

KOMBINASI LA DAN FCO SEBAGAI PENGAMAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) AREA BALI SELATAN

I Putu Adi Sumastra¹, I Gede Dyana Arjana², I Wayan Rinas³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

JL. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

³Email : adisumastra1057@gmail.com , dyanaarjana@ee.unud.ac.id , rinas@unud.ac.id

ABSTRAK

Jaringan distribusi 20 Kv pada dewa ruci memiliki 61 gardu distribusi menggunakan jaringan SUTM dengan penghantar AAAC 1 x 150 mm², karena penempatan gardu distribusi berada di alam terbuka sering terjadi gangguan surja petir dan beban lebih yang mengakibatkan transformator rusak, transformator memerlukan perlindungan terhadap gangguan maka dipilih penempatan LA sebelum dan sesudah FCO untuk mengamankan transformator dari gangguan surja petir dengan cepat rambat gelombang 4/10 us. Penempatan LA sebelum FCO dengan jarak 2 meter dari transformator terjadi kenaikan tegangan 89,3515748 kV dengan tegangan kerja LA 87 kV untuk faktor perlindungan LA sebesar 95,7 kV kemungkinan LA gagal mengamankan transformator. Penempatan LA sesudah FCO dengan jarak 0,3 meter dari transformator terjadi kenaikan tegangan sebesar 13,40273622 kV masih berada pada tegangan kerja dan faktor perlindungan LA sehingga transformator masih aman.

Kata Kunci : *Lightning Arrester, Fuse Cut Out, Gangguan Arus, Gangguan Surja*

ABSTRACT

The 20 Kv distribution network at Dewa Ruci has 61 distribution substations using the SUTM network with AAAC conductors 1 x 150 mm², because distribution substations are placed in the open, lightning surge disturbances and overloads that result in damaged transformers, transformers need protection against disturbances, so selected LA placement before and after FCO to protect the transformer from lightning surge interference with a fast 4/10 us wave propagation. Placement of LA before the FCO with a distance of 2 meters from the transformer there is a voltage increase of 89.3515748 kV with a working voltage of LA 87 kV for a LA protection factor of 95.7 kV, the possibility of LA failing to secure the transformer. Placement of LA after FCO with a distance of 0.3 meters from the transformer there is a voltage increase of 13.40273622 kV still at the working voltage and LA protection factor so that the transformer is still safe.

Keywords: *Lightning Arrester, Fuse Cut Out, Current Disturbance, Surge Interruption*

1. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan mempunyai gardu distribusi yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik kepada konsumen tegangan rendah. Sehingga gardu distribusi sangat penting untuk keamanannya, gardu distribusi

mempunyai komponen transformator yang berfungsi sebagai menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Untuk memproteksi transformator distribusi dari gangguan maka dipasang komponen LA dan FCO sebagai pengaman transformator terhadap gangguan surja dan gangguan arus, letak kombinasi

pemasangan LA dan FCO seperti LA lebih dahulu dari FCO atau FCO lebih dahulu dari LA. sebagai pengaman transformator distribusi jika terjadi lonjakan tegangan lebih akibat sambaran petir. Sedangkan FCO untuk mengamankan jika terjadinya arus hubung singkat atau beban lebih pada gardu distribusi

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tenaga Listrik

Tenaga listrik merupakan suatu sistem yang disalurkan pada jaringan transmisi dan distribusi, sehingga dapat menjadi sekumpulan pusat tenaga listrik seperti PLTA, PLTU dan PLTG. Setelah melalui proses pengolahan kemudian energi listrik disalurkan ke sistem transmisi dan distribusi supaya bisa digunakan oleh pelanggan PLN.

2.2 SUTM

SUTM merupakan jaringan distribusi bertegangan 20 kV yang menggunakan penopang tiang beton 13 m dengan menggunakan penghantar berisolasi AAAC/AAACS. Untuk pemasangannya harus diperhatikan faktor keselamatannya karena rentan terhadap sambaran petir dan sentuhan ranting pohon yang menyebabkan saluran tersebut padam

2.3 Konfigurasi Jaringan Distribusi

Konfigurasi jaringan distribusi merupakan suatu jaringan yang dapat dihubungkan ke jaringan lain, sehingga dapat memudahkan melakukan perawatan dan penggantian peralatan yang rusak supaya tidak menimbulkan dampak pemadaman. Ada empat jaringan distribusi yang berbentuk sistem Konfigurasi yaitu :

1. Sistem *Radial*
2. Sistem *Ring/Loop*
3. Sistem *Spindle*
4. Sistem *Mesh*

2.4 Gangguan Pada Jaringan Distrubusi

Jaringan distribusi 20 kV merupakan sistem distribusi yang rentan terhadap gangguan interal dan eksternal karena posisi jaringan tersebut berada diatas. Gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi 20 kV adalah :

1. Gangguan Internal

- a. Terjadi kerusakan pada transformator karena penuaan peralatan yang menyebabkan tegangan drop.

2. Gangguan Eksternal

- a. Terjadinya sambaran petir pada jaringan distribusi sehingga transformator rusak.
- b. Penghantar jaringan distribusi terkena ranting pohon yang menyebabkan Konsleting.

2.5 Pencegahan Gangguan

Cara untuk mencegah terjadinya gangguan supaya bisa meminimalisir terjadinya kerusakan peralatan dan ulah manusia / tersentuh dahan pohon bisa dicegah dengan 5 cara sebagai berikut :

1. Cara yang ditempuh mengurangi Terjadinya Gangguan :
 - a. Menggunakan isolasi yang baik untuk gardu transformator distribusi.
 - b. Memasang *ground*/pentanahan yang baik pada tiang beton.
 - c. Memasang pelindung perisai binatang supaya tidak terjadi gangguan sentuh akibat binatang.
 - d. Memasang LA untuk melindungi gardu transformator distribusi terhadap petir
 - e. Memasang FCO untuk melindungi gardu transformator distribusi terhadap arus lebih.

2.6 FCO

a) Pengertian FCO

FCO adalah pengaman yang mengamankan gardu distribusi dari gangguan tegangan lebih dan beban lebih dengan cara kerja memutuskan *fuse link* yang berada pada tabung FCO. Untuk *fuse link* yang digunakan tergantung pada wilayah dan besarnya KVA transformator untuk mendapatkan berapa amper *fuse link* yang digunakan. Pemasangan FCO dapat digunakan pada jaringan sebagai berikut :

- a. Digunakan untuk jaringan SUTM dan proteksi transformator
- b. Dapat Digunakan untuk penjumlahan pada jaringan distribusi sebagai peralatan untuk memadamkan jaringan Ketika terjadi perbaikan gardu, penyambungan kabel SUTM dan pemeliharaan.
- c. Dipasang pada jaringan distribusi dengan kapasitas perhitungangangguan.

b) Klasifikasi FCO

FCO yang digunakan pada SUTM dapat dibedakan menjadi 2 tipe yaitu :

a) FCO Distribusi

Fuse TM (Power Fuse) yang disebut fuse pembatas arus

.KAJIAN PUSTAKA

2.7 Tenaga Listrik

Tenaga listrik merupakan suatu sistem yang disalurkan pada jaringan transmisi dan distribusi, sehingga dapat menjadi sekumpulan pusat tenaga listrik seperti PLTA, PLTU dan PLTG. Setelah melalui proses pengolahan kemudian energi listrik disalurkan ke sistem transmisi dan distribusi supaya bisa digunakan oleh pelanggan PLN.

2.8 SUTM

SUTM merupakan jaringan distribusi bertegangan 20 kV yang menggunakan penopang tiang beton 13 m dengan menggunakan penghantar berisolasi AAAC/AAACS. Untuk pemasangannya harus diperhatikan faktor keselamatannya karena rentan terhadap sambaran petir dan sentuhan ranting pohon yang menyebabkan saluran tersebut padam

2.9 Konfigurasi Jaringan Distribusi

Konfigurasi jaringan distribusi merupakan suatu jaringan yang dapat dihubungkan ke jaringan lain, sehingga dapat memudahkan melakukan perawatan dan penggantian peralatan yang rusak supaya tidak menimbulkan dampak pemadaman. Ada empat jaringan distribusi yang berbentuk sistem Konfigurasi yaitu :

5. Sistem *Radial*
6. Sistem *Ring/Loop*
7. Sistem *Spindle*
8. Sistem *Mesh*

2.10 Gangguan Pada Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi 20 kV merupakan sistem distribusi yang rentan terhadap gangguan internal dan eksternal karena posisi jaringan tersebut berada diatas. Gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi 20 kV adalah :

3. Gangguan Internal

- a. Terjadi kerusakan pada transformator karena penuaan peralatan yang menyebabkan tegangan drop.

4. Gangguan Eksternal

- c. Terjadinya sambaran petir pada jaringan distribusi sehingga transformator rusak.
- d. Penghantar jaringan distribusi terkena

ranting pohon yang menyebabkan Konsleting.

2.11 Pencegahan Gangguan

Cara untuk mencegah terjadinya gangguan supaya bisa meminimalisir terjadinya kerusakan peralatan dan ulah manusia / tersentuh dahan pohon bisa dicegah dengan 5 cara sebagai berikut :

2. Cara yang ditempuh mengurangi Terjadinya Gangguan :

- f. Menggunakan isolasi yang baik untuk gardu transformator distribusi.
- g. Memasang *ground*/pentanahan yang baik pada tiang beton.
- h. Memasang pelindung perisai binatang supaya tidak terjadi gangguan sentuh akibat binatang.
- i. Memasang LA untuk melindungi gardu transformator distribusi terhadap petir
- j. Memasang FCO untuk melindungi gardu transformator distribusi terhadap arus lebih.

2.12 FCO

a) Pengertian FCO

FCO adalah pengaman yang mengamankan gardu distribusi dari gangguan tegangan lebih dan beban lebih dengan cara kerja memutuskan *fuse link* yang berada pada tabung FCO. Untuk *fuse link* yang digunakan tergantung pada wilayah dan besarnya KVA transformator untuk mendapatkan berapa amper *fuse link* yang digunakan. Pemasangan FCO dapat digunakan pada jaringan sebagai berikut :

- d. Digunakan untuk jaringan SUTM dan proteksi transformator
- e. Dapat Digunakan untuk penjumlahan pada jaringan distribusi sebagai peralatan untuk memadamkan jaringan Ketika terjadi perbaikan gardu, penyambungan kabel SUTM dan pemeliharaan.
- f. Dipasang pada jaringan distribusi dengan kapasitas perhitungan gangguan.

b) Klasifikasi FCO

FCO yang digunakan pada SUTM dapat dibedakan menjadi 2 tipe yaitu :

- b) *FCO* Distribusi
- c) *Fuse* TM (*Power Fuse*) yang disebut fuse pembatas arus

2.13 LA

LA adalah peralatan yang digunakan untuk mengamankan transformator dari gangguan tegangan lebih akibat surja petir dengan cara kerja LA yang berfungsi untuk memotong tegangan surja petir dan disalurkan ke pentanahan LA, sehingga gelombang yang tersisa masuk ke saluran atau peralatan diharapkan sesuai dengan tegangan nominal.

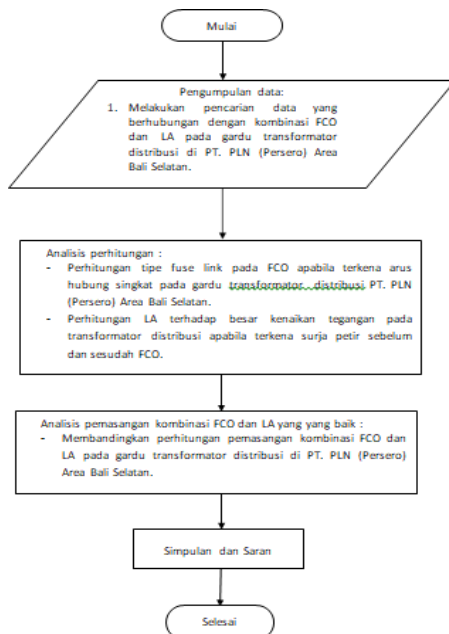
2.14 Analisa Kerja LA

Analisa kerja LA untuk surja petir yang menyambar dapat menimbulkan gelombang impuls dengan cepat rambatan gelombang surja terdiri dari surja tegangan dan surja arus, dengan kecepatan gelombang tergantung pada konstanta kawat penghantar dan bisa terjadi kenaikan tegangan pada titik peralihan ke tanah jika gelombang impuls tidak bisa di potong oleh LA.

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Analisis Data

Penelitian ini dilakukan di lab distribusi dan transmisi PST elektro bukit, Jimbaran. Waktu penelitian dilakukan dari bulan agustus 2020. Tahap - tahap analisis data dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Alur Analisa

4. PEMBAHASAN

4.1 Penyulang dewa ruci

Penyulang dewa ruci adalah jaringan distribusi yang menggunakan 61 gardu distribusi. Karena pada jaringan SUTM berada di tempat yang tinggi dan bisa mendapatkan gangguan alam. Karena penyulang dewa ruci rentan terhadap gangguan dari alam maka diperlukan keandalan yang tinggi supaya gangguan bisa diatasi, gangguan yang terjadi pada jaringan SUTM yaitu gangguan hubung singkat dan tegangan lebih.

Supaya keandalan sistem tenaga listrik untuk mengamankan gardu distribusi dari gangguan internal dan eksternal, maka dipasang LA dan FCO dengan letak kombinasi pemasangan dari sistem pengaman gardu distribusi di penyulang dewa ruci.

4.2 Pemasangan Kombinasi LA sebelum FCO



Gambar 2. Kontruksi Pemasangan LA sebelum FCO

Gambar 2 apabila terjadi sambaran petir pada saluran, maka terjadi tegangan surja/impuls yang tinggi di saluran, apabila LA tidak mampu memotong gelombang surja tersebut kemungkinan transformator dan peralatan rusak akibat melebihi TID peralatan yang ada.

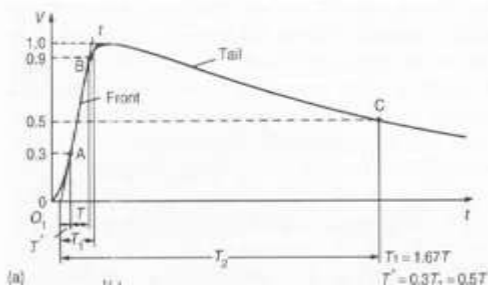
4.3 Pemasangan Kombinasi LA Sesudah FCO



Gambar 3. Kontruksi Pemasangan LA Sesudah FCO

Gambar 3 ketika gelombang surja menuju LA akan terjadi arus yang tersisa, sehingga arus yang tersisa menjadi lebih kecil yang masuk ke transformator. Dengan cara memasang kabel arde yang ada di LA kemudian disambungkan ke tanah, jika arus surja petir dibawah TID transformator maka transformator aman dari tegangan impuls akibat surja petir.

4.4 Gelombang Impuls Petir



Gambar 4. Bentuk Gelombang Impuls Petir

LA harus sudah memotong gelombang minimum 0,3 pu dan maksimum 0,5 pu, apabila LA bekerja melebihi 0,5 pu dengan cepat rambat gelombang 4 / 10 μ s maka kemungkinan LA gagal memotong gelombang tersebut, sehingga gelombang akan merambat ke SUTM dan peralatan gardu distribusi.

4.4.1 Perhitungan Pengaruh Posisi LA Terhadap Kenaikan Tegangan Pada Transformator Distribusi

perhitungan diatas diperoleh besar kenaikan tegangan yang dialami Transformator distribusi dengan jarak pemasangan LA 2 m dan 0,3 m dari transformator sebagai berikut :

a. Perhitungan Jarak LA 2 Meter

$$V_{up\ max} = L \frac{di}{dt} = 0,4 \cdot 2,718 \frac{50,1}{4} = 13,61718\ \text{kV/ft} = 44,6757874\ \text{kV/m},$$

dimana 1 ft = 0,3048 m

Jarak pemasangan LA 2 m dari Transformator distribusi, maka kenaikan tegangan pada trafo distribusi adalah :

$$= 44,6757874 \times 2 = 89,3515748\ \text{kV}$$

b. Perhitungan Jarak LA 0,3 Meter

$$V_{up\ max} = L \frac{di}{dt} = 0,4 \cdot 2,718 \frac{50,1}{4} = 13,61718\ \text{kV/ft} = 44,6757874\ \text{kV/m},$$

dimana 1 ft = 0,3048 m

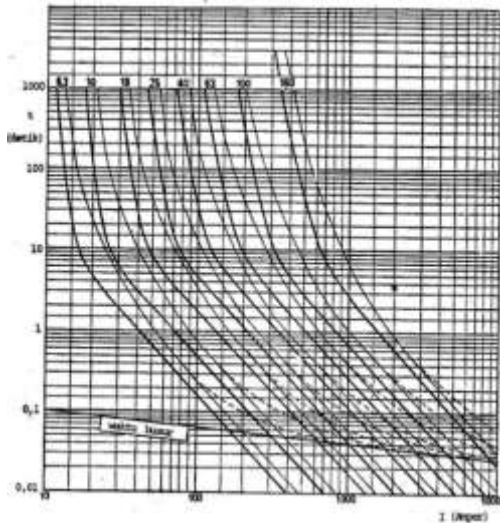
Jarak pemasangan LA 0,3 m dari Transformator distribusi, maka kenaikan tegangan pada trafo distribusi adalah :

$$= 44,6757874 \times 0,3 = 13,40247622\ \text{kV}$$

Tabel 1 : Pengaruh Posisi LA Terhadap Kenaikan Tegangan dengan Kecepatan Gelombang 4 / 10 μ s dan 8 / 20 μ s

Arus Surja (kA)	Kecepatan Gelombang (μ s)	$V_{up\ max}$ (kV/m)	Panjang jarak LA (m)	Kenaikan Tegangan (kV)
50,1	4/10	44,6757874	2	89,3515748
		44,6757874	1,5	67,0136811
		44,6757874	1	44,6757874
		44,6757874	0,5	22,3378937
		44,6757874	0,3	13,40273622
39,8	8/20	35,49094488	2	70,98188976
		35,49094488	1,5	53,23641732
		35,49094488	1	35,49094488
		35,49094488	0,5	17,74547244
		35,49094488	0,3	10,64728346

4.4.2 Karakteristik Fuse Link Tipe K

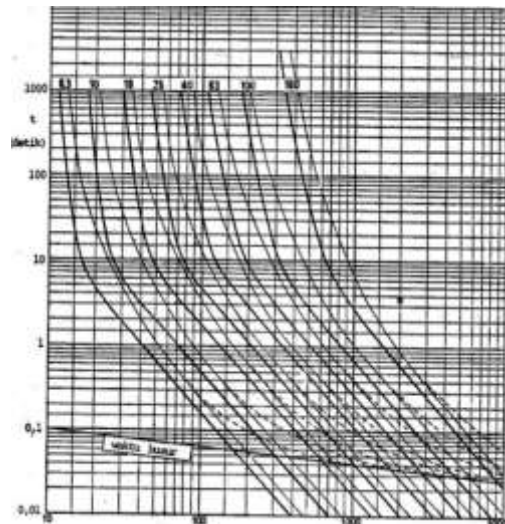


Gambar 5 Karakteristik Fuse Link Tipe K

Karakteristik fuse link tipe K adalah pengaman lebur dengan tipe cepat karena dengan lama waktu pemutsnya tergantung pada arus yang mengalir. Pada fuse link tipe K perbedaan kurva berdasarkan arus leleh minimum arus dan maksimum pada 300-600 detik, untuk kurva karakteristik fuse link tipe K dengan standar rasio kecepatan 6-8 detik

4.4.3 Karakteristik Fuse Link Tipe T

Gambar 6. Kurva Karakteristik Tipe T



Kurva karakteristik fuse link tipe T saat terjadi gangguan arus lebih dengan arus minimum dan maksimum 300-600 detik dengan hasil lamanya gangguan arus lebih minimum 50 detik dan maksimum 60 detik

dengan rasio kecepatan pemutus 12,7 detik, ketika arus gangguan yang dilewati fuse link melebihi batas kemampuannya maka fuse link akan putus .

4.4.4 Perbandingan Besaran Arus Gangguan Hubung Singkat



Gambar 7. Grafik Hubungan Arus Hubung Singkat Dengan Panjang Saluran

Grafik gambar diatas berdasarkan perhitungan jika terjadi gangguan pada panjang saluran 80 meter dari posisi transformator distribusi, maka perhitungan arus hubung singkat yang didapat sebesar 21.990 A tidak melebihi batas minimum 20.000 A dan batas maksimum 30.000 A.

4.4.5 Data Hasil Perhitungan Gangguan Hubung Singkat dan Overload

Berdasarkan perhitungan yang sudah didapat, kali ini pada tabel dibawah akan membahas kapasitas transformator yang digunakan pada sistem gardu distribusi dengan membandingkan besaran arus hubung singkat dan beban lebih. Data - data perbandingan perhitungan sebagai berikut :

4.4.6 Arus Pengenal Ip (Sisi Primer) Transformator 160 KVA

Arus Pengenal sisi primer transformator 160 KVA dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{S}{\sqrt{3} \cdot kV} \\
 &= \frac{160}{1.732 \times 20} \\
 &= 4.61 \text{ A}
 \end{aligned}$$

4.4.7 Arus Pengenal Is (Sisi Sekunder) Transformator 160 KVA

Arus pengenal sisi sekunder transformator 160 KVA dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$I_s = \frac{s}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$= \frac{160.000}{1.732 \times 380}$$

$$= 243.16 \text{ A}$$

4.4.8 Arus Fasa Transformator 160 KVA

Besar arus transformator 160 KVA, adalah :

$$I_n \text{ trafo} = \frac{KVA \text{ trafo}}{20/\sqrt{3}}$$

$$= \frac{160}{20/\sqrt{3}} = \frac{160 \times 1,73}{20}$$

$$= 13,84 \text{ A}$$

Jadi In transformator dengan daya 160 KVA sebesar 13,84 A

4.4.9 Rating Arus Fuse link pada FCO

Besar In transformator yang sudah dihitung adalah 13,84 A. Besarnya rating arus fuse link yang bisa digunakan sebagai pengaman jaringan dan transformator dengan faktor perlindungan 1,1 s/d 1,2 x In transformator. Besar rating arus fuse link adalah sebagai berikut :

$$I_n \text{ trafo} = 13,84 \text{ A}$$

$$\text{Rating Arus} = 1,1 \times I_n$$

$$= 1,1 \times 13,84$$

$$= 15.2 \text{ A}$$

Perhitungan fuse link yang didapat 15.2 A, karena fuse link yang ada di pabrikan tidak sebesar 15.2 A yang digunakan adalah 15 A

4.4.10 Gangguan Overload Pada Transformator 160 KVA

Besar gangguan overload pada transformator 160 KVA sebagai berikut :

$$I_{fL} = \frac{s}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$= \frac{160.000}{1.732 \times 400}$$

$$= \frac{160.000}{692}$$

$$= 23.121 \text{ A}$$

Jadi menurut perhitungan yang diperoleh maka transformator masih bisa bekerja dengan nilai 23,121 A.

4.4.11 Gangguan Hubung Singkat Pada Jarak 80 Meter

Perhitungan gangguan hubung singkat yang akan dihitung adalah gangguan

hubung singkat fasa-fasa pada jarak 80 meter dari transformator :

$$I_{sc} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot R}$$

besar hubung singkat yang terjadi pada jarak 80 meter

$$= 0,0432 \Omega$$

$$I_{hs \text{ ff}} = \frac{1,1 \times \sqrt{3}}{2 \times 0,0432} = \frac{2,07}{0,0864}$$

$$= 21.990 \text{ A}$$

Hasil gangguan hubung singkat dari fasa-fasa pada jarak gangguan 80 meter dari transformator adalah 21,990 A

Tabel 2 : Pengaruh Perbandingan Transformator Dari Gangguan Hubung Singkat dan Beban Lebih

Terd. KVA	Terd.		Jarak Fasa	Tegangan Fasa FCO	Id	Fasa Link Fasa	In	Jarak Gang	Peningg. LA 2m	Peningg. LA 11m
	ip	is								
160	20A	20,84A	100A	95,6	1440A	0A	13,84A	10,11A	89,351748	13,40273622
160	40A	20,84A	100A	95,6	1440A	15A	13,84A	10,11A	89,351748	13,40273622
160	17A	20,84A	100A	95,6	1440A	0A	13,84A	10,11A	89,351748	13,40273622
160	71A	20,84A	100A	95,6	1440A	15A	13,84A	10,11A	89,351748	13,40273622

Berdasarkan perhitungan di atas, dari kapasitas transformator yang digunakan sebesar 160 KVA, dengan perolehan perhitungan penggunaan fuse link 15 A dengan kenaikan tegangan pada jarak LA 2 meter sebesar 89.3515748 kV dan jarak 0.3 meter sebesar 13.40273622 kV dari transformator

4.5 Analisa Pemasangan LA Sebelum dan Sesudah FCO

1. Pemasangan LA Sebelum dan Sesudah FCO

LA dengan rating 24 kV mempunyai tegangan pengenal sebesar 13 kV. Jika penempatan LA 2 meter dan posisi transformator dengan TID (Tegangan Isolasi Dasar) 125 kV, SUTM terkena gangguan surja petir dengan cepat rambat gelombang 4/10 μs terjadi kenaikan tegangan sebesar 89,3515748 kV. Dengan faktor perlindungan LA 95,7 kV kemungkinan besar LA gagal mengamankan transformator, karena kenaikan tegangan melebihi tegangan kerja LA yaitu 87 kV. Penempatan LA dengan jarak 0,3 meter dari transformator terjadi kenaikan tegangan 13,40273622 kV

2. Pemilihan Fuse Link FCO

Pemilihan *fuse link* FCO pada transformator 160 KVA didapat arus fasa transformator 13,84 A dengan arus gangguan overload 23.121 A dan gangguan hubung singkat 23.958 A pada perhitungan faktor perlindungan ($13,84 \times 1,1$) = 15,2 A. Menggunakan *fuse link* FCO sebesar 15 A sesuai dengan yang ada di pasaran karena dapat memutus gangguan *over load* dan gangguan hubung singkat. Dengan Pemilihan standar karakteristik Tipe K (kerja Cepat) dengan rasio kecepatan pemutus 6-8 detik dan karakteristik *fuse link* tipe T (kerja lambat) memiliki rasio kecepatan pemutus 10-13 detik sehingga transformator masih aman.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pemasangan LA sebelum dan sesudah FCO sebagai pengaman transformator distribusi dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. LA dengan radding 24 kV pada jarak pemasangan 2 meter dari transformator. Bila SUTM terkena gangguan yang diakibatkan oleh surja petir dengan cepat rambat gelombang $4/10 \mu s$ mengalami kenaikan tegangan 89,3515748 kV dengan tegangan kerja LA 87 kV untuk faktor perlindungan LA sebesar 95,7 kV kemungkinan LA gagal mengamankan transformator. pemasangan LA dengan jarak 0,3 meter dari transformator terjadi kenaikan tegangan sebesar 13,40273622 kV masih berada pada tegangan kerja dan faktor perlindungan LA sehingga transformator masih aman.

2. Pemilihan *fuse link* FCO pada transformator 160 KVA didapat arus fasa transformator 13,84 A terjadi arus gangguan *overload* 23.121 A dan gangguan hubung singkat 23.958 A dengan pemasangan *fuse link* FCO sebesar 15 A. menggunakan karakteristik *fuse link* tipe K (Kerja Cepat), karena dapat memutus gangguan *over load* dan hubung singkat dengan rasio kecepatan pemutus 6-8 detik dan karakteristik *fuse link* tipe T (kerja lambat) memiliki rasio kecepatan pemutus 10-13 detik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A.N Afandi, 2015 "Sistem Transmisi dan Distribusi" Buku, Yogyakarta

- [2] PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010 " Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik " Kelompok Kerja Standar Kontruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik Dan Pusat Penelitian Sains Teknologi Universitas Indonesia.
- [3] Daman Suswanto, 2009 " Sistem Distribusi Tenaga Listrik " Buku, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- [4] I Kadek Agus Yodha Bhaskara, 2019 " Analisa Kegagalan *Lightning Arrester* Pada Penyulang Suluhan Bangli " Jurnal Spektrum Vol. 6 , Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [5] I Putu Arya Suardika, 2018 " Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20 kV Untuk Mengurangi Rugi – Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Pengulang Abang " Jurnal Spektrum Vol. 5, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [6] Ida Bagus Agastya, 2014 " Studi Pengaruh Relokasi *Lightning Arrester* Terhadap Kenaikan Tegangan Trafo Distribusi Di Penyulang Wibrata Gianyar Akibat Surja Petir " Skripsi, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [7] Imam Maftukhin, 2018 " Karakteristik Arus Waktu Serabut Kabel Sebagai Pengaman Lebur " Skripsi, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
- [8] I Putu Weda Jayanthana, 2020 " Analisa Penempatan *Lightning Arrester* Pada *Cable Head* Sebagai Pengaman Transformator GIS Bandara Ngurah Rai " Jurnal Spektrum Vol. 7, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [9] Temi Timotius D Ngedi, 2017 " Studi Penentuan *Fuse Link* Sebagai Pengaman Percabangan Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di PT. PLN (Persero) Area Kupang Rayon Oesao " Jurusan Teknik Elektro Universitas Nusa Cendana.
- [10] Yusmartato, Ramayulis, Armansyah, 2019 " Pemilihan *Fuse Cut Out* Untuk Pengaman Transformator Distribusi 400 KVA " Jurnal Vol. 4, Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas

Islam Sumatera Utara.