

Analisa Karakteristik Arrester Pada Gardu Distribusi 20 KV ST 350 Penyulang Merpati

Engla Harda Arya¹, Ermawati², Fadhli Palaha³

^{1,2,3}Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

Jln Dirgantara No 4 Arengka Raya, Pekanbaru, Riau 28125

E-mail: englahardaarya@gmail.com¹, ermawatip44@gmail.com², fadhlyy@yahoo.com³

Abstract

Arrester is one of the devices in the electric power system that can protect electrical equipment from external disturbances caused by lightning surge overvoltage. Analysis of arrester characteristics aims to improve the performance of the arrester in protecting the transformer from the danger of lightning strikes. Taking into account the factors affecting the surge voltage and current, the distance of the arrester, the steepness of the incident wave, the speed of the surge wave and the Basic Insulation Level (BIL). The arrester protection failure rate depends on the basic isolation level (TID) of the equipment, the operating voltage and the location of the arrester placement. From the results of the analysis and calculation of the TID of the Merpati Feeder transformer 5 kA with a voltage of 125 kV in a 20 kV system, it can be seen the working characteristics of the arrester with a rated voltage of 24 kV, a discharge voltage of 87 kV and a discharge current of 5 kA with a protection level of 95.7 kV. The wave steepness is 500 kV and the maximum distance is 2.745 meters, according to field results the installation distance is 2.1 meters. This situation is classified as safe because it is still below the safe distance limit.

Keywords: Arrester, lightning surge, arrester characteristics, distribution substation

Abstrak

Arrester adalah salah satu perangkat dalam sistem tenaga listrik yang dapat melindungi peralatan listrik dari gangguan eksternal yang disebabkan oleh tegangan lebih surja petir. Analisis karakteristik arrester bertujuan untuk meningkatkan kinerja arrester dalam melindungi trafo dari bahaya sambaran petir. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi tegangan dan arus surja, jarak arrester, kecuraman gelombang datang, kecepatan gelombang surja dan *Basic Insulation Level* (BIL). Laju kegagalan proteksi arrester tergantung pada tingkat isolasi dasar (TID) peralatan, tegangan operasi dan lokasi penempatan arrester. Dari hasil analisis dan perhitungan TID transformator Penyulang Merpati 5 kA dengan tegangan 125 kV pada sistem 20 kV dapat diketahui karakteristik kerja arrester dengan tegangan pengenalan 24 kV, tegangan pelepasan 87 kV dan arus pelepasan sebesar 5 kA dengan tingkat proteksi 95,7 kV. Kecuraman gelombang 500 kV dan jarak maksimum 2,745 meter, sesuai hasil lapangan jarak pemasangan 2,1 meter. Situasi ini tergolong aman karena masih di bawah batas jarak aman.

Kata kunci: Arrester, surja petir, karakteristik arrester, gardu distribusi

1. Pendahuluan

Gangguan terbesar pada sistem daya listrik terjadi pada tempat pendistribusian yaitu jaringan tegangan tinggi dan tegangan rendah. Sebagian besar sistem terdapat distribusi dan petir merupakan salah satu penyebabnya. Transformator merupakan komponen terpenting dalam sistem distribusi. Transformator yang digunakan merupakan transformator step down, tegangan diturunkan dari 20 kV ke 400/230 V.

Transformator dihubungkan pada jaringan tegangan menengah 20 kV dan diletakkan di area terbuka mengakibatkan terjadinya tegangan lebih akibat petir menyambar baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Sambaran petir menghasilkan potensial yang lebih tinggi dari kapasitas isolasi transformator, mengakibatkan kerusakan isolasi yang mematikan.

Arrester dipasang pada transformator distribusi 20 kV di setiap gardu distribusi untuk mencegah sambaran petir. Dalam keadaan

normal arester bertindak sebagai isolator. Jika terjadi surja, arester bertindak sebagai konduktor dan membumikan tegangan lebih akibat surja. Ketika sambaran yang terjadi telah dibumikan, arester dengan cepat kembali menjadi isolator.

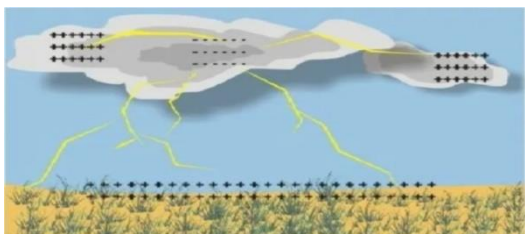
Gardu distribusi perlu perlindungan dari sambaran surja petir, karena peralatan yang terdapat pada gardu sangat dijaga supaya tidak terjadi gangguan sehingga apabila terjadi gangguan pada gardu distribusi maka keandalan pelayanan daya listrik ke konsumen akan terganggu, mengingat hal ini membuat penulis tertarik membahas bagaimana karakteristik arrester dengan aplikasi pada gardu distribusi 20 kV ST 350 Penyulang Merpati.

Adapun tujuan Penelitian ini untuk mengetahui kelayakan perlindungan arrester pada transformator gardu distribusi dan menentukan karakteristik arrester yang terdapat di saluran distribusi 20 kV ST 350 penyulang Merpati.

Gangguan Sambaran Petir Pada Gardu Distribusi

Surja petir adalah pemisahan muatan listrik alami di awan badai. Petir terjadi karena adanya pemusatan muatan akibat selisih tekanan udara dan suhu yang mengakibatkan udara bergerak ke atas. Uap air akan terbawa sampai ketinggian tertentu pada saat suhu udara sangat dingin oleh gerakan udara ke atas ini. Uap air larut dan berubah menjadi tetesan air, maka inilah yang dikatakan awan (Comulo Nimbus), hal ini dapat dilihat pada Gambar 1. Awan ini dapat memiliki lebar puluhan kilometer dan terdapat sejumlah sel awan individu yang besarmulai dari 7,5 hingga 18 kilometer.

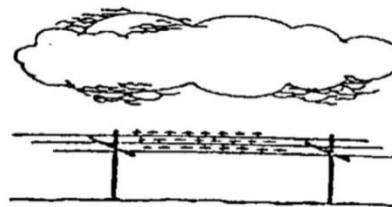
Awan yang terkandung muatan positif ini yang disebut Kristal es, yang mengandung muatan negatif disebut titik-titik air. Dalam Awan yang terkandung muatan positif ini yang disebut Kristal es, yang mengandung muatan negatif disebut titik-titik air. Dalam kebanyakan kasus, pergerakan partikel ini menghasilkan muatan negative didasar awan.



Gambar 1. Sambaran Petir

Gardu Distribusi yang lebih dikenal dengan sebuah tempat instalasi listrik yang terdapat alat pemutus, penghubung, pengaman serta transformator distribusi untuk memenuhi keperluan daya listrik untuk konsumen, baik jaringan tegangan menengah (JTM 20 kV) maupun jaringan tegangan rendah (JTR 220/380 V)

Gangguan Sambaran Petir Pada jaringan Tegangan Menengah dapat menyambar langsung ke penghantar sehingga sangat mungkin terjadi penghantarnya akan memutus karna gelombang petir menyebabkan tegangan impuls melebihi BIL (*Basic Insulation Level*) dari penghantar. Maka saat sambaran surja mengenai SUTM dan induksi dari petir menyebar ke berbagai penjuru, gelombang merambat sepanjang jaringan menuju pusat lain yang dapat menetralkan arus petir yaitu titik pembumian.



Gambar 2. Muatan di saluran Distribusi

Tegangan Lebih Surja Petir

Tegangan lebih yaitu tegangan yang dapat ditahan untuk beberapa saat saja dalam periode terbatas (Saiful Amri, 2018). Tegangan lebih petir adalah tegangan lebih aperiodik biasa disebabkan faktor luar (*External Over Voltage*). Petir terbentuk dari pelepasan muatan listrik oleh lidah api listrik tegangan tinggi di atmosfer bumi. Muatan listrik memiliki daya tarik antara muatan yang berbeda. Sifat ini digunakan untuk lebih mengerti bagaimana sambaran petir terjadi dan bagaimana mengurangi resiko sambaran petir dengan memanfaatkan penangkal petir yang tepat.

A Sebab – sebab terjadinya tegangan lebih, yaitu :

- 1) Tegangan lebih petir (*lighting over voltage*) terjadi pada peralatan listrik secara langsung, tidak langsung dan induksi.
- 2) Tegangan lebih surja hubung (*switching overvoltage*). Peralihan tegangan karena aktifitas on/off saklar.

3) Gangguan sistem disebabkan tegangan lebih sementara. Bentuk gelombang tegangan lebih akibat sambaran petir dan surja dicontohkan oleh kenaikan tegangan yang cepat diikuti dengan penurunan bertahap atau lambat.

Arrester

Arrester merupakan proteksi untuk sistem tenaga listrik jika terjadi tegangan lebih karena adanya sambaran atau surja hubung (*switch surge*). Biasanya arrester bekerja untuk membuat jalan pintas (*by pass*) dan mengalirkan tegangan lebih surja petir ke dalam bumi. Arrester kemudian membuat jalan untuk arus surja petir agar mudah dilewati. Jalan pintas itu dibuat agar tidak mengganggu aliran arus sistem. Arrester dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Arrester

Komponen Arrester

Ada beberapa komponen dari arrester :

1. Elektroda berfungsi sebagai terminal arrester. Elektroda atas dihubungkan ke sumber tegangan, elektroda bawah dihubungkan ke bumi.
2. Sela Percikan (*spark gap*) adalah celah percikan yang beroperasi jika terjadi tegangan lebih dan tekanan gas yang dihasilkan oleh tabung serat yang terbakar akan menyebabkan celah percikan menghasilkan busur.
3. Resistansi Katup dikenal sebagai resistansi non-linier yang sering digunakan dalam arrester. Ketika terjadi perubahan tegangan yang cepat, komponen ini biasanya terbuat dari bahan yang mudah diubah.

Prinsip Kerja Arrester

Arrester bekerja dengan tegangan diatas tegangan kerja dapat menghilangkan muatan listrik dari surja petir kemudian dimatikan dengan tegangan diatas tegangan kerja untuk memastikan bahwa tidak ada arus pada tegangan operasional.

Arrester bekerja membentuk jalan agar bisa dialiri petir dan tidak menimbulkan tegangan lebih pada transformator. Keadaan normal arrester berfungsi sebagai isolasi namun saat ada surja petir, arrester akan mengalirkan arus lebih ke bumi. Ketika lonjakan telah berlalu, arrester

dapat menutup dengan cepat, mencegah pemutus listrik terbuka.

Arrester terdiri dari 2 komponen yaitu celah percikan atau sela api dan resistor katup. Keduanya terhubung secara berurutan. Margin atas dan bawah tegangan percikan menentukan tegangan sistem maksimum dan level insulasi komponen yang proteksi. Arrester juga memiliki tahanan katup dan pengatur tegangan atau sistem penilaian untuk aplikasi yang lebih khusus.

Tegangan sistem bolak-balik akan terus melengkung sampai pemutus beban dibuka dalam hal ini dimungkinkan untuk memadamkan api dengan menghubungkan dengan tahanan. Namun jika resistansinya tetap, penurunan tegangan cukup besar dan dan tujuan menghilangkan tegangan lebih tidak tercapai dan tujuan melindungi insulasi gagal. Jika arus dan tegangan keduanya tinggi, disarankan untuk menggunakan resistor katup dengan kualitas tertentu, seperti resistansi rendah. Selama tegangan lebih mencapai nilai maksimum nya, proses penurunan.

Dalam situasi ini, tegangan lebih menyebabkan penurunan tegangan yang cepat secara bertahap, membatasi penurunan tegangan meskipun arus tinggi. Ketika tegangan lebih dikeluarkan dan hanya tegangan biasa yang tersisa, resistansi naik, membatasi arus sekunder menjadi sekitar 50 Ampere. Ketika tegangan sistem mencapai titik nol pertama, saluran api mematikan arus sekunder sehingga peralatan ini berlaku seperti katup yang menyumbat arus, disinilah menghasilkan nama tahanan kran.

Karakteristik Arrester

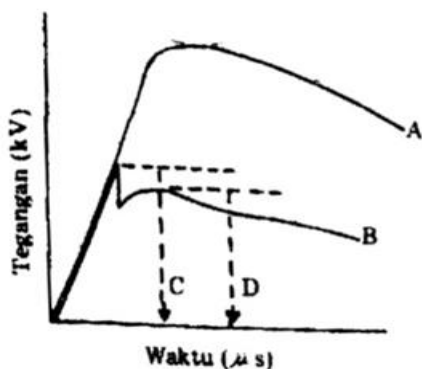
Arrester digunakan sebagai pelindung terhadap surja petir, karakteristik nya dapat diketahui dibawah ini :

- a. Memiliki tegangan dasar yang tidak boleh melebihi (rated) 50 c/s.
- b. Memiliki sifat yang dibatasi oleh tegangan (*voltage limiting*) jika di lewati bermacam macam arus.
- c. Memiliki batas panas.

Sistem proteksi tegangan harus memenuhi karakteristik untuk menjaga tekanan pada insulasi di buat serendah mungkin yaitu :

- a. Tegangan lebih dapat dibuang ke tanah tanpa menghasilkan korsleting (*saturated ground fault*).
- b. Dapat digunakan untuk menghentikan aliran balik.
- c. Tingkat perlindungan yang rendah menunjukkan tegangan pelepasan dan pemutusan yang rendah.

Perubahan yang paling menonjol dalam karakteristik proteksi arester adalah tegangan tembus dan tegangan pelepasan maksimum yang sebanding dengan tegangan dasar untuk bentuk surja yang diberikan. Tegangan tembus, juga dikenal sebagai tegangan percikan, harus setinggi 50 c/s untuk menjaga retensi muatan yang diinduksi oleh hubung singkat ke arde dan hubung singkat seminimal mungkin. Tegangan pelepasan, juga dikenal sebagai tegangan sisa atau tegangan jatuh, adalah tegangan terminal antara arester ketika membawa arus surja. Pentingnya efek arester pada surja tegangan lebih ditunjukkan dengan jelas pada Gambar 4. Efisiensi proteksi dinyatakan oleh tegangan penahan. Tegangan kegagalan intermiten untuk impuls curam mungkin lebih tinggi dari tegangan sisa. Hal ini dianggap tidak begitu penting karena waktunya sangat singkat sebelum kegagalan terjadi.



Gambar 4. Pengaruh Arestor Terhadap Surja Tegangan [2]

Keterangan gambar :

- A = gelombang surja di gardu tanpa arester
 B = gelombang surja di gardu dengan arester
 C = tegangan percikan arester
 D = tegangan pelepasan (sisa)

Data Pengenal Arestor

A. Tegangan Pengenal

Tegangan nominal dimana arester masih dapat bekerja berdasarkan fitur-fiturnya. Sementara secara efisien memotong arus tindak lanjut sistem dikenal sebagai tegangan arester. Arestor tidak mampu beroperasi pada tegangan maksimum yang dirancang sistem. Tegangan pengenal arester harus lebih tinggi dari tegangan fasa ke ground, atau arester akan terlalu banyak arus bersama sistem yang menyebabkan kelebihan beban termal dan menyebabkan arester gagal. Berikut ini adalah contoh tegangan tinggi :

- Tegangan sistem tertinggi (*sistem highest voltage*) yang harganya 110 % dari sistem tegangan nominal.
- Koefisien pentanahan dihitung dengan membagi tegangan rms fasa ke tanah dalam keadaan gangguan di lokasi arester dengan tegangan rms fasa ke fasa terbesar sistem dalam keadaan tanpa gangguan. Jadi tegangan pengenal dari arester (arrestor rating) adalah tegangan rms fasa ke fasa $\times 1.10 \times$ koefisien pentanahan.
- Koefisien dari pentanahan yang ditanahkan langsung adalah 0,8, arester 80% adalah nama yang diberikan untuk jenis arester ini. Koefisien pentanahan suatu sistem yang tidak ditanahkan secara langsung adalah 1,0, arester dikenal sebagai “100% arester”.

B. Arus Peluahan Nominal

Yaitu arus peluahan dengan nilai puncak dan bentuk gelombang tertentu untuk mengelompokkan arester berdasarkan kapasitasnya untuk melewati arus sifat proteksi. Bentuk gelombang arus pelepasan adalah:

1. Berikut standar IEC 600099-4 pada arester tanpa sela percik dengan besar puncak arus impuls $8 \mu\text{s} / 20 \mu\text{s}$ dengan menggunakan :
 - a. tegangan nominal $\leq 36 \text{ kV}$, arus peluahan arester 2,5 kA.
 - b. tegangan nominal $\leq 132 \text{ kV}$, arus peluahan arester 5 kA.
 - c. tegangan nominal 3-360 kV, arus peluahan arester 10 kA.
 - d. tegangan nominal diatas 360 kV hingga 756 kV, arus peluahan arester 20 kA,
2. Beberapa standar IEC 60099-1 pada arester tipe sela percik dengan klarifikasi arester mengalirkan arus peluahan $10 \mu\text{s} / 20 \mu\text{s}$ yaitu:
 - a. Di gardu induk, gardu ditempat-tempat yang sering terjadi petir dan sistem tegangan 66 kV digunakan 10 kA, $10/20 \mu\text{s}$.
 - b. Di gardu induk sering digunakan 5 kA, $10/20 \mu\text{s}$: dengan tegangan $\leq 66 \text{ kV}$.
 - c. 2,5 kA, $10/20 \mu\text{s}$: pada sistem tegangan $\leq 22 \text{ kV}$ ini adalah konfigurasi yang paling umum.
 - d. 1,5 kA, $10/20 \mu\text{s}$: dengan tegangan $\leq 22 \text{ kV}$ ini biasa digunakan dalam sistem distribusi.

C. Frekuensi Pengenal

Frekuensi sistem tempat arester dipasang.

D. Tegangan Percik Frekuensi Daya

Pada saat terjadi *short circuit* atau fasa ke ground dan pada ketika operasi penyakelaran, besar tegangan frekuensi daya efektif yang dapat mencegah arrester terputus dari percikan. Maka ditentukan tegangan percikan frekuensi jala-jala terkecil.

1. Tegangan percik jala - jala minimum 1,6 kali tegangan pengenalan arrester berdasarkan standar Inggris
2. Tegangan percik jala-jala minimum 1.5 kali tegangan pengenalan arrester menurut standar IEC

E. Tegangan Percik Impuls Maksimal

Yaitu tegangan lonjakan puncak $1,2/50$ s menjamin bahwa celah arrester akan terciprat atau arrester akan beroperasi. Contohnya sebuah arrester memiliki tegangan percik impuls tertinggi 65 kV. Kalau arrester dikasih tegangan 65 kV - $1,2/50$ μ s, arrester akan terpercik 5 kali.

F. Tegangan Peluahan atau Tegangan Sisa

Artinya bila membawa arus surja dengan ukuran yang sama dengan arus peluahan nominal tegangan pada terminal arrester. Tegangan tegangan sisa dan tegangan nominal arrester ditentukan oleh kecuraman gelombang arus masuk (di/dt dalam A/ μ s) dan amplitudo arus peluahan. Arus impuls 8 s / 20 s (standar IEC) digunakan arus peluahan puncak 5 kA dan 10 kA dari arrester untuk memperkirakan tegangan sisa. Secara umum tegangan sisa tidakn melebihi batas BIL (*Basic Insulation Level*) dari perangkat yang dilindungi walaupun arus pelepasan tertinggi mencapai 65 kA - 100 kA.

G. Tegangan Dasar (*Cut-out Voltage*)

Tegangan bolak balik tertinggi yang diizinkan di terminal arrester, dimana arus susulan disebabkan tegangan tersebut masih dapat dikendalikan.

H. Tegangan Gagal sela

Tegangan yang menyebabkan celah arrester terpercik bila terkena tegangan surja dengan kecuraman muka gelombang 100 kV/s dan 12 kV tegangan pengenalan arrester.

I. Karakteristik Volt-Waktu (*V-t*)

Merupakan fitur yang menggambarkan hubungan antara tegangan serta waktu percik antara arrester.

J. Margin

Kemampuan perangkat menahan tegangan surja petir, jika dipasang pada suatu sistem bertegangan tertentu (*basic Impuls Level*). Margin adalah selisih antara BIL perangkat yang diproteksi yang diberikan oleh arrester yang melindunginya. Margin ditetapkan 20 - 30% dari BIL perangkat.

K. Arus Peluahan Maksimal

Yaitu nilai maksimal dari arus surja $5/10$ μ s dapat diartikan tidak sampai merusak arrester. Arus peluahan maksimum arrester saat ini direncanakan sebesar 100 kA untuk arrester tipe gardu induk dan 65 kA untuk arrester tipe saluran.

2. Metodologi

Dalam menyusun karya ilmiah ini, penulis melakukan metode penelitian antara lain :

1. Studi lapangan
Bagaimana arrester bekerja apabila terjadi surja petir, kemampuan arrester menahan surja petir, serta melakukan perhitungan jarak arrester yang baik terhadap transformator
2. Perumusan Masalah
Permasalahannya yaitu berapa jauh jarak lindung arrester terhadap transformator ketika surja petir terjadi serta karakteristik kerja arrester
3. Studi Literatur
Mempelajari teori-teori dasar mengenai arrester serta gardu distribusi dan karakteristik transformator
4. Pengumpulan Data
 - A. Data Primer
Single line gardu distribusi penyulang Merpati, tipe transformator dan gambar dalam penelitian.
 - B. Data Sekunder
Melakukan pengumpulan referensi dari berbagai sumber yang berhubungan dengan penelitian.
5. Pengolahan Data
Semua data yang telah dikumpulkan akan dihitung dan dianalisa
6. Analisa
Menganalisa hasil perhitungan tingkat kelayakan arrester dalam bekerja dan menghitung jarak antara arrester dan transformator.

7. Kesimpulan

Menghasilkan kesimpulan dan saran dari data yang diolah serta analisa perhitungan.

Penelitian ini berlokasi pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Simpang Tiga Penyulang Merpati, Pekanbaru. Pangkal penyulang terdapat di Transformator Daya Gardu Distribusi.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini membahas analisa arrester terhadap jarak lindung ke transformator terhadap surja petir. Untuk melakukan analisa arrester hal yang perlu diperhatikan yaitu spesifikasi arrester dan trafo pada penyulang Merpati. Untuk menganalisis saluran 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Simpang Tiga Pekanbaru menggunakan konsep koordinasi isolasi, untuk itu diperlukan data perangkat arrester Feeder Merpati ULP Simpang Tiga. Data arrester terbagi 3 bagian yaitu :

1. Iklim :

- Letak geografis : Equator
- Ketinggian Lokasi : 5-50 meter diatas permukaan laut
- Kelembapan : 46% - 62%
- Ambien Temperatur : Rata-rata perhari 23°C

2. Jenis Jaringan

- Jari - jari penghantar udara 5.625 mm, penghantar konduktor jenis bahan aluminium (AI) yang dipilin bulat padat, A3CS
- Tinggi kawat diatas tanah 10,5 meter
- Dengan tahanan titik netral ditetapkan 40 ohm

3. Karakteristik Arrester

- Tegangan *start* 20 kV
- Arus pelepasan nominal 5 kA
- Tegangan gagal sela muka gelombang 100 kV
- Tegangan gagal sela standard 87 kV
- Pada arus normal, tegangan residual maksimum 87 kV

3.1. Menentukan Tingkat Isolasi Dasar (TID) dan Data Tegangan Pengenal Pada Lightning Arrester

Tegangan sistem tertinggi sebesar 110 % dari sistem tegangan nominal.

$$\begin{aligned} V \text{ nominal} + 110\% & \text{ (faktor toleransi)} \\ V \text{ max} & = V \text{ nominal} \times 1.1 \\ V \text{ max} & = 20 \times 1.1 \end{aligned}$$

$$= 22 \text{ kV}$$

Tegangan pengenal arrester

$$\begin{aligned} VP & = V \text{ max} \times 1 \text{ (100\% koefisien} \\ & \text{ pentanahan yang dipilih)} \\ & = 22 \times 1 \\ & = 22 \text{ kV} \end{aligned}$$

Jadi tegangan pengenal sistem 20 kV sebesar 24 kV.

3.2. Penentuan Arus Pelepasan Impuls Arrester

Feeder Merpati memiliki 3 isolator dengan tegangan gelombang berjalan adalah 355 kV, jari-jari penghantar adalah 5,62 mm, dan tinggi penghantar dari bumi 10,5 meter.

Impedansi konduksi udara adalah :

$$\begin{aligned} z & = 60 \ln \frac{2h}{r} \text{ ohm} \\ z & = 60 \ln \frac{2 \times 10,5 \text{ m}}{5,625 \times 10^{-3}} \text{ ohm} \\ z & = 493,50 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Impedansi konduksi arrester adalah 500 ohm, besar arus peluahan impuls arrester adalah :

$$\begin{aligned} I_a & = \frac{2 U_d - U_a}{z} \\ & = \frac{2 \times 355 - 87}{500} \\ & = 1.246 \text{ kA} \end{aligned}$$

Arus pelepasan 1.246 kA, menunjukkan kelompok arus 5 kA sangat baik.

3.3. Tegangan Pelepasan (Tegangan Kerja)

Tegangan pelepasan merupakan karakteristik arrester untuk perlindungan peralatan yang penting. Tingkat perlindungan dari arrester ditentukan oleh tegangan kerja. Tegangan peluahan arrester didasarkan pada tegangan pengenal 24 kV dan arus peluahan 5 kA atau 10 kA sebesar 87 kA berdasarkan ketentuan tegangan percikan arrester.

3.4. Faktor Perlindungan

TP (Tingkat Perlindungan) = $V_a \times 110\%$

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

Tingkat proteksi petir diatur ke 95,7 kV dengan TID trafo 125 kV. Maka diketahui faktor perlindungannya yaitu :

$$FP = \frac{TID - TP}{TP} \times 100\%$$

$$= \frac{125 - 95,7}{95,7} \times 100\% \\ = 23,44\%$$

3.5. Analisis Penempatan Dan Penyambungan Arrester

$$L = \frac{U_t - U_a}{\frac{2 du}{dt}} \times v$$

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

$$L = \frac{96,15 - 87}{2 \times 500} \times 300 = 2,745 \text{ meter}$$

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

$$L = \frac{96,15 - 87}{2 \times 1000} \times 300 = 1,372 \text{ meter}$$

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

$$L = \frac{96,15 - 87}{2 \times 1500} \times 300 = 0,915 \text{ meter}$$

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

$$L = \frac{96,15 - 87}{2 \times 2000} \times 300 = 0,686 \text{ meter}$$

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan di PT.PLN ULP Pekanbaru Penyulang Merpati dapat disimpulkan :

1. Arus pelepasan pada data sistem di PT. PLN (Persero) ULP Simpang Tiga Penyulang Merpati 20 kV adalah 1, 246 kA, menunjukkan bahwa kelompok arus 5 kA sangat baik.
2. Karakteristik arester gardu distribusi 20 kV di Penyulang Merpati tegangan pengenal yaitu 22 kV, tegangan 87 kV dan arus pelepasan nominalnya yaitu 5 kA.
3. Lokasi terjauh arester dengan transformator berdasarkan kerja arester dibawah 2,745 meter. Berdasarkan data di lapangan didapat perbandingan jarak penempatan arester dengan transformator 2,1 m, dengan ini letak dan sambungan arester dapat dikatakan sesuai dengan standar kecuraman PT.PLN (Persero).

4. Untuk kecuraman 500 kV jarak maksimum yang dipakai 2,745 dan tidak boleh melebihi itu, apabila kecuraman gelombang 500 kV dan jarak yang dipakainya pada kecuraman 1000 kV, 1500 kV, ataupun 2000 kV maka arrester tidak dapat bekerja dengan baik dan memungkinkan arrester pecah karna tidak mampu menahan, karena tiap-tiap kecuraman gelombang ada standar jarak maksimumnya

Daftar Pustaka

- [1] Ahmad Teguh Andika Pratama. "Analisa Pengaruh Surja Petir Terhadap Lightning Arrester Pada Gardu Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) ULP Tandes". Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. 2019.
- [2] Arismunandar, A. Teknik Tenaga Listrik Jilid I. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta. 2000
- [3] A.Muh. Arief Bijaksana, Faridah, Muhammad Ali Jubbar,. "Analisa Pemanfaatan Lightning Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Bolangi", Program Studi Elektro Universitas Islam Makasar, Vol 13.2018.
- [4] Hutaeruk. Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja. Jakarta: Erlangga.1998.
- [5] Habib Yogi Wirawan, M. Saleh, Emidiana. "Kemampuan arrester sebagai pengaman transformator di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Keramasan, Fakultas Teknik Elektro, Universitas PGRI, Vol 18.2021.
- [6] Harrij Mukti K. "Analisis Penentuan Penempatan Arrester Sebagai Pengaman Transformator Distribusi 20 kV", Vol 10. 2012
- [7] Muh. Paisal, Ahmad Imam Ma'arif. "Analisis Kinerja Arrester Akibat Induksi Sambaran Petir".2020
- [8] Parera M. Lory, Permana Ari,. "Analisis Perlindungan Transformator Distribusi Yang Efektif Terhadap Surja Petir" , jurnal TEKNOLOGI, Volume 6 Nomor 2,;671-678 . 2009
- [9] Rahayu, Ansyori,. "Analisa Proteksi Petir Pada Gardu Distribusi 20 kV PT.PLN (Persero) Rayon Inderalaya", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Volume 1.2014.
- [10] Saiful Amri dan Wahyuddin. "Analisa Arrester Pada Jaringan Distribusi 20 kV di PT.PLN Rayon Soppeng. 2018
- [11] SPLN D5.006. Pedoman Pemilihan Arrester Untuk Jaringan Distribusi 20 kV. 2013

- [12] T. S. Hutauruk. Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja. Jakarta: Erlangga. 1991
- [13] Zoro, R. Lightning Arrester Pada Jaringan Transmisi & Distribusi Tenaga Listrik, Bandung : ITB. 2011.