

ANALISIS KINERJA ARRESTER DAN SISTEM PENTANAHAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PT PLN KLATEN AREA



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

RAFIF ARYATAMA

D 400 180 029

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KINERJA ARRESTER DAN SISTEM PENTANAHAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PT PLN KLATEN AREA

OLEH

RAFIF ARYATAMA

D 400 180 029

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta :

Dosen Pembimbing



Dr. AGUS ULINUHA, M. T.

NIK. 656

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 25 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Dr. Agus Ulinuha, M.T
(Ketua Dewan Penguji)
2. Aris Budiman, S.T.,M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Agus Supardi, S.T.,M.T
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,

Rois Fatoni, S.T., M.Sc, Ph.D.

NIK. 892

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 Januari 2023

Penulis



RAFIF ARYATAMA

D 400 180 029

ANALISIS KINERJA ARRESTER DAN SISTEM PENTANAHAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PT PLN KLATEN AREA

Abstrak

Proses penyaluran pasokan listrik yang dilakukan oleh PT PLN tentunya selalu mengedepankan keandalan bagi kebutuhan konsumennya, maka dengan itu perlunya suatu keandalan sistem pendistribusian energi listrik. Demi mencegah gangguan yang mungkin terjadi diperlukannya usaha preventif demi mencegah adanya suatu gangguan, salah satu gangguan yang diluar prediksi yaitu adalah adanya sambaran petir yang dapat mengganggu suatu jaringan. Oleh sebab itu pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem proteksi jaringan akibat sambaran petir. Arrestor memiliki peran utama dalam perlindungan jaringan akibat sambaran petir, arrestor di lapangan memiliki proteksi yang baik dimana dapat diamati pada perhitungan nilai arrestor tegangan pengenal 21,12 kV dan arus pelepasan 3,94 kA dan jarak perlindungan masih dalam batas toleransi. Selain itu proteksi sambaran petir juga menggunakan kawat pentanahan demi mengurangi terjadi gangguan pada jaringan, untuk penggunaan kawat pentanahan pada jaringan terbukti efektif dalam mengurangi pengaruh gangguan sambaran petir. Pada gangguan secara tidak langsung berkurang 24,8% dan 12 % untuk gangguan sambaran secara langsung. Keadaan pentanahan pada saat dilakukan pengukuran berada pada keadaan baik dimana nilai tahanan tidak melebihi dari 5 ohm. Ketika sambaran petir terjadi dapat menyebabkan gangguan hubung singkat pada jaringan dan keadaan inilah yang dapat membahayakan bagi lingkungan sekitar jaringan, maka diperlukannya suatu peringatan analisa busur api akibat hubung singkat dengan mengetahui nilai arus gangguan dan level kategori resiko. Hasil Simulasi pada etap 12.6 pada penyulang KLN 09 berada pada kategori level 2 dalam penentuan busur api di jaringan.

Kata Kunci: Arrestor, proteksi jaringan, kawat tanah, distribusi 20 kV

Abstract

The process of distributing the electric power system carried out by PT PLN certainly always prioritizes reliability for the needs of its consumers, so with that there is a need for a reliable electric energy distribution system. In order to prevent disturbances that may occur, preventive efforts are needed to prevent interference, one of the disturbances that is beyond prediction is the presence of lightning strikes that can disrupt a network. Therefore, this study aims to determine the network protection system due to lightning strikes. Arresters have a major role in network protection due to lightning strikes, arresters in the field have good protection which can be observed in the calculation of the rated voltage arrester value of 21.12 kV and discharge current of 3.94 kA and the protection distance in the field is still within tolerance limits. In addition, lightning strike protection also uses a ground wire in order to reduce interference on the network, the use of ground wire on the network has proven effective in reducing the effect of lightning strike disturbances. In indirect interference it is reduced by 24.8% and 12% for direct lightning disturbances. The grounding condition at the time of measurement is in good condition where the resistance value does not exceed 5 ohms. When a lightning strike occurs it can cause a short circuit disturbance in the network and this situation can be harmful to the environment around the network, so an arc flash analysis warning due to a short circuit is needed by knowing the value of the fault current and the level of risk category. Simulation results at ETAP 12.6 on feeder KLN 09 are in the level 2 category in determining the arc in the network.

Keywords: Arrester, network protection, ground wire, distribution 20 Kv

1. PENDAHULUAN

Di masa modern saat ini energi listrik telah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan masyarakat sehari – hari, dalam aktivitas tentunya tidak akan lepas dari kebutuhan akan energi listrik. Tentunya proses penyaluran energi listrik hingga sampai kepada konsumen harus selalu dijaga agar tidak terjadi kendala dalam proses distribusi listrik, oleh sebab itu pentingnya sebuah perlindungan pada saluran tegangan menengah guna meminimalisir gangguan yang terjadi.

Gangguan yang paling signifikan dalam distribusi tenaga listrik sering terjadi pada jaringan (transmisi dan distribusi). Hal ini diakibatkan pada dasarnya karena pada sistem ini terdiri atas penyaluran tenaga listrik, maka gangguan petir menjadi salah satu penyebabnya karena keadaan iklim kita berada di iklim tropis dan daerah Khatulistiwa (Wahyudin, 2018).

Sambaran surja terbagi menjadi dua jenis yaitu, pengaruh sambaran langsung dan pengaruh sambaran tidak langsung. Pengaruh sambaran langsung adalah sambaran yang langsung ke tanah atau kabel fasa dari jaringan distribusi. Pengaruh sambaran tidak langsung adalah kondisi yang tidak langsung mengenai objek kawat fasa, tetapi mengenai benda-benda di sekitar objek dan mempengaruhi pada jaringan . Sistem proteksi dikerahkan untuk melindungi jaringan dari sambaran petir langsung dan tidak langsung (Ugahari & Garniwa, 2016).

Penangkal petir adalah perangkat pelindung dalam sistem tenaga listrik yang membatasi gelombang masuk dan mengalirkannya ke bumi. Penangkal petir normal bertindak sebagai isolator, dan penangkal petir bertindak sebagai konduktor ketika tegangan lebih terjadi. Setelah tegangan lebih hilang, penangkal petir harus segera menjadi isolator lagi agar pemutus arus tidak sempat terbuka (Ansori, 2015).

Penangkal petir ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang akan dilindungi. Tempatkan penangkal petir sedekat mungkin dengan perangkat yang ingin dilindungi agar mendapat perlindungan yang maksimal. Namun, untuk mendapatkan area proteksi yang lebih baik, penangkal petir terkadang ditempatkan pada jarak tertentu dari peralatan trafo (trafo) yang akan diproteksi. Jarak antara penangkal petir dengan trafo yang diproteksi mempengaruhi besarnya tegangan yang sampai ke trafo (Simorangkir, 2021).

Tujuan dari penelitian guna mengetahui pengaruh proteksi petir dapat berperan dalam suatu perlindungan dan peran kawat tanah dalam membantu meminimalisir dampak gangguan tegangan lebih akibat petir, mengenai bagaimana proteksi bekerja dan jarak perlindungannya terhadap peralatan yang dilindungi. Dalam penelitian ini juga membahas mengenai pentanahan yang digunakan pada arrester, serta menganalisa kemungkinan *arc flash* akibat gangguan hubung singkat yang dapat terjadi melalui *software* ETAP 12.6.

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Dalam metode ini, penulis mencari dan mengumpulkan informasi dari buku, jurnal, artikel, dan sumber pustaka lainnya yang relevan dengan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir yang berjudul “Analisis Kinerja Arrester Dan Sistem Pentanahan Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di PT PLN Klaten Area ”.

2.2 Pengambilan Data

Untuk proses penghimpunan data dilaksanakan di PT. PLN (Persero) UP3 Klaten dan ULP Klaten Kota yang setelah itu dijadikan sebagai bahan dalam penyelesaian tugas akhir. Proses penghimpunan data dilakukan di bagian perencanaan UP3 Klaten berupa pengukuran atau melihat langsung di lokasi, dan melakukan wawancara atau tanya jawab kepada para pegawai yang ahli dalam bidangnya mengenai topik yang akan dibahas.

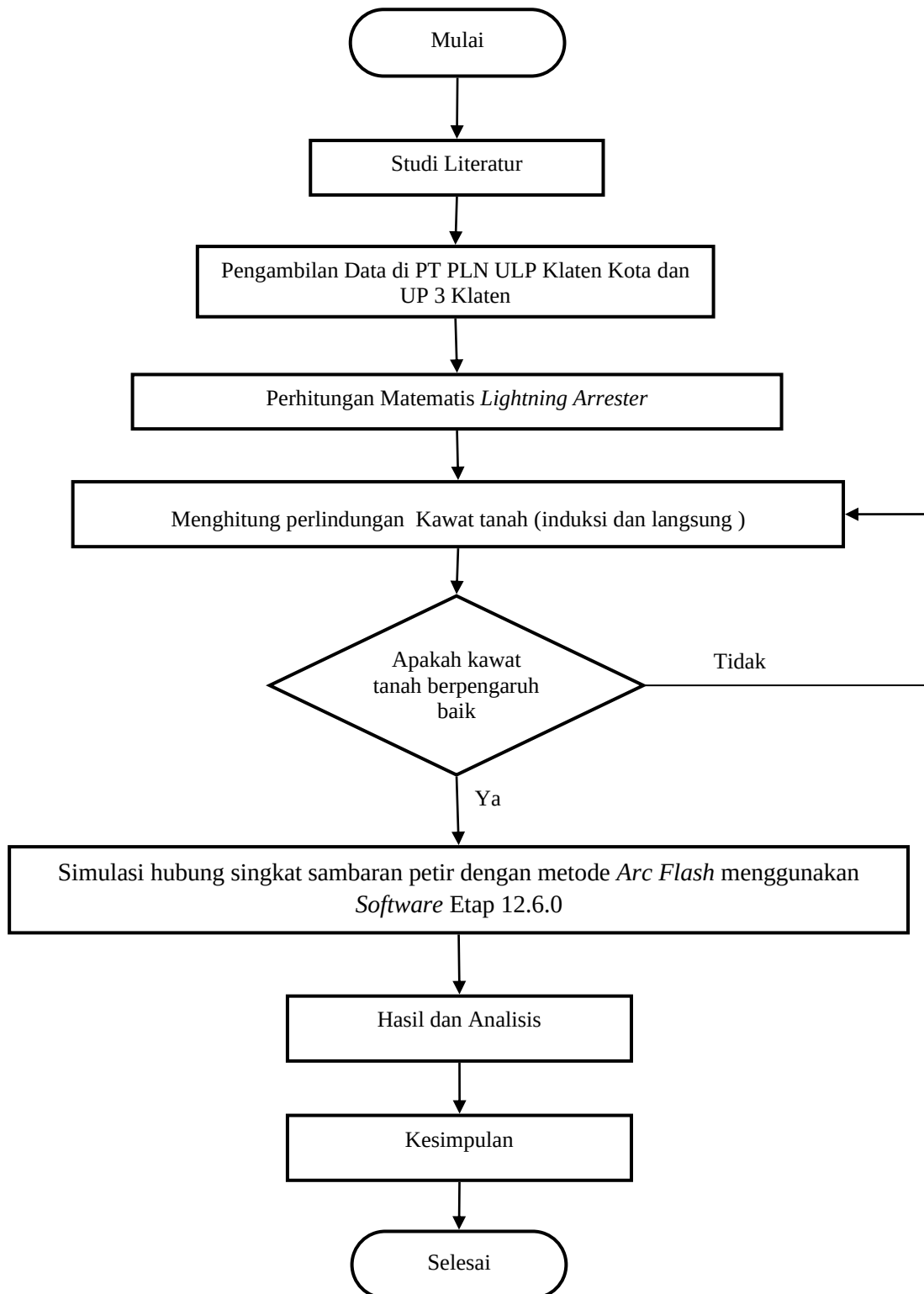
2.3. Pengolahan Data

Untuk proses pengolahan data, dari kumpulan data yang didapat kemudian kita hitung perhitungan matematis kemudian dari hasil yang diperoleh kemudian dibuat perbandingannya lalu dibuat suatu simulasi pada *software* ETAP 12.6.0.

2.4 Teknik Analisis

Penelitian mengenai kinerja arrester ini dilakukan melalui tahapan penghimpunan data, perhitungan, simulasi, dan juga analisa. Pengumpulan data dilakukan di PT. PLN (Persero) UP3 KLATEN dan ULP Klaten Kota dimana telah melakukan proses perizinan sedemikian rupa untuk proses pengambilan data. Data ketika terkumpul dilakukan perhitungan tentang arrester secara manual dan perhitungan pengaruh perlindungan kawat tanah lalu kemudian disimulasikan dengan metode *arc flash* pada *software* Etap 12.6.0. Analisa dilakukan untuk mendapatkan perbandingan nilai pada kawat penghantar dan arrester itu sendiri serta hasil dari simulasi yang telah didapat.

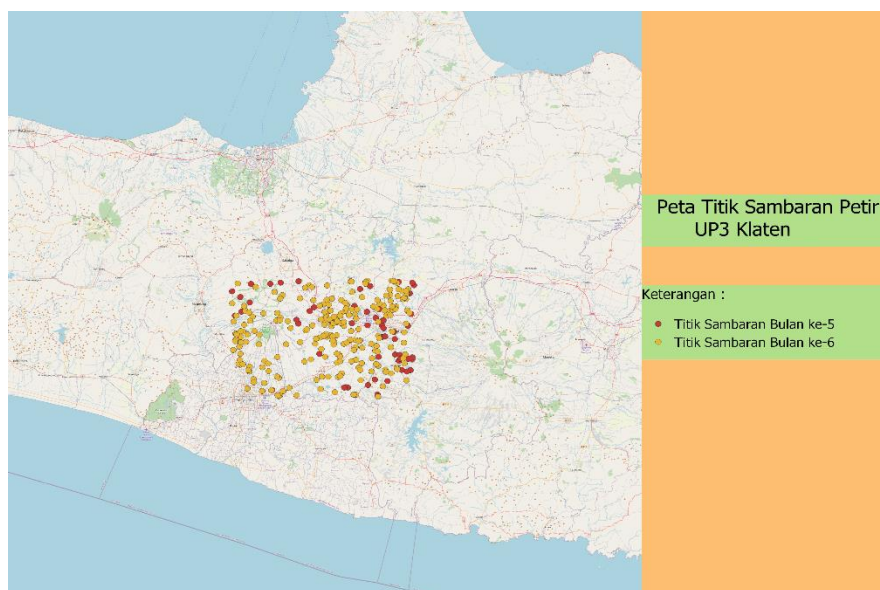
2.4 Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Penelitian



Gambar 2. Peta Sambaran petir

Gambar di atas adalah peta kerapatan sambaran petir dari data yang diperoleh di UP 3 Klaten yang ditampilkan melalui *software mapping* QGIS di mana terjadi pada tahun 2022 dan diambil sampel di bulan ke 5 dan ke 6 pada tahun tersebut. Pada gambar tersebut dapat diamati bahwa proses titik sambaran terjadi meliputi area Klaten, Boyolali, Surakarta dan juga Yogyakarta sekitar Prambanan. Dengan data ini menunjukkan bahwa tingginya intensitas petir yang terjadi pada bulan ini diakibatkan dengan cuaca yang ekstrim.

Tabel 1. Data sambaran petir wilayah kerja UP 3 Klaten menurut peta

Bulan	Jumlah gangguan	Penyulang
Mei 2022	1	KLN 11
Juni 2022	3	KLN 9 & KLN 14
Juli 2022	-	-

Tabel 2. Data Pengamatan Arrester dan Kawat

Detail	Nilai
Tegangan Pengenal Arrester	24 kV
Arus Pelepasan Arrester	5 kA
Jenis Kawat Tanah	AAAC
Tinggi Kawat Tanah	10 m
Tinggi Kawat Fasa	9, 15 m
Diameter Kawat Tanah	70 mm
Jarak antara kedua kawat fasa	3,4 m
Jarak lindung arrester di lapangan	1,6 m

3.2 Perhitungan *Lightning Arrester*

3.2.1 Menentukan Tegangan Pengenal Arrester

Pada penyulang KLN 9 untuk tegangan sistem tertinggi yakni sebesar 24 kV.

Tegangan Pengenal Arrester :

Tegangan maksimum sistem

$$\begin{aligned} V_{Max} &= V_{Nominal} \times 1,1 \text{ (koefisien pembumian)} && \dots\dots\dots(1) \\ &= 24 \text{ kV} \times 1,1 \text{ (koefisien pembumian)} \end{aligned}$$

$$V_{Max} = 26,4 \text{ kV}$$

Tegangan Pengenal Arrester :

$$\begin{aligned} V_p &= V_{Max} \times 0,8 \text{ (koefisien pentanahan)} && \dots\dots\dots(2) \\ &= 26,4 \text{ kV} \times 0,8 \text{ (koefisien pentanahan)} \\ &= 21,12 \text{ kV} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat bahwa tegangan pengenal arrester di KLN 9 sebesar 21,12 kV dan untuk rating yang digunakan adalah 24 kV. Menurut harga maksimum tegangan lebih gelombang petir dari PT PLN bahwa untuk rating 24 kV memiliki tegangan percikan *impuls* maksimum (STD) sebesar 87 kV dan tegangan percikan *impuls* mula gelombang (FOW) sebesar 100 kV. Asumsi gelombang datang diperkirakan sebesar 1000 kV.

3.2.2 Menentukan Arus Pelepasan Arrester

Sistem penyulang KLN 9 melalui tabel harga maksimum tegangan maka didapat untuk tegangan kerja arrester adalah 87 kV. Jari – jari hantar kawat 5,6. Tegangan gelombang datang 1000 kV.

Impedansi Hantaran udara :

$$\begin{aligned} (Z_s) &= 60 \ln \frac{2h}{r} && \dots\dots\dots(3) \\ &= 60 \ln \frac{2 \times 9,15}{5,6 \times 10^{-2}} \\ &= 485,5 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Arus Pelepasan Arrester :

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

Dimana :

Ud = tegangan gelombang datang

Ua = tegangan kerja arrester

Z = impedansi surja

Maka :

$$I_a = \frac{2 \times 1000000 - 87000}{485,5}$$

$$= 3940 \text{ A}$$

Jadi diperoleh arus pelepasan sebesar 3,940 kA sehingga digunakanlah kelas arus 5 kA.

3.2.3 Menentukan Faktor Perlindungan

Merupakan perbandingan tegangan TID peralatan dilindungi dengan tegangan kerja arrester.

Maka Faktor Perlindungan dihitung dengan :

$$FP = \frac{TID - TP}{TID} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(5)$$

Mencari nilai TP :

$$TP = V_a \times 1,1$$

$$= 87 \text{ kV} \times 1,1$$

$$= 95,7 \text{ kV}$$

Maka, :

$$FP = \frac{125 - 95,7}{125} 100\%$$

$$= 23,44 \%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai sebesar 23,44 %, maka faktor perlindungan lebih dari 20 % sehingga pada *lightning arrester* telah memberikan faktor perlindungan yang cukup baik.

3.2.4 Menentukan Jarak Penempatan Arrester

Dalam menentukan penempatan arrester perlu diketahui jarak lindung (L) dari peralatan yang dipasang, perlu mengetahui kecuraman gelombang yang datang ($\frac{du}{dt}$) dan nilai tegangan TID peralatan (U_t) serta tegangan kerja arrester (U_a).

Jarak efektif perlindungan arrester :

$$S = \frac{U_t - U_a}{2 \times \frac{du}{dt}} \times v \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$= \frac{125 - 87}{2 \times 2000} \times 300$$

$$= 2,85 \text{ m}$$

Jadi dari hasil yang didapat bahwa jarak maksimum dari arrester untuk melindungi peralatan sejauh 2,85 meter.

Dari hasil perhitungan mengenai *lightning arrester* pada jaringan distribusi 20 kV rayon Klaten didapat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Matematis Arrester

Tegangan Sistem (kV)	Tegangan Pengenal (kV)	Arus Pelepasan (kA)	Faktor Perlindungan (%)
20	21,12	3,940	23,44

Perlindungan *lightning arrester* dikatakan dalam kategori baik apabila peralatan tersebut dapat melakukan kinerja sesuai dengan fungsinya yakni dengan mampu mengalirkan arus gangguan surja ke tanah tanpa menyebabkan tegangan pada terminal arrester lebih tinggi daripada tegangan sumbunya dan juga tanpa menyebabkan kerusakan pada arrester.

Tabel 4. Rating Arrester yang digunakan

Tegangan Sistem (kV)	Tegangan Pengenal (kV)	Arus Pelepasan (kA)
20	24	5

Melalui hasil perbandingan pada perhitungan dan rating yang digunakan dapat disimpulkan bahwa *lightning arrester* di lapangan dalam kondisi baik atau normal dikarenakan rating untuk tegangan pengenal lebih besar dari nilai perhitungan pada tegangan kerja arrester, artinya arrester masih bekerja di bawah nilai daripada tegangan terminalnya.

3.3 Perhitungan Kemungkinan Jumlah Gangguan Sambaran Tidak Langsung (Induksi)

Pada hantaman tidak langsung, peristiwa ini menciptakan lonjakan dan gelombang berjalan yang merambat ke sisi kabel tempat hantaman langsung terjadi. Transien kabel hanya muncul di bawah pengaruh gaya yang memindahkan muatan di sepanjang konduktor.

3.3.1 Menghitung Nilai Faktor Perisai Kawat Tanah

$$FP = 1 - \frac{z_1}{2R + z_2} \times \frac{h_2}{h_1} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

z_1 = Impedansi kawat fasa dan kawat tanah

z_2 = Impedansi kawat tanah

R = Hambatan kawat tiang beton (20 ohm)

h_2 = Tinggi kawat tanah

h_1 = Tinggi kawat fasa

$$FP = 1 - \frac{180,24}{2 \times 20 + 380,88} \times \frac{10}{9,15}$$

$$FP = 0,54$$

3.3.2 Menghitung jumlah gangguan sambaran tak langsung (dengan kawat tanah)

$$N_i = 30,6 \times IKL \times FP \times h_t \frac{e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{510-FP} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}} \times \eta \quad \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

IKL = adalah jumlah hari guruh per tahun (100km)

η = probabilitas peralihan lompatan api jadi busur api (0,5)

h = tinggi kawat fasa (m)

h_t = tinggi kawat tanah (m)

ketahanan impuls isolasi untuk tegangan 20 kV ($V_{50\%} = 160 \text{ kV}$)

$$N_{FL} = 30,6 \times 100 \times 0,54 \times 10 \frac{e^{-\left(\frac{160}{510-0,54} 10^{0,09}\right)}}{160} \times 0,5$$

$$N_{FL} = 35,08 \text{ gangguan per } 100 \text{ km per tahun}$$

3.3.3 Menghitung jumlah gangguan sambaran tak langsung (tanpa kawat tanah)

$$N_i = 30,6 \times IKL \times h \frac{e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{510} h^{0,09}\right)}}{V_{50\%}} \times \eta \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$N_{FL} = 30,6 \times 100 \times 9,15 \frac{(e^{-\frac{160}{510} 9,15^{0,09}})}{160} \times 0,5$$

$$N_{FL} = 59,66 \text{ gangguan per } 100 \text{ km per tahun}$$

3.4 Perhitungan Kemungkinan Jumlah Gangguan Sambaran Langsung

Sambaran langsung adalah apabila kilat menyambar langsung kawat fasa (untuk saluran tanpa kawat tanah) atau pada kawat tanah (untuk saluran kawat tanah).

3.4.1 Menghitung jumlah gangguan sambaran langsung (tanpa kawat tanah)

$$N_t = 0,015 \times IKL (b + 4h^{1.09}) \times P_{FL} \times \eta \quad \dots\dots\dots(10)$$

Probabilitas lompatan bunga api tanpa kawat tanah

$$P_{FL} = e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{8,5 Z_p}\right)} \quad \dots\dots\dots(11)$$

dimana :

ketahanan impuls isolasi untuk tegangan 20 kV ($V_{50\%} = 160 \text{ kV}$)

Z_p = impedansi surja kawat

η = probabilitas peralihan lompatan api jadi busur api (0,5)

h = tinggi kawat fasa (m)

b = jarak kawat fasa dan kawat tanah

$$P_{FL} = e^{-\left(\frac{160}{8,5 \times 380,88}\right)}$$

$$P_{FL} = 0,95$$

$$N_t = 0,015 \times 100 \times (1,7 + 4 \times 9,15^{1.09}) \times 0,95 \times 0,5$$

$$N_t = 33,03 \text{ gangguan per 100 km per tahun}$$

3.4.2 Menghitung jumlah gangguan sambaran langsung (dengan kawat tanah)

$$N_t = 0,015 \times IKL (b + 4h_t^{1.09}) \times P_{FL} \times \eta \quad \dots\dots\dots(12)$$

Probabilitas lompatan bunga api dengan kawat tanah :

$$P_{FL} = e^{-\left(\frac{V_{50\%}}{(R + \delta \times h_t) \times 34}\right)} \quad \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

ketahanan impuls isolasi untuk tegangan 20 kV ($V_{50\%} = 160 \text{ kV}$)

η = probabilitas peralihan lompatan api jadi busur api (0,5)

h_t = tinggi kawat tanah (m)

b = jarak kawat fasa dan kawat tanah

δ = 0,3 (satu kawat tanah)

$$P_{FL} = e^{-\left(\frac{160}{(20+0,3 \times 10) \times 34}\right)}$$

$$P_{FL} = 0,80$$

$$N_t = 0,015 \times 100 \times (0 + 4 \times 10^{1.09}) \times 0,80 \times 0,5$$

$$N_t = 29,05 \text{ gangguan per 100 km per tahun}$$

Hasil perhitungan bagaimana pengaruh dari perlindungan sambaran langsung dan tak langsung dengan menggunakan pembanding kawat tanah dan juga tanpa kawat tanah.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Perlindungan kawat tanah dan tanpa kawat tanah

Acuan	Tanpa Kawat Tanah	Dengan Kawat Tanah
Gangguan sambaran Tidak langsung	59,66	35,08
Gangguan sambaran Langsung	33,03	29,05

Melalui hasil perhitungan kawat tanah berikut dapat diamati bahwa pengaruh pemberian kawat tanah untuk sebagai sistem proteksi pada SUTM 20 kV memiliki efek yang cukup signifikan dalam perlindungan dari gangguan yang diakibatkan oleh pengaruh aktivitas petir dimana untuk gangguan sambaran tidak langsung dengan pemberian kawat tanah dengan tanpa kawat tanah memiliki pengurangan jumlah gangguan sebesar 24,8%, sedangkan untuk gangguan sambaran secara langsung dengan pemberian kawat tanah dengan tanpa kawat tanah memiliki pengurangan jumlah gangguan sebesar 12%.

3.5 Pentanahan Arrester

Pentanahan dilakukan bertujuan untuk mengalirkan suatu arus gangguan yang terjadi ke dalam tanah melalui suatu elektroda pentanahan yang telah ditanamkan ke dalam tanah pada saat terjadinya gangguan sebagai pengaman bagi manusia maupun peralatan. Dengan begitu diharapkan gangguan lebih yang terjadi akibat sambaran petir dapat diketanahkan.

Mengacu pada SPLN 2:1978 bahwa pada jaringan tegangan menengah 20 kV ditetapkan untuk metode pembumian dengan pembumian melalui tahanan pentanahan. Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan dengan dengan alat *Ground tester* atau *Earth tester*.

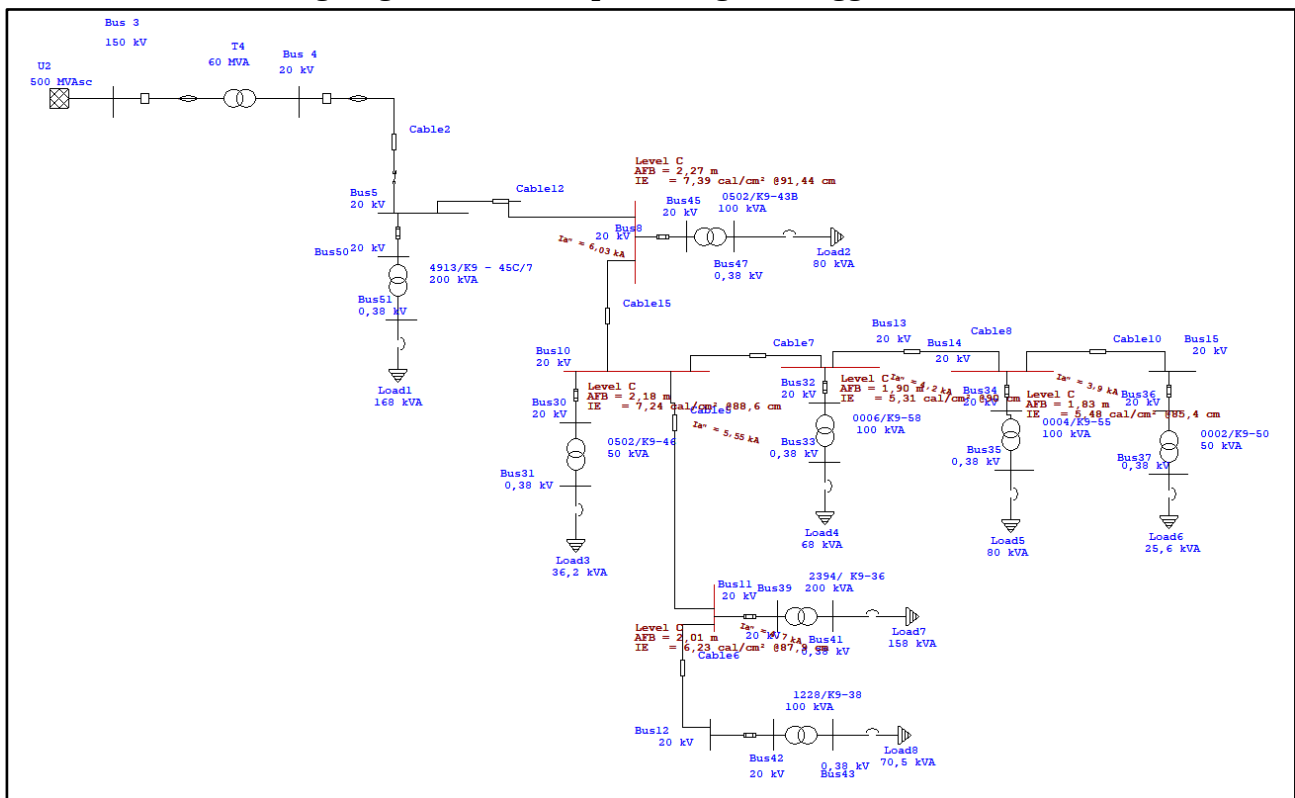
Tabel 6. Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan Penyulang dengan *Earth Tester*

No	Penyulang	No Tiang	Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan
1	KLN4-KLN13	K09-35	3,94
2	KLN4-KLN13	K09-40	2,49
3	KLN4-KLN13	K09-46	2,97
4	KLN4-KLN13	K09-50	1,30

Melalui tabel hasil pengukuran didapatkan bahwa untuk hasil nilai pengukuran pada tiang mendapat nilai pengukuran di bawah 5 ohm. Hal ini berarti sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 04-0225-2000 PLN bahwa nilai tahanan pembumian yang aman adalah maksimal 5 ohm, maka dari itu pada pentanahan untuk penyulang dan pada tiang yang diukur dalam keadaan yang baik dan normal.

3.6 Hasil Simulasi dengan menggunakan metode *ARC FLASH*

3.6.1 Simulasi hubung singkat sambaran petir dengan menggunakan metode *ARC FLASH*



Simulasi hubung singkat dengan metode *arc flash* ini memperlihatkan bagaimana pengaruh *short circuit* yang dapat menyebabkan *arch flash*. Simulasi ini menggambarkan penyulang 9 untuk jaringan tegangan menengah 20 kv dimana pada saat terjadi sambaran pada penyulang nantinya akan mengakibatkan gangguan hubung singkat pada beberapa busbar yang menghubungkan dengan trafo akibat dariagalnya sistem proteksi yang melindungi. Arus hubung singkat tersebut sebesar

6,4 pada busbar 8 ; 5,52 pada busbar 10; 4,24 pada busbar 32; 3,92 pada busbar 34 dan 5,03 pada busbar 39. Akibat dari gangguan hubung singkat tersebut berpotensi akan menimbulkan suatu busur api yang dapat membahayakan pekerja, maka dengan mengetahui level *incident energy* yang dihasilkan maka dapat mengantisipasi dari busur api yang kemungkinan bisa jadi ledakan cahaya. Level *incident energy* dikategorikan menjadi 4 kategori dengan nilai insiden 0 -1,2 untuk level 0 ; 1,21 – 4 untuk level 1 ; 4,1 – 8 untuk level 2 ; 8,1 – 25 untuk level 3 ; 25,1 – 40 untuk level 4. Simulasi ini menampilkan bahwa pada jaringan penyulang 9 berada pada level C dimana telah disetting pada nilai PPE dengan nilai *level incident energy* berada pada level 2 dengan salah satu bus bernilai 6,80 cal/cm², hal ini menunjukkan perlunya APD lengkap yang digunakan pada saat dilapangan dan juga pentingnya penerapan lightning arrester sebagai proteksi petir untuk mengurangi gangguan yang mungkin terjadi.

Tabel 7. Hasil Simulasi *Incident Energy Level Arc Flash* melalui ETAP 12.6.0

Bus ID	Arus Arcing (kA)	FCT (s)	Insiden Energi (cal/cm ²)	AFB (m)	Kategori bahaya Busur Api
Bus 8	6,3	0,5	7,4	2,3	Level 2
Bus 10	5,5	0,5	7,2	2,2	Level 2
Bus 11	4,7	0,5	6,2	2.0	Level 2
Bus 13	4,2	0,5	5,3	1,9	Level 2
Bus 14	3,9	0,5	5,5	1,8	Level 2

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa untuk penyulang masuk di kategori level 2 dan dapat diamati nilai arus gangguan berbanding lurus dengan nilai insiden energi di mana berarti apabila nilai arus gangguan yang menyebabkan hubung singkat semakin besar maka nilai pada insiden energi juga semakin besar. Dan pada penyulang di bus 8 memiliki nilai insiden energi tertinggi yakni sebesar 7,4 cal/cm² yang terjadi di tiang transformator 0502/K9-43B. Pada *arc flash boundary* menunjukkan bahwa seberapa jauh untuk jarak aman pada saat pekerja melakukan pekerjaannya, untuk *arc flash boundary* batas aman mengikuti seberapa besar energi insiden yang dihasilkan dan juga bahaya kategori yang dihasilkan.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian untuk analisa kinerja arrester dan sistem pentanahan jaringan 20 kV didapatkan kesimpulan :

1. Perhitungan tegangan kerja arrester sebesar 21,12 kV dan untuk arus pelepasan sebesar 3,94 kA dengan rating arrester yang digunakan adalah sebesar 24 kV dan 5 kA yang berarti masih dalam standar aman yang digunakan pada ketentuan.
2. Perhitungan jarak arrester memperoleh nilai maksimal sebesar 2,85 m dari peralatan yang dilindungi sedangkan pada kondisi lapangan sebesar 1,6 m dari perlindungan. Hal ini berarti perlindungan di dalam kondisi yang masih diperbolehkan atau efektivitas perlindungan dapat dikatakan baik.
3. Pada pemberian proteksi perlindungan jaringan dengan kawat tanah memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap perlindungan jaringan, dimana untuk gangguan sambaran secara tak langsung atau induksi memberikan dampak pengurangan gangguan terjadi sebesar 24,8% dan untuk gangguan sambaran secara langsung dampak pengurangan gangguan sebesar 12% daripada tanpa menggunakan kawat tanah.
4. Pengukuran tahanan pentanahan jaringan yang dilakukan di penyulang KLN 9 didapat nilai tahanan dalam kondisi normal karena nilai pengukuran dengan menggunakan *earth tester* didapatkan nilai dibawah dari ketentuan SPLN yakni dibawah 5 ohm.
5. Hasil simulasi dengan *software* ETAP 12.6 didapatkan bahwa arus hubung singkat yang terjadi akibat sambaran petir dan ketika tidak adanya alat proteksi tegangan lebih akibat petir maka akan membahayakan bagi lingkungan dan dapat menimbulkan busur api atau arc flash, dimana melalui simulasi dapat diketahui untuk kategori level tingkat berbahaya saat kondisi gangguan terjadi. Untuk penyulang 09 saat terjadinya *arc flash* berada pada kondisi level 2 dengan tingkat insiden energi tertinggi sebesar 7,4 cal/cm² berada pada tiang trafo 0502/K9-43B yang berarti bahwa semakin tinggi arus gangguan maka semakin besar pula insiden energi yang terjadi.

PERSANTUNAN

Yang pertama penulis ucapkan Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Saya selaku penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak terkait yang telah membantu dan memberikan dukungan sebagai berikut :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kesehatan dan kenikmatan dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan maksimal.
2. Bapak, Ibu dan Adik yang tak henti hentinya memberikan dukungan serta doanya demi terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Agus Ulinuha, M. T selaku dosen pembimbing saya yang telah dengan sabar dalam membimbing saya dan telah meluangkan banyak waktunya terkait tugas akhir ini.
4. Mas Sandi dan Mas Bimo yang telah bersedia membantu saya dalam proses pengumpulan data di PT PLN UP3 Klaten.
5. Mas Triyoga Sritejo Murdono S.T alumni UMS angkatan 2001 yang telah membantu dalam menyelesaikan masalah pada bagian simulasi etap.
6. Teman – Teman Teknik Elektro angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasudungan Sirait, B., Tanjung, A., Studi Teknik Elektro, P., Teknik, F., & Lancang Kuning Jl Yos Sudarso Km, U. (2021). *Studi Penempatan Lightning Arrester Pada Transformator #2 Gardu Induk PLTG Teluk Lembu PT. PLN (Persero)Pekanbaru*. 1(1).
- Manihuruk, J., & Sitanggang, N. L. (2021). Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 KV. Dalam *Telecommunications & Control System-ELPOTecs Jurnal ELPOTecs* | (Vol. 4, Issue 1).
- Kamal Hamid, M., Abubakar, S., Pentanahan, S., Kamal Hamid, M., Abubakar Staf Pengajar Politeknik Negeri Lhokseumawe, S., & Utara, A. (2016). Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT.PLN (Persero) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon. Dalam *Journal of Electrical Technology* (Vol. 1, Issue 2).
- Labado, R., & Eko Pambudi, P. (2015). Analisis Penempatan Arrester Terhadap Efektivitas Proteksi Transformator Pada Pt. Pln (Persero) P3b Jawa-Bali App Salatiga Gardu Induk 150 Kv Bantul. Dalam *Jurnal Elektrikal* (Vol. 2, Issue 2).
- Oktaviani, W. A., Permata, I., Teknik, H., Universitas, E., Palembang, M., Jendral, J., Yani, A., & Palembang, U. (2019). *Efektifitas Perlindungan Kawat Tanah Jaringan SUTM 20 kV Gardu Induk Boom Baru Palembang* (Vol. 06, Issue 2).
- Rahayu, & Ansyori. (2014). *ANALISA PROTEKSI PETIR PADA GARDU DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) RAYON INDERALAYA* (Vol. 1, Issue 3).
- Rama Rao, J. V. G., Kalyani, K. S., & Ram Charan, K. (2019). Optimal surge arrester placement for extra high voltage substation. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 4904–4909.
- Taufiqi, M. I., Pujiantara, M., Anam, S., & Elektro, J. T. (2015). Analisa Arc Flash pada Sistem Kelistrikan Di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo. *JURNAL TEKNIK ITS*, 6(1).
- Teja, I. W. A., Studi, B. :, Titik, P., Baskara, I. W. A. T., Dyana Arjana, I. G., & Rinas, I. W. (2016). Studi Penempatan Titik Pentanahan Kawat Tanah pada Penyulang Serangan. *Teknologi Elektro*, 15(1).
- Elektro, J. T., Bali, N., & Jimbaran, B. (2013). Analisis Pengaruh Pemasangan Kawat Tanah Terhadap Gangguan Surja Petir Pada Sistem Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah 20 Kv I Nengah Sunaya Analysis Effect Of Using Ground Wire To Lightning Surge Interference At 20 Kv Medium Voltage Airline Distribution System. Dalam *Juli* (Vol. 13, Issue 2).