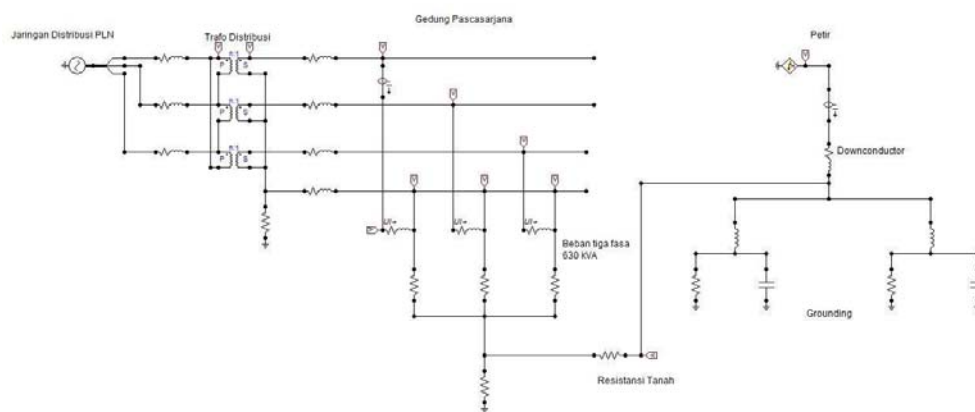


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemodelan Sistem

Berdasarkan pada hasil studi analisa sistem penyalur petir di Gedung Pascasarjana UMY, maka disusun model diagram kelistrikan dan sistem penyalur petir yang akan digunakan dalam simulasi berikut ini.



Gambar 4. 1 Diagram model saluran penyalur petir pada Gedung Pascasarjana UMY

Pada model sistem kelistrikan gedung beserta sistem penyalur petir Gedung Pascasarjana UMY, parameter yang digunakan dalam simulasi adalah sebagai berikut:

Nilai resistansi dan induktansi konduktor penyalur berdasarkan persamaan 3.1 dan 3.2 adalah  $0,016 \Omega$  dan  $0,00471 \text{ mH}$ . Nilai induktansi dan kapasitansi elektroda penyalur petir berdasarkan persamaan 3.3 dan 3.4 adalah  $0,00425 \text{ mH}$  dan

$7,7 \times 10^{-5} \mu\text{F}$ . Sedangkan untuk nilai resistansi elektroda pentanahan menggunakan nilai  $5 \Omega$  sesuai dengan data teknis gedung.

Sumber AC menggunakan parameter dengan amplitudo 11.560 V fasa-netral atau 20.000 V fasa-fasa dengan pemasok tiga fasa dan frekuensi 50 Hz. Pada trafo menggunakan hubungan delta-star ( $\Delta/Y$ ) dengan rasio masukan dan keluaran (n) sebesar 90,9 sehingga menghasilkan keluaran sebesar 220 V fasa-netral. Nilai resistansi pentanahan trafo yang digunakan adalah  $5 \Omega$ . Beban pada gedung sebesar 630 kVA dan resistansi pentanahan kelistrikan gedung menggunakan variasi sesuai kebutuhan dalam simulasi

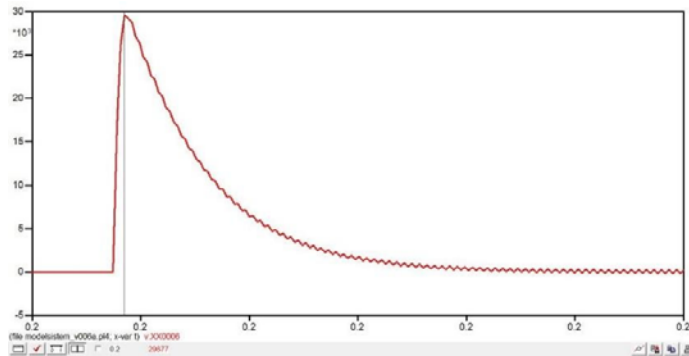
#### **4.2 Simulasi Pengaruh Nilai Tahanan Pentanahan Kelistrikan Gedung Terhadap Kenaikan Tegangan pada Sistem Pentanahan Ketika Terjadi Sambaran**

Pada simulasi ini digunakan arus petir 10 kA, 50 kA dan 100 kA dengan waktu impuls  $8/20 \mu\text{s}$  dan  $1,2/50 \mu\text{s}$  dan  $T_{\text{start}}$  yaitu waktu awal sambaran petir adalah 0,2 detik. Perhitungan nilai tahanan tanah antara elektroda penyalur petir dengan elektroda pentanahan kelistrikan gedung mengikuti persamaan 2.1 dimana nilai  $r_1 = 0,025 \text{ m}$ ,  $r_2 = 44,27 \text{ m}$  dan  $\rho = 100 \Omega\text{m}$  sehingga untuk tahanan tanah didapat  $636,44 \Omega$ . Sedangkan untuk nilai tahanan pentanahan gedung yang diuji menggunakan nilai  $1 \Omega$  s/d  $10 \Omega$ .

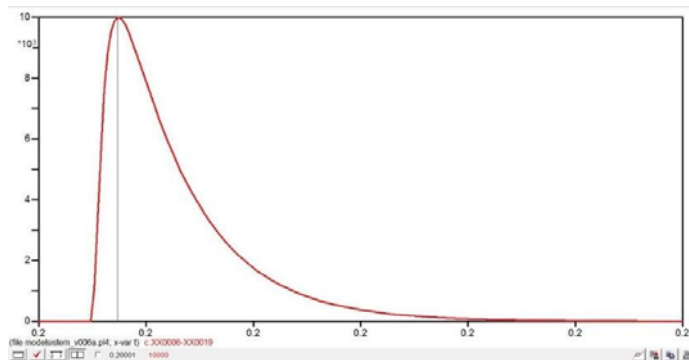
Berikut ini adalah hasil simulasi dengan menggunakan parameter di atas.

#### 4.2.1 Simulasi Sambaran Petir dengan Impuls 10 kA, 8/20 $\mu$ s

Dengan menggunakan parameter arus petir 10 kA dan waktu impuls sebesar 8/20  $\mu$ s, didapat grafik arus dan tegangan petir sebagai berikut.



Gambar 4. 2 Tegangan Petir 10 kA, 8/20  $\mu$ s



Gambar 4. 3 Grafik arus petir 10 kA, 8/20  $\mu$ s

Hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan gedung terhadap efek sambaran petir ditunjukkan pada tabel berikut ini.

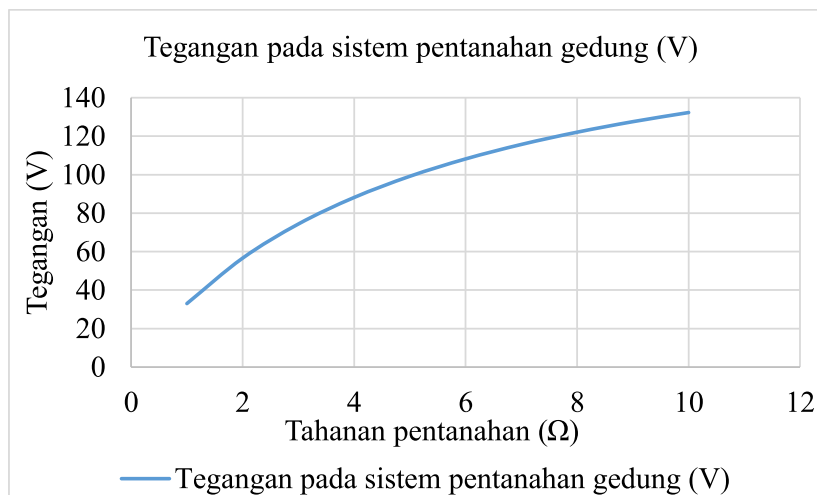
Tabel 4. 1 Tabel pengaruh tahanan pentanahan terhadap efek sambaran petir 10 kA, 8/20  $\mu$ s

Tahanan pentanahan ( $\Omega$ )	Tegangan pada sistem pentanahan gedung (V)
1	33,002

Tabel 4. 1 Lanjutan Tabel pengaruh tahanan pentanahan terhadap efek sambaran petir 10 kA, 8/20  $\mu$ s

Tahanan pentanahan ( $\Omega$ )	Tegangan pada sistem pentanahan gedung (V)
2	56,636
3	74,366
4	88,154
5	99,182
6	108,21
7	115,73
8	122,1
9	127,57
10	132,31

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai tegangan minimum dimana nilai tahanan sebesar 1  $\Omega$  yaitu 33,002 V dan nilai tegangan maksimum dimana nilai tahanan sebesar 10  $\Omega$  yaitu 132,31 V. Hasil simulasi akan ditampilkan pada grafik berikut ini.

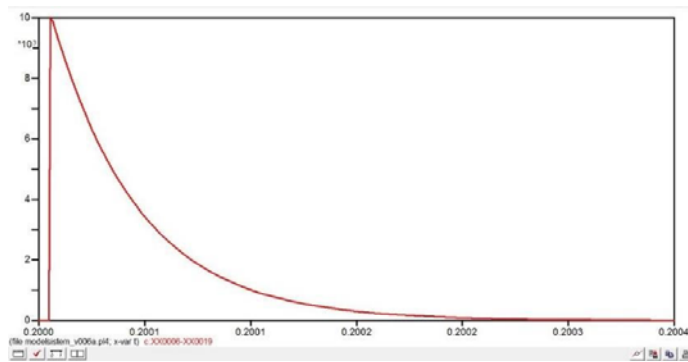


Gambar 4. 4 Grafik hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan terhadap sambaran petir 10 kA, 8/20  $\mu$ s

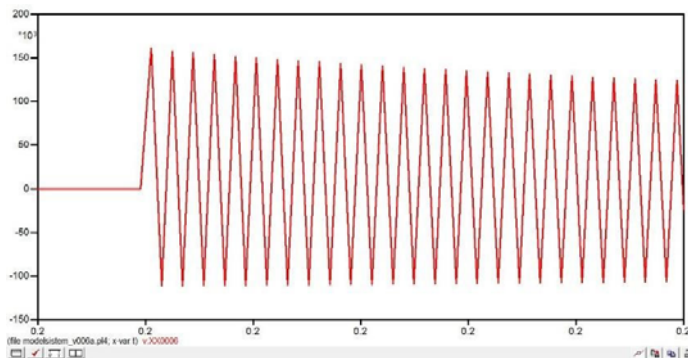
Grafik hubungan di atas menunjukkan bahwa semakin besar nilai resistansi sistem pentanahan, maka tegangan yang mengalir menuju sistem pentanahan juga semakin tinggi.

#### 4.2.2 Simulasi Sambaran Petir dengan Impuls 10 kA, 1,2/50 $\mu$ s

Dengan menggunakan parameter arus petir 10 kA dan waktu impuls sebesar 1,2/50  $\mu$ s, didapat grafik arus dan tegangan petir sebagai berikut.



Gambar 4. 5 Grafik arus petir 10 kA 1,2/50  $\mu$ s



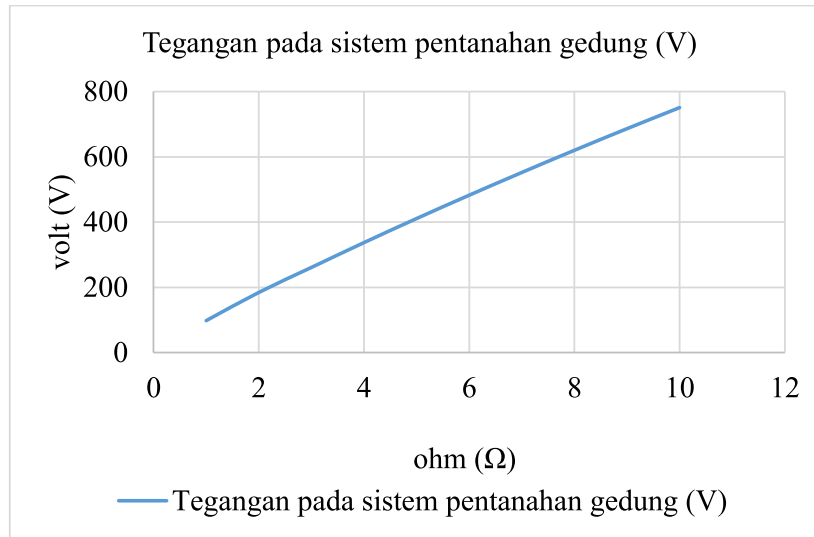
Gambar 4. 6 Grafik tegangan petir 10 kA 1,2/50  $\mu$ s

Hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan gedung terhadap efek sambaran petir ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 2 tabel pengaruh tahanan pentanahan terhadap efek sambaran petir 10 kA, 1,2/50  $\mu$ s

<b>Tahanan pentanahan (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Tegangan pada sistem pentanahan gedung (V)</b>
1	98
2	184,43
3	261
4	337,21
5	410,87
6	482,4
7	552,07
8	620
9	686,25
10	750,82

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai tegangan minimum dimana nilai tahanan sebesar 1  $\Omega$  yaitu 98 V dan nilai tegangan maksimum dimana nilai tahanan pentanahan sebesar 10  $\Omega$  yaitu 750,82 V. Hasil simulasi akan ditampilkan pada grafik berikut ini.

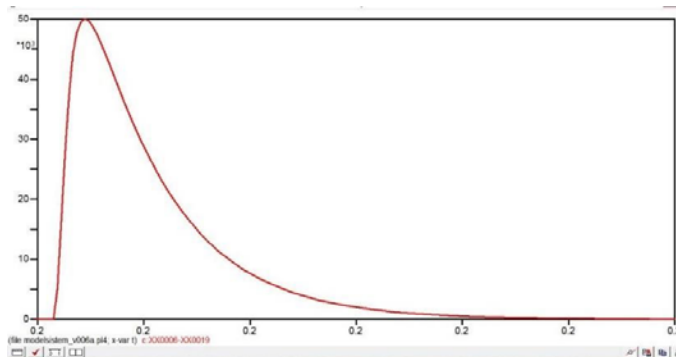


Gambar 4. 7 Grafik hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan terhadap sambaran petir 10 kA, 1,2/50  $\mu$ s

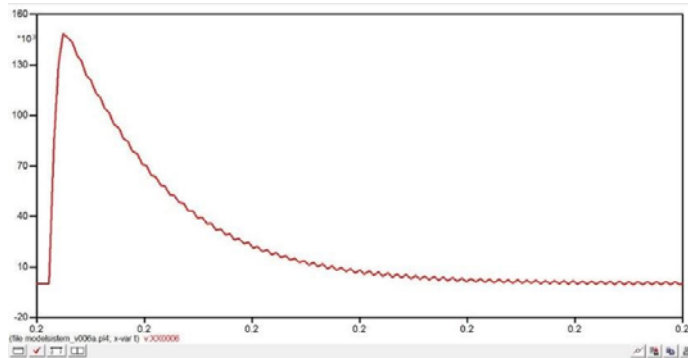
Grafik hubungan di atas menunjukkan bahwa semakin besar nilai resistansi sistem pentanahan, maka tegangan yang mengalir menuju sistem pentanahan juga semakin tinggi.

#### 4.2.3 Simulasi Sambaran Petir dengan Impuls 50 kA, 8/20 $\mu$ s

Dengan menggunakan parameter arus petir 10 kA dan waktu impuls sebesar 8/20  $\mu$ s, didapat grafik arus dan tegangan petir sebagai berikut.



Gambar 4. 8 Grafik arus petir 50 kA 8/20  $\mu$ s



Gambar 4. 9 Grafik tegangan petir 50 kA 8/20  $\mu$ s

Hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan gedung terhadap efek sambaran petir ditunjukkan pada tabel berikut ini.

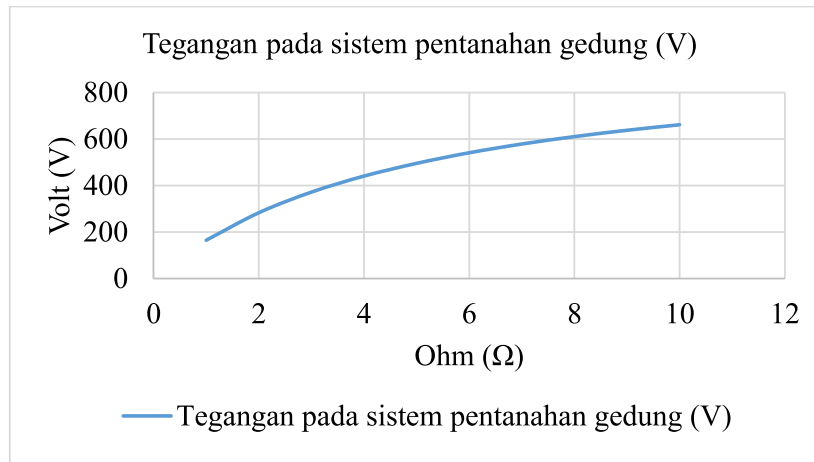
Tabel 4. 3 Tabel pengaruh tahanan pentanahan terhadap efek sambaran petir 50 kA, 8/20  $\mu$ s

Tahanan pentanahan ( $\Omega$ )	Tegangan pada sistem pentanahan gedung (V)
1	165
2	283,18
3	371,83
4	440,77
5	495,51
6	541,03
7	578,65
8	610,5
9	637,83
10	661,55

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai tegangan minimum dimana nilai tahanan sebesar 1  $\Omega$  yaitu 165 V dan nilai tegangan maksimum dimana nilai



tahanan sebesar  $10 \Omega$  yaitu 661,55 V. Hasil simulasi akan ditampilkan pada grafik berikut ini.

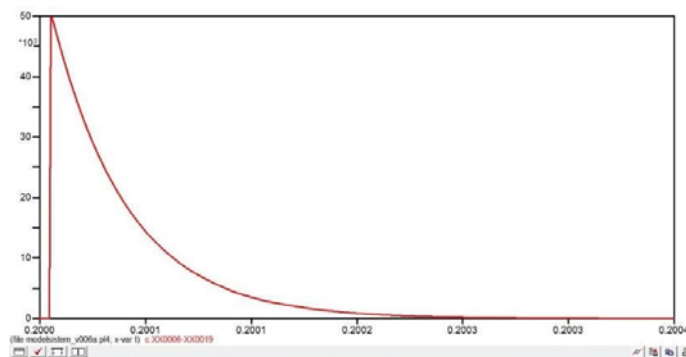


Gambar 4. 10 Grafik hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan terhadap sambaran petir 50 kA, 8/20  $\mu$ s

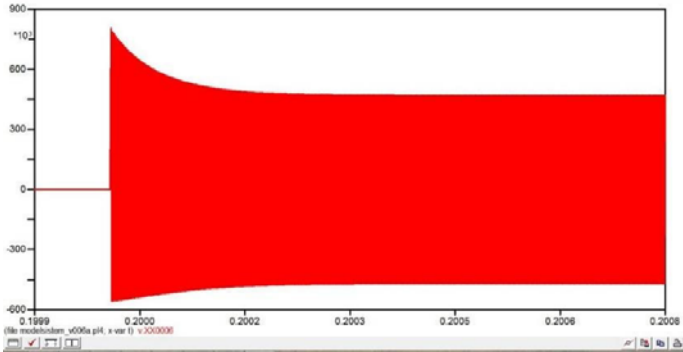
Grafik hubungan di atas menunjukkan bahwa semakin besar nilai resistansi sistem pentanahan, maka tegangan yang mengalir menuju sistem pentanahan juga semakin tinggi.

#### 4.2.4 Simulasi Sambaran Petir dengan Impuls 50 kA, 1,2/50 $\mu$ s

Dengan menggunakan parameter arus petir 50 kA dan waktu impuls sebesar 1,2/50  $\mu$ s, didapat grafik arus dan tegangan petir sebagai berikut.



Gambar 4. 11 Grafik arus petir 50 kA 1,2/50  $\mu$ s



Gambar 4. 12 Grafik tegangan petir 50 kA 1,2/50 μs

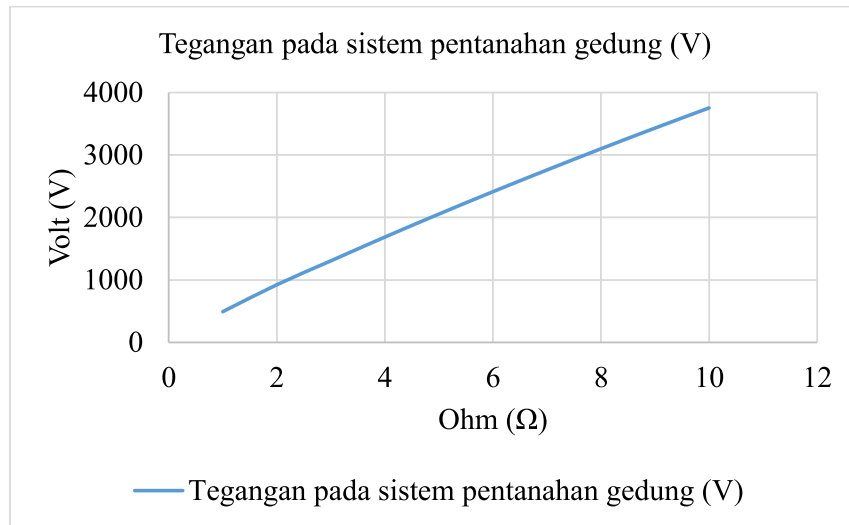
Hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan gedung terhadap efek sambaran petir ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 4 Tabel pengaruh tahanan pentanahan terhadap efek sambaran petir 50 kA 1,2/50 μs

Tahanan pentanahan (Ω)	Tegangan pada sistem pentanahan gedung (V)
1	491
2	922,17
3	1.305
4	1.686
5	2.054,4
6	2.412
7	2.760,3
8	3.100
9	3.431,2
10	3.754

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai tegangan minimum dimana nilai tahanan sebesar 1 Ω yaitu 491 V dan nilai tegangan maksimum dimana nilai

tahanan sebesar  $10 \Omega$  yaitu 3.754 V. Hasil simulasi akan ditampilkan pada grafik berikut ini.

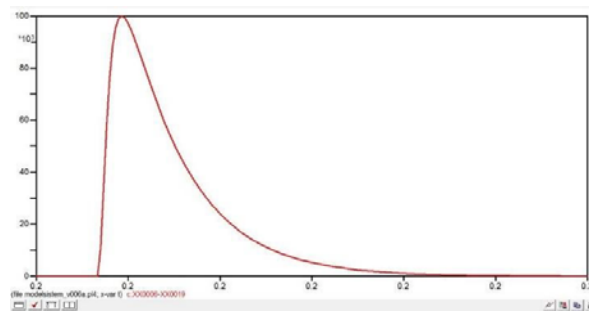


Gambar 4. 13 Grafik hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan terhadap sambaran petir 50 kA 1,2/50  $\mu$ s

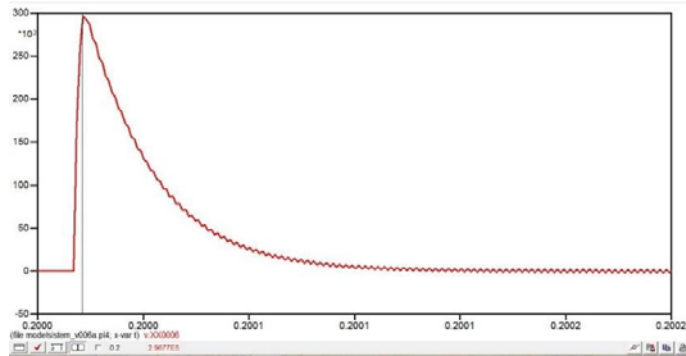
Grafik hubungan di atas menunjukkan bahwa semakin besar nilai resistansi sistem pentanahan, maka tegangan yang mengalir menuju sistem pentanahan juga semakin tinggi.

#### 4.2.5 Simulasi Sambaran Petir dengan Impuls 100 kA, 8/20 $\mu$ s

Dengan menggunakan parameter arus petir 100 kA dan waktu impuls sebesar 8/20  $\mu$ s, didapat grafik arus dan tegangan petir sebagai berikut.



Gambar 4. 14 Grafik arus petir 100 kA 8/20  $\mu$ s



Gambar 4. 15 Grafik tegangan petir 100 kA 8/20  $\mu$ s

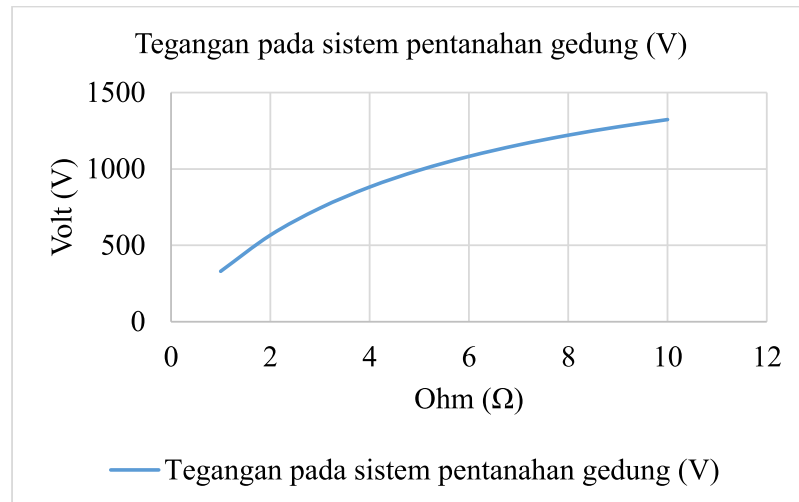
Hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan gedung terhadap efek sambaran petir ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 5 Tabel pengaruh tahanan pentanahan terhadap efek sambaran petir 100 kA 8/20  $\mu$ s

Tahanan pentanahan ( $\Omega$ )	Tegangan pada sistem pentanahan gedung (V)
1	330,02
2	566,36
3	743,66
4	881,54
5	991,82
6	1.082,1
7	1.157,3
8	1.221
9	1.275,5
10	1.323,1

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai tegangan minimum dimana nilai tahanan sebesar 1  $\Omega$  yaitu 330,02 V dan nilai tegangan maksimum dimana

nilai tahanan sebesar  $10 \Omega$  yaitu 1.232,1 V. Hasil simulasi akan ditampilkan pada grafik berikut ini.

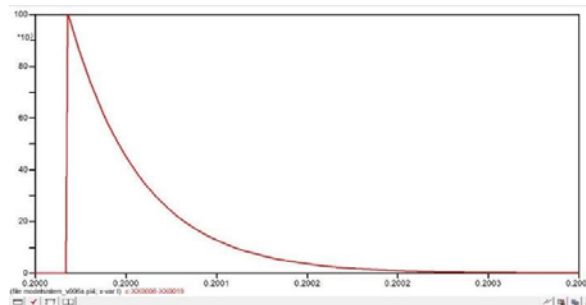


Gambar 4. 16 Grafik hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan terhadap sambaran petir 100 kA 8/20  $\mu$ s

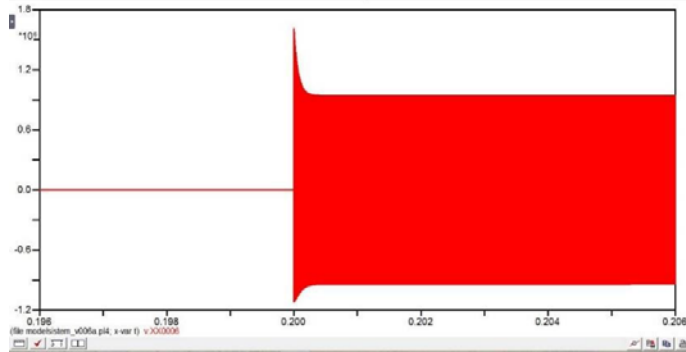
Grafik hubungan di atas menunjukkan bahwa semakin besar nilai resistansi sistem pentanahan, maka tegangan yang mengalir menuju sistem pentanahan juga semakin tinggi.

#### 4.2.6 Simulasi Sambaran Petir dengan Impuls 100 kA, 1,2/50 $\mu$ s

Dengan menggunakan parameter arus petir 100 kA dan waktu ekor sebesar 1,2/50  $\mu$ s, didapat grafik arus dan tegangan petir sebagai berikut.



Gambar 4. 17 Grafik arus petir 100 kA 1,2/50  $\mu$ s



Gambar 4. 18 Grafik tegangan petir 100 kA 1,2/50  $\mu$ s

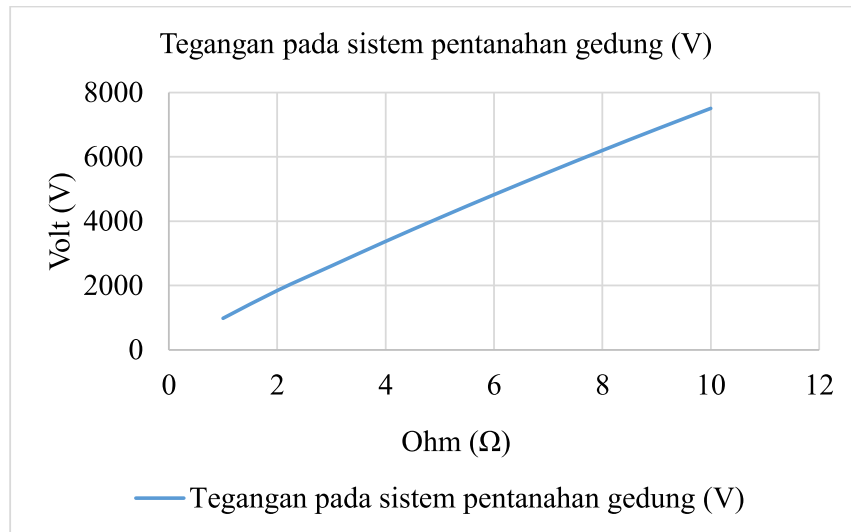
Hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan gedung terhadap efek sambaran petir ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 6 Tabel pengaruh tahanan pentanahan terhadap efek sambaran petir 100 kA 1,2/50  $\mu$ s

Tahanan pentanahan ( $\Omega$ )	Tegangan pada sistem pentanahan gedung (V)
1	980,99
2	1.844,3
3	2.610
4	3.372,1
5	4.108,7
6	4.824
7	5.520
8	6.200
9	6.862,5
10	7.508,2

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai tegangan minimum dimana nilai tahanan sebesar 1  $\Omega$  yaitu 330,02 V dan nilai tegangan maksimum dimana

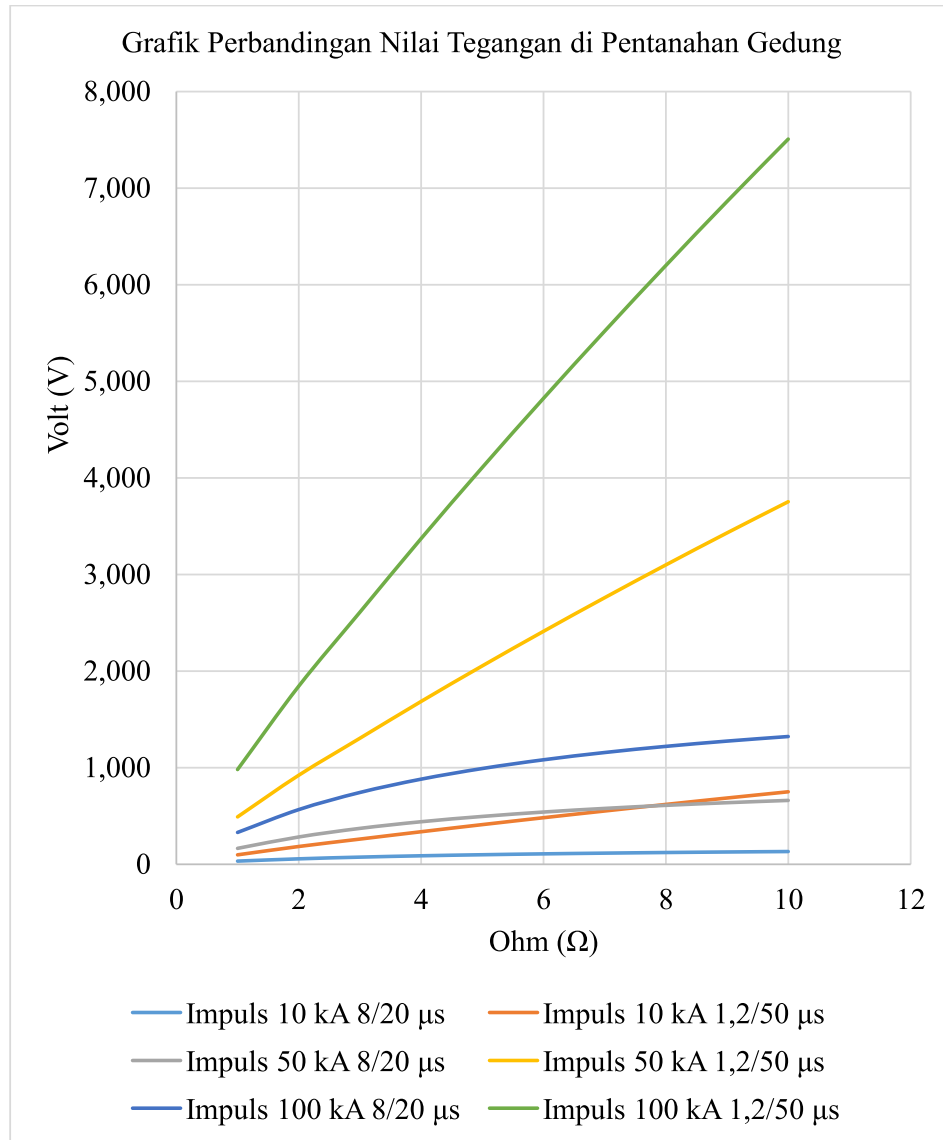
nilai tahanan sebesar  $10 \Omega$  yaitu 1.232,1 V. Hasil simulasi akan ditampilkan pada grafik berikut ini.



Gambar 4. 19 Grafik hasil simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan terhadap sambaran petir 100 kA 1,2/50  $\mu$ s

Grafik hubungan di atas menunjukkan bahwa semakin besar nilai resistansi sistem pentanahan, maka tegangan yang mengalir menuju sistem pentanahan juga semakin tinggi.

Perbandingan hasil simulasi di atas akan ditampilkan pada grafik berikut ini.



Gambar 4. 20 Grafik perbandingan nilai tegangan pada sistem pentanahan gedung

Hasil dari simulasi pengaruh nilai tahanan pentanahan gedung terhadap impuls sambaran petir menunjukkan bahwa nilai tahanan yang semakin besar akan berakibat buruk apabila terjadi sambaran petir yang diakibatkan oleh kenaikan tegangan tanah akibat sambaran petir.



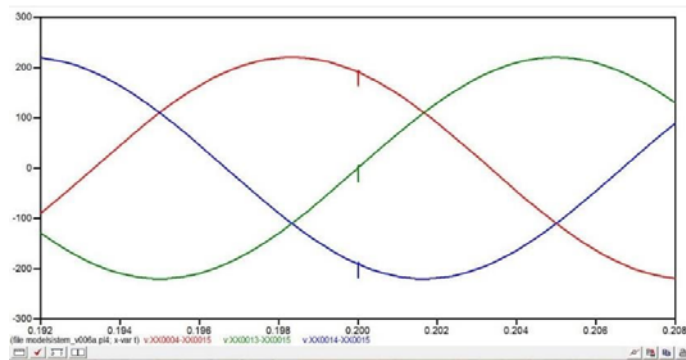
### 4.3 Simulasi Dampak Sambaran Petir pada Tegangan Nominal di Sistem Kelistrikan Gedung

Simulasi ini dimaksudkan untuk mengetahui dampak sambaran petri terhadap tegangan dalam kondisi normal di sistem kelistrikan gedung. Parameter dalam model yang digunakan adalah arus petir dengan variasi 10 kA, 50 kA dan 100 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s dan 1,2/50  $\mu$ s. Tahanan pentanahan gedung menggunakan nilai 5  $\Omega$ .

Parameter lainnya adalah waktu sambaran atau  $T_{start}$  dimulai pada 0,2 detik dimana waktu yang diuji antara lain 0,2 s/d 0,2001 detik untuk sambaran dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s dan 0,2 s/d 0,2002 untuk sambaran dengan impuls 1,2/50  $\mu$ s. Berikut ini adalah hasil simulasi dan penjabarannya.

#### 4.3.1 Impuls Petir 10 kA, 8/20 $\mu$ s

Efek dari sambaran petir parameter arus petir 10 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s terhadap tegangan 220 V tiga fasa ditampilkan pada grafik tegangan tiga fasa berikut ini.

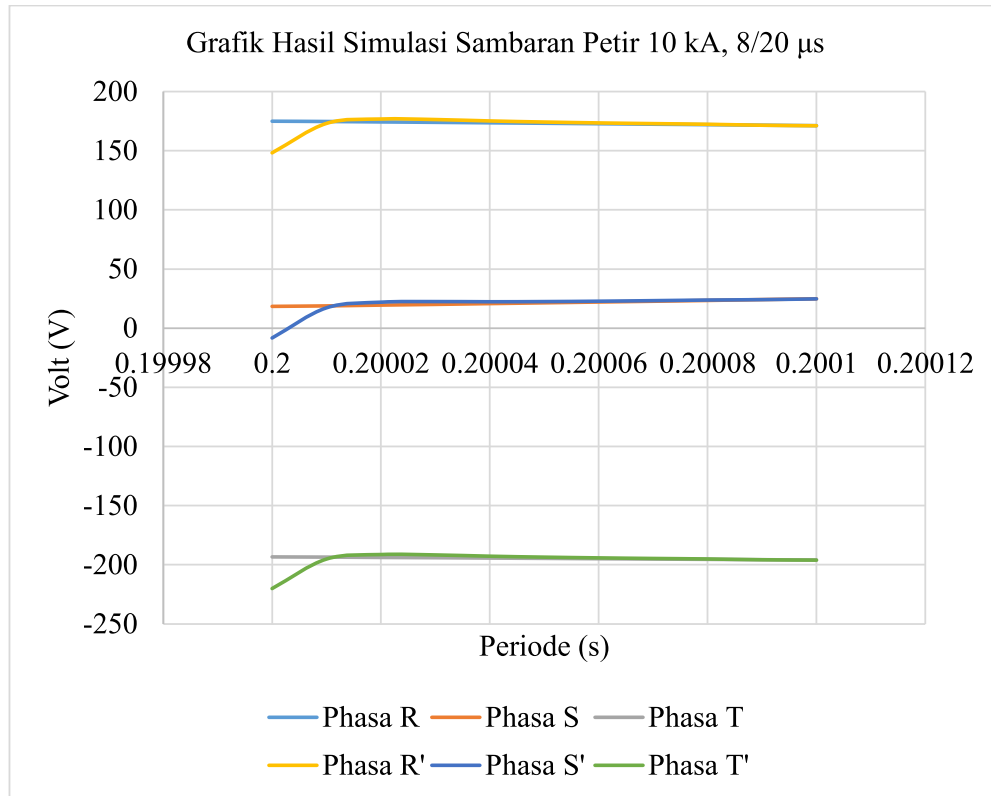


Gambar 4. 21 Efek sambaran petir 10 kA 8/20  $\mu$ s pada beban 220 V tiga fasa

Hasil dari simulasi perbandingan tegangan nominal dengan tegangan saat terjadi petir dimana parameter arus petir 10 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s ditampilkan pada grafik tegangan 3 fasa berikut ini.

Tabel 4. 7 Tabel pengaruh sambaran petir 10 kA 8/20  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,2	174,95	18,422	-193,38	148,21	-8,323	-220,12
0,20001	174,72	18,822	-193,55	173,1	17,203	-195,16
0,20002	174,34	19,49	-193,83	176,8	21,953	-191,36
0,20003	173,99	20,091	-194,08	176,37	22,471	-191,7
0,20004	173,6	20,759	-194,36	175,17	22,335	-192,78
0,20005	173,21	21,426	-194,63	174,25	22,471	-193,59
0,20006	172,81	22,093	-194,91	173,52	22,799	-194,2
0,20007	172,42	22,76	-195,18	172,91	23,25	-194,69
0,20008	172,02	23,427	-195,45	172,37	23,778	-195,1
0,20009	171,59	24,16	-195,75	171,54	24,114	-195,79
0,20010	171,19	24,826	-196,01	171,12	24,759	-196,08



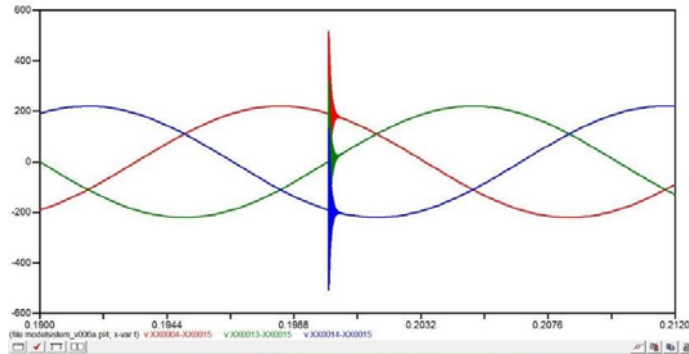
Gambar 4. 22 Grafik pengaruh sambaran petir 10 kA 8/20  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Grafik di atas menunjukkan dampak dari sambaran petir dengan arus 10 kA dan waktu impuls 8/20  $\mu$ s dengan  $T_{start}$  0,2 detik. Berdasarkan hasil simulasi, amplitudo pada periode 0,2 detik di fasa R, S dan T sebesar 174,95 V, 18,422 V dan -193,38 V. Ketika terjadi sambaran petir, amplitudo pada periode 0,2 detik terpengaruh dan berubah sehingga tegangan fasa R', S', dan T' menjadi 148,21 V, -8,323 V dan -220,12 V.

Sehingga pergeseran amplitudo maksimal ketika terjadi sambaran petir 10 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s pada fasa R, S dan T berturut-turut adalah 26,74 V, 26,745 V dan 26,74 V.

#### 4.3.2 Impuls Petir 10 kA, 1,2/50 $\mu$ s

Efek dari sambaran petir parameter arus petir 10 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu$ s terhadap tegangan 220 V tiga fasa ditampilkan pada grafik tegangan tiga fasa berikut ini.



Gambar 4. 23 Efek sambaran petir 10 kA 1,2/50  $\mu$ s pada beban 220 V tiga fasa

Hasil dari simulasi perbandingan tegangan nominal dengan tegangan saat terjadi petir dimana parameter arus petir 10 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu$ s ditampilkan pada tabel berikut.

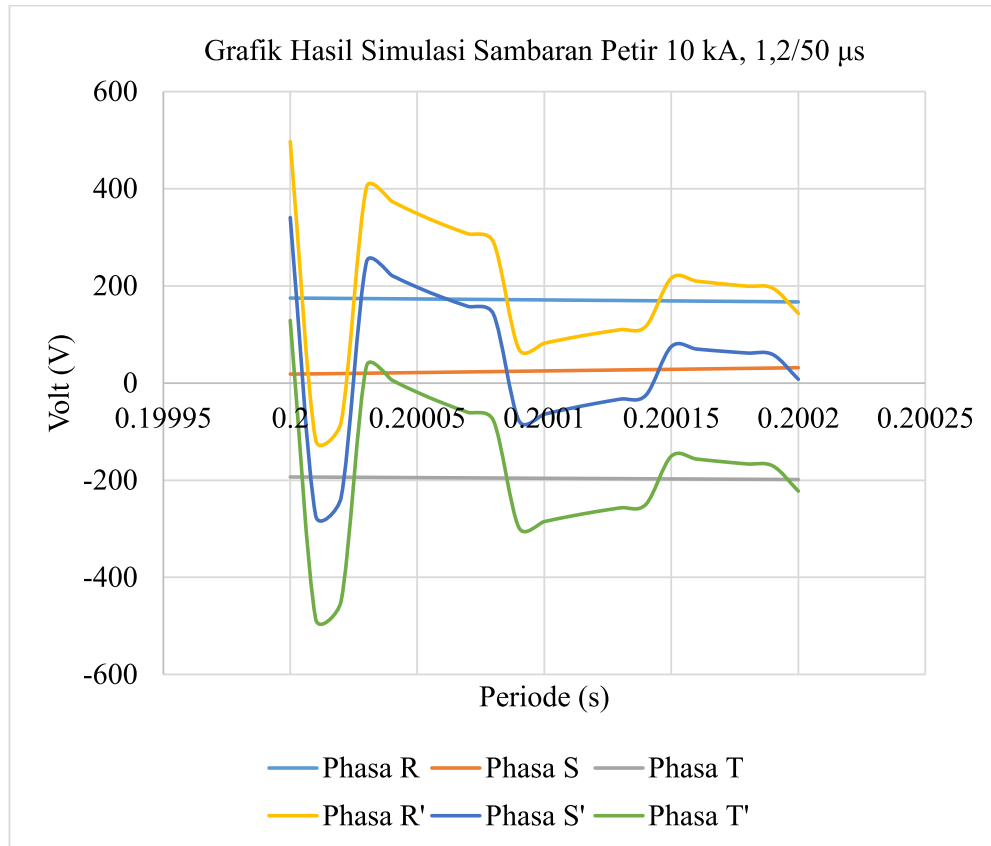
Tabel 4. 8 Tabel pengaruh sambaran petir 10 kA 1,2/50  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,2	174,91	18,488	-193,4	497,18	340,76	128,86
0,20001	174,65	18,956	-193,6	-116,87	-272,56	-485,12
0,20002	174,26	19,624	-193,88	-81,297	-235,93	-449,44
0,20003	173,91	20,225	-194,13	402,7	249,02	34,656
0,20004	173,52	20,892	-194,41	373,98	221,35	6,048
0,20005	173,13	21,559	-194,69	348,77	197,2	-19,048
0,20006	172,74	22,227	-194,96	326,63	176,12	-41,066
0,20007	172,34	22,893	-195,23	307,19	157,74	-60,388
0,20008	171,94	23,56	-195,5	290,1	141,72	-77,349

Lanjutan Tabel 4. 8 Tabel pengaruh sambaran petir 10 kA 1,2/50  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,20009	171,51	24,293	-195,8	69,865	-77,349	-297,44
0,20010	171,11	24,959	-196,07	82,013	-64,134	-285,16
0,20011	170,7	25,625	-196,33	92,612	-52,468	-274,42
0,20012	170,3	26,29	-196,59	101,85	-42,159	-265,04
0,20013	169,9	26,956	-196,85	109,9	-33,041	-256,85
0,20014	169,49	27,621	-197,11	116,9	-24,966	-249,7
0,20015	169,12	28,219	-197,34	215,99	75,089	-150,47
0,20016	168,71	28,884	-197,6	209,78	69,955	-156,52
0,20017	168,3	29,548	-197,85	204,29	65,539	-161,86
0,20018	167,89	30,212	-198,1	199,43	61,751	-166,56
0,20019	167,47	30,876	-198,35	195,11	58,513	-170,71
0,20020	167,01	31,605	-198,62	143,18	7,766	-222,46

Hasil dari simulasi akan ditampilkan dalam grafik di bawah ini.



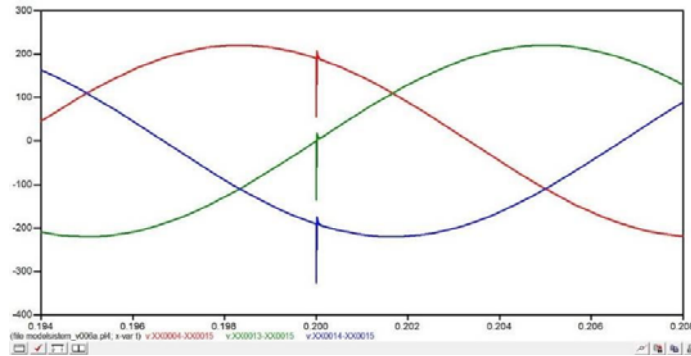
Gambar 4. 24 Grafik pengaruh sambaran petir 10 kA 1,2/50  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Grafik di atas menunjukkan dampak dari sambaran petir dengan arus 50 kA dan waktu ekor 1,2/50  $\mu$ s dengan  $T_{start}$  0,2 detik. Berdasarkan hasil simulasi, amplitudo pada periode 0,2 detik di fasa R, S dan T sebesar 174,91 V, 18,488 V dan -193,4 V. Ketika terjadi sambaran petir, amplitudo pada periode 0,2 detik dimana terjadi puncak sambaran terpengaruh dan berubah sehingga tegangan fasa R', S', dan T' menjadi 497.18 V, 340.76 V dan 128.86 V.

Sehingga pergeseran amplitudo maksimal ketika terjadi sambaran petir 10 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu$ s pada fasa R, S dan T berturut-turut adalah 322,27 V, 322,272 V dan 322,26 V.

### 4.3.3 Impuls Petir 50 kA, 8/20 $\mu$ s

Efek dari sambaran petir parameter arus petir 50 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s terhadap tegangan 220 V tiga fasa ditampilkan pada grafik tegangan tiga fasa berikut ini.



Gambar 4. 25 Efek sambaran petir 50 kA 8/20  $\mu$ s pada beban 220 V tiga fasa

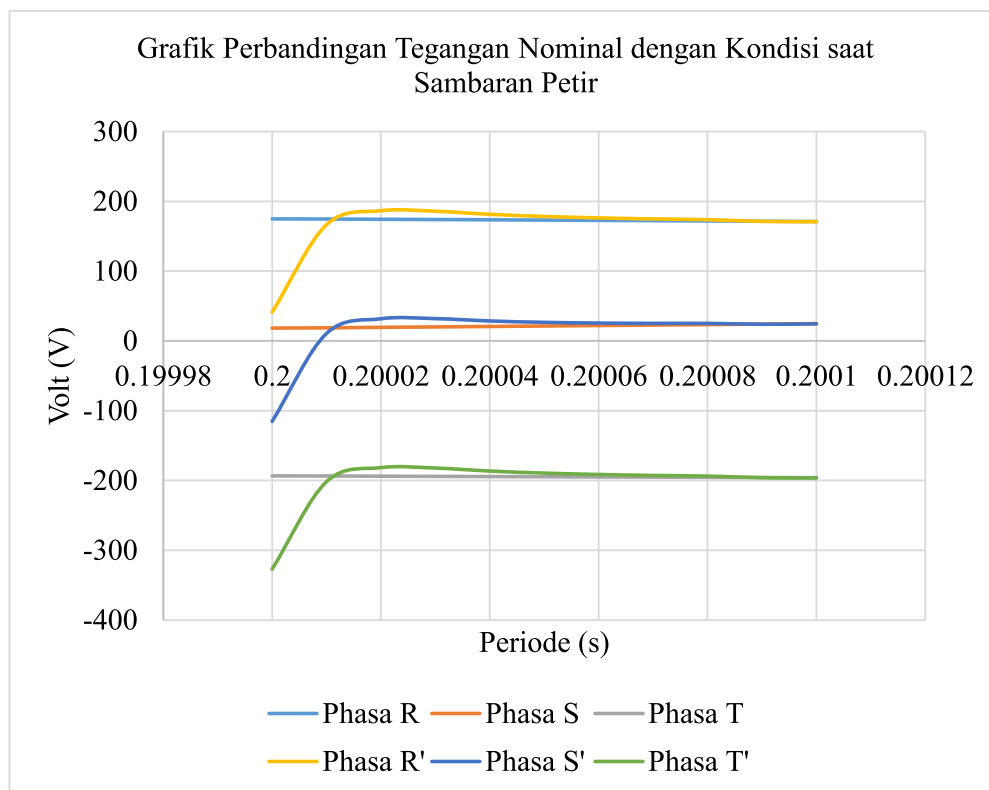
Hasil dari simulasi perbandingan tegangan nominal dengan tegangan saat terjadi petir dimana parameter arus petir 50 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 9 Tabel pengaruh sambaran petir 50 kA 8/20  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,2	174,95	18,422	-193,38	41,229	-115,3	-327,1
0,20001	174,72	18,822	-193,55	166,62	10,724	-201,64
0,20002	174,34	19,49	-193,83	186,65	31,805	-181,51
0,20003	173,99	20,091	-194,08	185,89	31,992	-182,18
0,20004	173,6	20,759	-194,36	181,48	28,642	-186,47
0,20005	173,21	21,426	-194,63	178,43	26,65	-189,41
0,20006	172,81	22,093	-194,91	176,34	25,622	-191,38
0,20007	172,42	22,76	-195,18	174,87	25,209	-192,73
0,20008	172,02	23,427	-195,45	173,78	25,181	-193,7

Lanjutan Tabel 4. 9 Tabel pengaruh sambaran petir 50 kA 8/20  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,20009	171,59	24,16	-195,75	171,36	23,934	-195,97
0,20010	171,19	24,826	-196,01	170,85	24,49	-196,35



Gambar 4. 26 Grafik pengaruh sambaran petir 50 kA 8/20  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Grafik di atas menunjukkan dampak dari sambaran petir dengan arus 50 kA dan waktu impuls 8/20  $\mu$ s dengan  $T_{start}$  0,2 detik. Berdasarkan hasil simulasi, amplitudo pada periode 0,2 detik di phasa R, S dan T sebesar 174,95 V, 18,422 V dan -193,38 V. Ketika terjadi sambaran petir, amplitudo pada periode 0,2 detik

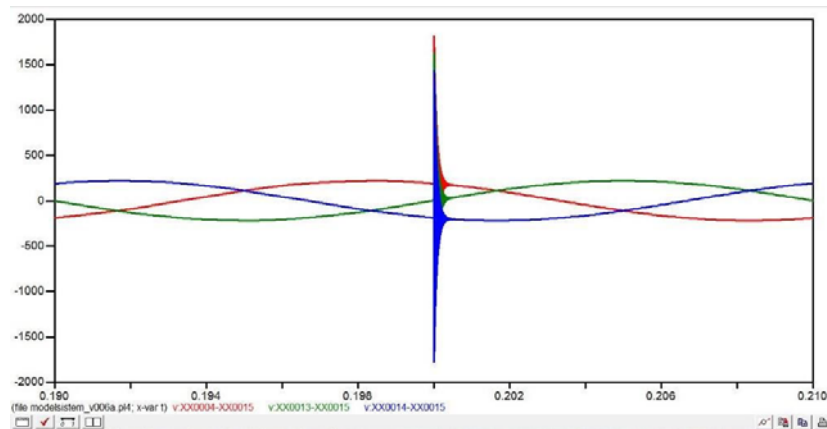


dimana terjadi puncak arus sambaran terpengaruh dan berubah sehingga tegangan fasa R', S', dan T' menjadi 41,229 V, -115.3 V dan -327.1 V.

Sehingga pergeseran amplitudo maksimal ketika terjadi sambaran petir 50 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s pada fasa R, S dan T berturut-turut adalah 133,721 V, 133,722 V dan 133,72 V.

#### 4.3.4 Impuls Petir 50 kA, 1,2/50 $\mu$ s

Efek dari sambaran petir parameter arus petir 50 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu$ s terhadap tegangan 220 V tiga fasa ditampilkan pada grafik tegangan tiga fasa berikut ini.

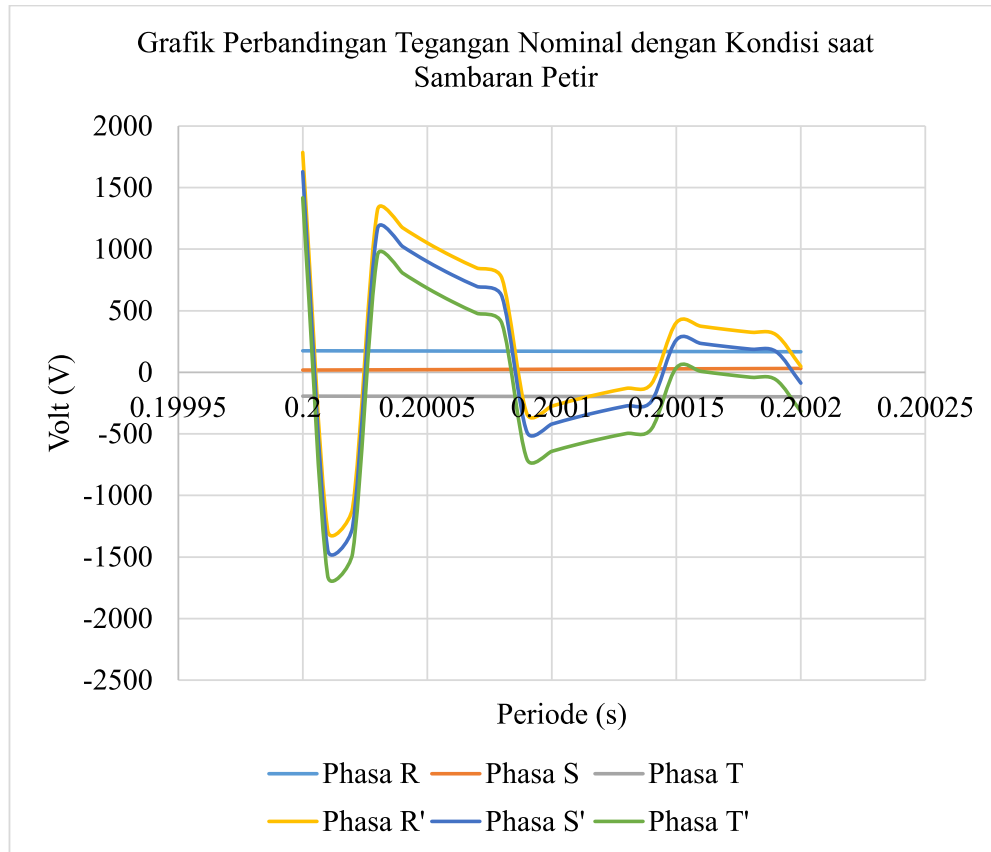


Gambar 4. 27 Efek sambaran petir 50 kA 1,2/50  $\mu$ s pada beban 220 V tiga fasa

Hasil dari simulasi perbandingan tegangan nominal dengan tegangan saat terjadi petir dimana parameter arus petir 50 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu$ s ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 10 Tabel pengaruh sambaran petir 50 kA 1,2/50  $\mu$ s terhadap tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,2	174,91	18,488	-193,4	1.786,3	1.629,8	1.417,9
0,20001	174,65	18,956	-193,6	-1.282,9	-1.438,6	-1.651,2
0,20002	174,26	19,624	-193,88	-1.1103,5	-1.258,2	-1.471,7
0,20003	173,91	20,225	-194,13	1.317,9	1.164,2	949,82
0,20004	173,52	20,892	-194,41	1.175,8	1.023,2	807,89
0,20005	173,13	21,559	-194,69	1.051,1	899,76	683,52
0,20006	172,74	22,227	-194,96	942,22	791,71	574,52
0,20007	172,34	22,893	-195,23	846,57	697,12	479
0,20008	171,94	23,56	-195,5	762,72	614,34	395,27
0,20009	171,51	24,293	-195,8	-336,7	-483,92	-704,01
0,20010	171,11	24,959	-196,07	-274,36	-420,51	-641,53
0,20011	170,7	25,625	-196,33	-219,76	-364,84	-586,79
0,20012	170,3	26,29	-196,59	-171,95	-315,96	-538,84
0,20013	169,9	26,956	-196,85	-130,09	-273,03	-496,83
0,20014	169,49	27,621	-197,11	-93,445	-235,31	-460,04
0,20015	169,12	28,219	-197,34	403,47	262,57	37,007
0,20016	168,71	28,884	-197,6	374,07	234,24	7,761
0,20017	168,3	29,548	-197,85	348,25	209,5	-17,895
0,20018	167,89	30,212	-198,1	325,58	187,9	-40,406
0,20019	167,47	30,876	-198,35	305,66	169,06	-60,161
0,20020	167,01	31,605	-198,62	47,821	-87,587	-317,81



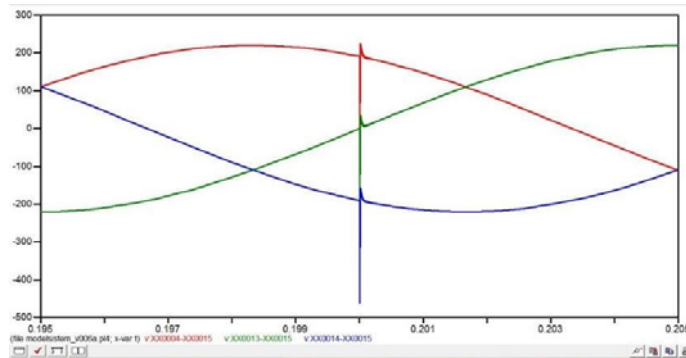
Gambar 4. 28 Grafik pengaruh sambaran petir 50 kA 1,2/50  $\mu$ s terhadap beban tegangan nominal

Grafik di atas menunjukkan dampak dari sambaran petir dengan arus 50 kA dan waktu ekor 1,2/50  $\mu$ s dengan  $T_{start}$  0,2 detik. Berdasarkan hasil simulasi, amplitudo pada periode 0,2 detik di fasa R, S dan T sebesar 174,91 V, 18,488 V dan -193,4 V. Ketika terjadi sambaran petir, amplitudo pada periode 0,20001 detik dimana terjadi puncak arus sambaran terpengaruh dan berubah sehingga tegangan fasa R', S', dan T' menjadi 1.786,3 V, 1.629,8 V dan 1.417,9 V.

Sehingga pergeseran amplitudo maksimal ketika terjadi sambaran petir 50 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu$ s pada fasa R, S dan T berturut-turut adalah 1.611,39 V, 1.611,312 V dan 1.611,3 V.

#### 4.3.5 Impuls Petir 100 kA, 8/20 $\mu$ s

Efek dari sambaran petir parameter arus petir 100 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s terhadap tegangan 220 V tiga fasa ditampilkan pada grafik tegangan tiga fasa berikut ini.



Gambar 4. 29 Efek sambaran petir 100 kA 8/20  $\mu$ s pada beban 220 V tiga fasa

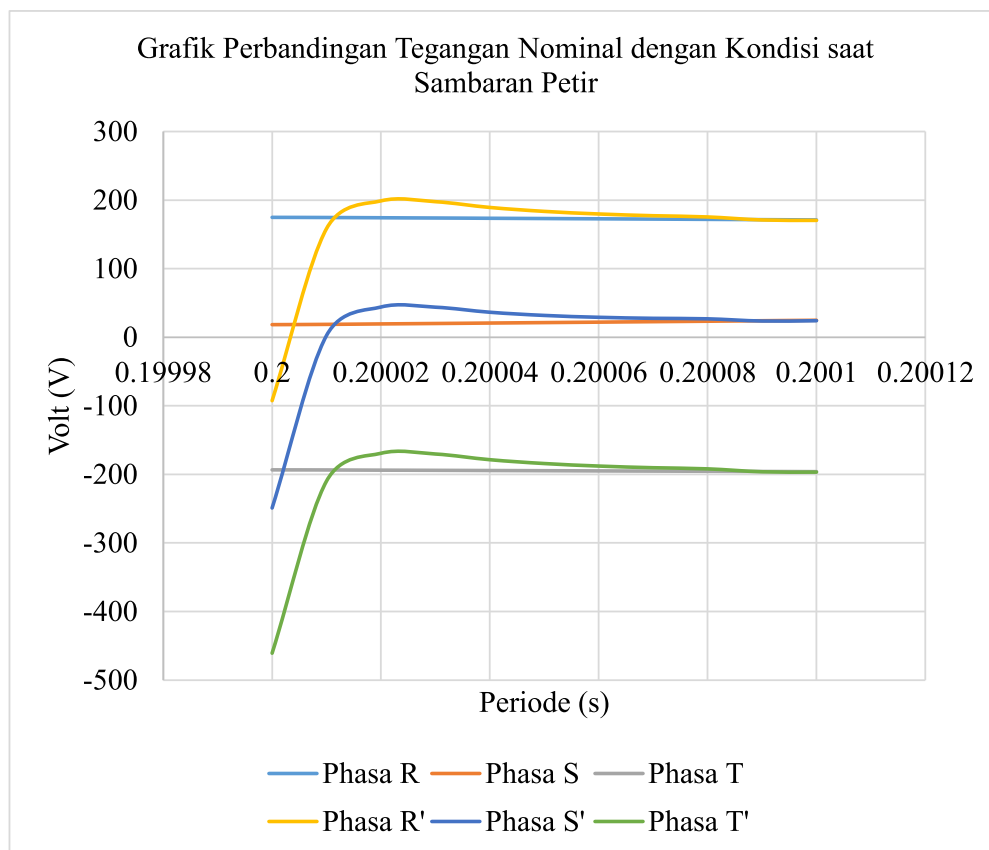
Hasil dari simulasi perbandingan tegangan nominal dengan tegangan saat terjadi petir dimana parameter arus petir 100 kA dengan waktu impuls 8/20  $\mu$ s ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 11 Tabel pengaruh sambaran petir 100 kA 8/20  $\mu$ s terhadap beban tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,2	174,95	18,422	-193,38	-92,495	-249,03	-460,82
0,20001	174,72	18,822	-193,55	158,53	2,625	-209,74
0,20002	174,34	19,49	-193,83	198,97	44,12	-169,2
0,20003	173,99	20,091	-194,08	197,79	43,893	-170,28
0,20004	173,6	20,759	-194,36	189,36	36,525	-178,59
0,20005	173,21	21,426	-194,63	183,66	31,874	-184,18
0,20006	172,81	22,093	-194,91	179,87	29,151	-187,85
0,20007	172,42	22,76	-195,18	177,32	27,659	-190,28
0,20008	172,02	23,427	-195,45	175,53	26,936	-191,94

Lanjutan Tabel 4. 11 Tabel pengaruh sambaran petir 100 kA 8/20  $\mu$ s terhadap beban tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,20009	171,59	24,16	-195,75	171,13	23,708	-196,2
0,20010	171,19	24,826	-196,01	170,52	24,155	-196,68



Gambar 4. 30 Grafik pengaruh sambaran petir 100 kA 8/20  $\mu$ s terhadap beban tegangan nominal

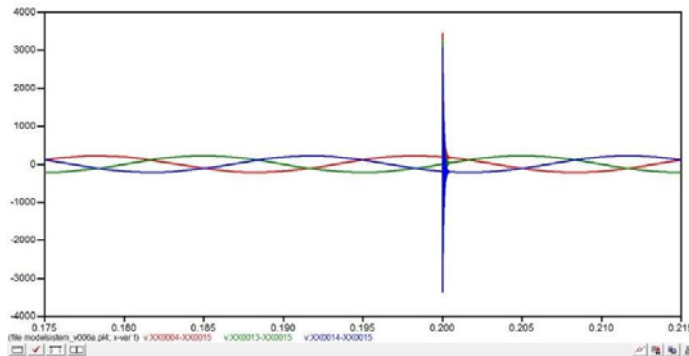
Grafik di atas menunjukkan dampak dari sambaran petir dengan arus 100 kA dan waktu impuls 8/20  $\mu$ s dengan  $T_{start}$  0,2 detik. Berdasarkan hasil simulasi, amplitudo pada periode 0,2 detik di phasa R, S dan T sebesar 174.95 V, 18.422 V dan -193.38 V. Ketika terjadi sambaran petir, amplitudo pada periode 0,2 detik

dimana terjadi puncak arus sambaran terpengaruh dan berubah sehingga tegangan fasa R', S', dan T' menjadi -92.495 V; -249.03 V dan -460.82 V.

Sehingga pergeseran amplitudo maksimal ketika terjadi sambaran petir 100 kA dengan waktu impuls  $8/20 \mu\text{s}$  pada fasa R, S dan T berturut-turut adalah 267,895 V, 267,452 V dan 267,44 V.

#### 4.3.6 Impuls Petir 100 kA, 1,2/50 $\mu\text{s}$

Efek dari sambaran petir parameter arus petir 100 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu\text{s}$  terhadap tegangan 220 V tiga fasa ditampilkan pada grafik tegangan tiga fasa berikut ini.



Gambar 4. 31 Efek sambaran petir 100 kA 1,2/50  $\mu\text{s}$  pada beban 220 V tiga fasa

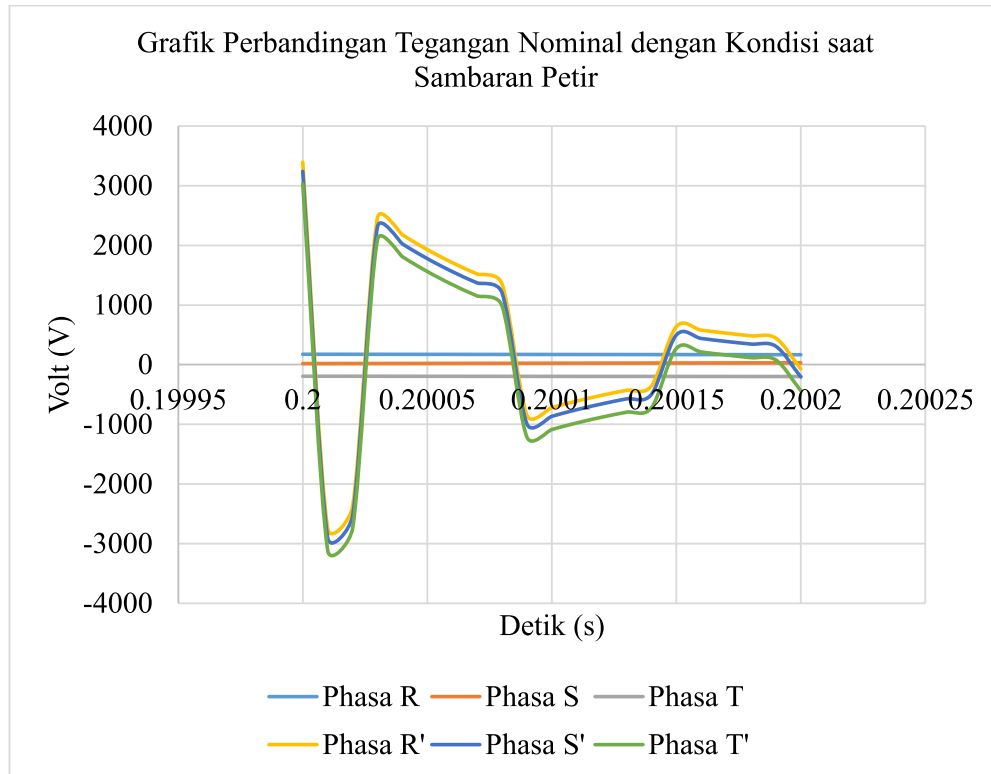
Hasil dari simulasi perbandingan tegangan nominal dengan tegangan saat terjadi petir dimana parameter arus petir 100 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu\text{s}$  ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 12 Tabel pengaruh sambaran petir 100 kA 1,2/50  $\mu\text{s}$  terhadap beban tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Fasa R'	Fasa S'	Fasa T'
0,2	174,91	18,488	-193,4	3.397,6	3.241,2	3.029,3

Lanjutan Tabel 4. 12 Tabel pengaruh sambaran petir 100 kA 1,2/50  $\mu$ s terhadap beban tegangan nominal

Periode (s)	Tegangan Nominal (V)			Tegangan pada saat terjadi petir (V)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T	Phasa R'	Phasa S'	Phasa T'
0,20001	174,65	18,956	-193,6	-2.740,5	-2.896,2	-3.108,8
0,20002	174,26	19,624	-193,88	-2.381,3	-2.535,9	-2.749
0,20003	173,91	20,225	-194,13	2.461,8	2.308,1	2.093,8
0,20004	173,52	20,892	-194,41	2.178,1	2.025,5	1.810,2
0,20005	173,13	21,559	-194,69	1.929,5	1.778	1.561,7
0,20006	172,74	22,227	-194,96	1.711,7	1.561,2	1.344
0,20007	172,34	22,893	-195,23	1.520,8	1.371,4	1.153,2
0,20008	171,94	23,56	-195,5	1.353,5	1.205,1	986,05
0,20009	171,51	24,293	-195,8	-844,91	-992,12	-1.212,2
0,20010	171,11	24,959	-196,07	-719,82	-865,97	-1.087
0,20011	170,7	25,625	-196,33	-610,22	-755,2	-977,26
0,20012	170,3	26,29	-196,59	-514,19	-658,21	-881,09
0,20013	169,9	26,956	-196,85	-430,07	-573,01	-796,82
0,20014	169,49	27,621	-197,11	-356,38	-498,25	-722,98
0,20015	169,12	28,219	-197,34	637,82	496,92	271,36
0,20016	168,71	28,884	-197,6	579,43	439,6	213,12
0,20017	168,3	29,548	-197,85	528,21	389,45	162,06
0,20018	167,89	30,212	-198,1	483,27	345,6	117,29
0,20019	167,47	30,876	-198,35	443,84	307,25	78,025
0,20020	167,01	31,605	-198,62	-71,372	-206,78	-437



Gambar 4. 32 Grafik pengaruh sambaran petir 100 kA 1,2/50  $\mu$ s terhadap beban tegangan nominal

Grafik di atas menunjukkan dampak dari sambaran petir dengan arus 100 kA dan waktu impuls 1,2/50  $\mu$ s dengan  $T_{start}$  0,2 detik. Berdasarkan hasil simulasi, amplitudo pada periode 0,2 detik di fasa R, S dan T sebesar 174.91 V, 18.488 V dan -193.4 V. Ketika terjadi sambaran petir, amplitudo pada periode 0,2 detik dimana terjadi puncak arus sambaran terpengaruh dan berubah sehingga tegangan fasa R', S', dan T' menjadi 3.397,6 V, 3.241,2 V dan 3.029,3 V.

Sehingga pergeseran amplitudo maksimal ketika terjadi sambaran petir 100 kA dengan waktu impuls 1,2/50  $\mu$ s pada fasa R, S dan T berturut-turut adalah 3.222,69 V, 3.222,71 V dan 3.222,7 V.