

# The Effect of Arrestor Placement Before and After Fuse Cut Out On the Effectiveness of Protection 20 kV Transformer on Distribution Pole

Pengaruh dari Penempatan Arrestor Sebelum dan Sesudah Fuse Cut Out Terhadap Efektivitas Proteksi Transformator 20 kV pada Tiang Distribusi

M. Agil. N. H. Djalil, Lily S Patras, Sartje Silimang

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia  
e-mails : 18021103002@student.unsrat.ac.id , patraslily48@gmail.com, , sartje.silimang@unsrat.ac.id

*Abstract —The placement of the protection system on the distribution transformer, precisely at the portal substation, has two placements, namely the placement of the arrester before the fused cut out and the placement of the arrester after the fused cut out. Both of these placements affect the workings of the arrester. Placement of arresters after fused cut out is a new construction of distribution poles which is being applied to all portal type substations by PLN. The installation of the arrester after the fused cut out can be said to be more effective and can work optimally, because in the event of a lightning strike, the surge wave strikes towards the fused cut out (FCO) where the first one to disconnect is the FCO, so there is a chopin on the arrester. where the lightning surge voltage that enters the transformer is very small and also the transformer safety is very effective. In a 20 kV distribution network, the arrester that is directly hit by lightning has a grounding value of 1.99 ohms after making ground repairs by adding grounding stakes. The arresters used have characteristics where the rated voltage is 24kV, with a nominal discharge current of 5 kA, the TID value for the transformer is 12kV that has been set, and the arrester protection distance is obtained from the protected equipment, namely distribution transformers of 2.754 meters where the arresters must be placed close to each other. with protected equipment.*

*Keywords: Protection System, Arrester, Fuse Cut Out, Distribution Transformer*

**Abstrak —** Penempatan dari sistem proteksi pada transformator distribusi tepatnya di gardu portal terdapat dua penempatan, yaitu penempatan arrestor sebelum fused cut out dan penempatan arrestor setelah fused cut out. Dikatakan kedua peletakkan dari pada cut out fuse dan arrestor pada transformator distribusi tidak ada pengaruh berarti karena masing masing peralatan proteksi mempunyai fungsi berbeda. Sehingga di titik tertentu pada arah lindung dari arrestor yang diperoleh adalah 2,754 m sehingga penempatan arrestor di transformator distribusi yang menjadi objek penelitian masih efektif. Pada jaringan distribusi 20 kV, dengan arrestor yang terkena sambaran petir secara langsung memiliki nilai pentanahan sebesar 1,99 ohm setelah melakukan perbaikan pentanahan dengan cara penambahan patok grounding. Pada arrestor yang digunakan memiliki karakteristik dimana tegangan pengenal sebesar 24kV, dengan arus pelepasan nominal 5 kA, dengan nilai TID pada transformator sebesar 12kV yang telah ditetapkan, serta didapatkan jarak lindung arrestor terhadap peralatan yang dilindungi yaitu transformator distribusi sebesar 2,754 meter dimana arrestor harus ditempatkan dekat dengan peralatan yang dilindungi.

**Kata Kunci:** Sistem Proteksi, Arrestor, Fuse Cut Out, Transformator Distribusi

## I. PENDAHULUAN

Sistem pendistribusi tenaga listrik merupakan sistem yang digunakan untuk mendistribusikan listrik kepada pengguna, dimana proses menyalurkan pasokan listrik dari sistem transmisi ke pengguna listrik. Gardu distribusi tersambung ke sistem transmisi guna menurunkan tegangannya pada 20 kV dengan menggunakan transformator step- down[1].

Pada saluran udara tegangan menengah (SURM), sering terjadi gangguan berupa gangguan hubung singkat yang diakibatkan oleh sambaran petir dan gangguan beban lebih. Gangguan ini dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan tegangan tinggi, peralatan kontrol, telekomunikasi dan peralatan lainnya.

Untuk mengatasi gangguan tersebut, maka suatu gardu distribusi di lengkapi dengan peralatan proteksi berupa Arrestor dan Fuse Cut out (FCO). Arrestor adalah alat pelindung peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Alat pelindung ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke ground. Fuse Cut Out adalah pengaman lebur yang ditempatkan pada sisi jaringan tegangan menengah untuk mengamankan jaringan dan peralatan kearah gardu induk terhadap gangguan hubungan singkat di transformator, atau sisi jaringan tegangan menengah sebelum transformator tetapi sesudah Cut Out.

Terdapat dua bentuk penempatan dari Arrestor dan Fuse Cut Out sebagai proteksi, ialah penempatan suatu arrestor sebelum Fuse Cut Out dan penempatan suatu arrestor setelah Fuse Cut Out. Perbedaan bentuk penempatan ini memiliki pengaruh yang berbeda ketika menangani gangguan tegangan impuls dari petir yang menyambar. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh perbedaan penempatan Arrestor baik itu sebelum maupun sesudah Fuse Cut Out dalam memproteksi transformator 20 kV pada sebuah tiang distribusi.

### A. Sistem Distribusi

Sistem Jaringan Ketenagalistrkan ialah sistem pentransmision suatu tenaga listrik dimana dimulai dari pembangkit tenaga listrik sampai ke pelanggan dengan tingkatan tegangan yang dibutuhkan. Sistem ketenagalistrkan ini dibagi menjadi beberapa yaitu dari sistem pembangkit, sistem pentransmision, serta sistem distribusi tenaga listrik[2]. Sistem Distribusi adalah penyaluran energi listrik (proses serta metode)

menyalurkan tenaga listrik dari suatu tempat menuju tempat yang lain, yakni dari pembangkit listrik sampai ke pelanggan listrik.

### B. Gardu Distribusi

Sistem Jaringan Ketenagalistrikan ialah sistem pentransmisi suatu tenaga listrik dimana dimulai dari pembangkit tenaga listrik sampai ke pelanggan dengan tingkatan tegangan yang dibutuhkan. Sistem ketenagalistrikan ini dibagi menjadi beberapa yaitu dari sistem pembangkit, sistem pentransmisi, serta sistem distribusi tenaga listrik. Sistem Distribusi adalah penyaluran energi listrik (proses serta metode) menyalurkan tenaga listrik dari suatu tempat menuju tempat yang lain, yakni dari pembangkit listrik sampai ke pelanggan listrik[15].

### C. Transformator Distribusi

Transformator distribusi ialah transformator yang dapat dipergunakan untuk menurunkan suatu tegangan pada saat mentransmisikan menjadi tegangan distribusi. Transformator terdiri dari sebagian jenis yaitu terdapat transformator distribusi, transformator pengukuran (transformator arus & tegangan), dan transformator energi. Pada transformator arus serta tegangan memiliki fungsi sebagai alat untuk perlindungan. Sedangkan untuk dari pemasok beban ialah memakai transformator distribusi serta transformator energy[3].

### D. Lightning Arrester

Lightning Arrester (LA) merupakan alat yang memiliki fungsi sebagai pelindung peralatan listrik yang lainnya dari tegangan sambaran petir yaitu dengan cara memberi batas pada tegangan berlebih yang masuk dengan mengalirkan ke tanah[4].

Cara kerja dari arrester yaitu pada saat normal arrester berlaku sebagai isolator, dan apabila ketika datang tegangan lebih akibat sambaran petir maka arrester akan berlaku sebagai konduktor. Setelah tegangan lebih hilang, arrester kembali menjadi isolator hingga pada pemutus daya tidak dapat membuka. Pemilihan dari arrester sendiri untuk mendapatkan tingkat isolasi dasar yang nilainya sama dengan Basic Impuls Insulation Level (BIL) dari peralatan yang dilindunginya hingga mendapatkan perlindungan secara efektif. Arrester digunakan pada gardu pemasangan luar (gardu portal) yang memiliki fungsi agar mengurangi tegangan berlebih yang diakibatkan dari sambaran petir.

Dipastikan Arrester akan dipasang sangat dekat dengan peralatan-peralatan listrik yang akan diproteksi yang dapat diatur menghubungkan dari fasa konduktor ke tanah. Sistem suatu pentanahan di gardu distribusi pada umumnya digunakan sebagai sistem pentanahan yang sangat efektif, oleh karena itu perkiraan perhitungan diambil sebagai berikut:

$$U_a = 0,8 \times 1,1 \times \text{tegangan nominal} \quad (4)$$

Besarnya arus pelepasan arrester, yaitu:

$$I_a = \frac{2U_d - U_a}{Z_s} \quad (5)$$

Dimana:

$I_a$  : Arus Pelepasan Arrester(A)

$U_d$  : Tegangan surja yang datang (kV)

$U_a$  : Tegangan pelepasan arrester (kV)

$Z_s$  : Impendansi surja saluran( $\Omega$ )

Untuk Menentukan besarnya Perubahan tegangan pada Arrester (es) Ketika tegangan impuls melewati arrester, oleh karena itu cara yang dapat menetapkan suatu tegangan impuls dengan menggunakan suatu persamaan (Zoro, 2011) sebagai berikut:

$$es = U_0 + (I \times R) + L \frac{di}{dt} \quad (6)$$

Dimana:

$E_s$  : Perubahan tegangan pada arrester (kV/ $\mu$ s)

$U_0$ : Tegangan arrester pada saat arus 0 (Maximal Discharge Voltage)

$I$  : Arus Pelepasan (kA)

$R$  : Tahanan Arrester ( $\Omega$ )

$L$  : Induktansi penghantar arrester ( $\mu$ H)

$di/dt$  : Kenaikan arus penghantar (kA/ $\mu$ s)

1) Tegangan Pelepasan Arrester (Nominal Discharge Voltage)

Merupakan ciri dari arrester yang sangat penting untuk penangkap petir yang digunakan untuk memproteksi alat listrik pada gardu, tegangan dari pelepasan ini dapat menetapkan untuk tingkat proteksi pada penangkal petir tersebut[5]. apabila tegangan dari arrester lebih rendah di bawah BIL dari proteksi, maka dari faktor perlindungan pada peralatan bisa didapatkan. Sehingga tegangan dari pelepasan arrester ditentukan dengan persamaan:

$$E_a = E_0 + (I \times R) \quad (7)$$

Dimana:

$I$  : Arus Pelepasan Arrester (kA)

$E_0$  : Tegangan Arrester pada saat arus nol (kV)

$E_a$  : Tegangan Pelepasan Arrester (kV)

$Z$  : Impendansi surja ( $\Omega$ )  $R$  : Tahanan Arrester ( $\Omega$ )

2) Tegangan Pengenal Arrester

Merupakan tegangan dimana arrester bekerja sebanding dari karakteristiknya, dan tidak bisa bekerja pada tegangan maksimum, namun dapat menghentikan arus susulan pada sistem dengan baik. Arrester tidak dapat bekerja apabila terdapat gangguan fasa ketanah[12].

Dari system yang diketanahkan nilai koefisien pembumiannya 0,8 (dari nilai arrester 80 %) dan system tidak dapat di bumikan langsung nilai koefisien pembumiannya 1,0 (dari nilai arrester 100 %). Tegangan pengenal dari arrester ialah tegangan rms di tanah tinggi dikalikan dengan nilai koefisien pembumian.

Jika di bumikan langsung:

$$V_m = 1,1 \times V_{fn} = 1,1 \times V_{nom} \sqrt{3} \quad (8)$$

Jika tidak di bumikan langsung:

$$V_a = V \times 1,10 \times 1,0 \quad (9)$$

Dimana:

$I$  : Arus Pelepasan Arrester (kA)

$E_0$  : Tegangan Arrester pada saat arus nol (kV)

- Ea : Tegangan Pelepasan Arrester (kV)  
 Z : Impendansi surja ( $\Omega$ )  
 R : Tahanan Arrester ( $\Omega$ )

### 3) Tegangan percikan impuls maksimum

Yaitu tegangan suatu gelombang impuls yang tinggi dimana terjadi pada arrester. Jika dari tegangan petir yang teralirkan memiliki nilai harga tinggi ataupun sama seperti tegangan percikan maksimum arrester, maka suatu arrester bekerja memotong surja dan dibumikan.

### 4) Arus pelepasan nominal

Yaitu nilai arus pelepasan dengan harga puncak dan suatu gelombang yang dapat menentukan kelas arrester yang selaras dengan kemampuan untuk melewati arus, ciri dari proteksi. Arrester dapat mengalirkan arus sesuai dengan kemampuannya[7].

Suatu isolator memiliki nilai tegangan loncatan bunga api dimana dari frekuensi tegangan lompatan api impuls. Harga puncak surja petir ialah tingkatan dari ketahanan impuls saluran, yang berfungsi untuk faktor keamanan dari kemungkinan munculnya variasi tegangan yang mengakibatkan terjadinya lompatan api pada suatu isolator saluran distribusi, maka ditambahkan nilai toleransi sebesar 20%.

$$V \text{ puncak} = TID \text{ saluran} + 20 \% V \text{ puncak} = TID \text{ saluran} \times 1,2$$

### 5) Jarak lindung arrester

Jarak lindung arrester dari peralatan yang dilindungi memiliki pengaruh dari besarnya tegangan yang timbul pada peralatan jika jarak dari arrester sangat jauh, tegangan yang timbul nilainya lebih besar dari tegangan yang dapat diterima[8].

Maka jarak yaitu:

$$V_m = U_t - U_a \times V \frac{du}{dt} \quad (10)$$

Dimana:

L : Jarak peralatan yang dilindungi (m)

U<sub>t</sub> : Tegangan gelombang datang (kV)

U<sub>a</sub> : Tegangan kerja arrester (kV)

du/dt : Kecepatan gelombang datang pada setiap waktu (kV/ $\mu$ s) nilai antara 500 kV/ $\mu$ s – 1000 kV/ $\mu$ s.

V : Kecepatan Tegangan lebih: 300m/ $\mu$ s saluran

udara, dan 150 m/ $\mu$ s untuk kabel

### 6) Faktor Perlindungan

Faktor Perlindungan merupakan perbedaan tegangan antara BIL (Basic Impulse Insulation Level) dengan peralatan yang dilindungi pada tegangan kerja arrester[6]. Pada saat menetapkan nilai faktor dari perlindungan, yang dihitung pertama kali ialah tingkat perlindungan dari arrester yaitu Tingkat Perlindungan:  $V_a \times 10 \%$ . Jadi diperoleh faktor perlindungannya adalah:

$$F_p = TID_{trafo} - TP \times 100\% \quad (11)$$

Dimana:

V<sub>a</sub> : Tegangan Percikan Impuls (kV)

F<sub>p</sub> : Faktor Perlindungan (%)

TP : Tingkat Perlindungan (kV)

## II. DATA DAN PERHITUNGAN

TABEL I KARAKTERISTIK ARRESTER

No	Spesifikasi	20 kV
1	Tegangan Pengenal	20 kV
2	Tegangan percik muka gelombang	100 kV
3	Arus pelepasan nominal	5 kA
4	Tegangan sisa maksimal arus nominal	87 kV
5	Tegangan percik standar	87 kV

TABEL II KARAKTERISTIK SALURAN

No	Data	Keterangan
1	Ketinggian Kawat diatas Tanah	11 Meter
2	Titik Netral yang ditanahkan	40 Ohm
3	Jari-jari kawat hantaran udara	5,4 mm

TABEL III KARAKTERISTIK TRANSFORMATOR

No	Data	Keterangan
1	Merk	Trafindo
2	Konstruksi	Gardu Portal
3	Kapasitas	100 kVA
4	Tegangan Primer	20 kV
5	Tegangan Sekunder	230/385 Volt

### A. Menentukan Tingkat Isolasi Dasar Transformator

Peralatan yang terpasang merupakan transformator distribusi, dimana berfungsi untuk menentukan ketepatan penempatan pada peralatan listrik yang dilindungi yaitu dengan menentukan tingkat isolasi dasar pada transformator[10].

Pada transformator distribusi yang terpasang memiliki kapasitas sebesar 250k VA, dengan tegangan primer sebesar 20 kV, dan tegangan sekunder sebesar 220/380 kV, oleh karena itu dapat diperoleh tingkat isolasi dasar pada transformator

sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= V_{\text{nominal}} \times 1,1 \\ V_{\max} &= 20 \text{ kV} \times 1,1 \\ V_{\max} &= 22 \text{ kV} \end{aligned}$$

### B. Menentukan Tegangan Pengenal Arrester

Tegangan Pengenal dari Arrester ini yang di pasang pada arrester secara kontinyu tanpa mempengaruhi karakteristik kerjanya[11]. Pada sistem distribusi 20 kV, pentanahan dengan nilai tahanan rendah koefisien tersebut terpilih 100% yaitu 20 kV dengan tegangan sistem yang tertinggi, oleh sebab itu tegangan pengenal dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_p &= V_{\max} \times 1,0 \\ V_p &= 22 \times 1,0 \\ V_p &= 22 \text{ kV} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan pengenal arrester sebesar 22 kV, dan mendekati nilai standar tegangan pengenal di SPLN 7:1978 pada tabel penempatan tingkat isolasi trafo dan penangkap petir[9], tegangan pengenal pada arrester 20 kV yaitu 24 kV.

### C. Penentuan Arus Pelepasan Nominal Pada Arrester

Sebelum menentukan nilai arus pelepasan nominal arrester, pada nilai impedansi hantaran udara tentunya harus di cari terlebih dahulu[13]. Seperti data yang terdapat di hasil, telah diketahui nilai dari ketinggian tanah dari atas tanah yaitu sebesar 11 meter, lalu didapatkan nilai tegangan sisa maksimal pada arus nominal yaitu 87 kV, lalu terdapat nilai tegangan gelombang datang yang diperoleh dari tabel FOV (flash over voltage) 37 Standard discs yang ada pada lampiran[14], karena pada penyulang Teratai ini menggunakan 3 buah isolator hantaran, dimana nilai tegangan gelombang yang datang sebesar 355 kV, serta nilai jari-jari kawat hantaran udara sebesar 5,625 mm. Dari data tersebut, impedansi hantaran udara dapat ditentukan sebesar:

$$\begin{aligned} Z &= 60 \ln \frac{2h}{r} \\ Z &= 60 \ln \frac{2 \times 11 \text{ m}}{5,4 \times 10^{-3} \text{ m}} \\ Z &= 498,7 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Maka besar arus pelepasan nominal pada arrester, dapat ditentukan sebagai berikut

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{2U_d - U_a}{Z_s} \\ I_a &= \frac{710 \text{ kV} - 87 \text{ kV}}{497,2 \text{ ohm}} \\ I_a &= \frac{625}{497,2} \\ I_a &= 1,25 \text{ kA} \end{aligned}$$

### D. Untuk Menentukan Tegangan Kerja Arrester

Menurut SPLN 7:1978 pada tabel penempatan tingkat isolasi trafo dan penangkap petir, Tegangan Kerja (tegangan pelepasan) merupakan tegangan yang muncul diantara kutub-

kutub arrester selama mengalirnya arus pelepasan. Tegangan kerja arrester juga merupakan karakteristik yang sangat penting pada arrester sebagai proteksi pada peralatan. Tegangan kerja ini dapat menentukan tingkat perlindungan dari arrester. Pada sistem distribusi 20 kV, sesuai dari lampiran tabel 1 pada Pedoman pemilihan tingkat isolasi transformator dan penangkap petir di SPLN 7:1978, telah ditetapkan sebesar 87 kV dengan nilai arus pelepasan nominal pada kelas 5 kA

### E. Untuk Menentukan Faktor Perlindungan dan BIL Transformator

Pada saat menentukan nilai faktor dari perlindungan, yang dihitung pertama kali ialah tingkat perlindungan dari arrester. Tingkat Perlindungan:

$$\begin{aligned} TP &= V_a \times 10\% \\ TP &= 87 \text{ kV} \times 1,1 \\ TP &= 95,7 \text{ kV} \end{aligned}$$

Setelah dihasilkannya nilai tingkat perlindungan sebesar 95,7, dapat dilanjutkan mencari nilai faktor perlindungan dengan nilai TID transformator sebesar 125 kV yang telah ditetapkan. Maka nilai dari faktor perlindungan yaitu:

$$\begin{aligned} FP &= \frac{TID - TP}{TP} \times 100 \\ FP &= \frac{125 \text{ kV} - 95,7}{95,7 \text{ kV}} \times 100 \\ FP &= \frac{29,3 \text{ kV}}{95,7 \text{ kV}} \times 100 \% \\ FP &= 23,44 \% \end{aligned}$$

Dapat dihasilkan nilai jarak maksimum arrester terhadap transformator sebesar 2,745 meter. Pada penempatan dan penyambungan arrester dalam pemasangan transformator sebesar 2,5 m, dapat disimpulkan jarak penempatan dan penyambungan arrester masih dalam batas wajar, dan ketika terjadi gangguan sambaran petir, arrester tersebut dapat segera mengamankannya.

## III. HASIL DAN ANALISA

### A. Hasil

Dari hasil yang diperoleh maka penempatan FCO dan Arrester disimpulkan tetap efektif, tidak dipengaruhi letak penempatan adapun untuk Arrester maka jarak yang diperoleh dari hasil adalah 2,74 m, sedangkan untuk jarak yang sebenarnya dibawah dari jarak yang diperoleh dari perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa masih efektif

karena tidak melewati jarak 2,74 m.

## B. Pembahasan

### 1) Tingkat Isolasi Dasar

Transformator yang akan dilindungi terletak pada saluran udara tegangan menengah dengan data-data antara lain :

TABEL IV TINGKAT ISOLASI DASAR

No	Data	Keterangan
1	Kapasitas Terpasang	250 kVA
2	Tegangan Primer	20 kV
3	Tegangan Sekunder	220/380 V

### 2) Tegangan Pengenal Arrester

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan pengenal arrester sebesar 22 kV, dan mendekati nilai standar tegangan pengenal di SPLN 7:1978, tegangan pengenal pada arrester 20kV yaitu 24kV.

### 3) Arus Pelepasan Impuls dari Arrester

Sebelum menentukan nilai arus pelepasan nominal arrester, pada nilai impedansi hantaran udara tentunya harus di cari terlebih dahulu. Seperti data yang terdapat di hasil, telah diketahui nilai dari ketinggian kawat dari atas tanah yaitu sebesar 11 meter, lalu didapatkan nilai tegangan sisa maksimal pada arus nominal yaitu 87 kV, lalu terdapat nilai tegangan gelombang datang yang diperoleh dari tabel FOV (flash over voltage) 37 Standard discs yang ada pada lampiran, karena pada penyulang Teratai ini menggunakan 3 buah isolator hantaran, dimana nilai tegangan gelombang yang datang sebesar 355 kV, serta nilai jari-jari hantaran udara sebesar 5,4 mm. Maka besar arus pelepasan nominal pada arrester sebesar 1,25 kA.

TABEL V ARUS PELEPASAN IMPULS DARI ARRESTER

No.	Data	Keterangan
1.	Ketinggian Kawat diatas Tanah	11 m
2.	Tegangan sisa maksimal arus nominal	87 kV
3.	Nilai tegangan gelombang yang datang	355 kV
4.	Jari-jari kawat hantaran udara	5,4 mm
5.	Arus pelepasan nominal arrester	1,25 kA

### 4) Tegangan Kerja Arrester

Menurut SPLN 7:1978, Tegangan Kerja (tegangan pelepasan) merupakan tegangan yang muncul diantara kutub- kutub arrester selama mengalirnya arus pelepasan. Tegangan kerja arrester juga merupakan karakteristik yang sangat penting pada arrester sebagai

proteksi pada peralatan. Tegangan kerja ini dapat menentukan tingkat perlindungan dari arrester. Pada sistem distribusi 20 kV, sesuai dari tabel 3 pada Pedoman pemilihan tingkat isolasi transformator dan penangkap petir di SPLN 7:1978, telah ditetapkan sebesar 87 kV dengan nilai arus pelepasan nominal pada kelas 5 kA.

### 5) Faktor Perlindungan dan BIL Transformator

#### a) Faktor Perlindungan

Pada saat menentukan nilai faktor dari perlindungan, yang dihitung pertama kali ialah tingkat perlindungan dari arrester. Setelah dihasilkannya nilai tingkat perlindungan sebesar 95,7, dapat dilanjutkan mencari nilai faktor perlindungan dengan nilai TID transformator sebesar 125 kV yang telah ditetapkan. Maka nilai dari faktor perlindungan sebesar 23,44 %.

TABEL VI FAKTOR PERLINDUNGAN

No	Data	Keterangan
1	Tingkat Perlindungan	95,7 kV
2	TID Transformator	125 kV
3	Faktor Perlindungan	23,44%

Faktor Perlindungan yang dihasilkan nilainya lebih besar 20% dari faktor toleransinya, sehingga pada pemilihan arrester sudah memberikan faktor perlindungan yang sangat baik.

#### b) BIL Transformator

TABEL VII BIL TRANSFORMATOR

No	Peralatan di gardu induk	Tegangan Puncak impuls	Keterangan ketahanan frekuensi jala-jala (kV)
1	BIL Trasformator	75,0 kV	34,6 kV

### 6) Jarak Pemasangan Arrester dengan Peralatan yang dilindungi: Transformator Distribusi

Pada penempatan suatu sistem proteksi di gardu portal, tentunya terdapat jarak aman pada peralatan yang dilindungi dan dibutuhkan untuk keamanan pada transformator yang terpasang. untuk menentukan jarak lindung (L) perlu diketahui berapa kecuraman dari gelombang yang datang (du/dt) dan besar tegangan gelombang datang pada peralatan (Ut). Nilai kecuraman dari gelombang yang datang sebesar 500 kV/ $\mu$ s sesuai dengan ketetapan yang sudah dilampirkan pada tabel 2 karakteristik arrester di lampiran. Sehingga kecepatan gelombang tegangan lebih pada kawat udara sebesar 300 m/s, serta nilai pada tegangan gelombang datang pada jepitan transformator sebesar 125 / 1,3 = yaitu 96,15 kV. Maka jarak arrester dengan peralatan yang dilindungi yaitu transformator distribusi sebesar 2,745 m.

TABEL VIII JARAK PEMASANGAN ARRESTER DENGAN PERALATAN YANG DILINDUNGI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

No	Data	Keterangan
1	Nilai Kecuraman Gelombang	500 kV/ $\mu$ s
2	Kecepatan Gelombang pada Kawat udara	300 m/s
3	Tegangan Gelombang Jepitan Transformator	96,15 kV
4	Jarak Arrester	2,745 m

Dapat dihasilkan nilai jarak maksimum arrester terhadap transformator sebesar 2,745 meter. Pada letak penempatan dan penyambungan arrester dalam pemasangannya dilapangan sangat dekat dengan transformator sebesar 2,5 meter, dapat disimpulkan bahwa jarak penempatan dan penyambungan arrester masih dalam batas yang dibolehkan, dan ketika terjadi gangguan sambaran petir, arrester tersebut dapat segera mengamankannya.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Penempatan Arrester sebagai sistem proteksi pada jaringan tegangan menengah pada PT. PLN (Persero) PLTD Madapolo baik itu sebelum maupun sesudah Fuse Cut Out tetap efektif.
- 2) Pada perhitungan, jarak maksimum terhadap transformator sebesar 2,745 meter, sedangkan dalam pemasangannya dilapangan jaraknya dengan transformator adalah 2,5 meter, sehingga jarak penempatan dan penyambungan masih dalam batas yang diperbolehkan, dan ketika terjadi gangguan sambaran petir, arrester tersebut dapat segera mengamankannya.

##### B. Saran

Adapun beberapa saran yang bisa menjadi acuan untuk kedepannya yaitu agar penempatan Arrester lebih diperhatikan jaraknya, selalu dilakukan pemeliharaan agar penyaluran energy listrik melalui sistem jaringan tegangan menengah tidak mengalami gangguan.

#### V. KUTIPAN

- [1] Suswanto, Daman. "Sistem distribusi tenaga listrik." *Padang: Universitas Negeri Padang* (2009).
- [2] Rahayu, R., & Ansyori, A. (2014). ANALISA PROTEKSI PETIR PADA GARDU DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) RAYON INDERALAYA. *Jurnal Mikrotiga*, 1(3), Article 3. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jmt/article/view/2397>
- [3] Br, N. R. (2019). Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Transformator Distribusi 20 KV (Studi Kasus PT. PLN PERSERO Unit Lamongan). *Jurnal JE-UNISLA : Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power System*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.30736/je.v4i1.307>
- [4] Novizon, Septiyeni, T. U., & Wulandari, S. (2023). Effect of surge arrester lead length on 20kV distribution transformer protection. *AIP Conference Proceedings*, 2592(1), 060002. <https://doi.org/10.1063/5.0129204>
- [5] Ashari, D. F., L. R., & Alimin, A. (2021). Analisa Gangguan Gardu Distribusi Di PT PLN (Persero) ULP W <http://118.98.121.208/index.php/sntei/article/view/2876atang> Sawitto. *Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (SNTEI)*
- [6] Lothongkam, C., Patcharoen, T., & Yoomak, S. (2023). Effect of the drop out fuse connection scheme on the overvoltage and the surge arrester in a distribution system. *Energy Reports*, 9, 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.08.058>
- [7] Iriando, G. R., & Agung, A. I. (2019). STUDI KOORDINASI SISTEM PROTEKSI PADA zTRANSFORMATOR 20KV DI JARINGAN DISTRIBUSI 20KV PENYULANG BANDILAN. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 8(3). <https://doi.org/10.26740/jte.v8n3.p%>
- [8] [1] Shirakawa, S., Endo, F., Kitajima, H., Kobayashi, S., Goto, K., & Sakai, M. (1988). Maintenance of surge arrester by a portable arrester leakage current detector. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 3(3), 998–1003. <https://doi.org/10.1109/61.193879>
- [9] Sari, Nopita. "Analisa Pemindahan Beban Penyulang Sungai Sapih ke Penyulang Siteba Terhadap Drop Tegangan Di PT. PLN (Persero) Rayon Kurannji." *Jurnal Teknik Elektro* 7.2 (2018): 121-127.
- [10] Jurnal, Redaksi Tim. "KAJIAN PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER PADA SISI HV TRANSFORMATOR DAYA UNIT SATU

- GARDU INDUK TELUK BETUNG: Ibnu Hajar, Eko Rahman." *Energi & Kelistrikan* 9.2 (2017): 168-179
- [11] Manihuruk, Jonner, Toga Simorangkir, and Novrin L. Sitanggang. "Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 KV." *Jurnal ELPOTECs* 4.1 (2021): 16-25
  - [12] Bhaskara, I. Kadek Agus Yodha, I. Gede Dyana Arjana, and I. Made Suartika. "Analisa Kegagalan Lightning Arrester Pada Penyulang Sulahan Bangli." *Jurnal SPEKTRUM* Vol 6.3 (2019)
  - [13] Jurnal, Redaksi Tim. "KAJIAN PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER PADA SISI HV TRANSFORMATOR DAYA UNIT SATU GARDU INDUK TELUK BETUNG: Ibnu Hajar, Eko Rahman." *Energi & Kelistrikan* 9.2 (2017): 168-179
  - [14] Zhao, Shihua, et al. "Flashover voltage prediction of composite insulators based on the characteristics of leakage current." *IEEE Transactions on Power Delivery* 28.3 (2013): 1699-1708
  - [15] Iskandar, Dadang. "Sistem Informasi Gardu Induk dan Gardu Distribusi PLN." *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)*. Vol. 1. No. 2. 2015



M. Agil. N. H. Djalil lahir di Madapolo pada tanggal 08 desember 2000. Di tahun 2018 penulis mengenyam pendidikan kuliah di Universitas Sam Ratulangi Manado dengan jurusan Teknik Elektro, dan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik. Selama berkuliah di Universitas Sam Ratulangi penulis juga melakukan magang kurang lebih 3 bulan di PT. PLN (persero) PLTD Madapolo

pada bulan febuari-april 2022 dan pernah tergabung dalam organisasi kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Elektro (HME)