

Pemeliharaan *Lightning Arrester* (LA) pada Gardu Induk Saketi 150kv di PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung

Shoimatussururoh Shoimatussururoh¹, Bagus Dwi cahyono^{2*}

^{1,2*}Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang 42117, Indonesia

Email: ¹shoimatussururoh27@gmail.com, ^{2*}bagus.dwicaahyono@untirta.ac.id

Abstract

Air transmission lines are very susceptible to lightning strikes resulting in traveling waves that can enter electrical equipment. Surge propagation can cause damage to existing electrical equipment on the transmission line of the substation. One component that has an important role in the substation is the *Lightning Arrester* (LA) as a protection system from lightning strikes. The purpose of this research is to determine the performance of lightning arresters that are more than 10 years old. Therefore, to ensure the safety of the electric power system from surge voltages and keep the lightning arrester performance reliable, it is necessary to carry out maintenance activities on the lightning arrester. The maintenance carried out is testing *Leakage Current Measurement* (LCM) and replacing lightning arresters. The research method used is the observation research method in the industrial field with interviews, data collection and analysis and literature study. The results of the LCM test on the old R phase lightning arrester are 112.7 A with a percentage of 86.69% in monitor conditions. So it is necessary to replace the old lightning arresters with new conditions. As for the results of the LCM test on the replacement R phase lightning arrester (new) of 33.4 A with a percentage of 25.69% in good condition.

Keywords: *Leakage Current Measurement* (LCM), *Lightning Arrester* (LA), Maintenance, PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung.

Abstrak

Saluran transmisi udara sangatlah rawan terhadap sambaran petir menghasilkan gelombang berjalan yang dapat masuk ke peralatan listrik. Perambatan surja dapat menyebabkan kerusakan peralatan listrik yang ada pada saluran transmisi gardu induk. Salah satu komponen yang memiliki peranan penting pada gardu induk adalah *Lightning Arrester* (LA) sebagai sistem proteksi dari sambaran petir. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui kinerja *lightning arrester* yang sudah berusia lebih dari 10 tahun. Oleh karena itu, untuk menjamin keselamatan sistem tenaga listrik dari tegangan surja dan menjaga agar kinerja *lightning arrester* tetap andal, diperlukan adanya kegiatan pemeliharaan pada *lightning arrester*. Pemeliharaan yang dilakukan yaitu pengujian *Leakage Current Measurement* (LCM) dan penggantian *lightning arrester*. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian observasi di lapangan industri dengan wawancara, pengumpulan dan analisa data serta studi literatur. Hasil pengujian LCM pada *lightning arrester* fasa R lama sebesar 112,7 μ A dengan prosentase 86,69% dalam kondisi *monitor*. Sehingga perlu adanya penggantian *lightning arrester* lama dengan kondisi baru. Sedangkan untuk hasil pengujian LCM pada *lightning arrester* fasa R pengganti (baru) sebesar 33,4 μ A dengan prosentase sebesar 25,69% dalam kondisi baik.

Kata Kunci: *Leakage Current Measurement* (LCM), *Lightning Arrester* (LA), Pemeliharaan, PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung.

1. PENDAHULUAN

Di era modern seperti sekarang ini tentunya ilmu teknologi berkembang pesat dan semakin canggih yang menghasilkan berbagai inovasi dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor industri, tidak menutup kemungkinan juga di bidang elektro maupun listrik. Kebutuhan akan tenaga listrik telah menjadi kebutuhan utama, baik di kota-kota besar maupun di kota-kota kecil. Hampir semua peralatan penunjang kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari memerlukan energi listrik. Perusahaan Listrik Negara atau PLN adalah satu-satunya perusahaan listrik yang bergerak di bidang distribusi energi listrik (Aribowo, 2018). Sistem pendistribusian yang dilakukan oleh PLN adalah salah satu bagian yang paling penting dari suatu sistem ketenagaan listrik dengan tujuan untuk dapat mengalirkan tenaga listrik dari sumber daya listrik yang lebih tinggi pada suatu pembangkit listrik ke konsumen (Prabustya, 2020).

Peralatan listrik saluran transmisi yang memiliki peranan penting pada gardu induk adalah *Lightning Arrester* (LA). Saluran transmisi udara sangat rawan terhadap sambaran petir yang dapat menghasilkan gelombang berjalan (surja tegangan) yang dapat masuk ke peralatan listrik. Sambaran petir dapat mengakibatkan tegangan lebih sepanjang saluran tenaga listrik. Perambatan surja tersebut dapat menyebabkan tegangan lebih pada saluran tenaga listrik bahkan dapat merusak peralatan listrik yang ada pada saluran transmisi. Oleh karena itu, untuk melindungi peralatan listrik yang ada pada saluran transmisi dibutuhkan *lightning arrester* yang akan bekerja memotong atau membatasi surja tegangan dari petir yang akan masuk ke instalasi peralatan listrik dengan langsung mengalirkan/melepaskan surja tegangan lebih ke tanah.

Untuk menjamin keselamatan sistem tenaga listrik dari tegangan surja dan untuk menjaga agar kinerja *lightning arrester* tetap andal. Maka perlu dilakukannya pemeliharaan berupa pemeriksaan dan pengujian pada *lightning arrester*. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *Leakage Current Measurement* (LCM), pengujian tahanan isolasi dan pentanahan. Pengujian LCM adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai arus bocor pada *lightning arrester*. Pengujian tahanan isolasi adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan isolasi. Sedangkan pengujian pentanahan adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai pentanahan. Dengan dilakukannya pengujian-pengujian tersebut dapat diketahui kondisi *lightning arrester* apakah masih dalam kondisi baik atau sudah rusak.

Berdasarkan data hasil pengujian LCM terakhir yang dilakukan pada *lightning arrester* fasa R di Bay Rangkasbitung 2 Gardu Induk Saketi 150 KV menunjukkan bahwa terjadi kenaikan arus bocor IR Corr pada tahun 2021 sebesar 112,7 μ A dengan prosentase sebesar 86,69%. Dengan demikian, berdasarkan ketentuan dan hasil pengujian arus bocor (LCM) yang didapatkan, maka *lightning arrester* fasa R pada Bay Rangkasbitung 2 Gardu Induk Saketi 150 KV tersebut termasuk ke dalam kondisi “*Monitor/Damage*” yang dimana kondisi tersebut merupakan kondisi *lightning arrester* yang membahayakan dan kinerja *lightning arrester* memburuk. Solusi yang tepat untuk permasalahan tersebut adalah dilakukan suatu tindakan penggantian LA lama dengan LA yang baru dalam kondisi “*Good*”. Berdasarkan latarbelakang permasalahan yang terjadi pada *lightning arrester* fasa R di Bay Rangkasbitung 2 Gardu Induk Saketi 150 KV, maka dilakukan penelitian dengan judul yaitu “*Pemeliharaan Lightning Arrester Pada Gardu Induk Saketi 150 KV*” untuk mengetahui aspek pemeliharaan apa saja yang dilakukan pada *lightning arrester* jika terjadi suatu gangguan atau kerusakan pada *lightning arrester*. Tujuan penelitian ini diantaranya untuk mengetahui kinerja *lightning arrester* yang sudah berusia 10 tahun pada saluran transmisi gardu induk, mengetahui prosedur pengujian LCM dan

mengetahui proses penggantian *lightning arrester* yang baik. Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan temuan-temuan baru yang bermanfaat bagi pembacanya.

1.1. Sistem Tenaga Listrik

Energi listrik merupakan sumber energi yang sangat diperlukan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari baik dalam rumah tangga maupun bisnis. Tenaga listrik dibangkitkan oleh pusat-pusat pembangkit listrik seperti PLTU, PLTA, PLTG dan PLTD. Pembangkit listrik yang kita temui saat ini menggunakan bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara sebagai sumber tenaga utama penggerak turbin dalam membangkitkan energi listrik. Selain menggunakan bahan bakar fosil, saat ini sudah ada energi terbarukan dengan memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi yang mampu menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. Jaringan transmisi dan distribusi yang ada saat ini dikategorikan kedalam jaringan listrik konvensional dan modern yang menggunakan *smart grid* (Hidayatullah, 2017).

Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah tegangannya dinaikkan oleh *transformator step-up* yang ada di pusat pembangkit. Saluran transmisi tenaga tinggi memiliki tegangan 70KV, 150KV atau 500KV. Setelah tenaga listrik disalurkan, kemudian listrik sampai ke gardu induk dan diturunkan tegangannya menjadi tegangan menengah. Saluran-saluran transmisi menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban melalui saluran tegangan tinggi 150KV atau melalui saluran transmisi tegangan ekstra tinggi 500KV (Aribowo, 2016).

1.2. Lightning Arrester

Lightning arrester adalah komponen utama gardu induk yang berkerja sebagai pelindung peralatan listrik lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir). *Lightning arrester* memiliki kemampuan mengamankan peralatan listrik dari gangguan sambaran petir maupun hubung singkat. Ketika terjadi peristiwa surja, gelombang berjalan akan merambat di penghantar sistem transmisi dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya. Surja ini akan membahayakan bila nilai tegangan surja yang tiba di peralatan lebih tinggi dari *Basic Insulation Level* (BIL) peralatan (Aziz, 2020).

Prinsip kerja *lightning arrester* adalah pada saat keadaan normal *lightning arrester* berlaku sebagai isolator, tetapi bila terkena sambaran petir *lightning arrester* berlaku sebagai konduktor yang tahanannya relatif rendah, sehingga dapat mengalirkan arus sambaran petir ke dalam tanah. Setelah surja hilang, *arrester* dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga Pemutus Tenaga (PMT) tidak sempat membuka. *Arrester* melindungi peralatan dari tegangan lebih dan membatasi surja yang timbul dan mengalirkan ke tanah. *Arrester* dipasang antara terminal penghantar dengan tanah. *Arrester* kemudian memberikan suatu impedensi yang rendah untuk mengalirkan ke tanah. Hal ini diperlukan agar isolasi peralatan menjadi aman. *Arrester* yang baik memiliki karakteristik, sebagai berikut:

1. Pada tegangan sistem yang normal *arrester* tidak boleh bekerja. Tegangan tembus *arrester* pada frekuensi jala-jala harus lebih tinggi dari tegangan lebih sempurna yang mungkin terjadi pada sistem.
2. Setiap gelombang transien dengan tegangan puncak yang lebih tinggi dari tegangan tembus *arrester* harus mampu mengalirkan arus ke tanah.
3. *Arrester* harus mampu melakukan arus terpa ke tanah tanpa merusak *arrester* itu

sendiri dan tanpa menyebabkan tegangan pada terminal *arrester* lebih tinggi dari tegangansumbernya sendiri.

4. Arus sistem tidak boleh mengalir ke tanah setelah gangguan dibatasi (*follow current*). *Follow current* harus dipotong begitu gangguan telah berlalu dan tegangan kembali normal.
5. Arus bocor yang dibumikan pada tegangan normal tidak melebihi ketetapan operasional yang diizinkan.

Jadi, saat terjadi lonjakan arus listrik pada suatu instalasi listrik yang sudah terpasang *arrester*, maka pengaman arus lebih akan bekerja memutuskan arus listrik langsung dari sumber utama. Sehingga lonjakan tegangan listrik yang terjadi tidak sampai mengalir ke berbagai peralatan listrik karena *arrester* terlebih dahulu mendeteksinya dan mengalirkannya ke bumi (PLN, 2014). *Lightning arrester* dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. *Lightning Arrester*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

1.3. Petir

Petir adalah peristiwa alam yang sering terjadi di bumi, terjadinya seringkali mengikuti peristiwa hujan baik air atau es, peristiwa ini dimulai dengan munculnya lidah api listrik yang bercahaya terang yang terus memanjang ke arah bumi dan kemudian diikuti suara menggelegar dan efeknya akan fatal bila mengenai makhluk hidup, bangunan dan peralatan lainnya. Sambaran petir yang bersifat listrik berpotensi menyebabkan gejala tersengat listrik, maupun menimbulkan kerusakan seperti memicu ledakan atau menyebabkan kebakaran. Petir yang berpotensi menyebabkan kebakaran bernama petir *cloud to ground* yaitu petir yang muncul dari awan, kemudian menyambar ke daratan. Secara sifat, petir cenderung menyambat tempat terbuka atau objek yang lebih tinggi dari sekitarnya.

Peralatan listrik seperti yang ada pada gardu induk rentan tersambar petir karena bermuatan aliran listrik, maka dari itu penting sekali adanya pemasangan *lightning arrester* pada gardu induk tersebut. Saat menyambar suatu objek, sambaran petir dapat membuat percikan api. Potensi terjadinya kebakaran bisa semakin besar jika percikan api mengenai objek yang mudah terbakar. Sambaran petir dapat mengirimkan ratusan juta volt listrik yang berbahaya dan merusak peralatan gardu induk lainnya. Jadi, untuk

mencegah terjadinya ledakan dan kerusakan pada peralatan listrik gardu induk akibat sambaran petir maka sangat dibutuhkan *lightning arrester* untuk melindungi peralatan listrik dari surja petir (Naibaho, 2021).

1.4. Pemeliharaan *Lightning Arrester*

Pemeliharaan merupakan suatu upaya dalam menjaga agar kondisi dan kinerja suatu alat tetap dalam kondisi baik. Sedangkan perbaikan yaitu mengembalikan kondisi alat pada keadaan semula agar dapat difungsikan kembali dengan baik (Fauzan, 2020). Kegiatan pemeliharaan yang tercantum dalam artikel ini merupakan *proactive maintenance*, yaitu pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya *failure* atau kegagalan pada peralatan.

Kegiatan *proactive maintenance* dapat dibedakan menjadi *preventive maintenance* dan *predictive maintenance*. *Preventive maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinan terjadinya kerusakan atau kegagalan pada peralatan listrik. Maka dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini (Lestari, 2020). *Preventive maintenance* dikenal juga sebagai *Time Based Maintenance* (TBM) yaitu pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilakukan secara berkala dengan berpedoman kepada Instruksi Kerja (IK) dari perusahaan dan standar-standar yang ada.

Di dalam TBM, kegiatan pemeliharaan dilaksanakan dengan *interval* waktu tertentu, tanpa memperhatikan apakah kondisi peralatan memang sudah memerlukan tindakan pemeliharaan atau tidak. *Predictive maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinan peralatan listrik tersebut menuju kegagalan. *Predictive maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang bertujuan untuk mengetahui kondisi peralatan termasuk juga kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan kondisi peralatan tersebut (PLN, 2014).

Preventive maintenance pada *lightning arrester* salah satu kegiatannya yaitu penggantian *lightning arrester* berdasarkan *asesmen* hasil ukur LCM (*Leakage Current Measurement*). Kegiatan penggantian ini merupakan salah satu kegiatan perawatan korektif, dimana perawatan ini dilakukan sesudah ditemukannya kerusakan pada suatu alat dengan cara memperbaiki atau mengganti alat tersebut dengan yang baru (Setiawannie, 2022). Sedangkan *predictive maintenance* pada *lightning arrester*, kegiatannya adalah pengukuran arus bocor *lightning arrester* (LCM), perubahan interval pengukuran LCM diketahui kondisi *lightning arrester* “*weak*”, dan pengukuran nilai tahanan insulasi *lightning arrester*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

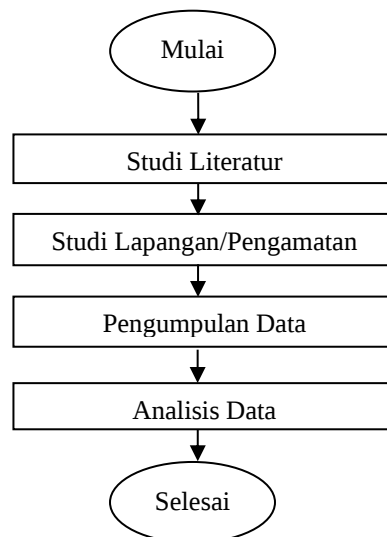
Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk Saketi 150KV ketika sedang melakukan program praktik industri di PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung. PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung merupakan salah satu perusahaan listrik negara yang berperan sebagai unit pengelola pelaksanaan proses bisnis operasi dan pemeliharaan transmisi. Ruang lingkup kerjanya terdiri dari 8 Gardu Induk, salah satunya adalah Gardu Induk Saketi 150KV. Program praktik industri ini adalah program jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro yang harus diikuti oleh mahasiswa dengan bobot nilai 2 SKS. Program ini berkerjasama dengan perusahaan-perusahaan yang mencakup syarat dan relevan dengan

jurusan PVTE (Afrianti, 2019). Metode yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan observasi dan wawancara.

2.2. Tahapan Pengumpulan Data

Adapun tahapan pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang terdiri dari (Aditama, 2020):

1. Studi literatur yaitu mencari dan mengumpulkan berbagai referensi baik dari buku, jurnal maupun penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan judul penelitian. Referensi tersebut juga dijadikan sebagai pendukung teori dalam pemecahan masalah artikel ini. Sehingga dari kegiatan lapangan didukung pula dengan literatur yang relevan.
2. Studi lapangan yaitu melakukan pengamatan pemeliharaan langsung dan juga melakukan komunikasi langsung dengan para pegawai atau karyawan-karyawan terkait yang ahli dalam bidangnya. Sehingga permasalahan yang ada dapat dicari solusinya serta dapat menambah masukan yang bernilai pada penelitian ini. Wawancara dilakukan selama kegiatan praktik industri berlangsung.
3. Pengumpulan data yaitu strategi yang ditempuh untuk mengambil data lapangan. Data-data yang dikumpulkan mencakup data seluruh kegiatan pemeliharaan dengan menggunakan metode wawancara dan studi langsung di lapangan. Data yang diambil berupa hasil pengujian LCM pada *lightning arrester*, hasil pengujian tahanan isolasi dan pentanahan serta dokumentasi-dokumentasi kegiatan pemeliharaan.
4. Analisis data, dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Data yang sudah diambil dan diterima dari kegiatan dideskripsikan secara kualitas dan kuantitas dengan parameter-parameter yang ditentukan melalui syarat kelayakan operasi dari industri.



Gambar 2. Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lightning arrester (LA) yang menjadi pokok bahasan pada artikel ini adalah *lightning arrester* fasa R pada Bay Rangkas 2 Gardu Induk Saketi 150KV. Salah satu kegiatan pemeliharaan prefentif *lightning arrester* yaitu penggantian *lightning arrester* yang dilakukan karena *lightning arrester* fasa R yang lama pada Bay Rangkas 2 mengalami

kenaikan arus bocor yang cukup besar sehingga mengakibatkan kualitas kinerja *lightning arrester* memburuk, dan perlu dilakukannya suatu tindakan penggantian *lightning arrester* dengan yang baru. Hal itu dilakukan untuk menghindari terjadinya sesuatu yang membahayakan seperti kecelakaan/kerusakan peralatan listrik pada gardu induk. Sebelum melakukan penggantian, terlebih dahulu melakukan pemeliharaan prediktif dengan cara melakukan *monitoring* dan pengujian-pengujian pada alat untuk mengetahui adanya kerusakan atau tidak pada *lightning arrester*, kegiatan tersebut dilakukan oleh Divisi Pemeliharaan Gardu Induk, salah satu pengujiannya yaitu melakukan pengujian LCM (*Leakage Current Measurement*) atau arus bocor pada semua Bay di gardu induk untuk mengetahui adanya kenaikan arus atau tidak pada *lightning arrester*. Setelah mendapatkan hasil pengujian LCM, selanjutnya hasil tersebut dianalisis dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). FMEA merupakan metode yang dilakukan setelah mendapatkan faktor yang mempengaruhi kegagalan dan kecacatan dengan menentukan upaya yang tepat untuk mengatasinya dan melakukan tindakan perbaikan segera (Nugroho, 2022).

3.1. Pengujian LCM pada LA Gardu Induk Saketi

Arus bocor pada *arrester* terjadi apabila tegangan yang harus ditahan sebuah *arrester* melebihi kemampuan *arrester* sehingga terjadi aliran arus. Besarnya arus bocor yang mengalir dipengaruhi oleh beberapa hal seperti tegangan sistem dan adanya peningkatan suhu yang menyebabkan adanya *degradasi* pada varistor ZnO sehingga membuat tahanan *arrester* semakin kecil dan arus bocor bertambah besar. Berikut ini merupakan data hasil pengujian LCM pada LA Bay Rangkas 2 Gardu Induk Saketi 150KV. Kegiatan pengujian LCM dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Pegujian LCM pada LA di Gardu Induk Saketi 150KV
Sumber: PT. PLN ULTG Rangkasbitung

Tabel 1. Hasil Pengujian LCM

Lokasi	Fasa	Batasan Arus Bocor [μA]	Hasil Pengujian			Kondisi
			I Total	IR corr	IR TH	
Bay Rangkas 2 150KV	R	130	1071,5	112,7	72,1	<i>Monitor</i>
	S	130	1143,2	20,6	13,2	<i>Good</i>
	T	130	904	8,4	5,4	<i>Good</i>

Berdasarkan tabel 1, pengujian LCM menghasilkan 3 macam arus yang berbeda- beda yaitu Arus total (I total), IR corr, dan IR Th. I Total merupakan besar dari total arus bocor *arrester* dan arus kapasitif antara pasa dan tanah. IR corr merupakan besar arus bocor resestif yang mengalir pada *metal oxide* (ZnO) yang sudah dikoreksi oleh alat LCM

itu sendiri sehingga hasilnya sudah presisi. Sedangkan IR TH adalah arus harmonisa pada orde ke 3.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa hasil uji LCM pada LA fasa R untuk nilai arus total (I total) sebesar 1071,5µA. Sedangkan untuk nilai IR corr sebesar 112,7µA. Nilai untuk IR Th sebesar 72,1 µA. Dapat diketahui bahwa IR corr mencapai nilai yang tinggi. Pada tabel 1 juga ditunjukkan bahwa LA fasa R Bay Rangkaian 2 dalam kondisi *monitor/damage* yang artinya LA ini kualitas kinerjanya sudah tidak bagus, sehingga harus selalu dipantau karena kondisinya membahayakan. Alangkah lebih baiknya LA tersebut digantikan dengan LA fasa R yang baru dengan kondisi *good*. Sedangkan untuk LA fasa S dan T masih dalam kondisi baik dimana nilai arus bocor yang dihasilkan nilainya kecil, yaitu: nilai arus total (I total) untuk LA fasa S sebesar 1.143,2 µA. Untuk nilai IR corr LA fasa S sebesar 20,6 µA. Untuk nilai IRTh LA fasa S sebesar 13,2 µA. Sedangkan untuk LA fasa T nilai I total yang didapat sebesar 904 µA. Untuk nilai IR corr LA fasa T sebesar 8,4 µA. Untuk nilai IR Th LA fasa T sebesar 5,4 µA. Selain itu, untuk mengetahui kondisi LA dalam keadaan baik atau tidaknya juga dapat diketahui dan dibuktikan dengan perhitungan prosentase dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{IR\ corr}{IR\ reff} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- IR corr = Arus Resistif
- IR reff = Batasan arus bocor pabrikan
- Good = 0%-50%
- Weakned = 51%-80%
- Monitor/Damage = 81%-100%

3.1.1. Prosentase Fasa R

$$\text{Tahun 2021} = \frac{IR\ corr}{IR\ reff} \times 100\% = \frac{112,7}{130} \times 100\% = 86,69\% \text{ (Monitor)}$$

Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa LA fasa R dalam kondisi *monitoring/damage* yang mengharuskan adanya suatu tindakan penggantian LA fasa R yang baru. Terjadinya kenaikan arus bocor tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti tegangan sistem dan adanya peningkatan suhu yang menyebabkan adanya degradasi pada varistor ZnO sehingga membuat tahanan *arrester* semakin kecil dan arus bocor bertambah besar.

3.1.2. Prosentase Fasa S

$$\text{Tahun 2021} = \frac{IR\ corr}{IR\ reff} \times 100\% = \frac{20,6}{130} \times 100\% = 15,8\% \text{ (Good)}$$

3.1.2. Prosentase Fasa S

$$\text{Tahun 2021} = \frac{IR\ corr}{IR\ reff} \times 100\% = \frac{8,4}{130} \times 100\% = 6,4\% \text{ (Good)}$$

Dari hasil perhitungan fasa S dan T menunjukkan bahwa LA fasa S dan T dalam kondisi *good* yang artinya kinerja LA masih berfungsi dengan baik dan LA akan diuji kembali 2 tahun lagi.

Keterkaitan LA dengan arus bocor ialah semakin kecil arus bocor yang terjadi pada LA tersebut, maka prosentasenya juga akan semakin kecil dan kondisi LA dikategorikan dalam kondisi baik (*good*). Sedangkan semakin besar arus bocor yang terjadi pada LA

tersebut, maka prosentasenya juga akan semakin besar dan kondisi LA dikategorikan dalam kondisi buruk/membahayakan (*monitor*).

3.2. Penggantian LA Fasa R Bay Rangkas 2 Gardu Induk Saketi

Kegiatan penggantian LA dilakukan apabila terjadinya kerusakan fungsi pada peralatan atau karena menurunnya kinerja dari LA itu sendiri akibat kenaikan arus bocor yang besar. Penggantian LA yang akan dibahas dalam artikel ini adalah penggantian LA fasa R Bay Rangkas 2, berdasarkan hasil temuan pengukuran arus bocor (LCM) dengan kondisi “*monitor*” yang telah dibahas pada poin sebelumnya. Adapun data spesifikasi LA pengganti sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi LA Lama dan LA Pengganti

LA Lama	LA Pengganti
Merk: <i>Cromtom Greaves</i>	Merk: ABB
Tipe: ZLA X 25 C	Tipe: PEXLIM Q144-YV170
No. Seri: X408882	No. Seri: 75282384
Tahun: 2010	Tahun: 2018

Berdasarkan tabel 2 diatas dapat diketahui bahwa LA lama merupakan LA yang dibuat pada tahun 2010 yang artinya LA tersebut sudah berusia 10 tahun, dengan nomor seri X408882, merk *Cromtom Greaves* tipe ZLA X 25 C. Sedangkan LA pengganti merupakan LA buatan tahun 2018 dengan nomor seri 75282384, merk ABB tipe PEXLIM Q144-YV170. Kegiatan penggantian LA dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5 di bawah ini.



Gambar 4. Pengangkatan LA Lama Fasa R Menggunakan Crane

Sumber: PT. PLN ULTG Rangkasbitung



Gambar 5. Pemasangan *Lightning Arrester* Baru
 Sumber: PT. PLN ULTG Rangkasbitung

Setelah *lightning arrester* pengganti selesai dipasang, selanjutnya melaksanakan pengujian tahanan isolasi dan tahanan pentanahan serta arus bocor *Leakage Current Measurement* (LCM) pada *lightning arrester* fasa R yang baru. Berikut ini hasil pengujian tahanan isolasi, tahanan pentanahan yang dapat dilihat pada tabel 3 dan arus bocor *Leakage Current Measurement* (LCM) pada tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi & Pentanahan

No	Titik Ukur	Acuan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Atas-Ground	Injeksi Teg DC 5 KV 1 MΩ/1KV	412000 MΩ	Baik
2.	Bawah-Ground		218000 MΩ	
3.	Atas-Bawah		400000 MΩ	
4.	Tahanan Pentanahan	R < 1 Ω	0,4 Ω	Baik

Dari tabel 3 diatas, pengukuran dilakukan dalam kondisi tidak bertegangan. Hasil pengujian ditunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi pada titik ukur atas-ground sebesar 412000 MΩ, bawah-ground sebesar 218000 MΩ, dan atas-bawah 400000 MΩ. Nilai tahanan isolasi tersebut lebih besar dari 1000 MΩ yang artinya kondisi tahanan isolasi LA baru fasa R dalam kondisi yang baik. Semakin tinggi nilai tahanan isolasi pada LA maka kondisi LA tersebut dalam keadaan baik. Sedangkan jika nilai tahanan isolasi kurang dari 1000 MΩ, maka kondisi LA tersebut buruk. Untuk nilai tahanan pentanahan pada LA baru fasa R dihasilkan nilai sebesar 0,4 Ω yang dimana batasannya nilai tahanan pentanahan adalah kurang dari 1 Ω, maka dapat dikatakan bahwa kondisi tahanan pentanahan pada LA fasa R baru yaitu baik.

Tabel 4. Hasil Pengujian LCM Pada LA Baru Fasa R

Lokasi	Fasa	Batasan Arus Bocor μA	Hasil Pengujian					
Bay 150 Kv Rangkasbitung 2 GI Saketi	R	130	I total		IR corr		IR Th	
			Lama	Baru	Lama	Baru	Lama	Baru
			1071,5	867,4	112,7	33,4	72,1	24

Prosentase LA Fasa R Baru

$$\text{Tahun 2021} = \frac{IR_{corr}}{IR_{reff}} \times 100\% = \frac{33,4}{130} \times 100\% = 25,69\% \text{ (Good)}$$

Dapat dilihat pada tabel 4 dan prosentase di atas bahwa nilai arus bocor pada LA fasa R tersebut dalam kondisi baik yang dimana nilai IR corr hanya sebesar 33,4 μA dengan prosentase sebesar 25,69%. Pengujian LCM ini dilakukan dalam kondisi bertegangan.

Keterkaitan LA dengan arus bocor ialah semakin kecil arus bocor yang terjadi pada LA tersebut, maka nilai prosentase juga akan kecil dan kondisi LA dikategorikan dalam kondisi baik (*good*). Sedangkan semakin besar arus bocor yang terjadi pada LA tersebut, maka nilai prosentase juga akan besar dan kondisi LA dikategorikan dalam kondisi buruk/membahayakan (*monitor/damage*).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Lightning arrester* ialah peralatan listrik utama Gardu Induk yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir).
2. Prinsip kerja *lightning arrester* yaitu pada saat keadaan normal *lightning arrester* berlaku sebagai isolator, tetapi apabila terkena sambaran petir *lightning arrester* berlaku sebagai konduktor yang tahanannya relatif rendah, sehingga dapat mengalirkan arus sambaran petir ke dalam tanah. Setelah surja hilang, *Arrester* dengan cepat kembali menjadi isolator. menimbulkan gangguan.
3. Kegiatan pemeliharaan pada *lightning arrester* yang dilakukan diantaranya, yaitu: *preventive maintenance* pada *lightning arrester* salah satu kegiatannya yaitu penggantian *lightning arrester* berdasarkan asesmen hasil ukur LCM (*Leakage Current Measurement*). Selain itu terdapat *predictive maintenance* yang kegiatannya adalah pengukuran arus bocor resistif (LCM) *lightning arrester*.

Dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan berupa pengujian LCM maupun penggantian *lightning arrester* sebaiknya dilakukan sesuai dengan *Standard Operating Procedure* (SOP) maupun Intruksi Kerja (IK) yang dikeluarkan oleh perusahaan dan selalu memperhatikan serta menerapkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di lingkungan kerja. Hal tersebut dilakukan agar tidak terjadi kecelakaan kerja yang membahayakan para pekerja.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan dan penerbitan artikel ini. Terimakasih kepada Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan dukungannya selama penelitian berlangsung. Serta Terimakasih kepada PT. PLN (Persero) UPT Cilegon yang sudah memberikan izin untuk dapat melakukan penelitian di lingkungan kerja PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung.

REFERENCES

- Aditama, D. (2020). Sistem Kendali On/Off Circuit Breaker 150 KV AD20 Tipe 8DN2 di PT. Krakatau Daya Listrik. *Jurnal Energi dan Kelistrikan Volume 12 Nomor 1*.
- Afrianti, S. (2019). Pengembangan Sistem Informasi Praktik Industri dan Tugas Akhir Berbasis Web di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan Volume 08 Nomor 02*.
- Aribowo, D. (2016). Analisis kerugian Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500KV Unit Pelayanan Transmisi Cilegon Baru-Cibinong. *VOLT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro Volume 1 Nomor 1*.
- Aribowo, D. (2018). Analisis Hasil Uji PMT 150KV Pada Gardu Induk Cilegon Baru Bay KS 1. *Seminar FORTEL*.

- Aziz, A. (2020). Analisa Jarak Lindung Lightning Arrester Terhadap Transformator Daya 20 MVA Gardu Induk Sungai Juaro Palembang. *TEKNIKA: Jurnal Teknik Volume 7 Nomor 1*.
- Fauzan, D. A. (2020). Sistem Perawatan Mesin Genset di PT (Persero) Pelabuhan Indonesia II. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Volume 3 Nomor 1*.
- Hidayatullah, N. A. (2017). Desain dan Aplikasi Internet Of Thing (IOT) Untuk Smart Grid Power System. *VOLT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*.
- Lestari, I. (2020). Maintenance Preventive Pada Transformator Step-Down AV05 Dengan Kapasitas 150KV di PT. Krakatau Daya Listrik. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Volume 3 Nomor 1*.
- Naibaho, N. (2021). Analisa Sistem Proteksi Petir Eksternal Tipe Elektrosta di PT. Pamapersada Nusantara Distrik CCOS Cileungsi Bogor. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Volume 9 Nomor 3*.
- Nugroho, Y. A. (2022). Analisis Kinerja Mesin Band Saw Soft Mill Menggunakan Total Productive Maintenance Pada PT. Alis Jaya Ciptatama. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Volume 1 Nomor 3*.
- PLN. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester (LA)*. Surat Keputusan Direksi No 05-20. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- PLN. (2014). *Standar Spesifikasi Arrester Untuk Jaringan Transmisi 66KV, 150KV, 275KV dan 500KV*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- Prabustya, R. D. (2020). Analisis Transformator Daya Berdasarkan Pengujian Minyak Trafo Pada Ring Main Unit (RMU) PSK 151 Di PT. PLN (Persero) UP3 Cikupa. *Jurnal Instek: Informatika Sains Dan Teknologi Volume 5 Nomor 2*.
- Setiawannie, Y. &. (2022). Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pouch Dengan Critical Path Method di PT. Grafika Nusantara. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Volume 1 Nomor 1*.