

Tegangan Residu Keping Arester sebagai Fungsi dari Cacah Keping Arester

Devia Eka Yunida¹

Abstract— Lightning is a natural phenomenon that usually appears during the rainy season which begins with a momentary flash of light followed by a booming voice. Indonesian territory located in the equatorial region has a tropical climate and the humidity is quite high. This is a major factor lightning formation. Research on the cutting capacity of low voltage arrester residual voltage of 220 volts is done with laboratory scale testing methods. Tests carried out using a high-voltage test equipment consisting of a series that has a specific function. Overall system testing in this study by using a series of impulse voltage generator, which serial-four arrester, voltage divider and an oscilloscope. Then start tested arresters from a single, serial two, serial three and serial four. Circuit used in testing is a series of current impulse in the Laboratory of High Voltage Engineering of Gadjah Mada University. The results of the testing showed that the more arrester serried the more the greater residual voltage of the system. So that might be expected that serial low voltage arrester can replace the function of a high-voltage arrester if necessary. Exponential formula for the amount needed to serial arrester is $y = 0.694x$ acquired-0106.

Intisari— Petir merupakan fenomena alam yang biasanya muncul pada musim hujan yaitu diawali dengan kilat cahaya yang sesaat kemudian diikuti suara menggelegar. Wilayah Indonesia berada di daerah khatulistiwa yang mempunyai iklim tropis dan kelembaban yang cukup tinggi. Hal ini yang menjadi faktor utama pembentukan petir. Penelitian mengenai kapasitas pemotongan tegangan residu arrester tegangan rendah 220 volt ini dilakukan dengan metode pengujian skala laboratorium. Pengujian dilakukan dengan menggunakan peralatan pengujian tegangan tinggi yang terdiri dari beberapa rangkaian yang memiliki fungsi khusus. Secara keseluruhan sistem pengujian pada penelitian ini dengan menggunakan rangkaian pembangkit impuls tegangan, empat buah arrester yang diseri, pembagi tegangan dan osiloskop. Kemudian arrester diuji dari mulai arrester tunggal, seri dua, seri tiga maupun seri empat. Rangkaian yang digunakan dalam pengujian adalah rangkaian impuls arus yang ada di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi UGM. Hasil yang diperoleh dari pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak arrester yang diserikan semakin besar tegangan residunya. Sehingga nantinya diharapkan dengan arrester tegangan rendah yang apabila diseri dapat menggantikan fungsi dari arrester tegangan tinggi apabila diperlukan. Rumus eksponensial untuk jumlah arrester yang dibutuhkan untuk diseri diperoleh yaitu $y = 0.694x - 0.106$.

Kata Kunci— arrester, seri, rangkaian pembangkit impuls tegangan, tegangan residu.

I. PENDAHULUAN

Petir merupakan fenomena alam yang biasanya muncul pada musim hujan yaitu diawali dengan kilat cahaya yang sesaat kemudian diikuti suara menggelegar.

¹Instruktur Listrik, BBPLKDN Bandung Kemnakertrans, Jl. Gatot Subroto No. 170 Bandung 40275 (telp/fax: (022)7312564)

Wilayah Indonesia berada di daerah khatulistiwa yang mempunyai iklim tropis dan kelembaban yang cukup tinggi. Hal ini yang menjadi faktor utama pembentukan awan Cumulonimbus penghasil petir. Siklus tropis memindahkan panas dari khatulistiwa ke daerah lintang lebih tinggi ataupun lebih rendah sehingga kuantitas sambaran petir cukup besar. Sambaran petir tersebut dapat menyebabkan tegangan berlebih sepanjang saluran tenaga listrik. Perambatan surja dapat menyebabkan tegangan lebih pada sistem tegangan rendah terutama dapat merusak peralatan tegangan rendah.

Arrester merupakan sebuah alat yang dewasa ini secara intensif digunakan oleh khalayak umum untuk melindungi peralatan akibat sambaran petir. Arrester melindungi peralatan tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Arrester menyediakan jalur bagi arus akibat sambaran petir maupun tegangan transient ke tanah dengan tingkat impedansi yang rendah sehingga tidak timbul tegangan lebih pada peralatan [1].

Penelitian mengenai arrester, baik itu pengujian arrester tegangan tinggi maupun arrester untuk peralatan tegangan rendah telah banyak diteliti. Terkhusus perlindungan terhadap peralatan tenaga listrik bertegangan rendah. kekuatan medan magnet, pembuatan magnet permanen, dan aplikasi magnet permanen telah banyak diteliti. Zoro[2] dan Yajing dkk[3] melakukan penelitian mengenai proteksi perangkat listrik pada jaringan tengangan rendah.

Pada [3], menggunakan jenis arrester MOV yaitu arrester tegangan tinggi untuk melihat induksi dan konduksi gelombang elektromagnetik sambaran petir jaringan tegangan rendah pada daerah Gunung Tangkuban Perahu. Sedangkan [2] menggunakan berbagai jenis power supply untuk mengetahui karakteristik sambaran petir terhadap peralatan elektronik rumah tangga, namun dalam penelitian ini tidak menekankan pada proteksi peralatan hanya pada kualitas sambaran pada nilai I_{max} dan V_{max} . Sedangkan pada penelitian [3] masih menggunakan arrester dengan kapasitas kilo ampere yang sangat tinggi padahal hanya untuk memproteksi peralatan tegangan rendah,

Kemudian [4] sama halnya dengan [3] melakukan penelitian dengan menggunakan arrester MOV (metal oxide varistor) sebagai pelindung tegangan lebih surja pada peralatan listrik tegangan rendah pada instalasi listrik gedung H fakultas teknik UMS dengan memvariasikan faktor pengaruh lokasi dan jumlah arrester, resistansi pertanahan serta magnitude surja petir. Namun penelitian [4] menyatakan bahwa untuk memperbaiki tingkat perlindungan bahaya sambaran petir diperlukan arrester tegangan rendah.

II. TUJUAN PENELITIAN

Di masa sekarang ini kebutuhan energi listrik semakin meningkat sejalan dengan berkembangnya teknologi. Perkembangan yang pesat ini harus diikuti dengan perbaikan

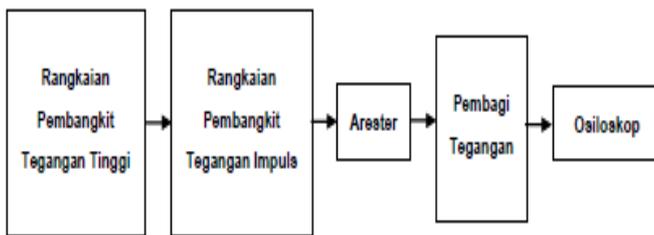
mutu energi listrik terutama keandalannya. Maka dari itu gangguan dalam penyaluran energi listrik harus diminimalisir terutama perlindungan terhadap sambaran petir makin digalakkan, namun banyak kalangan menyayangkan mahalannya harga sebuah arrester dan hanya mampu dikonsumsi oleh kalangan menengah ke atas dan pemasangannya yang kurang familiar untuk khalayak umum.

Dalam penelitian ini, penulis mencoba untuk menggunakan arrester tegangan rendah 220 volt merlin gerin LTD dengan arus maksimum mencapai 6,5 kA sebanyak satu hingga empat buah arrester diseri, high voltage impulse generator, dan osiloskop. Melalui percobaan ini, nantinya diperoleh nilai sejauh mana arrester tegangan rendah yang diseri mampu menggantikan fungsi arrester tegangan tinggi yaitu untuk memotong tegangan lebih pada kapasitas yang tinggi dengan harga lebih rendah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan penggunaan arrester sesuai dengan BIL (basic impulse insulation level) system tegangan yang dipakai.

III. METODE PENELITIAN

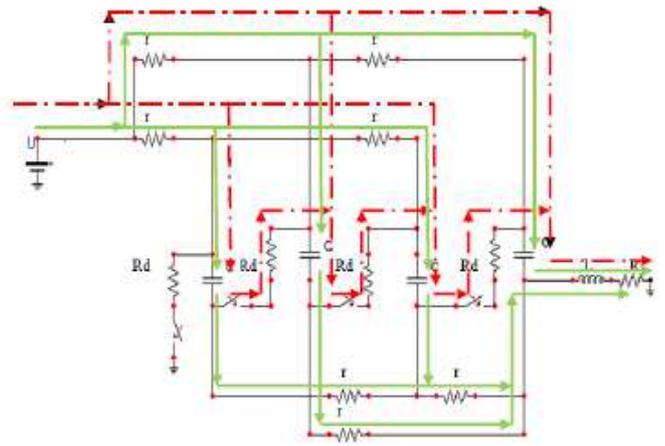
Penelitian mengenai kapasitas pemotongan tegangan residu arrester tegangan rendah 220 volt ini dilakukan dengan metode pengujian skala laboratorium. Pengujian dilakukan dengan menggunakan peralatan pengujian tegangan tinggi yang terdiri dari beberapa rangkaian yang memiliki fungsi khusus. Secara keseluruhan sistem pengujian pada penelitian ini ditunjukkan pada Gbr. 1.



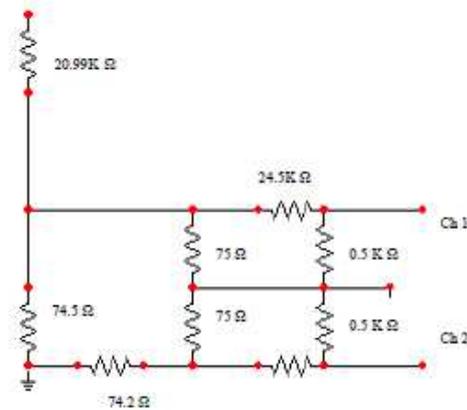
Gbr. 1. Blok sistem pengujian

Rangkaian pembangkit impuls tegangan yang digunakan dalam pengujian adalah rangkaian impuls tegangan yang ada di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi UGM, yang skema pembangkit impuls tegangan dapat dilihat pada Gbr. 2. Satu set blok sistem pengujian arrester tersebut terdiri dari:

- High Voltage Testing Device* (pembangkit tegangan DC, penyearah gelombang AC, panel kendali, pembagi tegangan, tongkat pentanahan),
- rangkain pembangkit tegangan impulse (kapasitor tegangan tinggi bernilai masing-masing 0.25 μF , sela bola, resistor tegangan tinggi, inductor tegangan tinggi),
- rangkain pembagi tegangan,
- osiloskop.



Gbr. 2. Rangkaian pembangkit tegangan impulse dan aliran arusnya



Gbr. 3. Rangkaian pembagi tegangan

Pembagi tegangan berfungsi untuk memperkecil tegangan agar dapat diamati menggunakan alat ukur yang ada, dalam hal ini adalah osiloskop. Osiloskop memiliki kemampuan dalam membaca besar tegangan. Dalam pengukuran tegangan tinggi, level tegangan harus diturunkan agar osiloskop mampu untuk menunjukkan gelombang yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan. Terdapat dua buah pembagi tegangan pada rangkaian pembagi tegangan sesuai dengan Gbr.3. Nilai perbandingan input dan output pembagi tegangan pertama adalah:

$$(20990 + 74.5) : 74.5 = 282.7 : 1 \quad (1)$$

Sedangkan perbandingan pada pembagi tegangan kedua adalah:

$$(24.5 + 0.5) : 0.5 = 50 : 1 \quad (2)$$

Jika kedua pembagi tegangan terhubung, maka tahanan 74.5 Ω pada pembagi tegangan I terhubung secara paralel dengan tahanan 75 Ω pada pembagi tegangan II, sehingga menjadi:

$$(74.5 \times 75) / (74.5 + 75) = 37.4 \Omega \quad (3)$$

Sehingga perbandingan pembagi tegangan secara keseluruhan adalah:

$$50 \times (20990 + 37.4) : (37.4) = \pm 28100 \quad (4)$$

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah arester tegangan rendah 220 volt I_{max} 6,5 kA merek Merlin Gerin Multi 9 LTD (tipe lama dari Schneider PRD 8 kA) seperti ditunjukkan pada Gbr. 4 dengan spesifikasi sebagai berikut :

TABEL I
SPESIFIKASI ARESTER TEGANGAN RENDAH 220 VOLT

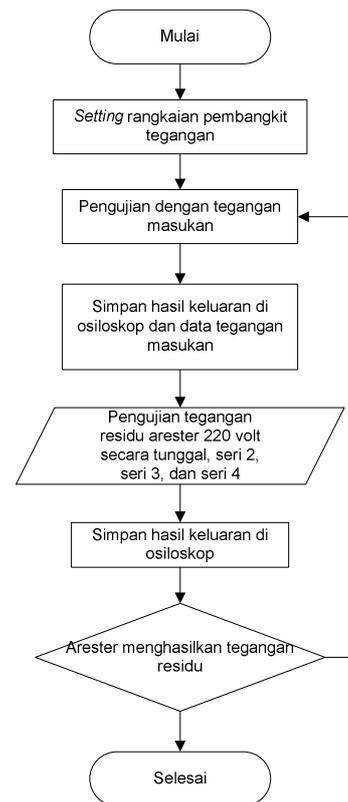
No	Spesifikasi	Rincian
1.	Jumlah Kutub	1 pole
2.	I _{imp} (8/20)	5 kA
3.	I _{max} (8/20)	6,5 kA
4.	Tegangan Nominal	280 V
5.	Tegangan Operasi Maksimum Uc	240 V
6.	Tegangan Proteksi Up	1 kV



Gbr. 4. Arestor Merlin Gerin Multi 9 LTD

Gbr. 5 merupakan langkah-langkah pengujian, langkah pertama yaitu melakukan setting perangkat rangkaian pembangkit tegangan. Setelah itu dilakukan pengujian terhadap tegangan masukan dimana yang dimaksudkan adalah tegangan gangguan yang merupakan rekayasa dari sambaran petir. Kemudian dilakukan penyimpanan grafik tegangan masukan pada osiloskop.

Setelah tegangan masukan mencukupi maka dilakukan pengujian tegangan residu yang mampu dijangkau oleh arester baik saat dalam keadaan tunggal maupun seri 2, seri 3 dan seri 4. Lalu langkah terakhir adalah menyimpan data osiloskop sehingga diketahui kapasitas arester dalam memotong tegangan (tegangan residu arester).



Gbr. 5. Langkah-langkah pengujian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi jumlah pemasangan seri arester tegangan rendah 220 volt menghasilkan berbagai nilai tegangan residu yang menyatakan kapasitas potong dari sebuah arester terhadap sambaran petir.

Tabel 2 dan Gbr. 6 menunjukkan keadaan arester saat tidak diseri dan disambungkan ke pembangkit impuls tegangan tinggi dalam keadaan tunggal. Dari keempat arester dengan spesifikasi yang sama, dengan tegangan gangguan sebesar 1,07904 kV maka akan dihasilkan tegangan residu yang sama yaitu 0,62944 kV.

Table 3 dan Gbr. 7 menunjukkan dua buah arester tegangan rendah dengan spesifikasi yang sama dihubungkan dengan pembangkit impuls tegangan tinggi. Dari keenam variasi penserian dari empat buah arester (A1,A2, A3, A4) dengan tegangan gangguan sebesar 1,394 kV dihasilkan tegangan residu yang sama yaitu 1,16896 kV.

Tabel 4 dan Gbr. 8 menunjukkan tiga buah arester tegangan rendah dengan spesifikasi yang sama dihubungkan dengan pembangkit impuls tegangan tinggi. Dari keempat variasi penserian dari empat buah arester (A1,A2, A3, A4) dengan tegangan gangguan sebesar 3,3158 kV dihasilkan tegangan residu yang sama yaitu 2,0794 kV.

Tabel 5 dan Gbr. 9 menunjukkan empat buah arester tegangan rendah dengan spesifikasi yang sama dihubungkan dengan pembangkit impuls tegangan tinggi. Variasi penserian dari empat buah arester (A1,A2, A3, A4) dengan tegangan gangguan sebesar 4,6646 kV dihasilkan tegangan residu yang sama yaitu 2,6414 kV.

TABEL II
TEGANGAN RESIDU EMPAT BUAH ARESTER TUNGGAL

A. ARESTER TUNGGAL

TEGANGAN CHARGING = 36 kV
TEGANGAN GANGGUAN = 1.07904 kV

Arester	Tegangan Gangguan	Tegangan Residu
A1	1.07904 kV	0.62944 kV
A2	1.07904 kV	0.62944 kV
A3	1.07904 kV	0.62944 kV
A4	1.07904 kV	0.62944 kV

TABEL III
TEGANGAN RESIDU ARESTER SERI DUA

B. ARESTER SERI-2

TEGANGAN CHARGING = 46 kV
TEGANGAN GANGGUAN = 1.394 kV

Arester	Tegangan Gangguan	Tegangan Residu
A1+A2	1.39376 kV	1.16896 kV
A1+A3	1.39376 kV	1.16896 kV
A1+A4	1.39376 kV	1.16896 kV
A2+A3	1.39376 kV	1.16896 kV
A2+A4	1.39376 kV	1.16896 kV
A3+A4	1.39376 kV	1.16896 kV

TABEL IV
TEGANGAN RESIDU ARESTER SERI TIGA

C. ARESTER SERI-3

TEGANGAN CHARGING = 23 kV
TEGANGAN GANGGUAN = 3.3158 kV

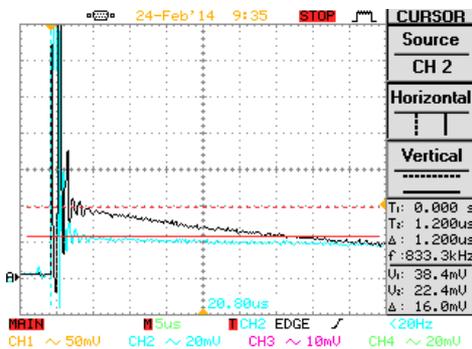
Arester	Tegangan Gangguan	Tegangan Residu
A1+A2+A3	3.3158 kV	2.0794 kV
A1+A2+A4	3.3158 kV	2.0794 kV
A1+A3+A4	3.3158 kV	2.0794 kV
A2+A3+A4	3.3158 kV	2.0794 kV

TABEL V
TEGANGAN RESIDU ARESTER SERI EMPAT

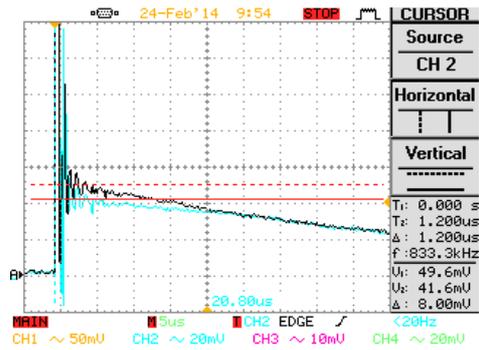
D. ARESTER SERI-4

TEGANGAN CHARGING = 33 kV
TEGANGAN GANGGUAN = 4.66 kV

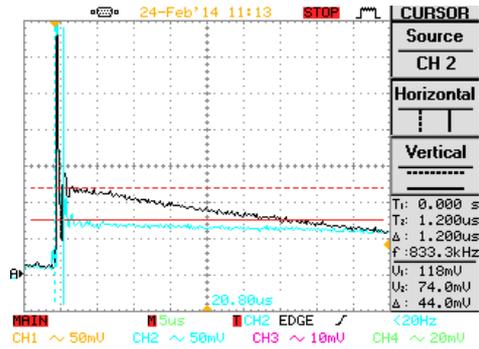
Arester	Tegangan Gangguan	Tegangan Residu
A1+A2+A3+A4	4.6646 kV	2.6414 kV



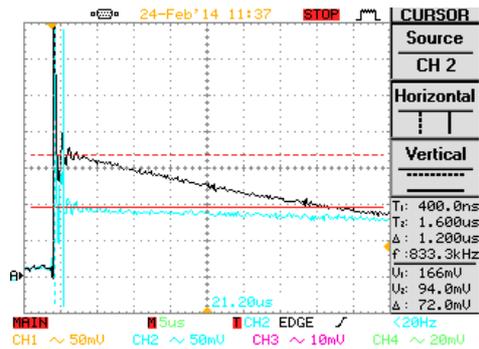
Gbr. 6. Tegangan Residu arester tunggal



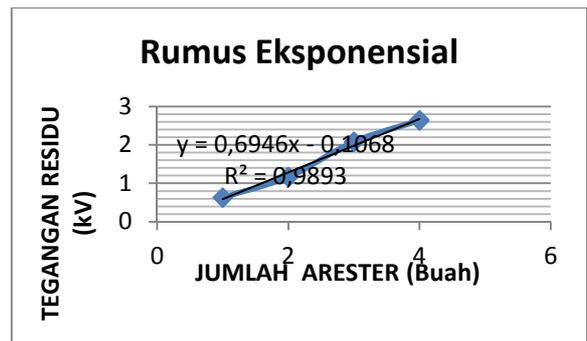
Gbr. 7. Tegangan Reidu arester seri-2



Gbr. 8. Tegangan Residu arestes seri-3



Gbr. 9. Tegangan Residu arester Seri-4



Gbr. 10. Regresi Eksponensial Jumlah Arester berbanding Tegangan Residu

V. KESIMPULAN

Template ini adalah versi ke empat. Sebagian besar petunjuk format di dokumen ini disadur dari template untuk artikel IEEE.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap arester tegangan rendah didapatkan bahwa semakin banyak arester yang diserikan semakin besar tegangan residunya. Sehingga nantinya diharapkan dengan arester tegangan rendah yang apabila diseri dapat menggantikan fungsi dari arester tegangan tinggi apabila diperlukan.

Rumus eksponensial untuk jumlah arester yang dibutuhkan untuk diseri diperoleh yaitu $y = 0.694x - 0.106$. sehingga nantinya apabila diperlukan lebih dari 4 buah arester, dapat diperkirakan tegangan residunya melalui rumus tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing dan Laboran dari Laboratorium Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro karena telah membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Terima kasih disampaikan juga kepada Tim JNTETI yang telah meluangkan waktu untuk membantu publikasi penelitian ini.

REFERENSI

- [1] IGN Satriyadi H., S. Anam, R. Wahyudi, H. Kijoyo., "Analisis Kinerja Arestor Tegangan Tinggi 150 kV Menggunakan *Power System Computer Aided Design*", *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 8, no. 1, April 2010, hal. 25-30.
- [2] R. Zoro, "Induksi dan Konduksi Gelombang Elektromagnetik Akibat Sambaran Petir pada Jaringan Tegangan Rendah", *Makara Teknologi*, vol. 13, no. 1, April 2009, hal. 25 – 32.
- [3] C. Yaijing, Z. Wenjun, H. Ruidong, Z. Luxing, "Experimental Study of Lighting Characteristic of Electronic Equipment's Power Supply", *Proceedings of the World Congress Engineering*, vol. I, July 2003.
- [4] A. Supardi dan A. Budiman, "Kinerja Arestor MOV (Metal Oxide Varistor) sebagai Alat Pelindung Tegangan Lebih Surja pada Peralatan Listrik Tegangan Rendah".