

---

Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

---

## **SIMULASI GANGGUAN VOLTAGE SAG DAN VOLTAGE SWELL PADA JARINGAN 20 KV MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK**

**Mustofa ihwanudin<sup>1)</sup>, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono.**  
**Fakultas Teknik, Universitas Islam Kadiri**  
**JL. Sersan Suharmadji No. 38 Kota Kediri Jawa Timur**  
**<sup>1</sup>email: musto.ihwan92@gmail.com**

### **ABSTRAK**

Pada jaringan distribusi sering muncul gangguan yang bisa mengakibatkan penurunan kualitas daya, di antara penyebab penurunan kualitas daya adalah voltage sag dan voltage swell. Gangguan jenis ini dapat mengakibatkan gagal operasi peralatan terutama yang menggunakan komponen elektronik daya. Penelitian berupa simulasi untuk menggambarkan terjadinya voltage sag dan voltage swell yang disebabkan gangguan fasa ke tanah dan pelepasan beban yang di variasi dengan sambungan trafo distribusi yang berbeda. Simulasi dilakukan menggunakan software matlab simulink. Hasilnya model simulasi mampu menggambarkan sinyal voltage sag akibat hubung singkat satu fasa, dua fasa, tiga fasa ke tanah dan sinyal voltage swell akibat pelepasan beban.

Kata kunci : Kualitas daya, voltage sag, voltage swell, simulink

### **PENDAHULUAN**

Di Indonesia jaringan listrik terdiri dari jaringan transmisi dan jaringan distribusi, jaringan transmisi bertegangan 70 KV, 150 KV, 170 KV (SUTT), 500 KV (SUTET). Sedangkan jaringan distribusi bertegangan 20 KV dengan dikenal saluran udara bertegangan menengah (SUTM) dan jaringan bertegangan 220 V dikenal dengan saluran bertegangan rendah (SUTR).

Pada jaringan transmisi maupun distribusi sering muncul gangguan yang bisa mengakibatkan penurunan kualitas daya, diantaranya gangguan yang disebut *voltage sag* dan *voltage swell*. Gangguan jenis ini dapat mengakibatkan gagal operasi sistem peralatan yang menggunakan komponen elektronik daya seperti switching, motor drive maupun peralatan kendali lain. Tidak operasinya peralatan tersebut dapat menyebabkan kerugian secara ekonomi yang cukup besar, terutama pada konsumen industri maupun penyedia tenaga tersebut.

Penelitian ini *berfokus* pada pembuatan model simulasi gangguan *voltage sag* dan *voltage swell* pada jaringan distribusi 20 KV dengan software simulasi matlab simulink. Harapan melakukan simulasi ini adalah menggambarkan kejadian gangguan *voltage sag* dan *voltage swell*

### **Gangguan *voltage sag***

*Voltage sag* atau yang dikenal juga dengan istilah tegangan kedip adalah penurunan tegangan rms sebesar 0,9 - 0,1 pu dari tegangan nominal dalam waktu 0,5 cycles frekuensi nominal (10ms) sampai dengan 1 menit [15]. Ada beberapa penyebab terjadinya *voltage sag* pada sistem tenaga listrik seperti hubung singkat antar fasa atau fasa ke tanah, *starting* motor-motor induksi berdaya besar. [3]

### **Gangguan *voltage swell***

*Voltage Swell* didefinisikan sebagai peningkatan tegangan rms mulai dari 110% - 180% dari tegangan nominal dalam jangka waktu 0,5 cycle sampai 1 (satu) menit. [15] ini diklasifikasikan sebagai fenomena variasi tegangan durasi pendek, yang merupakan salah satu kategori umum masalah kualitas daya. Penyebab dari *voltage swell* diantaranya *energizing of capacitor banks*, pemutusan beban tiba-tiba. [2]

### **METODE PENELITIAN**

Dalam melakukan penelitian ini digunakan alat sebagai berikut: a) Computer desktop, b) OS. Windows 8, c) Matlab Simulink R2009A.

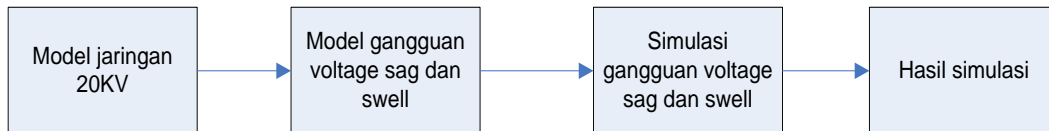
### **Pemodelan**

Langkah langkah untuk melakukan simulasi adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui semua jenis jenis gangguan voltage sag dan swell pada jaringan distribusi 20 kv,
2. Membuat model simulasi jaringan distribusi 20 kv menggunakan software matlab Simulink,

Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

3. Membuat model gangguan voltage sag dan swell pada jaringan distribusi 20kv,
4. Melakukan simulasi voltage sag disebabkan oleh gangguan fasa ke tanah dengan variasi trafomator,
5. Melakukan simulasi voltage swell disebabkan oleh pelepasan beban dengan variasi trafomator.



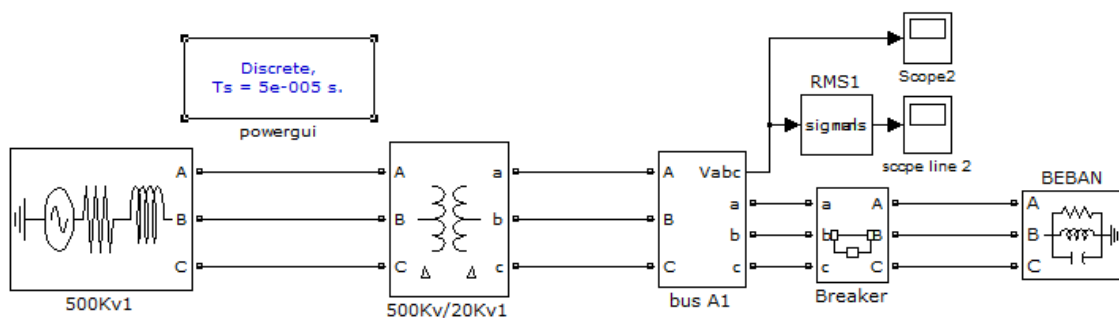
Gambar 1. Langkah pemodelan Simulasi Matlab-Simulink

Dari gambar 1 menggambarkan langkah langkah simulasi matlab simulink, dan pada tahap ini dibuat model gangguan *voltage sag* dan *voltage swell* yang bervariasi. Model simulasi dibuat untuk menggantikan keadaan pada jaringan 20 kv. Secara keseluruhan ada 8 variasi gangguan dengan perbedaan sambungan transformator distribusi dengan rincian sebagai berikut:

- 1) Satu fasa ke tanah dengan transformator sambungan  $\Delta$ g (bintang ground) / $\Delta$ g.
- 2) Satu fasa ke tanah dengan transformator sambungan  $\Delta$ (delta)/ $\Delta$ g.
- 3) Dua fasa ke tanah dengan transformator sambungan  $\Delta$ g/ $\Delta$ g.
- 4) Dua fasa ke tanah dengan transformator sambungan  $\Delta$ / $\Delta$ g.
- 5) Dua fasa ke tanah dengan transformator sambungan  $\Delta$ / $\Delta$ .
- 6) Tiga fasa ke tanah dengan transformator sambungan  $\Delta$ / $\Delta$ g.
- 7) Pelepasan beban dengan transformator sambungan  $\Delta$ g/ $\Delta$ g
- 8) Pelepasan beban dengan transformator sambungan  $\Delta$ / $\Delta$ g

Hasil pemodelan diharapkan dapat menggambarkan keadaan terjadinya gangguan pada jaringan 20 kv dan akibat yang dapat ditimbulkan berupa *voltage sag* dan *voltage swell* pada saluran dimana terdapat beban sensitif yang harus dilindungi. Hasil simulasi berupa gambar scope dari matlab simulink akan menunjukkan dua aspek yaitu: besarnya penurunan tegangan rms bentuk gelombang dan durasi waktu terjadinya penurunan tegangan.

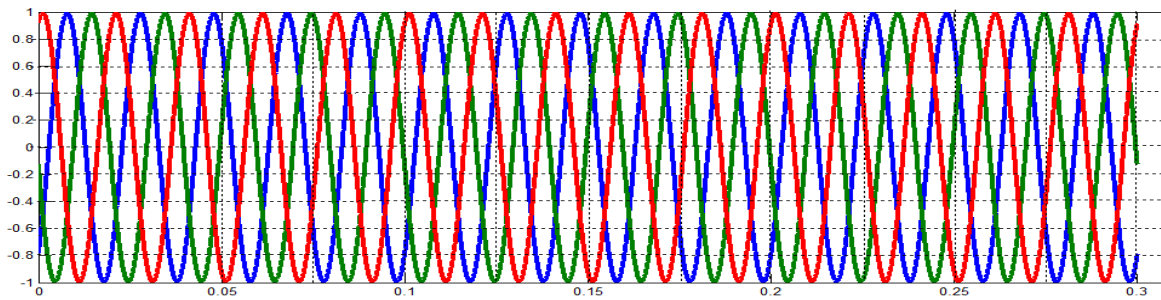
Langkah selanjutnya membuat simulasi jaringan 20 kv dengan tahap – tahap sebagai berikut :



Gambar 2. Jaringan ditribusi 20 kv

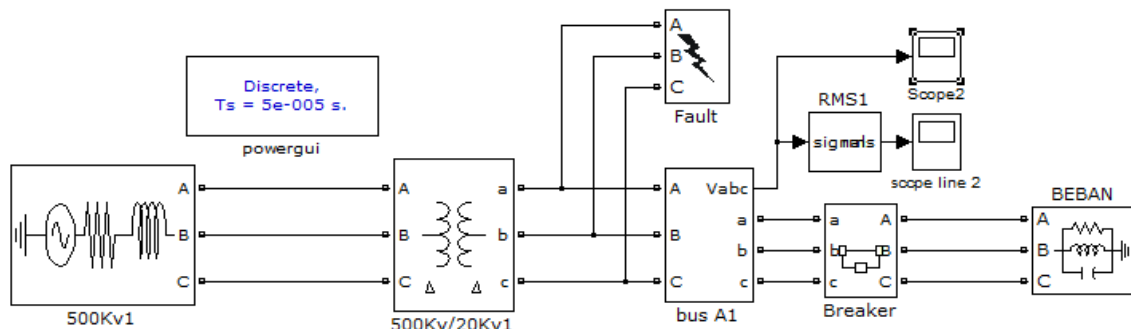
Jaringan 20 kv pada gambar 2 tanpa adanya gangguan jika disimulasikan pada bus akan menghasilkan sebuah sinyal seperti berikut

Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15



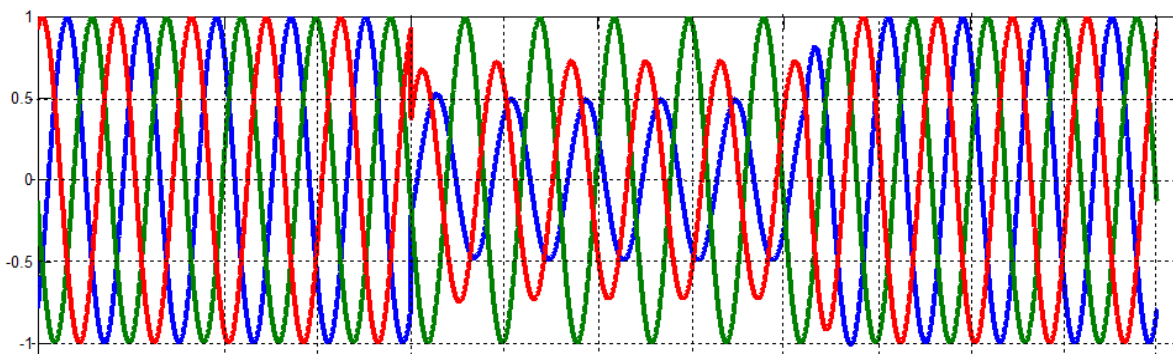
Gambar 3. Sinyal jaringan 20 kv

Setelah membuat jaringan distribusi 20kv yang terlihat pada gambar 2 dan disimulasikan, menghasilkan sebuah grafik yang terlihat pada gambar 3, langkah selanjutnya kita memberikan fault model yang terlihat gambar sebagai berikut.



Gambar 4. Gangguan fault model

Model seperti gambar 4, jika disimulasikan menghasilkan grafik yang terlihat di gambar 5.



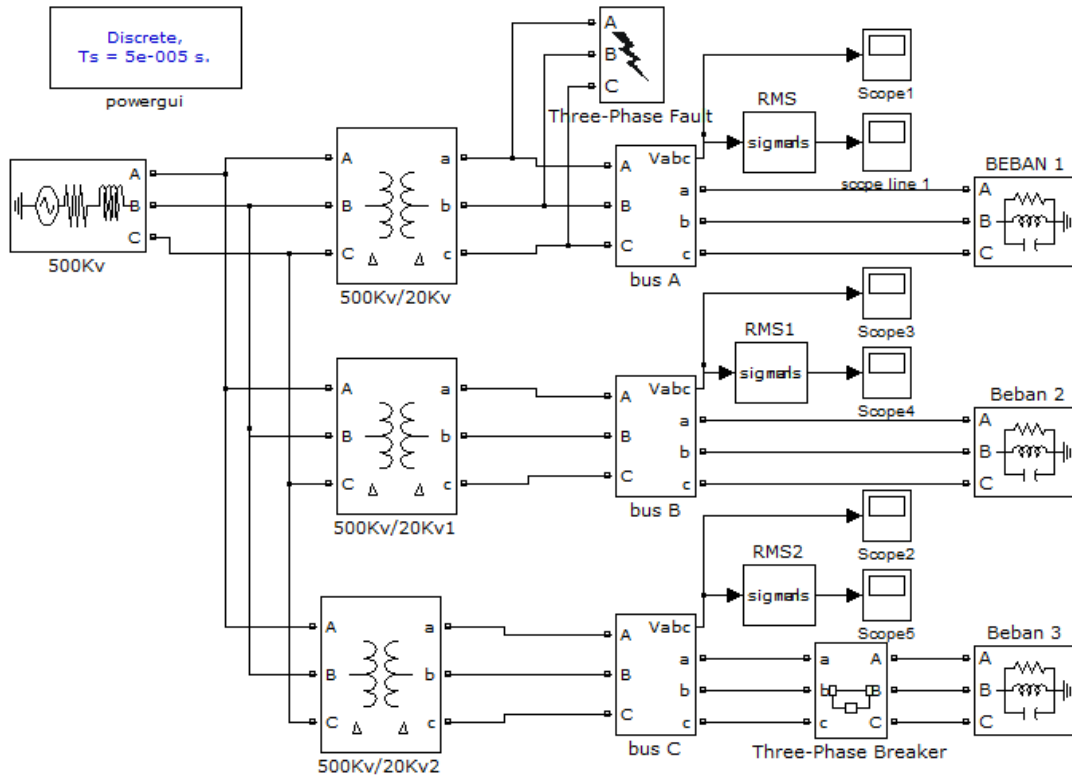
Gambar 5. Sinyal fault dua fasa ke tanah

### Model penelitian

Model penelitian dibuat untuk menggambarkan jaringan dengan menggunakan 3 transformator distribusi (500kv ke 20kv) terdapat 3 bus A,B,C yang tersambung dengan beban. Model fault disambungkan pada bus A sedangkan pada bus C diberikan sirkuit breaker 3 fasa.

Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.

Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15



Gambar 6. Model penelitian

Model penelitian menggunakan parameter-parameter seperti ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Parameter model penelitian

Parameter Sistem	Parameter elemen system	Nilai elemen sistem
Vs	Vrms ph-ph	500 Kv
	Frekuensi	50 Hz
	3 phase short circuit level at base voltage	100 MVA
	X/R ratio	7
Fault /Gangguan	Fault resistance Ron	1e-3 Ohm
	Ground resistance Rg	1 Ohm
	Transition times	[ 5/50 10/50] s
	Snubber resistance Rp	10000 Ohm
3 fhasa Breaker	Resistance Ron	1e-3 Ohm
	Transition times	[0.3 0.6]s
	Snubber resistance Rp	10000 Ohm
Trafo phase 500kv/20kv	Konfigurasi	Variasi
	Nominal power and frequency	1MVA , 50Hz
	Winding 1 (V1rms ph-ph, R1, L1)	500KV, 2e-3, 8e-2
	Winding 2 (V2rms ph-ph, R2, L2)	20kv, 2e-3, 8e-2
	Rm / Lm	500 / 500
Bus A,B dan C	Voltage measurement (pu)	Phase to ground
	Base Voltage Vrms ph-ph	20 kV
Rms	Fundamental frequency	50 Hz

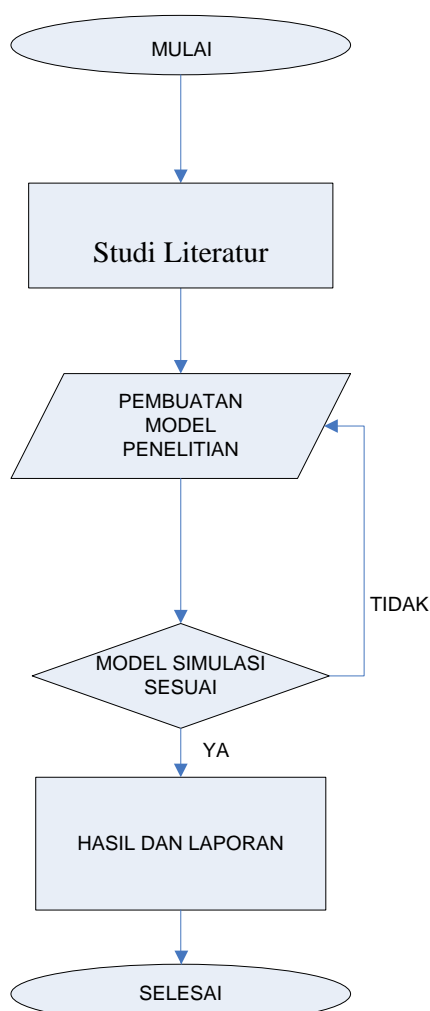
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

Beban	Konfigurasi	Yg
	Nominal Vrms ph-ph	380 V
	Frequency	50 Hz
	Active power P	28 MW
	Reactive Power QL and Qc	100 Var and 100 Var

Simulasi model penelitian

Tahapan ini akan dilakukan simulasi dan perhitungan besarnya voltage sag dan voltage swell saat terjadinya gangguan berdasarkan tipe yang telah disebut.

Langkah langkah penelitian



Gambar 7. Langkah – Langkah Penelitian

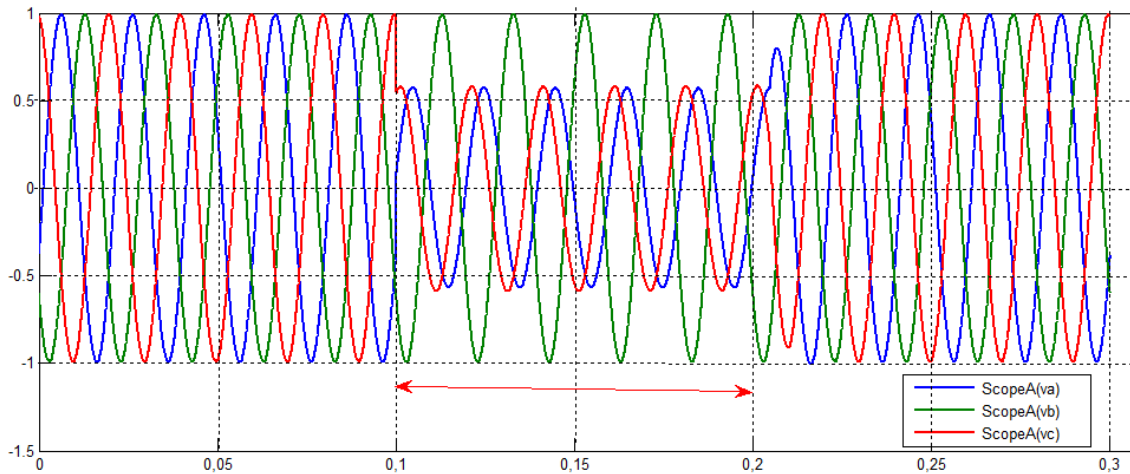
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sinyal hasil Simulasi

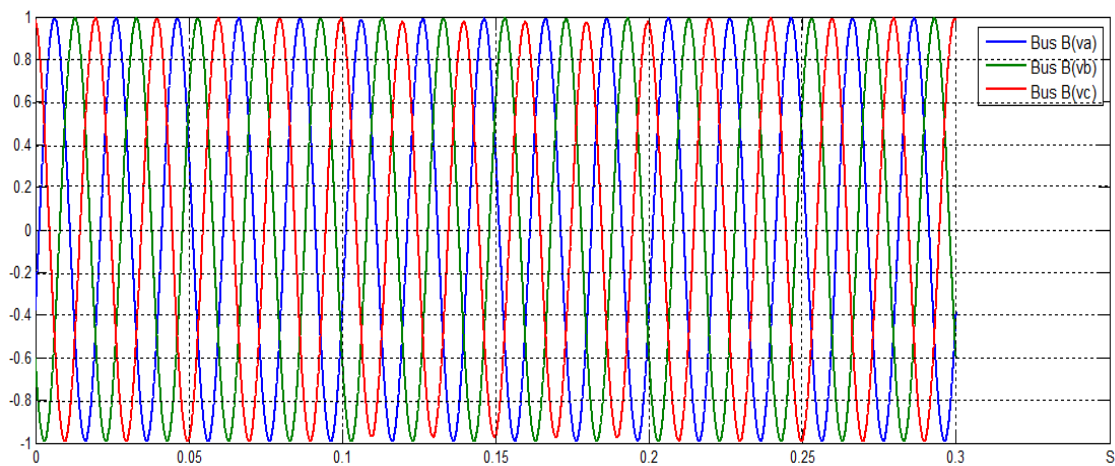
Fault fasa ke tanah pada bus A

- a) Satu fasa a sambungan transformator Yg/Yg :

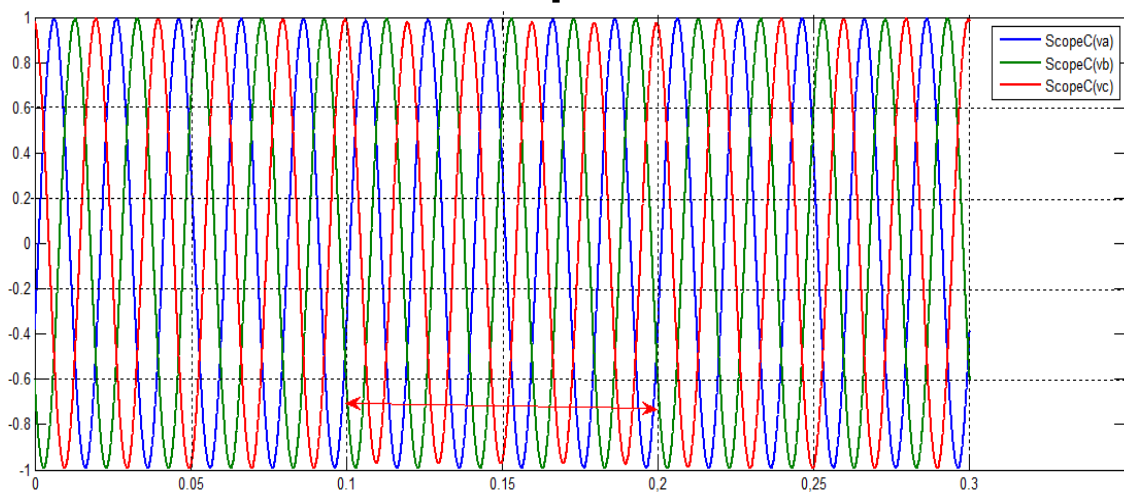
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15



Gambar 8. Sinyal tegangan bus A



Gambar 9. Sinyal tegangan bus B

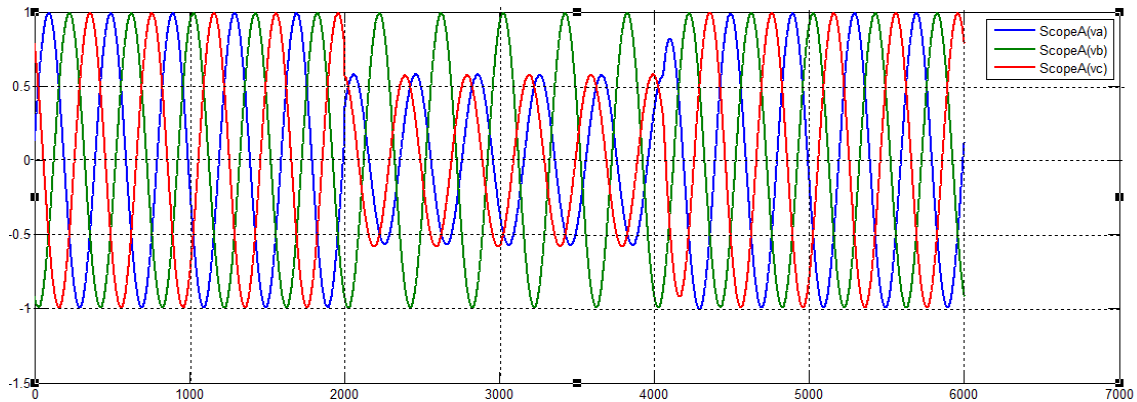


Gambar 10. Sinyal tegangan bus C

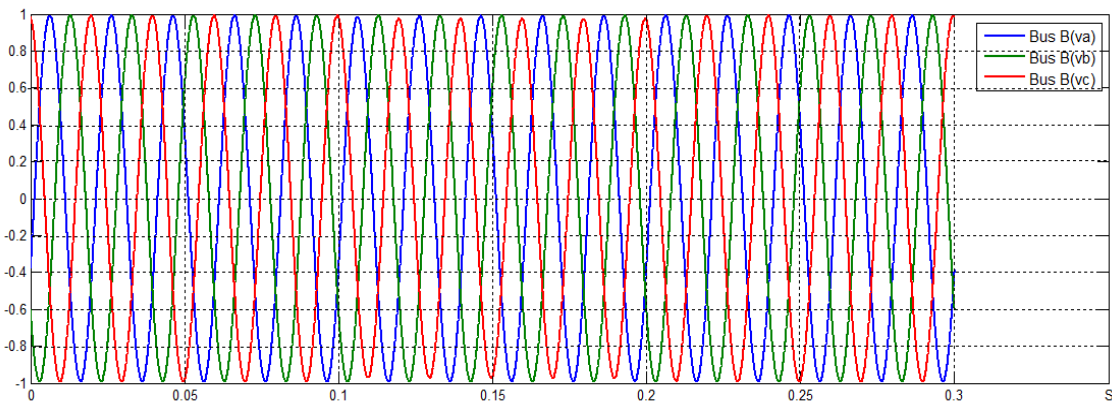
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada bus A fasa a mengalami penurunan tegangan sebesar 0,43 pu, bus c mengalami penurunan sebesar 0,42 pu dengan durasi waktu 0,1s sedangkan fasa b tidak mengalami penurunan. bus B dan bus C tidak menunjukkan adanya gangguan sinyal tegangan.

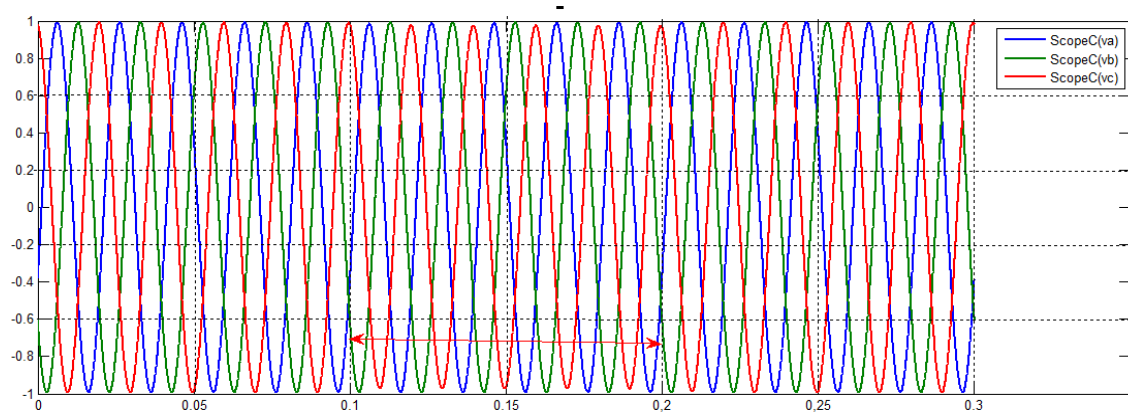
b) Satu fasa a sambungan transformator  $\Delta/\nabla$ g:



Gambar 11. Sinyal tegangan bus A



Gambar 12. Sinyal tegangan bus B

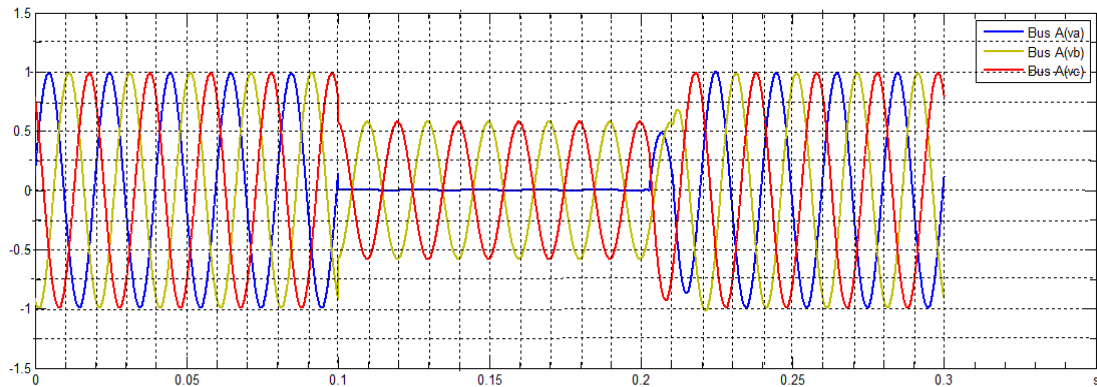


Gambar 13. Sinyal tegangan bus C

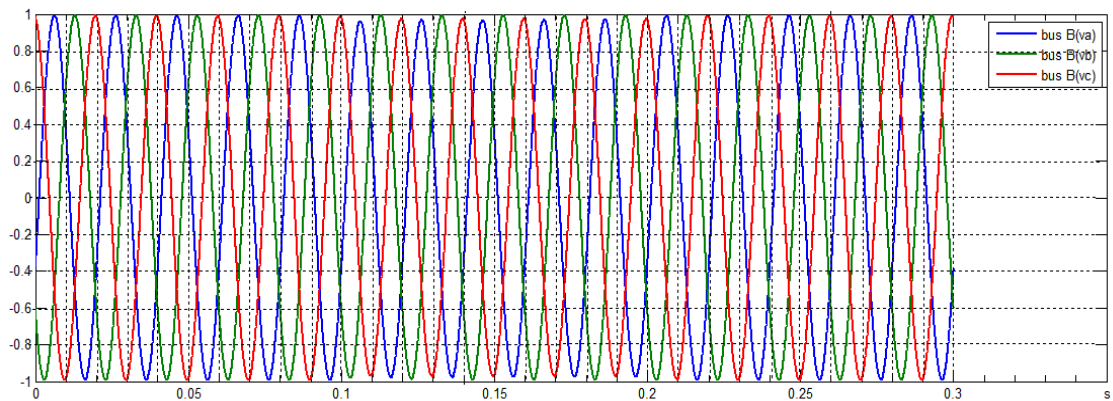
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada bus A fasa a dan fasa c mengalami penurunan tegangan sebesar 0,42 pu dengan durasi waktu 0,1s sedangkan fasa b tidak mengalami penurunan. Bus B dan bus C tidak menunjukkan adanya gangguan sinyal tegangan.

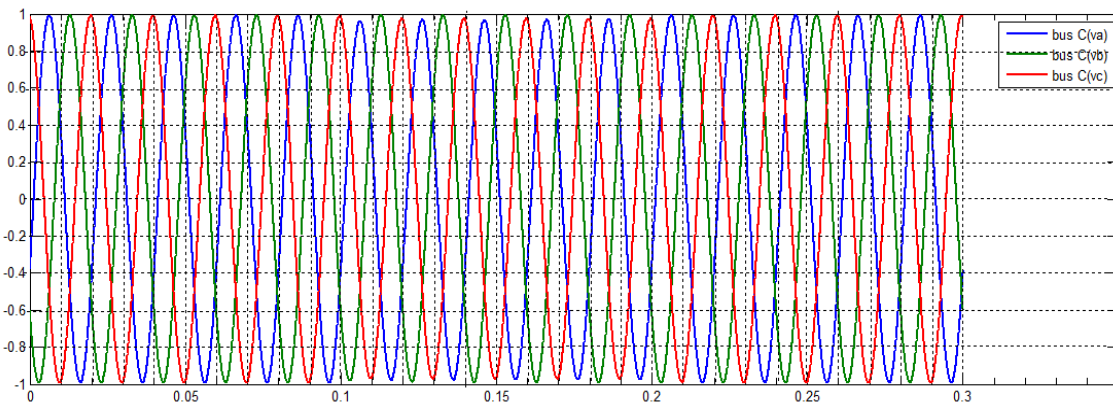
c) fasa a,b sambungan transformator  $\Delta/\gamma_g$  :



Gambar 14. Sinyal tegangan bus A



Gambar 15. Sinyal tegangan bus B



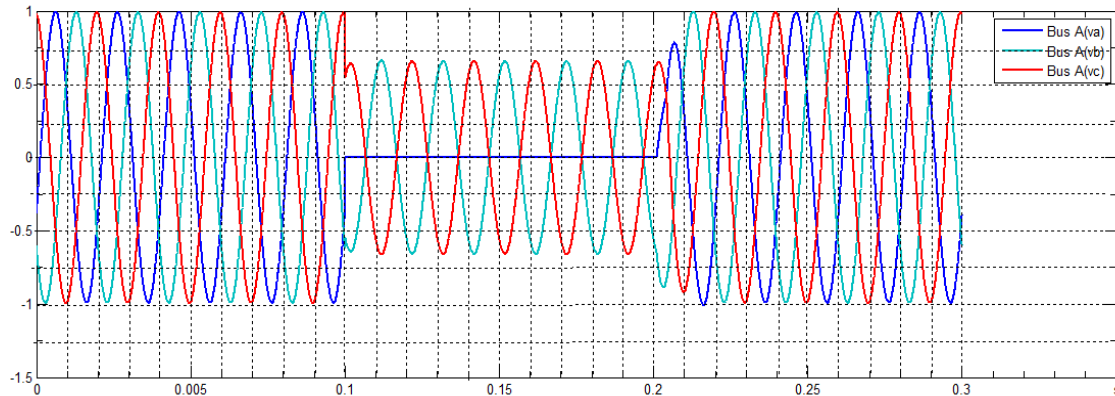
Gambar 16. Sinyal tegangan bus C



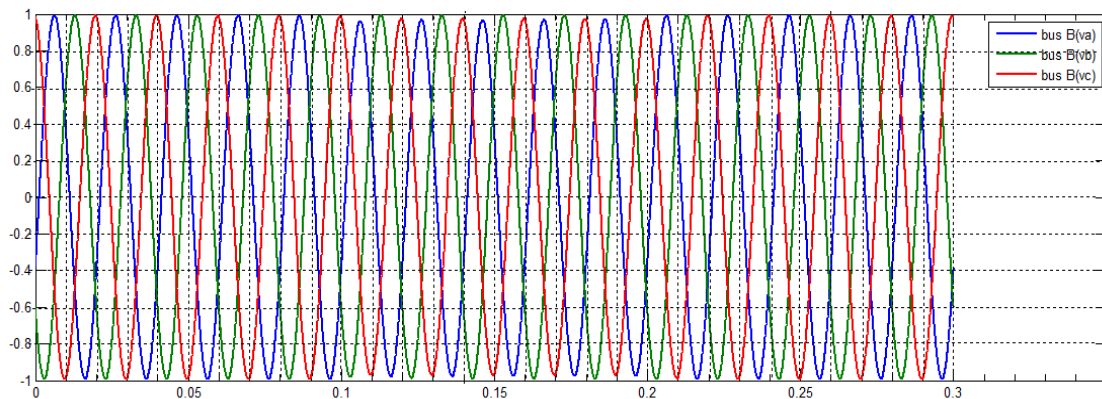
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada bus A fasa a mengalami penurunan sebesar 1pu sedangkan fasa b dan fasa c mengalami penurunan tegangan sebesar 0,42 pu, dengan durasi waktu 0,1s. Bus B dan bus C tidak menunjukkan adanya gangguan sinyal tegangan.

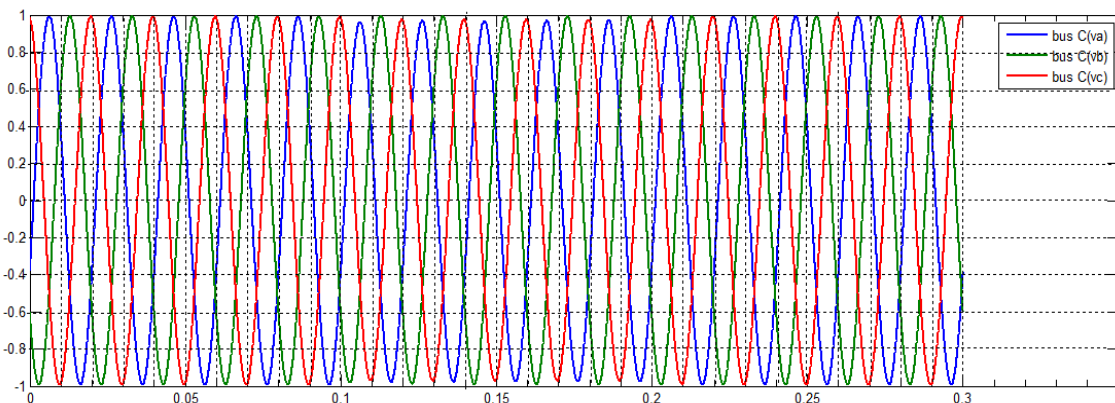
d) Fasa a,b sambungan transformator  $\Delta/\Delta$  :



Gambar 17. Sinyal tegangan bus A



Gambar 18. Sinyal tegangan bus B

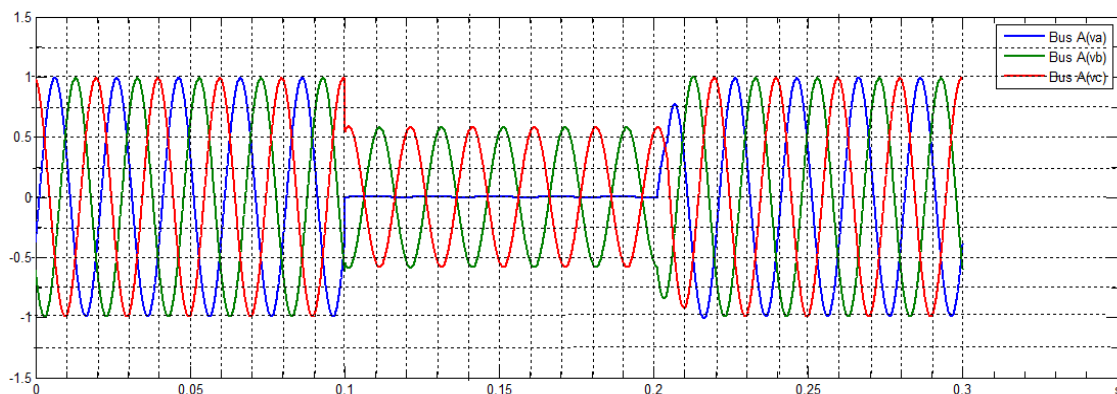


Gambar 19. Sinyal tegangan bus C

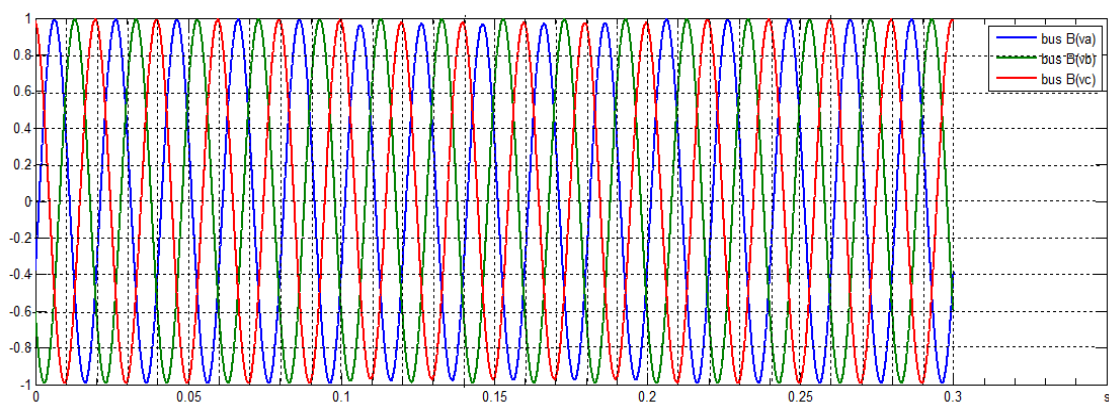
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada bus A fasa a mengalami penurunan sebesar 1pu sedangkan fasa b dan fasa c mengalami penurunan tegangan sebesar 0,36 pu, dengan durasi waktu 0,1s. Bus B dan bus C tidak menunjukkan adanya gangguan sinyal tegangan.

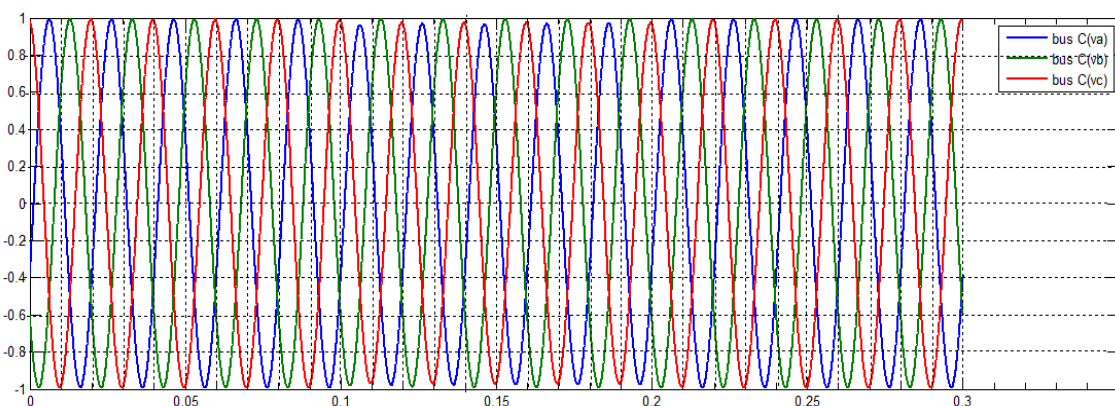
e) Fasa a,b sambungan transformator Yg/Yg :



Gambar 20. Sinyal tegangan bus A



Gambar 21. Sinyal tegangan bus B

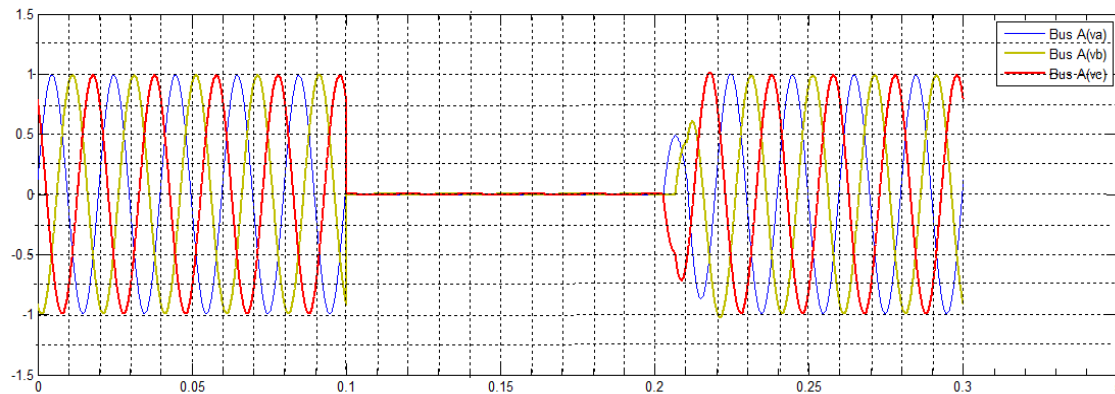


Gambar 22. Sinyal tegangan bus C

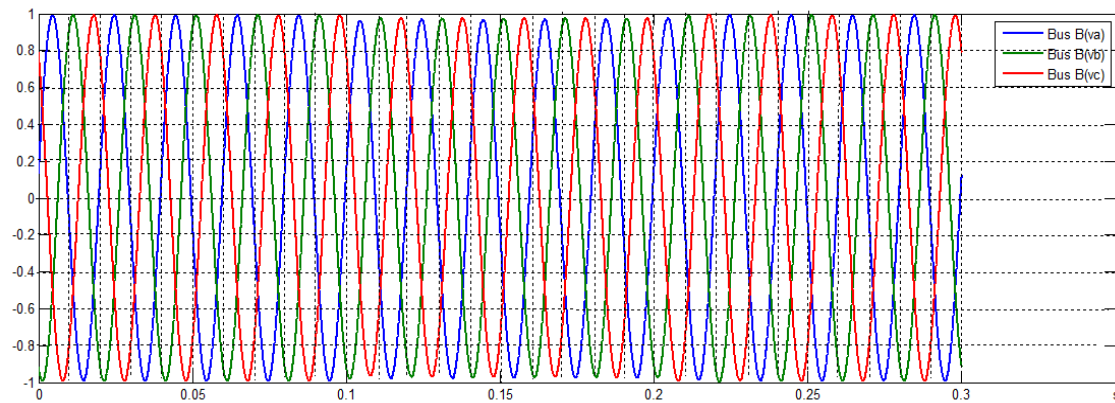
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada bus A fasa a mengalami penurunan sebesar 1pu sedangkan fasa b dan fasa c mengalami penurunan tegangan sebesar 0,42 pu, dengan durasi waktu 0,1s. Bus B dan bus C tidak menunjukkan adanya gangguan sinyal tegangan.

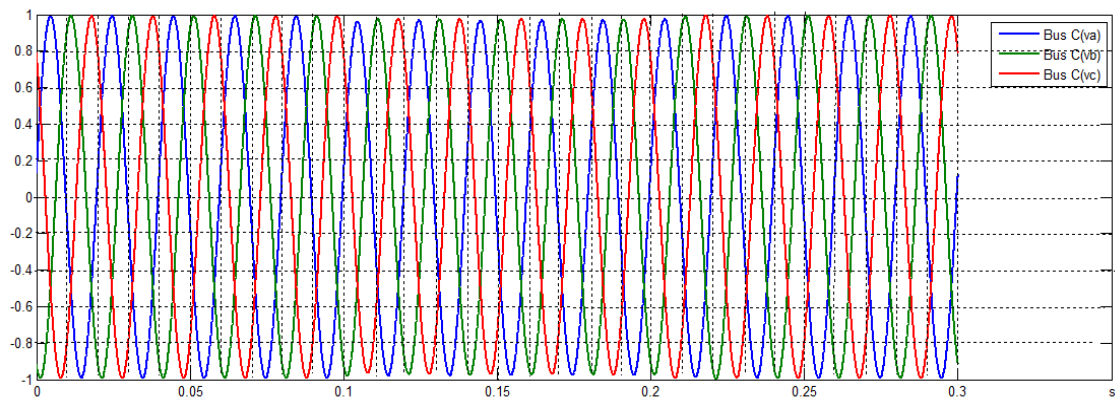
f) tiga fasa sambungan transformator  $\Delta/\sqrt{3}$  :



Gambar 23. Sinyal tegangan bus A.



Gambar 24 Sinyal tegangan bus B.



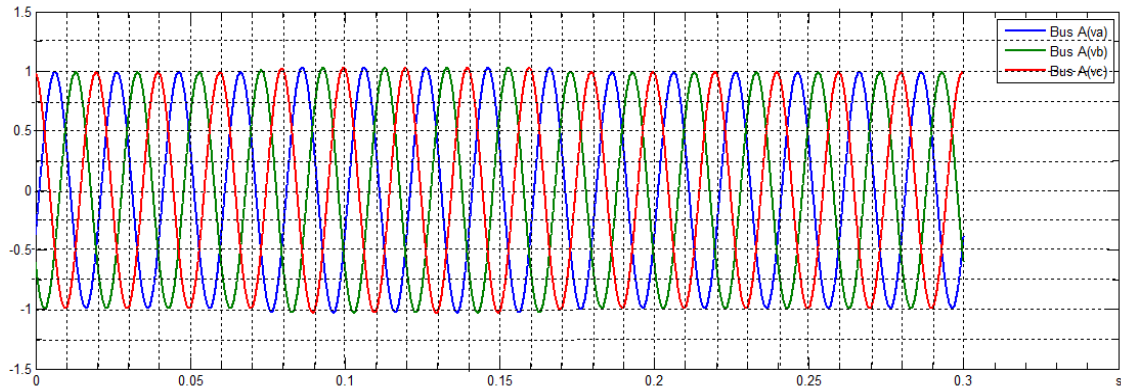
Gambar 25. Sinyal tegangan bus C

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada bus A pada ke tiga fasa mengalami penurunan sebesar 1pu dengan durasi waktu 0,1s. Bus B dan bus C tidak menunjukkan adanya gangguan sinyal tegangan.

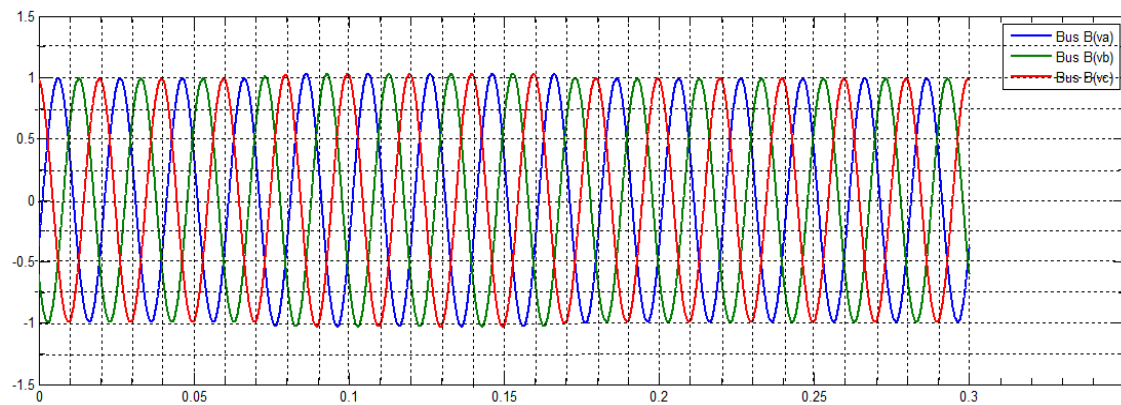
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

Pelepasan beban pada bus C

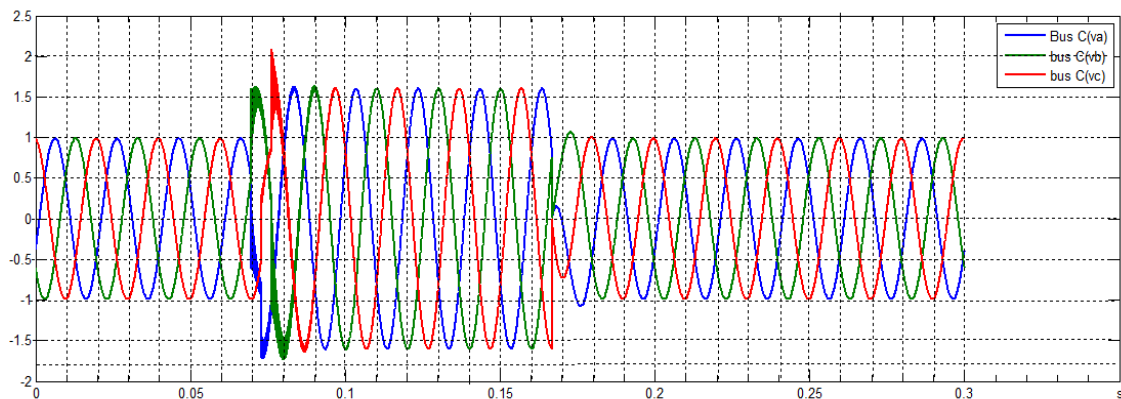
a. Sambungan transformator Yg/Yg :



Gambar 26. Sinyal tegangan bus A



Gambar 27. Sinyal tegangan bus B

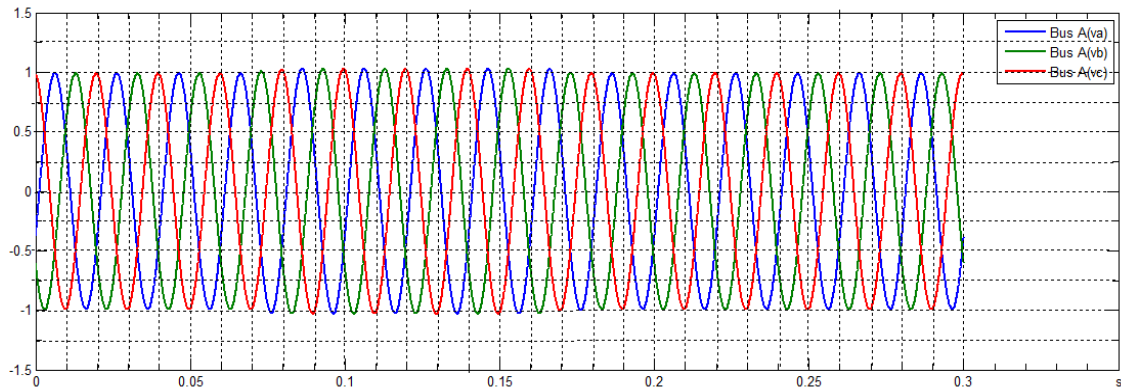


Gambar 28. Sinyal tegangan bus C

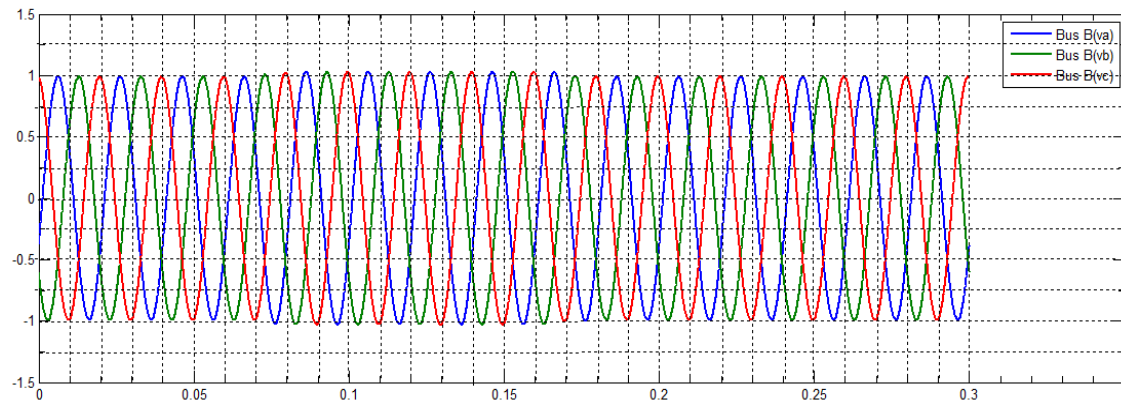
Gambar diatas menunjukkan bahwa pada bus C pada ketiga fasa mengalami kenaikan sebesar 0.64pu dengan durasi waktu 0,1s. Bus A dan bus B tidak menunjukkan adanya gangguan sinyal tegangan.

b. sambungan transformator  $\Delta/Yg$  :

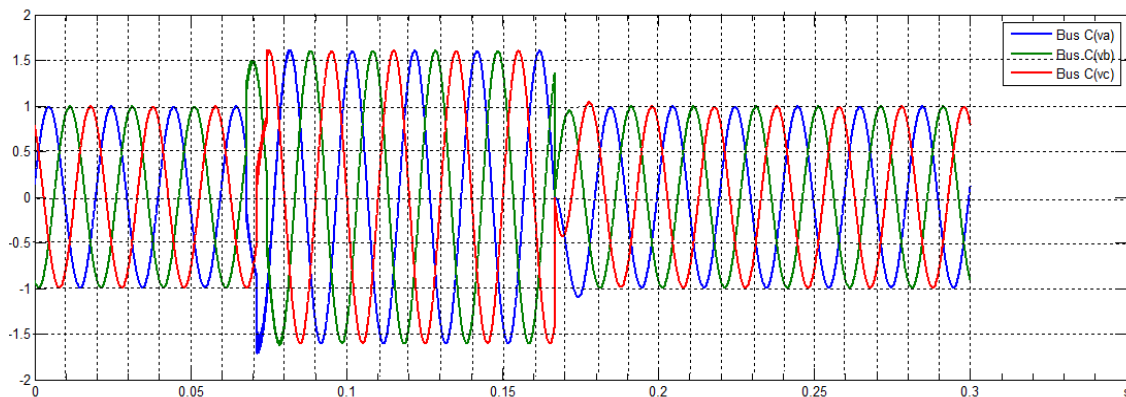
Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15



Gambar 29. Sinyal tegangan bus A.



Gambar 30. Sinyal tegangan bus B



Gambar 31. Sinyal tegangan bus C

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada bus C pada ketiga fasa mengalami kenaikan sebesar 0.62pu dengan durasi waktu 0,1s. Bus A dan bus B tidak menunjukkan adanya gangguan sinyal tegangan.

#### Hasil simulasi

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dari 8 tipe uji berupa gangguan hubung singkat fasa ke tanah dan pelepasan beban secara tiba – tiba, selanjutnya dapat dibuatkan tabel data sebagai berikut:

Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.

Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

Tabel 2. Data hasil simulasi

No	Nama tipe gangguan	Beban	Besarnya pemurunan dan kenaikan tegangan Phasa (pu)			Durasi waktu (s)		Golongan gangguan
			a	b	c	Mulai	Selesai	
1	Phasa - tanah (Yg/Yg)	1	-0,43	0	-0,42	0.1	0.2	Voltage Sag
		2	0	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
		3	0	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
2	Phasa - tanah (Δ/Yg)	1	-0,42	0	-0,42	0.1	0.2	Voltage Sag
		2	0	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
		3	0	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
3	Dua phasa - tanah (Δ/Yg)	1	-1	-0,46	-0,45	0.1	0.2	Voltage Sag
		2	-0,01	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
		3	-0,01	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
4	Dua Phasa - tanah (Yg/Yg)	1	-1	-0,36	-0,36	0.1	0.2	Voltage Sag
		2	-0,02	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
		3	-0,02	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
5	Dua phasa - tanah (Δ/Δ)	1	-1	-0,44	-0,44	0.1	0.2	Voltage Sag
		2	-0,02	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
		3	-0,02	0	-0,02	0.1	0.2	Normal
6	Tiga Phasa - tanah (Δ/Yg)	1	-1	-1	-1	0.1	0.2	Interrup
		2	-0,02	-0,02	-0,02	0.1	0.2	Normal
		3	-0,02	-0,02	-0,02	0.1	0.2	Normal
7	Pelepasan Beban C (Yg/Yg)	1	0,03	0,03	0,03	0.075	0.175	Normal
		2	0,03	0,03	0,03	0.075	0.175	Normal
		3	0,64	0,64	0,64	0.075	0.175	Voltage Swell
8	Pelepasan Beban C (Δ/Yg)	1	0,03	0,03	0,03	0.075	0.175	Normal
		2	0,03	0,03	0,03	0.075	0.175	Normal
		3	0,62	0,62	0,62	0.075	0.175	Voltage Swell

Berdasarkan tabel diatas pada hubung singkat satu fasa ke tanah perbedaan sambungan transformator tidak mempengaruhi besarnya voltage sag. Pada hubung singkat dua fasa ke tanah sambungan transformator Yg/Yg mempunyai hasil yang berbeda dibandingkan dengan sambungan tranformator Δ/Yg atau Δ/Δ. Perbedaan itu sebesar 0.1 pu. Dimana voltage sag yang terjadi pada fasa a dan c sebesar 0.36 pu, sedangkan sambungan transformator Δ/Yg dan Δ/Δ menyebabkan voltage sag fasa b dan c sebesar 0,46 pu. Gangguan tiga fasa ke tanah menyebabkan interrup pada ketiga fasa. Pelepasan beban pada bus C dengan sambungan transformator Yg/Yg dan Δ/yg tidak menunjukkan perbedaan sinyal voltage swell. Dimana sambungan transformator Yg/Yg sebesar 0,64 pu sedangkan sambungan transformator Δ/Yg sebesar 0,63 pu.

## SIMPULAN

Hasil simulasi gangguan *voltage sag* dan *voltage swell* jaringan distribusi 20 kv menggunakan matlab simulink, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Pemodelan simulasi mampu menggambarkan terjadinya gangguan voltage sag dan voltage swell
- Pada gangguan hubung singkat phasa ke tanah dengan perbedaan sambungan trafo Δ/Yg, Δ/Δ, Yg/Yg , tidak menunjukkan adanya perbedaan besarnya *voltage sag*

Mustofa ihwanudin, Yanu Shalahuddin, Fajar Yumono. 2018. Simulasi Gangguan Voltage Sag dan Voltage Swell Pada Jaringan 20 kv Menggunakan Matlab Simulink.  
Jurnal *Qua Teknika*, (2018), 8(2) : 1-15

---

- c) Pelepasan beban pada bus C dengan perbedaan sambungan transformator Yg/Yg dan  $\Delta/\gamma$ g tidak menunjukkan adanya perbedaan besarnya *voltage swell*

## REFERENSI

- [1] Shalahuddin, Yanu. 2015. *Mitigasi voltage sag dengan dynamic voltage restore berbasis pre-sag menggunakan matlab/simulink*. Semarang : Mte unissula.
- [2] Sedaghati, Reza dkk. 2013. *A survey of voltage sags and swells phenomena in power quality problems*. IJSRM :Vol.1.Issue 9.Pages. 458-462
- [3] Wiharya,Candra dkk., 2014.*Analisis Voltage Sag pada Sistem Tenaga Listrik PT. Petrochina International Ltd. Sorong*. Jurnal EECCIS.vol.1.no.1
- [4] Sinegar, Ronaldi Tumpal dkk.,2014. *Analisis dan Proteksi Voltage Sag and Swell akibat Pengoperasian Motor dengan Kapasitas diatas 5000 KW pada sistem kelistrikan P.T Semen Gresik Pabrik Tuban IV*. Surabaya : Kampus ITS Keputih Sukolilo
- [5] Saputra, Agung Ahmad Sulton. 2017. *kompensasi tegangan drop pada penyulang PT. PLN(PERSERO) Distribusi LAMPUNG dengan penempatan DVR*. Bandar Lampung : Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 1, No. 2
- [6] Sinha, Manish N. & Dr.B.R.Parekh. 2014. *Simulation of Voltage Sag Magnitude Estimation in a Power System Network.vol 3*. Issue. **ISSN** (Print) : 2320 – 3765
- [7] Dugan, R. C.; & Mc Granaghan, M. F.; & Santoso, S.; & Beaty, H. W. *Electrical Power System Quality 2<sup>nd</sup> Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- [8] Pawar, N. B.; & Kakre, D. M. 2014. *Generation of Different Types of Voltage Sag Using Matlab/Simulink*. IJEIT. Vol. 3. Issue 9. ISSN 2277-3754.
- [9] Mali, Vima P., dkk. 2015. *A Technical Investigation of Voltage Sag*. American Journal of Engineering Research (AJER) : e-ISSN; 2320-0847, p-ISSN ; 2320-0936 Volume-4, Issue-10.
- [10] Tarto, Deinala Dwi. 2017. *Analisa total harminik distrortion menggunakan matlab simulink di universitas islam kadiri*. Kediri: Teknik elektro.
- [11] Sujatmiko, Hernawan. 2009. *Analisis kerugian daya pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi 500 kv di p.t. Pln (persero) penyaluran & pusat pengaturan beban (p3b) jawa bali regional jawa tengah & diy unit pelayanan transmisi semarang*. Jurnal Teknik Elektro : Vol. 1 No.1
- [12] Anton, D.; & Rosyadi, I.; & Ashari, M.; & Suryoatmojo, H. 2009. *Kombinasi Feed Back dan Feed Forward Kontroller PI sebagai Kendali Dynamic Voltage Restorer (DVR) untuk memulihkan Voltage Sag dan Interruption*. Telkomnika, Volume 7, nomor 2. ISSN 1693-6930.
- [13] Badaruddin & Heri kiswaento. 2015. *Studi analisa perencanaan instalasi distribusi saluran udara tegangan menengah (sutm) 20 kv*. Jakarta : Universitas Mercu Buana vol 6, No. 01
- [14] ramono, Joko, dkk. 2010. *“makalah transmision of electrical energy”*. Depok : Depertemen eknik elektro UI
- [15] *“IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality,” IEEE Std. 1159-1995, June 1995.*