

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA ARRESTER PORSELEN DAN POLIMER BERDASARKAN ARUS BOCOR DAN SUHU DI GISTET 500 kV ADIPALA

Edi Suprianto¹⁾, Yohanes Primadiyono²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Sekaran, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50229

* edisuprianto143@gmail.com

Abstract

Gardu induk adalah komponen penting dalam sistem distribusi energi listrik yang berperan sebagai penghubung utama untuk mengalirkan listrik dari pembangkit ke konsumen. Secara khusus, fungsi utama dari gardu induk adalah untuk melakukan transformasi daya listrik sehingga dapat disalurkan secara efektif dan efisien. Petir dapat merusak peralatan tegangan tinggi di jaringan distribusi. Tegangan tinggi dari sambaran petir dapat menyebabkan flashover jika isolasi tidak cukup baik. Di Indonesia, yang merupakan negara tropis, kerapatan petir cukup tinggi, yaitu antara 5 hingga 15 sambaran per kilometer setiap tahun. Lightning arrester adalah perangkat yang awalnya berfungsi sebagai isolator, namun saat terkena petir, ia menjadi konduktor dengan resistansi rendah untuk mengalirkan arus ke tanah. Arrester sangat penting untuk melindungi peralatan listrik dari bahaya tegangan lebih, terutama yang disebabkan oleh petir. Keberhasilan perlindungan peralatan listrik tergantung pada pemilihan, pemasangan, dan perawatan lightning arrester yang tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis kinerja arrester berdasarkan arus bocor dan suhu body arrester yang dihasilkan terhadap pemilihan 2 bahan yang berbeda yaitu porselen dan polimer. Analisis dilakukan dengan pengambilan data langsung di PT. PLN (Persero) UPT Purwokerto GISTET 500 kV Adipala. Hasil penelitian perhitungan arus bocor Hasil analisis selama empat tahun terakhir menunjukkan adanya perbedaan nilai arus bocor antara arrester porselen dan arrester polimer dalam merespon sambaran arus petir. Dari data ini, dapat dilihat bahwa suhu pada body arrester polimer lebih stabil dan cenderung lebih rendah dibandingkan dengan arrester porselen.

Keywords: Arus bocor; gardu induk; lightning arrester; polimer; porselen; suhu.

1. Pendahuluan

Di era modern ini, kemajuan ilmu dan teknologi telah menghasilkan inovasi signifikan dalam berbagai sektor, termasuk industri elektro dan listrik. Kebutuhan akan tenaga listrik, baik di kota besar maupun kecil, semakin meningkat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. PLN (Perusahaan Listrik Negara) adalah satu-satunya perusahaan yang menangani distribusi energi listrik di Indonesia, dengan sistem distribusi yang memainkan peran krusial dalam menyuplai listrik dari pembangkit ke konsumen.

Salah satu komponen vital dalam sistem distribusi adalah gardu induk, yang untuk mentransformasikan tegangan listrik dari level tinggi ke level yang lebih rendah untuk penyaluran ke konsumen. Gardu induk tidak hanya mengubah tegangan, tetapi juga dilengkapi dengan berbagai peralatan seperti transformator dan pemutus tenaga, serta sistem pembumian untuk melindungi peralatan dari gangguan seperti sambaran petir.

Sambaran petir merupakan fenomena alam yang dapat menyebabkan gangguan pada sistem tenaga listrik melalui tegangan impuls yang dapat merusak peralatan di gardu induk. Di Indonesia, frekuensi sambaran petir yang tinggi memerlukan perlindungan yang efektif untuk menjaga keandalan sistem distribusi listrik. Lightning arrester, khususnya tipe zinc oksida (ZnO), digunakan untuk melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh petir.

Arrester ini hadir dalam berbagai bahan isolasi seperti porselen dan polimer, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangan dalam aplikasi pada sistem tenaga listrik. Peningkatan arus bocor pada arrester dan pengaruh suhu terhadap

kinerjanya menjadi fokus dalam pemeliharaan peralatan gardu induk, di mana pengukuran arus bocor menggunakan alat seperti leakage current monitor (LCM) adalah salah satu metode untuk mengevaluasi kondisi arrester.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kinerja arrester berbahan polimer dan porselen di GISTET 500 kV Adipala dengan menilai nilai arus bocor dan pengaruh suhu terhadap performa arrester, untuk memberikan wawasan mengenai pemeliharaan dan efektivitas perlindungan sistem tenaga listrik.

2. Material dan metodologi

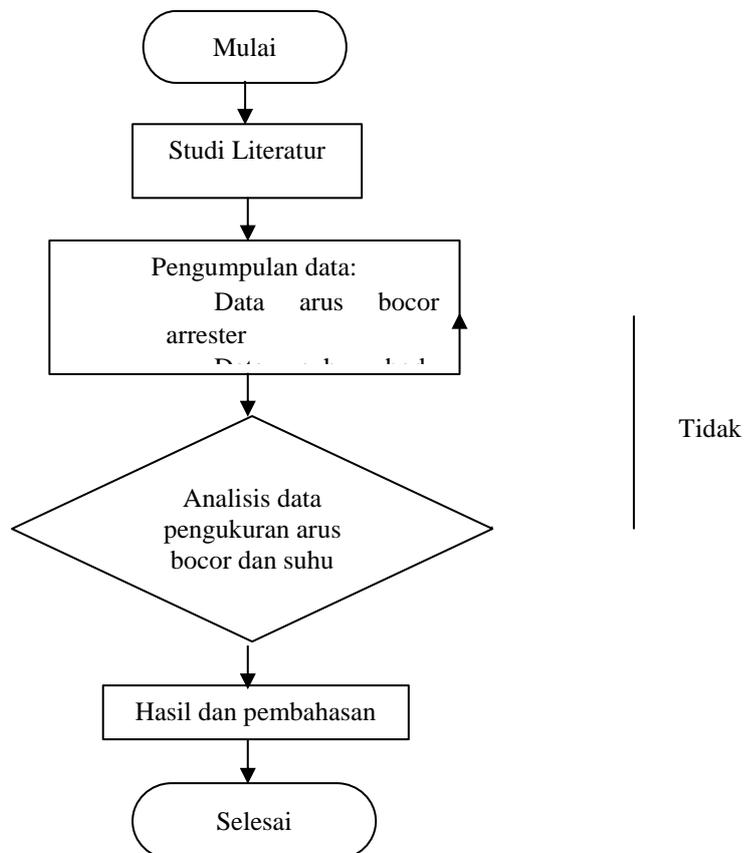
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi sistem distribusi tenaga listrik di wilayah PLN (Persero) UPT Purwokerto, khususnya pada GISTET 500 kV Adipala. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, termasuk wawancara dengan pihak terkait dan observasi kondisi fisik sistem distribusi tenaga listrik.

Data yang dikumpulkan mencakup beberapa aspek penting dari sistem distribusi, yaitu:

- Single Line Diagram GISTET 500 kV: Diagram ini menggambarkan struktur sistem distribusi tenaga listrik.
- Arus Bocor Arrester: Pengukuran arus bocor pada arrester di Bay Kesugihan 1 dan 2 serta Bay S2P 1 dan 2 untuk menilai performa arrester.
- Suhu Body Arrester: Pengukuran suhu pada body arrester di Bay Kesugihan 1 dan 2 serta Bay S2P 1 dan 2 untuk mengidentifikasi adanya potensi masalah thermal.

Untuk mengevaluasi performa arrester, digunakan rumus perhitungan persentase arus bocor sebagai berikut:

$$\text{Kondisi Arrester (\%)} = \frac{I_{\text{corr}}}{\text{Batasan arus bocor}} \times 100 \% \quad (1)$$



Gambar 1. Flow chart desain penelitian

Batasan arus bocor diacu dari tabel standar, sementara rekomendasi perawatan arrester disesuaikan dengan hasil perhitungan yang juga dapat ditemukan dalam tabel rekomendasi PLN. Dengan pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk mendapatkan data yang komprehensif mengenai arus bocor dan suhu body arrester, serta memberikan rekomendasi pemeliharaan yang sesuai untuk menjaga keandalan sistem distribusi tenaga listrik di GISTET 500 kV Adipala. Dalam penelitian ini, pendekatan yang diterapkan adalah observasional, yang dilaksanakan di PT. PLN (Persero) UPT Purwokerto pada GISTET 500 kV Adipala.

Metode observasi digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara mengamati dan mencatat informasi dari objek penelitian. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif, yang membantu dalam menggambarkan, mengolah, dan menyimpulkan data yang diperoleh dari observasi, perhitungan, dan simulasi. Desain penelitian menyediakan gambaran tentang langkah-langkah yang diambil selama proses penelitian. *Flowchart* desain penelitian yang digunakan ada pada gambar 1.

3. Hasil dan pembahasan

Kinerja arrester buruk jika arus bocor yang dibumikan lebih dari ketentuan nominal, dan dikatakan baik jika arus bocor yang dibumikan kurang dari ketentuan nominal PT. PLN (Persero) yaitu standart sebesar 100 μ A. Untuk menghitung persentase (%) menggunakan rumus dari persamaan 1:

Berikut ini pembahasan kinerja arrester berdasarkan arus bocor arrester porselen:

1. Arrester bay Kesugihan 1 fasa R

Dengan menggunakan KEPDIR 0520 dimana nilai arus bocor maksimum pada 500 kV yaitu 250 μ A, sehingga persentase yang diperoleh: $\text{Persentase} = \frac{197}{250} \times 100\% = 78,8 \%$.

2. Arrester bay Kesugihan 1 fasa S = 51,6 %.
3. Arrester bay Kesugihan 1 fasa T = 79,6 %.
4. Arrester bay Kesugihan 2 fasa R = 74,8 %.
5. Arrester bay Kesugihan 2 fasa S = 49,2 %.
6. Arrester bay Kesugihan 2 fasa T = 78 %.
7. Arrester bay S2P 1 fasa R = 80,4 %.
8. Arrester bay S2P 1 fasa S = 53,2 %.
9. Arrester bay S2P 1 fasa T = 67,6 %.
10. Arrester bay S2P 2 fasa R = 49,2 %.
11. Arrester bay S2P 2 fasa S = 44,8 %.
12. Arrester bay S2P 2 fasa T = 74,4 %.

Berikut ini pembahasan kinerja arrester berdasarkan arus bocor arrester polimer:

1. Arrester bay Kesugihan 1 fasa R = 138 %.
2. Arrester bay Kesugihan 1 fasa S = 125 %.
3. Arrester bay Kesugihan 1 fasa T = 122 %.
4. Arrester bay Kesugihan 2 fasa R = 154 %.
5. Arrester bay Kesugihan 2 fasa S = 100 %.
6. Arrester bay Kesugihan 2 fasa T = 157 %.
1. Arrester bay S2P 1 fasa R = 173 %.

2. Arrester bay S2P 1 fasa S = 98,4 %.
3. Arrester bay S2P 1 fasa T = 152 %.
4. Arrester bay S2P 2 fasa R = 179 %.
5. Arrester bay S2P 2 fasa S = 114 %.
6. Arrester bay S2P 2 fasa T = 164 %.

Arrester Porselen: Pada tahun 2021, arrester porselen menunjukkan kinerja yang mendekati atau melampaui batas maksimum arus bocor. Arrester Polimer: Pada tahun 2024, arrester polimer menunjukkan peningkatan dalam arus bocor yang melebihi batas maksimum, menunjukkan bahwa meskipun polimer memiliki performa yang baik di beberapa fasa, secara keseluruhan mengalami penurunan kualitas yang signifikan pada tahun 2024. Mengacu pada Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester PT. PLN tahun 2014, analisis arus bocor menggunakan pendekatan statistik menunjukkan hasil ukur untuk LCM (Leakage Current Monitor) dari arrester porselen dan polimer. Dari hasil pengukuran LCM ini, terlihat bahwa arrester porselen umumnya masih dalam kondisi baik dengan rekomendasi pemeliharaan tahunan, sementara arrester polimer menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari ambang batas dan memerlukan penggantian sesuai dengan pedoman PLN.

Data suhu yang digunakan pada penelitian ini merupakan data suhu pada waktu beban puncak yang telah diukur oleh pihak PLN. Waktu beban puncak merupakan pada saat pemakaian listrik oleh pelanggan terjadi secara hampir bersamaan. Pada saat waktu beban puncak, PLN harus memasok daya dalam jumlah yang sangat besar agar pelanggan dapat menikmati listrik di waktu yang relatif bersamaan di rentang waktu tersebut. Rentang waktu pemakaian listrik saat waktu beban puncak yaitu mulai dari pukul 18:00 sampai dengan pukul 22:00.

Untuk mengetahui nilai suhu body arrester pada arrester porselen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Suhu Body Arrester Porselen

Bay	Phas	Suhu Peralatan (C)
	a	
Kesugihan 1	R	29.9
	S	29.3
	T	29.7
Kesugihan 2	R	30.6
	S	30.2
	T	31.1
S2P 1	R	32,1
	S	34,1
	T	35,1
S2P 2	R	25.1
	S	25.5
	T	25.0

Untuk mengetahui nilai suhu body arrester pada arrester polimer dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Suhu Body Arrester Polimer

Bay	Phas	Suhu Peralatan (C)
	a	
Kesugihan 1	R	28.1
	S	28.0
	T	28.3
Kesugihan 2	R	28.5
	S	29.0
	T	28.2
S2P 1	R	28.4
	S	28.3
	T	28.4
S2P 2	R	28.4
	S	28.2
	T	28.4

Penurunan Suhu di Kesugihan 1, Kesugihan 2, dan S2P 1:

Peralihan dari arrester porselen ke arrester polimer di Kesugihan 1, Kesugihan 2, dan S2P 1 menunjukkan rata-rata penurunan suhu sebesar 2,98°C. Ini mengindikasikan bahwa secara umum, arrester polimer menawarkan performa termal yang lebih baik daripada arrester porselen. Penurunan suhu ini menunjukkan bahwa arrester polimer mungkin lebih efektif dalam mencegah akumulasi panas yang berlebihan selama operasi, yang dapat meningkatkan masa pakai dan kinerja peralatan.

Kenaikan Suhu di S2P 2:

Di sisi lain, bay S2P 2 menunjukkan tren yang berbeda dengan kenaikan suhu rata-rata sebesar 3,13°C ketika beralih ke arrester polimer. Kenaikan ini menunjukkan bahwa dalam kondisi tertentu, arrester polimer mungkin mengalami peningkatan suhu dibandingkan dengan arrester porselen. Hal ini menunjukkan perlunya evaluasi lebih lanjut untuk memahami apakah kenaikan suhu ini disebabkan oleh desain spesifik dari arrester polimer atau oleh faktor eksternal lainnya.

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa untuk sebagian besar lokasi, arrester polimer menunjukkan penurunan suhu body arrester dibandingkan dengan arrester porselen. Namun, di S2P 2, ada kecenderungan suhu yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa performa thermal arrester polimer bisa bervariasi tergantung pada kondisi operasional dan lingkungan spesifik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data arus bocor dan suhu body arrester, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Arus Bocor Arrester:

Data menunjukkan bahwa arrester polimer memiliki arus bocor yang lebih tinggi dibandingkan arrester porselen. Arus bocor untuk arrester porselen berkisar antara 49,2 μ A hingga 80,4 μ A, sedangkan untuk arrester polimer, nilai arus bocor berada dalam rentang 98,4 μ A hingga 179 μ A. Hal ini menunjukkan bahwa arrester polimer cenderung menunjukkan arus bocor yang lebih besar dalam merespon arus petir dibandingkan arrester porselen.

Suhu Body Arrester:

Data suhu menunjukkan bahwa arrester polimer memiliki suhu body yang lebih stabil dan lebih rendah dibandingkan arrester porselen. Suhu body arrester porselen bervariasi dari 25,0°C hingga 35,1°C, sedangkan suhu body arrester polimer berkisar antara 28,0°C hingga 29,0°C. Hal ini menunjukkan bahwa arrester polimer lebih efisien dalam menjaga suhu body tetap lebih dingin dan stabil. Meskipun arrester polimer memiliki arus bocor yang lebih tinggi dibandingkan arrester porselen, arrester polimer menunjukkan performa yang lebih baik dalam hal pengendalian suhu dengan suhu body yang lebih rendah dan stabil.

Daftar Pustaka

- [1] Andari, R., Amalia, S., & Viandri, A. O. (2022). Analisis Pemeliharaan Lightning Arrester Pada Gardu Induk Gis Simpang Haru Padang. *Rang Teknik Jurnal*, 5(2), 220–224.
- [2] Aribowo, D., Permata, E., Ekawati, R., Hamid, M. A., Fatkhurrohman, M., Dharmawan, I., & Bahtiar, K. (2018). Analisis Hasil Uji PMT 150kV Pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1. 59–65.
- [3] Fadly, M. (2021). Analisis Sistem Pentanahan Gardu Induk 150 KV Maninjau Dengan Kontruksi (Grid-Rod). *Jom FTEKNIK*, 8, 1–7.
- [4] Irsal, A., Denov, B., & Zoro, R. (2019). Lightning Protection System on Substation Extra High Voltage 500 kV Sumatera, Indonesia. *Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 2019-July*, 672–677. <https://doi.org/10.1109/ICEEI47359.2019.8988784>
- [5] Irwanto, & 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)*, 5(2), 168. <https://doi.org/10.24252/instek.v5i2.16200>
- [6] Kumar, D., & Ansari, M. A. (2018). Condition monitoring of electrical assets using digital IRT and AI technique. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 5(3), 623–634. <https://doi.org/10.1016/j.jesit.2017.10.001>
- [7] Latiff, N. A. A., Illias, H. A., Bakar, A. H. A., & Dabbak, S. Z. A. (2018). Measurement and modelling of leakage current behaviour in ZnO surge arresters under various applied voltage amplitudes and pollution conditions. *Energies*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/en11040875>
- [8] Naiborhu, R. (2017). Pengujian Dalam Penggunaan Dan Diagnosis Arrester Metal Oxide Tanpa Celah. *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 11, 79–94. <https://doi.org/10.25105/jetri.v11i2.1446>
- [9] Perusahaan Listrik Negara. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester (LA)*.
- [10] Putra, R. R. (2018). Thermovisi Dalam Melihat Hot Point Pada Gardu Induk 150 kV Palur. *Fakultas Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1–19.
- [11] Stevany, C., & Murdiya, F. (2017). Analisa Sambaran Petir Terhadap Kinerja Arrester pada Transformator Daya 150 kV Menggunakan Program ATP. *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1–9.