

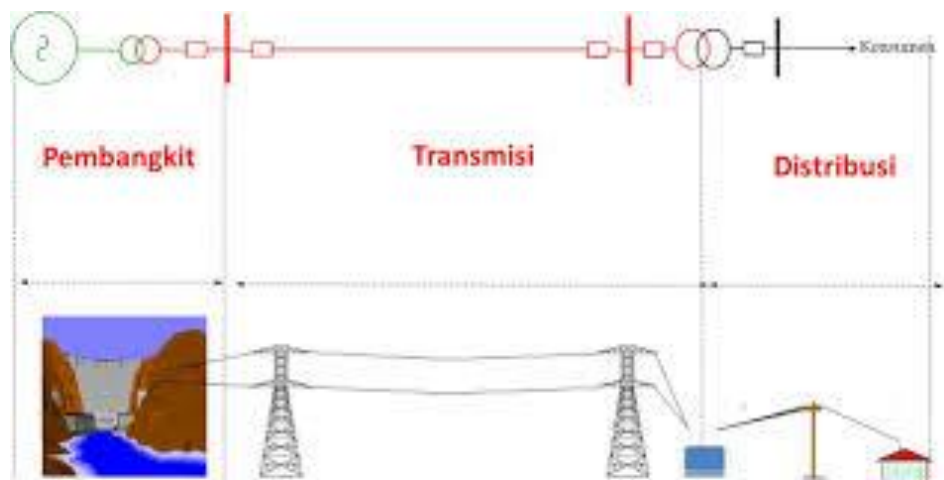
## BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan perhitungan data yang sudah disurvei di lapangan, lalu disimulasikan dengan menggunakan *software* ATP (*Alternative Transient Program*) dan analisis dari perhitungan ataupun simulasi percobaan yang dilakukan dengan memberi beberapa asumsi dari variasi surja petir yang datang serta asumsi jarak penempatan *Arrester* terhadap Transformator.

### 4.1 Data Penelitian

#### 4.1.1 Proses Listrik Disalurkan

Di Indonesia pendistribusian energi listrik dimulai dengan urutan awal listrik dihasilkan dari pembangkit listrik, selanjutnya energi listrik yang dihasilkan akan disalurkan melalui transmisi ke Gardu Induk, Kemudian dari Gardu Induk disalurkan lagi ke tegangan yang lebih rendah kemudian disalurkan ke konsumen. Gambar 4.1 berikut ini proses dari pendistribusian energi listrik di Indonesia :



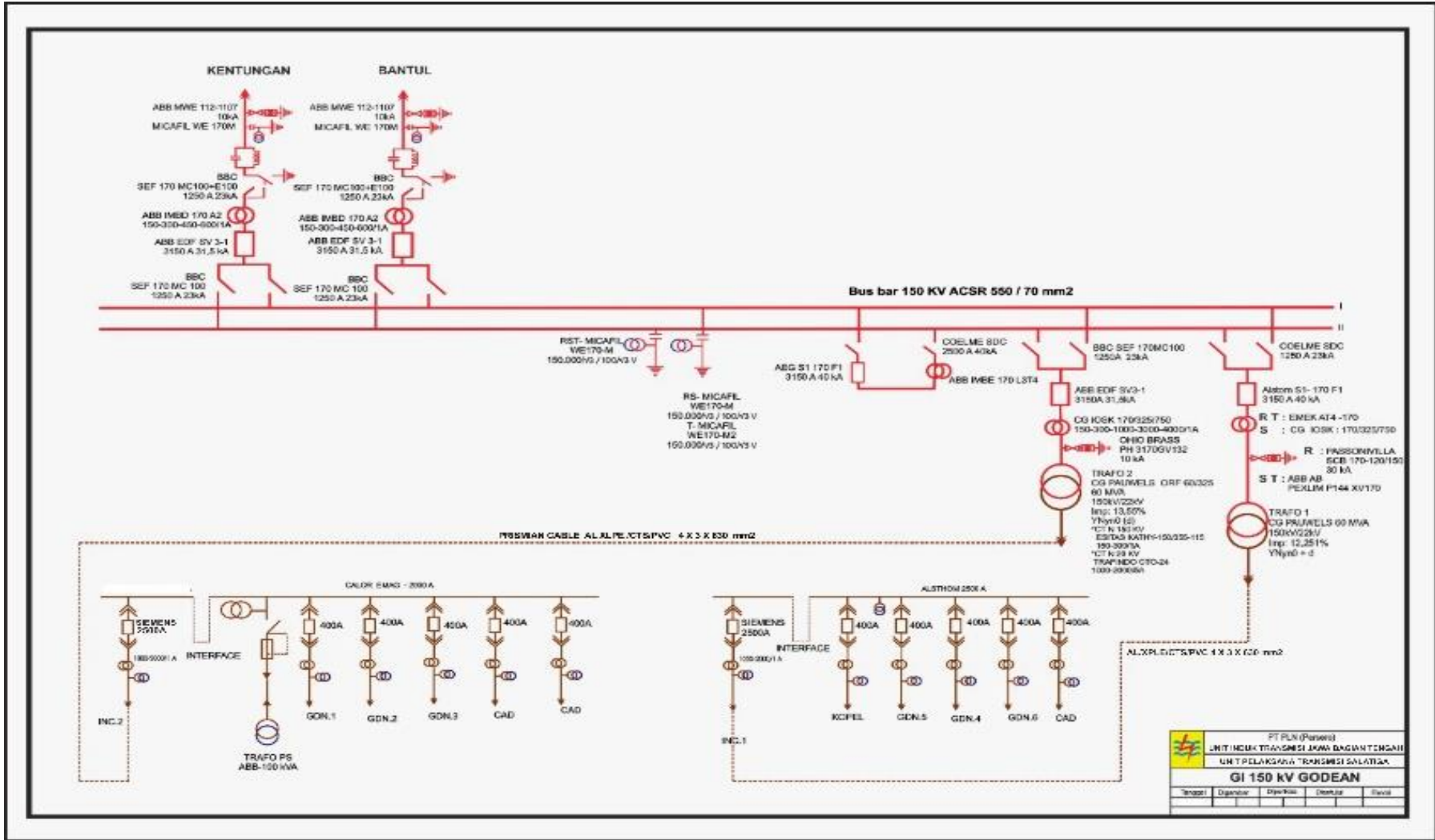
Gambar 4. 1 Sistem Tenaga Listrik

Sumber : academia

Pada gambar 4.1 menunjukkan bagian-bagian dan proses alur energi listrik disalurkan, Energi listrik yang dihasilkan dimulai dari Sitem pembangkit kemudian dari pembangkit energi listrik yang dihasilkan tadi disalurkan ke sistem transmisi yang terdiri dari Gardu Induk dan Gardu distribusi, Kemudian dari Gardu distribusi disalurkan ke konsumen yang merupakan tujuan akhir. Pada penelitian ini penulis melakukan pengambilan data di Gardu Induk 150 kV Godean. Pada Gardu Induk sendiri terdapat beberapa peralatan listrik yang digunakan sebagai bagian dari sistem antara lain terdiri dari saklar pemisah (PMS), Pemutus Tenaga (PMT), dan *Lightning Arrester* (LA). Pada pemasangan *Arrester* dan Transformator harus di tentukan jarak yang tepat, gunanya untuk menghindari terjadinya kegagalan sistem dalam penyaluran energi listrik dan juga sebagai antisipasi tegangan berlebih yang akan terjadi ketika terjadi gangguan yang disebabkan oleh fenomena alam seperti disambar petir maka harus ditentukan jarak ideal nya agar mampu bekerja secara maksimal.

#### **4.1.2 Gambar Diagram Instalasi Sistem Tenaga Listrik Pada Gardu Induk**

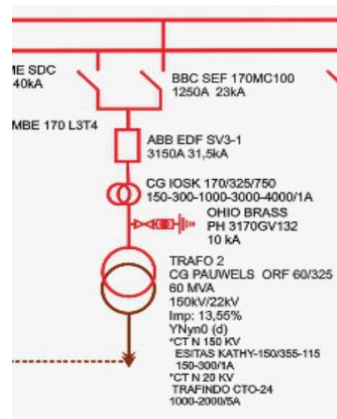
Pada gambar 4.2 di bawah ini menunjukkan diagram dari Instalasi yang ada pada Gardu Induk dengan macam-macam simbol peralatan yang terpasang pada sistem transmisi Gardu Induk.



Gambar 4. 2 Single line diagram gardu induk 150 kV Godean

Sumber: Gardu Induk 150 kV Godean

Kemudian kembali pada pokok masalah yang menjadi bahasan pada penelitian ini yaitu pemasangan *Lightning Arresster* dan juga Transformator, Gambar 4.3 adalah *Single Line* diagram dari *Arrester* dan transformator pada gardu induk 150 kV Godean.

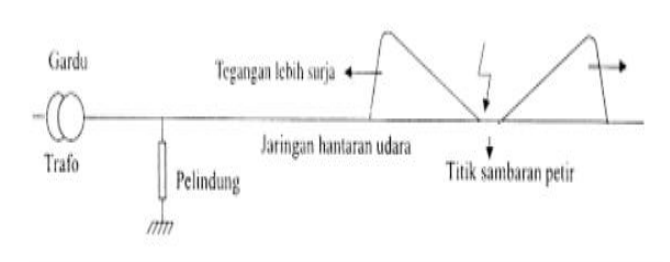


Gambar 4. 3 Posisi antara arrester terhadap transformator

Sumber: Gardu Induk 150 kV Godean

#### 4.2 Skema Penempatan Arrester

Pada gambar 4.4 di bawah ini adalah skema penempatan dari Arrester terhadap Transformator di Gardu induk sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Penempatan LA terhadap Transformator

Sumber : Repositori.umy.ac.id

#### 4.3 Pemasangan Lightnin Arrester dan Transformator Pada Gardu Induk

Berikut adalah data lapangan berupa gambar jarak penempatan *Lightning Arrester* terhadap transformator yang di ambil pada saat pengumpulan data di lapangan. Gambar 4.5 adalah jarak *Arrester* dan Transformator.



Gambar 4. 5 Jarak penempata LA dan Transformator

Sumber: Gardu induk 150 kV Godean

#### 4.4 Data di Lapangan

Setelah melakukan survey di Gardu Induk 150 kV godean di dapatkan data sebagai berikut:

##### 4.5.1 Lightning Arrester

Arrester yang terpasang terhadap transformator sebagai pengaman transformator pada Gardu Induk 150 kV Godean memiliki ukuran, bentuk, dan type dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merek	: OHIO BRASS
Type	: PEXLIM P144-XV170
Tegangan percik	: 132 kV
Tegangan Nominal	: 144
Jenis Pasangan	: Luar
Tahun Produksi	: 2017

Short Circuit	: 65 kA RMS
Arus Peluahan Nominal	: 20 kA
Panjang Arrester	: 1,2 meter
Frekuensi	: 50 Hz

#### 4.5.2 Transformator

Pada Gardu Induk 150 kV Godean Transformator yang terpasang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Type	: 1677E0835
Tegangan tinggi	: 150 kV
Tegangan rendah	: 20 kV
Basic Impuls Level	: 715
Power	: 36/60 MVA
Frekuensi	: 50 Hz
Macam Pendingin	: ONAN/ONAF
Tahun Pembuatan	: 2017
Jenis pasangan	: Luar

#### 4.5 Pembahasan

Setelah melakukan survey maka di lakukan perhitungan guna sebagai bahan analisis.

##### 4.5.1 Perhitungan Tegangan Dasar Arrester

Untuk mengetahui tegangan dasar *Arrester* dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_r = E_r = \alpha \cdot \beta \cdot U_m$$

Sehingga:

$$E_r = 0.8 \times 1.2 \times 150 \text{ kV}$$

$$E_r = 144 \text{ kV}$$

Dengan

$E_r$  = Tegangan dasar Arrester

$A$  = Koefisien pembumian (0.8)

$B$  = Toleransi, guna memperhitungkan fluktuasi tegangan dan efek ferranti  
(1.2)

$U_m$  = Tegangan sistem maksimum (tegangan maksimum di gardu Induk Godean ) 150 kV

Maka dengan perhitungan diatas diketahui nilai tegangan dari Arrester di Gardu Induk Godean Sebesar 144 kV.

#### **4.5.2 Ketentuan Jarak Arrester dan Transformator Menurut Standar IEC (1950) dan SPLN (1978:4)**

Penghitungan jarak Arrester terhadap Transformator menurut standar IEC (1958) dan SPLN (1978:4) dapat di cari dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_p = E_a + 2 A \frac{S}{v}$$

$$S = \frac{(E_p - E_a)V}{2 x A}$$

$$S = \frac{(650 - 460)300}{2 x 1000}$$

$$S = 28,5 m$$

$E_p$  = 650 kV (Tegangan BIL transformator GITET / SPLN, 1978:4)

$E_a$  = 460 (Tegangan percikan Arrester GITET/SPLN,1978:4)

$A$  = 1000 kV/ $\mu$ s (Rekomendasi IEC, 1958 Recommendation for Lightning Arrester, 99)

$V$  = 300 m/ $\mu$ s (Kecepatan cahaya)

#### **4.5.3 Penghitungan Jarak Ideal Penempatan Arrester Terhadap Transformator Pada Gardu Induk 150 kV Godean.**

Pada sistem Gardu Induk Godean memiliki tegangan sistem transmisi yaitu sebesar 150 kV dengan nilai BIL 715 kV dan nilai tegangan percik dari *Arrester* sebesar 650 kV, bila menerapkan persamaan yang sama dengan yang telah di tetapkan oleh IEC (1958) dan SPLN (1978), Maka berapakah jarak ideal untuk

Arrester terhadap Transformator di Gardu Induk 150 kV Godean jika di hitung menggunakan rumus perhitungan jarak maksimum berikut:

$$E_p = E_a + 2 \frac{S}{v}$$

$$S = \frac{(E_p - E_a)V}{2 \times A}$$

$$S = \frac{(715 - 650)300}{2 \times 1000}$$

$$S = 9,75m$$

$E_p$  = 715 kV (Tegangan BIL transformator II GI 150 kV Godean)

$E_a$  = 650 (Tegangan percikan *Arrester* Transformator II GI 150 kV Godean)

$A$  = 1000 kV/ $\mu$ s (Rekomendasi IEC, 1958 Recommendation for Lightning Arrester, 99)

$V$  = 300 m/ $\mu$ s (kecepatan cahaya)

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa jarak *Arrester* terhadap Transformator yang di pasang adalah sejauh 9,75m yang di mana dengan jarak tersebut *Arrester* dapat dikatakan sudah memenuhi jarak ideal dan mampu bekerja secara maksimal sebagai proteksi transformator dari gangguan surja.

#### 4.5.4 Simulasi Menggunakan ATP (*Alternative Transients Program*)

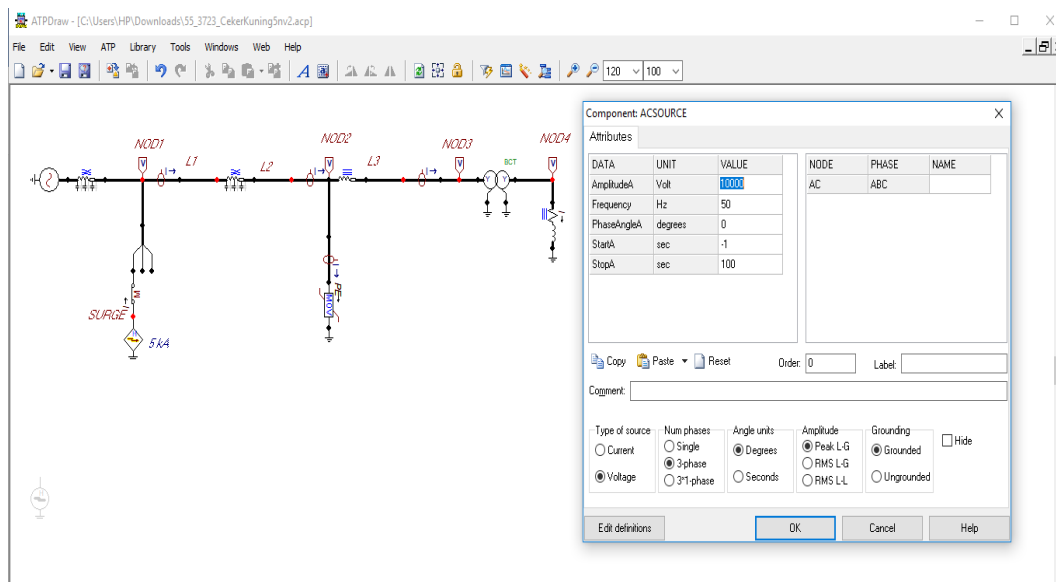
Pada ini simulasi di lakukan dengan menggunakan aplikasi *ATPDraw* sebagai media untuk mengetahui dan menganalisis jarak ideal *Arrester* dan Transformator berdasarkan tegangan jepit transformator dan impuls. Simulasi akan di lakukan dengan memberikan jarak asumsi dan jarak real *Arrester* dan Transformator di lapangan sebagai pembanding hasilnya yang akan menjadi bahan analisis.

#### 4.5.5 Simulasi *ATPDraw*

Pada studi penelitian ini gambar rangkaian akan di tampilkan menggunakan *software ATP (Alternative Transient Program)* yang terdiri dari sumber tenaga listrik 150 kV, Komponen *surge* petir dengan type L *Heidler* dengan arus senilai 30 kA, saluran transmisi dengan panjang 500 m, *Arrester* dengan nilai 150 kV, jarak *Arrester* dan Transformator sejauh 3 dan 9,75 m, Transformator *step down* (150/20),



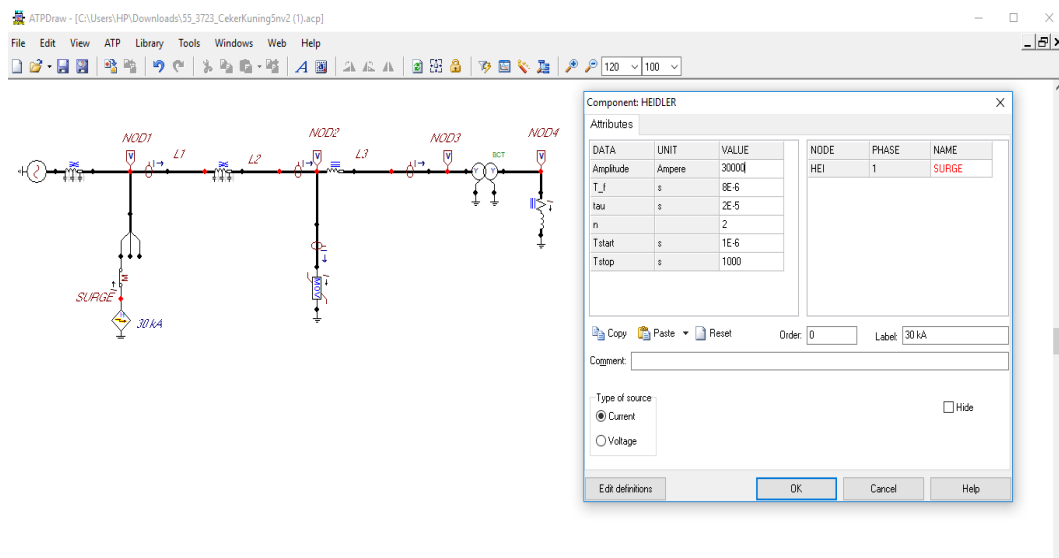
jaringan distribusi beban dengan jarak sejauh 100 km, dan juga pemasangan beban (*load*). Gambar 4.6 di bawah ini adalah gambar *setting* dari masing masing komponen pada simulasi ATP Draw.



Gambar 4. 6 Konfigurasi komponen AC

Sumber : *Software ATP Draw*

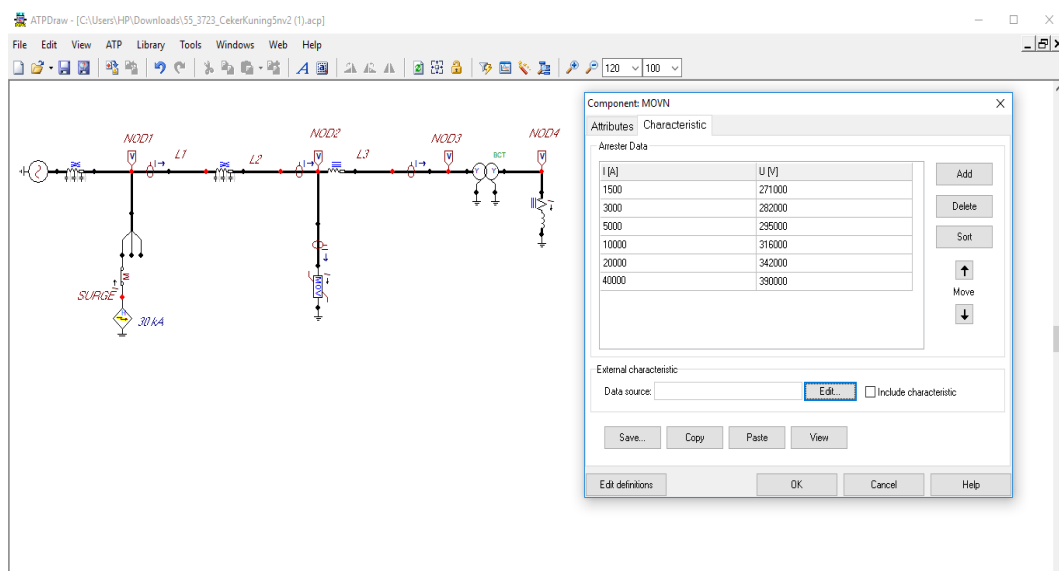
Gambar diatas menunjukkan setting konfigurasi dari Sumber Tegangan AC pada sistem Transmisi dengan nilai 150 kV 3 fasa dan Amplitudo *Peak line to Ground (peak L-G)* yang berarti phasa nya ke tanah, serta keterangan pada setiap titik simpul program tersebut. phasa merupakan bagian yang mengandung tegangan yang biasanya dilambangkan dengan simbol sinusoidal “~” atau “L”, sedangkan *ground* memiliki fungsi sebagai menetralkan apabila terjadi kebocoran listrik. *Ground* memiliki fungsi vital seperti dilingkungan yang rawan petir.



Gambar 4. 7 Komponen *surge* petir tipe Heidler

Sumber : *Software ATP Draw*

Pada gambar 4.7 menunjukkan konfigurasi dari komponen petir dengan type Heidler. Pada titik sambaran nilai titik arus nya sebesar 30 kA dan waktu muka sambaran sebesar  $1.2 \times 10^{-6}$  serta durasi sambaran  $5 \times 10^5$  s.



Gambar 4. 8 konfigurasi *Arrester* type Mov

Sumber : *Software ATP Draw*

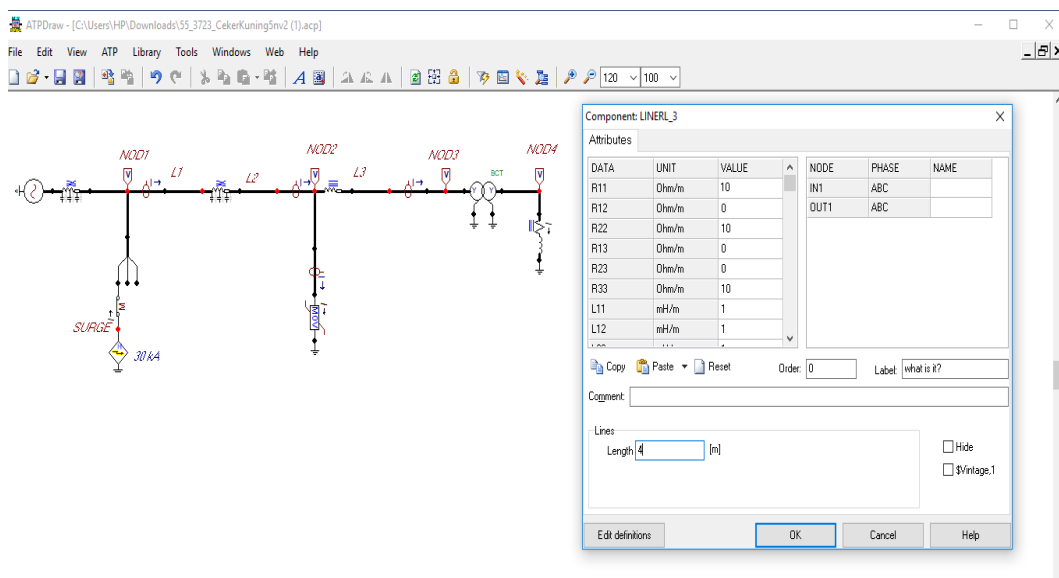
Gambar 4.8 merupakan pengaturan dengan memasukkan nilai karakteristik sesuai data lapangan. Karakteristik dari arrester merupakan sifat dari arrester dengan merk OHIO BRASS tersebut.

Berikut adalah tabel karakteristik Arrester type OHIO BRASS.

Tabel 4.2 Karakteristik Arrester type OHIO BRASS

Arus (A)	Tegangan (V)
1500	271000
3000	282000
5000	295000
10000	316000
20000	342000
40000	390000

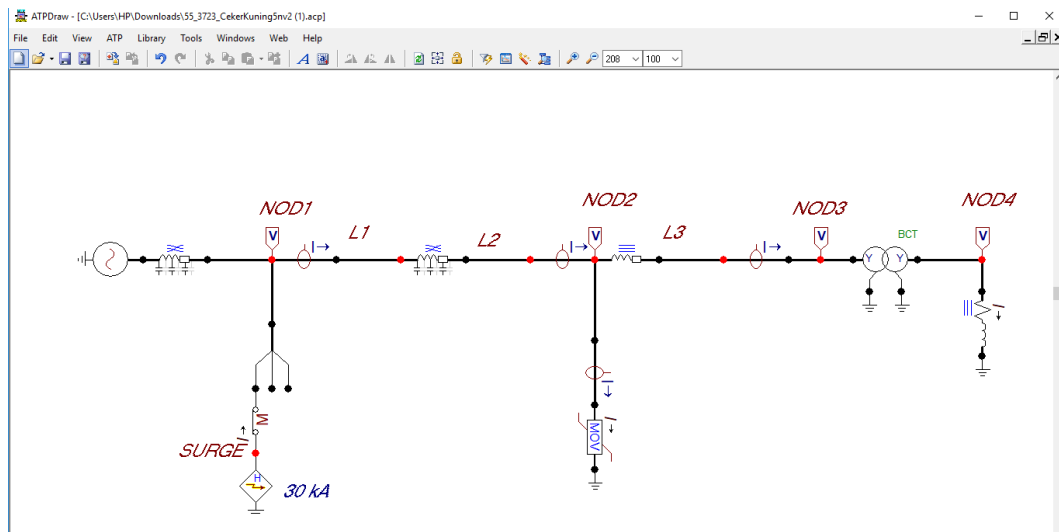
Nilai karakteristik pada tabel 4.2 dimasukkan sebagai nilai input karakteristik arrester dalam simulasi menggunakan program ATP (*Alternative Transient Programme*) ini. Setelah nilai karakteristik dimasukkan maka selanjutnya menjalankan simulasi. Jika simulasi terdapat pesan error, maka perbaiki dari kesalahan eror yang terjadi. Setelah program berhasil dijalankan, maka kita dapat melihat pola tegangan dari plot grafik XY yang dihasilkan.



Gambar 4. 9 Konfigurasi nilai jarak Arrester dan Transformator

Sumber : Software ATP Draw

Gambar 4.9 merupakan konfigurasi jarak antara *Arrester* dengan Transformator. Nilai ini dapat divariasikan berdasarkan data dilapangan maupun berdasarkan nilai perhitungan.



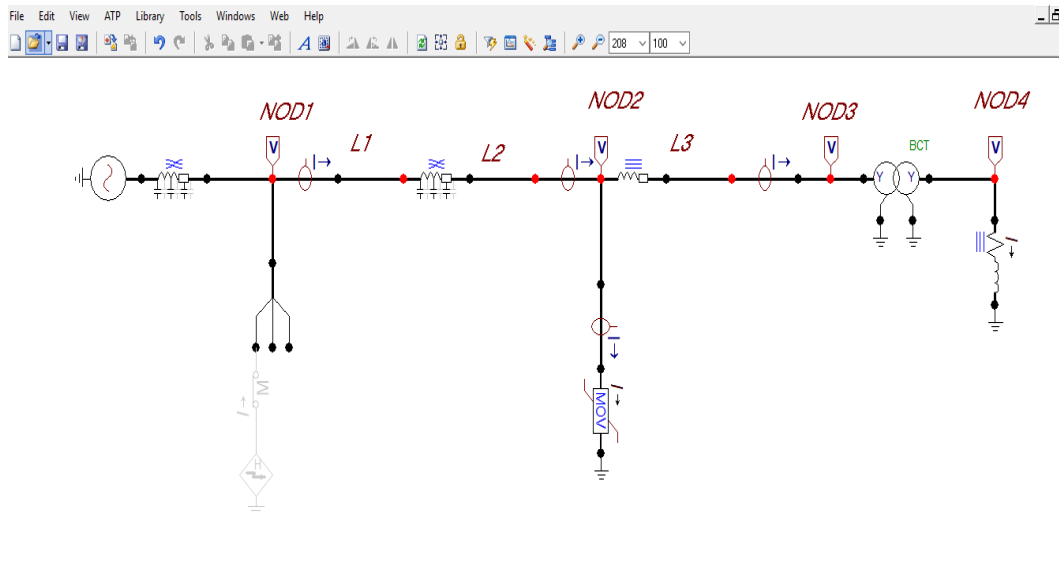
Gambar 4. 10 Simulasi Terpasang *Arrester*

Sumber : *Software ATP Draw*

Pada Gambar 4.10 merupakan gambar rangkaian dengan adanya *surge* petir serta adanya pemasangan *arrester*. *Surge* petir datang menuju titik *arrester* sejauh 500 meter. *Surge* petir dapat divariasikan nilai arus yang datang serta *arrester* dapat divariasikan jarak dengan transformator.

#### 4.5.6 Pemodelan Tanpa *Surge* Petir

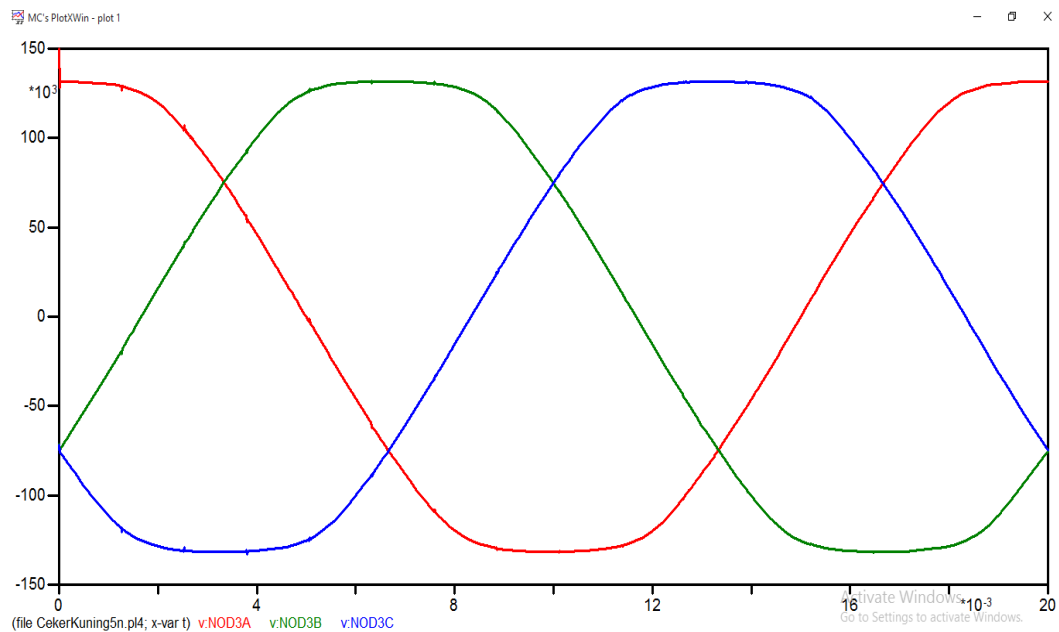
Pada studi kasus ini akan ditampilkan gambar rangkaian serta hasil dari simulasi dan analisis saat rangkaian tanpa adanya *surge* petir. Rangkaian pada sistem transmisi memiliki nilai 150 kV dengan *Arrester* dipasang jarak 3 meter dengan transformator sesuai data dilapangan. Berikut ditunjukkan gambar rangkaian dan hasil simulasi rangkaian pada ATP (*Alternative Transient Programme*).



Gambar 4. 11 Gambar Simulasi tanpa Surge Petir

Sumber : *Software ATP Draw*

Gambar 4.11 menunjukkan rangkaian simulasi dengan tanpa adanya *surge* petir. Rangkaian ini ditunjukkan untuk mengetahui besar nilai sistem transmisi dari sumber sampai dengan transformator maupun sampai dengan beban. Berikut ditunjukkan hasil simulasi tersebut.



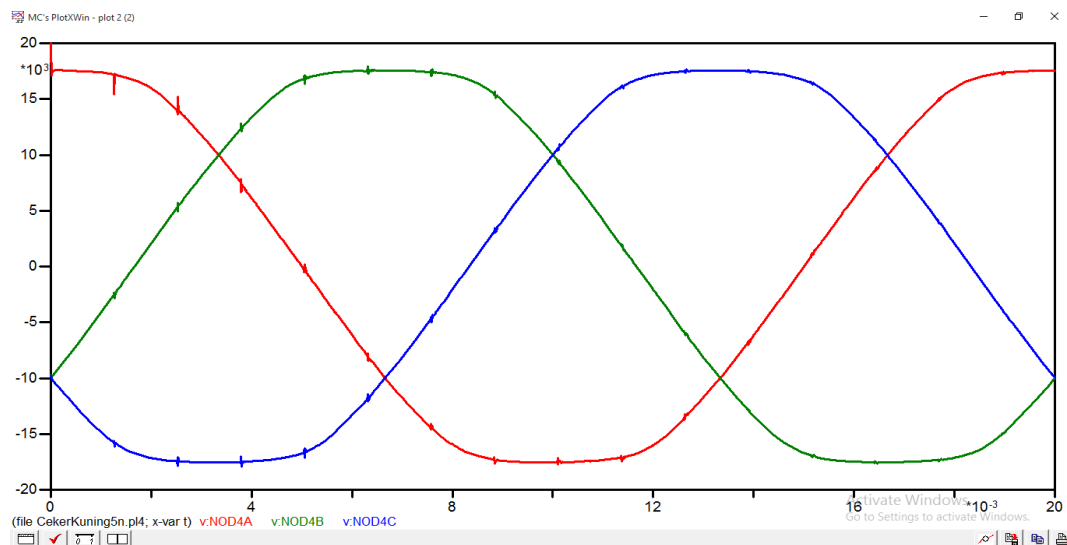
Gambar 4. 12 Grafik sumber tegangan Transmisi 150 kV pada Transformator

sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

- = Phasa A
- = Phasa B
- = Phasa C

Dari gambar di atas nilai tegangan Transmisi menunjukkan hampir 150 kV. Dengan adanya *losses* maka terjadi penurunan nilai tegangan sistem pada saluran transmisi menuju Transformator.



Gambar 4. 13 Grafik tegangan pada transmisi 20 kV transformator

Sumber : *Software ATP Draw*

Keterangan :

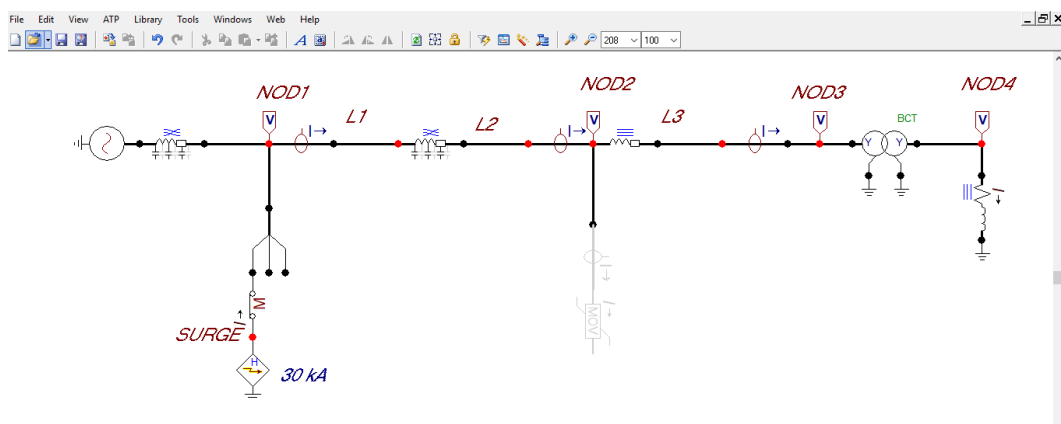
- = Phasa A
- = Phasa B
- = Phasa C

Pada gambar menunjukkan nilai tegangan sistem transmisi yang menuju ke beban sebesar hampir 20 kV. Nilai tersebut dikarenakan terjadinya *losses* yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai tegangan sistem yang menuju ke beban.

Dari hasil simulasi diatas dapat disimpulkan nilai tegangan transmisi yang menuju transformator ataupun yang menuju ke beban tetap stabil, untuk kondisi normal sistem dianggap aman tanpa gangguan dari *surge* petir.

#### 4.5.7 Simulasi Rangkaian Dengan Surja Petir Tanpa *Arrester*

Pada studi kasus ini akan dilakukan simulasi rangkaian dengan memasang komponen sure petir tanpa pemasangan komponen *Arrester*. *Surge* petir yang dipasang akan menyambar fase C dengan nilai sambaran 30 kA. Pada simulasi ini yang di lihat adalah graffik serta nilai kejadian pada posisi NOD1 (*line*), NOD 2 (*arester*) dan NOD3 (*Transformator*). Dibawah ini adalah gambar rangkaian sistem simulasi pada ATP (*Alternative Transient Programme*) dengan koponen sure petir dan tanpa terpasang komponen *Arrester* seperti Gambar 4.14 dibawah ini.

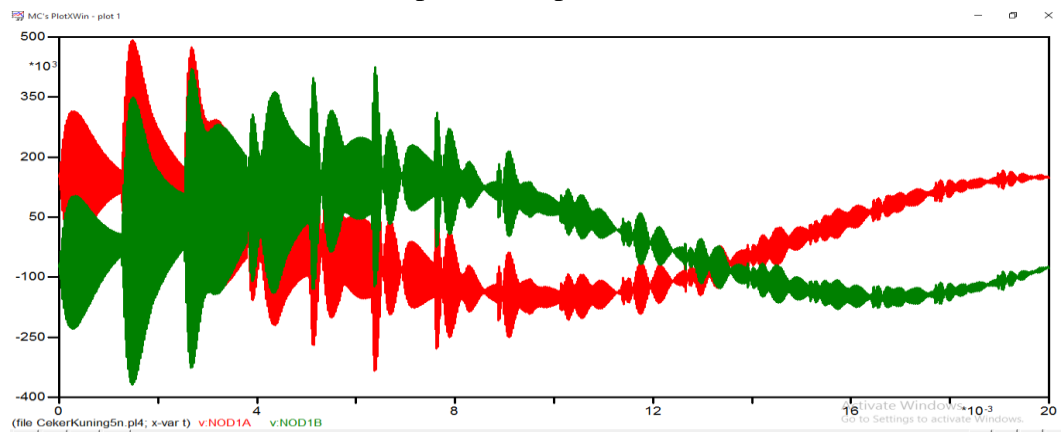


Gambar 4. 14 Simulasi dengan *surge* petir tanpa *Arrester*

Sumber: *Software ATP Draw*

##### a. Grafik Plot XY pada NOD1 (*line*)

Berdasarkan simulasi dari Gambar 4.14 maka pada titik NOD1A, NOD1B, dan NOD1C di hasilkan Grafik plot XY seperti berikut ini.



Gambar 4. 15 Grafik Tegangan lebih pada NOD1A & NOD1B

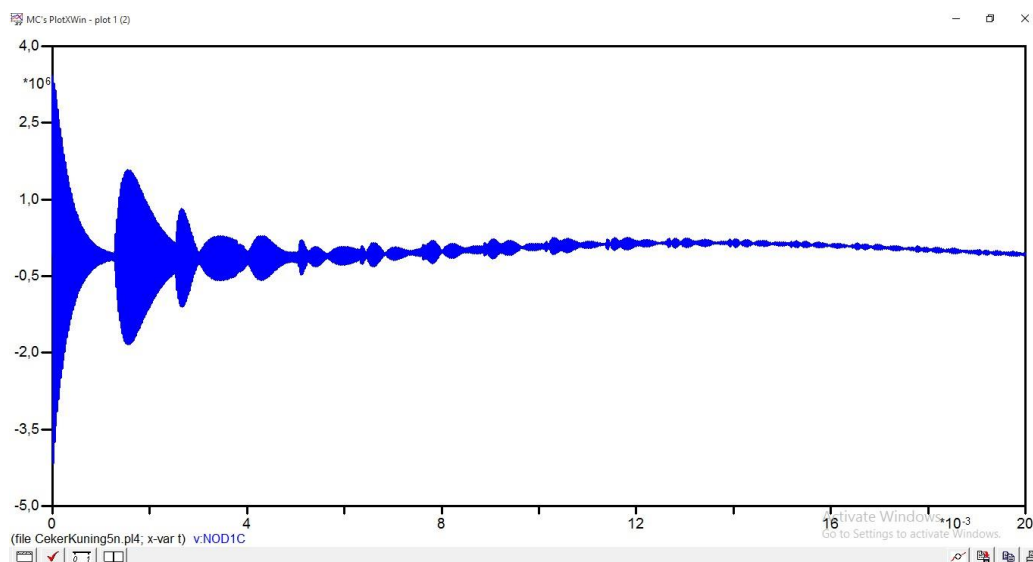
Sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa A

— = Phasa B

Pada gambar 4.15 di atas dapat di lihat dampak dari adanya *surge* petir pada phasa C juga mempengaruhi phasa A dan phasa B. Grafik ini berdasarkan dari simulasi rangkaian pada phasa A nilai tegangan puncaknya sebesar 547,21 kV dengan waktu muka petir  $1,4810 \times 10^{-3}$  s. Tegangan sistem pada phasa B juga mengalami kenaikan nilai tegangan puncak yaitu sebesar 463,41 kV dengan waktu muka petir  $2,681 \times 10^{-3}$  s.



Gambar 4. 16 Grafik Tegangan Lebih NOD1C

Sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa C

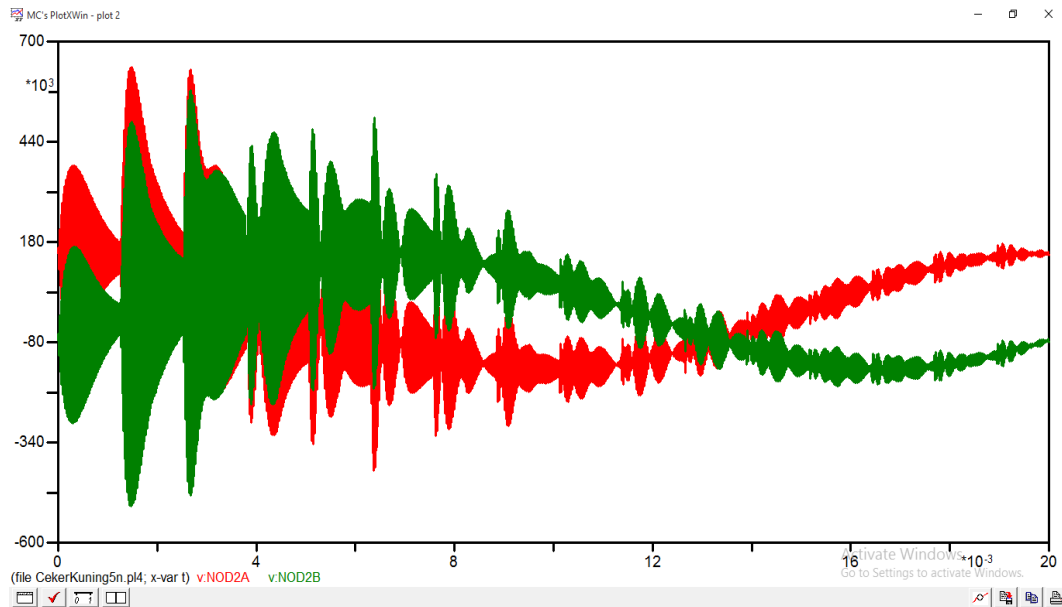
Pada gambar 4.16 menunjukkan pada phasa C nilai tegangan puncak yang terjadi yaitu sebesar 3.4207 MV dengan waktu muka petir sebesar  $2.000 \times 10^{-6}$  s. Hal ini disebabkan oleh surge petir yang menyambar dan mengenai phasa C maka tegangan berlebih yang terjadi cukup tinggi dan dapat merusak komponen atau peralatan vital yang ada pada gardu induk.

Dari simulasi yang dilakukan dengan nilai arus petir sebesar 30 kA dapat mengakibatkan lonjakan tegangan yang cukup tinggi dan merusak peralatan pada Gardu Induk.



b. Grafik Plot XY pada NOD2 (tanpa *Arrester*)

Berdasarkan simulasi yang di lakukan pada gambar 4.14 pada titik NOD2A, NOD2B dan NOD2C maka di hasilkan grafik Plot XY sebagai berikut.



Gambar 4. 17 Grafik Tegangan Lebih NOD2A & NOD2B

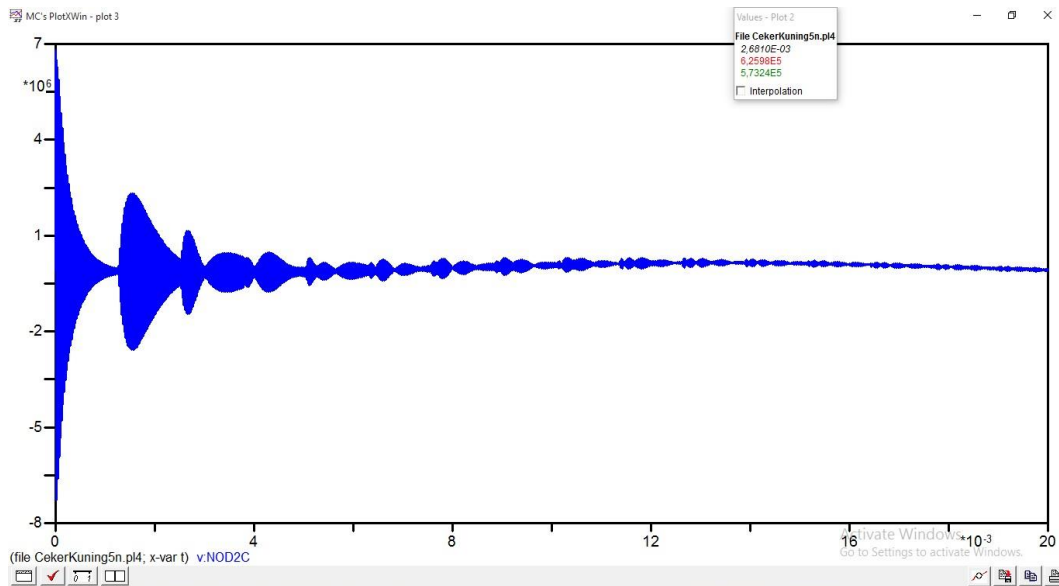
Sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa A

— = Phasa B

Pada gambar 4.17 diatas dapat dilihat dampak dari adanya *surge* petir pada phasa c yang juga mempengaruhi phasa A & phasa B. Ketika tegangan impuls melewati NOD2, nilai nya perlahan semakin bertambah. Hal ini di karenakan pada Phasa C yang perlahan mengalir menuju beban. Berdasarkan grafik dari simulasi rangkaian, nilai tegangan puncak sebesar 713,59 kV dengan waktu muka petir sebesar  $1,4810 \times 10^{-3}$  s. Sedangkan pada tegangan sistem phasa B juga mengalami kenaikan tegangan puncak sebesar 640,09 kV dengan waktu muka petir sebesar  $2,681 \times 10^{-3}$  s.



Gambar 4. 18 Grafik Tegangan lebih pada NOD2C

Sumber: *Software ATP Draw*

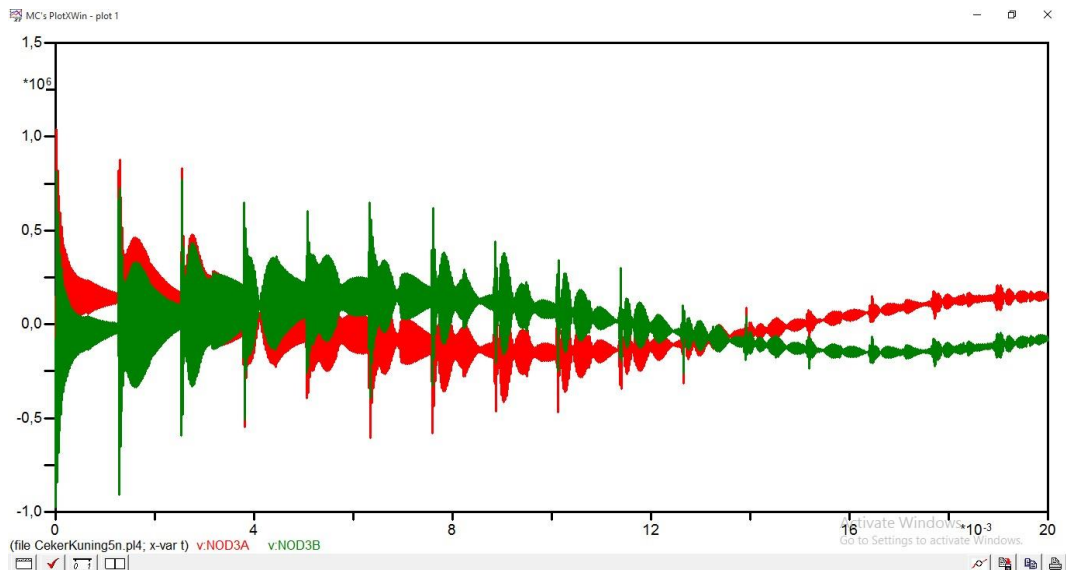
Keterangan :

— = Phasa C

Pada gambar 4.18 diatas dapat di lihat bahwa pada phasa C terjadi respon di saluran dengan nilai tegangan puncak sebesar 6,7938 MV dengan waktu muka petir sebesar  $6,000 \times 10^{-6}$  s. Hal ini terjadi karena tegangan petir dengan nilai 30 kA menyambar phasa C dan mengakibatkan terjadinya tegangan lebih yang cukup tinggi

c. Grafik Plot XY pada NOD3 (Transformator)

Berdasarkan rangkaian pada gambar 4.14 pada titik NOD3A, NOD3B, dan NOD3C di hasilkan grafik Plot XY sebagai berikut.



Gambar 4. 19 Grafik Tegangan lebih NOD3A & NOD3B

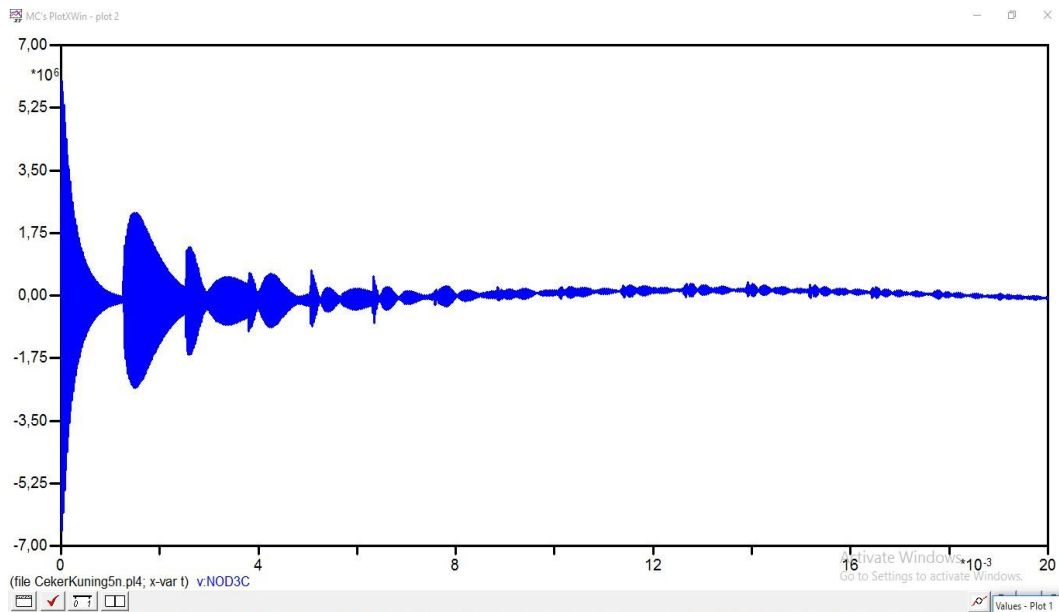
Sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Fasa A

— = Fasa B

Pada gambar 4.19 di atas menunjukkan dampak dari adanya *surge* petir di fasa C yang mempengaruhi fasa A dan fasa B. Ketika tegangan impuls melewati NOD3 nilai nya perlahan semakin bertambah lebih besar di banding dengan nilai puncak tegangan pada NOD2. Hal ini di karenakan titik petir pada fasa C mengalir semakin dekat dengan beban. Berdasarkan rangkaian yang disimulasikan, nilai grafik pada fasa A yang di hasil kan untuk tegangan puncak yaitu sebesar 1,1731 MV dengan waktu muka petir sebesar  $1,8000 \times 10^{-5}$  s. Sedangkan tegangan sistem di fasa B juga mengalami kenaikan tegangan pucak sebesar 949,23 kV dengan waktu muka petir sebesar  $1,8000 \times 10^{-5}$  s.



Gambar 4. 20 Grafik Tegangan lebih pada NOD3C

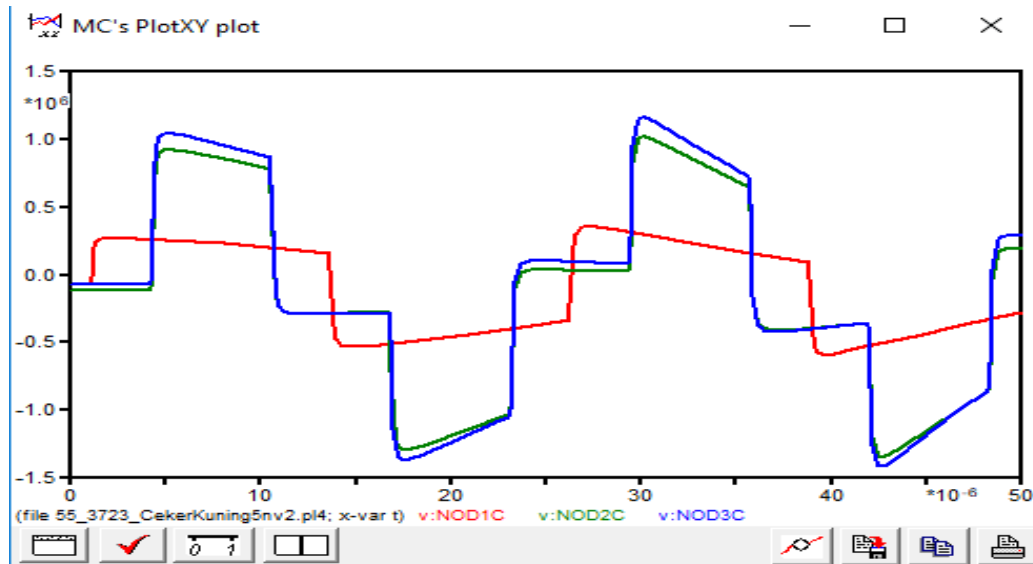
Sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa C

Dari gambar di atas pada phasa C terjadi respon dengan nilai tegangan puncak sebesar 5,9118 MV dengan waktu muka petir sebesar  $8,000 \times 10^{-6}$  s. Hal ini terjadi karena tegangan petir dengan nilai 30 kA menyambar phasa C dan mengakibatkan terjadinya tegangan lebih yang cukup tinggi.

Di bawah ini adalah grafik perbandingan tegangan berlebih pada NOD1, NOD2, dan NOD3.



Gambar 4. 21 Grafik Plot XY tegangan berlebih NOD1, NOD2, dan NOD3

Sumber : *Software ATP Draw*

Keterangan :

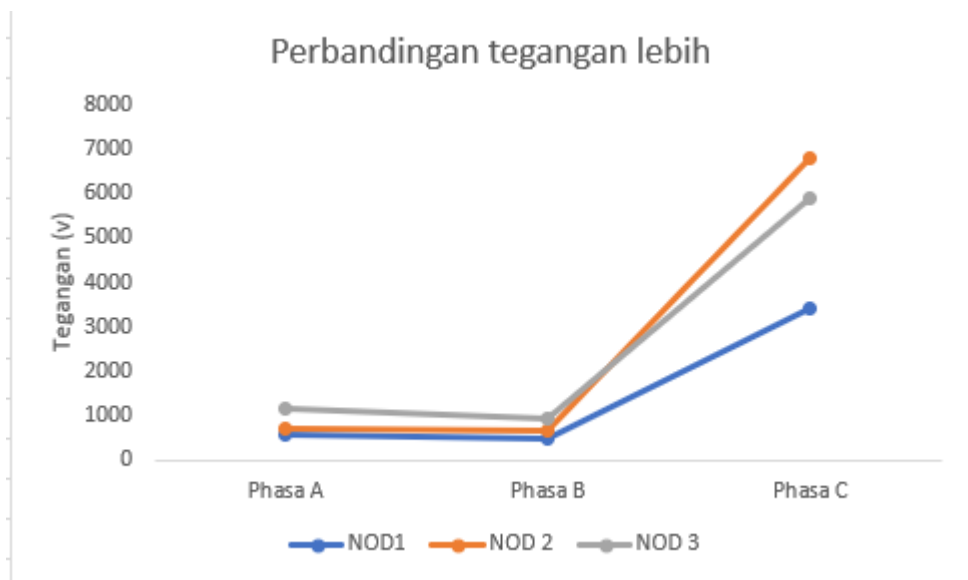
- = NOD1
- = NOD2
- = NOD3

Dibawah ini adalah tabel perbandingan tegangan lebih pada titik NOD1 (*line*), NOD2 (tanpa arrester) dan NOD3 (Transformator) yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.3 Perbandingan tegangan lebih disetiap titik tanpa arrester.

Titik	phasa (kV)		
	A	B	C
<i>NOD1 (line)</i>	547,21	463,41	3420,7
<i>NOD2 (tanpa arrester)</i>	713,59	640,09	6793,8
<i>NOD3 (transformator)</i>	1173,1	949,23	5911,8

Berikut adalah Grafik Perbandingan tegangan lebih pada titik NOD1, NOD2, dan NOD3.



Gambar 4. 22 Grafik Perbandingan Tegangan lebih pada titik NOD1, NOD2, dan NOD3

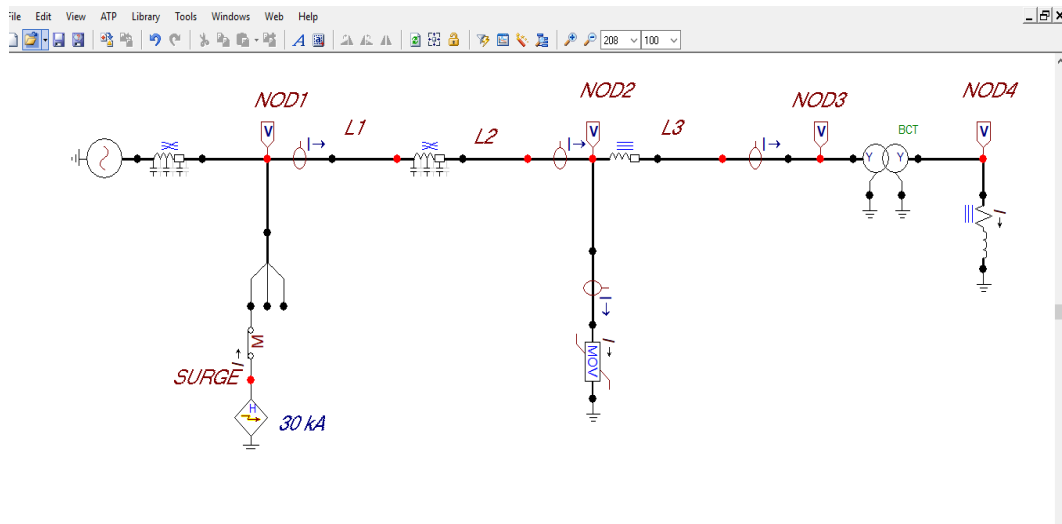
Sumber: Ms. Excel

Berdasarkan grafik diatas dapat di lihat pada titik NOD1 ke NOD2 mengalami kenaikan tegangan impuls, kemudian tegangan impuls berjalan merambat melalui NOD3 dan mengalami penurunan pada phasa C, Hal ini dikarenakan sumber *surge* petir berjalan semakin mendekati beban transformator sementara phasa A dan phasa B nilai nya semakin naik dikarenakan efek dari induktansi petir pada phasa C.

#### 4.5.8 Simulasi Rangkaian Dengan Komponen Surja Petir dan *Arrester* Terpasang Sejauh 3 m Sesuai Dengan Keadaan di Lapangan.

Pada simulasi kali ini dilakukan dengan pemasangan komponen surge petir dan juga pemasangan *Arrester*, jarak pemasangan arrester dipasang sesuai dengan jarak perhitungan dan jarak sebenarnya dilapangan. *Surge* petir akan menyambar phasa C dengan nilai sebesar 30 kA. Rangkaian disimulasi kan untuk melihat kejadian pada posisi NOD1 (*line*), NOD2 (*Arrester*), dan NOD3 (Transformator)

dengan melihat nilai dari ketiga NOD tersebut pada grafik yang dihasilkan. Di bawah ini adalah pemodelan rangkaian dengan terpasangnya *Arrester*.

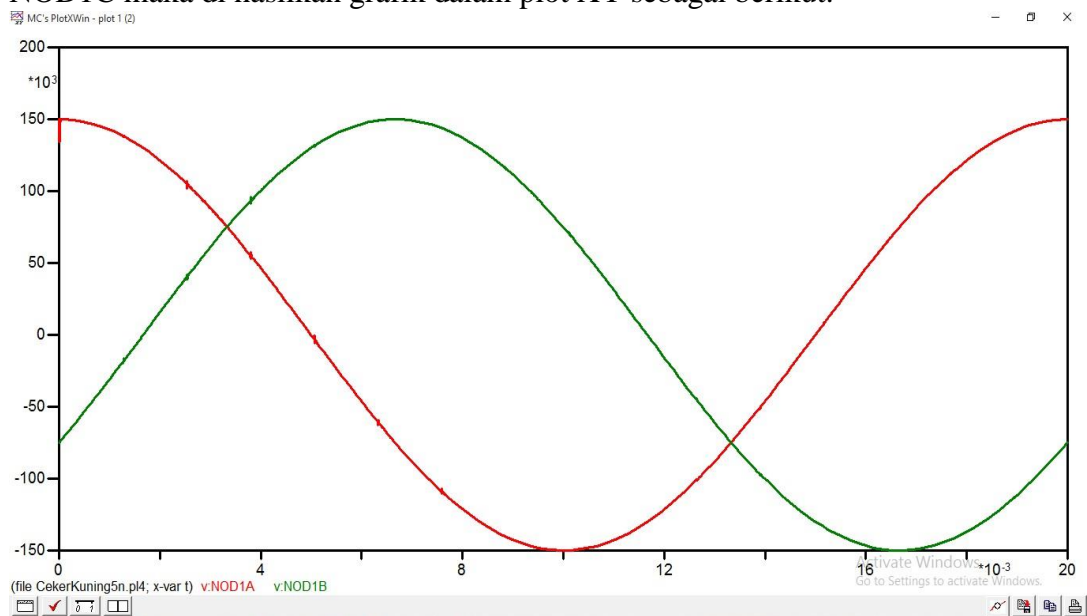


Gambar 4. 23 rangkaian dengan surge petir dan *Arrester*

Sumber : *Software ATP Draw*

a. Grafik Plot XY pada NOD1 (*line*)

Berdasarkan rangkaian di atas maka pada titik NOD1A, NOD1B, dan NOD1C maka di hasilkan grafik dalam plot XY sebagai berikut.



Gambar 4. 24 Grafik Tegangan lebih NOD1A dan NOD1B

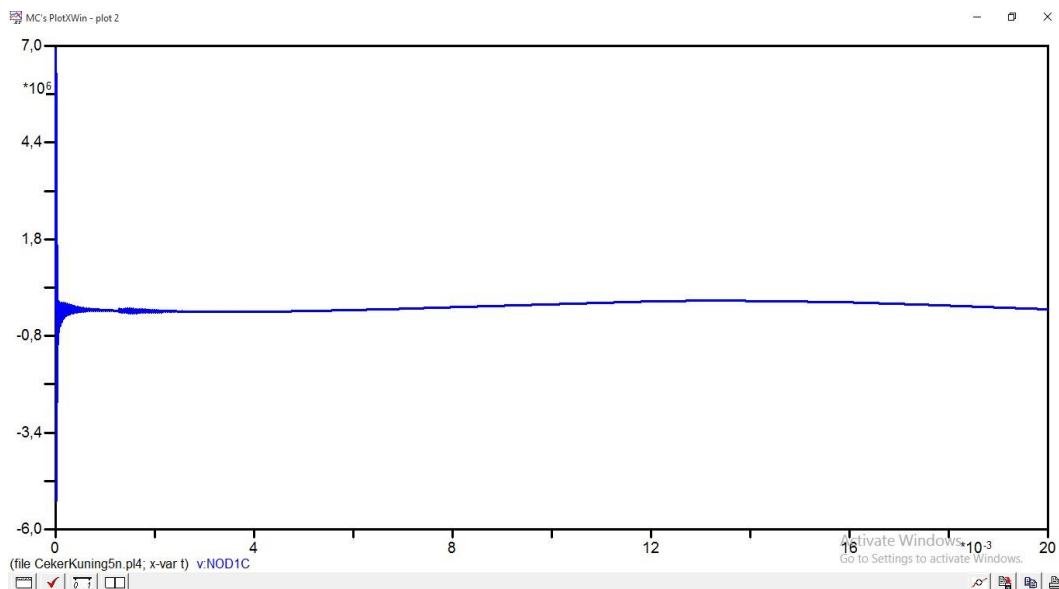
Sumber : *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa A

— = Phasa B

Pada gambar 4.24 diatas menunjukkan efek dari *surge* petir pada phasa C yang mempengaruhi phasa A dan phasa B, karena adanya komponen *Arrester* yang terpasang maka dapat memotong tegangan lebih yang terjadi dan dapat melindungi Transformator dari tegangang berlebih dengan cepat. Berdasarkan simulasi rangkaian di atas nilai tegangan puncak nya menjadi sebesar 150 kV dengan waktu muka petir sebesar 0 s. pada tegangan sistem phasa B setelah di pasang komponen *Arrester* juga mengalami penurunan nilai tegangan puncak menjadi 149,99 kV dan waktu muka petir sebesar  $6,6830 \times 10^{-3}$  s.



Gambar 4. 25 Grafik tegangan lebih NOD1C

Sumber : *Software ATP Draw*

Keterangan :

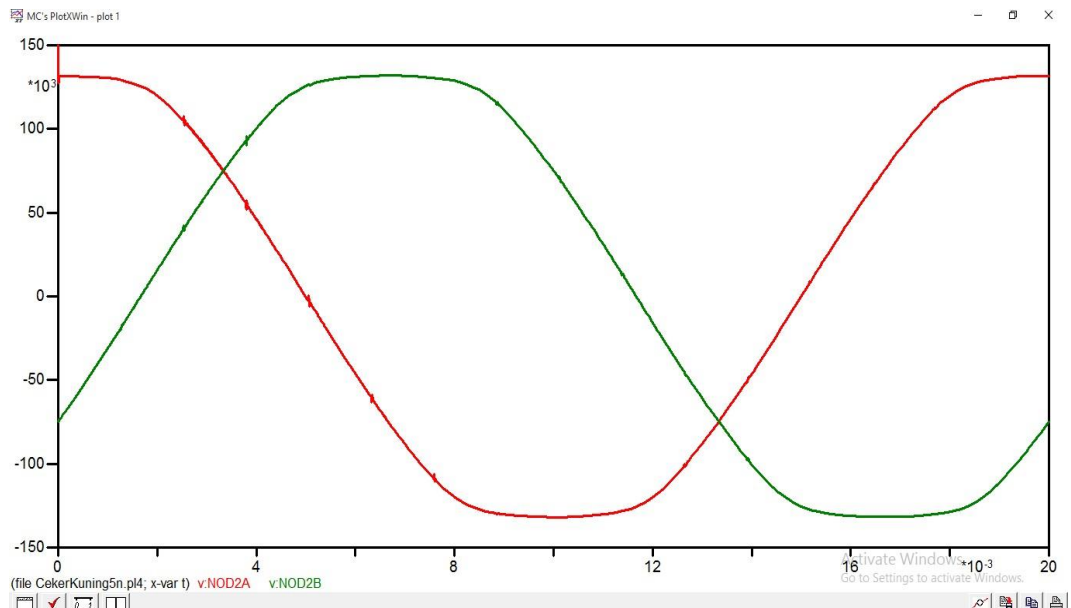
— = Phasa C

Pada 4.25 di atas dapat di lihat surge petir pada phasa C mengakibatkan tegangan puncak sebesar 3,4207 MV dengan waktu muka petir sebesar  $2,000 \times 10^{-6}$  s. Pada titik NOD1C belum terjadi respon karena jarak arester dan surge petir yang datang masih cukup jauh.



b. Grafik Plot XY pada NOD2 (*Arrester* 3 meter)

Pada NOD2 grafik Plot XY yang di hasilkan pada titik NOD2A, NOD2B, dan NOD2C adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 26 Grafik Tegangan lebih pada NOD2A & NOD2B

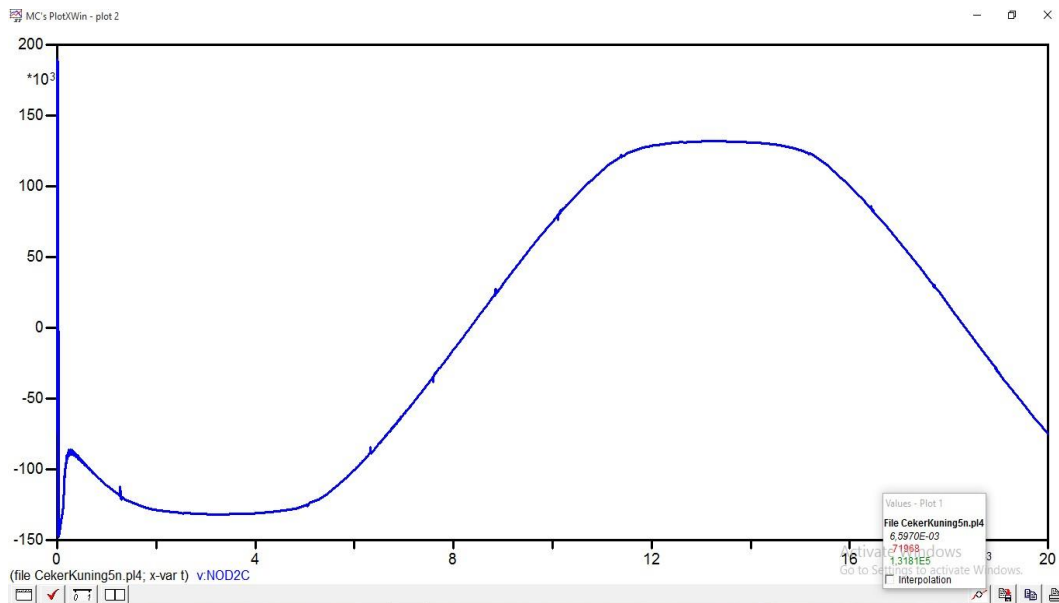
sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa A

— = Phasa B

Pada gambar 2.26 di atas dapat di lihat ketika *Arrester* yang terpasang sejauh 3m dapat memotong tegangan lebih dengan cepat sehingga dapat melindungi transformator. Pada simulasi rangkaian ini tegangan puncak menjadi sebesar 149,70 kV dengan waktu muka petir sebesar 0 s. Pada phasa B tegangan sistem juga mengalami penurunan nilai pasca di pasang nya *Arrester* yaitu menjadi sebesar 125,81 dan waktu muka petir nya sebesar  $6,348 \times 10^{-3}$  s.



Gambar 4. 27 Grafik Tegangan lebih pada NOD2C

sumber: *Software ATP Draw*

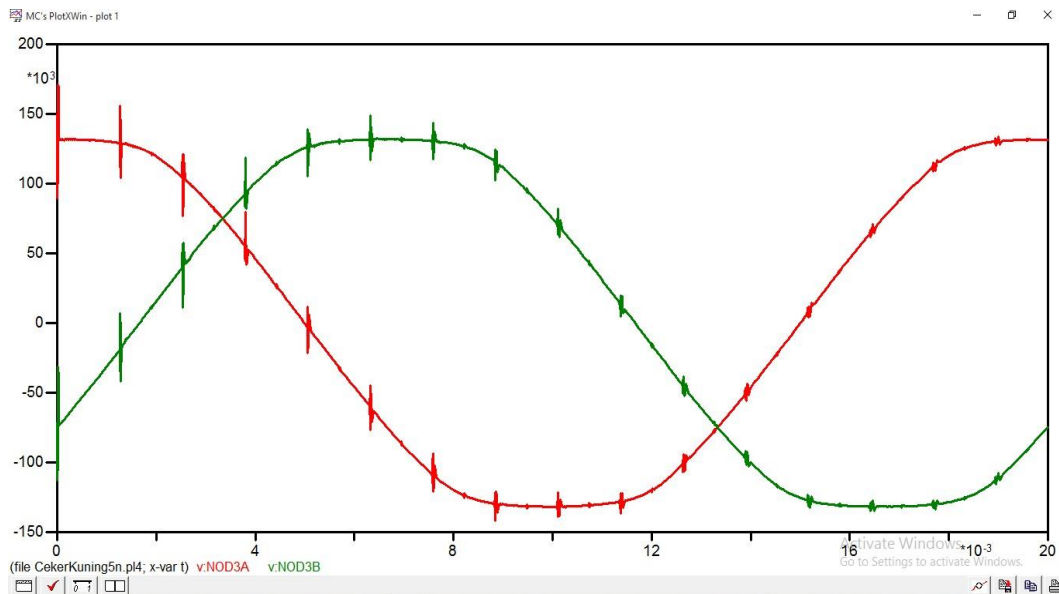
Keterangan :

— = Fase C

Pada Gambar 4.27 di atas menunjukkan akibat adanya kerja dari *Arrester* yang memotong tegangan impuls dengan cepat. nilai tegangan menjadi sebesar 154,65 kV dengan waktu muka petir dengan waktu muka petir sebesar  $2,000 \times 10^{-5}$  s. Jika dibandingkan dengan sebelumnya tanpa pemasangan komponen *Arrester* nilai ini turun sebanyak 97,21%.

c. Grafik Plot XY pada NOD3 (Transformator)

Di bawah ini adalah grafik Plot XY hasil simulasi pada NOD3 pada titik NOD3A, NOD3B, dan NOD3C.



Gambar 4. 28 Grafik Tegangan lebih NOD3A & NOD3B

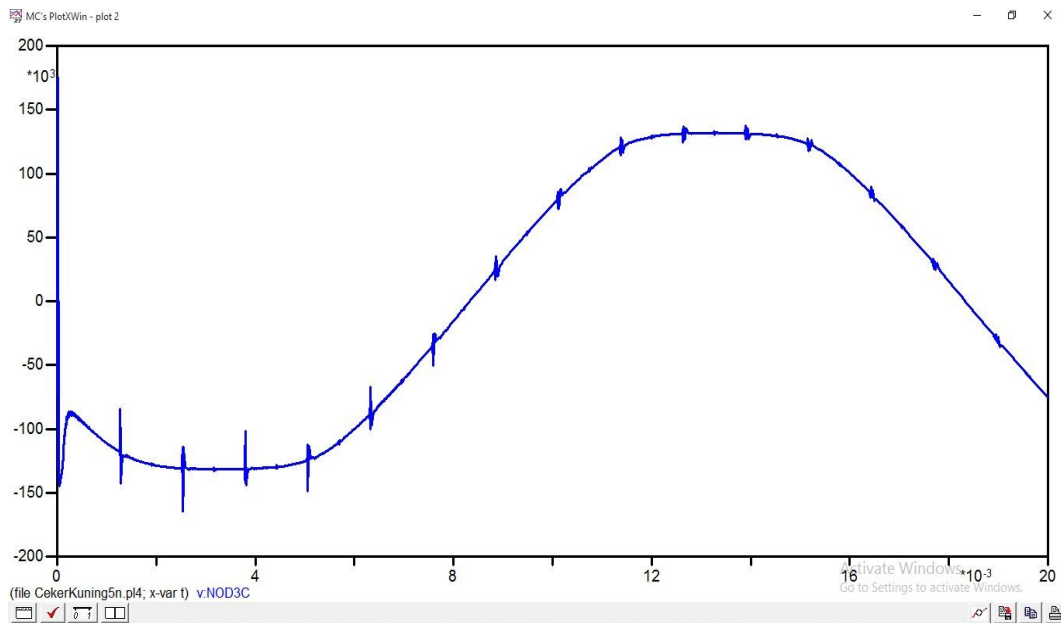
sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa A

— = Phasa B

Pada gambar 4.28 di atas tegangan lebih berjalan melewati NOD3, nilai nya juga berkurang dibandingkan nilai tegangan puncak tegangan pada NOD2. Hal ini terjadi karena petir pada phasa C di potong dengan sangat cepat oleh kerja *Arrester* dan perlahan semakin dekat dengan beban. Dari grafik simulasi di atas nilai tegangan nya sebesar 170,79 kV dengan waktu muka petir sebesar  $1,2000 \times 10^{-5}$  s. jika di bandingkan dengan sebelum nya nilai ini turun sebanyak 85,40%. Pada phasa B nilai tegangan nya sebesar 139,77 kV dengan waktu muka petir sebesar  $6,3380 \times 10^{-3}$  s. dibandingkan dengan sebelum nya nilai ini turun sebanyak 85,28 %.



Gambar 4. 29 Grafik Tegangan lebih NOD3C

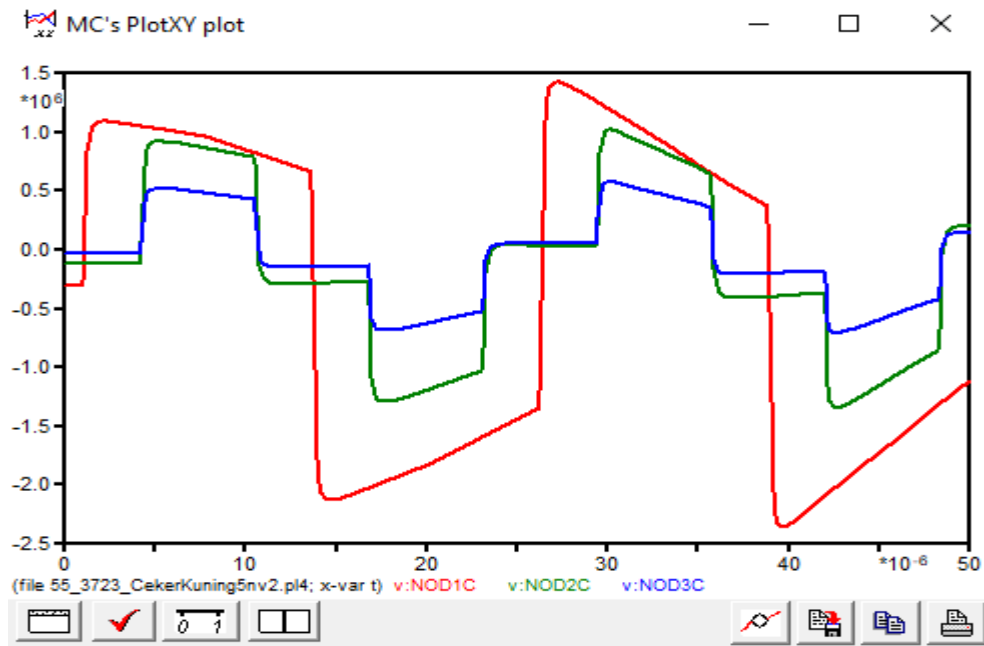
sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa

Pada Gambar 4.29 di atas menunjukkan nilai tegangan menjadi sebesar 143,23 kV dengan waktu muka petir sebesar  $2,200 \times 10^{-5}$  s. dibandingkan dengan sebelumnya tanpa arester maka nilai nya mengalami penurunan sebanyak 97.58%.

Gambar 4.30 di bawah ini grafik perbandingan tegangan berlebih pada NOD1, NOD2, dan NOD3 dalam bentuk Plot XY



Gambar 4. 30 Grafik perbandingan tegangan lebih pada NOD1, NOD2, dan NOD3 dengan *Arrester* terpasang  
Sumber : *Software ATP Draw*

Keterangan :

- = NOD1
- = NOD2
- = NOD3

Dibawah ini adalah tabel perbandingan tegangan lebih pada titik NOD1 (*line*), NOD2 (tanpa *arrester*) dan NOD3 (Transformator) yaitu sebagai berikut.

Table 1 Perbandingan tegangan lebih disetiap titik *arrester* jarak 3 meter.

Titik	Phasa (kV)		
	A	B	C
<i>NOD1 (line)</i>	150	149,99	3420,7
<i>NOD2 (arrester)</i>	149,70	125,81	154,65
<i>NOD3 (transformator)</i>	170,70	139,77	143,23

Gambar 4.31 dibawah ini adalah tabel grafik perbandingan pada titik NOD1, NOD2, dan NOD3.



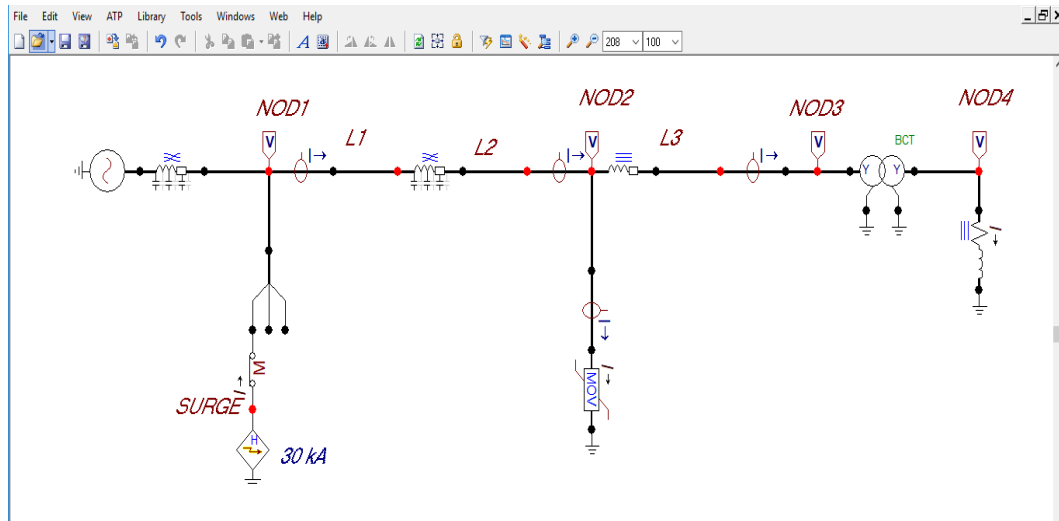
Gambar 4. 31 Grafik tegangan lebih pada NOD1, NOD2, dan NOD3 dengan *Arrester* terpasang sejauhh 3 m seperti di lapangan

Sumber : Ms.Excel

Berdasarkan pada grafik di atas tegangan lebih yang di sebabkan oleh *surge* petir yang datang pada phasa C nilai tegangan nya berkurang karena kerja dari komponen *Arrester*. Dapat di lihat pada phasa C nilai tegangan lebih pada titik NOD1 (*line*) dengan nilai sebesar 3.420,7 MV dan kemudia turun pada titik NOD2 (*Arrester*) menjadi sebesar 154,65 kV dan kemudian turun lagi pada titik NOD3 (*Transformator*) menjadi sebesar 143,23 kV.

#### 4.5.9 Simulasi Rangkaian Dengan Komponen Petir dan Komponen *Arrester* Sejauh 9,75 Meter Pada Gardu Induk

Pada simulasi kali ini akan di lakukan dengan rangkaian *surge* petir dan komponen *Arrester* serta variasi jarak *Arrester* dengan jarak sebelum nya yaitu sejauh 9,75 m sesuai dengan data perhitungan. *Surge* petir yang menyambar phasa C sebesar 30 kA. Dari simulasi nanti akan di lihat pada titik NOD1 (*line*), NOD2 (*Arrester*), dan NOD3 (*Transformator*) dengan melihat hasil dari Grafik Plot XY nya nanti. Dibawah ini adalah rangkain yang terpasang *Arrester* dengan jarak sejauh 9,75 m.

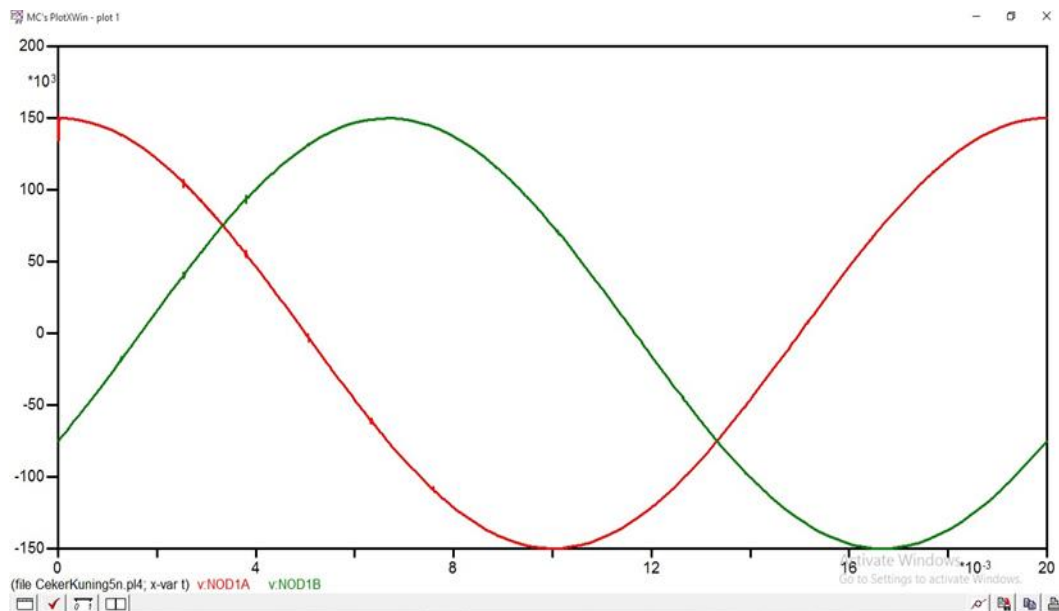


Gambar 4. 32 Gambar Simulasi dengan Surge Petir Dilengkapi Arrester

sumber: *Software ATP Draw*

a. Grafik Plot XY pada NOD1 (*Line*)

Dari hasil simulasi di atas pada titik NOD1, NOD2, dan NOD3 di hasilkan grafik Plot XY seperti gambar 4.33 berikut.



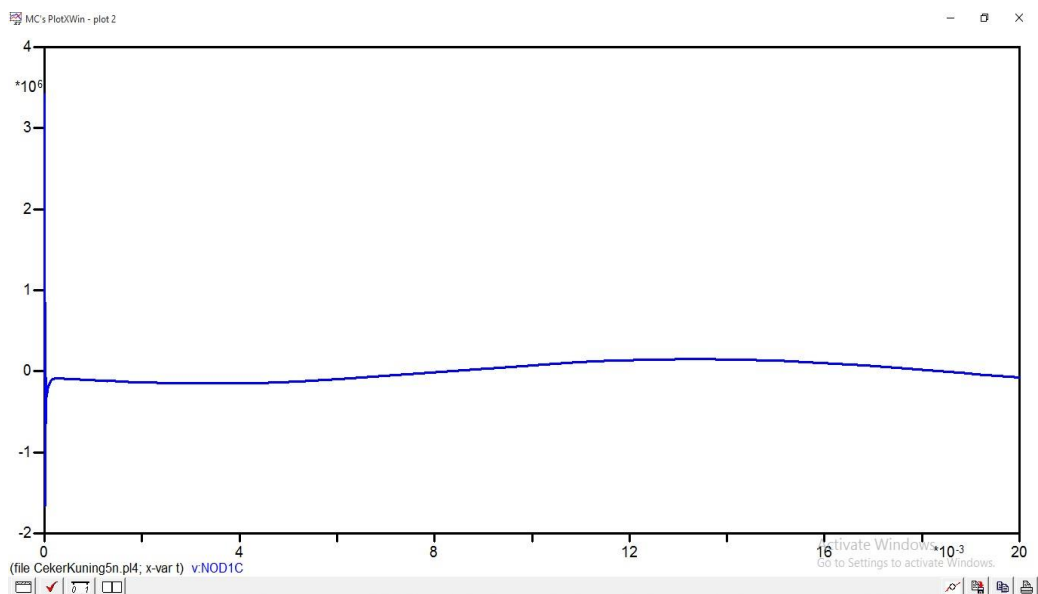
Gambar 4. 33 Grafik Tegangan lebih NOD1A & NOD1B

sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa A  
— = Phasa B

Berdasarkan simulasi rangkaian maka tegangan puncak pada grafik nilai pada fasa A menjadi sebesar 150,6 kV dan waktu muka petir nya sebesar 0 s. Pada fasa B mengalami penurunan nilai tegangan puncak menjadi 149,99 kV dengan waktu muka petir sebesar  $6,593 \times 10^{-3}$  s.



Gambar 4. 34 Grafik Tegangan lebih NOD1C

sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

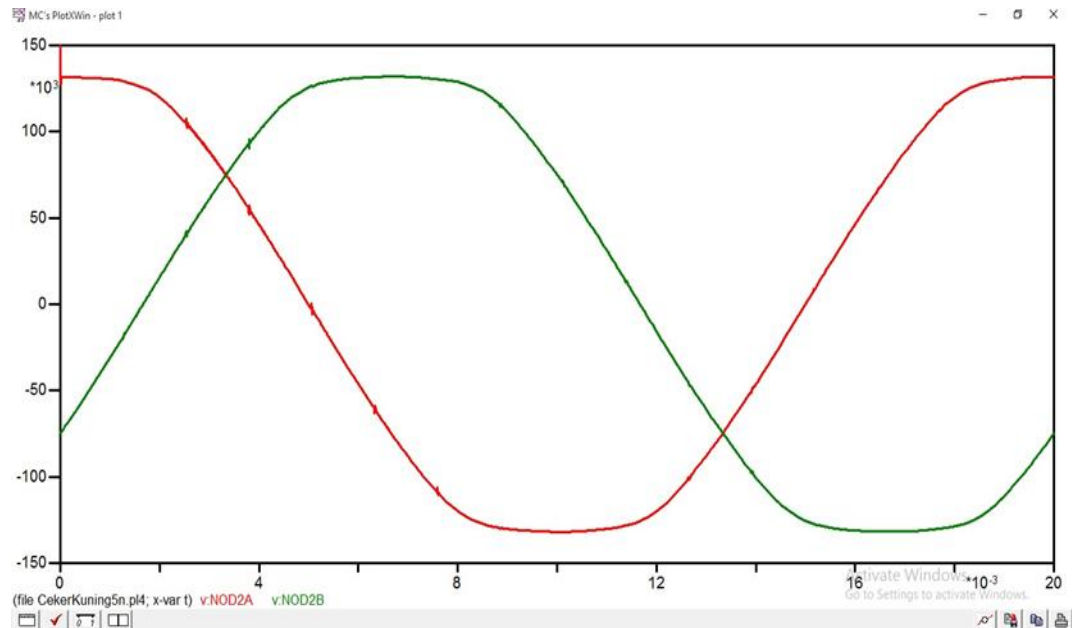
— = Fasa C

Dari gambar 4.34 dapat dilihat bahwa dengan adanya *surge* petir pada fasa C mengakibatkan nilai tegangan puncak mejadi sebesar 3,4216 MV dengan waktu muka petir sebesar  $2.000 \times 10^{-6}$  s. Pada posisi *NOD1C* belum terjadi respon dengan adanya pemasangan arrester dikarenakan arrester berjarak cukup jauh dari adanya *surge* petir.



b. Grafik Plot XY pada NOD2 (*Arrester*)

Gambar 4.35 Dibawah ini adalah grafik Plot XY tegangan lebih pada titik NOD2A dan NOD2B.



Gambar 4. 35 Grafik Tegangan lebih NOD2A & NOD2B

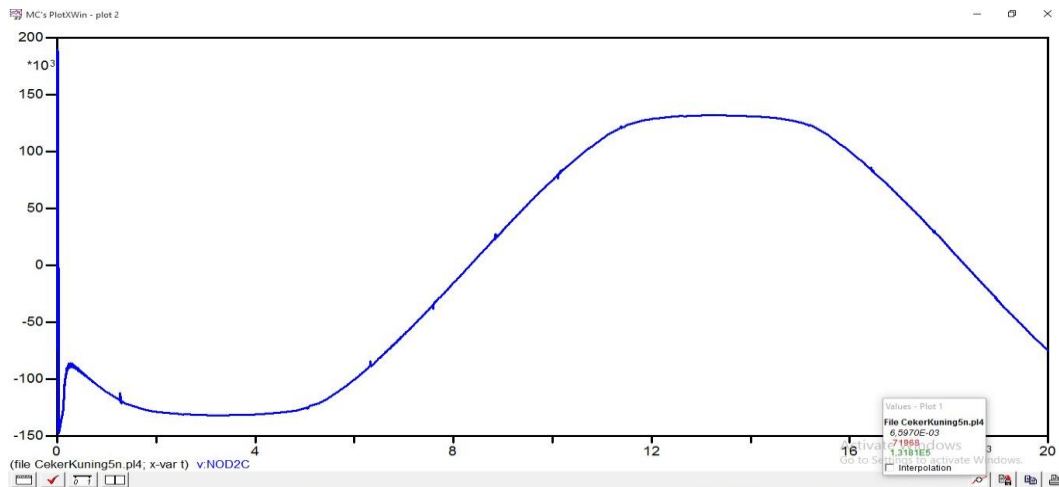
sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa A

— = Phasa B

Dari grafik di atas pada phasa A nilai tegangan puncaknya menjadi sebesar 149,90 kV dengan waktu muka petir sebesar 0 s. pada phasa B tegangan puncak menjadi 131,85 kV dengan waktu muka petir  $6,591 \times 10^{-3}$  s.



Gambar 4. 36 Grafik Tegangan lebih pada titik NOD2C

sumber: *Software ATP Draw*

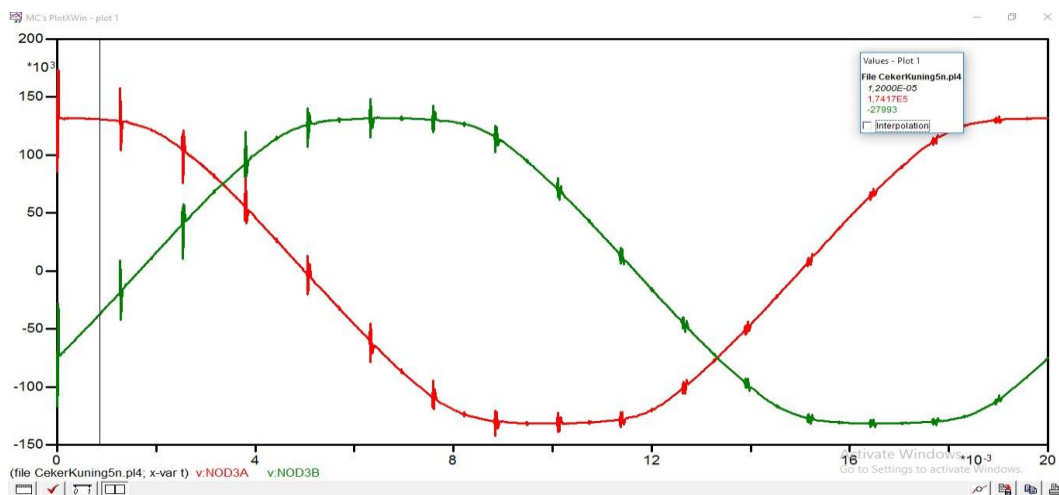
Keterangan :

— = Phasa C

Dari grafik di atas nilai tegangan lebih pada phasa C sebesar 189,74 kV dengan waktu muka petir sebesar  $6,000 \times 10^{-3}$  s. nilai ini naik sebesar 0.29 % jika di bandingkan dengan jarak *Arrester* terpasang sejauh 3 m.

#### c. Grafik Plot XY pada titik NOD3 (Transformator)

Gambar 4.37 di bawah ini adalah grafik dari simulasi pada titik NOD3A, NOD3B, dan NOD3C.



Gambar 4. 37 Grafik Tegangan lebih pada titik NOD3A & NOD3B

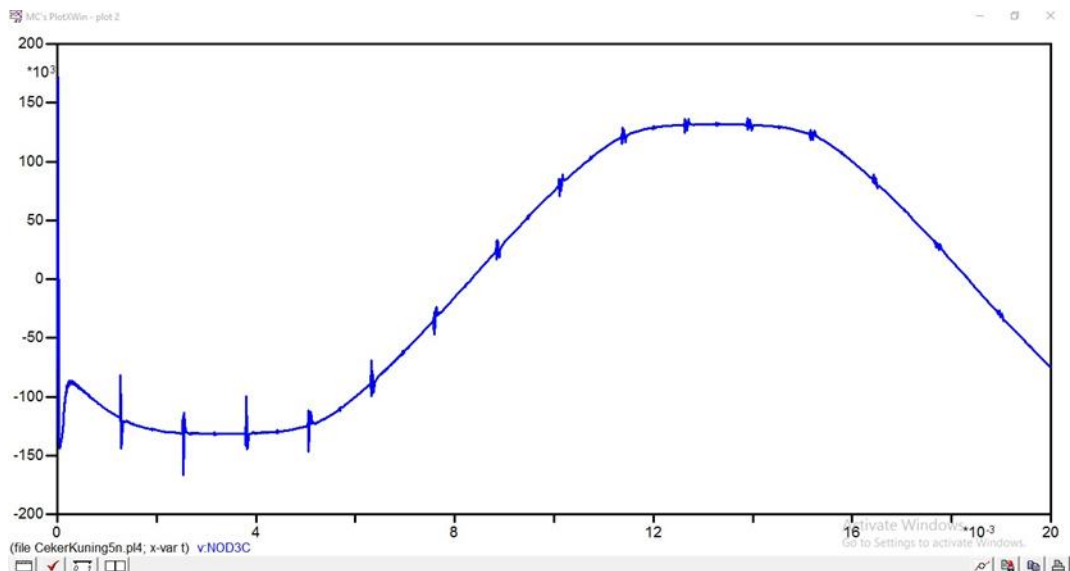
sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa A

— = Phasa B

Dari grafik di atas menunjukkan nilai tegangan pada phasa A sebesar 175,17 kV dengan waktu muka petir nya sebesar  $1,2000 \times 10^{-5}$  s. nilai ini naik sekitar 1,88 % jika kita bandingkan dengan jarak arester terpasang sejauh 3 meter. Pada phasa B nilai tegangan nya menjadi sebesar 148,49 kV dengan waktu muka petir sebesar  $6,328 \times 10^{-3}$  s. pada phasa B jika dibandingkan dengan jarak *Arrester* terpasang sejauh 3 m, nilai ini naik sekitar 5,70 %.



Gambar 4. 38 Grafik Tegangan lebih pada titik NOD3C

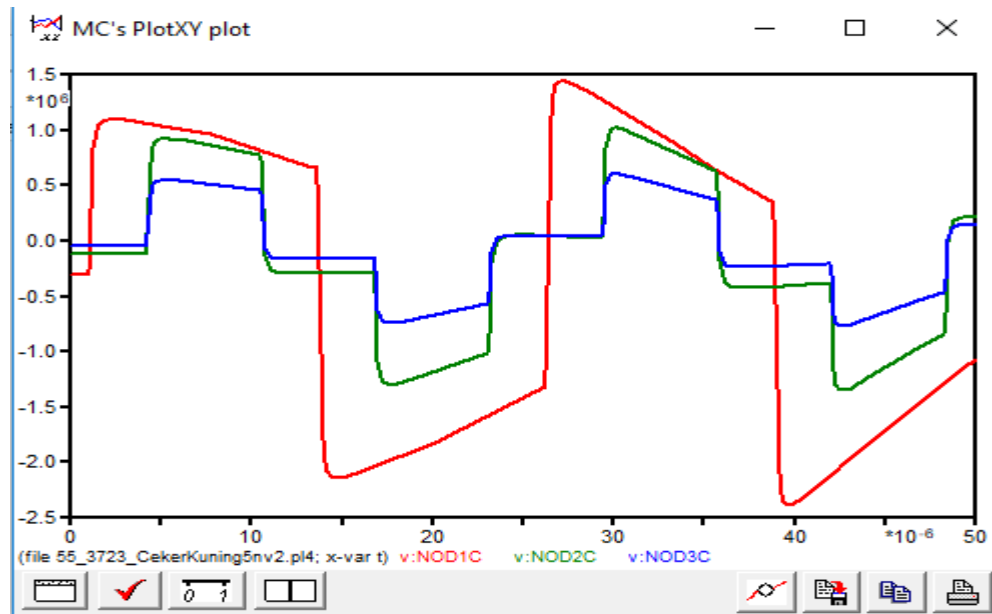
sumber: *Software ATP Draw*

Keterangan :

— = Phasa C

Pada grafik di atas nilai tegangan pada phasa C menjadi sebesar 170,3 kV dengan waktu muka petir  $1,000 \times 10^{-5}$  s. nilai ini naik sebanyak 19.40 % jika dibandingkan dengan jarak sebelum nya 3 meter.

Gambar 4.39 di bawah ini grafik perbandingan tegangan berlebih pada NOD1, NOD2, dan NOD3 dalam bentuk Plot XY



Gambar 4. 39 Grafik perbandingan NOD1, NOD2, dan NOD3 dalam bentuk Plot XY

Sumber : *Software ATP Draw*

Keterangan :

- = NOD1
- = NOD2
- = NOD3

Dari simulasi di atas dapat di buat tabel sebagai perbandingan pada titik NOD1 (line), NOD2 (*Arrester*) dan NOD3 (Transformator) adalah sebagai berikut ini.

Table 2 Perbandingan tegangan lebih disetiap titik arrester jarak 4 meter.

Titik	Phasa (kV)		
	A	B	C
<i>NOD1</i> (line)	150,9	149,99	3421,6
<i>NOD2</i> (arrester)	149,90	131,85	189,74
<i>NOD3</i> (transformator)	175,17	148,49	172,3

Di bawah ini adalah grafik perbandingan tegangan berlebih pada titik NOD1 (line), NOD2 (*Arrester*), dan NOD3 (Transformator) pada gambar 4.40 berikut.



Gambar 4. 40 Tegangan berlebih pada titik NOD1 (*line*), NOD2 (*Arrester*), dan NOD3 (Transformator)

Sumber : Ms.Excel

Pada grafik di atas rangkaian dengan terpasang *surge* petir senilai 30 kA dan *Arrester* terpasang sejauh 9,75 meter masih dapat mengatasi surge petir yang datang secara cepat. terlihat pada nilai pada pada Phasa C dititik NOD1 sebesar 3421,6 MV kemudian pada NOD2 menjadi 189,74 kV kemudian pada NOD3 menjadi sebesar 172,3 kv yang artinya nilai semakin menurun.