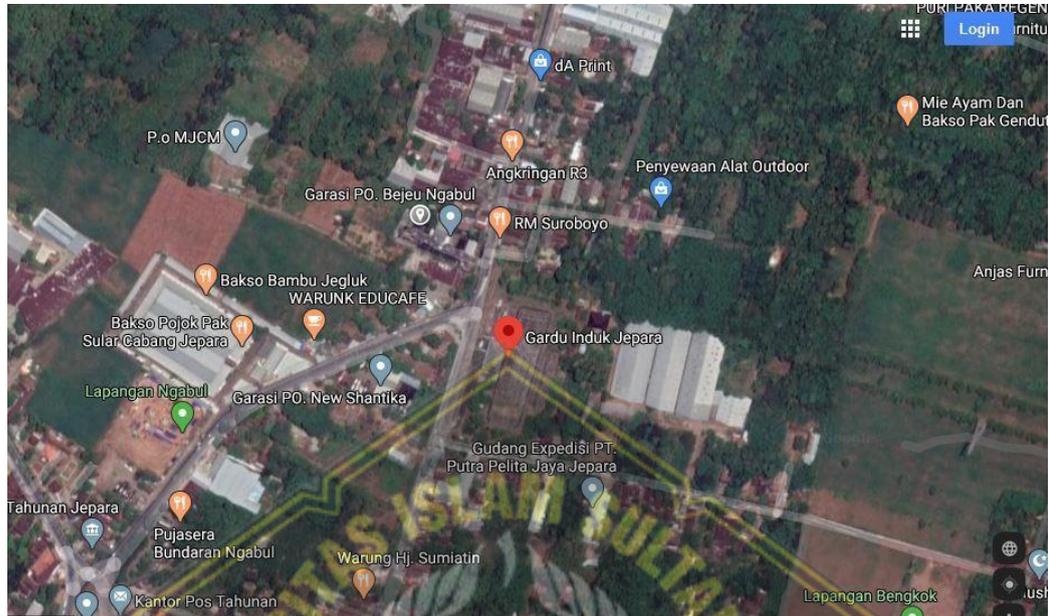


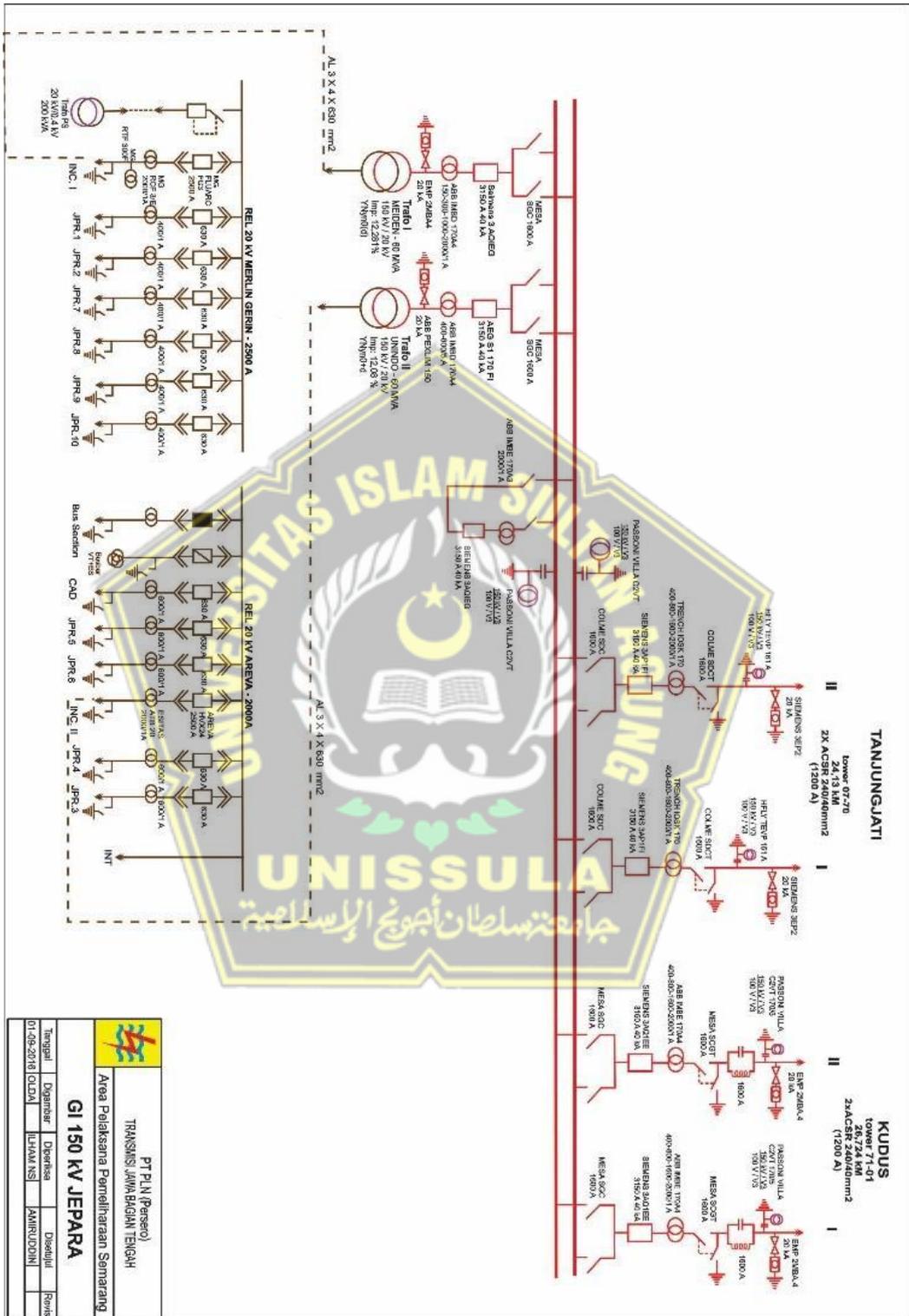


Lampiran

Lampiran 1. Lokasi Gardu induk 150/20 kV Jepara



Lampiran 2. Single line diagram Gardu induk 150/20 kV Jepara



		PT PLN (Persero)	
		TRANSKISI JAWA BAGIAN TENGAH	
Area Pelaksanaan Pemeliharaan Semarang			
Tanggal	Digambar	Diperiksa	Disetujui
01-09-2016	QUDM	ILHAMANS	AMRUDONI
Revisi		Revisi	

Lampiran 3. Data pemeliharaan lightning arrester pada trafo daya II 60 MVA Gardu induk 150/20 kV Jepara

	PT. PLN (PERSERO)		No. FORM/TJBT/06.2						
	TANSMISI JAWA BAGIAN TENGAH AREA PELAKSANA PEMELIHARAAN SEMARANG Jalan : Jend.Sudirman km.23 Gedung C - 50511 Telp. : (024) 6922402 , JWOT.30999 FAX. (024) 6921235								
PENGUJIAN LA (LIGHTNING ARRESTER)									
II Hasil Uji :									
1 Tahanan Isolasi (Mo)									
Megger	:	5000 V	0 -> 1000	GΩ					
Titik Ukur	Fasa R			Fasa S			Fasa T		
	Standard	Th.Lalu	Hasil ukur	Standard	Th.Lalu	Hasil ukur	Standard	Th.Lalu	Hasil ukur
1.1. Atas - Bawah	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2. Atas - Ground	1kV/1MΩ	37.400	47.600	1kV/1MΩ	183.400	322.000	1kV/1MΩ	200.000	443.000
1.3. Tengah - Ground		41.900	56.800		41.700	318.000		85.500	447.000
1.3. Bawah - Ground		26.600	294.000		39.400	430.000		73.200	63.200
2 Tahanan Pentanahan (Ω)									
Titik Ukur	Fasa R			Fasa S			Fasa T		
	Standard	Th.Lalu	Hasil ukur	Standard	Th.Lalu	Hasil ukur	Standard	Th.Lalu	Hasil ukur
Tahanan Pentanahan	< 1 Ω	0,14	0,6	< 1 Ω	0,15	0,5	< 1 Ω	0,15	0,4
3 Counter Arrester									
Counter Arrester	Fasa R			Fasa s			Fasa t		
	Th.Lalu	Hasil Ukur	Th.Lalu	Hasil Ukur	Th.Lalu	Hasil Ukur	Th.Lalu	Hasil Ukur	
Counter Arrester	139 → 135	0	25 → 25	25	124 → 125	126			
Catatan : Perhitungan watt loss Pada LA :									
QR : 0,0185104 watt									
QS : 0,0457898 watt									
QT : 0,0448441 watt									
Alat Uji									
Merk	Tahanan isolasi			Tahanan pentanahan					
Type	HYOKITSU			KYOKITSU					
No. Serie	3125			4105					
Pelaksana Uji :									
1	Rahil. A.	Supervisi / Pngws. Pekerjaan			Tanda tangan :				
2	Umam	Supervisi GI			Ilham				
3	Bayu	Pengawas Pekerjaan			Sefianto				

Lampiran 4. Lembar revisi seminar tugas akhir



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

LEMBAR REVISI SEMINAR TUGAS AKHIR

Berdasarkan Rapat Tim Penilai Seminar Tugas Akhir :

Hari : Jum'at
Tanggal : 23 Juli 2021
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : **Okto Hendri Gunawan**
NIM : **30601700030**
Konsentrasi : **Teknik Sistem Tenaga**
Judul TA : **Analisis Arus Bocor Terhadap Kelayakan Lightning Arrester Pada Trafo Daya 60 MVA Gardu Induk 150/20 kV Jepara**

wajib melakukan perbaikan seperti tercantum dibawah ini:

NO.	REVISI	BATAS REVISI
1.	Judul di pertegas lagi : Trafo II 60 MVA.....	1 Minggu
2.	Pada latar belakang diperjelas lagi fasa mana yang bermasalah.	
3.	Judul, latar belakang, perumusan masalah, hasil dan kesimpulan harus sinkron	
4.	Hasil pengukuran arus bocor untuk fasa R dan S nya dicantumkan juga, sebagai pembandingan dengan fasa T yang bermasalah.	
5.	Perhitungan nilai hambatan isolasi (yang dilalui arus bocor) satuannya masih salah , cek lagi. Hitung juga untuk fasa R dan T.	

Semarang, 23 Juli 2021

Penilai,


Dedi Nugroho, ST., MT.



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
1. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

LEMBAR REVISI SEMINAR TUGAS AKHIR

Berdasarkan Rapat Tim Penilai Seminar Tugas Akhir :

Hari : **Jum'at**
Tanggal : **23 Juli 2021**
Tempat : **Online**

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : **Okto Hendri Gunawan**
NIM : **30601700030**
Konsentrasi : **Teknik Sistem Tenaga**
Judul TA : **Analisis Arus Bocor Terhadap Kelayakan Lightning
Arrester Pada Trafo Daya 60 MVA Gardu induk 150/20
kV Jepara**

wajib melakukan perbaikan seperti tercantum dibawah ini.

NO.	REVISI	BATAS REVISI
		

Semarang, 23 Juli 2021

Penilai,


Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.

Lampiran 5. Lembar revisi sidang tugas akhir



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id wcb : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Kamis
Tanggal : 12 Agustus 2021
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Okto Hendri Gunawan
NIM : 30601700030
Judul TA : Analisis arus bocor terhadap kelayakan lightning arrester pada trafo daya II 60 MVA gardu induk 150/20kV jepara

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI

NO	TUGAS

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji

Dedi Nugroho, ST., MT.
NIDN. 0617126602

Semarang, 12 Agustus 2021
Penguji, I

Dedi Nugroho, ST., MT.
NIDN. 0617126602



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Kamis
Tanggal : 12 Agustus 2021
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Okto Hendri Gunawan
NIM : 30601700030
Judul TA : Analisis arus bocor terhadap kelayakan lightning arrester pada trafo daya II 60 MVA gardu induk 150/20kV jepara

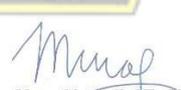
wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	Menjelaskan pengaruh tahanan isolator/ tahanan pentanahan terhadap arus bocor disertai sumber referensi Grafik suhu dan tahanan isolator terhadap waktu disertai satuan dan grafik jenis line Flowcart mulai dan berhenti memakai type terminator	
NO	TUGAS	

Mengetahui
Ketua Tim Penguji


Dedi Nugroho, ST., MT.
NIDN. 0617126602

Semarang, 12 Agustus 2021
Penguji, II


Munaf Ismail, ST., MT.
NIDN. 210616054



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Kamis
Tanggal : 12 Agustus 2021
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Okto Hendri Gunawan
NIM : 30601700030
Judul TA : Analisis arus bocor terhadap kelayakan lightning arrester pada trafo daya II 60 MVA gardu induk 150/20kV jepara

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	Rumusan , tujuan, kesimpulan	

NO	TUGAS
	Prinsip PMT, LA dan PMS

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji

Dedi Nugroho, ST., MT.

Semarang, 12 Agustus 2021
Penguji, III

Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT.



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri
NIDN. 0617126602

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah
NIDN. 0619076401



Lampiran 6. Makalah tugas akhir

ANALISIS ARUS BOCOR TERHADAP KELAYAKAN LIGHTNING ARRESTER PADA TRAFU DAYA II 60 MVA GARDU INDUK 150/20 kV JEPARA

Okto Hendri Gunawan¹⁾, Muhamad Haddin²⁾, Agus Adhi Nugroho³⁾

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Jl. Kaligawe Raya Km 4, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112, Indonesia

Email : ¹⁾ hendryg23@std.unissula.ac.id, ²⁾ haddin@unissula.ac.id ³⁾ agusadhi@unissula.ac.id

ABSTRACT

Lightning arrester serves to protect the danger of lightning strikes that go to high tension equipment at substation 150/20 kV Jepara is mainly Transformer Power. The problem that occurs in GI 150/20 kV Jepara, lightning arrester at the transformer has experienced interference that there has been spotting in the lightning arrester on phase T caused by leaking currents that increase beyond standards.

The results showed that the leaking flow of lightning arrester at Transformer II GI 150/20 kV Jepara phase R 0.23mA, S 0.39mA and T 1.418mA. In phase T the leaking current exceeds the international standard limit IEC 61643-1 specified which is 1mA. High leaking current due to the value of isolation prisoners are not good, In the calculation of obstacles phase R get obstacles of 652 M Ω , phase S get obstacles of 384 M Ω , phase T get pestbatan of 105 M Ω . This means that the greater the value of a leaky current, the lower the resistance value, of course this has an impact on isolation prisoners because the smaller the resistance value, the worse the isolation prisoner so that there is a leaky current because the leaking current is related to each other. This makes the lightning arrester in an unfit condition in securing the power transformer because it can cause failure in carrying out its performance.

Keywords: Lightning Arrester, Leaking Current, LA Feasibility on Power Transformer 60 MVA

ABSTRAK

Lightning arrester berfungsi untuk melindungi bahaya sambaran petir yang menuju peralatan tegangan tinggi di Gardu Induk 150/20 kV Jepara utamanya adalah Trafo Daya. Permasalahan yang terjadi di GI 150/20 kV Jepara, lightning arrester di trafo pernah mengalami gangguan yaitu pernah terjadi bercak di lightning arresternya pada phase T disebabkan karena arus bocor yang meningkat melebihi standar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus bocor lightning arrester pada Trafo II GI 150/20 kV Jepara phase R 0,23mA, S 0,39mA dan T 1,418mA. Di phase T arus bocor melebihi batas standar internasional IEC 61643-1 yang ditentukan yaitu 1mA. arus bocor yang tinggi disebabkan karena nilai tahanan isolasi yang kurang bagus, Dalam perhitungan hambatan phase R mendapatkan hambatan sebesar 652 M Ω , phase S mendapatkan hambatan sebesar 384 M Ω , phase T mendapatkan hambatan sebesar 105 M Ω . Ini diartikan bahwa semakin besar nilai suatu arus bocor maka nilai hambatan juga akan semakin kecil, tentu ini berdampak pada tahanan isolasi karena semakin kecil nilai hambatan maka akan semakin buruk tahanan isolasi tersebut sehingga terjadilah arus bocor karena arus bocor hambatan saling berkaitan satu sama lain. Hal ini membuat lightning arrester dalam kondisi tidak layak dalam mengamankan trafo daya karena bisa menyebabkan kegagalan dalam melaksanakan kerjanya.

Kata Kunci: Lightning Arrester, Arus bocor, Kelayakan LA pada Trafo Daya 60 MVA

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik dihasilkan dari pusat-pusat tenaga listrik melalui saluran transmisi dan distribusi ke konsumen melalui Trafo Daya 150/20 kV. Sambaran petir pada sistem transmisi gardu induk dilindungi proteksi antara lain dengan rod gap, grounding menara, grounding tanah dan lightning arrester (LA). LA berfungsi untuk melindungi peralatan pada gardu induk khususnya Trafo Daya. Lightning arrester (LA) adalah alat proteksi terhadap surja hubung dan surja petir untuk

mengamankan peralatan tegangan tinggi di gardu induk. Petir merupakan fenomena alam yang menyebabkan rusaknya peralatan tegangan tinggi pada jaringan distribusi. Sambaran petir dapat menyebabkan terjadinya flashover karena tingkat isolasi yang digunakan dan tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran petir. Permasalahan yang terjadi di gardu induk 150/20 kV jepara, lightning arrester trafo daya II 60 MVA di phase T pernah mengalami gangguan yaitu pernah terjadi bercak di lightning arresternya disebabkan karena arus bocor yang meningkat melebihi standar, kemudian sangat berbahaya

karena dapat mengakibatkan terjadi kegagalan dalam melakukan kinerja (lightning arrester). Arus bocor adalah arus yang terjadi jika isolasi penghantar tidak memenuhi kriteria standar yang ditentukan baik antara penghantar maupun ground.

Solusi yang diperlukan untuk memperbaiki arus bocor yaitu dengan melakukan pengukuran secara rutin terhadap arus bocor tersebut, batas maksimal arus bocor sesuai standar internasional IEC 61643-1 adalah 1mA. Kemudian memperbaiki tahanan pentanahan dan tahanan isolasi lightning arrester.

Dari permasalahan tersebut sehingga penulis mengangkat judul “ANALISIS ARUS BOCOR TERHADAP KELAYAKAN LIGHTNING ARRESTER PADA TRAFODAYA II 60 MVA GARDU INDUK 150/20 kV JEPARA”.

II. Kajian Pustaka

a) Meninjau dari penelitian-penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh romadona pada tahun 2018 yang berjudul “Analisis hubungan arus lightning arrester terhadap suhu di gardu induk wonogiri” mendapatkan hasil penelitian Hasil penelitian dimana suhu sedikit berpengaruh dalam kenaikan arus bocor di gardu induk wonogiri, peneliti mengambil data arus bocor serta suhu di gardu induk wonogiri selama 24 jam, hasil penelitian yang dilakukan keadaannya normal sesuai standar, arus bocornya tidak melebihi 2mA, suhunya berkisar 32°C. Selain penelitian tersebut meninjau dari penelitian Ramadhan pada tahun 2019 yang berjudul “Analisis kinerja lightning arrester yang berusia lebih dari 30 tahun di gardu induk 150 kV sronдол PT.PLN (persero) UPT Semarang” mendapatkan hasil penelitian dimana memperoleh data perubahan arus bocor, temperatur, dan umur lightning arrester selama empat tahun terakhir, melakukan analisis regresi sederhana untuk memperkirakan batas umur penggunaan lightning arrester, hasilnya arus bocor lightning arrester menunjukkan nilai presentase dengan kaondisi 97,91% baik dan masih layak untuk beroperasi. Kemudian diperoleh korelasi suhu dan arus bocor sebesar 0,416197 sehingga dapat dianalisa usia lightning arrester di bay penghantar pandedanlamper 2 yaitu 37 tahun. Selain penelitian tersebut meninjau dari

penelitian Bhaskara Arjana dan Suartika yang dilakukan pada tahun 2019 yang berjudul “Analisa kegagalan lightning arrester pada penyulang sulahan bangli” mendapatkan hasil penelitian dimana tahanan pentanahan penyulang sulahan berada di atas 5 ohm dan menyebabkan lightning arester tidak berfungsi secara baik. Multi chamber arrester adalah arester yang tidak mempengaruhi nilai tahanan tanah. Setelah memasang multi chamber arrester maka jumlah kegagalan berkurang menjadi satu pada tahun 2017. meninjau dari penelitian Hidayat yang dilakukan pada tahun 2020 yang berjudul “Evaluasi kondisi lightning arrester di gardu induk jatirangon dengan metode pengujian tahanan isolasi dan tahanan pembumian dalam rangka SLO (Sertifikasi Laik Operasi)” mendapatkan hasil dimana nilai tahanan isolasi pada titik bawah-ground mendapatkan nilai 0,2 MΩ dimana ini kurang dari standar yang ditentukan sehingga perlu dilakukan pergantian isolasi karena semakin besar nilainya maka semakin kecil arus yang mengalir ke titik yang bertegangan.

A. Petir

Petir adalah suatu kumpulan awan yang mengandung muatan proton dan muatan elektron. Adapun pusat ini menginduksi bahwa muatan dengan polaritas yang berbeda akan mengarah ke awan ataupun juga ke bumi. Gradient potensial di udara antara pusat kematian di awan atau antara awan dan bumi tidak berbeda, akan tetapi kemungkinan terdapat gradient dengan tegangan yang lebih tinggi. Ketika gradient tegangan tinggi dari titik konsentrasi muatan dari awan besar dan nilai masuk udara terionisasi, udara menjadi terionisasi di wilayah konsentrasi tekanan yang tinggi.

Ada dua jenis sambaran petir, yaitu sambaran petir langsung dan sambaran petir tidak langsung. Adapun sambaran petir langsung terjadi yaitu ketika petir menyambar langsung ke kawat fasa atau kawat pelindung sedangkan untuk sambaran petir tidak langsung terjadi yaitu ketika terjadi petir menyambar benda di dekat saluran listrik.

B. Sistem Pembumian

Unit instalasi yang melepaskan arus petir ke tanah, semakin tinggi konduktivitas listrik tanah dengan logam, semakin baik efeknya. Kelayakan yang tepat harus menggunakan pengujian sistem pentanahan untuk mencapai

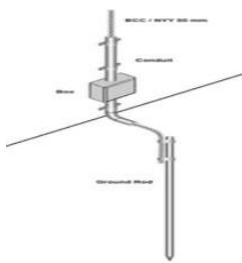
ketahanan benturan maksimum 5 ohm (PUIL, 2000: 68). Namun, untuk area ketanahan tanah yang sangat tinggi maka nilai total keseluruhan sistem mencapai 10 ohm (PUIL, 2000: 68).

Aspek yang mempengaruhi sistem pembumian (ground system) :

- Kadar air : Jika air dangkal maka nilai hambatan yang didapat akan baik untuk meneruskan sambaran, karena sela-sela tanah mengandung air yang cukup banyak dimana konduktivitas bumi akan lebih baik.
- Mineral : Kandungan mineral tanah mempengaruhi nilai resistansi, oleh karena itu semakin tinggi kandungan logam dan mineral tanah maka semakin mudah untuk memanaskan tanah.
- Derajat keasaman: Semakin asam tanah (nilai PH <7), semakin mudah untuk menghantarkan listrik, ataupun sebaliknya. Misalnya, nilai PH tinggi maka akan menghasilkan warna terang.
- Tekstur tanah: Untuk daerah dengan tekstur berpasir dan berpori maka akan sulit mencapai ketahanan petir yang baik. Oleh karena itu jenis tanah, air serta mineral mudah hilang dan tanah akan mudah kering.

1. Single Grounding Rod [1]

Single Grounding Rod adalah sistem grounding terdiri dari satu titik dengan pentanahan batang (rod) debit arus atau batang pentanahan dengan kedalaman tertentu, misalnya dengan kedalaman 6 meter. Area sifat tanah yang konduktif akan mudah mencapai tahanan kurang dari 5 ohm dengan ground rod. Mekanisme single Grounding road seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Singgle Grounding Rod

Untuk menghitung nilai pentanahan single grounding rod adalah sebagai berikut menurut persamaan (2.1).

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right] \quad (2.1)$$

dengan:

L = Panjang Elektroda

a = Jari-jari elektrode

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)

C. Tingkat Isolasi Dasar Tingkat Isolasi Dasar (TID) [2]

TID adalah acuan tingkat isolasi yang diberikan pada suatu peralatan pada tegangan tinggi tertentu yang dinyatakan dalam tegangan impuls standar, sehingga insulasi peralatan listrik tersebut memiliki tahanan impuls. Tingkat isolasi yang sama, kecuali trafo yang dibuat dengan insulasi rendah karena ekonomis dan pada umumnya trafo diproteksi secara langsung dengan arrester, seperti trafo arus, PMT, PMS, CT, PT dibuat dengan. Karena lokasinya yang dekat dengan trafo, beberapa peralatan di stasiun trafo akan ditempatkan di luar kawasan lindung yang ditahan. Kawasan lindung ditentukan oleh tahanan isolasi dan tegangan operasi peralatan dari penangkal petir dan jarak dari penangkal petir ke peralatan. Peralatan yang terletak di luar arrester harus dilengkapi dengan tingkat isolasi dasar pada satu tingkat lebih tinggi. Kondisi kawasan lindung ini ditentukan oleh :

- Resistansi isolasi terhadap peralatan
- tegangan kerja untuk arrester
- jarak antara arrester dan peralatan.

Untuk menentukan tahanan minimal isolasi dapat dihitung dengan persamaan (2.2).

$$R = \frac{1000.U}{Q} U. 2,5 \quad (2.2)$$

dengan:

R : Tahanan Isolasi minimal

U : Tegangan Kerja

Q : Tegangan Megger

1000 : Bilangan Tetap

2,5 : Faktor Keamanan (Apabila Baru)

D. Lightning Arrester[3]

Lightning arrester (LA) adalah alat proteksi terhadap surja hubung dan surja petir untuk mengamankan peralatan tegangan tinggi di gardu induk. Lightning arrester harus bertindak sebagai isolator, menghantarkan beberapa miliampere arus bocor ke bumi dalam sistem tegangan listrik dan menjadi konduktor selama operasi, menghantarkan ribuan ampere arus impuls ke bumi, memiliki tegangan di bawah tegangan penahan. peralatan jika terjadi tegangan lebih, menghilangkan arus sisa yang mengalir dari sistem melalui arrester setelah berhasil membumikan tegangan lebih atau tegangan surja.

- Fungsi Lightning arrester adalah pada saat terjadi sambaran petir atau tegangan lebih sebelum mencapai peralatan tegangan tinggi maka Lightning arrester akan mengarahkan tegangan lebih atau surja petir ke tanah sehingga peralatan tegangan tinggi terlindung dari petir atau tegangan lebih.

- b. Prinsip pengoperasian Lightning arrester adalah pada kondisi normal arrester bertindak sebagai isolator, dan pada saat terjadi sambaran petir arrester bekerja sebagai penghantar dengan resistansi yang relatif rendah, sehingga dapat mengalirkan arus impuls ke tanah. Setelah tegangan surja berhasil dibumikan, arrester akan segera kembali ke perannya sebagai isolator.

E. Arus bocor [4]

Arus bocor adalah arus yang terjadi jika isolasi penghantar tidak dapat memenuhi standar yang berlaku, baik antar penghantar maupun ke bumi. Batas arus bocor sesuai standar internasional IEC 61643-1 adalah 1mA. Arus bocor yang terjadi dapat dipengaruhi oleh suhu kelembaban suatu tegangan karena semakin tinggi suhu kelembaban, semakin besar arus yang melintasi dan memasuki rangkaian.

Pada arrester terdapat arus bocor,.Dari data itu bisa didapatkan nilai arus bocor.

Untuk menghitung arus bocor digunakan persamaan (2.3).

$$I_a = \frac{V_a}{R_a} \quad (2.3)$$

dengan:

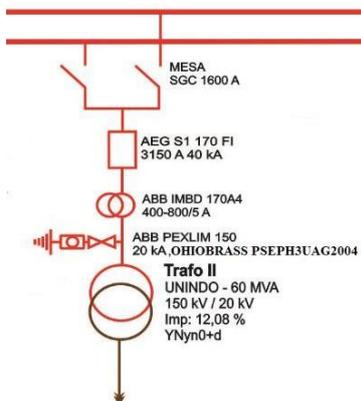
R_a : Hambatan arrester ke tanah($M\Omega$)

V_a : Tegangan terminal arrester(kV)

I_a : Arus bocor arrester (mA)

III. METODE PENELITIAN

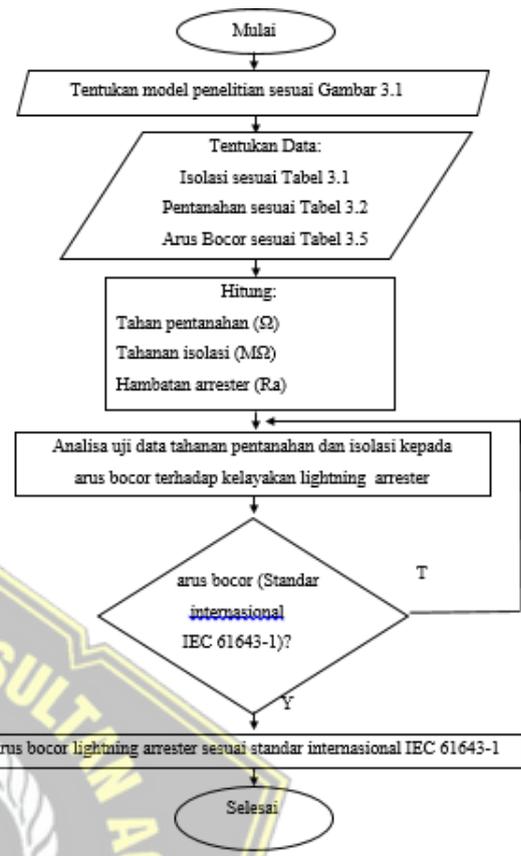
Penyusunan penelitian ini didasarkan dalam kejadian dilapangan, yaitu adanya arus bocor yang tinggi di lightning arrester saat kerja praktek di GI Jepara, penelitian yang direncanakan dengan mengacu dalam rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk menunjang penelitian adalah studi literatur, pengukuran arus bocor, pengukuran tahanan pentanahan, pengukuran tahanan isolasi, perhitungan hambatan, pengambilan kesimpulan, serta model penelitian sesuai Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Model penelitian single line LA di trafo II GI 150/20 kV Jepara

A. Tahap Penelitian

Tahapan Penelitian ini digambarkan dalam diagram alir atau *flowcart* pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Flowchart

Untuk menentukan pengaruh arus bocor terhadap kelayakan lightning arrester pada transformator langkah awal adalah menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan, parameter tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

- Mengukur suhu arrester
- Menentukan tahanan pentanahan arrester
- Menentukan tahanan isolasi arrester

Setelah mendapat parameter-parameter data yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah menghitung tahanan pentanahan sesuai persamaan (2.1), menghitung tahanan isolasi sesuai persamaan (2.2), menghitung hambatan arrester sesuai persamaan (2.3).

B. Metode

Penelitian ini menggunakan metode primer yaitu dengan melakukan pengambilan data secara langsung ke gardu induk 150/20 kV Jepara melalui praktek langsung di lapangan dan wawancara. Kemudian melaksanakan pengukuran dan perhitungan secara langsung untuk melakukan perbandingan antara hasil dari alat ukur dan perhitungan sehingga kemudian menganalisa untuk mendapatkan solusi atau penelitian yang dilakukan.

Berikut data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini antara lain adalah :

Data pengukuran suhu dan hambatan lightning arrester pada trafo II gardu induk 150kV Jepara dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Data pengukuran suhu dan arus bocor lightning arrester pada trafo

No	Jam	Phasa	Suhu (°C)	Arus Bocor (mA)
1	10:00	R	35,8 °C	0,23 mA
		S	36,6 °C	0,39 mA
		T	38,9 °C	1,418 mA
2	14:00	R	36,5 °C	0,22 mA
		S	36,5 °C	0,36 mA
		T	37,6 °C	1,32 mA
3	16:00	R	33,1 °C	0,19 mA
		S	33,9 °C	0,35 mA
		T	34,5 °C	1,29 mA

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Pada bab IV dilakukan perhitungan tugas akhir analisa arus bocor terhadap kelayakan lightning arrester pada trafo daya II 60 MVA gardu induk 150/20 kV jepara berdasarkan data penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 sampai 3.4 maka:

1. Perhitungan tahanan pentanahan arrester

Menentukan tahanan pentanahan arrester (single rod) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1)

diketahui : ρ (tahanan jenis tanah) : 100

L (panjang elektroda) : 3 m

: 300 cm

a (Jari – jari elektroda) : 1 cm

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \left[\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right] \\
 &= \frac{100}{2,3,14 \cdot 300} \left[\ln \left(\frac{4 \cdot 300}{1} \right) - 1 \right] \\
 &= 0,05 \left[\ln 1200 \right] - 1 \\
 &= 0,05 \left[7,09 - 1 \right] \\
 &= 0,30 \Omega
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas nilai tahanan pentanahan lightning arrester di phasa T pada trafo daya 60 MVA mendapatkan nilai resistansi 0,30 Ω artinya masih dibawah standar PUIL 2000 yaitu <5 Ω .

2. Perhitungan tahanan isolasi arrester

Menentukan tahanan isolasi arrester dapat dihitung menggunakan persamaan (2.2)

diketahui : U (Tegangan Kerja) : 150 kV

Q (Tegangan Megger) : 5000 V

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{1000 \cdot U}{Q} \cdot U \cdot 2,5 \\
 &= \frac{1000 \cdot 150 \text{ kV}}{5000} \cdot 150 \text{ kV} \cdot 2,5 \\
 &= 30000 \cdot 150 \text{ kV} \cdot 2,5 \\
 &= 11,250 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas nilai minimum tahanan isolasi untuk melindungi peralatan tegangan tinggi di gardu induk 150 kV khususnya lightning arrester adalah 11,250 M Ω .

3. Perhitungan hambatan arrester

Menentukan nilai hambatan arus bocor mengacu pada Tabel 3.4 dihitung menggunakan persamaan (2.3)

Jam 10:00

Phasa R

$$\begin{aligned}
 R_a &= \frac{V_a}{I_a} \\
 &= \frac{150 \text{ kV}}{0,23} \\
 &= 652 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$

Phasa S

$$\begin{aligned}
 R_a &= \frac{V_a}{I_a} \\
 &= \frac{150 \text{ kV}}{0,39} \\
 &= 384 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$

Phasa T

$$\begin{aligned}
 R_a &= \frac{V_a}{I_a} \\
 &= \frac{150 \text{ kV}}{1,418} \\
 &= 105 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$

Jam 14:00

Phasa R

$$\begin{aligned}
 R_a &= \frac{V_a}{I_a} \\
 &= \frac{150 \text{ kV}}{0,22} \\
 &= 681 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$

Phasa S

$$\begin{aligned}
 R_a &= \frac{V_a}{I_a} \\
 &= \frac{150 \text{ kV}}{0,36} \\
 &= 416 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$

Phasa T

$$\begin{aligned}
 R_a &= \frac{V_a}{I_a} \\
 &= \frac{150 \text{ kV}}{1,32} \\
 &= 113 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$

Jam 16:00

Phasa R

$$R_a = \frac{V_a}{I_a} = \frac{150 \text{ kV}}{0,19} = 789 \text{ M}\Omega$$

Phasa S

$$R_a = \frac{V_a}{I_a} = \frac{150 \text{ kV}}{0,35} = 428 \text{ M}\Omega$$

Phasa T

$$R_a = \frac{V_a}{I_a} = \frac{150 \text{ kV}}{1,29} = 116 \text{ M}\Omega$$



B. Pembahasan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadi arus bocor yaitu pentahan (grounding) tahanan isolasi dan suhu. Dari data yang diambil dari gardu induk yang melakukan pemeliharaan trafo 1 tahun terakhir didapatkan nilai pentanahan dan tahanan isolasi pada tabel 4.2 sebagai berikut:

No.	Pengukuran	Alat ukur	Phasa T	Standart	Nilai
1.	Tahan isolasi (bawah-ground)	Kyoritsu 3125 A	✓	1kV/1M Ω	63 kV
2.	Pentanahan	Kyoritsu 4105 A	✓	<1 Ω	0,4 Ω

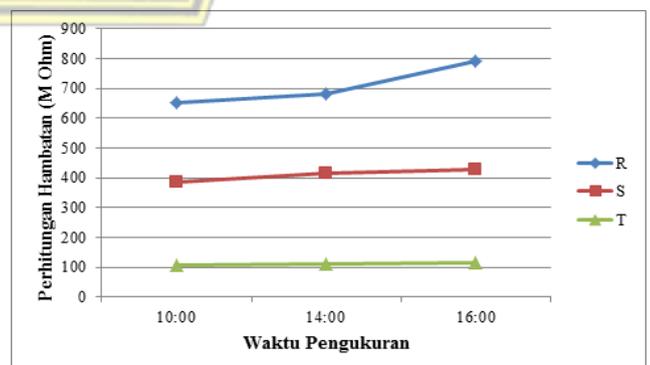
Dari data yang diambil dilapangan dengan melakukan perhitungan pada tahanan pentanahan didapatkan nilai tahanan 0,30 Ω masih sesuai dengan data pemeliharaan tahun sehingga tahanan pentanahan LA di gardu induk jepara tidak menyebabkan arus bocor karena masih aman di bawah batas standar SPLN <1 Ω dan PUIL 2000 <5 Ω.

Salah satu faktor penyebab arus bocor selain tahanan pentanahan yaitu tahanan isolasi. Dalam perhitungan tahanan isolasi yang mengacu pada data perhitungan yang diambil dilapangan mendapatkan nilai minimum tahanan

isolasi 11,250 MΩ untuk sistem 150 kV, hasil dari pengukuran pemeliharaan tahun lalu yang mendapatkan nilai tahanan isolasi sebesar 63 kV dimana 63.200/5000 = 12,64 MΩ. Maka dari nilai tersebut diketahui bahwa data dari pengujian tahanan isolasi pada lightning arrester sudah melampaui nilai tahanan isolasi minimum yang ditentukan yaitu standar PUIL 2011: SNI 0225 dimana voltase sirkit minimal 5000 V, maka tahanan isolasinya > 1MΩ. Akan tetapi setelah 6 bulan dari pemeliharaan LA arus bocor yang terdapat pada arrester pada trafo II phasa T mengalami kenaikan sebesar 1,418mA, Kenaikan bisa terjadi karena bahan isolator jenis polimer yang sudah buruk, di karenakan isolator sudah mulai kotor terdapat kerak-kerak akibat cuaca sehingga menyebabkan nilai hambatan dari isolator turun. Atau bisa juga karena faktor usia sehingga hal ini bisa menyebabkan arus bocor tinggi terjadi karena isolasi penghantar tidak dapat memenuhi standart yang berlaku. Ini yang harus diperhatikan oleh pihak gardu induk dimana semakin besar nilai tahanan isolasi maka akan semakin kecil arus yang mengalir ke peralatan. Sehingga diperlukan perawatan rutin karena isolasi berperan sangat penting untuk melindungi LA dan juga agar tidak menyebabkan arus bocor tinggi yang dapat menyebabkan kegagalan LA dalam melaksanakan pekerjaanya.

Dari pengukuran yang dilakukan arus bocor lightning arrester pada phasa RST trafo II gardu induk 150/20 kV jepara mendapatkan arus bocor R 0,23mA, S 0,39mA dan T 1,418mA. Di phasa T arus bocor melebihi batas standar internasional IEC 61643-1 yang ditentukan yaitu 1mA. salah satu hal yang mempengaruhi besarnya arus bocor adalah suhu yang mencapai 38,9 °C. Menurut teori semakin tinggi suhu maka nilai arus bocor juga akan semakin besar.

Dalam perhitungan hambatan yang dilakukan mendapatkan gambaran garfik dibawah ini:



Bahwa di jam 10:00 phasa R mendapatkan hambatan sebesar 652 MΩ, phasa S mendapatkan hambatan sebesar 384 MΩ, phasa T mendapatkan hambatan sebesar 105 MΩ. Ini diartikan bahwa semakin besar nilai suatu arus bocor maka nilai hambatan juga akan semakin kecil, tentu

ini berdampak pada tahanan isolasi karena semakin kecil nilai hambatan maka akan semakin buruk tahanan isolasi tersebut sehingga terjadilah arus bocor karena arus bocor hambatan saling berkaitan satu sama lain.

Sehingga Lightning Arrester Trafo daya II 60 MVA pada fasa T dengan arus bocor yang melebihi standar 1mA dalam hal ini arrester tidak layak atau tidak dalam kondisi baik dalam melakukan kerjanya untuk mengamankan trafo daya tersebut sehingga pihak gardu induk harus memperbaiki nilai arus bocor tersebut supaya arrester mampu secara baik untuk mengamankan trafo daya.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dalam penelitian pengaruh arus bocor terhadap kinerja lightning arrester pada trafo II gardu induk 150/20 kV jepara maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai tahanan pentanahan lightning arrester pada trafo daya II fasa T di gardu induk 150/20 kV jepara sebesar $0,3\Omega$ artinya nilai tersebut sudah memenuhi standar PUIL 2000 yaitu $<5\Omega$ sehingga tahanan pentanahan di lightning arrester tersebut tidak mempengaruhi terjadinya arus bocor mengalami peningkatan.
2. Nilai tahanan isolasi lightning arrester pada trafo daya II fasa T di gardu induk 150/20 kV jepara sebesar $12,64 M\Omega$ sedangkan minimum tahanan isolasi sebesar $11,250 M\Omega$. Setelah 18 bulan pemeliharaan nilai tahanan isolasinya turun sehingga menyebabkan arus bocor mengalami peningkatan.
3. Nilai arus bocor tertinggi terjadi di fasa T pada lightning arrester di trafo daya 60 MVA II gardu induk 150 kV nilai arus bocor mencapai 1,418mA, tentunya nilai tersebut melebihi batas standar internasional IEC 61643-1 yaitu sebesar 1mA.
4. Dalam perhitungan hambatan fasa R mendapatkan hambatan sebesar $652 M\Omega$, fasa S mendapatkan hambatan sebesar $384 M\Omega$, fasa T mendapatkan hambatan sebesar $105 M\Omega$. Ini diartikan bahwa semakin besar nilai suatu arus bocor maka nilai hambatan juga akan semakin kecil, tentu ini berdampak pada tahanan isolasi karena semakin kecil nilai hambatan maka akan semakin buruk tahanan isolasi tersebut sehingga terjadilah arus bocor karena arus bocor hambatan saling berkaitan satu sama lain. Hal ini membuat

lightning arrester dalam kondisi tidak layak dalam mengamankan trafo daya karena bisa menyebabkan kegagalan dalam melaksanakan kerjanya.

B. Saran

Saran untuk penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan software-software yang berhubungan dengan simulasi pengujian ketahanan peralatan-peralatan tegangan tinggi lainnya di gardu induk terutama terhadap gangguan dari surja petir sehingga dapat mengetahui kinerja arrester dalam mengamankan peralatan tegangan tinggi di gardu induk tersebut.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Romadona, "Hubungan arus arrester terhadap suhu di gi wonogiri," 2018.
- [2] iqbal pulgar Ramadhan, "KINERJA LIGHTNING ARRESTER YANG BERUSIA LEBIH DARI 30 TAHUN DI GARDU INDUK 150 kV SRONDOL PT.PLN (PERSERO) UPT SEMARANG," 2019.
- [3] I. K. A. Y. Bhaskara, I. G. D. Arjana, and I. M. Suartika, "Analisa Kegagalan Lightning Arrester Pada Penyulang Sulahan Bangli," *J. Spektrum*, vol. 6, no. 3, pp. 94–100, 2019.
- [4] W. Hidayat, "Evaluasi Kondisi Lightning Arrester Di Gardu Induk Jatirangon Dengan Metode Pengujian Tahanan Isolasi Dan Tahanan Pembumian Dalam Rangka SLO (Sertifikasi Laik Operasi)," *Inst. Teknol. - Pln*, 2020.
- [5] A. Syakur, A. Warsito, and L. Nilawati, "Kinerja Arrester Akibat Induksi Sambaran Petir Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV," *Transm. J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 09–14, 2009.
- [6] J. GINTING, "ANALISA EFEK TEGANGAN INDUKSI KARENA SAMBARAN PETIR PADA AREA OPERASIONAL PT. X," 2011, [Online]. Available: <https://denmasbejo.net/kelistrikan/switchgear/circu-it-breaker/pengukuran-tahanan-isolasi-pemutus-tenaga.html>.
- [7] F. T. RIZKI, "EVALUASI PENENTUAN JARAK AMAN LIGHTNING ARESTER-TRAFO DAYA 60 MVA GARDU INDUK 150 KV SUNYARAGI CIREBON FINAL PROJECT EVALUATION SAFE DISTANCE LIGHTNING ARESTER-POWER TRANSFORMATOR 60 MVA FOR PROTECTION GARDU INDUK 150 KV SUNYARAGI CIREBON," 2020.
- [8] Nurhabibah naibaho, "Analisa sistem pentanahan elektroda ROD," vol. 67, 2017.

- [9] T. Rusdjaja, *BUKU PEDOMAN PEMELIHARAAN LIGHTNING ARRESTER (LA)*, vol. 7, no. 2. 2013.
- [10] D. Andriawan, "Kinerja Arrester Yang Sudah Berusia Lebih Dari 10 Tahun Di Gardu Induk 150 KV Ungaran - Semarang," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, 2014, doi: 10.15294/jte.v6i2.3582.



Lampiran 7. Hasil turn it in

Turnitin_Okto Hendri G_30601700030.pdf

ORIGINALITY REPORT

24%	24%	2%	10%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	lib.unnes.ac.id Internet Source	3%
2	pt.scribd.com Internet Source	2%
3	123dok.com Internet Source	2%
4	media.neliti.com Internet Source	1%
5	www.scribd.com Internet Source	1%
6	core.ac.uk Internet Source	1%
7	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	1%
8	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
9	repository.its.ac.id Internet Source	1%

10	eprints.undip.ac.id Internet Source	1 %
11	idoc.pub Internet Source	1 %
12	eprints.ums.ac.id Internet Source	1 %
13	vinelkaryamandiri.blogspot.com Internet Source	1 %
14	repository.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
15	qdoc.tips Internet Source	<1 %
16	docplayer.info Internet Source	<1 %
17	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	<1 %
18	wisuda.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
19	ocs.unud.ac.id Internet Source	<1 %
20	Submitted to Universitas Muhammadiyah Makassar Student Paper	<1 %
21	pusatpetir.com	

	Internet Source	<1 %
22	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
23	elektro.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	<1 %
24	id.123dok.com Internet Source	<1 %
25	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
26	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
27	Muhamad Firdaus Robbani, Dedi Nugroho, Gunawan Gunawan. "Penentuan Kelayakan Tahanan Isolasi Pada Transformator 60 MVA Di Gardu Induk 150 kV Tegal Dengan Menggunakan Indeks Polarisasi, Tangen Delta, Dan Breakdown Voltage", <i>Elektrika</i> , 2020 Publication	<1 %
28	enjiner.com Internet Source	<1 %
29	repository.unpar.ac.id Internet Source	<1 %
30	ejournal.undip.ac.id Internet Source	

		<1 %
31	eprints.mdp.ac.id Internet Source	<1 %
32	ojs.unud.ac.id Internet Source	<1 %
33	Submitted to Universitas Tidar Student Paper	<1 %
34	www.listrik-praktis.com Internet Source	<1 %
35	laporanrangkaianlistrikadaw.wordpress.com Internet Source	<1 %
36	www.neliti.com Internet Source	<1 %
37	wmandiri.web.indotrading.com Internet Source	<1 %
38	adoc.pub Internet Source	<1 %
39	eprints.stainkudus.ac.id Internet Source	<1 %
40	muhamad00.blogspot.com Internet Source	<1 %
41	sir.stikom.edu Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

