

Analisa Penggunaan *Lightning Arrester* (LA) Pada Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk 150 KV PLTU Rembang

Sandy Ryan Handoko

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas PGRI Semarang

Jalan Sidodadi Timur no.24 Dr.Cipto, Semarang, Central Java

*Email : sandyryan775@gmail.com

Abstrak— Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat. Namun dalam penyalurannya masih sering mengalami gangguan pada jaringan transmisi dan distribusi yang salah satunya disebabkan oleh petir. Sambaran petir dapat mengakibatkan tegangan lebih yang dapat membahayakan isolator pada saluran serta pada peralatan listrik lainnya apabila dibiarkan mengalir pada sistem dan tersalurkan ke beban. Arrester adalah peralatan pengaman instalasi dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir maupun oleh surja hubung. Arrester bekerja pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi untuk membuang muatan listrik dari surja petir dan berhenti beroperasi pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada jaringan operasi.

Kata Kunci : Lightning Arrester, Konduktor, Petir.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik yang sampai ke pelanggan atau pun konsumen diperlukan keandalan agar dalam pendistribusian energi listrik tidak terjadi gangguan. Gangguan yang disebabkan adanya arus lebih di sistem transmisi menimbulkan terputusnya pasokan listrik ke beban dan menyebabkan kerugian pada sistem transmisi maupun kerugian pada konsumen. Dengan adanya sistem proteksi diharapkan dapat meminimalisir area gangguan dan sebagai pengaman peralatan listrik sehingga memenuhi kriteria feasibilitas dan ekonomis untuk menyediakan tenaga listrik secara handal dan berkualitas. Kesalahan operasi disebabkan oleh sistem proteksi yang bekerja tidak semestinya akibat kekeliruan setting atau kekeliruan operasi sistem.

II. LANDASAN TEORI

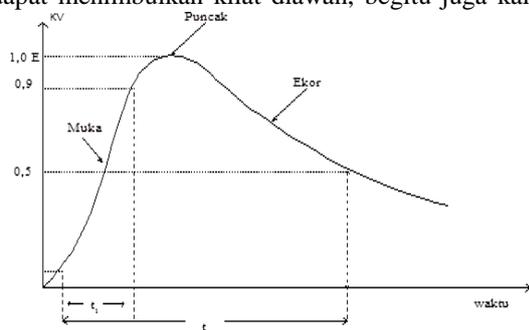
A. SURJA PETIR

Petir adalah pelepasan muatan yang terjadi antara awan, dalam awan atau antara awan dengan tanah. Dimana dalam awan terdapat muatan positif dan muatan negatif, jika muatan ini bertemu maka akan terjadi tarik menarik yang dapat menimbulkan kilat di awan, begitu juga kalau

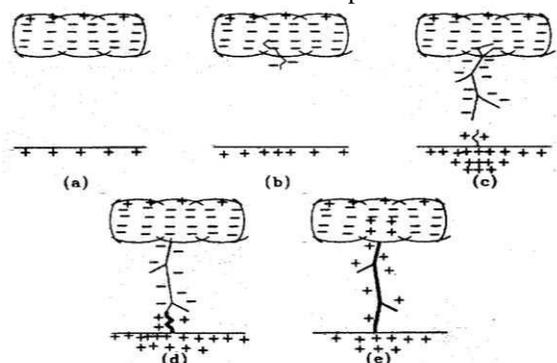
muatan negatif dan muatan negatif dekat akan terjadi tolak menolak, juga akan terjadi ledakan / kilat. Bumi merupakan gudang muatan positif maupun negatif, jika pelepasan muatan dari petir dekat dengan bumi, maka akan terjadi sambaran petir ke bumi. Bila petir mengenai langsung ke penghantar, kemungkinan besar penghantar tersebut akan putus karena gelombang petir yang menimbulkan tegangan impuls melebihi BIL (*Basic Insulation Level*) dari penghantar. Kalau petir yang mengenai penghantar bukan sambaran langsung tetapi induksi dari petir, gerak dari gelombang petir itu menjalar ke segala arah dengan perkataan lain terjadi gelombang berjalan sepanjang jaringan yang menuju suatu titik lain yang dapat menetralkan arus petir tersebut yaitu menuju ke titik pentanahan.

Gambar 2.1 Proses Terjadinya Petir

Gambar 2.2 menunjukkan karakteristik standar gelombang surja petir, dimana t_1 menggambarkan waktu muka gelombang dan t_2 menunjukkan waktu ekor gelombang.



Gambar 2.2 Bentuk standar gelombang surja petir



Sambaran petir terdiri dari:

1. Sambaran Langsung

Sambaran langsung adalah sambaran petir ke arah fasa konduktor dan penunjang fasa konduktor (tiang). Tetapi, yang sering terjadi adalah sambaran petir yang langsung menuju fasa konduktor dari sistem tenaga. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan (probabilitas) dari sambaran petir menuju ke fasa konduktor lebih besar.

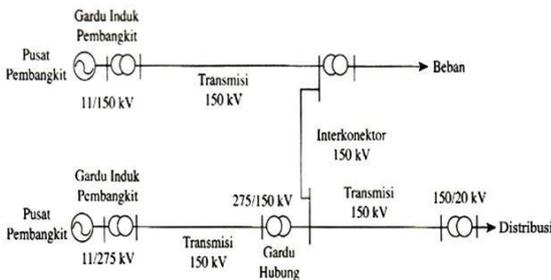
2. Sambaran Tidak Langsung

Sambaran tidak langsung adalah peristiwa sambaran petir yang terjadi di dekat sistem tenaga. Sambaran tersebut dapat berupa sambaran petir dari awan ke tanah ataupun sambaran petir dari awan ke awan. Biasanya sambaran petir ini lebih berpengaruh pada saluran tegangan menengah dibandingkan dengan saluran tegangan tinggi. Akibat adanya sambaran ini, akan timbul medan eletromagnetik yang dapat menginduksikan tegangan pada saluran sistem tenaga.

B. GARDU INDUK

Tegangan yang dibangkitkan generator terbatas dalam belasan kilovolt, sedangkan transmisi membutuhkan tegangan dari puluhan sampai ratusan kilovolt, sehingga diantara pembangkit dengan transmisi dibutuhkan trafo daya *step up*. Maka, semua perlengkapan yang terpasang di sisi sekunder trafo ini harus

mampu memikul tegangan tinggi. Sebaliknya, tegangan transmisi dari puluhan sampai ratusan kilovolt, sedangkan konsumen membutuhkan tegangan dari ratusan volt sampai puluhan kilovolt, sehingga diantara transmisi dengan konsumen dibutuhkan trafo daya *step down*. Semua perlengkapan yang terpasang disisi primer trafo ini juga harus bisa memikul tegangan tinggi. Trafo — trafo daya ini bersama dengan perlengkapan — perlengkapannya disebut gardu induk.



Gambar 2.3 Diagram garis sistem tenaga listrik interkoneksi

1. Arrester

Arrester adalah suatu alat bagi pelindung suatu sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Alat pelindung terhadap surja petir ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah.

1.1 Prinsip Kerja Arrester

Pada keadaan tegangan jaringan normal, sampai 1,1 tegangan nominal pelindung berperan sebagai isolasi atau idealnya tidak mengalirkan arus dari jaringan tanah. Tetapi jika suatu tegangan lebih impuls tiba pada terminal alat pelindung, maka alat pelindung segera berubah menjadi penghantar dan mengalirkan arus impuls ke tanah sehingga amplitude tegangan lebih yang merambat menuju peralatan yang dilindungi berkurang menjadi dibawah ketahanan tegangan impuls peralatan yang dilindungi.

1.2 Bagian-bagian arrester

a. Elektroda

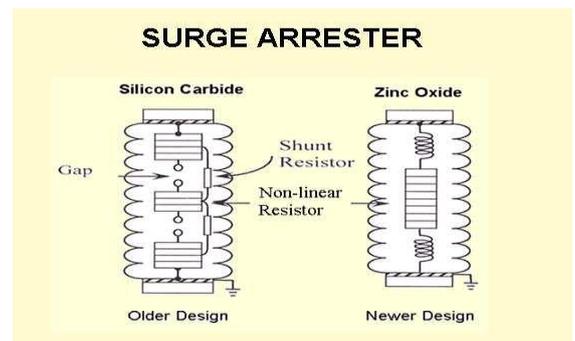
Terdapat dua elektroda pada arrester, yaitu elektroda atas yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dan elektroda bawah yang dihubungkan ke tanah.

b. Spark gap

Apabila terjadi tegangan lebih oleh surja petir atau surja hubung pada arrester yang terpasang, maka pada spark gap atau sela percik akan terjadi busur api.

c. Tahanan Katup

Tahanan yang digunakan dalam arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah bila mendapatkan perubahan tegangan.

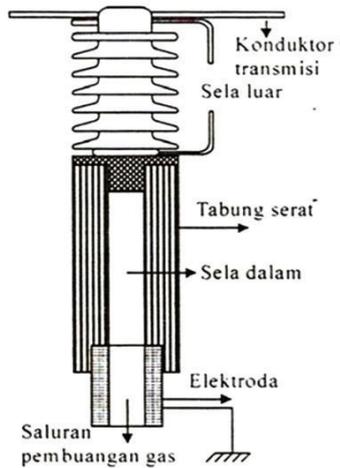


Gambar 2.4 Bagian – bagian Arrester

1.3 JENIS-JENIS ARRESTER

1.3.1 *Arrester* Jenis Ekspulsi

Digunakan pada sistem tenaga listrik bertegangan hingga 33 kV. Konstruksinya diperlihatkan pada gambar 2.5. *Arrester* ini mempunyai dua sela yang terhubung seri, yaitu sela luar dan sela dalam. Sela dalam ditempatkan di dalam tabung serat (Fiber), elektroda sela dalam yang dibumikan dibuat berbentuk pipa. Keberadaan dua pasang elektroda ini membuat *arrester* mampu memikul tegangan tinggi frekuensi daya tanpa menimbulkan korona dan arus bocor ke tanah. Tegangan tembus sela luar dibuat lebih rendah daripada tegangan lompatan api isolator pendukung sela luar.



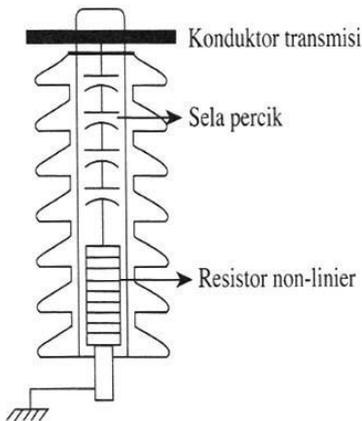
Gambar 2.5 *Arrester* jenis ekspulsi

1.3.2 *Arrester* Jenis Katup

Berdasarkan sela perciknya, *arrester* katup terdiri dari:

- *Arrester* Katup Sela Pasif

Arrester sela pasif digunakan pada jaringan distribusi hantaran udara.



Gambar 2.6 *Arrester* katup

Arrester ini terdiri dari sela percik, resistor nonlinier dan isolator tabung. Sela percik terdiri dari beberapa susunan elektroda plat — plat terhubung seri. Sela percik dan resistor nonlinier keduanya ditempatkan didalam tabung isolasi tertutup, sehingga kerja *arrester* ini tidak dipengaruhi oleh keadaan udara sekitar.

Resistor non-linier terbuat dari beberapa silikon karbida (silicon carbide) yang terhubung seri. Ukuran diameter piring kurang lebih 90 mm, sedangkan tebalnya kurang lebih 25mm. Nilai resistansi resistor ini sangat besar ketika melewati arus lemah, tetapi nilai resistansinya sangat rendah ketika dilewati arus kuat.

- *Arrester* Katup Sela Aktif

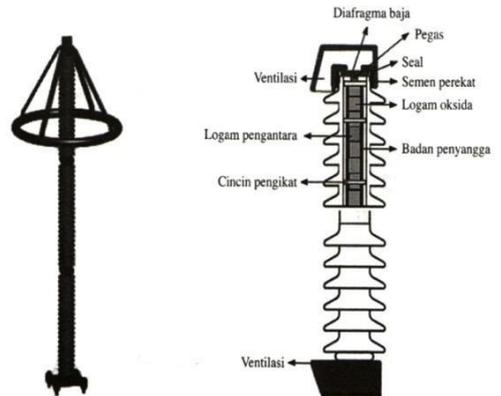
Arrester sela aktif digunakan pada jaringan tegangan tinggi dan titik pusat jaringan distribusi.

Konstruksi *arrester* katup sela aktif hampir sama dengan *arrester* katup sela pasif, perbedaannya terletak pada metode pemadaman busur api pada sela percik. Pada *arrester* katup sela aktif, untuk memadamkan busur api, yaitu memperpanjang dan mendinginkan busur api dengan cara membangkitkan medan magnet pada sela percik.

- *Arrester* Katup Tanpa Sela Percik

Arrester tanpa sela digunakan untuk semua tingkat tegangan.

Konstruksi *arrester* jenis tanpa katup diperlihatkan pada gambar 2.7. *Arrester* ini tidak menggunakan sela percik seperti halnya kedua *arrester* katup terdahulu, tetapi hanya menggunakan resistor *non-linier* yang terbuat dari logam oksida (*Metal Oxide*). Karena bahan utamanya adalah logam oksida, dalam praktik sehari-hari *arrester* ini dinamai *arrester MO*



Gambar 2.7 Konstruksi *arrester* logam oksida

Berdasarkan penempatannya *arrester* katup terbagi dalam tiga jenis:

- *Arrester* Katup Jenis Gardu

Arrester katup jenis gardu ini adalah jenis yang paling efisien dan juga paling mahal. Perkataan “gardu” di sini berhubungan dengan pemakaiannya secara umum pada gardu induk besar. Umumnya dipakai untuk melindungi alat-alat yang mahal pada rangkaian-rangkaian mulai dari 2.400 volt sampai 287 kV dan lebih tinggi.

- *Arrester* katup Jenis Saluran

Arrester jenis saluran ini lebih murah dari *arrester* jenis gardu. Kata “saluran” disini bukanlah berarti untuk perlindungan saluran transmisi. Seperti *arrester* jenis gardu, *arrester* jenis saluran ini juga dipakai pada gardu induk untuk melindungi peralatan yang kurang penting. *Arrester* jenis saluran ini dipakai pada sistem dengan tegangan 15 kV sampai 69 kV.

- *Arrester* Jenis Gardu Untuk Mesin-mesin

Arrester jenis gardu ini khusus untuk melindungi mesin-mesin berputar. Pemakaiannya untuk tegangan 2,4 kV sampai 15 kV.

- *Arrester* Katup Jenis Distribusi untuk Mesin-mesin

Arrester jenis distribusi ini khusus untuk melindungi mesin-mesin berputar dan juga untuk melindungi transformator dengan pendinginan udara tanpa minyak. *Arrester* jenis ini dipakai pada peralatan dengan tegangan 120 volt sampai 750 volt.

1.3.3 Syarat-Syarat *Arrester*

Agar pemakaian *arrester* dalam koordinasi dapat memberikan hasil yang maksimal maka harus mempergunakan azas berikut;

- Mempunyai tegangan dasar (*rated*) 50 c/s pada *arrester*, dipilih sedemikian rupa sehingga nilainya tidak dilampaui pada waktu dipakai, baik dalam keadaan normal maupun hubungan singkat.
- *Arrester* ini akan memberikan perlindungan bila ada selisih (*margin*) yang cukup antara tingkat *arrester* dan peralatan, daerah perlindungan harus mempunyai jangkauan (*range*) cukup untuk melindungi semua peralatan gardu yang mempunyai BIL yang sama dengan BIL yang harus dilindungi *arrester*, atau lebih tinggi dari daerah perlindungan.
- *Arrester* harus dipasang sedekat mungkin kepada peralatan utama dan tahanan tanahnya harus rendah.

- Kapasitas termis *arrester* harus dapat meneruskan arus besar yang berasal dari simpanan tenaga yang terdapat dalam saluran yang panjang.

- Jatuh tegangan maksimum dari *arrester* dipakai sebagai tingkat perlindungan *arrester* (bukan jatuh tegangan rata-rata).

- Sebuah harga tegangan pelepasan arus petir harus ditetapkan untuk menentukan tingkat perlindungan *arrester* yang harus dikoordinasikan dengan BIL.

- Pengaruh dari sejumlah kawat (*multiple-lines*) dalam melindungi gangguan petir pada gardu perlu diperhatikan pengetrapan *arrester*.

- Bila ada keraguan mengenai 50 c/s dari *arrester*, maka sejumlah persentase ditambahkan pada harga yang dihitung atau ditetapkan untuk *arrester*. Sekarang masih dipakai tambahan 10% sebagai faktor keamanan, untuk menanggulangi kemungkinan bila *arrester* bekerja pada sebuah tegangan peralihan mungkin tertumpu pada 50 c/s: tegangan ini harus di interupsikan oleh *arrester* tersebut.

1.3.4 Penempatan *Arrester* Pada GarduInduk

Penempatan *arrester* pada gardu induk sangat penting diperhitungkan, berdasarkan SPLN-7:1978 untuk sirkit ganda sistem tegangan 150 kV jarak antara *arrester* dan transformator tidak melebihi 80 meter dan untuk sirkit tunggal adalah seperdua dari jarak tersebut. Pada dasarnya untuk mengantisipasi terjadinya *flashover*, *Arrester* harus ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi dengan tujuan:

- Untuk mengurangi peluang tegangan impuls merambat pada kawat penghubung *arrester* dengan peralatan yang dilindungi. Saat *arrester* bekerja, gelombang tegangan impuls sisa merambat pada kawat penghantar transformator dengan *arrester* setelah gelombang itu tiba pada terminal transformator, gelombang tegangan tersebut akan dipantulkan, sehingga total tegangan terminal *arrester* dua kali tegangan sisa. Peristiwa ini dapat dicegah jika *arrester* dapat dipasang langsung pada terminal transformator. Jika kawat penghubung *arrester* dengan transformator yang dilindungi cukup panjang, maka induktansi kawat itu harus diperhitungkan.

III. METODE/DESAIN

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui proteksi *arrester* pada Gardu Induk 10Kv PLTU Rembang. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Kuantitatif adalah melakukan pengumpulan data berdasarkan pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini yang hasil dari pengukuran itu diselesaikan dalam bentuk matematis sedangkan jenis penelitian kualitatif adalah melakukan analisis penelitian berdasarkan data pengukuran kuantitatif.

B. Tempat Pnelitian

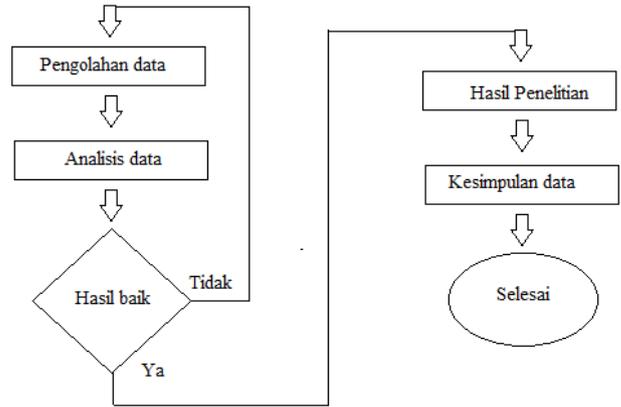
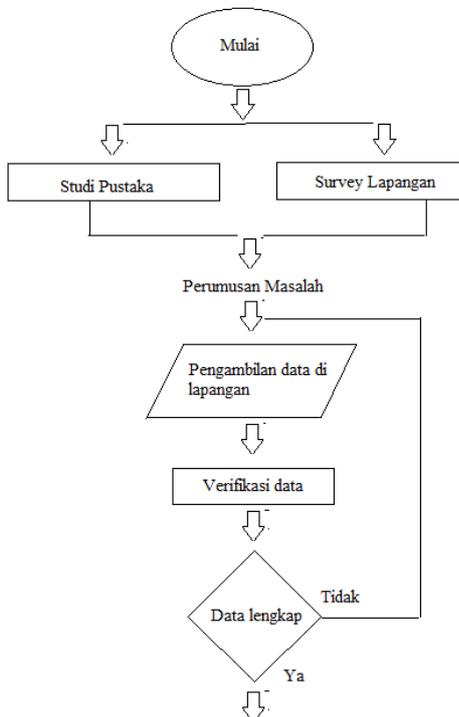
Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk 150kV PLTU Rembang. Tepatnya di Area Pelabuhan , Leran, Sluke, Kabupaten Rembang , Jawa Tengah 59272. Penelitian ini akan dilaksanakan kurang lebih dalam jangka waktu 1-3 minggu setelah proposal di Acc.



Gambar 3.1 Gardu Induk 150Kv PLTU Rembang

C. Desain Penelitian

Berikut adalah desain dari penelitian :



D. Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini adalah mengetahui kerja *arrester* ketika sebagai pengaman peralatan listrik pada Gardu induk dari surja hubung dan juga mengetahui pengaruh penempatan *arrester* terhadap efektivitas kinerja peralatan listrik..

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Menentukan Tegangan Sistem Maksimum

Tegangan Maksimum sistem dapat diketahui dengan persamaan:

$$V_m = V_{nominal} \times 110\% \text{ (faktor toleransi)}$$

$$= 150 \text{ kV} \times 1,1$$

$$= 165 \text{ kV}$$

b) Menentukan tegangan pengenal Lightning Arrester

Menentukan tegangan pengenal LA dapat dilakukan dengan persamaan:

$$E_a = V_{nominal} \times \text{Koefisien Pembumian} \times 1.1$$

$$= 150 \times 0.8 \times 1.1$$

$$= 132 \text{ kV}$$

c) Menentukan Impedansi Saluran/Penghantar

- d) $R = D/2$
- e) $= 28.80/2$
- f) $= 14.40 \text{ mm}$
- g) $= 0.0144 \text{ m}$
- h) maka Impedansi saluran adalah:
- i) $Z = 60 \ln 2h/r$ (Ω)
- j) $Z = 60 \ln \left(\frac{2 \times 20}{0,0144} \right)$ (Ω)
- k) $Z = 60 \ln 2.777,777$ (Ω)
- l) $Z = 475,764$ (Ω)

d) Menentukan Tegangan Tembus Isolasi Udara

Persamaan tegangan tembus isolator dapat ditentukan dengan data dan persamaan dibawah ini:

W= Panjang Rentangan Isolator Tegangan 150 Kv Adalah 1.5 Meter (Tabel 4.3)

$$K1 = 0,4 \quad W = 0,4 \times 1.5 = 0.6$$

$$K2 = 0,7 \quad W = 0,7 \times 1.5 = 1.05$$

t = tegangan yang dihitung berdasarkan waktu muka gelombang, 1,2 µdet

Maka:

$$U_{50\%} = (K1 + \frac{K2}{t^{0,75}}) \times 10^3$$

$$U_{50\%} = (0.6 + \frac{1.05}{1.2^{0,75}}) \times 10^3$$

$$U_{50\%} = 1515.8 \text{ kV}$$

e. Menentukan Arus Pelepasan/Arus Kerja Arrester

Diketahui:

Ud = (Tegangan Tembus Isolasi Udara)

UA = 500 kV (Tegangan Kerja/Pelepasan Arrester) (Tabel 4.4)

Z = (Ω) (Merupakan Impedansi Saluran Penghantar)

Maka Arus pelepasan/kerja Arrester dapat diketahui dengan persamaan berikut:

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

$$I_a = \frac{2(1515.8 - 500)}{475,765} \text{ kA}$$

$$I_a = 4.27 \text{ kA}$$

V. KESIMPULAN

1. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa spesifikasi peralatan lightning arrester yang terpasang pada gardu induk 150 Kv PLTU Rembang telah sesuai dengan kebutuhan system, dengan tegangan system maksimum = 165 kv, tegangan pengenalan = 132 kv, impedansi saluran / penghantar = 475,764 Ω, tegangan tembus isolasi udara = 1515,8 kV, arus pelepasan = 4,27 kA.

2. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan jarak optimum antara lightning arrester dan transformator diperoleh S = 10.96 meter, sedangkan jarak (S) antara lightning arrester dan transformator yang terpasang pada gardu induk 150 kV PLTU Rembang adalah S = 5 meter, dengan demikian penempatan lightning arrester terhadap transformator atau peralatan lain yang dilindungi berada di bawah nilai optimum, sebab S terpasang < S hitung.

REFERENSI

A.Teguh Andika Pratama.2019.Analisa Pengaruh Surja Petir Terhadap *Lightning Arrester* pada Gardu Trafo Distribusi di PT PLN(Persero) ULP Tandus.

M.Redo Meidiansyah.2020. Studi Penggunaan *Arrester* Sebagai Pengaman Transformator di Gardu Induk New Jakabaring Palembang.

Nurul Hidayatulloh. 2009. Kemampuan *Arrester* Untuk Pengamanan Trafo.

G. Riana Naiborhu .2014. Pengujian Dalam Penggunaan dan Diagnosis *Arrester Metal Oxide* Tanpa Celah.

Saiful Amri dan Wahyuddin.k . 2018. Analisis *Arrester* Pada Jaringan 20 Kv Di PLN (PERSERO) Rayon Sopeng.

JETri, Volume 11, Nomor 2, Februari 2014, Halaman 79 - 94, ISSN 1412-0372

Arismunandar, A. 1993. Teknik Tenaga Listrik Jilid II. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.

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

Hermagasantos. 1994. Teknik Tegangan Tinggi. PT. Rosda Jayaputra. Jakarta. Team O & M. 1981. Operasi dan Memelihara Peralatan. PLN Pembangkitan Jawa Barat dan Jakarta

Tobing, L. Bonggas. 2003. Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

T. S. Hutaeruk. 1991. Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja. Erlangga. Jakarta. Badaruddin.2012. Studi Penempatan Arrester Di PT.PLN (Persero) Area Bintaro. Jurnal Teknologi Elektro 3 (1) ISSN 2086-9479.32-36.

Gultom, Togar Timoteus. 2017. Optimasi Jarak Maksimum Penempatan Lighting Arrester Sebagai Proteksi Transformator Pada Gardu Induk. Jurnal Ilmiah Dunia Ilmu 3 (1).41-49.

Hidayatulloh, R., Juning tyas tutu dan Kartono. 2016. Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Sutt 150 Kv Jalur Kebasen – Balapulang – Bumiayu Menggunakan Program Etap. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.

Hutahuruk. 1991. Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja. Jakarta: Erlangga.

Kurniwan, D. 2018. Analisa Optimal Penentuan Letak Optimum Lightning Arrester

Pada Gardu Induk Wonogiri 150 Kv (Skripsi). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wiwin, Dkk. 2018. Evaluasi Penentuan Jarak Arrester Dan Transformator 30 Mva dengan Metode Diagram Tangga (Lattice Diagram). Jurnal Surya Energy 2(1).185-192.

N,Tirza. 2014. Analisa setting OCR terhadap arus gangguan pada jaringan 150 KV di Gardu Induk Tanggul.