

# ANALISIS PERBANDINGAN *METAL-OXIDE* ARESTER TERHADAP VARIASI ARUS SURJA

Setyo Adi Nugroho<sup>1\*</sup>, Yuli Siyamto<sup>2</sup>, Joko Triyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ITS PKU Muhammadiyah Surakarta; Surakarta

*Riwayat artikel:*

*Received:* 18 Juli 2023

*Accepted:* 10 Agustus 2023

*Published:* 11 September 2023

## Keywords:

Lightning Surge;

Switching Surge;

Arrester;

Metal-Oxide

**Abstrak.** Sistem tenaga listrik adalah satu kesatuan yang berfungsi untuk menyuplai tenaga listrik ke konsumen secara kontinyu. Dalam menjalankan fungsinya, pada sistem tenaga listrik dapat terjadi gangguan seperti tegangan lebih akibat arus surja petir maupun surja switching. Sehingga dapat mengganggu suplai tenaga listrik ke konsumen. Untuk mencegah hal tersebut maka diperlukan alat yang dapat mencegah gangguan arus surja. Arrester jenis metal-oxide adalah peralatan proteksi yang dapat mencegah terjadinya tegangan lebih akibat arus surja dengan cara mengalirkannya ke tanah. Pada penelitian ini dibandingkan dua jenis varistor yaitu E32NR602S dan E41NR302E menggunakan simulasi ATPDraw. Hasil simulasi menunjukkan varistor E32NR602S memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan varistor E41NR302E.

## Correspondent Email:

setyo0623@gmail.com

**Abstract.** The electric power system is a unit that functions to serve electricity to consumers continuously. In carrying out its functions, disturbances may occur in the electric power system such as overvoltage due to lightning surge currents or switching surges. So that it can disrupt the supply of electricity to consumers. To prevent this, we need a tool that can prevent interference surge currents. The metal-oxide type arrester is a protective device that can prevent overvoltage due to surge currents by draining them to the ground. In this study two types of varistors, namely E32NR602S and E41NR302E, were compared using ATPDraw simulations. The simulation results show that the E32NR602S varistor gives better results than the E41NR302E varistor.

## 1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik adalah kumpulan beberapa komponen seperti pembangkit, sistem transmisi, jaringan distribusi dan beban. Untuk melayani konsumen dengan tingkat kehandalan tinggi, sistem tenaga listrik ini diharapkan tidak mengalami gangguan baik yang bersifat temporer maupun permanen. Salah satu jenis gangguan pada sistem tenaga listrik yaitu tegangan lebih impuls yang disebabkan oleh

proses switching dan sambaran petir baik secara langsung maupun secara tidak langsung sehingga dapat menyebabkan gangguan kehandalan sistem tenaga listrik dan kerusakan peralatan pada saluran transmisi maupun jaringan distribusi karena melebihi nilai BIL (*Basic Insulation Level*) [1]. Oleh karena itu, untuk mengurangi dan mencegah dampak dan kerusakan pada saluran transmisi dan jaringan distribusi tersebut, maka dapat dilakukan

dengan cara yang paling umum digunakan adalah memasang peralatan proteksi arester [2].

Arester adalah peralatan proteksi sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk meminimalisir tegangan lebih akibat proses switching maupun sambaran petir dengan cara menyalurkan tegangan lebih tersebut ke tanah. Pemasangan arester dapat meningkatkan kehandalan serta kontinuitas sistem tenaga listrik, akan tetapi dalam menjalankan fungsinya ada resiko kerusakan arester yang disebabkan oleh arus impuls petir dengan magnitudo yang tinggi serta dengan bentuk gelombang yang curam sehingga melebihi tingkat kemampuan arester tersebut atau BIL (Basic Insulation Level) [3]. Dalam beberapa kurun waktu terakhir dapat diketahui bahwa kegagalan peralatan arester sebagian besar disebabkan karena arus impuls petir, dengan tingkat kegagalan mencapai 85% [4]. Analisis kegagalan rata-rata pada arester yang disebabkan karena impuls petir penting untuk dilakukan guna mengetahui tingkat kehandalan arester berdasarkan energi yang diserap.

Untuk menganalisis energi yang diserap oleh peralatan arester dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan arester [5]. Model arester yang umum digunakan untuk merepresentasikan arester jenis metal-oxide adalah model IEEE yang terdiri dari dua varistor dipisahkan oleh filter R-L yang diparalel. Pada penelitian ini, arus impuls petir dengan bentuk gelombang 8/20  $\mu$ s, arus switching 30/60  $\mu$ s dan arus impuls dengan kecuraman 1  $\mu$ s diterapkan pada model arester IEEE. Selain menganalisis model arester IEEE, model resistansi non-linier juga di analisis.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Arester

Arester adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang memiliki fungsi untuk melindungi peralatan dari gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh surja petir maupun surja switching. Arester mengalirkan tegangan lebih dengan sistem by pass ke tanah, namun ketika tidak terjadi gangguan maka arester bekerja layaknya sebuah isolator [6].

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan beberapa data yang dibutuhkan untuk analisis seperti tegangan sistem transmisi, spesifikasi dari arester jenis *metal-oxide*. Kemudian dari data tersebut kemudian diihitung menggunakan persamaan dan kemudian dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak ATPDraw untuk mengetahui kinerja dari arester jenis *metal-oxide* terhadap arus surja petir dan *switching*.

### 3.1. Model Resistor Non-Linier

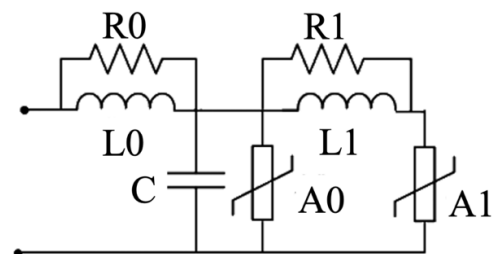
Karakteristik V-I suatu peralatan arester jenis metal-oxide yang terusun dari beberapa segmen dapat diketahui menggunakan model resistor non-linier [7]-[8]. Dimana setiap segmen tersebut dapat dinyatakan pada persamaan berikut ini.

$$i = p \left( \frac{v}{V_{ref}} \right)^q \quad (1)$$

Dimana q adalah fungsi eksponensial, p adalah pengali dari setiap segmen resistor non-linier, dan Vref adalah tegangan referensi resistor non-linier.

### 3.2. Model Arester IEEE

IEEE mengusulkan suatu pemodelan arester yang disusun dari komponen resistansi non-linier A0 dan A1 yang dipisahkan filter R-L secara paralel [9]. Model arester IEEE ini dapat diterapkan pada arus surja dengan frekuensi rendah dengan nilai impedansi R-L yang kecil. Sedangkan untuk arus surja dengan frekuensi tinggi, nilai impedansi R-L nya besar dan arus melalui A0.



Gambar 1. Model Arester IEEE

Resistansi  $R_1$  dan induktansi  $L_1$  sebagai filter antara dua resistansi non-linier, sedangkan induktansi  $L_0$  adalah medan magnet disekitar arester.  $R_0$  berfungsi untuk menstabilkan nilai integrasi numerik dan nilai  $C$  merepresentasikan kapasitansi antar terminal arester. Karakteristik non-linier pada  $A_0$  dan  $A_1$  dapat diketahui melalui kurva V-I spesifikasi arester [10]. Untuk mencari nilai dari setiap komponen pada pemodelan arester IEEE, dapat diketahui dengan persamaan berikut ini.

$$L_1 = (15d)/n \mu H \quad (2)$$

$$R_1 = (65d)/n \Omega \quad (3)$$

$$L_0 = (0.2d)/n \mu H \quad (4)$$

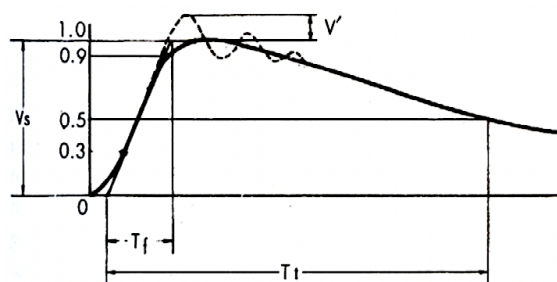
$$R_0 = (100d)/n \Omega \quad (5)$$

$$C = (100n)/d pF \quad (6)$$

Dimana nilai  $d$  adalah panjang arester dalam meter dan nilai  $n$  adalah jumlah kolom lempengan *metal-oxide*.

### 3.3. Tegangan Lebih Impuls

Tegangan lebih impuls yang disebabkan oleh fenomena sambaran petir adalah penyebab terjadinya suatu gelombang berjalan. Sehingga tegangan pada kawat saluran udara dapat naik secara tiba-tiba melebihi kapasitasnya dengan kecepatan merambatnya dapat mencapai 360.000 m/detik dan dipengaruhi pula oleh konstanta kawat salurannya [11].



Gambar 2. Gelombang Tegangan Lebih Impuls

Tegangan impuls petir yang ditunjukkan pada gambar 1 adalah tegangan lebih tanpa terjadinya osilasi, naik menuju nilai maksimumnya dengan sangat cepat dan turun pada titik minimumnya dengan lebih cepat atau lebih lambat. Titik puncak maksimum yang

diperbolehkan menurut standar IEC adalah sebesar 3% [12].

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi untuk menguji model resistor non-linier dan model arester IEEE dilakukan dengan menerapkan arus surja petir dan *switching*. Jenis varistor pada penelitian ini adalah E32NR602S dan E41NR302E.

Tabel 1. Data Teknis Varistor

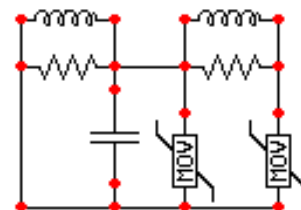
Tipe	E32NR602S	E41NR302E
Ketebalan/mm	40	20
Rating Tegangan (Ur)/kV	6	3
Arus Nominal Discharge (In)/kA	5	10
Tegangan Residu (Ures)/kV	15.05	7.35

Data teknis dari setiap tipe varistor pada Tabel 1 selanjutnya dihitung menggunakan persamaan pada model arester IEEE, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Parameter Model Arestor IEEE

Tipe	E32NR602S	E41NR302E
$R_0/\Omega$	4	2
$L_0/\mu H$	0.008	0.004
$R_1/\Omega$	2.6	1.3
$L_1/\mu H$	0.6	0.3
$C/pF$	2500	5000

Menggunakan perangkat lunak ATPDraw, data yang telah diperoleh digunakan untuk simulasi pemodelan arester IEEE.



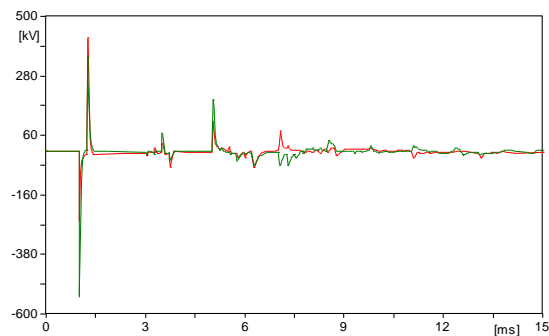
Gambar 3. Rangkaian Model Arestor IEEE

Sumber gelombang surja pada perangkat lunak/sotware simulasi ATPDraw ini direpresentasikan menggunakan komponen Heidler.

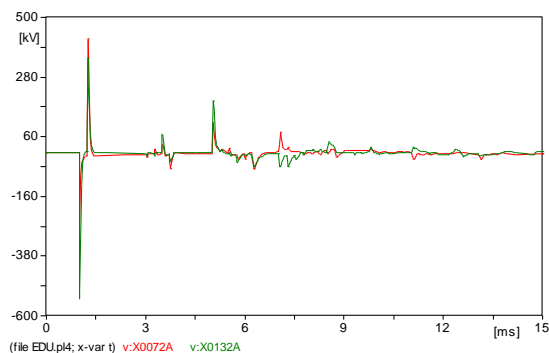


Gambar 4. Model Sumber Gelombang Surja

Berikut ini adalah grafik hasil pengujian simulasi dari setiap bentuk gelombang impuls yang diterapkan pada resistor non-linier dan model arester IEEE menggunakan perangkat lunak ATPDraw.



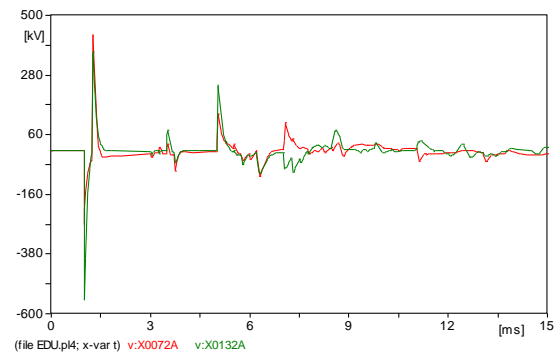
(a) E32NR602S



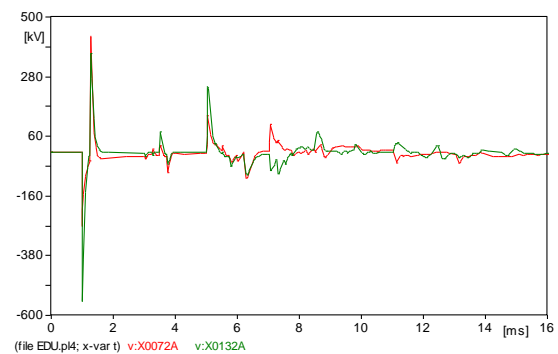
(b) E41NR302E

Gambar 4. Tegangan Sisa Pada 2 Varistor Saat Gelombang Arus Impuls 8/20  $\mu$ s

Dapat dilihat pada gambar 4 saat gelombang impuls sebesar 8/20  $\mu$ s, berdasarkan hasil simulasi kedua varistor yaitu E32NR602S dan E41NR302E serta dengan model arester IEEE memberikan kinerja yang sama dalam melindungi peralatan dari arus impuls petir. Sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kedua jenis varistor tersebut baik dalam melindungi peralatan dari sambaran petir.



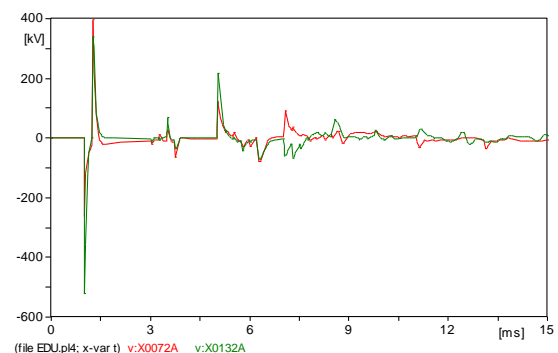
(a) E32NR602S



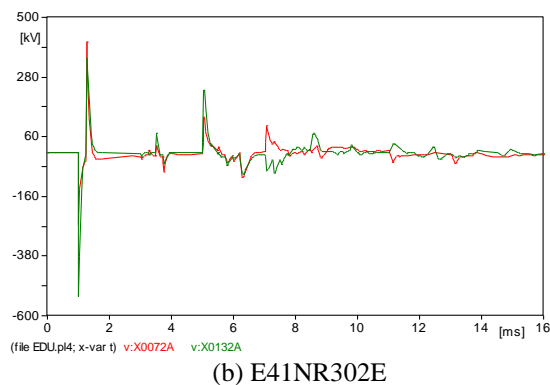
(b) E41NR302E

Gambar 5. Tegangan Sisa Pada 2 Varistor Saat Gelombang Arus Impuls 30/60  $\mu$ s

Dari gambar 5 terlihat bahwa saat diterapkan arus impuls sebesar 30/60  $\mu$ s hasil grafik simulasi menunjukkan varistor jenis E41NR302E memiliki kinerja yang lebih baik dalam melindungi peralatan dari arus impuls dibandingkan dengan varistor jenis E32NR602S.



(a) E32NR602S



Gambar 6. Tegangan Sisa Pada 2 Varistor Saat Gelombang Arus Impuls 1  $\mu$ s

Gambar 6 menunjukkan hasil grafik simulasi pada saat gelombang impuls 1  $\mu$ s, jenis varistor E32NR602S memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan jenis varistor E41NR302E.

Dari beberapa grafik simulasi, dapat diketahui bahwa kedua varistor jenis *metal-oxide* E32NR602S dan E41NR302E memiliki kinerja yang sangat baik dalam melindungi peralatan dari berbagai bentuk gelombang impuls. Model arester IEEE memiliki hasil tegangan sisa yang lebih kecil dibandingkan dengan model resistor non-linier.

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini, arus impuls petir 8/20  $\mu$ s, arus impuls switching 30/60  $\mu$ s dan arus dengan kecuraman 1  $\mu$ s digunakan untuk menguji varistor E32NR602S dan E41NR302E dengan disimulasikan menggunakan perangkat lunak ATPDraw. Model arester IEEE memberikan hasil kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan model resistor non-linier, yang terlihat dari grafik tegangan sisa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE Draft Guide for the Application of Insulation Coordination. (2022). IEEE PC62.82.2/D8, August 2022, vol., no., pp.1-85.
- [2] W. Yanan, J. Dehan, G. Lina and M. Yiling. (2022). Analysis on Abnormality of 220kV Metal Oxide Lightning Arrester. IEEE 5th International Electrical and Energy Conference (CIEEC), Nanjing, China. pp. 314-317.
- [3] X. Zhou et al. (2021). Analysis of Lightning Performance of 220kV and above Overhead Transmission Lines with Surge Arresters. IEEE 3rd International Conference on Circuits and Systems (ICCS), Chengdu, China, 2021, pp. 231-234.
- [4] M. E. P. Ardakani, S. Soltani, A. A. S. Akmal and M. Mazidi. (2022). Mitigation Lightning-Induced Overvoltages Transmitted Over Distribution Transformer by The Multi-Chamber Arresters. IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Prague, Czech Republic, 2022, pp. 1-5.
- [5] D. Stanchev. (2020). Modeling approaches for externally gapped line arrester through ATP-EMTP model study. 12th Electrical Engineering Faculty Conference (Bulef), Varna, Bulgaria, pp. 1-4.
- [6] Sultan, A. (2018). Comparative Study between Porcelain and Silicone Polymer Lightning Arresters under Direct Lightning Strokes for A 400KV Substation Protection. In *Libyan International Conference on Electrical Engineering and Technology (LICEET 2018)* (Vol. 1, pp. 60-65).
- [7] Sultan, A. S. (2021). Study and Investigation of The Effects of Shielding Failure and Lightning Arrester Position in A 220kV Substation on Lightning Strokes.
- [8] A. F. Andrade, V. S. Brito, E. G. Costa, G. R. S. Lira and e. M. J. A. Maia. (2018). Comparative study of ZnO surge arrester models by means of lightning overvoltage simulation. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)*, Niterói, Brazil, pp. 1-6.
- [9] F. P. Albuquerque, L. F. N. Lourenço, E. C. M. Costa and S. Kurokawa. (2017). Surge arresters modeling for electromagnetic transient analysis in power systems," 2017 International Symposium on Lightning Protection (XIV SIPDA), Natal, Brazil, 2017, pp. 92-96.
- [10] Ranjbar, B., Darvishi, A., Dashti, R., & Shaker, H. R. (2022). A survey of diagnostic and condition monitoring of metal oxide surge arrester in the power distribution network. *Energies*, 15(21), 8091.
- [11] Gautam, M., & Mishra, A. Effect of Grounding Resistance and Lightning Arrester Non-linear Characteristics in Electrical Distribution System.
- [12] S. Ai, C. He, B. Wang and B. Jia. (2018). The research on power distribution transformer lightning strike simulation and lightning protection measures. China International Conference on Electricity Distribution (CICED), Tianjin, China, pp. 1187-1192.