

# Pengaruh Pemasangan Pembangkit Terdistribusi (Distributed Generation) Terhadap Magnitude Arus Gangguan pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Mustarum Musaruddin<sup>1\*</sup>, Ahmad Munawir<sup>2</sup>, Sahabuddin Hay<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara  
E-mail: mustarum@gmail.com

---

**Abstrak** – Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pemasangan pembangkit terdistribusi (Distributed Generation) terhadap magnitude arus gangguan hubung singkat pada lokasi gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik. Dalam penelitian ini, sistem tenaga listrik dan pembangkit terdistribusi dimodelkan kedalam aplikasi Alternative Transient Program (ATP). Simulasi hubung singkat dilakukan dengan berbagai kondisi yaitu variasi jenis gangguan hubung singkat (dua fasa, dua fasa ke tanah dan tiga fasa), variasi lokasi gangguan serta jumlah dan lokasi pemasangan distributed generation. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan distributed generation dalam sistem distribusi tenaga listrik, maka arus gangguan akan meningkat dibandingkan dengan arus gangguan sebelum adanya distributed generation pada sistem tenaga listrik, khususnya ketika gangguannya terjadi didekat pembangkit terdistribusi. Jenis gangguan, Jumlah dan Lokasi pemasangan pembangkit terdistribusi mempunyai pengaruh terhadap magnitude arus gangguan hubung singkat.

**Kata kunci:** distributed generation, gangguan hubung singkat, alternative transient program

---

## 1 Pendahuluan

Dalam beberapa tahun belakangan ini utilitas sistem tenaga mengalami proses restrukturisasi diseluruh dunia yang meliputi pertimbangan deregulasi, kemajuan teknologi dan perhatian terhadap dampak lingkungan, kompetisi yang diperkirakan disisi pembangkitan yang memungkinkan peningkatan interkoneksi dari unit-unit pembangkit ke jaringan utilitas. Sumber pembangkitan ini disebut dengan pembangkit terdistribusi (Distributed Generation, DG) yang didefinisikan sebagai plant yang dihubungkan secara langsung ke jaringan distribusi dan tidak terpusat.

Dalam hal manfaat bagi sistem pembangkit, pembangkit terdistribusi dapat memberikan berbagai layanan untuk utilitas dan konsumen, termasuk sebagai pembangkit siaga, pembangkit pendukung beban puncak, pembangkit untuk beban dasar, pendukung penyediaan daya aktif, pendukung penyediaan daya reaktif, pendukung tegangan, stabilitas jaringan, cadangan berputar, dan dapat juga menurunkan rugi daya pada jaringan.

Untuk mendukung manfaat pembangkit terdistribusi dalam sistem pembangkit diperlukan perencanaan yang baik, dimana

terdapat faktor teknis seperti : Voltage Profile, Power Losses, Short\_Circuit Currents, Relay Protection, Power Quality, Voltage Dips dan berbagai macam masalah lainnya yang harus dianalisa sehingga keandalan dan realibilitas pelayanan kepada konsumen juga dapat terjaga dengan baik.

Dengan adanya pembangkit terdistribusi ini maka kondisi sistem tenaga menjadi lebih rumit untuk dipahami. Oleh karena itu, sangat diperlukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan pembangkit terdistribusi terhadap perubahan apapun didalam sistem. Secara konvensional, dianggap bahwa tenaga listrik pada sistem distribusi selalu mengalir dari gardu induk ke ujung penyulang, baik dalam operasi maupun perencanaannya. Pengoperasian DG mengakibatkan aliran daya terbalik dan profil tegangan yang kompleks pada sistem distribusi. Kesulitan yang muncul dalam sistem tergantung pada strategi penempatan pembangkit terdistribusi.

Sehubungan dengan berbagai keuntungan yang ditawarkan oleh DG maka penelitian secara meluas dibidang ini terus berkembang untuk memaksimalkan keuntungannya dan menghindari situasi yang tidak diinginkan. Duloo et.al (2014) terfokus pada pengaruh yang berbeda dari DG pada system distribusi termasuk pengoperasian dan pengontrolan,

perubahan pada kapasitas hubung singkat, stabilitas dan performansi relay [1]. Selain itu, Gomez et. al (2013) melakukan investigasi perubahan pada arus gangguan untuk model power system [2]. Deng et. al. (2012) melakukan analisa aspek proteksi dari feeder dengan DG terinterkoneksi [3]. Zayandehroodi et. al. (2011) melakukan analisa terhadap 4 bus untuk perubahan arus gangguan dengan interkoneksi system terdistribusi [4].

## 2 Pemodelan Sistem

Dalam melakukan pemodelan sistem terdapat konfigurasi simulasi sistem dengan Software ATP. Parameter yang digunakan pada simulasi adalah sebagai berikut :

Lokasi Gangguan, gangguan dapat terjadi di titik manapun pada jaringan distribusi. Dengan panjang penghantar dan kondisi beban sepanjang jaringan maka lokasi gangguan berupa hubung singkat pada simulasi dilakukan pada jaringan tegangan menengah 25 kV.

Resistansi Gangguan tergantung pada lokasi gangguan. Pada penelitian ini, resistansi gangguan dipilih dengan nilai normal resistansi jaringan distribusi sekitar 10 ohm.

Waktu Gangguan, sama dengan lokasi gangguan waktu gangguan dapat terjadi kapan saja. Pada penelitian ini, waktu simulasi Software ATP diasumsikan yaitu dimulai dari 0 - 0.2 detik dengan gangguan hubung singkat dimulai pada 0.05 - 0.2 detik.

Parameter komponen-komponen ATP Draw untuk Beban dapat dilihat pada Tabel 1 dan Parameter DG dapat dilihat pada Tabel 2. Adapun pemodelan system pada ATP dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Parameter beban.

Titik Beban	S (MVA)	cos φ	V (kV)
1	1.85	0.75	0.3778
2	1.80	0.80	0.3796
3	0.90	0.90	0.384
4	1.70	0.90	0.38
5	0.90	0.80	0.3772
6	0.95	0.85	0.3768
7	1.80	0.80	0.3676
8	0.85	0.95	0.372
9	1.90	0.70	0.362
10	1.95	0.80	0.3716
11	1.90	0.95	0.3808
12	1.75	0.85	0.3664
13	0.90	0.80	0.36
14	1.70	0.85	0.36
15	0.90	0.95	0.3872
16	1.95	0.80	0.3724
17	1.70	0.95	0.3804

HV Equivalent : 110 kV, 1500 MVA,  
X/R = 10

Substation Transformers : 110/25 kV,  
20 MVA, 8%, Yd, X/R = 10

Distribution Transformers : 25/0.4 kV,  
1 MVA, 2 MVA, 3 MVA, 6%, Dy, X/R = 10

DG Transformers : 25/6 kV, 1 MVA, 2 MVA, 3MVA,  
8%, Yd, X/R = 10

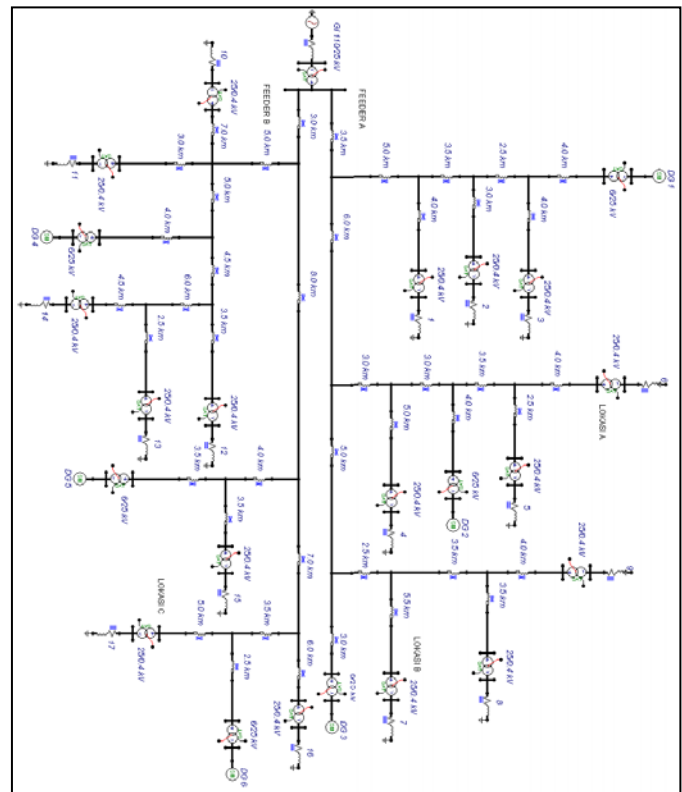
Line :  $Z_{1/2} = 0.61 + j 0.39 \Omega/\text{Km}$

$Z_0 = 0.76 + j 1.56 \Omega/\text{Km}$

DG (Synchronous Generator)

Tabel 2. Parameter DG.

Parameter	Satuan
Rated frequency (f)	50 Hz
Rated voltage (V)	6.0 kV
Number of poles	4
Armature resistance ( $R_a$ )	0.0041 pu
Armature leakage reactance ( $X_l$ )	0.1200 pu
d-axis synchronous reactance ( $X_d$ )	1.7000 pu
d-axis transient reactance ( $X_d'$ )	0.2383 pu
d-axis sub-transient reactance ( $X_d''$ )	0.1847 pu
d-axis open circuit transient time constant ( $T_{d0}'$ )	3.1949 s
d-axis open circuit sub-transient time constant ( $T_{d0}''$ )	0.02872s
Zero-sequence reactance ( $X_0$ )	1.4000 pu



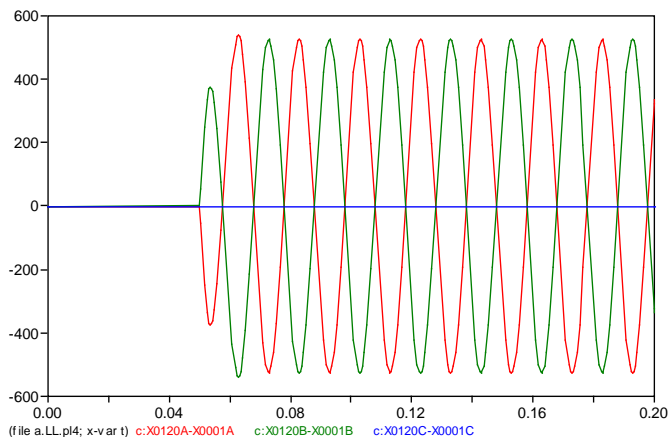
Gambar 1. Pemodelan sistem dengan ATP.

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### Simulasi hubung singkat tanpa DG

Gambar 2 menunjukkan nilai dari magnitudo arus hubung singkat pada sistem distribusi yang pengukurannya ditinjau dari lokasi gangguan A dimana di dalamnya belum terpasang DG.

- Hubung singkat dua fasa.

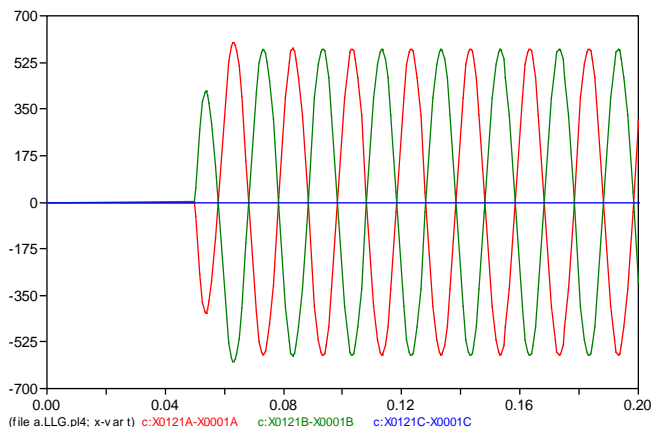


Gambar 2. Arus pada gangguan hubung singkat dua fasa lokasi A di 25 kV tanpa DG.

Nilai dari arus ketiga fasa itu adalah :

Ia = 538.4695 A ; Ib = 525.7284 A ;  
Ic = 0.000202 A.

- Hubung singkat dua fasa ke tanah.

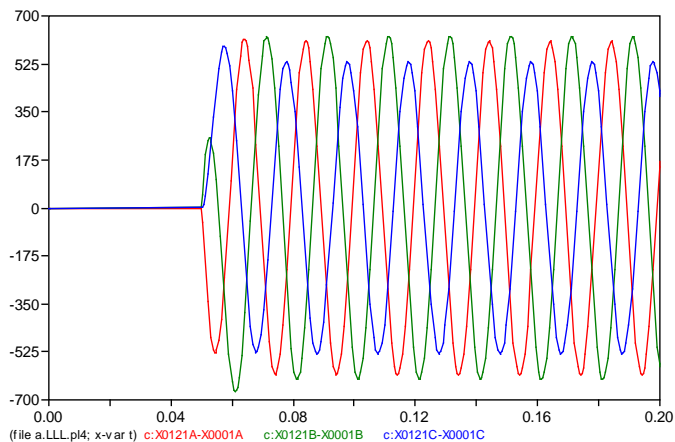


Gambar 3. Arus pada gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah lokasi A di 25 kV tanpa DG.

Nilai dari arus ketiga fasa itu adalah :

Ia = 600.1544 A ; Ib = 576.4498 A ;  
Ic = 0.000303 A.

- Hubung singkat tiga fasa.



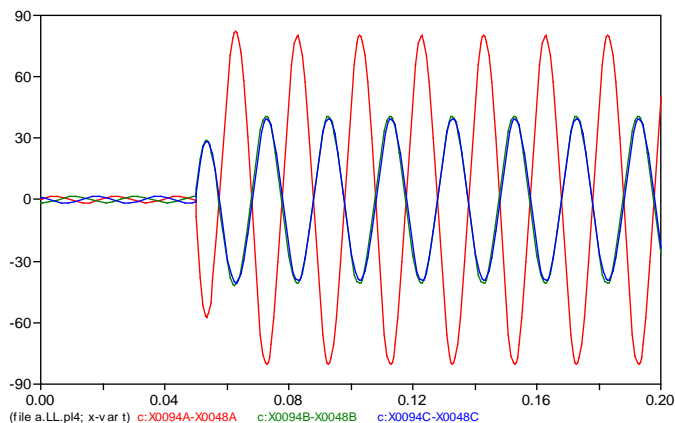
Gambar 4. Arus pada gangguan hubung singkat tiga fasa lokasi A di 25 kV tanpa DG.

Nilai dari arus ketiga fasa itu adalah :

Ia = 616.691 A ; Ib = 626.4725 A ;  
Ic = 589.6016 A.

Gambar 5 menunjukkan nilai dari magnitudo arus hubung singkat pada sistem distribusi yang pengukurannya ditinjau di sisi 110 kV dimana didalamnya belum terpasang DG.

- Hubung singkat dua fasa.

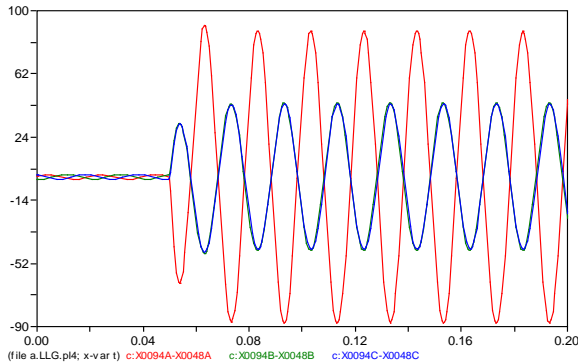


Gambar 5. Arus pada gangguan hubung singkat dua fasa lokasi A di 110 kV tanpa DG.

Magnitudo dari grafik arus itu adalah :

Ia = 82.10291 A ; Ib = 40.64901 A ;  
Ic = 39.60443 A.

▪ Hubung singkat dua fasa ke tanah.

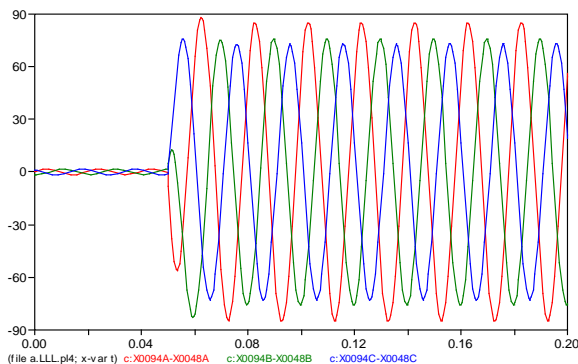


Gambar 6. Arus pada gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah lokasi A di 110 kV tanpa DG.

Magnitude dari grafik arus itu adalah :

Ia = 91.40398 A ; Ib = 44.32013 A ;  
Ic = 43.59739 A.

▪ Hubung singkat tiga fasa.



Gambar 7. Arus pada gangguan hubung singkat tiga fasa lokasi A di 110 kV tanpa DG

Magnitude dari grafik arus itu adalah :

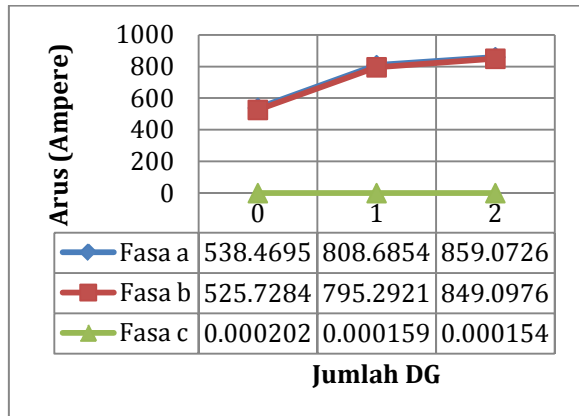
Ia = 87.98672 A ; Ib = 75.70299 A ;  
Ic = 75.50236 A.

Gambar 8 menunjukkan peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat pada lokasi a, b dan c dengan tiga jenis gangguan hubung singkat yaitu hubung singkat dua fasa, dua fasa ke tanah dan tiga fasa dimana grafik simulasi dari peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat dimulai dengan tanpa DG, satu DG dan dua DG yang dipasang pada sistem distribusi.

*Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat.*

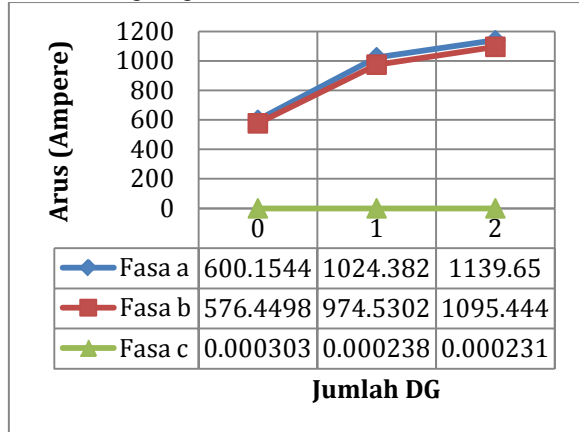
Grafik peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat pada lokasi A.

▪ Hubung singkat dua fasa (LL)



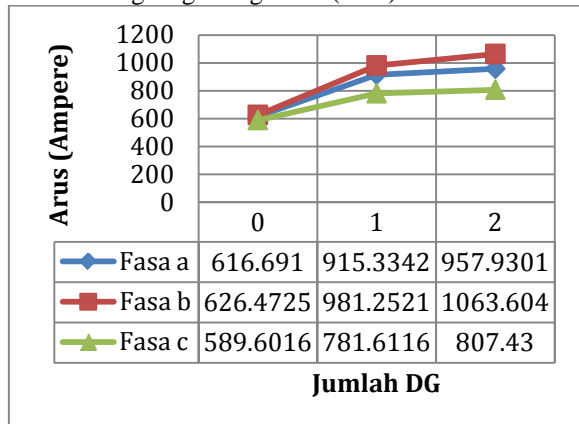
Gambar 8. Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat dua fasa (LL) pada lokasi a.

▪ Hubung singkat dua fasa ke tanah (LLG)



Gambar 9 Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah (LLG) pada lokasi a.

▪ Hubung singkat tiga fasa (LLL)

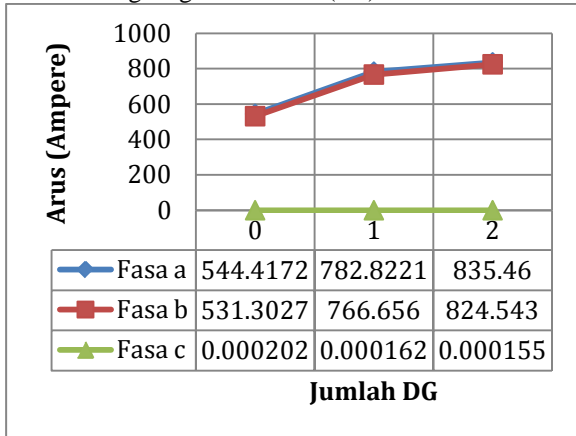


Gambar 10. Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat tiga fasa (LLL) pada lokasi a.

Grafik peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat pada lokasi B.

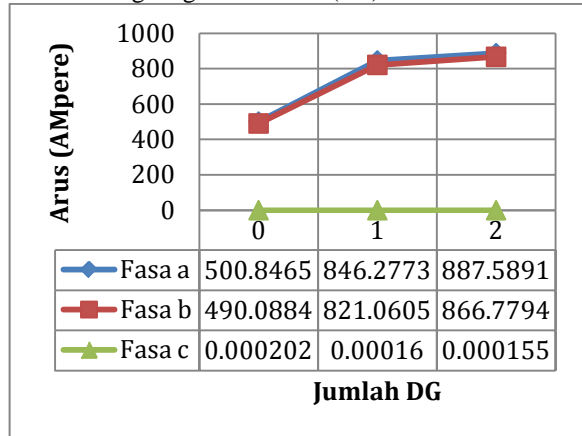
Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat pada lokasi C dapat dilihat pada Gambar 13.

▪ Hubung singkat dua fasa (LL)



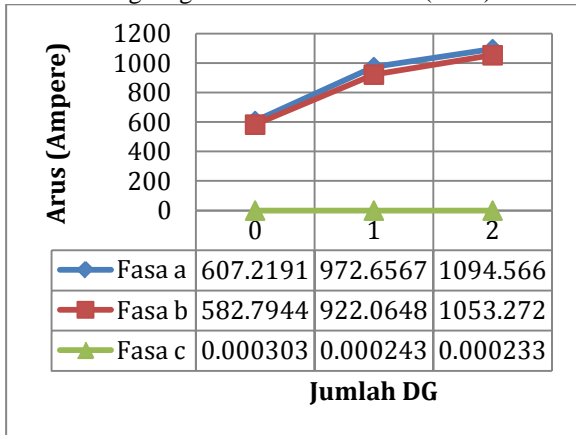
Gambar 11. Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat dua fasa (LL) pada lokasi b.

▪ Hubung singkat dua fasa (LL)



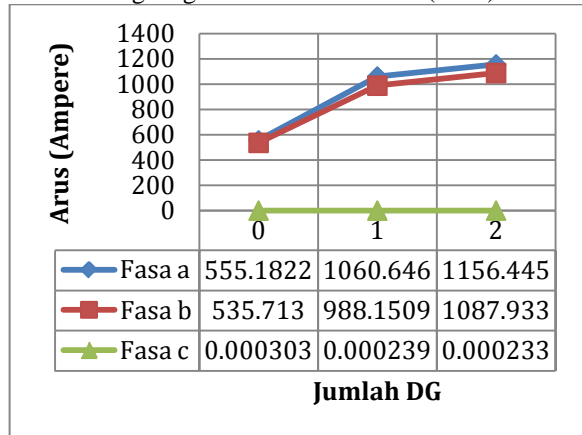
Gambar 14. Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat dua fasa (LL) pada lokasi c.

▪ Hubung singkat dua fasa ke tanah (LLG)



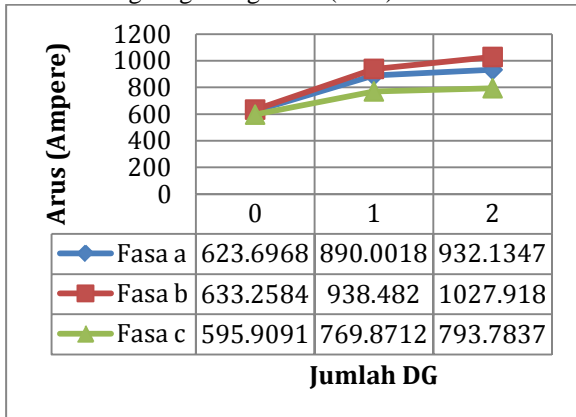
Gambar 12. Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah (LLG) pada lokasi b.

▪ Hubung singkat dua fasa ke tanah (LLG)



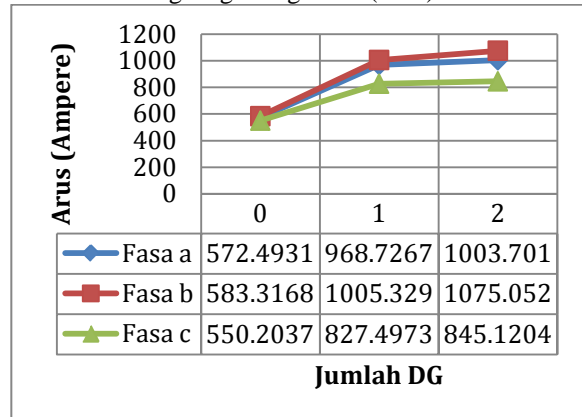
Gambar 15. Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah (LLG) pada lokasi c.

▪ Hubung singkat tiga fasa (LLL)



Gambar 13. Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat tiga fasa (LLL) pada lokasi b.

▪ Hubung singkat tiga fasa (LLL)



Gambar 16. Peningkatan magnitude arus gangguan hubung singkat tiga fasa (LLL) pada lokasi c.

Tabel 3. Perbandingan magnitudo arus hubung singkat (%) dengan lokasi dan jenis gangguan serta jumlah DG berbeda yang terpasang dalam sistem distribusi ditinjau dari lokasi gangguan pada sisi 25 kV.

Lokasi	Fasa	Tanpa DG - 1 DG		
		Nilai Gangguan (%)		
		LL	LLG	LLL
A	a	50.18	70.69	48.43
	b	51.27	69.06	56.63
	c	-21.29	-21.45	32.57
B	a	43.79	60.18	42.70
	b	44.30	58.21	48.20
	c	-19.80	-19.80	29.19
C	a	68.97	91.04	69.21
	b	67.53	84.46	72.35
	c	-20.79	-21.12	50.40

Lokasi	Fasa	1 DG - 2 DG		
		Nilai Gangguan (%)		
		LL	LLG	LLL
A	a	6.23	11.25	4.65
	b	6.77	12.41	8.39
	c	-3.14	-2.94	3.30
B	a	6.72	12.53	4.73
	b	7.55	14.23	9.53
	c	-4.32	-4.12	3.11
C	a	4.88	9.03	3.61
	b	5.57	10.10	6.94
	c	-3.13	-2.51	2.13

Lokasi	Fasa	Tanpa DG - 2 DG		
		Nilai Gangguan (%)		
		LL	LLG	LLL
A	a	59.54	89.89	55.33
	b	61.51	90.03	69.78
	c	-23.76	-23.76	36.95
B	a	53.46	80.26	49.45
	b	55.19	80.73	62.32
	c	-23.27	-23.10	33.21
C	a	77.22	108.30	75.32
	b	76.86	103.08	84.30
	c	-23.27	-23.10	53.60

Simulasi pada saat sistem tanpa DG, arus gangguan yang terjadi hanya kontribusi dari power grid saja. Magnitudo arus gangguannya ditentukan oleh impedansi antara power grid dengan lokasi terjadinya gangguan. Impedansi ini meliputi impedansi urutan positif, urutan negatif dan urutan nol dari power grid, transformator gardu induk, dan saluran.

Pada penyulang A, arus gangguan yang paling kecil dihasilkan oleh gangguan pada lokasi a (bus yang terjauh dari power grid sejauh 23 Km), sedangkan arus gangguan yang paling besar dihasilkan oleh gangguan pada lokasi b (bus yang terdekat dengan power grid sejauh 22.5 Km). Pada penyulang B, lokasi c (bus yang terjauh dengan power grid sejauh 26.5 Km) arus gangguannya lebih kecil dibandingkan pada lokasi a dan b pada penyulang A. Semakin jauh bus tersebut dari power grid, maka impedansi salurannya akan semakin besar. Semakin besar impedansi salurannya maka arus gangguannya akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya.

Pemasangan sebuah DG pada sistem distribusi mengakibatkan perubahan arus gangguan. Arus gangguan yang terjadi pada suatu bus merupakan kontribusi dari power grid dan DG. Magnitudo arus gangguannya, ditentukan oleh impedansi antara power grid dengan lokasi terjadinya gangguan serta ditentukan oleh impedansi antara DG dengan lokasi terjadinya gangguan. Kontribusi DG terhadap arus gangguan lebih kecil dibandingkan dengan kontribusi power grid. Variasi lokasi pemasangan sebuah DG pada salah satu bus di penyulang A mengakibatkan perubahan magnitudo arus gangguan. Semakin dekat lokasi pemasangan DG dengan lokasi terjadinya gangguan maka arus gangguannya akan semakin besar. Hal ini disebabkan semakin dekat dengan DG, maka impedansi salurannya akan semakin kecil sehingga kontribusi DG terhadap arus gangguan juga akan semakin besar.

Jumlah DG yang terpasang pada sistem juga berpengaruh terhadap magnitudo arus gangguan. Hal ini disebabkan karena arus gangguan yang terjadi merupakan kontribusi dari 3 buah sumber yaitu dari power grid dan 2 buah DG. Kedua DG yang dipasang pada sebuah bus dalam sistem tersebut mempunyai kapasitas yang berbeda sehingga kontribusinya terhadap arus gangguan adalah berbeda. Impedansi urutan dari kedua DG adalah konstan walaupun lokasi terjadi gangguannya berubah-ubah. Dengan demikian, Impedansi saluranlah yang akan menentukan kontribusi dari masing-masing DG. Pada saat DG dipasang pada penyulang yang berbeda, juga mengakibatkan kenaikan arus gangguan. Kontribusi masing-masing DG terhadap arus gangguan menjadi tidak sama. Kontribusinya juga ditentukan oleh besarnya impedansi antara DG tersebut dengan lokasi terjadinya gangguan. Semakin dekat DG dengan lokasi terjadinya gangguan maka kontribusinya akan semakin besar. Arus gangguannya akan semakin kecil bila salah satu DG dipasang menjauhi lokasi terjadinya gangguan. Gangguan hubung singkat pada saluran distribusi juga berpengaruh pada perubahan magnitudo arus di sisi transmisi baik sebelum maupun sesudah DG terpasang pada sistem.

## 6 Simpulan

Pada saat sistem belum terpasang DG, arus gangguan hanya ditentukan oleh lokasi terjadinya gangguan saja. Semakin dekat lokasi gangguan dengan power grid, maka arus gangguannya akan semakin besar begitupun sebaliknya semakin jauh lokasi gangguan dengan power grid, maka arus gangguannya akan semakin kecil.

Pemasangan DG pada sistem mengakibatkan kenaikan arus gangguan khususnya ketika gangguannya terjadi di dekat lokasi pemasangan DG.

Jumlah DG yang terpasang pada sistem distribusi juga berpengaruh terhadap magnitude arus gangguan, magnitude arus gangguan hubung singkat semakin besar ketika dua DG terpasang dibandingkan dengan tanpa DG dan setelah terpasang satu DG.

Perubahan magnitude arus pada sistem distribusi setelah mengalami gangguan yaitu terjadinya lonjakan magnitude arus yang besar dibandingkan dengan arus normalnya selain terasa pada lokasi gangguannya juga perubahan magnitude arusnya juga terasa pada sisi 110 kV.

Tipe gangguan hubung singkat dari simulasi menunjukkan perbedaan perubahan nilai arus yang dirasakan dilokasi gangguan pada sistem distribusi maupun yang dirasakan dilokasi 110 kV, dikarenakan magnitude arus

hubung singkat yang berbeda pada tiap tipe dan lokasi gangguan.

## Kepustakaan

- [1]. Dulau, Lucian Ioan, Mihail Abrudean, and Dorin Bica., "Effects of Distributed Generation on Electric Power Systems." *Procedia Technology* 12 (2014): pp. 681-686.
- [2]. Gomez, Juan C., Jorge Vaschetti, Carlos Coyos, and C. Ibarlucea., "Distributed Generation: Impact on Protections and Power Quality." *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)* 11, no. 1 (2013): 460-465.
- [3]. Menghua Deng, Jun Qian, Zhenping Yan, Tao Yu, Jiaqing Zhou, Junchao Zhang and Liyi Li., "A research of feeder protection 10kV distribution networks including distributed generation." In *Electricity Distribution (CICED), 2012 China International Conference on*, pp. 1-4. IEEE, 2012.
- [4]. Zayandehroodi, Hadi, Azah Mohamed, Hussain Shareef, and Marjan Mohammad jafari. "Impact of distributed generations on power system protection performance." *International Journal of the Physical Sciences* 6, no. 16 (2011): pp. 3873-3881.
- [5]. [http://wiki.aanval.com/wiki/snort\\_vs\\_suricata](http://wiki.aanval.com/wiki/snort_vs_suricata) (di akses pada tanggal 30 agustus 2017).