinkan penyederhanaan dalam desain dan dapat memperbaiki penampilan dalam lingkungan tertentu.



Gambar 1. Bentuk arrester jenis metal oxide



Gambar 2. Konstruksi peletakan arrester pada jaringan distribusi

C. Banyaknya Hari Guruh Pertahun

Hari guruh rata-rata setiap tahun untuk setiap tempat Isokeraonik Level (IKL) yang diterbitkan oleh lembaga meteorologi dan geofisika.

$$N = 0,15 \text{ IKL} \dots \dots \dots (1)$$

D. Tingkat Pengenal Arrester

Tegangan pengenal arrester adalah tegangan saat arrester dapat bekerja sesuai dengan spesifikasinya.

Hal-hal yang ditentukan untuk mengetahui tingkat pengenal arrester, yaitu:

- 1) Tegangan percikan frekuensi jala-jala
 $V_{\text{percikan frekuensi}} = 1,5 \times V_{\text{penangkap petir}} \dots \dots \dots (2)$
- 2) Arus pelepasan nominal
 adalah arus dengan harga puncak dan bentuk gelombang tertentu yang digunakan untuk menentukan kelas dari arrester sesuai dengan kemampuan arus

Tabel 1. Tingkat Isolasi Transformator dan Penangkap Petir

SPESIFIKASI	TEGANGAN NOMINAL SISTEM		
	150 kV	66 kV	20 kV
Tegangan Tertinggi untuk Peralatan	170 kV	72,5 kV	24 kV
Pentanahan Netral	Efektif	Tahanan	Tahanan
Transformator			
Tegangan Pengenal (Sisi Tegangan Tinggi)	150 kV	66 kV	20 kV
Tingkat Isolasi Dasar (TID)	650 kV	325 kV	125 kV
Penangkap Petir			
Tegangan Pengenal	138 kV	75kV	21 kV
	150 kV		24 kV
Arus Pelepasan Nominal	10 kA	10 kA 5 kA	5 kA
Tegangan Pelepasan	460 kV	270 kV	76 kV
	500 kV		87 kV
Tegangan Percikan Denyut Muka Gelombang (MG)	530 kV	310 kV	88 kV
	577 kV		100 kV
Tegangan Percikan Denyut Stadar	460 kV	270 kV	76 kV
	500 kV		87 kV
Kelas	10 kA tugas berat 10 kA tugas ringan	10 kA tugas ringan 5 kA seri A	5 kA seri A

Sumber : SPLN 7, 1978

- 3) Tegangan Percikan Impuls Maksimum
 Merupakan tegangan gelombang impuls tertinggi yang terjadi pada arrester.

Tabel 2. Tegangan Impuls Maksimum

Pengenal Arrester	Front Spepnes F.O.W. *	Arrester 10 KA Jenis Tegangan Berat		5 KA	
		Std** KV Puncak	F.O.W.* KV Puncak	Std** KV Puncak	F.O.W.* KV Puncak
9	75	32,5	38	58	59
10,5	87	38	44	—	—
12	100	43	50	70	73
15	125	54	62	80	83
18	150	65	75	85	91
21	175	76	88	†††	106
24	200	87	100	†††	121
27	225	97	112	†††	133

Sumber : SPLN 7C, 1978

4) Tegangan Sisa (*Residual Voltage*)

Tegangan sisa merupakan tegangan yang timbul pada terminal arrester pada saat arus petir mengalir ke tanah

Tabel 3. Tegangan Sisa

Pengenal Arrester KV Puncak	Arrester 10kV Jenis Tugas Berat dan 5kA Seri A** KV Puncak	5kA Seri B**	2,5 kA	1,5 kA
		kV Puncak	kV Puncak	kV Puncak
9	32,5	46	32,5	
10,5	38	—	38	
12	43	54	43	
15	54	64	54	
18	65	73	65	
21	76	83	76	
24	87	91	87	
27	97	99	97	

Sumber : SPLN 7C, 1978

5) Arus Pelepasan Maksimum (*Maximum Discharge Current*)

Arus pelepasan maksimum adalah arus surja maksimum yang dapat mengalir melalui penangkap petir setelah tembusnya sela api tanpa merusak atau merubah karakteristik dari penangkap petir.

Tabel 4. Arus Pelepasan Maksimum

No.	Kelas Penangkap Petir/ Arus Pelepasan Nominal (ampere)	Harga Puncak Arus Surja (kilo ampere)
1	10.000 Tugas Berat	100
2	10.000 Tugas Ringan	100
3	5.000	65
4	2.5000	25
5	1.5000	10

Sumber : SPLN 7, 1978

E. Tegangan Dasar Arrester

Tegangan dasar arrester dapat ditentukan berdasarkan tegangan sistem maksimum yang mungkin terjadi.

$$E_r = \alpha \beta V_m \dots \dots \dots (3)$$

Biasanya tegangan dasar arrester dipilih antara 0,7–0,85 V_m (termasuk toleransi) untuk sistem dengan pembumih efektif, dan kira-kira 1,2 V_m untuk sistem dengan pengentanan dengan tahanan.

F. Analisa Penentuan Tingkat Pengenal Arrester

Analisa penentuan tingkat pengenal arrester terhadap keamanan transformator dapat ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

a) Impedansi surja

$$z = \sqrt{\frac{L}{C}} = 60 \cdot \ln \frac{2h}{r} \text{ ohm} \dots\dots\dots (4)$$

b) Arus pelepasan dari arrester

$$I_a = \frac{2Ed - Ea}{Z} \dots\dots\dots (5)$$

G. Faktor Perlindungan

Untuk menentukan pemilihan arrester sudah dapat memberikan faktor perlindungan yang baik, maka menggunakan persamaan : [Tobing, 2003, 73]

$$\begin{aligned} TP &= Ea \times 10\% \\ &= Ea \times 1,1 \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

Kemudian diperoleh faktor perlindungan :

$$FP = \frac{TIDtrafo - TP}{TIDtrafo} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

H. Fuse Cut Out (CO)

Dihitung dengan mengantisipasi *inrush current* dari seluruh trafo yang tersambung sesudah pelepasan terpasang. [Wahyudi Sarimun, 2012, 218]

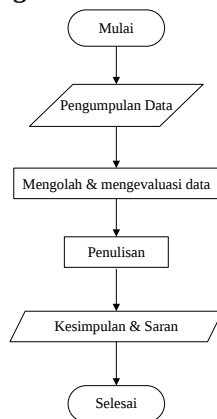
$$I_{n \text{ trafo}} = \frac{KVAtrafo}{\sqrt{3} \times 20} \dots\dots\dots (8)$$

Kemudian menghitung arus fuse :

$$I_{fuse} = 1,1 \times I_{n \text{ trafo}} \dots\dots\dots (9)$$

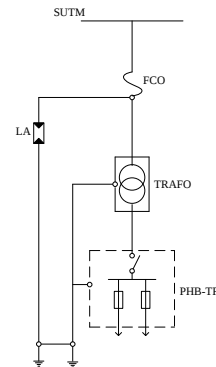
METODE PENELITIAN

A. Langkah-langkah Penelitian



Gambar 3. Diagram alir

B. Single Line Gardu Portal Palangkaraya



Gambar 4. Diagram Garis Gardu Portal

C. Rating transformator

Data transformator pada lapangan diperoleh :

Tabel 5. Data teknis Transformator

Daya Nominal	50 kVA
Tegangan Nominal	20 kV / 400 V
Arus nominal	1,44 A

D. Rating Arrester

Data arrester jenis Metal Oxide pada lapangan diperoleh:

Tabel 6. Data Pengenal Arrester Jenis Metal Oxide

Model/Type	HY05WS-18
Rated Voltage	18 kV
Nom. Discharge Current	05 kA
Freq	50/60 Hz
Ambient Temp	31° C
Standart	IEC 60099-4
Serial No.	A114000111

E. Data Iklim

Data unsur iklim jumlah hari guruh di kota Palangkaraya pada tahun 2014 sebanyak 144 kali.

F. Konduktor

Jenis kawat penghantar yang digunakan yaitu jenis AAAC dengan luas penampang 70 mm². Tinggi rata-rata penghantar diatas tanah adalah 9 meter.

ANALISA

A. Tingkat Pengenal Arrester

Setelah menentukan spesifikasi arrester dengan tegangan nominal 18 kV, diperoleh :

Tabel 7. sumber perhitungan

Tegangan Pengenal (kV)	Tegangan Percikan Frekuensi Jala-jala (kV)	Arus Pelepasan Nominal (kA)	Tegangan Percikan Impuls Maksimum (kV)	Tegangan Sisa (kV)	Arus Pelepasan Maksimum (kA)
18 kV	30 kV	5 kA	85 kV	73 kV	65 kA

B. Tegangan Dasar Arrester

$$Er = 1,2 \times 20 \text{ kV} = 24 \text{ kV}$$

Pada tingkat pengenalan arrester 18 kV ini spesifikasi dari hasil tes uji coba telah diperoleh kemampuan tegangan dasar dari arrester tersebut ialah 24,5 kV ~ 27,5 kV.

C. Analisa Penentuan Tingkat Pengenal Arrester

Langkah-langkah menentukan analisa penentuan tingkat pengenalan arrester terhadap keamanan transformator telah di hitung, dan di tulis dalam tabel .

Tabel 8. Sumber Perhitungan

Luas Penampang (mm ²)	Jari-jari (Ω)	Impedansi Surja (kA)	Arus Pelepasan (kA)
70	35x10 ⁻³	374,57	0,26

Sehingga pemilihan kelas atau yang disebut dengan arus pelepasan nominal yang digunakan pada arrester dengan tingkat pengenalan 18 kV sebesar 5 kA sudah handal untuk digunakan. Menentukan Faktor Perlindungan

Dalam menentukan faktor perlindungan, maka yang pertama dihitung adalah tingkat perlindungan arrester.

$$\text{Tingkat Perlindungan} = 73 \times 1,1 = 80,3 \text{ kV}$$

Kemudian menghitung faktor perlindungannya:

$$FP = \frac{125 - 80,3}{125} \times 100\% \\ = 0,358 \times 100\% = 35,8\%$$

Faktor perlindungan yang diperoleh adalah 35,8 % dari faktor toleransi 20% sehingga pemilihan arrester sudah dapat memberikan faktor perlindungan yang baik.

D. Menentukan Fuse Cut Out Sebagai Pengaman Transformator

$$I_{n \text{ trafo}} = \frac{50}{\sqrt{3} \times 20} \\ = \frac{50}{34,64} = 1,44 \text{ A}$$

Kemudian menghitung arus fuse :

$$I_{\text{fuse}} = 1,1 \times 1,44 = 1,59 \text{ A}$$

Sehingga fuse yang dipilih adalah 2 A.

E. Menentukan Fuse Cut Out Sebagai Pengaman Transformator

$$\text{Jumlah sambaran petir (N)} = 0,15 \times 144 \\ = 21,16 / \text{km}^2 \text{ pertahun}$$

Jadi jumlah sambaran petir yang harus diamankan oleh arus arrester terhadap peralatan di gardu portal Palangkaraya adalah sebesar 21,16 per km² pertahun.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian studi pengaruh arrester tipe tahanan tak linear pada gardu portal Palangkaraya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dalam pemasangan arrester tipe tahanan tak linear pada gardu portal Palangkaraya dengan rating tegangan 18 kV karena nilai pengenalan kerjanya mampu mengamankan dari gangguan petir untuk sistem 20 kV. Sehingga bisa dikatakan bahwa arrester tipe tahanan tak linear jenis metal oxide dalam memproteksi termasuk handal
2. Dari hasil perhitungan faktor perlindungan arrester dengan rating tegangan 18 kV yang digunakan pada gardu portal Palangkaraya sebesar 35,8%. Dari faktor toleransi 20%, pemilihan arrester sudah dapat memberikan faktor perlindungan yang baik.

B. Saran

1. Perlu adanya penelitian pengaruh penempatan arrester terhadap tegangan surja yang terjadi pada trafo dan arrester
2. Perlu adanya penelitian pengaruh penempatan arrester terhadap tegangan surja yang terjadi pada trafo dan arrester

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Artono, dan Susumu Kuwuhara. 2004. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid 3*. Jakarta: Pradnya Paramita
- Hutauruk, T.S. 1988. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Jakarta: Erlangga
- Miftachul Farqi F. 2007. *Studi Perencanaan Perlindungan Peralatan Terhadap Tegangan Lebih Akibat Sambaran Petir Pada Stasiun Pemancar Televisi JTV*
- PT. PLN (Persero). 2010. *Buku 1 Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero)
- Sarimun, Wahyudi. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga listrik edisi pertama*. Depok: Gramond
- SPLN 7. 1978. *Pedoman Pemilihan Tingkat Isolasi Transformator dan Penangkal Petir*.
- SPLN 7C. 1978. *Lightning Arresters*
- Tobing Bonggas L. 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Wibowo, Ihwan Ernanto, Luqman Assaffar, M. Toni Prasetyo. 2009. *Evaluasi Perlindungan Gardu Induk 150 kV Pandean Lamper di Trafo III 60 MVA Terhadap Gangguan Surja Petir*.