

PENGUJIAN DAN SIMULASI PERBANDINGAN KARAKTERISTIK TEGANGAN *DISCHARGE LIGHTNING ARRESTER* TIPE ZnO dan SiC RATING 18 kV

Diky Wisnu Wardana¹, Muhammad Suyanto², Mujiman³
¹Mahasiswa, ²Dosen Pembimbing Pertama, ³Dosen Pembimbing Kedua

TEKNIK ELEKTRO

Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222

Telp. (0274)563029

Intisari

Petir merupakan suatu gejala alam yang menjadi gangguan dominan pada sistem ketenagalistrikan. Sebuah fenomena alam yang biasa muncul pada musim penghujan, terlebih wilayah Indonesia berada di kawasan khatulistiwa yang beriklim tropis dan kelembapan yang cukup tinggi.

Arester adalah alat yang berfungsi melindungi peralatan tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkan ke tanah. Tegangan impuls akibat sambaran petir memerlukan waktu yang bermacam-macam dalam mencapai puncak gelombang dan waktu penurunan tegangan. Arester mempunyai parameter yang harus dipenuhi salah satunya yaitu rating tegangan yang disesuaikan dengan jaringan yang dilindunginya.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan karakteristik dari arester dengan rating 18 kV dengan tipe jenis yang berbeda yaitu ZnO dan SiC. Metode yang digunakan dalam pengujian ini ada beberapa tahap, yaitu studi literatur, simulasi dengan ATPDraw untuk melihat keefektifitasan rangkaian, hingga pengujian di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi UGM. Penentuan besar resistansi, induktansi dan kapasitansi generator impuls untuk menghasilkan berbagai macam gelombang impuls ataupun sesuai dengan standar masing-masing. Waktu muka, waktu ekor gelombang dan besar tegangan puncak dapat diatur dengan mengubah besar resistans, kapasitans dan induktans pada generator impuls.

Kata Kunci : arester, generator impuls, petir, ATPDraw

PENDAHULUAN

Energi adalah suatu yang sangat penting dalam kehidupan. Segala kegiatan yang ada di muka bumi ini tdiak lepas dari kebutuhan akan energi. Dalam kehidupan modern saat ini kebutuhan yang paling penting dalam melakukan suatu kegiatan adalah kebutuhan energi listrik.

Terdapat beberapa peralatan proteksi digunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari bahaya tegangan lebih yaitu dengan *rod gap* (sela batang) dan *lightning arrester* (arester) yang dipasang antara kawat fasa dan tanah, dari kedua alat proteksi tersebut arester memiliki tingkat proteksi yang lebih baik dibandingkan sela batang karena mampu memutuskan arus susulan.

Sistem tenaga listrik umumnya sudah mengadopsi sistem interkoneksi antara satu pusat pembangkit dengan pembangkit lainnya dengan tujuan jika salah satu pusat pembangkit atau saluran

transmisi mengalami gangguan maka pasokan tenaga listrik tetap dapat berjalan. Namun, terdapat satu kelemahan pada sistem ini, yakni apabila ada gangguan pada salah satu sistem, akan berpengaruh pada sistem yang lain baik itu gangguan berupa beban lebih maupun ketidakstabilan tegangan. Gangguan yang hanya terjadi pada satu titik tersebut, jika tidak diperbaiki segera, maka gangguan akan terus berlangsung dan terjadi pelepasan bertingkat yang pada akhirnya berakibat pemadaman total [1].

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik *Lightning Arrester* dalam proteksi sistem tenaga listrik. Hasil dari pengujian ini digunakan sebagai tolak ukur pemasangan *Lightning Arrester* berdasarkan tipe ZnO dan SiC

Dasar Teori Petir

Petir, kilat, atau halilintar adalah gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan di saat langit memunculkan kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan. Beberapa saat kemudian disusul dengan suara menggelegar yang disebut guruh. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya.

Arrester

Arrester adalah alat proteksi peralatan tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Sebuah alat pelindung yang baik yang mempunyai perbandingan perlindungan atau *protective ratio* tinggi, yaitu perbandingan antara tegangan surja maksimum yang diperbolehkan pada waktu pelepasan (*discharge*) dan tegangan sistem 50 Hz maksimum yang dapat ditahan sesudah pelepasan terjadi. Saat normal arrester berlaku sebagai isolator dan bila timbul tegangan surja arrester berlaku sebagai konduktor. Setelah surja hilang arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolator sehingga pemutus daya tidak sempat membuka [7].

Kannus dan Lathi (2005), dan Goedde dkk (2000) dituliskan bahwa arrester ZnO dinilai lebih handal dalam melakukan perlindungan terhadap surja petir, atau lebih baik dibanding arrester SiC [9]. Dengan adanya banyak penelitian yang menyebutkan bahawa arrester ZnO lebih baik dari arrester SiC, maka penggantian besar-besaran arrester SiC ke arrester ZnO telah dilakukan di tingkat perusahaan sampai wilayah yang lebih luas. Walaupun demikian proses penggantian tersebut memerlukan waktu yang tidak sebentar dan memerlukan banyak pertimbangan dalam proses pengantiannya, seperti faktor biaya dan tingkat kesulitan operasi arrester ZnO [8].

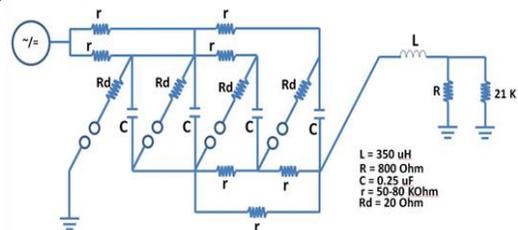
Pada penggunaan SiC sebagai blok arrester terdapat kekurangan dengan adanya arus susulan yang muncul setelah terjadinya petir atau adanya impuls tegangan/arus yang melewati arrester[3]. Adanya sela busur api, yang merupakan desain dari SiC, mengakibatkan tegangan lebih dapat menyebabkan aliran arus melalui arrester. Namun ketika tegangan kembali pulih ke tegangan sistem, kekuatan dielektrik antar sela busur api muncul kembali. Kemudian diperkenalkan *metal oxide* (ZnO) sebagai elemen penghambat tak linier yang lebih baik. Pada penelitiannya, Haryono (2011) menyebutkan bahwa arus yang mengalir pada blok

SiC dalam keadaan tegangan normal adalah sekitar 0,1 A, dan blok ZnO lebih kecil, sekitar 2 mA [3].

Lenk (2006) melakukan pengujian karakteristik kinerja SiC sampai batas kritis dan membandingkan dengan arrester ZnO dan menyediakan penaksiran terhadap permasalahan kinerja arrester SiC pada sistem tegangan tinggi agar permasalahan yang ada dapat diselesaikan [10].

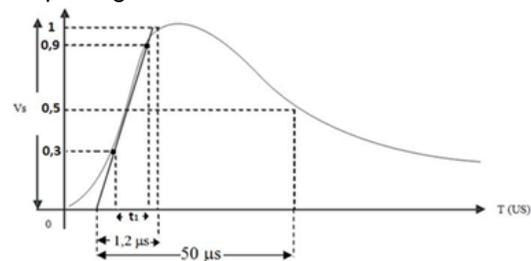
Cara Kerja Generator Impuls (RLC)

Tegangan Impuls dibangkitkan dengan melakukan pelucutan muatan dari 4 kapasitor tegangan tinggi dalam rangkaian RC seperti yang terlihat pada gambar 2. Kapasitor diisi lalu ditrigger hingga kapasitor jadi discharge dan tegangan impuls tercipta. Triger adalah proses yang dilakukan untuk menghasilkan tegangan pelucutan atau untuk menghasilkan impuls tegangan tinggi pada sela bola.



Gambar 1 Skema Kapsitor Rangkaian RLC

Berikut adalah cara untuk mencari T_f (muka gelombang) dan T_t (ekor gelombang) gelombang impuls pada gambar 2.



Gambar 2 Mencari T_f dan T_t gelombang impuls

Langkah pertama, nilai t_1 harus ditentukan terlebih dahulu. Nilai t_1 dibentuk dari waktu selisih antara waktu saat gelombang mencapai nilai 90% dan 30% tinggi gelombang impuls. Setelah mengetahui nilai t_1 , nilai T_f dapat dicari dengan persamaan 1 Sebagai berikut.

$$T_f = 1,67 \times t_1 \quad (1)$$

Waktu ekor gelombang (tail time/ t_t) adalah nilai waktu saat gelombang impuls mencapai nilai 50% nya. *Front time* (muka gelombang) juga dapat dicari dengan menarik garis lurus antara titik 30% tinggi

gelombang impuls dengan waktunya dan titik 90% tinggi gelombang impuls dengan waktunya. Garis lurus ini akan memotong gelombang impuls. Akhir dari garis lurus ini ditarik kebawah menuju sumbu x, sehingga didapatkan nilai waktunya. Selisih antara waktu ini dengan waktu saat garis lurus dimulai adalah waktu muka (*face time*) nya. Dan nilai ini adalah 1.2 μ s.

Arrester ZnO

Overshoot tegangan ZnO dibandingkan dengan SiC jauh lebih rendah. Artinya ZnO memiliki karakteristik yang lebih baik dalam menahan gelombang impuls. Arrester ZnO juga memiliki kemampuan meredam gelombang surja yang terbilang cepat. Namun jika dibandingkan dengan SiC, jauh lebih lambat.

Perbedaan pemotongan tegangan impuls terletak pada perbedaan kapasitans tegangan tiap arrester dan bahan penyusunnya. Tegangan lebih akan dipotong arrester sebelum masuk sistem. Semakin besar kapasitans pemotongan arrester, semakin baik pula fungsi proteksi yang dilakukannya.

Secara keseluruhan, arrester yang baik adalah arrester yang memiliki titik *breakdown* paling cepat. Arrester sendiri memiliki sifat *Resistor Fault*. Yaitu akan bocor atau mengalirkan arus listrik (resistans bisa mendekati 0) saat ada tegangan impuls dan akan cepat pulih kembali saat tahanan lebih itu hilang. Atau sering juga disebut sebagai tahanan keran.

Arrester SiC

Sifat arrester adalah memotong amplitudo tegangan impuls. Pada *Lighting Arrester* tipe SiC, sebelum tegangan dipotong secara sempurna, ada sejumlah tegangan yang dibiarkan masuk ke dalam sistem untuk beberapa saat. Hal ini pastinya tidak baik untuk peralatan yang sensitif dengan frekuensi tinggi. *Overshoot* tegangannya yang terlalu tinggi memang tidak baik bagi peralatan sistem, tetapi arrester SiC memiliki kelebihan pada kecepatannya dalam memotong surja petir. Ia sangat cepat dalam memotong gelombang impuls, sehingga tidak terlalu lama membahayakan peralatan listrik.

Sifat SiC yang membiarkan adanya *overshoot* gelombang karena konstruksinya yang terdiri dari udara. Arrester baru bekerja setelah elemen udara mengalami *breakdown* terlebih dahulu. Setelah itu, tegangan baru dipotong olehnya.

Sifat buruk ini akan lebih parah terjadi ketika gelombang yang datang dengan muka gelombang >1,2 μ s. Yang terjadi adalah akan banyak tegangan yang masuk ke sistem yang seharusnya menjadi

tugas proteksinya. Banyaknya tegangan yang masuk sistem ini, karena SiC menunggu udara disekitarnya Breakdown terlebih dulu, sehingga tegangan tetap terus masuk hingga nilainya naik.

Prameter Arrester

Penggunaan arrester sebagai peralatan pelindung tegangan lebih harus disesuaikan dengan level tegangan yang akan dipasang arrester. Pemilihan rating arrester yang tepat akan berdampak pada kehandalan sistem serta efisiensi biaya yang dikeluarkan. Dalam penelitiannya, Goedde dkk (2000) menyimpulkan bahwa dengan penggunaan arrester yang tepat dapat memberikan perlindungan yang optimal terhadap transformator. Dalam rating arrester, terdapat beberapa hal yang harus diketahui sehingga dapat menentukan arrester yang tepat untuk sistem antara lain:

- a. Tegangan Nominal (U_a/U_r)
Tegangan nominal merupakan besar nilai tegangan yang membuat arrester dapat bekerja sesuai dengan karakteristik arrester. Tegangan ini nilainya lebih tinggi dari tegangan fase ke tanah pada kondisi normal. Rating arrester yang dipilih untuk suatu sistem disesuaikan dengan tegangan maksimum yang mungkin terjadi pada sistem tersebut dalam keadaan normal. Sehingga pada saat tegangan sistem naik tidak selalu langsung dilewatkan oleh arrester, namun tetap dapat dilewatkan sampai batas maksimum tegangan tertentu (tegangan nominal)[2].
- b. Arus pelepasan (*Nominal Discharge Current*)
Arus pertama yang mengalir dan direspon oleh pelindung surja. Arus pelepasan ini menyatakan nilai puncak arus impuls dengan karakteristik bentuk gelombang yang sesuai standart (8/20 μ s)[2].
- c. Tegangan Operasi Kontinyu (U_c)
Tegangan operasi kontinyu adalah tegangan frekuensi jala-jala maksimum yang diizinkan untuk dialirkan melalui arrester secara kontinyu atau terus menerus tanpa menyebabkan kegagalan pada arrester [2].
Terdapat dua standar :
 - IEC (U_c)
 - ANSI/IEEE (MCOV)
- d. *Temporary Over Voltage* (TOV)
Temporary Over Voltage (TOV) adalah tegangan lebih yang berisolasi yang relatif memiliki durasi yang panjang. Tegangan ini terjadi sebagai akibat dari surja hubung (*switching*) atau *clearance* terhadap gangguan [2].

e. Tegangan Percik Frekuensi Jala-jala (*Power Frequency Spark Over Voltage*)

Nilai RMS pada tegangan frekuensi jala-jala terendah yang diterapkan pada *line to ground* dari *surge diverter* yang menyebabkan *sparkover* pada seluruh sela seri. Tegangan *sparkover* frekuensi jala-jala nilainya harus lebih besar dari 1,5 kali level arester untuk mencegah *sparkover* yang tidak perlu selama operasi penyaklaran normal[2].

f. Tegangan *Spark Over* Impuls Maksimum

Nilai tegangan tertinggi yang dicapai selama *impuls* yang dilihat dari bentuk gelombang dan polaritas yang terjadi selama terminal saluran dan ground pada *surge diverter* sebelum mengalirkan peluruhan arus[2].

g. Tegangan Residu (*Residual Voltage*)

Tegangan yang muncul antara terminal saluran dan *ground* dari *surge diverter*. Tegangan residu harus bernilai dibawah nilai BIL (*Basic Impuls Insulating Level*). Pada arester untuk saluran distribusi, nilai BIL transformator distribusi 18 kV adalah 95 kV[2].

h. Kapabilitas Hubung Singkat (*Pressure Relief Capability*)

Kapabilitas Hubung Singkat adalah kemampuan arester (kA), pada kejadian overload atau gangguan, untuk menghubungkan arus hubng singkat yang muncul tanpa terjadi kehancuran hebat, yang bisa merusakkan peralatan di dekatnya atau melukai seseorang. Setelah terjadi operasi seperti itu maka arester harus diganti. Arus hubung singkat sistem bisa tinggi atau rendah tergantung pada impedansi sistem dan kondisi pentanahan [2].

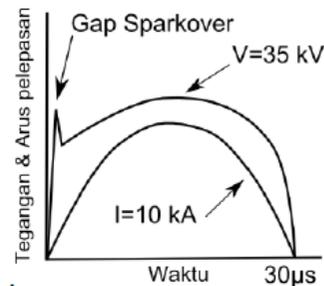
Selain rating tersebut juga terdapat standar *creepage distance* rumah arester dikaitkan dengan tingkat polusi suatu daerah. Hal ini lebih ditujukan terhadap kemungkinan terjadinya *flashover* pada rumah arester. Standar IEC 60815 memberikan nilai minimum *creepage distance* yang dicantumkan pada tabel 1.

Tabel 1 Standard *Creepage Distance* terhadap tingkat polusi [4]

Tingkat polusi	<i>Creepage in mm/kV (Um)</i>
Light (L)	16
Medium (M)	20
Heavy (H)	25
Very Heavy (V)	31

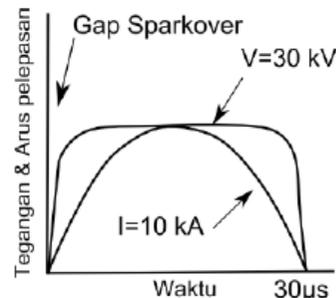
Perbedaan Gelombang *Lighting Arrester* tipe ZnO dan SiC

Menurut Medlin Arester SiC menggunakan blok silikon karbid yang disusun seri dengan *spark gap*. Silikon karbid dapat menciptakan hubungan tegangan-arus yang *non-linier*, tetapi pada tegangan normal resistansi di sepanjang elemen arester terlalu rendah dan dapat menyebabkan bocornya arus hingga ratusan ampere ke *ground*[5]. Maka kemudian ditambah *spark gap* secara seri, sehingga saa dialiri surja akan terhubung ke ground melalui blok silikon karbid. Setelah dilewati surja, silikon karbid kemudian harus membatasi arus mengalir hingga nilai yang cukup bagi *spark gap* untuk memutuskan aliran surja. Dan dengan adanya *spark gap*, pada tegangan normal tidak terjadi arus bocor. Adapun karakteristik arus dan tegangan pelepasannya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Karakteristik Arus dan Tegangan Pelepasan *Lighting Arrester* tipe SiC[5]

Perbaikan di konsep arester terjadi dengan penemuan bahwa *zinc oxide* (ZnO) memiliki karakteristik hubungan tegangan-arus yang lebih mendukung daripada silikon karbid. Blok *zinc oxide* dapat menahan tegangan dengan kebocoran arus yang sangat kecil dan memungkinkan permbuangan komponen *spark gap*, yang menyebabkan karakteristik ZnO ini dikenal sebagai *gapless arrester*. Adapun karakteristik arus dan tegangan pelepasannya sapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Karakteristik Arus dan Tegangan Pelepasan *Lighting Arrester* tipe ZnO[5]

METODE

Dalam penelitian ini akan di kaji sistem proteksi pada jaringan Distribusi 20kV menggunakan *Lightning Arrester* Tipe ZnO dan SiC. Dari pengujian tersebut didapatkan suatu perbandingan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan pada sistem proteksi baik yang menggunakan *Lightning Arrester* serta perbandingan kehandalan karakteristik tegangan *Discharge Lightning Arrester* tipe ZnO dan SiC Dan juga dilakukan adanya simulasi proteksi jaringan menggunakan program ATP-Draw Versi 3.5 untuk selanjutnya dapat di analisis. Kemudian hasil analisa ini akan dibandingkan dalam bentuk representasi grafik atau tabel serta melalui analisa yang didapat sehingga dapat diketahui unjuk kerja *Lightning Arrester* Tipe ZnO dan SiC terhadap sistem proteksi pada jaringan distribusi 20kV.

Data Pengujian

Data pengujian diperoleh dari Uji Laboratorium yang dilaksanakan menggunakan generator impuls yang ada di laboratorium Teknik Tegangan Tinggi lantai 2 Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gajah Mada dari simulasi menggunakan Program ATP-Draw Versi 3.5.

Bahan Pengujian

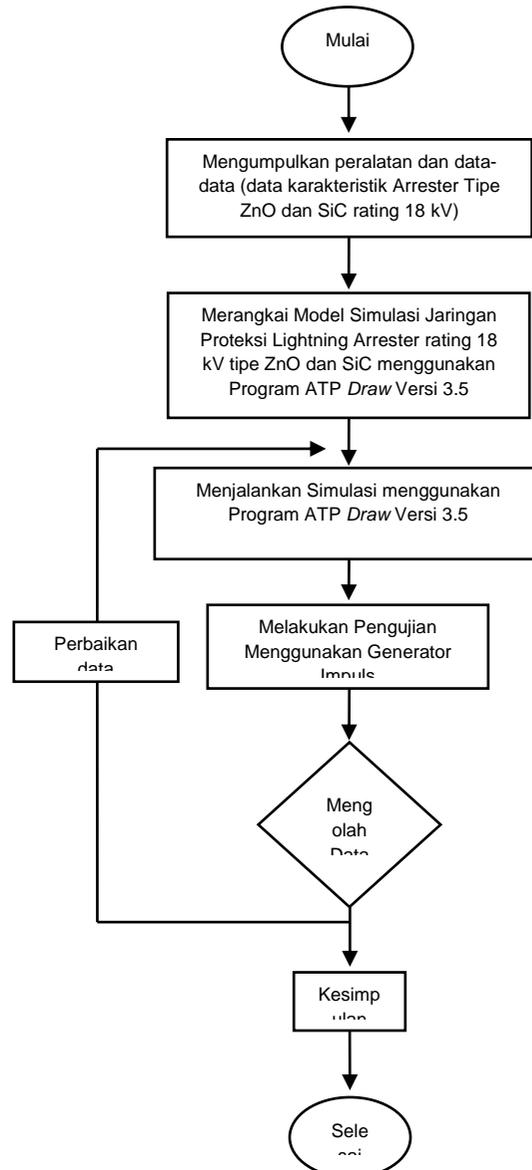
1. *Lightning Arrester* tipe ZnO (*gapless*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Rating Voltage (U_r) =18 kV
 - Rating MCOV (U_c) =15,3 kV
 - *Discharge Current* =10 kA
2. *Lightning Arrester* tipe SiC (jenis *spark gap*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Rating Voltage =18 kV



Gambar 5 *Lightning Arrester* tipe ZnO



Gambar 6 *Lightning Arrester* tipe SiC



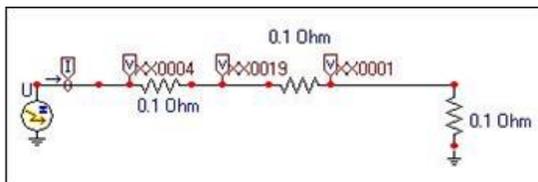
Gambar 7 Diagram Alur Proses Penelitian

Hasil Pengujian dan Pembahasan
Hasil Simulasi Melalui Program ATP Draw

Tabel 2 Karakteristik V-I Arrester ZnO rating 18 kV

Arus (A)	Tegangan Puncak (V)
0.9	12000.0
9	12678.6
112.5	14071.0
225	14500.0
450	15000.0
900	15857.1
1350	16428.6
2700	17285.7
45000	18142.9
9000	19428.6
18000	21357.1
36000	24000.0
90000	30000.0

Pada simulasi ini, beban 0.1 Ohm tidak dipasang arrester, sehingga jika terjadi petir, besar kemungkinan akan terjadi kerusakan. Konfigurasi simulasi ini dapat dilihat pada gambar 8 sebagai berikut.



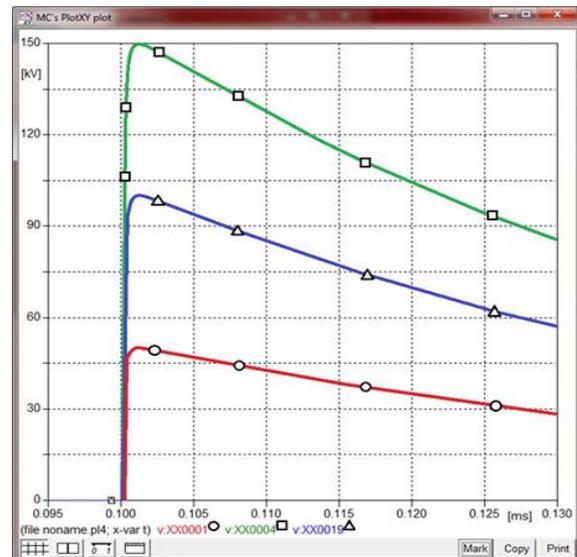
Gambar 8 Simulasi ATP Rangkaian tanpa Arrester

Berikut ini adalah penjelasan dari grafik di bawah, puncak garis berwarna Hijau (v:XX0004) bernilai 150kV yang merupakan nilai puncak tegangan impuls yang terukur dari Sumber Heider. Tegangan yang sangat tinggi ini akan mengalir ke beban sebelum terjadi drop tegangan disalurkan.

Puncak garis berwarna Biru (v:XX0019) bernilai 100kV. Garis ini adalah tegangan sisa hasil dari

residu beban 0.1 Ohm setelah sumber gelombang impuls. Hasil simulasi ini, bisa didapatkan dengan rumus pembagian tegangan. Total beban adalah 0.3 Ohm, sehingga tegangan yang di drop oleh setiap beban 0.1 Ohm merupakan sepertiga tegangan sumber. Karena titik pengukuran berada di point XX0019 dimana tegangan yang diukur adalah 2 buah resistor, sehingga tegangan yang di drop oleh kedua resistor ini otomatis dua kali drop tegangan tiap resistor. Oleh sebab itu nilai 100kV didapatkan dari hasil simulasi.

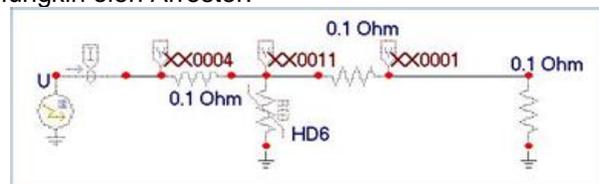
Puncak garis berwarna Merah (v:XX0001) adalah tegangan yang sampai di beban. Nilainya adalah 50kV.



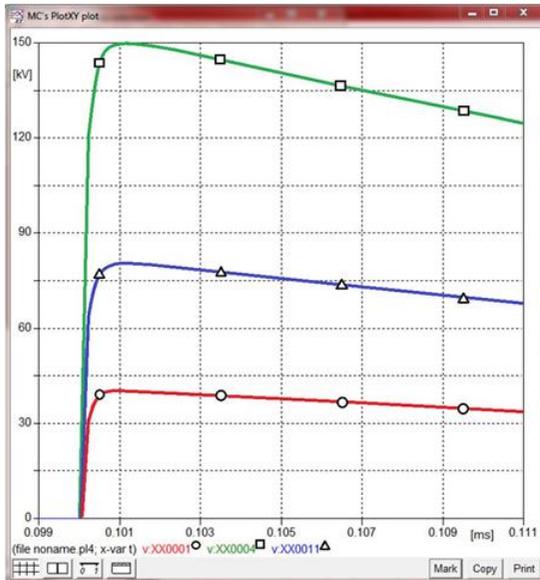
Gambar 9 Hasil Plot Simulasi Rangkaian tanpa Arrester

Hasil Simulasi Rangkaian dengan Lighting Arrester tipe ZnO

Simulasi berikutnya ditunjukkan pada gambar 10 dimana beban 0.1 Ohm dilindungi oleh Lighting Arrester tipe ZnO dengan rating voltage 18 kV, sehingga jika terjadi petir besar kemungkinan Amplitudo tegangan impuls akan dipotong secepat mungkin oleh Arrester.



Gambar 10 Simulasi ATP Rangkaian dengan Arrester



Gambar 11 Hasil Plot Simulasi Rangkaian dengan Arrester

Gambar 11 adalah hasil plotting dari rangkaian gambar 10 yang disimulasikan menggunakan program ATP Draw.

Puncak garis berwarna Hijau (v:XX0004) bernilai 150kV. Ini adalah nilai puncak tegangan gelombang impuls yang diukur sebelum mengalami drop tegangan akibat transmisi maupun beban.

Puncak garis berwarna Biru (v:XX0011) bernilai 80.4kV. Nilai ini merupakan hasil pemotongan akibat pemasangan Arrester. Terlihat bahwa tegangan yang awalnya 100kV sebelum pemasangan arrester menurun menjadi 80.4 kV akibat pemasangan Arrester.

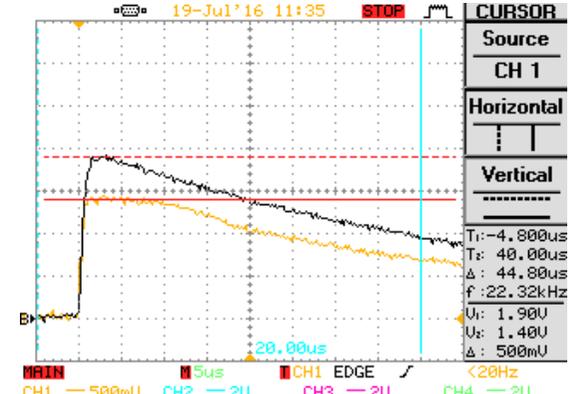
Puncak Garis berwarna Merah (v:XX0001) bernilai 40.2kV. Nilai ini merupakan tegangan yang terukur pada beban.

Hasil Pengujian dan Pembahasan

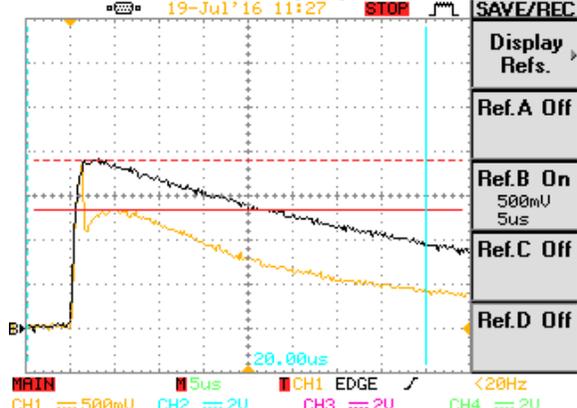
Hasil dari pengujian yang telah didapat dapat dilihat pada pemaparan dan pembahasan hasil pengujian sebagai berikut :

Hasil pengujian *Lighting Arrester* dengan tegangan input sebesar 60 kV

Gambar 12 dan 13 menunjukkan gelombang hasil pengujian tanpa *Lighting Arrester* dan setelah di pasang *Lighting Arrester* tipe ZnO dan SiC dengan tegangan impuls 60 kV.



Gambar 12 Gelombang hasil pengujian *Lighting Arrester* tipe ZnO tegangan inpus 15 kV



Gambar 13 Gelombang hasil pengujian *Lighting Arrester* tipe SiC tegangan input 15 kV

Hasil dari gelombang yang di tangkap dengan Osiloskop dengan *Lighting Arrester* berbeda tipe yaitu ZnO dan SiC menunjukkan perbedaan yaitu gelombang yang dihasilkan *Lighting Arrester* tipe SiC dengan perkenaan tegangan impuls 60 kV yaitu diawali dengan gelombang yang naik mencapai gelombang tegangan impuls tanpa *Lighting Arrester* dan kemudian baru turun sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 13. Berbeda dengan gelombang pengujian yang dihasilkan *Lighting Arrester* tipe ZnO yang terlihat pada gambar 12 yaitu langsung dipotong atau di perbaiki kemudian di tanahkan. Hal ini bisa terjadi karena perbedaan kedua *Lighting Arrester* ini yaitu *Lighting Arrester* tipe SiC dengan jenis *spark gap* atau dengan sela udara sehingga perlu waktu untuk memotong tegangan impuls yang dikenakan pada *Lighting Arrester* tersebut. Berbeda halnya dengan tipe *Lighting Arrester* ZnO yang berjenis *gapless* karena tak bersela dan bahan pembuatan dengan bahan *Zink Oxide* cocok untuk *Lighting Arrester* tanpa sela.

Perbandingan tegangan residu yang dihasilkan kedua *Lighting Arrester* adalah yang tertera pada layar Osiloskop. Perbandingan hasil tegangan yang berhasil dipotong pada pengujian kedua *Lighting Arrester* bisa dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian *Lighting Arrester* tipe ZnO dan SiC

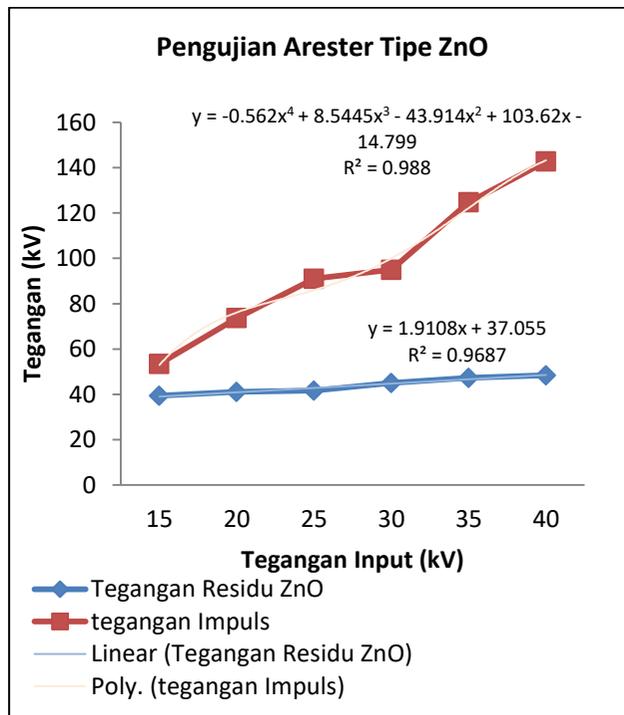
Tipe	Tegangan input (kV)	Tegangan Impuls (kV)	Tegangan Residu (kV)
ZnO	15	1,90 x 28.100	1,40 x 28.100
SiC	15	1.90 x 28.100	1,34 x 28.100

Hasil di atas dapat kita lihat perbedaan tegangan residu yang berhasil dipotong oleh *Lighting Arrester* dalam menahan tegangan discharge yang dilepaskan oleh generator impuls. *Lighting Arrester* dengan tipe ZnO berhasil memotong tegangan impuls sebesar 1,90 x 28.100 kV menjadi tegangan residu sebesar 1,40 x 28.100 kV sedangkan *Lighting Arrester* dengan tipe SiC berhasil memotong tegangan impuls sebesar 1,34 x 28.100. hasil tersebut dilihat secara nominal adalah *Lighting Arrester* dengan tipe SiC lebih baik dalam memotong tegangan impuls karena lebih kecil tegangan residu yang lewat pada jaringan yaitu sebesar 1,34 x 28.100 kV. Tetapi dari segi gelombang, gelombang yang dihasilkan oleh *Lighting Arrester* dengan tipe SiC sedikit lebih terlambat karena gelombang naik secara cepat baru kemudian dipotong oleh *Lighting Arrester* tipe SiC. Hal ini dikarenakan jenis *Lighting Arrester* tersebut adalah *spark gap* dengan adanya sela udara maka dibutuhkan waktu untuk menembus udara tersebut.

Hasil 6 kali uji terhadap tegangan yang berbeda-beda dari tegangan rendah ke besar dengan tegangan input 15 kV, 20 kV, 25 kV, 30 kV, 35 kV, dan 40 kV tercantum dalam tabel 3 dan 4.

Tabel 3 Hasil Pengujian *Lighting Arrester* Tipe ZnO

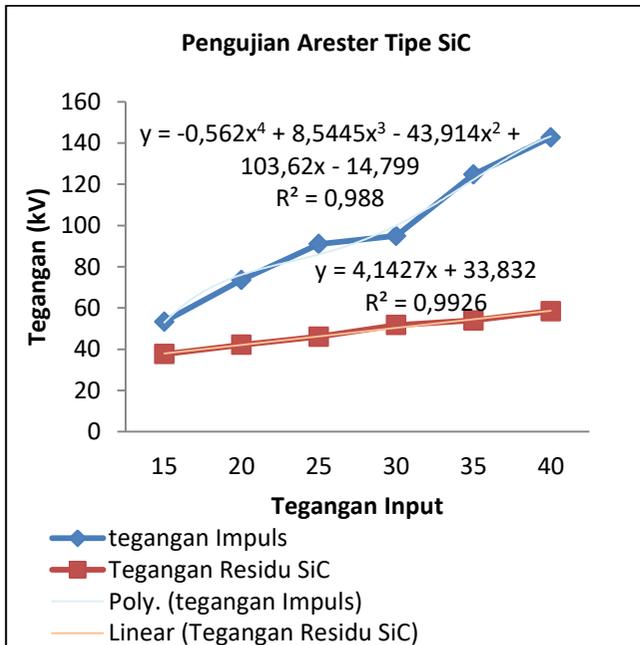
Tipe	Tegangan input (kV)	Tegangan Impuls (kV)	Tegangan Residu (kV)
ZnO	15	53,4	39,3
ZnO	20	73,6	41,1
ZnO	25	91,1	41,6
ZnO	30	94,9	44,9
ZnO	35	124,8	47,2
ZnO	40	142,7	48,3



Gambar 14 Grafik Unjuk Kerja *Lighting Arrester* Tipe ZnO dengan Input Tegangan yang Bervariasi

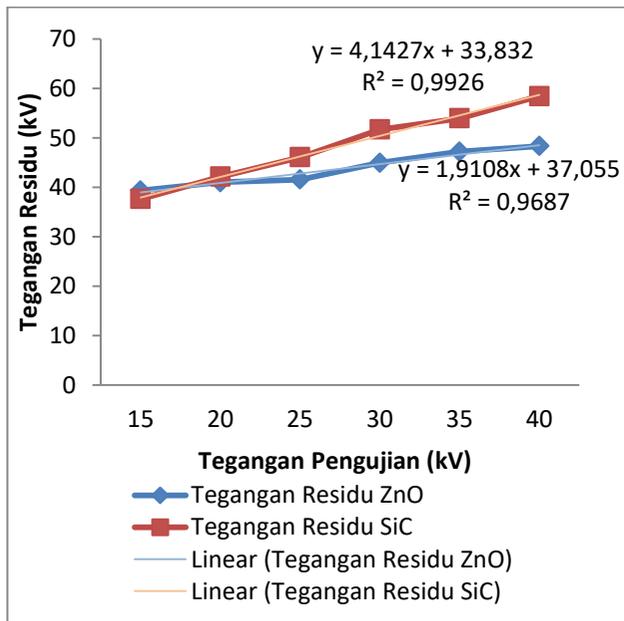
Tabel 4 Hasil Pengujian *Lighting Arrester* tipe SiC

Tipe	Tegangan input (kV)	Tegangan Impuls (kV)	Tegangan Residu (kV)
SiC	15	53,4	37,6
SiC	20	73,6	42,2
SiC	25	91,1	46,1
SiC	30	94,9	51,7
SiC	35	124,8	53,9
SiC	40	142,7	58,4



Gambar 15 Grafik Unjuk Kerja *Lighting Arrester* Tipe SiC dengan Input Tegangan yang Bervariasi

Perbandingan unjuk kerja *Lighting Arrester* tipe ZnO dan SiC dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16 Grafik Perbandingan Unjuk Kerja *Lighting Arrester* Tipe ZnO dan SiC dengan Input Tegangan yang Bervariasi

Dari grafik diatas menunjukkan unjuk kerja kedua tipe *Lighting Arrester* ZnO dan SiC maka dari itu dapat disimpulkan bahwa *Lighting Arrester* dengan tipe ZnO dapat memotong tegangan impuls dengan baik atau lebih stabil dibandingkan dengan *Lighting Arrester* tipe SiC dilihat hasil pengujian yang diletakkan pada grafik diatas.

Kesimpulan

Dari hasil Simulasi Program ATP Draw dan pengujian laboratorium yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa,

1. Untuk pengujian *Lighting Arrester* tipe ZnO dan SiC dengan rating tegangan yang sama (18 kV), *Lighting Arrester* tipe ZnO mempunyai karakteristik tegangan discharge yang lebih cepat dan stabil daripada *Lighting Arrester* tipe SiC, dilihat dari gelombang yang dihasilkan kedua *Lighting Arrester* sebagaimana yang ditunjukkan pada pengujian *Lighting Arrester* tipe ZnO berhasil memotong tegangan impuls sebesar 73,6 kV menjadi 41,1 kV sedangkan tipe SiC menghasilkan tegangan residu 42,2 kV.
2. *Lighting Arrester* tipe ZnO lebih stabil dalam meneruskan tegangan impuls di tiap tegangan impuls yang berbeda daripada *Lighting Arrester* tipe SiC, dilihat dari pengujian yang telah dilakukan *Lighting Arrester* tipe SiC dapat berubah-ubah dalam meneruskan tegangan impuls yang diberikan berbeda dengan *Lighting Arrester* tipe ZnO lebih stabil dalam meneruskan di tiap tegangan impuls pengujian, dilihat dari 6 kali pengujian arester tipe ZnO memotong tegangan impuls menjadi 39,3 kV; 41,1 kV; 41,6 kV; 44,9 kV; 47,2 kV; dan 48,3 kV sedangkan arester tipe SiC memotong tegangan impuls menjadi 37,6 kV; 42,2 kV; 46,1 kV; 51,7 kV; 53,9 kV; dan 58,4 kV.
3. Tegangan surja petir yang terlalu tinggi sangat mengganggu peralatan dan sistem tetapi *Lighting Arrester* SiC memiliki kelebihan pada kecepatannya dalam memotong surja petir. *Lighting Arrester* SiC sangat cepat dalam memotong gelombang impuls sehingga tidak terlalu lama membahayakan peralatan listrik.
4. *Lighting Arrester* tipe ZnO memiliki standar creepage distance yang lebih tinggi yaitu heavy duty 25 mm/kV daripada *Lighting Arrester* tipe SiC yang tidak mempunyai standar tersebut.
5. Grafik tegangan residu yang didapatkan hasil pengujian dari *Lighting Arrester* tipe ZnO menghasilkan persamaan $y = 1.9108x + 37.055$ atau y dapat dicari dari hasil perhitungan 1.9108

dikalikan dengan nilai x di tambah 37.055 dengan ketelitian $R^2 = 0.9687$.

6. Grafik tegangan residu yang didapatkan hasil pengujian dari *Lighting Arrester* tipe SiC menghasilkan persamaan linear $y = 4.1427x + 33.832$ atau y dapat dicari dari hasil perhitungan 4.1427 dikalikan dengan nilai x di tambah 33.832 dengan ketelitian $R^2 = 0.9926$.

Saran

1. Bagi pihak pemakai *Lighting Arrester* apabila ingin melakukan penggantian arester, terlebih lagi dengan jenis yang berbeda misalnya SiC diganti dengan arester tipe ZnO, maka perlu dilakukan analisis terhadap karakteristik tegangan *discharge* kedua arester meskipun keduanya memiliki rating yang sama.
2. Untuk penelitian selanjutnya, agar diperoleh perbandingan yang lebih luas maka perlu dilakukan penelitian terhadap beberapa rating yang berbeda-beda, misalnya dari rating tegangan menengah sampai tegangan tinggi sehingga diperoleh informasi yang lebih menggambarkan secara keseluruhan.
3. Dalam kondisi lingkungan yang dengan tingkat polusi tinggi yang dapat mengganggu kinerja suatu peralatan listrik, pemilihan *Lighting Arrester* disarankan untuk memilih *Lighting Arrester* tipe ZnO karena mempunyai standar creepage distance yang lebih baik. Standar ini berhubungan untuk menghindari *flashover* pada rumah arester.

Referensi

- [1]Brown, Ryan. (ed). 2004. *Reliability Enhancement of The Avista Electric PowerSystem*. Gonzaga University, Spokane.
- [2]Goedde, G.L., Kojovic, L.A., Woodwort, J.J., 2000. *Surge arrester characteristic that provide reliable overvoltage protection in distribution and low-voltage system*, in: *IEEE Power Engineer Society Summer Meeting, 2000. Presented at the IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 2000*, pp. 2375-2380 vol. 4.
- [3]Haryono, T., Sirait, K.T., 2011. "Watak Perlindungan Blok ZnO yang Digunakan pada Arester 20 kV Terhadap Sambaran Arus Impuls Berulang".
- [4]IEC standart No. CEI/IEC 99-4, 1991, *Metal-Oxide Surge Arrester Without Gap for AC System*, IEC Inc.
- [5]Medlin, Glen. 2009. *Surge Protection Of Distribution Equipment, Engineering*.

energize.

- [6]*Modeling of metal oxide surge arrester*, 1992, IEEE *Transaction on Power Delivery* 6, 666-671.
- [7]Mukti, Harrij K. 2012. "Analisis Penentuan Penempatan Arrester Sebagai Pengaman Transformator Distribusi 20 Kv", *Jurnal ELTEK*. Vol 10, No 02, April 2012.
- [8]Kanashiro, A., Tatizawa, H., Zanotti, M., Obase, P.F., Becega, W.R., 2010. *Diagnostic of Silicon Carbide Surge Arrester*, in: *2010 International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE). Presented at the 2010 International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE)*, pp. 365-368.
- [9]Kannus, K., Lahti, K., 2005. *Evaluation of The Operational Conditon and Reliability of Surge Arrester Used on Medium Voltage Networks*. IEEE *Transaction on Power Delivery* 20, 745-750.
- [10]Lenk, D.W., 2006. *Application Consideration for Gapped Silicon-Carbide Arrester Currently Installed on Utiity High Voltage Installation*, in: *Transmission and Distribution Conference and Exhibition, 2005/2006 IEEE PES*. Presented at The Transmission and Distribution Conference and Exhibition, 2005/2006 IEEE PES, pp.613-620.