

Analysis Performance of Lightning Arrester

Analisis Unjuk Kerja Lightning Arrester

Diendels G. Saryono¹, Glanny M. Ch. Mangindaan², Lily S. Patras³

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115,
Indonesia

e-mails: diendelssaryono023@student.unsrat.ac.id, glanny_m@unsrat.ac.id, lily_patras@unsrat.ac.id

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

Abstract — The Likupang New Substation is not exempt from potential disturbances that may lead to functional failures or damage to the equipment installed within it. Therefore, a protection device is required to anticipate disturbances caused by lightning surges or switching surges. One such protective device is the lightning arrester.

This study aims to analyze the performance of the lightning arrester installed at the Likupang Substation. The analysis focuses on three main parameters: leakage current, insulation resistance, and grounding resistance. These parameters are expected to contribute to the advancement of knowledge in the field of substation protection systems, particularly those employing lightning arresters, and to serve as a reference for future research. The results obtained from the insulation resistance test for the Paniki 1, Paniki 2, Pandu 1, Pandu 2, and IBT line bays showed a value of 436 G Ω . The highest leakage current values were found as follows: Paniki 1 line bay = 196.6%, Paniki 2 line bay = 175%, Pandu 1 line bay = 203.4%, Pandu 2 line bay = 196.6%, and IBT line bay = 236.8%. The insulation resistance for all line bays was consistently measured at 436 G Ω . The grounding resistance value for the IBT line bay = >1 Ω . These results indicate that the lightning arrester installed at the Likupang New Substation has experienced a decline in performance and therefore requires further maintenance or corrective action.

Keywords – Lightning Arrester Performance, Insulation Resistance, Leakage Current, Grounding Resistance

Abstrak — Gardu Induk Likupang New tidak terlepas dari potensi terjadinya gangguan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi maupun kerusakan pada peralatan yang terpasang di dalamnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu perangkat proteksi guna mengantisipasi gangguan yang berasal dari surja petir maupun surja hubung. Salah satu perangkat proteksi yang digunakan untuk tujuan tersebut adalah lightning arrester atau penangkal petir.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis unjuk kerja lightning arrester yang terpasang di Gardu Induk Likupang. Fokus analisis meliputi tiga parameter utama, yaitu arus bocor, tahanan isolasi, dan tahanan pentanahan (grounding). Ketiga parameter tersebut diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang sistem proteksi pada gardu induk, khususnya yang menggunakan lightning arrester, serta menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Didapatkan nilai untuk Hasil pengujian tahanan isolasi untuk bay line Paniki 1, Paniki 2, Pandu 1, Pandu 2, dan IBT = 436 G Ω , hasil pengujian arus bocor tertinggi untuk

bay line paniki 1 = 196,6%, bay line paniki 2 = 175%, bay line pandu 1 = 203,4%, bay line pandu 2 = 196,6%, bay line IBT = 236,8% , Hasil pengukuran untuk bay line Paniki 1, Paniki 2, Pandu 1, Pandu 2, dan IBT = 436 G Ω , dan untuk hasil tahanan grounding bayline IBT = >1 Ω . Oleh sebab itu Lightning arrester yang ditempatkan di Gardu Induk Likupang New telah mengalami penurunan fungsi kerja sehingga memerlukan penanganan yang lebih lanjut.

Kata kunci – Arus Bocor, Tahanan Isolasi, Tahanan Pentanahan, Unjuk Kerja Lightning Arrester.

I. PENDAHULUAN

Gardu induk merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik yang terletak di lokasi strategis dan mencakup berbagai komponen seperti saluran transmisi, saluran distribusi, peralatan penghubung, transformator, peralatan pengaman, serta peralatan pengendalian. Komponen-komponen ini memegang peran kunci dalam proses penyaluran energi listrik dari pembangkit menuju konsumen. Fungsi utama gardu induk adalah menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit ke jaringan distribusi atau langsung ke pelanggan. Selain itu, gardu induk juga berperan dalam mengatur tingkat tegangan listrik, baik dengan menaikkan maupun menurunkannya sesuai kebutuhan. Adapun komponen-komponen utama di Gardu Induk seperti Transformator Daya, Transformator arus, Transformator tegangan, Pemisah, Pemutus, Lightning Arrester, Relay Proteksi, Pentanahan[1].

Lightning Arrester merupakan salah satu alat proteksi yang dirancang khusus untuk melindungi peralatan listrik dalam sistem tenaga listrik dari dampak tegangan lonjakan, baik yang disebabkan oleh gangguan pada saluran listrik maupun oleh sambaran petir. Alat ini bekerja dengan membatasi tegangan berlebih yang masuk ke dalam sistem dan mengalirkannya ke tanah. Selain itu, Lightning Arrester juga harus mampu memantau arus yang dialirkan ke tanah tanpa mengalami kerusakan.

Untuk memastikan kontinuitas dan keandalan sistem tenaga listrik, khususnya dalam pendistribusian energi, pengujian unjuk kerja peralatan di gardu induk seperti Lightning Arrester menjadi hal yang krusial, mengingat gardu induk berfungsi sebagai simpul vital yang menghubungkan pembangkit,

transmisi, dan distribusi listrik. Pengujian ini diperlukan untuk mengidentifikasi potensi gangguan pada Lightning Arrester. Pemantauan kinerja Lightning Arrester merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa perangkat tersebut tetap berfungsi dengan optimal dalam melindungi sistem kelistrikan dari dampak buruk sambaran petir. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan serangkaian pengujian kinerja yang dilakukan secara berkala antara lain pengujian arus bocor, tahanan isolasi dan grounding. Pengujian-pengujian ini diperlukan untuk melihat standar dari kinerja Lightning Arrester apakah masih berfungsi dengan baik atau tidak, karena kegagalannya dapat mengakibatkan kerusakan serius pada peralatan listrik, gangguan operasional, bahkan risiko kebakaran. Oleh karena itu, pemantauan dan pengujian kinerja Lightning Arrester harus menjadi bagian dari program pemeliharaan preventif yang terstruktur dan terjadwal[2].

A. Penelitian Terkait

Lightning Arrester merupakan salah satu peralatan proteksi yang penting dalam sistem tenaga listrik, oleh sebab itu pentingnya menjaga fungsi arrester sebagaimana mestinya. Arrester pada umumnya ditempatkan tempat yang terbuka oleh sebab arrester sangat rentan terhadap kondisi lingkungan sekitar seperti polutan debu, curah hujan hingga surja petir. Kondisi seperti itu dapat menyebabkan penurunan fungsi kerja arrester. dengan terjadinya hal tersebut bisa berakibat fatal untuk sistem dikarenakan arrester berfungsi untuk membuang arus lebih yang disebabkan oleh surja petir maupun dari sistem jika arrester tidak bekerja dengan baik arus berlebih tersebut bisa menyebar ke peralatan lain sehingga bisa mengganggu bahkan merusak peralatan-peralatan yang ada.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini akan berfokus membahas unjuk kerja dari arrester dengan menggunakan tiga parameter tahanan isolasi, arus bocor dan tahanan pentanahan. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap parameter-parameter tersebut yang dapat mempengaruhi fungsi kerja arrester yang berlokasi di Gardu Induk Likupang New.

B. Gardu Induk

Gardu induk adalah komponen penting dalam sistem tenaga listrik yang terdiri dari berbagai peralatan pemutus dan penghubung arus, serta transformator penurun tegangan yang dipasang di antara dua bagian sistem lainnya. Fungsi utamanya adalah menghubungkan atau memutus aliran daya listrik serta menyesuaikan tingkat tegangan antar bagian sistem. Selain itu, gardu induk juga berperan dalam pengaturan aliran daya listrik khususnya pada saluran transmisi[3].

C. Petir

Petir merupakan fenomena alam yang mana terjadinya proses pelepasan muatan listrik di atmosfer. Fenomena ini dapat menghasilkan kilatan petir dengan Panjang yang bias mencapai hingga 5 kilometer. Proses pergerakan muatan awal dari awan menuju bumi, yang dikenal *stepped leader*, memiliki kecepatan 3% dari cahaya.

D. Lighting Arrester

Lightning Arrester adalah salah satu komponen utama di gardu induk yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik yang ada di gardu dari surja petir maupun surja hubung. Ketika terjadi surja, gelombang berjalan tersebut akan mengalir di penghantar sistem transmisi dengan kecepatan sangat cepat. Hal ini akan sangat berbahaya jika nilai dari tegangan surja lebih tinggi dari Basic Insulation Level (BIL) peralatan[5].

Berdasarkan IEC 826-03-02, Lightning Arrester didefinisikan sebagai perangkat yang dirancang untuk melindungi sistem tenaga listrik, bangunan, atau struktur lainnya dari tegangan lebih akibat sambaran petir. Alat ini bekerja dengan menyediakan jalur konduktif berimpedansi rendah sehingga arus petir dapat diarahkan ke tanah dengan aman, mencegah kerusakan pada peralatan atau struktur yang dilindungi[6].

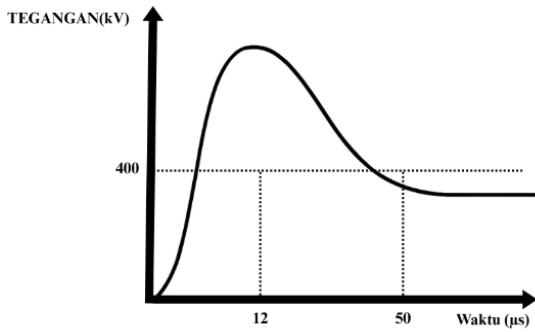
E. Prinsip Kerja Lightning Arrester

Cara Kerja Arrester adalah dengan membuat jalan yang mudah dilewati oleh arus lebih baik itu yang diakibatkan oleh surja petir maupun surja hubung, sehingga tidak timbul tegangan lebih pada peralatan disekitar. Normalnya arrester berlaku sebagai isolasi tetapi jika timbul surja petir maupun surja hubung peralatan Lightning Arrester akan menjadi konduktor yang bertujuan untuk melewatkan arus yang tinggi ke tanah. Setelah arus hilang, Lightning Arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolator sama seperti pada gambar 2[7].

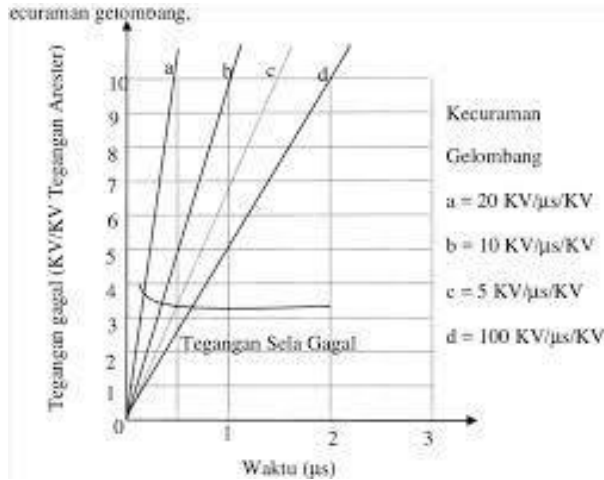
Pada dasarnya Lightning Arrester terbagi menjadi 2 bagian; elektroda atas dan elektroda bawah. Elektroda atas terhubung dengan sistem transmisi sedangkan elektroda bawah terhubung dengan sistem petanahan. Dalam Lightning Arrester terdapat material Metal Oxide Varistor dimana material ini memiliki resistifitas yang sangat tinggi jika LA dalam keadaan normal, sedangkan dalam keadaan tegangan berlebih akan menjadi konduktor. Ketika terjadi tegangan berlebih Metal Oxide secara instan akan menjadi konduktor dan mengalirkan tegangan berlebih ke melalui kabel yang terhubung kedalam sistem petanahan. Karakteristik perlindungan pada arrester sudah banyak mengalami kemajuan. Perubahan yang paling signifikan adalah tegangan gagal sela dan tegangan.

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara tegangan gagal sela dengan kecuraman gelombang, sedangkan gambar 4 menunjukkan bagaimana tegangan pelepasan berubah akibat terjadinya perubahan akibat variasi nilai dan laju arus surja. Berdasarkan kedua tersebut, dapat dianalisa bagaimana karakteristik proteksi dari berbagai level tegangan pada arrester, baik dalam bentuk tegangan gagal maupun tegangan pelepasan.

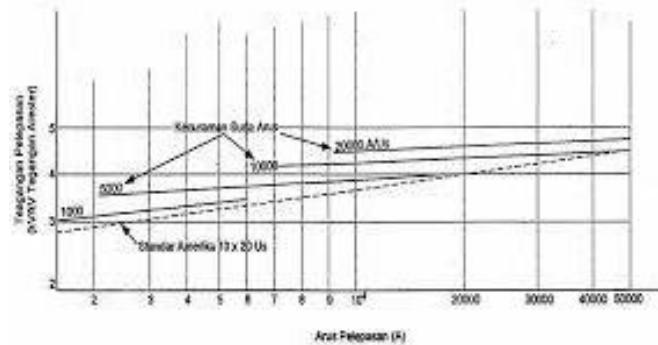
Pengaruh penangkal petir terhadap suatu lonjakan tegangan lebih dapat dilihat secara jelas pada Gambar 5. Efektivitas perlindungan arrester secara signifikan ditentukan oleh tegangan pelepasan. Tegangan percikan yang mungkin akan lebih tinggi pada impuls yang sangat curam sehingga dianggap kurang signifikan karena durasi yang singkat sebelum terjadinya kegagalan sistem[8].



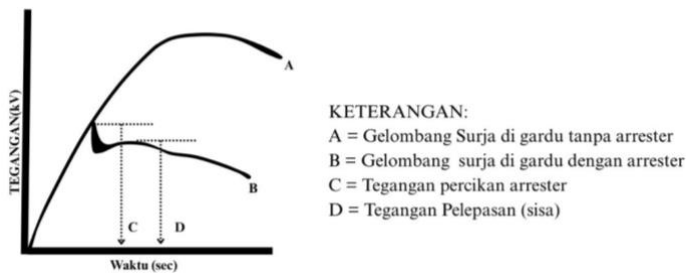
Gambar 1. Lightning arrester memotong tegangan lebih



Gambar 2. Karakteristik tegangan gagal sela arrester



Gambar 2. Karakteristik pelepasan dari arrester



Gambar 3. Pengaruh arrester terhadap surja tegangan

F. Klasifikasi Lightning Arrester

Menurut Ibnu Hajar dan Eko Rahman (2017) klasifikasi Lightning Arrester dapat dibagi atas beberapa jenis, antara lain berdasarkan konstruksi dan Penempatannya.

1) Berdasarkan Konstruksinya:

a) Arrester Jenis Ekspulsi:

Arrester jenis ini biasanya dijumpai pada sistem tenaga listrik bertegangan 33 kV. Terdapat dua sela, yang menggabungkan arrester ini sela luar dan dalam. Elektroda sela dalam yang dibumikan berbentuk pipa dan ditempatkan di dalam tabung serat (Fiber). Arrester dapat memikul tegangan tinggi frekuensi daya tanpa membocorkan arus ke tanah karena dilengkapi dengan dua pasang elektroda. Arrester Jenis Katup berdasarkan sela perciknnya terdiri dari:

Berdasarkan jenis katubnya arrester terbagi menjadi beberapa jenis:

- Arrester Katub Sela Tidak Aktif
- Arrester Katub Sela Aktif
- Arrester Katub Tanpa Sela Percikan
- Arrester Katub Kategori Gardu
- Arrester Katub Kategori Saluran
- Arrester Jenis Gardu Untuk Peralatan Mesin
- Arrester Katub Jenis Distribusi yang ditujukan untuk peralatan mesin

2) Berdasarkan letak pemasangannya

Klasifikasi berdasarkan letak pemasangan membantu menentukan jenis LA yang sesuai dengan kebutuhan spesifik dari peralatan yang dilindungi, karena karakteristik surja tegangan, level proteksi yang dibutuhkan, serta kondisi lingkungan dapat sangat berbeda tergantung pada lokasi di mana LA tersebut ditempatkan dalam sistem tenaga listrik. Dengan mempertimbangkan lokasi pemasangan, pemilihan LA dapat dioptimalkan untuk memberikan perlindungan yang paling efektif dan efisien terhadap peralatan yang rentan terhadap kerusakan akibat tegangan lebih. Berdasarkan letak pemasangannya Arrester terbagi menjadi 2 antara lain:

- Lightning Arrester di Gardu Induk
- Lightning Arrester di Transmisi

3) Komponen Lightning Arrester

1. Varistor/Active Part

Active Part terdiri dari kolom varistor Zinc Oxide (ZnO). Selain berfungsi sebagai mekanis active part juga berfungsi sebagai pendingin pada arrester.

2. Housing Arrester

Housing, biasanya terbuat dari FRP (Fiber Glass Reinforced Plastic). Pada kedua ujung kolom bagian aktif (active part) dipasang pegas tekan (compression spring) guna memastikan tumpukan keping memiliki kekuatan mekanis yang memadai.

3. Sealing dan Pressure Relief Systems

Pada kedua sisiujung arrester di pasang komponen berpacincin penyekat atau sealing ring dan diafragma pelepasan tekanan atau pressure relief. Sealing ring dibuat dari material sintesis, sementara diafragma pelepas tekanan menggunakan bahan logam seperti baja atau nikel. Kegunaan utama dari pressure relief ini adalah untuk mengalirkan tekanan dari arrester ke luar saat terjadi lonjakan arus akibat surja, sehingga mencegah kerusakan internal.

4. Grading Ring

Grading ring dibutuhkan untuk arrester dengan tinggi lebih dari 1,5meter atau untuk arrester yang dipasang secara bertingkat. Perangkat ini berfungsi untuk mengatur distribusi medan listrik di sepanjang permukaan arrester.

5. Insulator Dudukan dan measurement

. Peralatan pengukuran dan penopang isolator arrester memiliki surge counter. Sebelum diketanahkan, kawat pentanahan dilewatkan pada peralatan pengukuran.

6. Struktur penyangga Lightning Arrester

Arrester pada umumnya tergolong berada pada ketinggian tertentu, sehingga arrester membutuhkan penyangga yang kuat dan kokoh sehingga biasanya penyangga arrester terdiri atas pondasi beton dan rangka baja sebagai pendukung[9][10].

G. Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester

Pemeliharaan Lightning Arrester yang tercantum dalam buku pedoman tergolong sebagai pemeliharaan proaktif dimana pemeliharaan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya penurunan fungsi kerja peralatan. Dalam buku pedoman terdapat beberapa jenis pemeliharaan salah satunya *predictive maintenance* yang mana pemeliharaan ini memiliki tujuan untuk mengetahui keadaan peralatan.

Predictive maintenance dikelompokkan menjadi tiga level inspeksi berdasarkan kondisi dari peralatan, antara lain:

1) Inspeksi Level 1

Inspeksi level 1 dilakukan dalam keadaan online atau bertegangan dimana biasanya inspeksi ini umumnya dilaksanakan menggunakan panca indera (penglihatan, pendengaran dan penciuman) Adapun beberapa inspeksi yang dilakukan pada level ini seperti inspeksi visual dan inspeksi audio.

2) Inspeksi Level 2

Inspeksi Level 2 dilakukan dalam keadaan bertegangan adapun inspeksi yang dilakukan pada level ini seperti menggunakan alat ukur LCM (*Leakage Current Measurement*) untuk mengukur arus bocor pada arrester dan inspeksi menggunakan *Thermal Image* untuk menemukan titik panas pada arrester yang mengindikasikan adanya anomali.

3) Inspeksi Level 3

Pada Inspeksi level ini 3 pemeliharaan dilakukan dalam keadaan tidak bertegangan atau offline. Adapun beberapa inspeksi yang dilakukan pada pemeliharaan level ini seperti pengukuran nilai tahanan isolasi, nilai tahanan pentanahan, dan surge counter arrester[11].

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di wilayah likupang lebih tepatnya Gardu Induk Likupang *New*. Gardu induk ini menyuplai energi listrik ke beberapa penyulang yang ada di sekitar Likupang dan termasuk dalam gardu induk yang baru beroperasi. Dan yang menjadi pokok utama dalam penelitian ini adalah Lightning Arrester pada tiap penyulang di Gardu Induk Likupang *New*.

A. Data Pemeliharaan Lightning Arrester

Data yang diambil merupakan data spesifikasi Lightning Arrester tahanan isolasi, arus bocor dan tahanan pentanahan arrester pada penyulang 1 Paniki, 2 Paniki, 1 Pandu, 2 Pandu dan IBT pada tahun 2024.

B. Parameter perhitungan

1) Tahanan Isolasi

Untuk mengetahui hasil pengukuran nilai tahanan isolasi lightning arrester dapat menggunakan persamaan di bawah ini[12][13]:

$$R = \frac{(1000.U)}{Q} . U.2,5 \quad (1)$$

Keterangan:

R=Tahanan Isolasi Minimum

U=Tegangan Kerja

Q=Tegangan Megger

1000=Konstanta tetap

2,5=Faktor keamanan

2) Pengukuran Arus Bocor

Untuk Mengetahui nilai dari arus bocor pada lightning arrester dapat menggunakan persamaan di bawah ini[11][12]:

$$\% = \frac{n}{N} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

n = Nilai Korektif Arus Bocor (μA)

N= Batas Arus Bocor Pabrikasi (μA)

3) Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan untuk mengetahui seberapa baik sistem pentanahan pada Lightning Arrester (LA) dapat mengalirkan arus petir atau lonjakan tegangan ke tanah dengan aman. Sistem pentanahan yang baik sangat penting agar LA bisa berfungsi dengan optimal dalam melindungi peralatan listrik dari kerusakan akibat arus petir atau gangguan tegangan tinggi yang bisa terjadi kapan saja[14]

III. DATA DAN PERHITUNGAN

A. Data Spesifikasi Lightning Arrester

Dibawah ini adalah tabel data spesifikasi lightning arrester yang ada pada Gardu Induk Likupang *New* mulai dari nama bay, fasan, merk, tipe, tahun buat dan tahun operasi:

TABEL 1
Data Spesifikasi Arrester Line 1 Paniki

Nama Bay	Fasa	Merk	Tipe	Tahun buat/ Tahun Operasi
Line 1 Paniki	R	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023
Line 1 Paniki	S	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023
Line 1 Paniki	T	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023

TABEL 2
Data Spesifikasi Arrester Line 2 Paniki

Nama Bay	Fasa	Merk	Tipe	Tahun buat/ Tahun Operasi
Line 2 Paniki	R	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2022
Line 2 Paniki	S	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2022
Line 2 Paniki	T	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2022

TABEL 3
Data Spesifikasi Arrester Line 1 Pandu

Nama Bay	Fasa	Merk	Tipe	Tahun buat/ Tahun Operasi
Line 1 Pandu	R	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023
Line 1 Pandu	S	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023
Line 1 Pandu	T	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023

TABEL 4
Data Spesifikasi Arrester Line 2 Pandu

Nama Bay	Fasa	Merk	Tipe	Tahun buat/ Tahun Operasi
Line 2 Pandu	R	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023
Line 2 Pandu	S	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023
Line 2 Pandu	T	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2023

TABEL 5
Data Spesifikasi Arrester Line IBT

Nama Bay	Fasa	Merk	Tipe	Tahun buat/ Tahun Operasi
Line IBT	R	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2021
Line IBT	R	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2021
Line IBT	R	ABB	PEXLIM Q132-YV170	2019/2021

B. Data Tahanan Isolasi Lightning Arrester

Berikut di bawah ini adalah tabel data pengukuran tahanan isolasi:

TABEL 6
Data Pengukuran Tahanan Isolasi Line 1 Paniki

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Hasil Ukur Tahanan Isolasi Terendah (MΩ)
Line 1 Paniki	R	132	106	29/09/2024	580000
Line 1 Paniki	S	132	106	29/09/2024	1000000
Line 1 Paniki	T	132	106	29/09/2024	701000

TABEL 7
Data Pengukuran Tahanan Isolasi Line 2 Paniki

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Hasil Ukur Tahanan Isolasi Terendah (MΩ)
Line 2 Paniki	R	132	106	24/01/2024	25800
Line 2 Paniki	S	132	106	24/01/2024	35800
Line 2 Paniki	T	132	106	24/01/2024	50100

TABEL 8
Data Pengukuran Tahanan Isolasi Line 1 Pandu

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Hasil Ukur Tahanan Isolasi Terendah (MΩ)
Line 1 Pandu	R	132	106	04/09/2024	17800
Line 1 Pandu	S	132	106	04/09/2024	16700
Line 1 Pandu	T	132	106	04/09/2024	12100

TABEL 9
Data Pengukuran Tahanan Isolasi Line 2 Pandu

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Hasil Ukur Tahanan Isolasi Terendah (MΩ)
Line 2 Pandu	R	132	106	28/08/2024	2
Line 2 Pandu	R	132	106	28/08/2024	3
Line 2 Pandu	R	132	106	28/08/2024	5

TABEL 10
Data Pengukuran Tahanan Isolasi Line IBT

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Hasil Ukur Tahanan Isolasi Terendah (MΩ)
Line IBT	R	132	106	03/06/2024	8130
Line IBT	S	132	106	03/06/2024	6230
Line IBT	T	132	106	03/06/2024	11790

C. Data Arus Bocor Lightning Arrester

Berikut di bawah ini adalah tabel data pengukuran arus bocor:

TABEL 11
Data Pengukuran Arus Bocor Line 1 Paniki

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Arus Bocor (μ A)
Line 1 Paniki	R	132	106	29/09/2024	328,3
Line 1 Paniki	S	132	106	29/09/2024	238,5
Line 1 Paniki	T	132	106	29/09/2024	328,3

TABEL 12
Data Pengukuran Arus Bocor Line 2 Paniki

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Arus Bocor (μ A)
Line 2 Paniki	R	132	106	24/01/2024	292,3
Line 2 Paniki	S	132	106	24/01/2024	228,4
Line 2 Paniki	T	132	106	24/01/2024	281,5

TABEL 13
Data Pengukuran Arus Bocor Line 1 Pandu

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Arus Bocor (μ A)
Line 1 Pandu	R	132	106	04/09/2024	312,5
Line 1 Pandu	R	132	106	04/09/2024	229,6
Line 1 Pandu	R	132	106	04/09/2024	339,7

TABEL 14
Data Pengukuran Arus Bocor Line 2 Pandu

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Arus Bocor (μ A)
Line 2 Pandu	R	132	106	02/08/2024	319,5
Line 2 Pandu	R	132	106	02/08/2024	224,8
Line 2 Pandu	R	132	106	02/08/2024	328,3

TABEL 15
Data Pengukuran Arus Bocor Line IBT

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Hasil Ukur Arus Bocor (μ A)
Line IBT	R	132	106	03/06/2024	395,4
Line IBT	S	132	106	03/06/2024	257,4
Line IBT	T	132	106	03/06/2024	280,9

D. Data Tahanan Pentanahan

Berikut dibawah ini merupakan table data pengukuran tahanan pentanahan:

TABEL 16
Data Pengukuran Tahanan Pentanahan Line 1 Paniki

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Grounding (Ω)
Line 1 Paniki	R	132	106	29/09/2024	0,81
Line 1 Paniki	S	132	106	29/09/2024	0,8
Line 1 Paniki	T	132	106	29/09/2024	0,8

TABEL 17
Data Pengukuran Tahanan Pentanahan Line 2 Paniki

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Grounding (Ω)
Line 2 Paniki	R	132	106	24/01/2024	0,99
Line 2 Paniki	S	132	106	24/01/2024	0,87
Line 2 Paniki	T	132	106	24/01/2024	0,97

TABEL 18
Data Pengukuran Tahanan Pentanahan Line 1 Pandu

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Grounding (Ω)
Line 1 Pandu	R	132	106	04/09/2024	0,82
Line 1 Pandu	R	132	106	04/09/2024	0,86
Line 1 Pandu	R	132	106	04/09/2024	0,79

TABEL 19
Data Pengukuran Tahanan Pentanahan Line 2 Pandu

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Grounding (Ω)
Line 2 Pandu	R	132	106	02/08/2024	0,79
Line 2 Pandu	R	132	106	02/08/2024	0,8
Line 2 Pandu	R	132	106	02/08/2024	0,85

TABEL 20
Data Pengukuran Tahanan Pentanahan Line

Nama Bay	Fasa	Rated Voltage (kV)	MCOV (kV)	Tanggal Pengujian	Grounding (Ω)
Line IBT	R	132	106	03/06/2024	2,2
Line IBT	S	132	106	03/06/2024	2,2
Line IBT	T	132	106	03/06/2024	2,1

E. Standar Parameter-Parameter Perhitungan

Adapun standar yang dijadikan acuan untuk dilakukannya inspeksi ketiga parameter ini yaitu berdasarkan Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor 0520-2.K/DIR/2014 Tentang Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk[15]. Dari data parameter-parameter diatas kita akan melihat apakah data pengukuran tersebut arrester masih dalam keadaan yang baik atau sudah mengalami penurunan fungsi kerja oleh sebab itu kita akan menggunakan standar berdasarkan buku pedoman, adapun standar untuk tahanan isolasi, arus bocor da tahanan pentanahan sebagai berikut:

TABEL 21
Rekomendasi Tahanan Isolasi Lightning Arrester

Nilai Tahanan Isolasi	Evaluasi	Rekomendasi
>1GΩ	Kondisi Baik	-
<1GΩ	Terjadi Penurunan fungsi tahanan isolasi	1. Pembersihan pada bagian yang akan diuji, lalu lakukan pengukuran kembali 2. Bila hasil ukur tetap <1 GΩ maka rencanakan penggantian

TABEL 22
Rekomendasi Arus Bocor Lightnng Arrester

% dari Ires, Max	Rekomendasi	% dari Ires, Max
≤90	Ukur LCM Tahunan	≤90
91-99	Ukur LCM 6 bulan kemudian	91-99
≥100	Penggantian LA	≥100

TABEL 23
Rekomendasi Tahanan Pentanahan Lightning Arrester

Nilai Tahanan Pentanahan	Evaluasi	Rekomendasi
< 1Ω	Kondisi Baik	-
> 1Ω	Terjadi penurunan fungsi pentanahan LA.	1. Bersihkan seluruh bagian kawat pentanahan. 2. Lakukan pengukuran kembali 3. Bila hasil ukur tetap > 1Ω maka rencanakan perbaikan system pentanahan.

F. Perhitungan

1) Tahanan Isolasi

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

Diketahui:

$$U = 136 \text{ kV} = 136.000\text{V}$$

$$Q = 5 \text{ kV} = 5.000\text{V}$$

$$R = \frac{(1000.136.000)}{5.000} . 136.000.2,5$$

$$R = 27.200.136.000.2,5$$

$$R = 9.240.000 \text{ M } \Omega$$

2) Arus Bocor

a) Line 1 Paniki

-Fasa R

$$\frac{328,3}{167} . 100\% = 1,964.100 = 196,4\%$$

-Fasa S

$$\frac{238,5}{167} . 100\% = 1,428.100 = 142,8\%$$

-Fasa T

$$\frac{328,3}{167} . 100\% = 1,964.100 = 196,4\%$$

b) Line 2 Paniki

-Fasa R

$$\frac{292,3}{167} . 100\% = 1,75.100 = 175\%$$

-Fasa S

$$\frac{228,4}{167} . 100\% = 1,368.100 = 136,8\%$$

-Fasa T

$$\frac{281,5}{167} . 100\% = 1,686.100 = 168,6\%$$

c) Line 1 Pandu

-Fasa R

$$\frac{312,5}{167} . 100\% = 1,871.100 = 187,1\%$$

-Fasa S

$$\frac{229,6}{167} . 100\% = 1,375.100 = 137,5\%$$

-Fasa T

$$\frac{339,7}{167} . 100\% = 2,034.100 = 203,4\%$$

d) *Line 2 Pandu*

$$\frac{-\text{Fasa R}}{167} \cdot 100\% = \frac{319,5}{167} \cdot 100\% = 1,913.100 = 191,3\%$$

$$\frac{-\text{Fasa S}}{167} \cdot 100\% = \frac{244,8}{167} \cdot 100\% = 1,466.100 = 146,6\%$$

$$\frac{-\text{Fasa T}}{167} \cdot 100\% = \frac{328,3}{167} \cdot 100\% = 1,966.100 = 196,6\%$$

e) *Line IBT*

$$\frac{-\text{Fasa R}}{167} \cdot 100\% = \frac{395,4}{167} \cdot 100\% = 2,368.100 = 236,8\%$$

$$\frac{-\text{Fasa S}}{167} \cdot 100\% = \frac{257,4}{167} \cdot 100\% = 1,541.100 = 142,8\%$$

$$\frac{-\text{Fasa T}}{167} \cdot 100\% = \frac{280,9}{167} \cdot 100\% = 1,682.100 = 168,2\%$$

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Perhitungan

Dari data di atas dan dilakukannya perhitungan dari parameter pengukuran Tahanan Isolasi, Arus Bocor dan Grounding. Berikut di bawah ini adalah tabel daripada hasil perhitungan nilai tahanan isolasi pada tabel presentase arus bocor pada tabel dan tahanan pentanahan pada tabel.

Dari hasil tersebut diperoleh, untuk tahanan isolasi Berdasarkan tabel 21 diketahui bahwa standar nilai tahanan isolasi adalah sebesar $>1G\Omega$. Dari hasil perhitungan tahanan isolasi di seluruh line Gardu Induk Likupang Newdan dibandingkan dengan standar yang ada didapati bahwa nilai tahanan isolasi pada line 2 Pandu berada di bawah standar, maka menjadi bahan evaluasi dan diperlukannya tindakan lanjutan sesuai dengan yang ada pada tabel rekomendasi.

Berdasarkan tabel 22 diketahui bahwa standar nilai presentase arus bocor adalah sebesar $\leq 90\%$. Dari hasil perhitungan arus bocor pada seluruh line yang ada pada Gardu Induk Likupang New didapati bahwa arus bocor pada Line 1 Paniki, Line 2 Paniki, Line 1 Pandu, Line 2 Pandu dan Line IBT berada dalam kondisi yang jelek sehingga perlu menjadi evaluasi dan ditindak lanjuti sesuai dengan yang ada pada tabel tersebut

Berdasarkan tabel 23 diketahui bahwa standar nilai tahanan grounding adalah sebesar $< 1\Omega$. Dari hasil pengukuran tahanan grounding pada seluruh line yang ada pada Gardu Induk Likupang New didapati bahwa tahanan grounding pada Line IBT berada dalam kondisi yang buruk sehingga perlu menjadi evaluasi dan ditindak lanjuti sesuai dengan tabel rekomendasi pengujian tahanan grounding.

TABEL 24
Data Hasil Perhitungan dan Pengukuran Tahanan Isolasi

Nama Bay	Fasa	Hasil Perhitungan (G Ω) (1)	Hasil Ukur Tahanan Isolasi Terendah (G Ω)
Line 1 Paniki	R	92.400	580
Line 1 Paniki	S	92.400	1000
Line 1 Paniki	T	92.400	701
Line 2 Paniki	R	92.400	25,8
Line 2 Paniki	S	92.400	358
Line 2 Paniki	T	92.400	50,1
Line 1 Pandu	R	92.400	17,8
Line 1 Pandu	S	92.400	16,7
Line 1 Pandu	T	92.400	12,1
Line 2 Pandu	R	92.400	0,02
Line 2 Pandu	R	92.400	0,03
Line 2 Pandu	R	92.400	0,05
Line IBT	R	92.400	8,13
Line IBT	S	92.400	6,23
Line IBT	T	92.400	11,79

Tabel 25
Data Hasil Perhitungan Arus Bocor

Nama Bay	Fasa	Hasil Perhitungan Presentase Arus Bocor
Line 1 Paniki	R	196,4%
Line 1 Paniki	S	142,8%
Line 1 Paniki	T	19,66%
Line 2 Paniki	R	175%
Line 2 Paniki	S	136,8%
Line 2 Paniki	T	168,6%
Line 1 Pandu	R	187,1%
Line 1 Pandu	S	137,5%
Line 1 Pandu	T	203,4%
Line 2 Pandu	R	191,3%
Line 2 Pandu	R	146,6%
Line 2 Pandu	R	196,6%
Line IBT	R	236,8%
Line IBT	S	142,8%
Line IBT	T	168,2%

TABEL 26
Data Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan

Nama Bay	Fasa	Hasil Ukur Tahanan Pentanahan (Ω)
Line 1 Paniki	R	<1
Line 1 Paniki	S	<1
Line 1 Paniki	T	<1
Line 2 Paniki	R	<1
Line 2 Paniki	S	<1
Line 2 Paniki	T	<1
Line 1 Pandu	R	<1
Line 1 Pandu	S	<1
Line 1 Pandu	T	<1
Line 2 Pandu	R	<1
Line 2 Pandu	R	<1
Line 2 Pandu	R	<1
Line IBT	R	>1
Line IBT	S	>1
Line IBT	T	>1

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisa mengenai unjuk kerja lightning arrester terhadap tahanan isolasi, tahanan arus bocor dan tahanan grounding pada peralatan lightning arrester yang terpasang di Gardu Induk Likupang New, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Hasil perhitungan tahanan isolasi lightning arrester untuk bay line 2 Pandu tidak memenuhi standar sehingga memerlukan tindakan lanjutan sesuai dengan yang ada pada “tabel 26”. Hasil presentase nilai tahanan arus bocor dari hasil pengukuran, didapatkan untuk bay line 1 Paniki, 2 Paniki, 1 Pandu, 2 Pandu, IBT HV tidak memenuhi standar. Oleh sebab dibutuhkan tindakan lanjutan sesuai dengan “tabel 32” yaitu melakukan pembersihan setelah dibersihkan akan dilakukan pengukuran kembali. Hasil nilai tahanan grounding yang didapat menggunakan hasil dari data pemeliharaan dari bay IBT sebesar $> 1\Omega$. Hasil tersebut sangat tidak memenuhi standar yang ditentukan yaitu harus berada $< 1\Omega$. Berdasarkan keseluruhan hasil pengukuran, dapat disimpulkan bahwa perangkat lightning arrester yang terpasang di Gardu Induk Likupang New telah mengalami penurunan kinerja secara signifikan. Oleh karena itu, disarankan untuk segera melakukan penanganan lebih lanjut.

- Penurunan kinerja Lightning Arrester yang signifikan berdampak langsung pada keandalan sistem tenaga listrik, karena Lightning Arrester yang tidak memenuhi standar dapat gagal dalam melindungi peralatan saat terjadi lonjakan tegangan atau surja petir. Hal ini juga mengancam keamanan peralatan seperti transformator dan peralatan penting lainnya di Gardu Induk akibat potensi kerusakan isolasi. Selain itu, risiko operasional pun meningkat, mencakup kemungkinan gangguan sistem atau kerusakan pada peralatan listrik.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, disarankan agar dilakukan tindakan lanjutan berupa pembersihan kembali pada seluruh arrester di Gardu Induk Likupang New selanjutnya dilakukan pengukuran kembali dan jika tidak nilai pengukuran masih berada dibawah standar yang ada maka disarankan untuk melakukan penggantian lightning arrester pada bay yang tidak memenuhi standar, terutama pada bay line 1 Paniki, 2 Paniki, 1 Pandu, 2 Pandu, dan IBT HV, sesuai dengan rekomendasi pada tabel yang telah ditetapkan. Selain itu, perlu dilakukan perbaikan sistem grounding pada Line IBT agar memenuhi standar $< 1\Omega$. Evaluasi menyeluruh terhadap kondisi lightning arrester di Gardu Induk Likupang New juga perlu dilakukan, mengingat indikasi penurunan kinerja secara umum. Untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, disarankan dilakukan penggantian perangkat serta peningkatan program pemeliharaan secara berkala.

VI. KUTIPAN

- [1] I. S. Surtpto and M. Eng, “SISTEM TENAGA LISTRIK,” 2017.
- [2] R. Syahputra, “Tenaga Listrik,” *Transm. Dan Distrib. Tenaga List.*, no. LP3M UMY, Yogyakarta, pp. 249–256, 2016.
- [3] D. Marsudi, “Operasi Sistem Tenaga Listrik,” *Graha Ilmu*, no. April, pp. 2–5, 2006.
- [4] S. Bandri, “Sistem Proteksi Petir Internal Dan Eksternal,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 3, no. 1, p. 6, 2014.
- [5] C. Liu *et al.*, “Analysis of the seismic performance of a 500 kV lightning arrester,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2835, no. 1, 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2835/1/012028.
- [6] R. A. Adam, “Analisis Kinerja Lightning Arrester (LA) Berdasarkan Arus Bocor Pada Gardu Induk 150 kV Solobaru PT. PLN (Persero) UPT Salatiga,” pp. 1–68, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/2566/1709>
- [7] I. M. Asna *et al.*, “Analisis Konstruksi Posisi Lightning Arrester Di Gardu Distribusi Km 0003 Penyulang Subagan Wilayah Kerja PT PLN (Persero) ULP Karangasem,” *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 46–55, 2022, doi: 10.38043/telsinas.v4i1.2143.
- [8] R. AHMAD, “Penentuan Ketentuan Kelayakan Arus Bocor Lightning Arrester Di Gardu Induk 150 Kv Cepu,” *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol.

- 3, no. April, pp. 49–58, 2015.
- [9] Shoimatussururoh and B. Dwi Cahyono, “Pemeliharaan Lightning Arrester (LA) pada Gardu Induk Saketi 150kv di PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung,” *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 5, pp. 520–531, 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i5.869.
- [10] I. Hajar, E. Rahman, T. Elektro, and S. Tinggi Teknik PLN Jakarta, “KAJIAN PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER PADA SISI HV TRANSFORMATOR DAYA UNIT SATU GARDU INDUK TELUK BETUNG.”
- [11] R. Kepdir and N. K. Dir, “Pedoman Pemeliharaan Lightning Arester,” no. 0520, 2024.
- [12] A. Unjuk, K. Lightning, and G. Induk, “Analysis Performance of Lightning Arrester in Tomohon Switchyard,” pp. 1–10.
- [13] A. U. Kerja *et al.*, “Performance Analysis of Lightning Arresters in Likupang Switchyard,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*
- [14] M. Rivki, A. M. Bachtiar, T. Informatika, F. Teknik, and U. K. Indonesia, “No 1.”
- [15] M. Agung Suardi, “Analisis Tiga Level Inspeksi Peralatan Lightning Arrester Sebagai Pengaman Pada Unit Layanan Transmisi Dan Gardu Induk Tengkwang,” pp. 48–54, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/index>

Ratulangi Manado pada tahun 2025 dengan judul penelitian “Analisis Unjuk Kerja Lightning Arrester”.

TENTANG PENULIS



Diendels Geza Saryono, lahir di Bogor, Jawa Barat pada tanggal 17 Juni 2003. Alamat tempat tinggal sekarang di Matungkas, Minahasa Utara.

Penulis mulai menempuh pendidikan di Sekolah Dasar (SD) GMIM 1 Manado (2009-2015). Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Manado (2015-2018). Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Tugu Ibu Depok (2018-2019). Kemudian pindah ke Sekolah Menengah Atas (SMA) 1 Airmadidi (2019-2021), pada tahun 2021, penulis melanjutkan pendidikan di salah satu perguruan tinggi di Manado, yaitu Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT). Penulis memilih program studi S-1 Teknik Elektro di Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, dan mengambil konsentrasi Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2023. Selama masa pendidikan, penulis juga menjalani Kerja Praktek atau Magang di PT. PLN khususnya Unit Induk Pelaksana Distribusi (UP2D) Bali selama bulan Februari Hingga Juni pada tahun 2024 dan Unit pelaksana Transmisi Manado selama bulan Juli hingga Agustus.

Penulis juga tergabung dalam kepengurusan organisasi Himpunan Mahasiswa Elektro dan menjadi penerima beasiswa Karya Salemba Empat. Penulis berhasil menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektro Universitas Sam