

ANALISIS KINERJA LIGHTNING ARRESTER (LA) BERDASARKAN ARUS BOCOR PADA BAY IBT 1 GITET GANDUL PT. PLN (PERSERO) ULTG GANDUL

Fahrhun Anugerah, Yohannes Dewanto
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Kedirgantaraan dan Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma
Jl. Halim Perdana Kusuma No.1, RT.1/RW.9, Halim Perdana Kusumah, Kec. Makasar, Kota
Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13610
Email : fahrunanugerah94@gmail.com

Abstrak- PT.PLN (Persero) ULTG Gandul mempunyai asset salah satu Gardu Induk yang sudah beroperasi sangat lama yaitu GITET Gandul, dalam menunjang keberlangsungan energi listrik peralatan perlu dilindungi dari surga petir, oleh karenanya dibutuhkan Lightning arrester sebagai pengalir tegangan lebih agar tidak mengganggu dan merusak peralatan. Penelitian ini membahas tentang arus bocor pada LA di bay IBT 1 GITET Gandul.

Pentingnya peran LA dalam proteksi peralatan dari hubung surja dan singkat maka perlu dilakukan perhitungan kinerja secara berkala bersamaan dengan itu adanya perbedaan usia operasi LA pada fasa S dengan fasa lainnya di bay IBT 1 mencapai lebih dari 10 tahun operasi sehingga diperlukan perhitungan kinerja LA tersebut, adapun prosedur penelitian dimulai dari studi literatur, pengumpulan data arus bocor, analisis kinerja arrester didasarkan pada arus bocor yang terukur menggunakan Leakage Current Monitor dengan membandingkan dengan standart yang ditentukan oleh PLN yaitu SKDIR 520.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan kinerja LA fasa R dan S masih dalam range nilai normal yaitu $%I_{res} \leq 90 \mu A$ sedangkan untuk fasa T diperlukan percepatan dan penambahan pengukuran yaitu setiap 6 bulan atau 2x setahun dimana nilai $%I_{res}$ ada pada range 91-99 μA , dan untuk kinerja LA fasa S masih baik meskipun telah beroperasi selama 19 tahun dimana peningkatan degradasi arus bocor arrester hanya 20,40% dan $%I_{res} \leq 90 \mu A$ yaitu 55,2% sehingga dalam interval pengujian selanjutnya ialah setahun sekali.

Kata Kunci: Gardu Induk, Arus Bocor, LA (Lightning Arrester), LCM (Leakage Current Monitor), SKDIR 520

I. Pendahuluan

Gardu Induk memegang peranan penting untuk mengatur kebutuhan beban energi listrik oleh sebab itu Gardu Induk harus memiliki kualitas dan kontinuitas yang baik dalam penyaluran energi listrik, dalam sistem tenaga listrik pastilah akan terjadi adanya gangguan, seperti dari gangguan internal atau eksternal, gangguan-gangguan tersebut biasanya dapat diakibatkan dari alam (petir, pohon, binatang)

atau dari peralatan itu sendiri (usia, kegagalan fungsi kerja). Gangguan dapat diminimalisir dengan diberikan proteksi. Salah satu alat proteksi ialah *Lightning Arrester* dimana fungsinya supaya bisa meneruskan surja petir atau surja hubung yang menyebabkan tegangan tinggi, agar tidak menyebabkan kerusakan atau gangguan untuk peralatan lain di Gardu Induk. *Lightning Arrester*

mempunyai sifat isolator yang dapat mengalirkan arus bocor ketanah dan menjadi konduktor untuk mengalirkan arus surja ke tanah jika ada gangguan, kegagalan kinerja *Lightning arrester* dapat disebabkan oleh beberapa factor diantaranya penuaan variasi *Zink Oxide*, zink oxide akan mengalami penurunan jika semakin lama operasi *lightning arrester*. Untuk mengetahui *Lightning Arrester* masih normal atau tidak diperlukan analisa dari data yang telah diambil dari *lightning arrester* tersebut. Berdasarkan permasalahan diatas, pada laporan ini difokuskan untuk mengetahui kinerja *lightning arrester* yang berada di Gardu Induk Gandul untuk mengetahui *Lightning Arrester* tersebut masih bekerja sesuai fungsinya atau tidak. Pada penelitian ini fokus dengan kinerja berdasarkan arus bocor *LA* hasil dengan menggunakan alat LCM (*Leakage Current Monitor*).

II. Landasan Teori

A. Gardu Induk

Gabungan dari transformator dan *switch gear* di sebut gardu induk. Gardu induk dikontrol untuk saling terhubung dengan gardu induk lain supaya bisa interkoneksi sehingga bisa menyalurkan energy listrik secara kontinyu dan handal.

B. Gangguan Pada Lightning Arrester

- Surja Hubung

Surja hubung merupakan operasi penutupan tau pembukaan saklar yang mengakibatkan gangguan hubung singkat, hubung singkat terjadi karena adanya hubungan penghantar bertegangan ataupun tidak bertegangan secara langsung sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (*over current*).

- Surja Petir

Surja petir adalah gejala tegangan lebih transien yang disebabkan oleh sambaran petir Induksi petir dengan gerak gelombang yang merambat kesegala arah di sepanjang jaringan

sampai ke titik yang dapat menetralsir arus petir atau pentanahan terjadi karena penghantar terkena sambaran petir.

C. Lightning Arrester

Sistem tenaga listrik memiliki alat proteksi tegangan lebih akibat surja petir atau surja hubung yang disebut dengan *lightning arrester*. *Lightning arrester* di sekitar isolasi yang membentuk jalan yang mudah dilalui arus kilat sehingga tegangan lebih tidak sampai mengalir ke peralatan bersifat by pass.



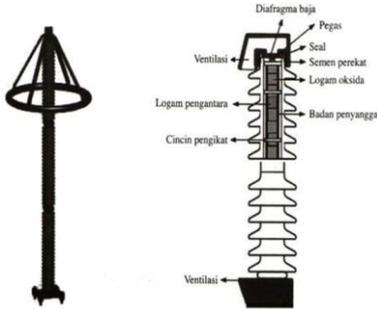
(Gambar 2.1 *Lightning Arrester*)

Prinsip *Lightning arrester* dihubungkan antara kawat fasa dan tanah, yang berarti masing – masing kawat fasa dilengkapi oleh arrester pada ujungnya sebelum masuk ke gardu distribusi. *Lightning arrester* berkerja dengan prinsip membatasi tegangan lebih yang mengalir pada kawat fasa, serta membentuk jalur pintas untuk mengalirkan arus surja ke tanah (ground). Syarat yang harus dipenuhi *lightning arrester* yaitu mampu menahan tegangan system normal tak terbatas waktu dan mengalirkan arus surja ke tanah tanpa mengalami kerusakan. Adapun jenis *LA* sebagai berikut :

- Jenis Ekspulsi

Arrester jenis ekspulsi digunakan pada isistem tenaga listrik bertegangan hingga 33 kV. Arrester ini memiliki dua sela, yaitu sela bagian luar yang terdapat sela percik batang atau sela seri dan sela bagian dalam dalam terdapat sela percik.

Arrester mampu mengalirkan tegangan tinggi frekuensi daya tanpa menyebabkan korona dan arus bocor ketanah karena dipasang ekektoda. Besarnya tegangan tembus sela luar lebih rendah dari teganga lompatan api isolator pendukung sela luar.



(Gambar 2.2 Konstruksi Arrester Logam Oksida)

- Jenis Katup

Arrester jenis terbagi 3 yaitu arrester katup sela pasif, arrester katup sela aktif, arrester Katup Tanpa Sela Percik. (Gambar LA)

Adapun konstruksi dari LA yaitu :

- Varistor aktif
- Housing dan terminal LA
- Pemisah
- Sealing dan Pressure relief system
- Grading ring
- Counter LA
- Struktur penyangga LA
- Sub sitem konektor
- Spark gap
- Tahanan katup

D. Leakage Current Monitor

Pengukuran arus bocor resistif sangat penting karena MOSA memiliki komponen yang kritis yaitu varistor ZnO. Maka, pengukuran nilai arus bocor resistif MOSA (murni berasal dari

komponen varistor) secara langsung merupakan pengukuran yang memiliki presisi tinggi.

Akibat beberapa kendala tersebut memperoleh nilai standar arus bocor resistif *arrester*, pengukuran ini dilaksanakan dalam skala laboratorium. Arus bocor di gardu induk pengukurannya dilakukan minimal 1 kali dalam satu tahun, jika kondisi arrester telah mengalami degradasi maka untuk kebutuhan data trending, intervalnya dapat lebih singkat, disesuaikan dengan rekomendasi pabrikan. Metode yang telah dikembangkan untuk mendiagnosa kondisi MOSA yaitu dengan cara Pengukuran Arus Bocor MOSA, karena pengukurannya yang praktis dan representatif dengan melakukan pengukuran arus bocor MOSA yang diukur pada kawat pentanahan dari MOSA. Model MOSA (*Metal Oxide Surge Arrester*) dapat dibuat sederhana.

I_t = representasi dari total arus bocor MOSA [A]

I_c = arus bocor komponen kapasitif [A]

I_r = suhu dan tegangan operasi berpengaruh pada besarnya arus bocor komponen resistif [A]

Besarnya diameter varistor, jumlah blok varistor secara paralel, kapasitansi bocor dan tegangan operasi dapat mempengaruhi variasi nilai komponen kapasitif.

Kemudian dipersentasikan dalam persamaan berikut:

$$I_r = I_t - I_c \quad 2.1$$

Keterangan :

I_r = Arus bocor resistif

I_c = Arus bocor kapasitif

I_t = Arus bocor total

Menghitung persentase arus bocor

Untuk mengetahui kondisi arus bocor yang terjadi pada lightning arrester dapat menggunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kondisi Arrester \%} = \frac{\text{Ires corr}}{\text{Batasan Arus Bocor}} \times 100\% \quad 2.2$$

E. Thermovisi

Thermovision merupakan aktifitas pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui temperatur suatu objek yang sedang diamati. Alat yang umumnya digunakan mampu menampilkan gambar suatu objek berdasarkan pencitraan temperaturnya. Tinggi rendahnya temperatur berdasarkan warna hasil pencitraan, biasa disebut dengan hotspot. Adapun perhitungan pengukuran thermovisi adalah sebagai berikut :

$$\Delta T = \left(\frac{I_{maks}}{I_{saat\ thermovisi}} \right)^2 \cdot (T_{klem} - T_{konduktor}) \quad 2.3$$

I maks: Arus maksimal pernah dicapai

I saat thermovisi : Arus saat thermovisi

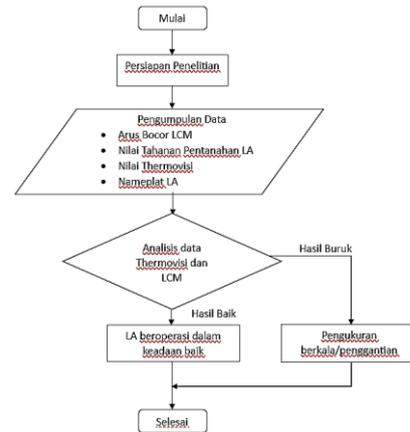
T klem : Suhu klem (sambungan)

T Konduktor : Suhu Konduktor

III. Metode Penelitian

A. Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 3.1 flowchat dibawah menjelaskan tahapan penyelesaian tugas akhir dimulai dari mulai sampai selesai. Penyelesaian tugas akhir dimuai dari persiapan dengan studi literatur yang dilakukan dengan mengumpulkan informasi maupun sumber-sumber atau referensi yang berkaitan dengan penelitian dalam hal ini berupa LA dengan jenis katup tanpa sela percik dan menggunakan MOSA. Setelah itu pengumpulan data arus bocor dari hasil pengukuran yang dilaksanakan di Gardu Induk Gandul.



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Metode kuantitatif dinamakan metode tradisional, karena metode ini sudah cukup lama digunakan sehingga sudah mentradisi sebagai metode untuk penelitian. Metode kuantitatif merupakan proses penelitian yang menggunakan angka sebagai alat menganalisis

C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa : Seperangkat hardware, Microsoft Word dan Excel, Instrumen pengukuran LCM, Thermovisi, dan Earth Tester.

IV. Pembahasan

A. Data

Pengambilan data dilakukan di Gardu Induk Gandul. Data yang diambil berupa data pengukuran counter menggunakan alat Leakage Current Monitor. Spesifikasi Lightning Arrester yang terpasang pada Gardu Induk Gandul adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Nameplat LA Bay IBT 1

	R	S	T
Type	EXLIM P420	EXLIM T444	EXLIM P420
Tahun	2019	1992	2019
Buatan	SWEDIA	SWEDIA	SWEDIA
Merk	ABB	ABB	ABB
Rated Voltage	420 kV	444 kV	420 kV
Tahun Operasi	2020	2005	2020
Class	20kA	20kA	20kA
Serial Number	75297561	7911055	75297562

Tabel 4.2 Data Arus Bocor LA Bay IBT 1 Tahun 2021

Fasa	Ir (μA)	Ir corr (μA)	It (μA)
R	44	35	983
S	83	87	1136
T	120	83	7777

Tabel 4.3 Data Arus Bocor LA Bay IBT 1 Tahun 2022

Fasa	Ir (μA)	Ir corr (μA)	It (μA)
R	38	62	901
S	85	138	1031
T	149	235	9964

Tabel 4.4 Data Tahanan Pentanahan LA Bay IBT 1 Tahun 2021 dan 2022

MTU	Phasa	Tahanan Pentanahan (Ω)		
		2021	2022	Standar (SKDIR 0520)
LA	R	0,2	0,19	< 1
	S	0,17	0,18	
	T	0,12	0,12	

Tabel 4.5 Data Thermovisi LA Bay IBT 1

Bulan	Phasa	I maks (A)	I saat Thermovisi (A)	T Klem (°C)	T Konduktor (°C)
Desember	R	888	867	36	33
	S	888	867	37	33
	T	888	867	36	34
Januari	R	888	858	35	33
	S	888	858	37	34
	T	888	858	38	32
Februari	R	888	865	35	33
	S	888	865	36	33
	T	888	865	37	36
Maret	R	888	877	35	33
	S	888	877	37	36
	T	888	877	39	35
April	R	888	854	38	33
	S	888	854	39	34
	T	888	854	38	32
Mei	R	888	866	38	35
	S	888	866	37	35
	T	888	866	35	32
Juni	R	888	853	37	39
	S	888	853	41	38
	T	888	853	39	37
Juli	R	888	878	38	35
	S	888	878	40	36
	T	888	878	37	35
Agustus	R	888	856	38	33
	S	888	856	39	33
	T	888	856	38	33
September	R	888	871	36	32
	S	888	871	40	36
	T	888	871	38	35
Oktober	R	888	864	39	34
	S	888	864	37	32
	T	888	864	38	33
November	R	888	879	36	33
	S	888	879	38	33
	T	888	879	38	32

B. Analisis

Mengacu pada rumus 2.3 perhitungan pengukuran thermovisi didapatkan nilai dengan hasil sebagai berikut :

$$\Delta T = \left(\frac{888}{867} \right)^2 \cdot 36 - 33$$

$$\Delta T = 3,1$$

Tabel 4.6 Hasil perhitungan ΔT thermovisi LA IBT 1

Bulan	Phasa	ΔT (°C)
Desember	R	3,1
	S	4,2
	T	2,1
Januari	R	2,1
	S	3,2
	T	6,4
Februari	R	2,1
	S	3,2
	T	1,1
Maret	R	2,1
	S	1,0
	T	4,1
April	R	5,4
	S	5,4
	T	6,5
Mei	R	3,2
	S	2,1
	T	3,2
Juni	R	2,2
	S	3,3
	T	2,2
Juli	R	3,1
	S	4,1
	T	2,0
Agustus	R	5,4
	S	6,5
	T	5,4
September	R	4,2
	S	4,2
	T	3,1
Oktober	R	5,3
	S	5,3
	T	5,3
November	R	3,1
	S	5,1
	T	6,1

Tabel 4.7 Evaluasi dan Rekomendasi hasil Thermovisi

No	ΔT Akhir	Rekomendasi
1	<10°	Kondisi normal, pengukuran berikutnya sesuai jadwal
2	10-25°	Perlu dilakukan pengukuran satu bulan lagi
3	25-40°	Perlu direncanakan perbaikan
4	40-70°	Perlu dilakukan perbaikan segera
5	>70°	Kondisi darurat

Ditinjau berdasarkan data pengukuran beserta perhitungannya diperoleh hasil analisa hotspot/thermovisi pada bay IBT 1 periode 2021-2022 dari bulan desember 2021 sampai dengan november 2022 dimana pada bulan desember ΔT RST berada di angka 3,1, 4,2, dan 2,1 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan januari ΔT RST berada di angka 2,1, 3,2, 6,4 °C sehingga

masuk dalam kategori normal, bulan february ΔT RST berada di angka 2,1, 3,2, 1,1 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan maret ΔT RST berada di angka 2,1, 1,0, 4,1 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan april ΔT RST berada di angka 5,4, 5,4, 6,5 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan mei ΔT RST berada di angka 3,2, 2,1, 3,2 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan juni ΔT RST berada di angka 2,2, 3,3, 2,2 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan juli ΔT RST berada di angka 3,1, 4,1, 2,0 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan agustus ΔT RST berada di angka 5,4, 6,5, 5,4 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan september ΔT RST berada di angka 4,2, 4,2, 3, °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan oktober ΔT RST berada di angka 5,3, 5,3, 5,3 °C sehingga masuk dalam kategori normal, bulan november ΔT RST berada di angka 3,1, 5,1, 6,1 °C sehingga masuk dalam kategori normal.

Adapun batasan nilai arus bocor resistif maksimum dengan pendekatan statistik sesuai dengan buku pedoman lighting arrester 0520 sebagai berikut :

Tabel 4.8 Batasan nilai arus bocor resistif maksimum

Tegangan Sistem Operasi	Ires Max
	(μA)
70 kV	100
150 kV	150
500 kV	250

Berdasarkan hasil pengujian arus bocor resistif yang dikoreksi (Ir corr) dapat disimpulkan bahwa nilai arus bocor resistif yang diuji pada Bay IBT 1 Gitet Gandul masih dalam batas standart arus bocor menurut PLN yaitu kurang dari 250 μA pada tegangan kerja 500KV. Mengacu pada rumus 2.2 perhitungan

pengukuran % kondisi arrester didapatkan nilai dengan hasil sebagai berikut :

LA fasa R tahun 2021

$$\text{Kondisi Arrester \%} = \frac{35}{250} \times 100\%$$

$$\text{Kondisi Arrester \%} = 14\%$$

Tabel 4.9 Rekomendasi hasil ukur menggunakan *Leakage Current Monitor*

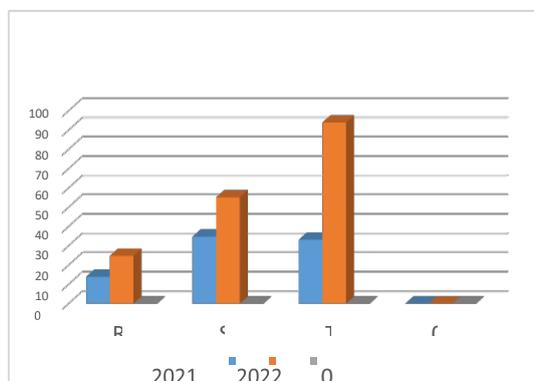
No	% dar Ires, Max	Rekomendasi
1	≤ 90 μA	Ukur LCM tahunan
2	91-99 μA	Ukur LCM 6 bulan kemudian
3	≥ 100 μA	Penggantian LA

Tabel 4.10 Hasil Persentase Perhitungan Pengujian Tahun 2021

Fasa	Standart	Kondisi LA %
R	SKDIR ≤ 90	14,00
S	SKDIR ≤ 90	34,80
T	SKDIR ≤ 90	33,20

Tabel 4.11 Hasil Persentase Perhitungan Pengujian Tahun 2022

Fasa	Standart	Kondisi LA %
R	SKDIR ≤ 90	24,80
S	SKDIR ≤ 90	55,20
T	SKDIR ≤ 90	94,00



Gambar 4.1 Perbandingan Pengujian Tahunn 2021 dan 2022

Setelah dilakukan perhitungan dengan rumus Persamaan di atas pada pengujian tahun 2021 fasa R, S, dan T didapatkan hasil untuk Fasa R yaitu kondisi sebesar 14,00% sedangkan kondisi, Untuk Fasa S didapatkan hasil kondisi sebesar 34,80% dan untuk Fasa T didapatkan hasil kondisi sebesar 33,20%. Pada pengujian tahun 2022 Fasa R mengalami peningkatan degradasi sebesar 10,80% sedangkan kondisi untuk Fasa S mengalami peningkatan degradasi sebesar 20,40% dan untuk Fasa T mengalami peningkatan degradasi sebesar 60,80%.

Hasil Analisa setelah melakukan perhitungan persentase untuk rekomendasi pengujian berikutnya didapat hasil kondisi pengujian arus bocor pada arrester Bay IBT 1 Gitet Gandul didapatkan bahwa semua kondisi arrester Pada IBT 1 dalam keadaan baik, terlihat kondisi arrester pada pengujian terakhir mendapat hasil Fasa R dan S ≤ 90% menurut rekomendasi hasil LCM pada tabel 4.5 arus resistif maksimal. Sehingga rekomendasi perlakuan yang harus dilakukan terhadap arrester yaitu pengujian LCM tahunan kecuali pada Fasa T mendapat hasil 91-99% menurut rekomendasi hasil LCM pada tabel 4.5 arus resistif maksimal. Sehingga rekomendasi perlakuan yang harus dilakukan terhadap arrester yaitu pengujian LCM saat 6 bulan kemudian.

V. Penutup

Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan data yang didapat kinerja LA fasa R dan S masih dalam range nilai normal yaitu %Ires ≤ 90 μA sedangkan untuk fasa T diperlukan percepatan dan penambahan pengukuran yaitu setiap 6 bulan atau 2x setahun dimana nilai %Ires ada pada range 91-99 μA.

2. Kinerja LA fasa S masih baik meskipun telah beroperasi selama 19 tahun dimana peningkatan degradasi

arus bocor arrester hanya 20,40% dan $I_{res} \leq 90 \mu A$ yaitu 55,2% sehingga dalam interval pengujian selanjutnya ialah setahun sekali.

Arrester di Gardu Induk 150KV Cepu. Artikel Ilmiah Skripsi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Negeri Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riegel Aditya. 2022. Analisa Kinerja Lighting Arrester Berdasarkan Arus Bocor pada Gardu Induk 150Kv Solobaru. Artikel Ilmiah Skripsi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Negeri Semarang.
- [2] Andriawan. Deni. 2014. Kinerja Arrester Yang Sudah Berusia Lebih Dari 10 Tahun di Gardu Induk 150Kv Ungaran-Semarang. Artikel Ilmiah Skripsi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- [3] Avryansyah, Airlangga. PEMELIHARAAN LIGHTNING ARRESTER (LA) PADA GARDU INDUK KRAPYAK 150 KV PT. PLN (PERSERO) P3B JAWA – BALI APP SEMARANG.
- [4] Buku Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik SKDIR 114.K/DIR/2010 LA No. Dokumen: 12-22/HARLUR-PST/2009.
- [5] Pugar, Iqbal Edi. 2019. Kinerja Lighting Arrester yang berusia lebih dari 30 tahun di Gardu Induk 150Kv Spondol PT.PLN (Persero) UPT Semarang. Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang
- [6] PLN Corporate University, Assesment kondisi Lighting Arrester, Jakarta: 2018
- [7] SPLN, Pembumian Pada Gardu Induk dan Jaringan Transmisi, Jakarta: 2020
- [8] Har-GI TJBB, Panduan Aset Kritis Untuk Peralatan GI dan GIS UITJBB, Depok: 2021
- [9] Rizal Abidin. 2021. Penentuan Kelayakan Arus Bocor Lighting

