

**ANALISIS PEMELIHARAAN TIGA LEVEL INSPEKSI LIGHTNING
ARRESTER BAY JAJAR 2 DI GARDU INDUK 150 KV GONDANGREJO**



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

Oleh :

TEGAR PRASETYO
D400150119

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PEMELIHARAAN TIGA LEVEL INSPEKSI LIGHTNING ARRESTER BAY JAJAR 2
DI GARDU INDUK 150 KV GONDANGREJO**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

TEGAR PRASETYO
D400150119

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Agus Supardi, ST.MT
NIK : 883

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PEMELIHARAAN TIGA LEVEL INSPEKSI LIGHTNING ARRESTER BAY JAJAR 2
DI GARDU INDUK 150 KV GONDANGREJO**

OLEH:

TEGAR PRASETYO
D400150119

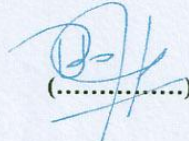
Telah Dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada Hari Selasa, 4 Mei 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, ST.MT
(Ketua Dewan Penguji)

()

2. Umar, ST.MT
(Anggota I Dewan Penguji)

()

3. Hasyim Asy'ari, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)

()

Universitas Muhammadiyah Surakarta
Dekan Fakultas Teknik



L. Sri Sunarjono, MT., PhD
NIK. 628

28052021

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana 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 di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 4 Mei 2021
Penulis

TEGAR PRASETYO
D400150119

ANALISIS PEMELIHARAAN TIGA LEVEL INSPEKSI LIGHTNING ARRESTER BAY JAJAR 2 DI GARDU INDUK 150 KV GONDANGREJO

Abstrak

Instalasi sistem tenaga listrik di jaringan transmisi dan distribusi tidak luput dari adanya gangguan yang dapat mengganggu proses pendistribusian energi listrik, bisa itu gangguan internal maupun gangguan eksternal. Oleh karena itu dibutuhkan peralatan pengaman untuk memproteksinya. Salah satu gangguan eksternal yang menyebabkan kegagalan pada peralatan di jaringan transmisi yaitu sambaran petir. Peralatan yang biasa digunakan untuk memproteksi gangguan akibat sambaran petir disebut *lightning arrester*. Pentingnya peran *lightning arrester* maka perlu dilakukan pemeliharaan yang pada dasarnya adalah mendapatkan jaminan berfungsinya *lightning arrester* secara optimal untuk meningkatkan umur teknis dan keandalan sistemnya. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui keandalan *lightning arrester* bay jajar 2 gardu induk Gondangrejo setelah dilakukan pemeliharaan. Kegiatan pemeliharaan *lightning arrester* dikelompokkan ke dalam 3 level inspeksi yaitu : inspeksi level 1, inspeksi level 2, dan inspeksi level 3. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan Inspeksi Level 1: Keadaan atau kondisi peralatan *lightning arrester* dapat dikategorikan dengan baik karena tidak ada kerusakan dari hasil pengecekan kondisi fisik peralatan *lightning arrester* bay jajar 2 di gardu induk 150 kV Gondangrejo. Inspeksi Level-2: Nilai suhu hasil thermovisi di bay jajar 2 di gardu induk 150 kV Gondangrejo masih terbilang bagus karna nilai suhu klem saat shooting tidak lebih dari 39 dan selisih suhu klem terhadap konduktor tidak lebih dari 10. Inspeksi Level-3 kapasitas isolasi tidak melebihi 1kV/1 MΩ. Pengukuran pentanahan tanah menunjukkan <1 Ω dengan hasil evaluasi kondisi yang baik.

Kata Kunci: lightning arrester, pemeliharaan, gardu induk

Abstract

In the installation of electrical power systems in the transmission and distribution network does not escape the interference that can interfere with the process of distribution of electrical energy, it can be internal interference or external interference. Therefore, safety equipment is needed to protect it. One of the external interferences that causes equipment failure in the transmission network is lightning strikes. Equipment commonly used to protect against interference due to lightning strikes is called a lightning arrester. The importance of the role of lightning arrester needs to be done maintenance which is basically to get guaranteed the optimal functioning of lightning arrester to improve the technical life and reliability of the system. This final task research aims to determine the reliability of lightning arrester bay jajar 2 gondangrejo substation after maintenance. Lightning arrester maintenance activities are grouped into 3 inspection levels, namely: level 1 inspection, level 2 inspection, and level 3 inspection. Based on the results of the study showed Inspection Level 1: The state or condition of lightning arrester equipment can be categorized well because there is no damage from the results of checking the physical condition of lightning arrester bay jajar 2 equipment at the substation 150 kV Gondangrejo. Level-2 Inspection: The temperature value of thermovisi results in bay jajar 2 at the substation 150 kV Gondangrejo is still fairly good because the temperature value of the clamp when shooting is not more than 39 and the difference in clamp temperature to the conductor is not more than 10. Level-3 inspection of insulation capacity does not exceed 1kV/1 MΩ. Ground ground measurements show <1 Ω with good condition evaluation results.

Keywords: lightning arrester, maintenance, substation

1. PENDAHULUAN

Pemeliharaan instalasi gardu induk pada hakekatnya adalah untuk mendapatkan kepastian atau jaminan bahwa sistem suatu peralatan yang dipelihara akan berfungsi secara optimal untuk meningkatkan umur teknisnya dan keamanan bagi personil.

Indonesia sebagai negara tropis yang terletak di sepanjang sabuk khatulistiwa memiliki kelembaban atmosfer dan panas matahari yang cukup tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan berkembangnya awan kumulonimbus selama musim hujan. Awan kumulonimbus atau awan petir adalah awan yang menghasilkan khas peristiwa petir. Selain fenomena meteorologi yang spektakuler dan mempesona, petir dapat menyebabkan kematian dan kerusakan pada peralatan (Jambak, et al, 2016).

Dikarenakan berada di dataran tinggi dan dikelilingi perbukitan, daerah Gondangrejo Kabupaten Karanganyar memiliki kerapatan petir yang cukup tinggi, sehingga dibutuhkan pengendalian yang serius dari gangguan tegangan lebih. Tegangan lebih ini berbentuk gelombang impuls yang merambat menuju ujung-ujung transmisi yang mana puncak tegangan dapat mencapai 100 - 1000kV dan berlangsung dalam waktu mikrosekon (Bonggas, 2012).

Adanya permasalahan yang disebabkan karna petir maka sebuah peralatan proteksi dari tegangan tinggi lebih, yaitu *lightning arrester*. Pada umumnya prinsip kerja *lightning arrester* cukup sederhana yaitu membentuk jalan yang mudah dialalui oleh petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih tinggi pada peralatan listrik lainnya. Pada kondisi kerja yang normal, *lightning arrester* berlaku sebagai isolasi tetapi bila terkena surja akibat adanya petir maka arrester akan berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah tegangan surja itu hilang maka *lightning arrester* harus dengan cepat kembali menjadi isolator sehingga PMT tidak sempat membuka. Saat *lightning arrester* merasakan tegangan lebih yang disebabkan oleh petir, maka *lightning arrester* akan bekerja sebagai konduktor dengan tahanan yang relatif rendah dan selanjutnya mengalirkan tegangan lebih tersebut ke tanah. Setelah itu *lightning arrester* harus cepat menjadi isolator atau kembali dalam keadaan normal agar pemutus tenaga (PMT) tidak membuka atau *trip off*.

Seperti peralatan lain yang ada pada sistem distribusi lainnya, *lightning arrester* juga memerlukan pemeliharaan agar tetap bekerja dengan baik. Karena memiliki fungsi yang sangat penting, *lightning arrester* harus bekerja dengan optimal, agar kerusakan peralatan lain yang seharusnya dapat dilindungi dari tegangan lebih dapat terhindarkan.

Pemeliharaan (*maintenance*) *lightning arrester* di gardu induk dikelompokkan menjadi 3 macam yaitu inspeksi level 1 merupakan inspeksi/pengecekan yang dilakukan dengan menggunakan panca indera dengan pelaksanaan periode tertentu dalam keadaan peralatan

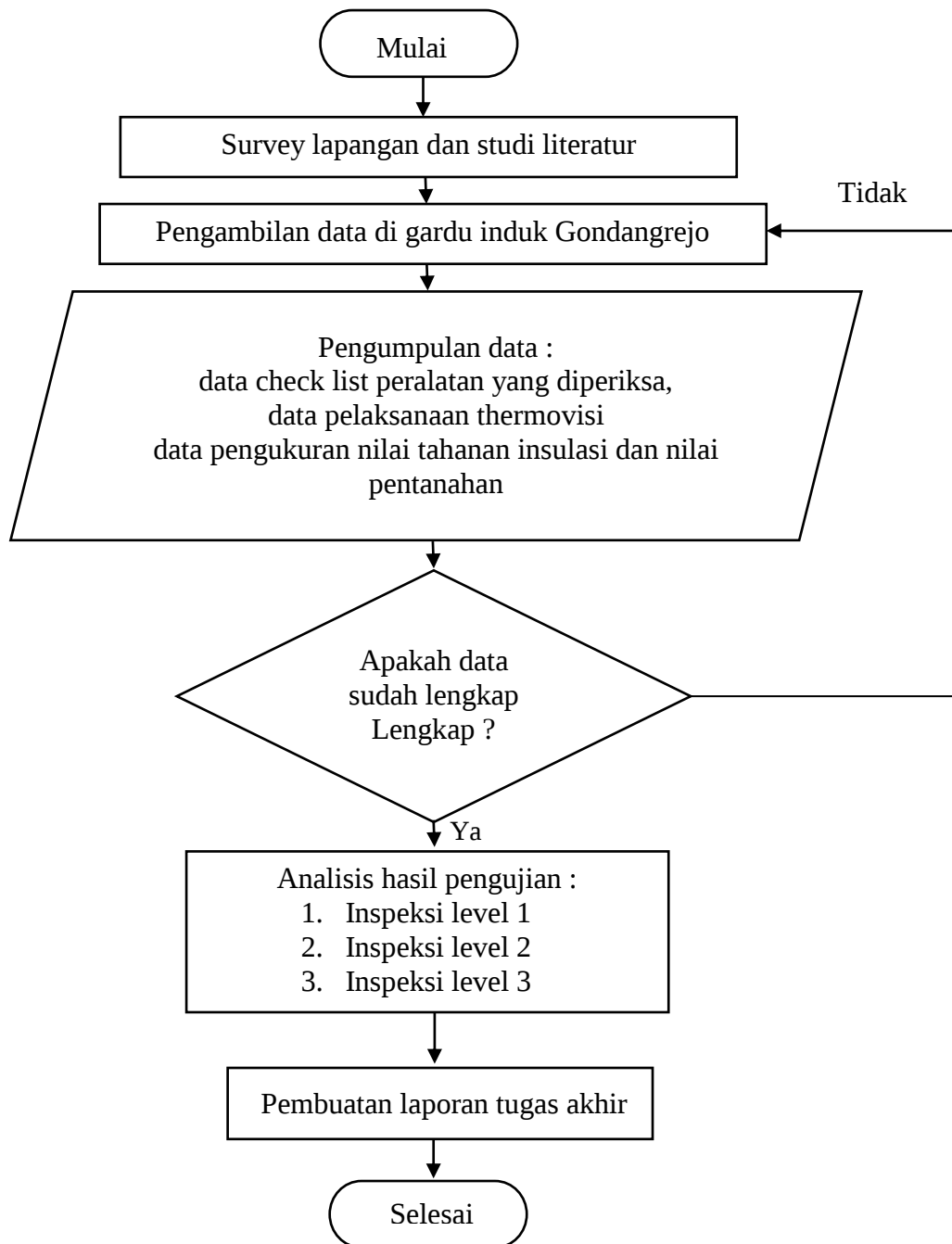
bertegangan. Inspeksi/pengecekan bertujuan untuk mengetahui/memonitor kondisi komponen peralatan. Untuk periode pelaksanaan inspeksi pada *lightning arrester* adalah mingguan, bulanan dan tahunan. Kemudian mengisi form *checklist* berdasarkan hasil inspeksi. Inspeksi level 2 merupakan inspeksi/pengecekan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur dengan pelaksanaan periode tertentu dalam keadaan peralatan bertegangan yaitu pelaksanaan thermovisi. Inspeksi level 3 merupakan pemeriksaan dan pengukuran yang dilakukan pada periode 2 tahunan dalam keadaan peralatan tidak bertegangan(*off line*). Pengukuran dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi peralatan dengan menggunakan alat ukur sederhana serta *advanced* yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan yaitu pengukuran nilai tahanan insulasi dan pengukuran nilai pentanahan.

2. METODE

Mengumpulkan jurnal nasional dan internasional yang sesuai dengan penelitian sebagai acuan untuk melakukan analisis hasil pemeliharaan *lightning arrester* di Gardu Induk 150 kV Gondangrejo.

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini berupa data dari gardu induk 150 kV Gondangrejo antara lain gambar *single line diagram* sistem transmisi GI Gondangrejo, data *check list* peralatan yang diperiksa pada *lightning arrester bay* Jajar 2, data pelaksanaan thermovisi dan data pengukuran nilai tahanan insulasi dan nilai pentanahan.

Analisis data dilakukan setelah proses pengambilan data di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Gondangrejo. Data – data yang telah terkumpul selanjutnya dihitung, disusun dan dianalisa agar mendapatkan solusi yang terbaik serta diambil kesimpulan. Dalam menganalisis data yang didapatkan itu tidak menggunakan metode apapun, karena perhitungan yang digunakan atau dipakai adalah perhitungan biasa.



Gambar 1. *Flowchart* Pembuatan Tugas Akhir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Inspeksi level 1 merupakan pemeliharaan *lightning arrester* dengan panca indera yang dilakukan dalam keadaan peralatan bertegangan. Adapun peralatan pada *lightning arrester* yang di lakukan pengecekan antara lain :

Tabel 1. Hasil pemeliharaan peralatan *lightning arrester* tahun 2018

No	Peralatan yang di periksa	Kondisi awal	Kondisi akhir
1	Pentanahan (<i>Grounding</i>)		
	Kawat pentanahan	Baik	Baik
	Terminal pentanahan	Baik	Baik
2	Isolator		
	Kebersihan	Kotor	Bersih
	Retak/pecah	Tidak ada	Tidak ada
3	Kekencangan Baut		
	Terminal utama	Kencang	Kencang
	Pentahanan	Kencang	Kencang
4	Kondisi		
	Keretakan	Tidak ada	Tidak ada
	Kemiringan	Tidak ada	Tidak ada

Tabel 2. Hasil pemeliharaan *lightning arrester* tahun 2019

No	Peralatan yang di periksa	Kondisi awal	Kondisi akhir
1	Pentanahan (<i>Grounding</i>)		
	Kawat pentanahan	Baik	Baik
	Terminal pentanahan	Baik	Baik
2	Isolator		
	Kebersihan	Kotor	Bersih
	Retak/pecah	Tidak ada	Tidak ada
	Isolator <i>support</i>	Kotor	Bersih
3	Kekencangan Baut		
	Terminal utama	Kencang	Kencang
	Pentahanan	Kencang	Kencang
4	Kondisi		
	Keretakan	Tidak ada	Tidak ada
	Kemiringan	Tidak ada	Tidak ada

Dari hasil pengecekan peralatan *lightning arrester* gardu induk 150 kV Gondangrejo di atas dapat dilihat bahwa kondisi awal ataupun kondisi akhir pada *lightning arrester* didapatkan hasil yang cukup baik, dikarenakan tidak adanya kerusakan yang berarti, maka pemeriksaan pada *lightning arrester* perlu dilaksanakan secara rutin. Namun ada salah satu pengecekan isolator *support* dimana tidak dilakukan pada tahun 2018 dan hanya dilakukan pengecekan pada tahun 2019.

Inspeksi level 2 merupakan inspeksi/pengecekan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur dengan pelaksanaan periode tertentu dalam keadaan peralatan bertegangan yaitu pelaksanaan thermovisi.

Mekanisme pelaksanaan thermovisi atau (*thermovation thermal imager*) pada *lightning arrester* berfungsi agar dapat mengetahui keadaan *lightning arrester* pada saat berbeban. Komponen pada *lightning arrester* yang akan diuji dapat diketahui pola-pola temperatur pada saat diukur. Berdasarkan pola temperatur yang didapatkan, ketidaknormalan pada komponen *lightning arrester* dapat diketahui dari hasil pengukuran yang didapatkan. Berdasarkan hasil pengujian pada komponen *lightning arrester* dengan thermovisi, evaluasi akan dilakukan apabila terdapat masalah atau persoalan yang timbul pada bagian atau komponen pada *lightning arrester* yang terindikasi dalam kondisi abnormal atau berbeda dari seharusnya, sehingga kesalahan ataupun indikasi adanya kerusakan bisa dihindari.

Tabel 3. Hasil pengukuran thermovisi

Obyek/Instalasi	Arus tertinggi yang pernah dicapai	Arus saat shooting	Suhu klem saat shooting	Suhu konduktor saat shooting	Selisih suhu klem terhadap konduktor
	$I_m^2(A)$	$I_s^2(A)$	$T_{kls}(C^0)$	$T_{kds}(C^0)$	(C^0)
	a	b	c	d	$e=(a^2/b^2) \times (c-d)$
Terminal LA fasa R	464	446	26	24	2
Terminal LA fasa S	464	446	26	24	2
Terminal LA fasa T	464	446	25	24	1
Body LA fasa R	464	446	26	24	2
Body LA fasa S	464	446	26	24	2
Body LA fasa T	464	446	25	24	1

Table 4. Rekomendasi hasil pengukuran suhu

No	Keterangan	Suhu ($^{\circ}C$)	Rekomendasi
1	Batasan suhu klem terhadap konduktor	0 s/d 10	Kondisi baik
		>10 s/d 25	Ukur 1 bulan lagi
		>25 s/d 40	Rencanakan perbaikan
		>40 s/d 70	Perbaikan segera
		>70	Darurat
2	Batasan selisih suhu antar fasa	0 s/d 15	Kondisi baik
		>15	Perbaikan segera
3	Batasan suhu klem saat shooting	0 s/d 39	Kondisi baik
		>=40 s/d 69	Perbaikan segera
		>=70	Darurat

Berdasarkan selisih suhu klem terhadap konduktor yaitu antara 0 s/d 10 menunjukkan kondisi yang baik. Sedangkan untuk batasan selisih suhu antar fasa 0 s/d 15 menunjukkan dalam kondisi

baik. Batasan suhu klem saat *shooting* 0 s/d 39 menunjukkan kondisi baik. Rekomendasi di atas berdasarkan dari PLN SK DIR 520 2014. Adapun penyebab terdapat perbedaan nilai suhu antara klem saat *shooting* dengan konduktor saat *shooting* antara lain yaitu luas penampang yang berbeda antara klem dengan konduktor lalu bahan yang digunakan jika bahan konduktor yaitu aluminium sedangkan bahan klem adalah kaca jenis borosilikat. Kemudian kebersihan atau kendornya klem ataupun konduktor bisa jadi penyebab mengapa terdapat perbedaan nilai klem saat *shooting* dengan konduktor saat *shooting*.

Inspeksi level 3 merupakan pemeriksaan dan pengukuran yang dilakukan pada periode 2 tahunan dalam keadaan peralatan tidak bertegangan (*off line*). Pengukuran dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi peralatan dengan menggunakan alat ukur sederhana serta *advanced* yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan yaitu pengukuran nilai tahanan isolasi dan pengukuran nilai pentanahan.

Pengujian tahanan isolasi *lightning arrester* yaitu metode penilaian melalui alat ukur agar mendapatkan nilai tahanan isolasi *lightning arrester* antara *body (base plat)* yang ditanahkan dengan terminal utama tiap fasa. Pengujian tahanan isolasi dilaksanakan agar dapat mendeteksi dan menyadari secara dini nilai tahanan isolasi maupun kondisi isolasi/isolator pada *lightning arrester*. Alat ukur yang dipakai saat melaksanakan pengukuran tahanan isolasi yaitu *insulation tester* 5 kV.

Tabel 5. Hasil uji nilai tahanan isolasi

Titik ukur	Fasa R (MΩ)		Fasa S (MΩ)		Fasa T (MΩ)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Atas – Bawah	364.000	820.000	346.000	58.000	378.000	461.000
Atas – <i>Ground</i>	234.000	560.000	386.000	420.000	289.000	671.000
Bawah – <i>Ground</i>	109.000	213.000	91.000	171.000	116.000	162.000

Berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi menunjukkan tahanan isolasi terendah yaitu 58.000 MΩ. Sedangkan tahanan isolasi terbesar yaitu 820.000 MΩ. Terjadinya perbedaan nilai dari yang terendah sampai yang terbesar disebabkan nilai isolasi pada *lightning arrester* yang buruk dan saat pengukuran yang kurang sesuai. Secara keseluruhan nilai tahanan isolasi masih bisa dikategorikan baik karena tidak melebihi standar yaitu 1kV/1 MΩ. Angka yang diperoleh saat pengukuran tahanan isolasi dibandingkan dengan batas pada tahanan isolasi seperti yang telah ditetapkan dalam buku peralatan SE.032/PST/1984 yaitu: berdasarkan standar VDE (catalaue 228/4) angka terkecil atau nilai minimum tahanan isolasi saat suhu operasi dinilai 1 kilo volt = 1 MΩ. Dengan kata lain 1 kV perlu mempunyai kapasitas mengisolasi tegangan sebesar 1 MΩ. Berikut hasil nilai pengujian tahanan isolasi.

$$\text{Nilai pengujian tahanan isolasi} = \frac{\text{Titik ukur pada Fasa M}\Omega}{\text{insulation 5 kV}} \quad (1)$$

Maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil kalkulasi kapasitas isolasi

Titik ukur	Fasa R (M Ω)		Fasa S (M Ω)		Fasa T (M Ω)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Atas - Bawah	72.800	164.000	69.200	11.600	75.600	92.200
Atas - <i>Ground</i>	46.800	112.000	77.200	84.000	57.800	134.200
Bawah - <i>Ground</i>	21.800	42.600	18.200	34.200	23.200	32.400

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan kapasitas isolasi tidak melebihi 1 kV/1 M Ω . Dari hasil pengujian tahanan isolasi bahwa setiap fasa mempunyai angka kapasitas isolasi yang beragam. Keadaan itu disebabkan situasi kepada setiap isolator. Apabila banyak kotoran yang terdapat pada isolator maka kapasitas mengisolasinya akan berkurang. Dapat dilihat jika fasa R pada tahun 2019 memiliki kemampuan isolasi yang lebih tinggi dari fasa S, fasa T memiliki kapasitas isolasi sebesar 164.000 pada titik ukur atas-bawah. Secara garis besar pada tiap titik ukur terdapat perbedaan atau perubahan nilai kapasitas pada tahanan isolasi, dengan kata lain pemeliharaan *lightning arrester* yang dilaksanakan secara teratur dapat berdampak baik sehingga gangguan atau kegagalan isolasi dapat diminimalisir atau dihindari dan tahanan isolasi *lightning arrester* tetap dapat berfungsi dengan baik.

Penilaian tahanan pentanahan berfungsi agar dapat memastikan tahanan atau *grounding* celah diantara plat tembaga atau besi atau yang sudah ditimbun ke dalam tanah agar berfungsi sebagai alat yang dapat memproteksi instrumen listrik kepada gangguan petir dan hubung singkat. Dengan kata lain untuk mendapatkan nilai tahanan kepada tanah yang baik, pelat yang digunakan dipastikan harus ditimbun agar menghasilkan tahanan yang sekecil mungkin. alat ukur yang digunakan dalam menguji tahanan pentanahan yaitu *earth resistance tester*. Di bawah adalah tabel hasil pengukuran tahanan pentanahan pada bay 2 di gardu induk Gondangrejo.

Tabel 7. Hasil pengukuran tahanan pentanahan

Bay	Fasa R (Ω)		Fasa S (Ω)		Fasa T (Ω)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Jajar 2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2
Keterangan	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik

Berdasarkan pengujian dari data yang diambil tahanan pentanahan pada *lightning arrester* bay jajar 2 menunjukkan nilai tahanan pentanahan dari tahun 2018 dan tahun 2019 menunjukkan $<1 \Omega$ dengan hasil evaluasi kondisi yang baik sehingga pemeriksaan lanjutan dapat dilakukan dengan Pemeriksaan dengan cara visual hal ini berdasarkan Berdasarkan IEEE STD 80-2000 berkenaan *guide for safety in ac substation grounding* standar nilai tahanan pentanahan yang telah ditetapkan kepada *switchgear* yaitu $\leq 1 \Omega$.

4. PENUTUP

Berlandaskan kalkulasi dan penguraian dari hasil data, angka dan teori yang didapat dan berkesinambungan dengan analisis hasil pemeliharaan tiga level inspeksi *lightning arrester* bay jajar 2 di gardu induk 150 kV Gondangrejo : (1) Inspeksi Level 1 : Keadaan atau kondisi peralatan *lightning arrester* dapat dikategorikan dengan baik karena tidak ada kerusakan dari hasil pengecekan kondisi fisik peralatan *lightning arrester* bay jajar 2 di gardu induk 150 kV Gondangrejo. (2) Inspeksi Level-2 : Nilai suhu hasil thermovisi di bay jajar 2 di gardu induk 150 kV Gondangrejo masih terbilang bagus karna nilai suhu klem saat *shooting* tidak lebih dari 39 dan selisih suhu klem terhadap konduktor tidak lebih dari 10. (3) Inspeksi Level-3 : Kapasitas isolasi tidak melebihi 1 kV/1 MΩ. Pengukuran pentanahan tanah menunjukkan $<1 \Omega$ dengan hasil evaluasi kondisi yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonggas L. Tobing. (2012). Peralatan Tegangan Tinggi, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Novizon, et all. (2013). *Thermal Image and Leakage Current Diagnostic as a Tool for Testing and Condition Monitoring of ZnO Surge Arrester*. *International Journal of Science and Engineering*. 27-32.
- Manuel Bolotinha. (2019). *Substations Equipment Inspection and Periodic Maintenance Improving The Reliability of HV and EHV Equipment*. *Magazine of Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. 75-82.
- Jambak,et all. (2016). *Analysis of Transmission Lightning Arrester Locations Using Tflash*, *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 1228-1233.
- SKDIR 114.K/DIR/2010,2010, *Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik – Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester* No dokumen : 12-22/ HARLUR-PST/2009, PT PLN (Persero), Jakarta. Indonesia