

# Analisa Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Pada Gardu Trafo Distribusi 20 kV Di PLTD PT.PLN (PERSERO) Tahuna Cabang Melonguane

Victor Bawalo, Lily S. Patras, Glanny M. Ch. Mangindaan

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : victorbawalo04@gmail.com, patraslilys48@gmail.com, glanny\_m@unsrat.ac.id

## Abstrak

Sistem tenaga listrik terdiri atas beberapa pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder kemudian ke beban. Ada beberapa level tegangan yang di terapkan Dalam suatu pembangkit, mulai dari pembangkit dinaikkan untuk ditransmisikan kemudian tegangan diturunkan untuk disalurkan kekonsumen. Untuk menaikkan dan menurunkan tegangan pada suatu sistem maka digunakanlah transformator.

Transformator atau yang sering disebut dengan trafo merupakan salah satu alternatif penting dalam penyaluran energi listrik kekonsumen yang perlu dilindungi atau diproteksi dengan salah satu alat adalah arrester dari gangguan yang di sebabkan oleh petir.

Analisa arrester ini bertujuan untuktuk meningkatkan fungsi atau kinerja arrester dalam melindungi alat-alat listrik dari bahaya yang ditimbulkan oleh petir, lebih khususnya transformator. Dengan meninjau penempatan jarak optimum dari arrester dengan transformator agar supaya peralatan listrik dalah hal ini transformator dapat terhindar dari bahaya sambaran petir.

**Kata Kunci: Arrester, Tegangan Pengenal, Jarak Arrester dari Trafo, Kecuraman Gelombang**

## Abstract

*The electric power system consists of several generators, transmission systems, primary distribution systems and secondary distribution systems then to the load. There are several voltage levels that are applied in a generator, starting from the generator being raised to be transmitted then the voltage is lowered to be distributed to consumers. To increase and decrease the voltage in a system, a transformer is used.*

*Transformers or often referred to as transformers are one of the important alternatives in the distribution of electrical energy to consumers who need to be*

*protected or protected with one of the tools, namely arresters from disturbances caused by lightning. This arrester analysis aims to improve the function or performance of the arrester in protecting electrical equipment from the dangers caused by lightning, especially transformers. By reviewing the placement of the optimum distance from the arrester to the transformer so that electrical equipment in this case the transformer can be avoided from the danger of lightning strikes.*

**Keywords: Arrester, Rated Voltage, Arrester Distance from Transformer, Slope Steep**

## BAB I. Pendahuluan

Sistem tenaga listrik terdiri atas beberapa pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder kemudian ke beban. Ada beberapa level tegangan yang di terapkan Dalam suatu pembangkit, mulai dari pembangkit dinaikkan untuk ditransmisikan kemudian tegangan diturunkan untuk disalurkan kekonsumen. Untuk menaikkan dan menurunkan tegangan pada suatu sistem maka digunakanlah transformator.

Transformator atau yang sering disebut dengan trafo merupakan salah satu alternatif penting dalam penyaluran energi listrik kekonsumen yang perlu dilindungi atau diproteksi dengan salah satu alat adalah arrester dari gangguan yang di sebabkan oleh petir. Gangguan listrik pada gardu trafo distribusi dapat disebabkan oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal seperti kurang baiknya peralatan itu sendiri sedangkan faktor eksternal dapat berupa kesalahan

manusia atau human eror dan karena gangguan alam seperti petir, gempa, banjir, angin dan lain – lain. Sedangkan pada system di bawah 20 kV, yang menjadi sebab utamanya adalah surja hubung. Karena letak negara Indonesia di daerah tropis, gangguan yang sering di alami adalah gangguan yang di sebabkan oleh alam yaitu petir yang menyebabkan tegangan berlebih dan untuk menggambarkan jumlah petir sering di sebut melalui *isokeraunic level* (IKL) yaitu angka yang menggambarkan jumlah hari guruh pertahun = 128.

Arrester petir disingkat arrester atau sering disebut dengan penangkal petir, adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir, sebagai jalan pintas (bay-pas) sekitar isolasi. Arrester membentuk jalan yang mudah di lalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran sistem frekuensi daya 50 Hz dan pada kerja normal arrester itu berlaku sebagai isolator dan apabila timbul surja maka dia bersifat konduktor, yang dapat melewatkan aliran arus yang tinggi. Setelah surja hilang, maka arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolator. Arrester modern dapat membatasi harga tegangan surja di bawah tingkat isolasi peralatan. Peralatan dapat dilindungi dengan menempatkan arrester sedekat mungkin pada peralatan tersebut.

Jaringan distribusi merupakan bagian dari system tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan/konsumen. Ditinjau dari folume fisiknya jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibandingkan dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya (sekian kali per 100 km pertahun) juga paling tinggi dibandingkan dengan jumlah gangguan pada saluran-saluran transmisi. Jaringan distribusi seperti diketahui terdiri dari jaringan distribusi tegangan menengah (JTM) dan jaringan distribusi tegangan rendah (JTR). Jaringan distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan antara 3 kV sampai 20 kV. Pada saat ini PLN hanya mengembangkan jaringan distribusi

tegangan menengah 20 kV. Jaringan distribusi tegangan menengah sebagian besar berupa saluran udara tegangan menengah dan kabel tanah.

Jaringan distribusi tegangan menengah dapat di pengaruhi oleh 2 jenis gangguan yaitu:

1. Gangguan ekstrnal
2. Gangguan internal

Untuk itu kami mencoba membuat penelitian tugas akhir dengan judul Analisa Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Pada Gardu Trafo Distribusi 20 kV Di PLTD PT.PLN (PERSERO) Tahuna Cabang Melonguane

#### A. Menentukan Tingkat Isolasi Dasar (TID/BIL) untuk Trafo distribusi 20 kV

Tingkat isolasi dasar (TID) dikenal juga sebagai basic impuls insulation level (BIL) dari suatu peralatan. Untuk mencapai keandalan sistem yang tinggi ada beberapa metode untuk mengkoordinasikan isolasi peralatan jaringan dengan alat-alat proteksinya. Salah satu metode yang baik adalah menentukan level tertentu isolasi. Level isolasi peralatan harus lebih tinggi dari level isolasi di tentukan dengan pertimbangan dasar sebagai berikut:

1. Memilih level isolasi yang optimal
2. Jaminan bahwa breakdown dan kekuatan flashover seluruh isolasi peralatan lebih besar atau sama dengan level yang di pilih.
3. Penggunaan alat proteksi yang cukup baik dan ekonomis.

Penentuan level isolasi di dapat dari data pengamatan di lapangan dan laboratorium yang di kombinasikan dengan karakteristik tegangan impuls. Isolasi peralatan yang di gunakan tidak boleh mempunyai level isolasi yang lebih rendah dari BIL. Harga yang dapat di ambil sebagai acuan dalam pemilihan standar BIL permukaan yang akan digunakan tanpa melihat apakah sistem tersebut di tanahkan atau tidak.

Basic Impulse Insulation Level (BIL) atau tingkat isolasi dasar impuls transformator adalah batas kemampuan transformator dalam melewati tegangan lebih (*over voltage*) akibat sambaran petir (*lightning strike*) dan hubung singkat (*switching*).

#### B. Perhitungan Tegangan Tertinggi Sistem

Rating tegangan arrester adalah tegangan bolak-balik maksimum yang diperbolehkan pada terminal arrester, dimana tegangan ini dapat memutus arus susulan (power follow current) yang terjadi ketika arrester mengalami percikan, dimana dalam penentuan tegangan ini berguna untuk mengetahui tegangan tertinggi yang dapat dihasilkan gardu induk teling. Dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut.

$$U_m = 1.1 \times U_{ff}$$

Dimana :  $U_m$  = Tegangan maksimum fasa ke netral

$U_{ff}$  = Tegangan sistem fasa ke fasa

#### C. Jumlah sambaran petir (NL) pada saluran Transmisi

Untuk menentukan jumlah sambaran petir (NL) pada saluran transmisi 70 kV Tomohon-Teling diperlukan data thunderstorm atau hari guruh untuk mencari banyaknya jumlah hari guruh atau IKL ( Iso Kreaunic Level ) pada daerah sekitaran saluran transmisi Tomohon-Teling. Berdasarkan dengan data hari guruh tahun 2016 nilai IKL = 128 sambaran per tahun.

#### D. Impedansi Surja

Dalam menentukan impedansi surja, terlebih dahulu harus diketahui jenis kabel transmisi yang digunakan dan kawat transmisi 70 kV pada saluran transmisi tomohon-teling adalah jenis ACSR (sesuai lampiran). Dimana diameter kawat ( $d= 14,85\text{mm}$ ) berdasarkan tabel. Sebelum menghitung impedansi surja maka, jari-jari kawat ( $r$ ) harus ditentukan terlebih dahulu, seperti pada persamaan (2) sebagai berikut.

$$Z = \sqrt{L/C} = 60 \ln \frac{2h}{r} \quad (\Omega) \quad (2)$$

dimana,  $r$  merupakan jari-jari kawat dan  $h$  adalah tinggi kawat diatas tanah.

E. arak maksimum arrester dengan transformator yang dihubungkan dengan saluran udara.

Perlindungan yang baik diperoleh bila arrester ditempatkan sedekat mungkin pada jepitan transformator. Tetapi didalam praktek sering arrester itu harus ditempatkan sejarak  $S$  dari transformator yang dilindungi. Karena itu jarak tersebut harus ditentukan agar perlindungan dapat berlangsung baik.

Sebuah gelombang terpa yang berjalan menuju gardu akan dipotong amplitudonya oleh arrester hingga hanya mempunyai amplitudo sebesar tegangan kerja dari arrester itu sendiri. Tegangan gelombang datang maksimum yang terjadi pada trafo setelah pantulan pertama adalah sebagaimana pada persamaan (7).

$$S = \frac{U_t - U_a}{2 \cdot \frac{du}{dt}} \cdot v \quad (7)$$

$U_t$  = tegangan pada jepitan tranformator [kV]

$U_a$  = tegangan kerja arrester/penangkap petir [kV]

$du/dt$  = kecuraman dari gelombang datang [kV/ $\mu\text{det}$ ]

$v$  = kecepatan rambat gelombang [di udara : 300m/ $\mu\text{det}$ ]

$S$  = jarak antara trafo ke penangkap petir [m]

#### F. Tegangan Tembus Isolator Udara

Tegangan yang timbul di isolator saluran transmisi bergantung pada puncak dan kecuraman muka gelombang petir yang menyambar saluran transmisi. Sambaran petir yang terjadi di saluran transmisi tidak semua mengakibatkan flashover pada isolator karena bergantung pada besar tegangan yang timbul dan tidak melewati nilai tegangan tembus isolator ( $U_d$ ), ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut:

$$U_d = U_{50\%} = (K_1 + K_2 / t^{0,75}) \times 103 \text{ kV}$$

Dimana,

$U_{50\%}$  = tegangan tembus isolator, kV

$K_1$  = 0,4 W

$K_2$  = 0,71 W

W = panjang rentengan isolator, meter  
 t = waktu tembus atau waktu lompatan api pada isolator,  $\mu$ det

### G. Penentuan Rating Pengenal Arrester

Tegangan pengenal arrester merupakan karakteristik yang paling penting untuk perlindungan gardu induk. Tegangan pengenal arrester menentukan tingkat perlindungan dari arrester, jika tegangan kerja arrester berada di bawah TID dari peralatan yang dilindungi, maka faktor keamanan yang optimum terhadap peralatan dapat diperoleh dengan persamaan.

$$U_c = \text{Teg. Sistem} \times 1.1 \times \text{koefisien pentanahan}$$

$U_t$  = tegangan pada jepitan transformator [kV]

$U_A$  = tegangan kerja arrester/penangkap petir [kV]

$du/dt$  = kecuraman dari gelombang datang [kV/ $\mu$ det]

$v$  = kecepatan rambat gelombang [di udara : 300m/ $\mu$ det]

$S$  = jarak antara trafo ke penangkap petir [m]

### H. Tegangan yang timbul di isolator

Saluran transmisi bergantung pada puncak dan kecuraman muka gelombang petir yang menyambar saluran transmisi. Sambaran petir yang terjadi di saluran transmisi tidak semua mengakibatkan *flashover* pada isolator karena bergantung pada besar tegangan yang timbul dan tidak melewati nilai tegangan tembus isolator ( $U_d$ ), ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.

$$U_d = U_{50\%} = (K_1 + K_2 / t^{0.75}) \times 10^3 \text{ kV}$$

$U_{50\%}$  = tegangan tembus isolator, kV

$K_1$  = 0,4 W

$K_2$  = 0,71 W

$W$  = panjang rentengan isolator, meter

$t$  = waktu tembus atau waktu lompatan api pada isolator,  $\mu$ det

### I. Penentuan Rating Pengenal Arrester

Tegangan pengenal arrester merupakan karakteristik yang paling penting untuk perlindungan gardu trafo. Tegangan pengenal arrester menentukan tingkat perlindungan dari arrester, jika tegangan kerja arrester

berada di bawah TID dari peralatan yang dilindungi, maka faktor keamanan yang optimum terhadap peralatan dapat diperoleh dengan persamaan .

$U_c = \text{Teg. Sistem} \times 1.1 \times \text{koefisien pentanahan}$   
 Jika nilai rating arrester dari ULP3

### J. Menentukan Arus Pelepasan Arrester ( $I_a$ )

Untuk menentukan arus pelepasan arrester maka diperlukan parameter-parameter, diantara lain adalah nilai tegangan gelombang datang ( $U_d$ ), Impedansi surja ( $Z$ ) dan tegangan kerja arrester ( $U_a$ ) sebagaimana pada persamaan (6)

Nilai  $U_d$  dapat diambil dari nilai  $U_{50\%}$  , karena tegangan yang muncul dari tegangan tembus isolator memiliki nilai yang sama dengan nilai tegangan kawat penghantar sehingga tegangan dari kawat merupakan tegangan gelombang yang datang ke gardu induk di bawah 75% maka ditambahkan 7,5% sesuai dengan standart yang berlaku.

Dimana:

$$U_{50\%} = 283 \text{ kV}$$

$$U_A = 18,292 \text{ kV}$$

$$I_a = \frac{2U_d - U_A}{Z}$$

### K. Faktor Perlindungan

Berdasarkan dengan teori yang dijelaskan di dasar teori, faktor perlindungan merupakan nilai tolak ukur dari tingkat perlindungan yang ada di gardu induk. Faktor perlindungan pada umumnya bernilai 20% dan faktor perlindungan yang baik tidak boleh berada dibawah 20%. Berdasarkan dengan teori diatas maka perhitungan FP berdasarkan dengan persamaan.

FP = BIL Peralatan – Tingkat Perlindungan Arrester  
 Dimana;

Tingkat Perlindungan Arrester =  $U_A \times 10\%$  (panjang kawat + toleransi pabrik)

### L. Penentuan BIL Trafo Gardu Induk Teling

Berdasarkan dengan analisa yang telah dilakukan diatas, maka nilai parameter-parameter untuk menentukan BIL Gardu Induk Teling telah memenuhi syarat, sehingga perhitungan BIL gardu induk teling dapat dilihat pada persamaan (8) sebagai berikut ;

Penentuan BIL Trafo =  $U_A + 20\% \text{ FP}$

$U_A$  = Tingkat Perlindungan Arrester

FP = 20% Faktor Perlindungan

Penentuan Tegangan Lebih Switching =  $\frac{U_n}{\sqrt{3}} \times 6,5$

## BAB II

### METODE PENELITIAN

#### A. Data Teknis

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

1. Data teknis Transformator yang terpasang di Gardu Induk Teling, dapat dilihat pada tabel I.
2. Data teknis *Arrester* yang terpasang di Gardu Induk Teling, dapat dilihat pada tabel II.
3. Data Peralatan-peralatan Pembangkit ULP3 Melonguane dapat di lihat pada table III
4. Data spesifikasi kabel saluran udara ULP3 Melonguane, dimana kawat yang digunakan adalah kawat jenis A3C dapat dilihat ditabel IV

TABEL I

#### DATA TRANSFORMATOR TERPASANG DI ULP3 MELONGUANE

Lokasi Transformator	Merek	Daya Terpasang (kVA)	Tegangan (kV)	Hubungan belitan
ULP3 Melonguane Trafo 1	SINTR A	1000	6/20	Y - Δ
ULP3 Melonguane Trafo 2	SINTR A	630	6/20	Y - Δ

TABEL II

#### Table Arrester Yang Terpasang di ULP3 Melonguane

No	Merk/Type	Terpasang	Rated Current	Voltage
1	MCGRAWEDISON/F-30	Penyulang Kota	2,5 kA	18,92 kV
2	BOWTHROPE BRIGHTON ENGLAND / IMB 75	Penyulang Bowombaru	2,5 kA	18,92 kV
3	BOWTHROPE BRIGHTON ENGLAND / IMB 75	Penyulang Beo	2,5 kA	18,92 kV
4	ABB / EXLIMQ072-EV072	Trafo 1	2,5 kA	18,92 kV
5	BOWTHROPE BRIGHTON ENGLAND / IMB 75	Trafo 2	2,5 kA	18,92 kV

TABEL III

#### Data Peralatan-peralatan Pembangkit ULP3 Melonguane

PLTD	Merek	Kapasitas Terpasang (kW)	Tegangan (V)	Daya Mampu (kW)
Unit 1	MTU 12 1600G20F	500	380	250
Unit 2	DEUTZ TBD 226 B - 6	120	380	250

TABEL IV

#### Data Spesifikasi Kabel/Kawat Saluran Udara ULP3 Melonguane

No	Nama GI	Tegangan	Tipe	diameter
1	ULP3 MELONGUANE	20 kV	A3C	11,45
2	ULP3 MELONGUANE	20 kV	A3C	11,45

## BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk Analisa kemampuan arrester untuk pengaman gardu trafo distribusi 20 kV di PLTD PT.PLN (PERSERO) Tahuna cabang Melonguane,telah dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan parameter-parameter yang akan digunakan untuk penentuan BIL Transformator ULP3 Melonguane, perhitungan tersebut antara lain.

#### A. Menentukan Tegangan Tertinggi Sistem

Rating tegangan arrester adalah tegangan bolak-balik maksimum yang diperbolehkan pada terminal arrester, dimana tegangan ini dapat memutus arus susulan (power follow current) yang terjadi ketika arrester mengalami percikan, dimana dalam penentuan tegangan ini berguna untuk mengetahui tegangan tertinggi yang dapat dihasilkan ULP3 Melonguane.

$$U_m = 1,1 \times U_{ff}$$

Dimana:  $U_m$  = tegangan maksimum fasa ke netral

$$U_{ff} = \text{tegangan system fasa ke fasa}$$

Maka,

$$\begin{aligned} U_m &= 1,1 \times U_{ff} \\ &= 1,1 \times 18,92 \\ &= 20,8 \text{ kV} \end{aligned}$$

#### B. Menentukan Impedansi Surja

Dalam menentukan impedansi surja, terlebih dahulu harus diketahui jenis kabel transmisi yang digunakan dan kawat saluran 20 kV pada saluran Melonguane adalah jenis A3C (sesuai lampiran). Dimana diameter kawat ( $d= 11,45\text{mm}$ ) berdasarkan tabel. Sebelum menghitung impedansi surja maka, jari-jari kawat ( $r$ )

harus ditentukan terlebih dahulu serta ketinggian kawat dari atas tanah ( $h = 10,3 \text{ m}$ ).

$$r \text{ (jari-jari kawat)} = D \text{ (diameter kawat)} / 2 \\ = 11,45 / 2 = 5,725 \text{ mm} = 5,725 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Berdasarkan persamaan

$$z = \sqrt{L/C} = 60 \ln \frac{2h}{r} \text{ (}\Omega\text{)} \\ = 60 \ln \frac{2 \times 10,3}{5,725 \times 10^{-3}} \\ = 491,3 \Omega$$

### C. Tegangan Tembus Isolator Udara

Berdasarkan dengan persamaan diatas, maka dapat ditentukan tegangan tembus isolator udara ( $U_d$ ).

$W$  = panjang rentangan isolator untuk tegangan 20 kV (0,28).

$$K1 = 0,4 W = 0,4 \times 0,28 = 0,112$$

$$K2 = 0,7 W = 0,7 \times 0,28 = 0,196$$

$t$  = waktu tegangan berdasarkan waktu muka gelombang  $1,2\mu\text{det}$ .

$$\text{Maka; } U_d = U_{50\%} = (K1 + K2 / t0,75)$$

$$\times 103 \text{ kV}$$

$$= (0,112 + 0,196 / 1,20,75) \times 103$$

$$= (0,112 + 0,196 / 1,14) \times 103$$

$$= (0,112 + 0,171) \times 103$$

$$= 283 \text{ kV}$$

### D. Menentukan Tegangan Pengenal Arrester/ $U_c$

Tegangan pengenal arrester merupakan karakteristik yang paling penting untuk perlindungan gardu induk. Tegangan pengenal arrester menentukan tingkat perlindungan dari arrester, jika tegangan kerja arrester berada di bawah TID dari peralatan yang dilindungi, maka faktor keamanan yang optimum terhadap peralatan dapat diperoleh.

$$\text{Konstanta Pentanahan ULP3 melonguane} : 0,8 \Omega$$

$$\text{Tegangan Dasar Sistem melonguane} : 20 \text{ kv}$$

$$U_c = \text{Tegangan system} \times 1.1 \times \text{Koefisien pentanahan} \\ = 20 \times 1.1 \times 0,8 \\ = 17.6 \text{ kv}$$

Karena nilai rating arrester dari Gardu Trafo PLTD MELONGUANE di bawah 75% maka ditambahkan 7,5% sesuai dengan standart yang berlaku, sehingga

$$U_c = 17,6 \times 1,075$$

$$= 18,92 \text{ kV}$$

### E. Menentukan Arus Pelepasan Arrester/ $I_a$

Untuk menentukan arus pelepasan arrester maka diperlukan parameter-parameter, diantara lain adalah nilai tegangan gelombang datang ( $U_d$ ), Impedansi surja ( $z$ ) dan tegangan kerja arrester ( $U_a$ ).

Nilai  $U_d$  dapat diambil dari nilai  $U_{50\%}$ , karena tegangan yang muncul dari tegangan tembus isolator memiliki nilai yang sama dengan nilai tegangan kawat penghantar sehingga tegangan dari kawat merupakan tegangan gelombang yang datang ke gardu induk

Dimana,

$$U_{50\%} = 283 \text{ kV}$$

$$U_a = 18,292 \text{ kV}$$

$$I_a = \frac{2U_d - U_a}{z} \\ = \frac{2 \cdot (238) - 18,292}{491,3} \\ = \frac{476 - 18,292}{491,3} \\ = \frac{457,708}{491,3} \\ = 0,93 = 1 \text{ kA}$$

### F. Menentukan Factor Perlindungan

Berdasarkan dengan teori yang dijelaskan di dasar teori, faktor perlindungan merupakan nilai tolak ukur dari tingkat perlindungan yang ada di gardu induk. Faktor perlindungan pada umumnya bernilai 20% dan faktor perlindungan yang baik tidak boleh berada dibawah 20%.

$$FP = \text{BIL Peralatan} - \text{Tingkat Perlindungan Arrester}$$

Dimana,

$$\text{Tingkat Perlindungan Arrester} = U_a \times 10\% \text{ (panjang kawat + toleransi pabrik)}$$

$$= 18,292 \times 1,1$$

$$= 20,12 \text{ kV}$$

$$\text{Sehingga } FP = 325 - 20,12$$

$$= 304,8 / 325$$

$$= 0,937 = 93,7 \%$$

Maka kita dapat melihat hasil perhitungan tegangan pengenal Arrester ULP3 melonguane Dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tegangan Sistem (kV)	Tegangan Pengenal $U_c$ (kV)	Tegangan Kerja UA (kA)	Arus Pelepasan IA (kA)	Faktor Perlindungan (%)
20 kV	18,92kV	18,292 kV	1 kA	93,7 %

### F. Menentukan BIL Trafo ULP3 Melonguane

Berdasarkan dengan analisa yang telah dilakukan

diatas, maka nilai parameter-parameter untuk

menentukan BIL Gardu Induk Teling telah memenuhi

syarat, sehingga BIL gardu induk teling adalah sebagai berikut;

Penentuan BIL Trafo 1 (UNINDO - 70/120 kV-10 MVA)

$$\text{BIL Trafo 1} = U_A + 20\% \text{ FP}$$

$$= 18,92 \times 1,2 = 22,70 \text{ kV BIL Trafo 2} = U_A + 20\% \text{ FP}$$

$$= 18,92 \times 1,2 = 22,70 \text{ kV}$$

$$\text{BIL Tegangan lebih switching} = \frac{20}{\sqrt{3}} \times 6,5 = 75,0 \text{ kV}$$

$$\text{BIL Tegangan lebih sementara} = \frac{20}{\sqrt{3}} \times 3 = 34,6 \text{ kV}$$

Maka dapat diperoleh data hasil perhitungan BIL terafo ULP3 Melonguane seperti yang terlihat pada table berikut.

No	Peralatan di ULP Melonguane	Tegangan Puncak Impuls (kV)	Tegangan Ketahanan Frekuensi Jala-jala (kV)
1	BIL Transformator 1	75,0	34,6
2	BIL Transformator 2	75,0	34,6

#### G. Menentukan Penempatan Arrester

Pada dasarnya arrester harus diletakan dekat dengan peralatan-peralatan penting di gardu induk, khususnya trafo. Arrester biasa dipasang pada ujung saluran transmisi yang terdapat gardu induk atau trafo yg memiliki fungsi vital. Trafo merupakanan peralatan termahal dan merupakan ujung terminal dari suaru saluran transmisi yang sering terjadi pemantulan gelombang. Biaya pemasangan arrester sangat mahal, sehingga tidak mungkin memasang arrester untuk melindungi semua peralatan, tetapi semua ini telah ditanggulangi oleh faktor perlindungan dari arrester, sehingga peralatan penting seperti trafo saja yang dilengkapi arrester.

Dalam praktek penempatan arrester sering ditempatkan sejarak S dari transformator yang dilindungi, untuk itu dalam menentukan jarak arrester diperlukan beberapa parameter-parameter diantaranya tegangan kerja arrester (U<sub>A</sub>), tegangan pada jepitan transformator (U<sub>t</sub>), kecuraman gelombang yang datang (du/dt), dan kecepatan merambat gelombang (v).

$$S = U_t - \frac{U_t - U_A}{\frac{2Du}{Dt}} \times v$$

Dimana,

U<sub>t</sub> = nilai tegangan diambil dari TID transformator sesuai perhitungan (22,70 kV)

U<sub>A</sub> = tegangan kerja arrester yaitu 18,92 kV

du/dt = kecuraman gelombang datang

v = kecepatan rambat gelombang (di udara: 300 m/μs)

Bila kecuraman gelombang datang 500 kV/μs, 1000 kV/μs, 1500 kV/μs, 2000 kV/μs

- $du/dt = 500 \text{ kV}/\mu s$

$$S = \frac{22,70 - 18,92}{2 \times 500} \times 300 = 1,134 \text{ meter}$$

- $du/dt = 1000 \text{ kV}/\mu s$

$$S = \frac{22,70 - 18,92}{2 \times 1000} \times 300 = 0,567 \text{ meter}$$

- $du/dt = 1500 \text{ kV}/\mu s$

- $S = \frac{22,70 - 18,92}{2 \times 1500} \times 300 = 0,378 \text{ meter}$

- $du/dt = 2000 \text{ kV}/\mu s$

$$S = \frac{22,70 - 18,92}{2 \times 2000} \times 300 = 0,284 \text{ meter}$$

Maka diperoleh tabel hasil perhitungan jarak maksimum antara arrester dengan trafo sebagai berikut.

Tabel. Perhitungan Jarak Arester dengan Trafo

Kecuraman gelombang datang (kV/μs)	Jarak Maksimum (m)
500	1,134
1000	0,567
1500	0,378
2000	0,284

## BAB IV

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan maka dapat di peroleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan tegangan tertinggi yang dapat diterima Gardu Trafo di ULP Melonguane adalah 20,8 kV, dimana tegangan ini adalah tegangan yang menjadi parameter Arrester untuk bekerja.

2. Dari hasil perhitungan nilai pengenalan atau rating arrester pada saluran transmisi dengan tegangan sistem 20 kV, didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut
  - Tegangan Pengenal ( $U_c$ ) = 18,92 kV
  - Arus Pelepasan Arrester ( $I_A$ ) = 1 kA
  - Faktor Perlindungan ULP Melonguane = 93,7 %
  - BIL Transformator 1 = 22,7 kV
  - BIL Transformator 2 = 22,7 kV
3. Hasil hitung untuk jarak arrester dan transformator agar arrester dapat bekerja dan melindungi trafo serta peralatan lain dengan baik adalah dengan kecuraman gelombang datang  $500 \text{ kV}/\mu\text{s} = 1,134 \text{ m}$ ,  $1000 \text{ kV}/\mu\text{s} = 0,567 \text{ m}$ ,  $1500 \text{ kV}/\mu\text{s} = 0,378 \text{ m}$ ,  $2000 \text{ kV}/\mu\text{s} = 0,284 \text{ m}$ . Semakin dekat jarak pemasangan arrester dengan alat yang dilindungi lebih khususnya transformator maka akan semakin efektif arrester bekerja.

#### B. SARAN

Berdasarkan analisa yang saya lakukan saya dapat memberikan saran sebagai berikut:

Dari analisa yang saya lakukan kiranya dapat dijadikan sebagai referensi perhitungan jarak minimum arrester dengan transformator di Gardu Trafo ULP Melonguane dan dapat di kembangkan lebih lanjut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- W, Stevenson, Elements Of Power System Analysis Third Edition –Terjemahan Indonesia, Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya, Malang, 1982
- Hutauruk, T. S., (1991). “Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja”, Jakarta: Erlangga.
- Saiful Amri, Wahyuddin.K, Analisa Arrester Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di PT.PLN Rayon Sopeng
- Parera M. Lory, Permana Ari., (2009) “Analisis Perlindungan Transformator Distribusi Yang Efektif Terhadap Surja Petir”, Jurnal TEKNOLOGI, Volume 6 Nomor 2, 2009;671-678

PT.PLN Buku Lightning Arrester\_120110, Bab 1 – Bab 3

Arismunandar, A. 2000. Teknik Tenaga Listrik Jilid I. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.

Sinaga, Herman. 1992. Model Arester SiC Menggunakan model Arester ZnO IEEE WG 3.4.11. Tersedia di:<http://puslit.petra.ac.id/journals/electrical/>

Nurul Hidayatullo. 2009. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. “Kemampuan Arrester untuk Pegaman Transformator Pada Gardu Induk Sarondol 150 kV”

Ahmad Teguh Andika Pratama 2019. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya “Analisa Pengaruh Surja Pettir Terhadap Lightning Arrester Pada Gardu Trafo Distribusi Di PT.PLN (PERSERO) ULP Tandes”

Paraisu Misael, Analisa Rating Lightning Arrester Pada Jaringan Transmisi 70 kV Tomohon-Teling, Manado, 2013

#### TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap Victor Bawalo anak ketiga dari empat bersaudara. Anak dari Adtri Bawalo (Bapa) dan Adriana Siso (Ibu). Lahir di Ammat pada tanggal 4 Agustus 1998. Yang pada saat ini beralamat di Manado Malalayang. Penulis menempuh pendidikan pertama di SDN Inpres Ammat tahun 2004-2010, setelah itu melanjutkan sekolah di SMP Negeri 4 Rainis Di Dapalan 2010-2013, kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Tampan Amma 2013-2016. Tahun 2016 penulis melanjutkan studi S1 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado Sejak semester 1 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado sampai sekarang.