

# ANALISIS INSPEKSI LEVEL 2 TERHADAP KELAYAKAN OPERASI *LIGHTNING ARRESTER* DI GI CIANJUR

Dwigian Netha Putra. D.M<sup>1\*</sup>, Muchtar Ali Setyo Yudono<sup>2</sup>, Handrea Bernando Tambunan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro, Universitas Nusa Putra; Jl. Raya Cibolang Cisaat - Sukabumi No.21, Cibolang Kaler, Kec. Cisaat, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat 43152; (0266) 210594

Received: 21 Agustus 2024

Accepted: 5 Oktober 2024

Published: 12 Oktober 2024

## Keywords:

*leakage current measurement; lightning arrester; lightning strikes; substations; thermovision*

## Correspondent Email:

[dwigian.netha\\_te22@nusaputra.ac.id](mailto:dwigian.netha_te22@nusaputra.ac.id)

**Abstrak.** Indonesia memiliki kepadatan sambaran petir yang tinggi, sehingga petir menjadi salah satu penyebab gangguan pada sistem ketenagalistrikan. Salah satu upaya untuk menjaga keandalan sistem transmisi dari petir adalah dengan menggunakan *Lightning Arrester* (LA) di gardu induk. Penting untuk mengetahui dan mendeteksi sejak dini penurunan kinerja LA dikarenakan peralatan sistem ketenagalistrikan yang beroperasi tanpa henti. Hal ini dapat dilakukan dengan menganalisis hasil uji *thermovision* dan *leakage current measurement* (LCM) yang termasuk dalam inspeksi level 2 (*online maintenance*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara *thermovision* dan LCM terhadap kelayakan operasi LA sebagai pengaman terhadap petir dengan objek penelitian yaitu LA pada Bay Sukaluyu 1 & 2 di Gardu Induk Cianjur. Dari hasil analisa didapatkan bahwa berdasarkan *thermovision* dan LCM LA Bay Sukaluyu 1 fasa R dan T, serta LA Bay Sukaluyu 2 fasa R, S, dan T masuk kategori layak operasi dikarenakan tidak ditemukan adanya perbedaan warna mencolok pada *thermovision* dan persentase kondisi LA masih dibawah 90%, sedangkan untuk LA Bay Sukaluyu 2 fasa S masuk dalam kategori tidak layak operasi dikarenakan ditemukan adanya perbedaan warna mencolok pada *thermovision* dan persentase kondisi LA melebihi 90%.

**Abstract.** *Lightning strikes are common in Indonesia, which makes it one of the factors that disrupts the electrical grid. Using a Lightning Arrester (LA) at the substation is one attempt to protect the transmission system against lightning strikes. It's critical to understand and identify early on any reduction in LA performance brought on by continuously functioning electricity system equipment. The findings of thermovision and leakage current measurement (LCM), which are a part of level 2 inspections, can be analyzed to achieve this. The goal of this study is to examine how thermovision and LCM relate to the viability of using LA operations to defend against lightning. The LA at Bay Sukaluyu 1 & 2 at the Cianjur Substation serves as the research object. Based on thermovision and LCM, the analysis's findings revealed that LA Bay Sukaluyu 1 phases R and T, as well as LA Bay Sukaluyu 2 phases R, S, and T, were classified as suitable for operation because their thermovision showed no discernible color differences and their percentage of LA condition remained below 90%. In contrast, LA Bay Sukaluyu 2 phase S was classified as not suitable for operation because its thermovision showed a noticeable color difference and its percentage of LA condition exceeded 90%.*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kepadatan sambaran petir yang tinggi [1] dengan karakteristik petir pada daerah tropis memiliki hari guruh sangat tinggi dengan aktivitas 100 – 200 hari guruh per tahun [2]. Sehingga telah diketahui bahwa petir, merupakan salah satu bukti bahwa petir merupakan salah satu penyumbang penyebab terjadinya gangguan pada sistem ketenagalistrikan di Indonesia [3].

Sistem transmisi dalam ketenagalistrikan terdiri dari jaringan transmisi dan gardu induk, di mana sebagian besar jaringan transmisi menggunakan saluran udara sebagai media penghantaran listrik. Berdasarkan data dari aplikasi Vaisala, diketahui bahwa pada tahun 2023 jalur saluran udara tegangan tinggi (SUTT) antara Cianjur dan Cigereleng mengalami 140 kali sambaran petir, dengan arus sambaran tertinggi mencapai 128 kA.

Sistem proteksi petir terdiri dari serangkaian komponen yang saling berhubungan yang dirancang untuk melindungi terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh sambaran petir langsung dan tidak langsung [4]. Di Gardu Induk *Lightning Arrester* (LA) merupakan peralatan yang terpasang di gardu induk, yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik lain di gardu induk dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir) [5].

Dengan demikian, maka penting untuk dapat mengetahui dan mendeteksi sejak dini apabila terjadi penurunan ataupun pemburukan pada LA karena pentingnya LA sebagai pengaman dari tegangan surja yang beroperasi 24 jam tanpa henti [6]. Hal ini dapat dilakukan dengan menganalisa hasil uji maupun pengukuran yang dilakukan walaupun LA sedang bertegangan, yang disebut sebagai inspeksi level 2 (*online maintenance*). Adapun inspeksi level 2 pada LA yaitu melakukan pengecekan suhu LA menggunakan kamera atau disebut *Thermovisi* dan melakukan pengukuran arus bocor menggunakan *Leakage Current Measurement* (LCM) [7], [8].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, untuk menjamin keselamatan sistem tenaga listrik dari tegangan surja yaitu dengan menjaga dan memantau kinerja LA tetap andal melalui pemeliharaan, salah satunya menggunakan LCM. Dilakukan analisis terhadap hasil pengujian LCM dengan membandingkan terhadap standar dan didapatkan bahwa apakah

suatu LA layak operasi atau tidak [9]. Nilai arus bocor resistif yang didapatkan dari LCM dapat dianalisis dengan menggunakan data *time series* dan dilakukan analisis dengan pengujian korelasi dan pengujian regresi sederhana untuk menentukan batas usia pemakaian suatu LA [10]. Dapat juga analisis dilakukan dengan menggunakan parameter ketika LCM dilakukan dan nilai arus bocor yang didapatkan dari LCM untuk menentukan kelayakan operasi suatu LA [11]. Selain dengan LCM, dapat dilakukan pemantauan titik hotspot pada LA dengan *thermovisi* dengan hasil pengukuran korona [12]. Dapat juga dimonitoring melalui suhu dari *dead end clamp line* hingga kawat grounding LA untuk memantau titik hotspot pada LA [13].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam rangka menghitung arus bocor resistif secara korektif, beberapa tahapan perlu dilakukan dengan memanfaatkan nilai arus bocor resistif serta parameter-parameter hasil pengukuran *Low Current Meter* (LCM). Tahap pertama melibatkan perhitungan tegangan sistem dan rasio tegangan pada setiap *Lightning Arrester* (LA) dengan menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2) berikut [11].

$$\text{Tegangan sistem} = \frac{\text{tegangan phase-phase}}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

$$\text{Rasio tegangan} = \frac{\text{tegangan Sistem}}{\text{tegangan rating LA}} \quad (2)$$

Setelah nilai rasio tegangan diperoleh, nilai tersebut digunakan sebagai faktor koreksi tegangan pada Persamaan (3) [11]. Persamaan ini diterapkan untuk menentukan besarnya arus bocor resistif yang telah dikoreksi. Nilai faktor koreksi tegangan dan suhu dapat diperoleh dari Tabel 1 dan Tabel 2 [14]. di mana suhu yang digunakan merupakan parameter yang diukur selama pelaksanaan pengukuran menggunakan *Low Current Meter* (LCM).

$$I_{\text{Corr}} = I_{\text{res}} \times F_{\text{KT}} \times F_{\text{KS}} \quad (3)$$

Dimana:

$I_{\text{corr}}$  = Arus bocor resistif yang telah dikompensasi oleh tegangan dan suhu ( $\mu\text{A}$ )

$I_{\text{res}}$  = Arus bocor resistif hasil LCM ( $\mu\text{A}$ )

$F_{\text{KT}}$  = Faktor koreksi tegangan

$F_{\text{KS}}$  = Faktor koreksi suhu

Tabel 1. Tabel Faktor Koreksi Tegangan

Rasio Tegangan U/Ur	Faktor Koreksi Perkalian	Rasio Tegangan U/Ur	Faktor Koreksi Perkalian
0.4	3.4	0.65	3.4
0.41	3.3	0.66	1.2
0.42	3.2	0.67	1.1
0.43	3.1	0.68	1.1
0.44	3	0.69	1
0.45	2.9	0.7	1
0.46	2.8	0.71	0.9
0.47	2.7	0.72	0.8
0.48	2.7	0.73	0.8
0.49	2.6	0.74	0.7
0.50	2.5	0.75	0.7
0.51	2.4	0.76	0.7
0.52	2.3	0.77	0.6
0.53	2.2	0.78	0.6
0.54	2.1	0.79	0.6
0.55	2.1	0.80	0.5
0.56	2	0.81	0.5
0.57	1.9	0.82	0.5
0.58	1.8	0.83	0.4
0.59	1.7	0.84	0.4
0.6	1.7	0.85	0.4
0.61	1.6	0.86	0.4
0.62	1.5	0.87	0.3
0.63	1.4	0.88	0.3
0.64	1.4	0.89	0.3

Tabel 2. Tabel Faktor Koreksi Suhu

Suhu (°C)	Faktor Koreksi Perkalian	Suhu (°C)	Faktor Koreksi Perkalian
0	1.4	21	0.96
1	1.37	22	0.94
2	1.25	23	0.92
3	1.33	24	0.92
4	1.33	25	0.9
5	1.3	26	0.88
6	1.28	27	0.87
7	1.26	28	0.85
8	1.24	29	0.83
9	1.22	30	0.82
10	1.2	31	0.81
11	1.17	32	0.79
12	1.15	33	0.78
13	1.13	34	0.77
14	1.12	35	0.75
15	1.1	36	0.74
16	1.08	37	0.73
17	1.06	38	0.71
18	1.04	39	0.7
19	1.02	40	0.69
20	1	41	0.69

Berdasarkan standar PT PLN (Persero) yaitu SK DIR 520 2014 tentang Buku

Pemeliharaan Pedoman Pemeliharaan Prime *Lightning Arrester*, adapun batas standar besar nilai arus bocor untuk LA pada tegangan kerja 150kV yaitu sebesar 150  $\mu$ A. Kemudian dijelaskan untuk mengetahui kondisi arrester dalam satuan persen dengan melakukan perhitungan nilai arus bocor resistif yang didapatkan dengan rumus persamaan 4 [11].

$$\text{Kondisi LA \%} = \frac{\text{Ires atau IrCorr}}{\text{batasan arus bocor}} \times 100\% \quad (4)$$

Adapun batasan persentase kondisi LA dapat dijabarkan pada Tabel 3 berikut

Tabel 3. Rekomendasi Hasil LCM

% dari Ires max	Rekomendasi
$\leq 90$	Ukur LCM Tahunan
91 – 99	Ukur LCM 6 Bulan Kemudian
$\geq 100$	Penggantian LA

Untuk thermovisi, maka evaluasi dilakukan dengan membandingkan suhu *body* LA bagian atas dan bawah. Jika tidak ditemukan adanya perbedaan gradasi warna maka LA masih dikatakan baik dan kegiatan thermovisi dilakukan sesuai periode. Namun jika ditemukan adanya perbedaan gradasi warna, maka dilakukan tindak lanjut kurang dari 1 minggu [7]. Maka dari itu, dilakukan analisis tren suhu hasil thermovisi dari masing-masing LA yang kemudian dilakukan analisis korelasi antara hasil thermovisi dan LCM untuk menentukan kelayakan operasi suatu LA.

Analisis korelasi adalah teknik statistik untuk menentukan besaran yang menunjukkan seberapa kuat hubungan antara suatu variabel dengan variabel lainnya, tanpa menanyakan apakah suatu variabel tertentu bergantung pada variabel lain [15]. Semakin jelas suatu hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih [16]. Tingkat hubungan atau keeratan korelasi dapat dijabarkan dalam Tabel 4 yang merupakan interval koefisien korelasi.

Tabel 4. Korelasi Keeratan Pearson

Interval Koefisien	Keeratan Korelasi
0.00 – 0.20	Sangat Lemah
0.21 – 0.40	Lemah
0.41 – 0.70	Moderate / Sedang
0.71 – 0.90	Kuat
0.91 – 0.99	Sangat Kuat
1	Korelasi Sempurna

Koefisien korelasi merupakan ukuran untuk menentukan derajat hubungan antar variabel [17]. Nilai koefisien korelasinya antara  $-1 < 0 < 1$ , apabila  $r = -1$  korelasi negatif sempurna, artinya taraf signifikansi dari pengaruh variabel X terhadap variabel Y sangat lemah dan apabila  $r = 1$  korelasi positif sempurna, artinya taraf signifikansi dari pengaruh variabel X terhadap variabel Y sangat kuat. Berikut ditampilkan distribusi nilai  $r$  signifikansi 5% dan 1%.

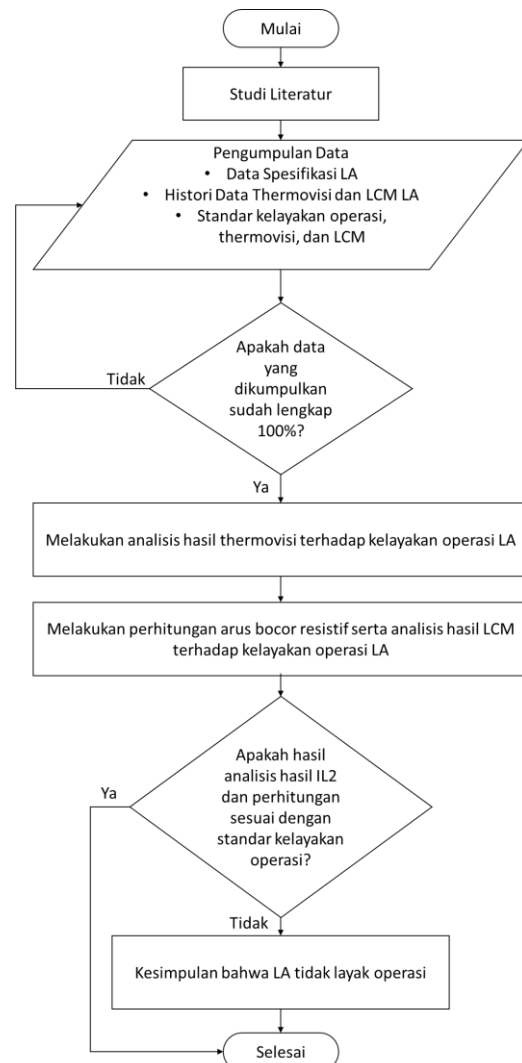
Tabel 5. Distribusi Nilai R Tabel Signifikansi 5% dan 1%

N	Tingkat Signifikansi		N	Tingkat Signifikansi	
	5%	1%		5%	1%
3	0.997	0.999	24	0.404	0.515
4	0.950	0.999	25	0.396	0.505
5	0.878	0.959	30	0.361	0.463
6	0.811	0.917	35	0.334	0.430
7	0.754	0.874	40	0.312	0.403
8	0.707	0.834	50	0.279	0.361
9	0.666	0.798	60	0.254	0.330
10	0.632	0.765	70	0.235	0.306
11	0.602	0.735	80	0.220	0.286
12	0.576	0.708	90	0.207	0.267
13	0.553	0.684	100	0.195	0.256
14	0.532	0.661	150	0.159	0.210
15	0.514	0.641	200	0.138	0.181
16	0.497	0.623	300	0.113	0.148
17	0.482	0.606	400	0.098	0.128
18	0.468	0.590	500	0.088	0.115
19	0.456	0.575	600	0.080	0.105
20	0.444	0.561	700	0.074	0.097
21	0.433	0.549	800	0.070	0.091
22	0.432	0.537	900	0.065	0.086
23	0.413	0.526	1000	0.062	0.081

### 3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian yaitu analisis dengan menggunakan data kuantitatif. Data arus bocor serta parameter hasil pengukuran LCM, data suhu hasil pelaksanaan thermovisi, dan data teknik LA Bay Sukaluyu 1 dan Sukaluyu 2 merupakan data yang didapatkan dari tempat objek penelitian. Setelah data tersebut didapatkan, maka dapat dilakukan analisa terhadap thermovisi untuk menentukan kondisi kelayakan operasi LA dan analisa terhadap arus bocor korektif sebagai analisa LCM terhadap kondisi kelayakan operasi LA. Kemudian dilakukan analisis korelasi antara thermovisi dan LCM terhadap kelayakan operasi LA Bay Sukaluyu 1 dan

Sukaluyu 2. Adapun metodologi yang dilakukan dapat dijabarkan melalui diagram alir Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir

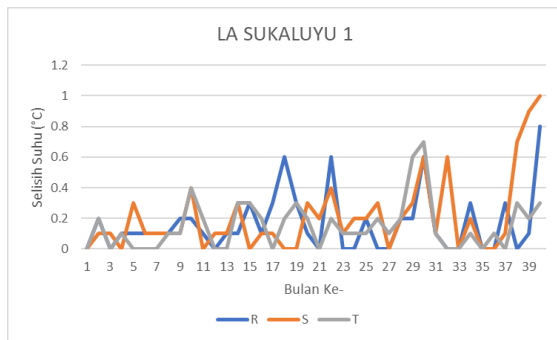
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dapat dijabarkan pada Tabel 4 berikut spesifikasi *lightning arrester* dari Bay Sukaluyu 1 dan 2 yang menjadi objek penelitian.

Tabel 4. Data Spesifikasi LA

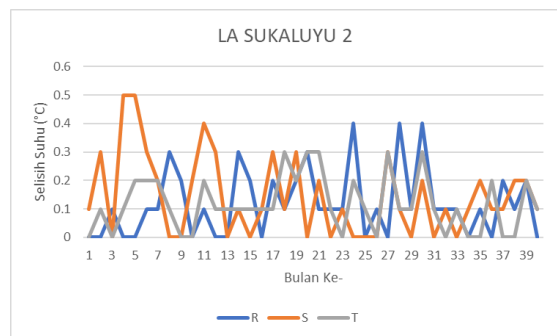
Spesifikasi		
	Sukaluyu 1	Sukaluyu 2
Merk	Ohio Brass	Siemens
Type	PH3170GV132	3EL2 144-6PP42-4XA2
Ur (kV)	132	144
Tahun Buat	2015	2012
No. Seri	T-61193	39131
	T-61203	39133
	T-61276	39135

Berdasarkan hasil thermovisi yang didapatkan dari setiap LA selama 40 bulan terhitung sejak Januari 2021 – April 2024, dapat dijabarkan tren selisih suhu antara *body* atas dan bawah dengan Gambar 2 untuk LA Bay Sukaluyu 1 dan Gambar 3 untuk LA Bay Sukaluyu 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Grafik Tren Thermovisi Sukaluyu 1

Berdasarkan Gambar 2 diatas diketahui bahwa selisih suhu tertinggi dapat dijabarkan secara berturut-turut dari fasa R yaitu 0.8°C pada bulan ke-40, fasa S yaitu 1°C pada bulan ke-40, dan fasa T yaitu 0.7°C pada bulan ke-30 untuk LA Bay Sukaluyu 1.



Gambar 3. Grafik Tren Thermovisi Sukaluyu 2

Berdasarkan Gambar 3 diatas diketahui bahwa selisih suhu tertinggi dapat dijabarkan secara berturut-turut dari fasa R yaitu 0.4°C pada bulan ke-24, ke-28, dan ke-30. Untuk fasa S yaitu 1°C pada bulan ke-40, dan fasa T yaitu 0.7°C pada bulan ke-18, ke-20, ke-21, ke-26, dan ke-30 untuk LA Bay Sukaluyu 2.

Jika melihat pada hasil tangkapan gambar thermovisi dan mengacu pada standar evaluasi SK DIR 520, maka ditemukan adanya perbedaan gradasi warna pada LA Bay Sukaluyu 1 fasa S. Dengan demikian, berdasarkan hasil thermovisi LA Bay Sukaluyu 1 fasa R dan T serta LA Bay Sukaluyu 2 fasa

R, S, T masuk kategori aman. Namun LA Bay Sukaluyu 1 fasa S perlu tindak lanjut evaluasi dengan membandingkan hasil uji lainnya, yang dalam hal ini dilakukan LCM.

Dalam analisa LCM dilakukan perhitungan arus bocor korektif (IrCorr) sebagai pembanding hasil pengukuran, berikut hasil pengukuran arus bocor dan perhitungan saat menggunakan LCM tahun 2021 – 2024 tiap fasa sebagai dasar perhitungan IrCorr.

Tabel 5. Data Hasil LCM 2021 - 2024

Bay	Fasa	Ires (μA)	Itot (μA)	Suhu (°C)	Teg. Bus (kV)
SUKALUYU 1	R	39	445	37	148
	R	43	440	36	144
	R	24	443	37	146
	R	25	431	36	149
	S	37	722	37	148
	S	56	860	36	144
	S	49	809	37	146
	S	370	1159	36	149
	T	91	539	37	148
	T	115	558	36	144
SUKALUYU 2	T	66	540	37	146
	T	43	1027	36	149
	R	59	575	37	148
	R	60	641	36	144
	R	38	636	37	146
	R	36	640	36	149
	S	32	566	37	148
	S	40	635	36	144
	S	22	670	37	146
	S	16	593	36	149
	T	44	586	37	148
	T	52	654	36	144
	T	22	676	37	146
	T	37	628	36	149

Untuk menghitung IrCorr, langkah pertama yaitu menggunakan persamaan (1) dan (2) untuk menentukan nilai faktor koreksi tegangan, dan menggunakan parameter suhu untuk menentukan faktor koreksi suhu sehingga nilai IrCorr didapatkan dengan menggunakan persamaan (3)

Didapatkan nilai tegangan sistem dengan menggunakan data Bay Sukaluyu 1 fasa R tahun 2021 yakni sebesar 85.44 kV dengan rasio tegangan sebesar 0,65 dan mendapatkan faktor koreksi tegangan sebesar 1,3, sedangkan untuk faktor koreksi suhu sebesar 0,73 dan hasil

perhitungan arus bocor yang dikoreksi atau IrCorr didapatkan hasil sebesar 37.011  $\mu$ A.

Dengan telah diketahuinya nilai IrCorr yang merupakan nilai arus bocor korektif dari Ires, maka dapat dilakukan analisa hasil LCM terhadap kelayakan operasi LA dengan menggunakan persamaan (4) dan dibandingkan dengan standar SK DIR 520 2014 pada Tabel 3. Sehingga didapatkan dengan nilai Ires 39  $\mu$ A dan IrCorr 37.011  $\mu$ A maka dapat diketahui bahwa persentase kondisi LA Bay Sukaluyu 1 Fasa R pada tahun 2021 yaitu 26% dengan menggunakan Ires, dan 24.67% dengan menggunakan IrCorr yang dapat dikatakan masih dalam kategori layak operasi karena  $\leq 90\%$ . Berikut dijabarkan dalam Tabel 6 terkait nilai kondisi persentase LA.

Tabel 6. Persentase Kondisi LA

Bay	Fasa	% Kondisi LA			
		Ires	IrCorr	Selisih	Ket.
S U K A L U Y U 1	R	26	24.67	1.33	Baik
	R	28.67	29.7	1.09	Baik
	R	16	16.35	0.35	Baik
	R	16.67	16.03	0.63	Baik
	S	24.67	23.41	1.26	Baik
	S	37.33	38.68	1.42	Baik
	S	32.67	33.39	0.72	Baik
	S	246.67	237.29	9.37	Buruk
	T	60.67	57.57	3.09	Baik
	T	76.67	79.43	2.91	Baik
	T	44	44.97	0.97	Baik
	T	28.67	27.58	1.09	Baik
Rerata				2.02	
S U K A L U Y U 2	R	39.33	26.47	5.14	Baik
	R	40	53.28	10.32	Baik
	R	25.33	31.44	6.11	Baik
	R	24	30.19	6.19	Baik
	S	21.33	26.47	5.14	Baik
	S	26.67	35.52	6.88	Baik
	S	14.67	18.20	3.53	Baik
	S	10.67	13.42	2.75	Baik
	T	29.33	36.4	7.07	Baik
	T	34.67	46.18	8.94	Baik
	T	24	29.78	5.78	Baik
	T	24.67	31.03	6.36	Baik
Rerata				6.54	

Sehingga dapat diketahui berdasarkan Tabel 6, persentase kondisi LA dengan Ires dan IrCorr tertinggi tiap fasa pada Bay Sukaluyu 1 berturut-turut dari fasa R, S, dan T memiliki persentase kondisi LA yaitu 28.67%, 246.67%, 76.67%, dan 27.58%, 237.29%, 73.75%.

Demikian juga pada Bay Sukaluyu 2 berturut-turut dari fasa R, S, dan T memiliki persentase kondisi LA dengan nilai Ires dan IrCorr tertinggi yaitu 40%, 26.67%, 34.67%, dan 50.32%, 33.55%, 43.61%.

Dengan demikian dapat diketahui bahwa LA pada Bay Sukaluyu 1 fasa R dan T serta pada Bay Sukaluyu 2 Fasa R, S, dan T memiliki kondisi yang masih layak operasi dikarenakan sesuai standar kelayakan yakni memiliki persentase kurang dari 90%. Sedangkan untuk LA Bay Sukaluyu 1 fasa S memiliki persentase yang melebihi standar kelayakan yakni dengan nilai 246.67% dengan Ires, dan 237.29% dengan IrCorr, sehingga LA Bay Sukaluyu 1 fasa S dikategorikan tidak layak operasi.

Dengan telah diketahuinya LA yang layak operasi dan tidak layak operasi berdasarkan hasil analisa thermovisi dan LCM, maka dapat dilakukan analisa hubungan korelasi antara thermovisi dan LCM terhadap kelayakan operasi LA. Data yang digunakan dalam analisa merupakan selisih suhu tertinggi masing-masing LA setiap tahunnya yang dikorelasikan dengan nilai arus bocor LCM atau Ires. Sehingga didapatkan nilai korelasi (R hitung) sebesar 0.54014 yang dapat diketahui bahwa keeratan korelasi antara thermovisi dan LCM memiliki tingkat keeratan korelasi "Sedang".

Dengan mengetahui nilai R hitung, maka dapat dilakukan analisis menggunakan distribusi nilai R signifikansi 5%, dengan jumlah data dalam analisis korelasi sebanyak 24 buah data, maka dapat diketahui bahwa nilai R tabel sebesar 0.404. Dengan demikian, diketahui bahwa R hitung > R tabel, sehingga dapat dikatakan thermovisi dan LCM memiliki hubungan yang signifikan.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa hasil thermovisi dan LCM LA Bay Sukaluyu 1 dan Sukaluyu 2 didapatkan bahwa LA Bay Sukaluyu 1 fasa R dan T serta LA Bay Sukaluyu 2 fasa R, S, dan T masuk kategori peralatan yang masih layak operasi dikarenakan tidak ditemukan adanya perbedaan warna mencolok dan memiliki persentase kondisi LA masih dibawa 90% baik dengan Ires maupun IrCorr. Sedangkan pada LA Bay Sukaluyu 1 fasa S masuk kategori tidak layak operasi dikarenakan dalam hasil thermovisi ditemukan adanya perbedaan warna

mencolok pada bulan ke-40 dengan selisih suhu antara *body* atas dan bawah sebesar 1°C dan memiliki persentase kondisi LA melebihi 90% yakni diangka 246.67% dengan Ires dan 237.29% dengan IrCorr.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Administrator, "Indonesia, Negara Dengan Frekuensi Petir Sangat Tinggi," *Universitas Gadjah Mada*, 2013. <https://www.ugm.ac.id/id/berita/8137-indonesia-negara-dengan-frekuensi-petir-sangat-tinggi>
- [2] D. P. SDPPI, "Siap Hadapi Musim Penghujan , SDPPI Gelar Workshop Pemeliharaan SMFR," *Direktorat Pengendalian SDPPI*, 2023. <https://sdppi.kominfo.go.id/berita-siap-hadapi-musim-penghujan-sdppi-gelar-workshop-pemeliharaan-smfr-27-6080>
- [3] D. Widyaningsih, "Evaluasi Tegangan Transien Surja Petir Sistem Tenaga Listrik Terhadap Integrasi Beban Industri," Universitas Hasanuddin, 2020.
- [4] H. Firnando, D. Tessal, and A. Manab, "Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Di Gedung B Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 12, no. 3, pp. 2295–2303, 2024.
- [5] M. S. I. FIRDAUS, "Analisa Kinerja Lightning Arrester Di Gardu Induk 150kV Muara Karang Baru Dengan Kamera Thermovisi," Universitas Mercu Buana, 2022.
- [6] H. Y. Wirawan, M. S. Al -Amin, and Emidiana, "Kemampuan Arrester Sebagai Pengaman Transformator Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Keramasan," *Tekno*, vol. 18, no. 1, pp. 72–78, 2021.
- [7] PT PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Lightning Arrester*. Jakarta: PT PLN (PERSERO), 2014.
- [8] S. Ryan Handoko, "Jurnal Elektro dan Teknologi Informasi Analisa Penggunaan Lightning Arrester (LA) Pada Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk 150 KV PLTU Rembang," *J. Elektro dan Teknol. Inf.*, pp. 1–6, 2022.
- [9] Shoimatussururoh and B. Dwi cahyono, "Pemeliharaan Lightning Arrester (LA) pada Gardu Induk Saketi 150kv di PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 5. pp. 520–531, 2022. doi: 10.55123/insologi.v1i5.869.
- [10] I. P. Ramadhan, "Kinerja Lightning Arrester Yang Berusia Lebih Dari 30 Tahun Di Gardu Induk 150 kV Srandol Pt.Pln (Persero) Upt Semarang," pp. 1–69, 2019.
- [11] D. Afian Wahyu Ramadhani, "Analisis Arus Bocor Resistif Pada Sistem Proteksi Lightning Arrester Bay Kedinding Di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya," *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 19–27, 2022.
- [12] R. A. Pebrian, R. Hidayat, and M. Y. Ramadhan, "Pengujian Korona Dan Pemantauan titik Hotspot Di Lightning Arrester Pada Gardu Induk Rengasdengklok Karawang," *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 6, no. 2, p. 84, 2021, doi: 10.33772/jfe.v6i2.17585.
- [13] S. Amalia, "Analisa Pengecekan Peralatan Arrester Menggunakan Thermovisi pada Bay Indarung 1 Gardu Induk Pauh Limo," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 9, no. 1, pp. 1–5, 2020, doi: 10.21063/jte.2020.3133901.
- [14] K. P. Pramod, "Leakage current measurement and health monitoring of surge arresters," *Int. J. Latest Trends Eng. Technol.*, vol. 8, no. 41, pp. 143–148, 2017, doi: 10.21172/1.841.25.
- [15] U. and R. B. Sekaran, *Research Method For Business*, Fifth. John Wiley and Sons Inc, 2010.
- [16] R. Safitri, W, "Analisis Korelasi Dalam Menentukan Hubungan Antara Kejadian Demam Berdarah Dengue Dengan Kepadatan Penduduk Di Kota Surabaya Pada Tahun 2012 - 2014," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9, 2014.
- [17] A. D. Wulansari, *Aplikasi Statistika Parametrik Dalam Penelitian*, vol. 01. Pustaka Felicha, 2016.