

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA METAL-OXIDE ARESTER TERHADAP TEGANGAN LEBIH PETIR PADA SISTEM GARDU INDUK 150 KV BERBASIS SIMULASI ATPDRAW

Setyo Adi Nugroho

Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Elektro-medis, Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta

Informasi Makalah

Dikirim, 12 Maret 2021
Direvisi, 06 April 2026
Diterima, 06 April 2026

Kata Kunci:

*Petir
Tegangan Lebih
Gardu Induk
ATPDraw
Arrester*

Keyword:

Lightning
Overvoltage
Substation
ATPDraw
Lightning Arrester

INTISARI

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting pada setiap sektor seperti pendidikan, industri, rumah sakit, dll. Oleh sebab itu penyaluran energi listrik diharapkan memiliki kontinuitas dan kehandalan yang tinggi, namun dalam praktiknya hal tersebut sulit tercapai disebabkan karena berbagai macam gangguan salah satunya gangguan tegangan lebih impuls petir. Arrester adalah peralatan yang saat ini banyak digunakan secara luas untuk mengurangi dan mencegah gangguan tegangan lebih. Pada penelitian ini dua tipe arrester dibandingkan serta memodelkan peralatan yang ada pada gardu induk dengan menggunakan simulasi ATPDraw. Hasil simulasi menunjukkan bahwa arrester tipe Q150NA121A mempunyai kinerja yang sangat baik dengan nilai tegangan lebih sebesar 454 kV. Sedangkan untuk arrester tipe Q150NB121A nilai tegangan lebih masih cukup tinggi yaitu sebesar 579 kV.

ABSTRACT

Electrical energy is the most essential things that we need in any aspect of like industry, hospital, school, etc. Therefore, the transmission of electrical power have to be reliable and continuous. However, those ideal condition is hard to achieve in daily basis because if disruption like lightning impulse. Arrester is a device which prevents or stops over voltage disruption. In this research, two kinds of arrester are compared and we modelling devices of substation using simulation software ATPDraw. The result of the simulation shows us that Q150NA121A arrester has outstanding performance with over voltage value at 454 kV. In the other side, Q150NB121A arrester has overvoltage value at 579 kV.

Korespondensi Penulis:

Setyo Adi Nugroho
Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Elektro-medis
Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta
JL. Tulang Bawang Selatan No.26, Surakarta, 57136
Email: setyoadinugroho@umpku.ac.id

1. PENDAHULUAN

Gardu induk merupakan komponen penting pada sebuah sistem tenaga listrik mengingat fungsinya sebagai penyuplai energi listrik dari pusat pembangkit listrik ke konsumen dan sebagai penghubung jaringan interkoneksi antar pembangkit, gardu induk dapat di klasifikasikan berdasarkan besaran tegangannya, pemasangan peralatannya, fungsinya, dll [1][2]. Perusahaan listrik negara di Indonesia yang dikelola oleh PT. PLN menggunakan sistem tegangan 150 kV dalam menyalurkan energi listriknya ke gardu-gardu induk melalui sistem transmisi udara (*overhead*) [3]. Suplai energi listrik ke konsumen diharapkan memiliki kontinuitas dan tingkat kehandalan yang tinggi oleh sebab itu berbagai upaya telah banyak dilakukan agar hal tersebut dapat tercapai [4][5]. Beberapa gangguan yang dapat mempengaruhi suplai energi listrik antara lain adalah gangguan

tegangan lebih akibat sambaran petir yang dapat menyebabkan kenaikan tegangan sistem sehingga akan merusak sistem isolasi dan merusak peralatan [6]. Peralatan untuk sistem 150 kV dirancang dengan kekuatan isolasi dasar/*basic insulation level* (BIL) sebesar 650 kV berdasarkan standar yang dikeluarkan oleh IEEE yang dimuat dalam Std. IEEE C62.22 [7][8]. Arestor adalah alat proteksi yang banyak digunakan untuk mengurangi tegangan lebih akibat sambaran petir dengan cara mengalirkan tegangan lebih tersebut ke *ground* [9][10]. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menganalisis pemasangan arester pada saluran transmisi untuk evaluasi *backflashover*, analisis pemasangan arester pada sisi gardu induk belum dilakukan [11]. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan analisis pemasangan arester pada gardu induk dengan beberapa tipe yang berbeda sehingga dapat dipilih tipe arester yang tepat.

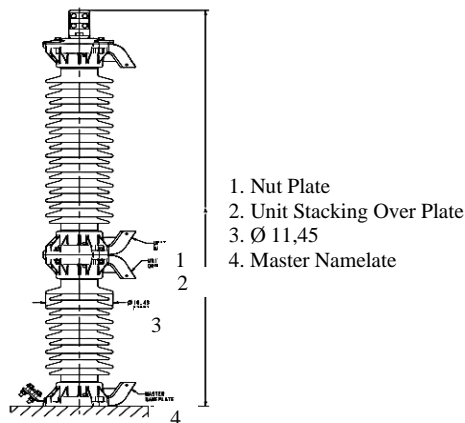
2. METODE

Pada penelitian ini akan dibandingkan dua tipe arester berbeda yang diterapkan pada gardu induk 150 kV untuk mengetahui kinerja masing-masing arester dalam koordinasi proteksi berdasarkan standar IEEE C62.22 dengan *Basic Insulation Level* (BIL) peralatan 150 kV sebesar 650 kV. Pengujian dilakukan dengan menerapkan arus impuls petir untuk menganalisis respons tegangan sisa pada arester. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ATPDraw, karena perangkat lunak ini banyak digunakan dalam analisis transien sistem tenaga listrik dan mampu memodelkan fenomena surja petir melalui metode *Electromagnetic Transients Program* (ATP) [12]. Bentuk gelombang impuls petir yang digunakan mengacu pada standar IEC dengan karakteristik $1,2/50 \mu\text{s}$ [13][14].

TABEL 1. SPESIFIKASI ARESTER

Tipe	Tegangan (Kv)	BIL (kV)	Panjang (m)
Q150NA121A	150	669	1,798
Q150NB121A	150	788	2,07

Berikut ini adalah *layout* konstruksi dari kedua buah model arester (Q150NA121A dan Q150NB121A) yang akan digunakan pada simulasi, ditunjukkan oleh Gambar 1.



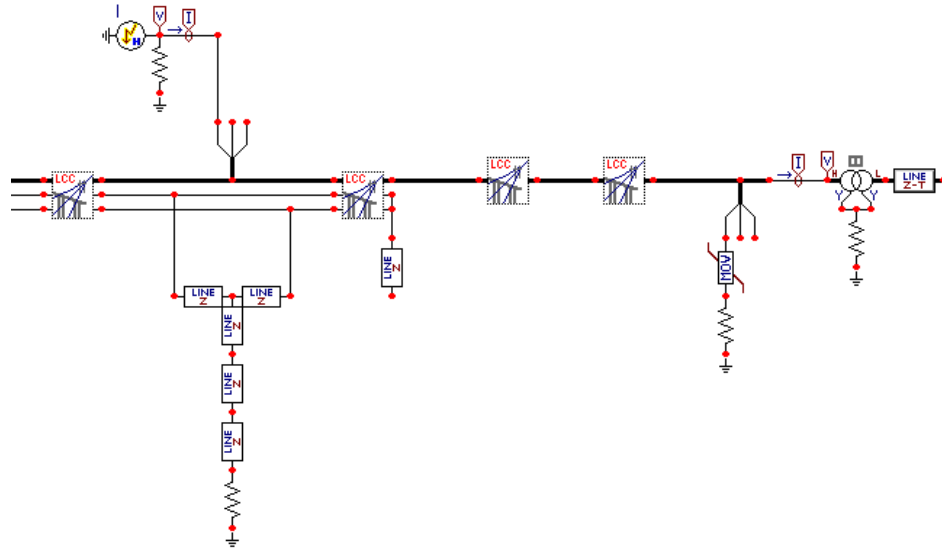
Gambar 1. Konstruksi Arestor

Spesifikasi ketinggian dari setiap konduktor yaitu konduktor fasa dan konduktor pentanahan (*ground*) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 diperlukan pada penelitian ini, supaya dapat diketahui lonjakan tegangan tertinggi pada tiap fasa berdasarkan perbedaan ketinggiannya.

TABEL 2. KETINGGIAN SETIAP KONDUKTOR

Parameter	Nilai	Satuan
Tinggi Ground Wire	40,55	meter
Tinggi Fasa R	38,55	meter
Tinggi Fasa S	34,85	meter
Tinggi Fasa T	31,15	meter

Setelah seluruh parameter sistem ditentukan, langkah selanjutnya adalah memodelkan setiap peralatan pada sistem gardu induk 150 kV menggunakan perangkat lunak ATPDraw. Parameter sistem yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum gardu induk 150 kV yang digunakan oleh PT PLN (Persero). Nilai pentanahan pada penelitian ini dikondisikan konstan sebesar $0,2 \Omega$. Pengukuran tegangan lebih dilakukan pada sisi primer transformator daya, sedangkan arrester ditempatkan pada jarak 7 meter dari transformator berdasarkan konfigurasi umum pemasangan arrester pada gardu induk 150 kV.



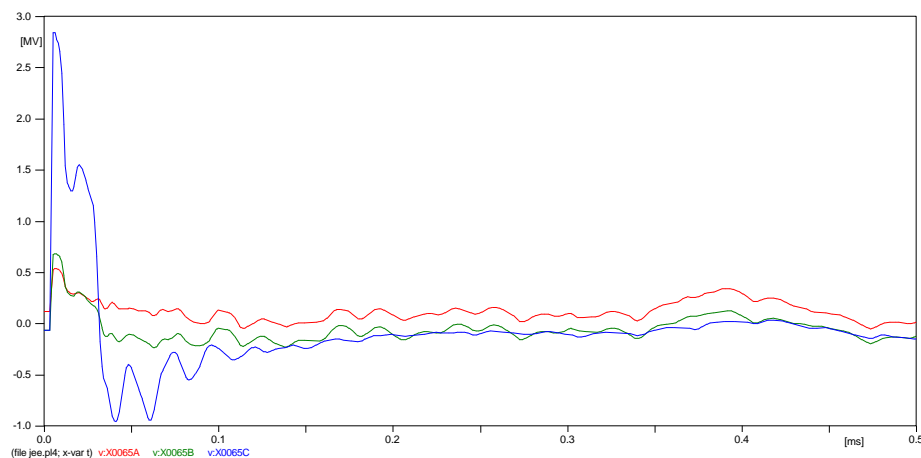
Gambar 2. Pemodelan Sistem Pada ATPDraw

Gambar 2 adalah pemodelan dari setiap peralatan sistem tenaga listrik yang ada pada gardu induk maupun sistem transmisi. Arus petir disimulasikan dengan model Heidler yang di paralel dengan resistor 400 Ohm dan menara transmisi 150 kV dimodelkan dengan menggunakan model menara JMarti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Tegangan Lebih Tanpa Terpasang Arester

Investigasi pertama pada penelitian ini yaitu sambaran petir pada konduktor tanpa terpasangnya peralatan arrester di gardu induk atau transformator daya dengan nilai arus sambaran petir sebesar 10 kA.

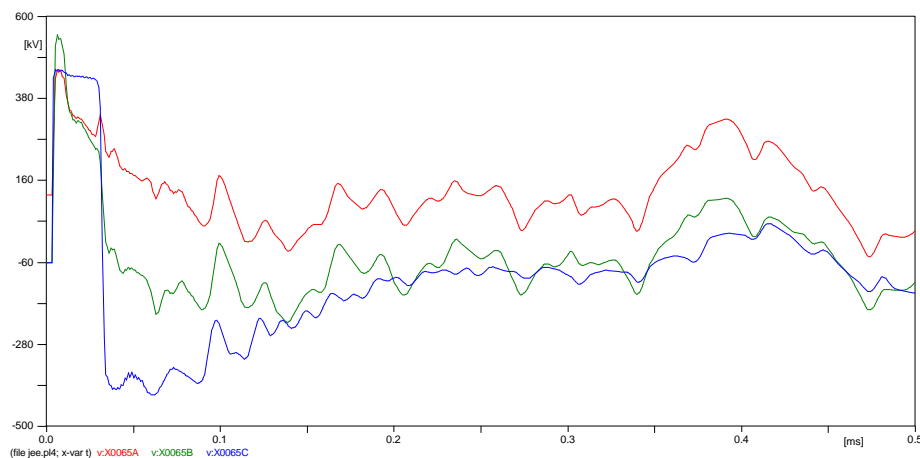


Gambar 3. Tegangan Lebih Tanpa Terpasang Arester

Berdasarkan hasil simulasi seperti yang ditunjukkan gambar 3, tegangan lebih yang melewati terminal transformator daya nilainya melebihi dari BIL peralatan, pada fasa C mengalami lonjakan tegangan paling tinggi dibandingkan dengan fasa lainnya yaitu sebesar 2,83 MV, sedangkan fasa A dan B sebesar 537 kV dan 682 kV. Kondisi ini dapat menyebabkan kerusakan pada transformator daya sehingga perlu dilakukan pengurangan dan pencegahan tegangan lebih akibat sambaran petir tersebut.

3.2. Analisis Tegangan Lebih Dengan Arestor Tipe Q150NA121A

Investigasi berikutnya adalah melakukan pemasangan peralatan arestorer di gardu induk tepatnya pada terminal transformator yaitu untuk fasa C, karena pada fasa tersebut lonjakan tegangan terjadi sangat tinggi. Tipe arestorer yang akan dipasang yaitu Q150NA121A dengan rating tegangan 150 kV. Karakteristik non-linier arestorer tersebut didapatkan dengan berpedoman pada kurva yang diusulkan oleh IEEE WG 3.4.11 yang dikalikan dengan level tegangan impuls petir ketika bernilai 10 kA [15].

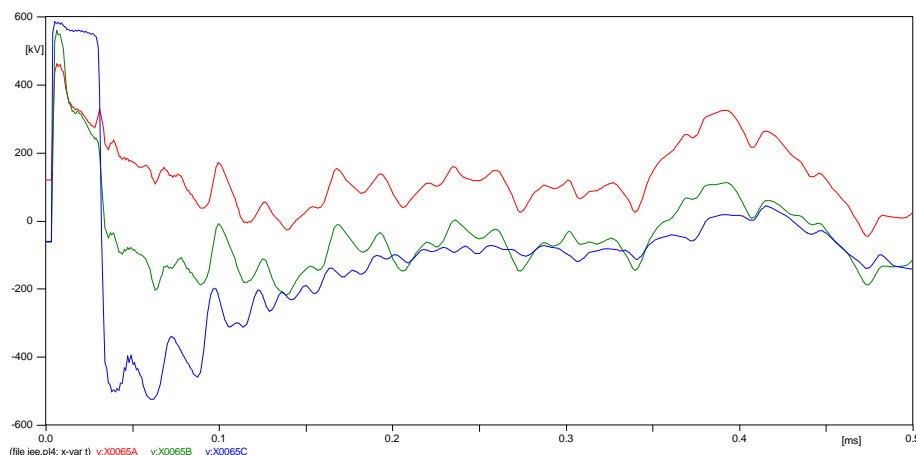


Gambar 4. Tegangan Lebih Saat Terpasang Arestor (Q150NA121A)

Berdasarkan hasil simulasi seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4, tegangan lebih pada terminal transformator berkurang sampai dibawah nilai standar BIL. Tegangan lebih pada fasa C menjadi sebesar 454 kV, sedangkan pada fasa A dan B sebesar 457 kV dan 551 kV. Sehingga dapat dikatakan bahwa transformator aman dari tegangan lebih impuls petir.

3.3. Analisis Tegangan Lebih Dengan Arestor Tipe Q150NB121A

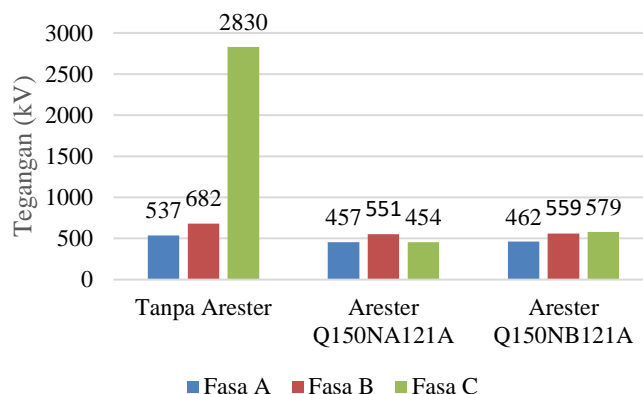
Investigasi yang terakhir yaitu melakukan pemasangan arestorer seperti investigasi sebelumnya tetapi dengan tipe arestorer yang berbeda yaitu tipe Q150NB121A. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Tegangan Lebih Saat Terpasang Arestor (Q150NB121A)

Tegangan lebih yang dihasilkan arrester tipe Q150NB121A menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan dengan tipe arrester Q150NA121A yaitu pada fasa C sebesar 579 kV sedangkan untuk fasa A dan B sebesar 462 kV dan 559 kV.

Dari ketiga investigasi yang telah dilakukan, dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti berikut.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Setiap Investigasi

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, terlihat bahwa tegangan lebih yang terjadi pada sistem tanpa penggunaan arrester memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan kondisi menggunakan arrester. Pada kondisi tanpa arrester, tegangan lebih yang terjadi pada fasa A, fasa B, dan fasa C masing-masing mencapai 537 kV, 682 kV, dan 2830 kV. Nilai ini menunjukkan bahwa tanpa proteksi arrester, sistem sangat rentan terhadap tegangan lebih akibat surja petir, terutama pada fasa C yang mengalami lonjakan tegangan paling besar. Setelah dipasang arrester tipe Q150NA121A, tegangan lebih pada ketiga fasa mengalami penurunan signifikan menjadi 457 kV pada fasa A, 551 kV pada fasa B, dan 454 kV pada fasa C. Sementara itu, pada penggunaan arrester tipe Q150NB121A, tegangan lebih yang terjadi adalah 462 kV pada fasa A, 559 kV pada fasa B, dan 579 kV pada fasa C. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua tipe arrester mampu mereduksi tegangan lebih, namun arrester tipe Q150NA121A memberikan kinerja proteksi yang lebih baik dibandingkan tipe Q150NB121A karena mampu menurunkan tegangan lebih ke nilai yang lebih rendah pada setiap fasa.

4. KESIMPULAN

Pemasangan arrester pada gardu induk 150 kV dapat mengurangi tegangan lebih akibat sambaran petir sehingga nilainya tidak melebihi standar Basic Insulation Level (BIL) yang diizinkan menurut IEEE C62.22. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan arrester tipe Q150NA121A mampu mengurangi tegangan lebih hingga 43,17%, sedangkan arrester tipe Q150NB121A hanya mampu mereduksi sebesar 12,26%. Hal ini menunjukkan bahwa arrester tipe Q150NA121A memiliki kinerja proteksi yang lebih baik dalam mereduksi tegangan lebih akibat surja petir. Oleh karena itu, pada sistem gardu induk 150 kV disarankan menggunakan arrester dengan kemampuan reduksi tegangan lebih yang lebih tinggi, seperti tipe Q150NA121A, agar peralatan utama seperti transformator daya dapat terlindungi secara optimal dari tegangan lebih akibat sambaran petir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Abdulwadood ALI, "Design of Lightning Arresters for Electrical Power Systems Protection," Dec. 2013.
- [2] W. Firman Maulana and Joko, "Perhitungan hasil uji Tangen Delta sebagai parameter kelayakan Transformator pada Gardu Induk Rungkut 150 kV," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 1, pp. 8–15, 2025.
- [3] K. Sartono, M. Djamin, and S. Suryadi, "Analysis Of Improvement Of Grounding Resistance Values To Prevent Interference In The Old Cilegon 150 kV Transmission Line Mitsui At PT PLN (Persero) ULTG Suralaya," *Jurnal Ilmiah METADATA*, vol. 7, no. 2, pp. 171–180, May 2025, doi: 10.47652/metadata.v7i2.622.
- [4] B. Tri Utomo and S. Mawar Said, "The Placement of the Transmission Lightning Arrester (TLA) at 150 kV Network using Fuzzy Logic," in *10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, IEEE, 2018, pp. 347–352.
- [5] S. Nadiyah Mansyur, A. Fahrul, M. Nawir, and A. Jaya, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang," *LOGITECH Logika Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 27–31, 2025.
- [6] M. Wildan Sani, "Optimasi Keandalan Tower SUTET 500 kV Dengan Multi Direct Grounding Terhadap Gangguan Petir," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.7300.

-
- [7] IEEE Std C62.22a, *IEEE Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems*. IEEE, 2013.
- [8] R. Huda, G. Gunawan, and M. Haddin, "Penurunan Ketahanan Isolator Gardu Induk 150 kV Semen Indonesia," *AVITEC*, vol. 6, no. 1, p. 39, Feb. 2024, doi: 10.28989/avitec.v6i1.2088.
- [9] D. S. Prawira, T. Wrahatnolo, J. Joko, and T. Rijanto, "Analisis Kinerja Lightning Arrester Akibat Sambaran Petir Sebagai Proteksi Transformator Di PT. PLN (Persero) Distribusi Lamongan," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 771–780, Sep. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.454.
- [10] Toyib, Zainuddin M, Rusdiansyah, Bustani, and La Bima, "Jarak Penempatan Lightning Arrester sebagai Pelindung Transformator terhadap Tegangan Lebih pada Gardu Induk 150 kV Harapan Baru," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 164–185, Oct. 2023.
- [11] J. Sardi and J. Ong Chun Chian, "Evaluation of Surge Arrester Requirement for Overhead Transmission Line using Electromagnetic Transient Program," in *IEEE International Conference on Power and Energy (PECon2010)*, Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE, Nov. 2010, pp. 985–988.
- [12] M. Apriyadi, S. Manjang, and M. B. Nappu, "Voltage Impulse and Current Transient 150kV System Transmission Sinjai-Bone from Lightning Strikes Using ATPDraw," *J. Sains & Teknologi, Desember*, vol. 3, no. 2, pp. 156–164, 2014.
- [13] S. A. Hosseini, M. Mirzaie, and T. Barforoshi, "Impact Of Surge Arrester Number And Placement On Reliability And Lightning Overvoltage Level In High Voltage Substations," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 65, pp. 146–158, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.09.037.
- [14] A. Goro, A. B. Muljono, and N. M. Seniari, "Identifikasi Tegangan Transien Akibat Surja Petir pada SUTT 70 kV Menggunakan Software EMTP," *JTE UNIBA*, vol. 10, no. 1, pp. 698–705, Oct. 2025.
- [15] I. W. G. 3.4.11., "Protective Devices Committee's Subcommittee," *Transaction on Power Delivery*, vol. 7, no. 1, pp. 302–309, Jan. 1992.