

KARYA ILMIAH

**ANALISIS HUBUNG SINGKAT *LINE TO GROUND* PADA SISTEM DISTRIBUSI
STANDAR IEEE 18 *BUS* DENGAN ADANYA PEMASANGAN *DISTRIBUTED
GENERATION (DG)*
MENGUNAKAN PROGRAM ETAP *POWER STATION 4.0***



**Disusun untuk Melengkapi Tugas Akhir dan Syarat-syarat untuk
Mencapai Gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Diajukan Oleh :

**SUPRIYADI
D 400 090 054**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2013

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya ilmiah dengan judul “**analisis hubung singkat *line to ground* pada sistem distribusi standar ieee 18 bus dengan adanya pemasangan *distributed generation* (dg) menggunakan program etap *power station 4.0***” ini diajukan oleh :

Nama : Supriyadi

NIM : D400 090 054

Guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana Strata-Satu (S1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, telah diperiksa dan disetujui pada :

Hari : Senin

Tanggal : 10 Juni 2013

Mengetahui,

Pembimbing 1



(Agus Supardi, ST.MT)

Pembimbing 2



(Aris Budiman, ST.MT)

ANALISIS HUBUNG SINGKAT *LINE TO GROUND* PADA SISTEM DISTRIBUSI STANDAR IEEE 18 BUS DENGAN ADANYA PEMASANGAN *DISTRIBUTED GENERATION (DG)* MENGGUNAKAN PROGRAM ETAP POWER STATION 4.0

Supriyadi

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Kartasura, Surakarta
E-mail : adeydsupp@gmail.com

ABSTRAKSI

Pembangkit listrik skala kecil tersebar (Distributed Generation, DG) menjadi suatu pilihan baru dalam penyediaan tenaga listrik. Pembangkit ini tidak hanya ekonomis tetapi keberadaannya di dekat pelanggan listrik juga menurunkan biaya transmisi dan distribusinya. Berkaitan dengan arus hubung singkat, salah satu faktor yang berpengaruh adalah impedansi sumber dan impedansi saluran. Dengan adanya pemasangan DG di dekat pelanggan listrik, maka juga akan berpengaruh terhadap impedansi total sistem sehingga akan berpengaruh terhadap arus hubung singkatnya.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis arus hubung singkat line to ground pada sistem distribusi standard IEEE 18 bus dengan adanya pemasangan DG. Penelitian dimulai dengan membuat model sistem distribusi dan DG dengan menggunakan ETAP Power Station. Data-data sistem yang diperlukan kemudian dimasukkan ke dalam model tersebut. Setelah modelnya lengkap kemudian dilakukan simulasi aliran daya untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sempurna atau belum. Jika modelnya belum sempurna, maka dilakukan perbaikan model lagi. Setelah itu dilakukan simulasi hubung singkat line to ground dengan memvariasi lokasi hubung singkat, lokasi pemasangan DG dan kapasitas DG-nya. Hasil simulasi arus hubung singkat line to ground diamati dan data-datanya kemudian dianalisis.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan adanya DG dalam sistem distribusi maka arus hubung singkat line to ground-nya akan naik. Jumlah dan lokasi pemasangan DG juga berpengaruh terhadap magnitude arus hubung singkat line to ground-nya. Semakin dekat lokasi pemasangan DG dengan lokasi gangguan maka arus hubung singkatnya akan semakin besar.

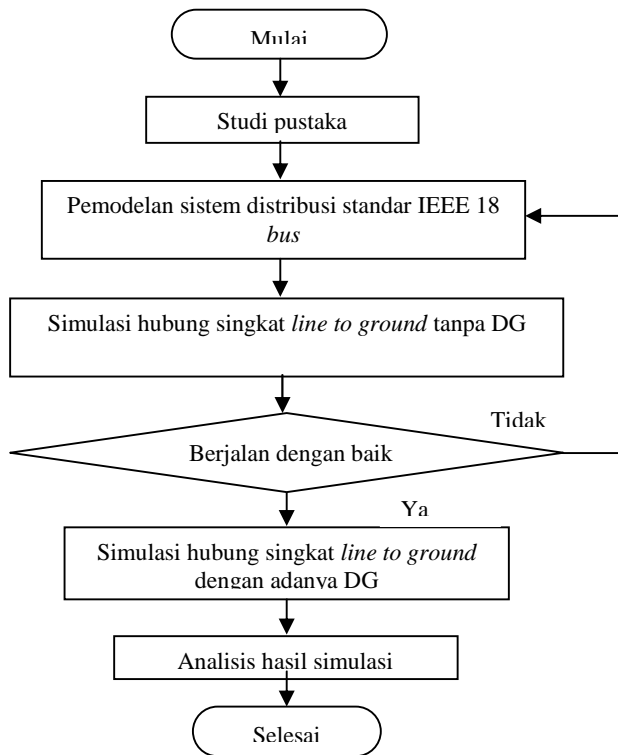
Kata kunci : *distributed generation (DG), hubung singkat line to ground, sistem distribusi*

1. PENDAHULUAN

Ada beberapa persoalan pelik yang sekarang ini dihadapi sistem kelistrikan di Indonesia. Kekurangan pasokan daya listrik bukan hanya mengakibatkan terhentinya program elektrifikasi daerah yang belum mendapatkan aliran listrik, tapi juga mengakibatkan pemadaman bergilir pada daerah yang telah ter-elektrifikasi.. Tenaga listrik dibangkitkan di stasiun pembangkit dan disalurkan ke konsumen yang membutuhkan melalui saluran transmisi dan saluran distribusi. Fasilitas pembangkitan berkapasitas besar biasanya diletakkan di daerah pinggiran yang jauh dari pusat beban. Di sisi lain, peningkatan permintaan energi listrik tidak dapat dipenuhi oleh pembangkit berkapasitas besar karena adanya keterbatasan saluran transmisi. Oleh karena itu diperlukan

pembangkit yang efisien seperti jenis pembangkit listrik tersebar (*DG, Distributed Generation*). Isu lain yang mendorong pengembangan DG adalah tingginya biaya transmisi dan distribusi (Willis and Scott, 2000). Pembangunan saluran transmisi baru membutuhkan biaya investasi yang besar. Dengan demikian diperlukan suatu pembangkit yang bisa dipasang di dekat beban seperti DG. DG dengan kapasitas daya yang kecil dapat digunakan untuk melayani beban puncak yang hanya terjadi pada jam-jam tertentu tiap harinya (Delfino, 2002).

Dengan adanya DG ini, kondisi sistem tenaga menjadi lebih rumit untuk dipahami. Oleh karena itu, sangat diperlukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan DG terhadap perubahan apapun di dalam sistem. Secara konvensional, dianggap bahwa tenaga



Gambar 2. FlowChart Penelitian

3. PEMBAHASAN DAN HASIL SIMULASI

a. Simulasi Arus Hubung Singkat

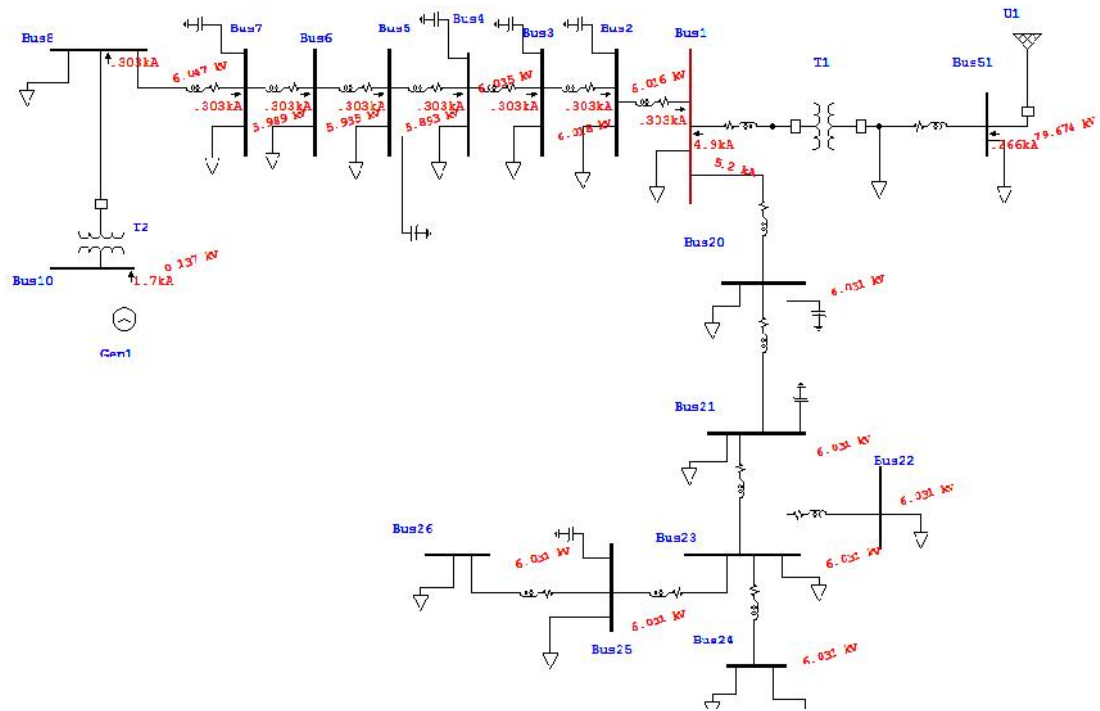
Program analisis hubung singkat dalam ETAP Power Station 4.0 dapat menganalisis hubung singkat tiga *phase*, hubung singkat saluran ke tanah, hubung singkat saluran ganda ke tanah pada sistem distribusi. Program akan menghitung arus hubung singkat berdasarkan kontribusi dari motor, generator dan sistem *utility*. Analisis hubung singkat yang dilakukan pada penelitian ini adalah gangguan hubung singkat *line to ground*. Arus hubung singkat pada *bus* yang terganggu dihitung setelah 30 siklus (kondisi *steady state*). Semua mesin listrik direpresentasikan dengan impedansi internalnya. Kapasitansi saluran dan beban statis diabaikan. Dalam penelitian ini digunakan standar ANSI/IEEE untuk menghitung arus hubung singkat, dimana

sumber tegangan ekuivalen pada lokasi gangguan, yang sama dengan tegangan sebelum terjadi gangguan, menggantikan semua sumber tegangan eksternal dan sumber tegangan internal mesin. Besarnya impedansi saluran antar *bus* pada sistem distribusi standar IEEE 18 *bus* berbeda-beda nilainya. Impedansi totalnya akan semakin besar bila jaraknya semakin jauh dari *power grid*. Adanya gangguan hubung singkat *line to ground* pada salah satu *bus* akan mengakibatkan terjadinya perubahan aliran daya. Arus yang semula mengalir menuju masing-masing *bus*, berubah arah dan magnitudenya menuju ke *bus* yang terganggu. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat *line to ground*, maka juga diikuti dengan perubahan tegangan sistem.

Pada saat sistem tanpa DG, arus hubung singkat *line to ground* yang terjadi hanya merupakan kontribusi dari *power grid* saja. Magnitude arus hubung singkatnya ditentukan oleh impedansi total antara *power grid* dengan lokasi gangguan. Impedansi ini meliputi impedansi urutan positif dari *power grid*, transformator gardu induk, dan saluran.

Pemasangan sebuah DG pada sistem distribusi akan mengakibatkan perubahan impedansi urutan positif dari sistem sehingga akan berpengaruh terhadap arus hubung singkat *line to ground*. Magnitude arus hubung singkat ditentukan oleh impedansi antara *power grid* sampai lokasi gangguan, impedansi antara DG sampai lokasi gangguan, dan impedansi transformator gardu induk.

Hal ini disebabkan karena dengan terpasangnya DG maka jumlah sumber listriknya menjadi bertambah sehingga aliran daya listriknya juga menjadi berubah. Beban yang semula disuplai dari *power grid*, dengan adanya DG maka beban tersebut akan disuplai dari DG tersebut. Dampak selanjutnya adalah terjadinya penurunan impedansi saluran. Sesuai dengan Hukum Ohm, semakin kecil impedansi maka arusnya akan semakin besar.



Gambar 3. Hasil simulasi hubung singkat *line to ground* yang terjadi pada bus 1 dengan adanya 1 buah DG di bus 8

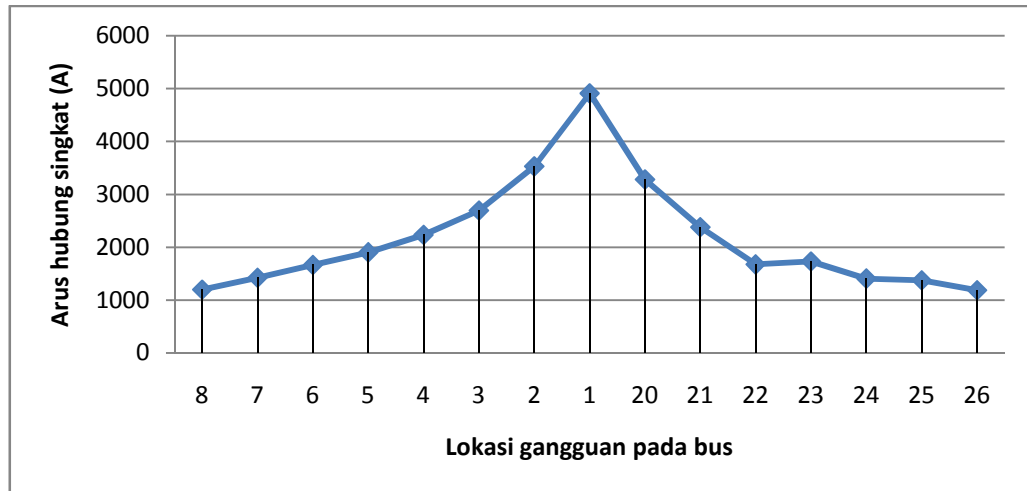
b. Arus hubung singkat *line to ground* tanpa DG dengan bervariasi lokasi gangguan

Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel.1. Gambar 4 menunjukkan variasi arus hubung singkat *line to ground* pada saat sistem distribusi tidak dihubungkan dengan DG. Variasi nilai tersebut tergantung dari lokasi gangguan. Pada penyulang pertama (*bus 8 – bus 1*), arus hubung singkat *line to ground* yang paling kecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada bus no 8 (*bus* yang terjauh dari *power grid*), sedangkan arus hubung singkat yang paling besar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada bus no 1 (*bus* yang terdekat dengan *power grid*). Pada penyulang kedua (*bus 20 – bus 26*), arus hubung singkat *line to ground* yang paling kecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada bus no 26 (*bus* yang terjauh dari *power grid*), sedangkan arus hubung singkat *line to ground* yang paling besar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada bus no 20 (*bus* yang terdekat dengan *power grid*). Hasil ini sesuai dengan teori perhitungan arus hubung singkat *line to ground* yang menyatakan bahwa arus hubung singkat ditentukan oleh impedansi sistem. Semakin

jauh bus tersebut dari *power grid*, maka impedansi salurannya akan semakin besar. Semakin besar impedansi salurannya maka arus hubung singkat *line to ground*-nya akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya.

Tabel 1. Arus hubung singkat *line to ground* tanpa DG

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	1.196
Bus 7	1.422
Bus 6	1.664
Bus 5	1.902
Bus 4	2.232
Bus 3	2.692
Bus 2	3.528
Bus 1	4.909
Bus 20	3.280
Bus 21	2.379
Bus 22	1.674
Bus 23	1.729
Bus 24	1.406
Bus 25	1.374
Bus 26	1.186



Gambar 4. Arus hubung singkat *line to ground* tanpa DG dengan bervariasi lokasi gangguan.

c. Arus hubung singkat *line to ground* dengan bervariasi lokasi pemasangan DG dan lokasi gangguan.

Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 2 sampai Tabel 9. Gambar 5 menunjukkan pengaruh variasi lokasi pemasangan DG terhadap arus hubung singkat *line to ground*. Variasi lokasi pemasangan sebuah DG di penyulang pertama mengakibatkan perubahan magnitude arus hubung singkat. Semakin dekat lokasi pemasangan DG dengan lokasi gangguan maka arus hubung singkatnya akan semakin besar, walaupun perubahannya tidak terlalu besar. Hal ini disebabkan semakin dekat dengan DG, maka impedansi salurannya akan semakin kecil sehingga kontribusi DG terhadap arus hubung singkat juga akan semakin besar. Secara keseluruhan terlihat bahwa kontribusi DG terhadap arus hubung singkat pada penyulang pertama adalah lebih besar daripada penyulang kedua. Hal ini dapat dilihat dari variasi arus hubung singkat yang lebih besar pada penyulang pertama daripada variasi arus hubung singkat pada penyulang kedua. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemasangan DG di penyulang pertama tidak terlalu berpengaruh pada penyulang kedua. Sebagian besar arus hubung singkat yang terjadi pada penyulang kedua adalah kontribusi dari *power grid*. Gambar 5. juga menunjukkan bahwa ketika DG dipasang lokasi yang tetap tetapi lokasi gangguannya berubah, maka juga akan mengakibatkan perubahan arus hubung singkat *line to ground*.

Pada penyulang pertama (*bus 8 – bus 1*), arus hubung singkat terkecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 8* dan arus hubung singkat terbesar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 1*. Semakin mendekati *power grid*, maka arus hubung singkatnya akan semakin membesar. Kondisi yang sama juga terjadi pada penyulang kedua. Arus hubung singkat terkecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 26* dan arus hubung singkat terbesar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 20*.

Tabel 2. DG bus 1

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	1.261
Bus 7	1.513
Bus 6	1.788
Bus 5	2.063
Bus 4	2.465
Bus 3	3.031
Bus 2	4.112
Bus 1	6.009
Bus 20	3.791
Bus 21	2.647
Bus 22	1.805
Bus 23	1.870
Bus 24	1.498
Bus 25	1.462
Bus 26	1.252

Tabel 3. DG bus 2

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	1.362
Bus 7	1.657
Bus 6	1.988
Bus 5	2.327
Bus 4	2.864
Bus 3	3.638
Bus 2	5.228
Bus 1	5.675
Bus 20	3.627
Bus 21	2.561
Bus 22	1.762
Bus 23	1.824
Bus 24	1.468
Bus 25	1.433
Bus 26	1.231

Tabel 4. DG bus 3

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	1.488
Bus 7	1.843
Bus 6	2.253
Bus 5	2.689
Bus 4	3.449
Bus 3	4.573
Bus 2	4.738
Bus 1	5.492
Bus 20	3.543
Bus 21	2.517
Bus 22	1.741
Bus 23	1.801
Bus 24	1.453
Bus 25	1.419
Bus 26	1.220

Tabel 5. DG bus 4

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	1.641
Bus 7	2.074
Bus 6	2.595
Bus 5	3.163
Bus 4	4.291
Bus 3	4.073
Bus 2	4.459
Bus 1	5.384
Bus 20	3.494
Bus 21	2.491
Bus 22	1.728
Bus 23	1.788
Bus 24	1.444
Bus 25	1.411
Bus 26	1.214

Tabel 6. DG bus 5

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	1.765
Bus 7	2.286
Bus 6	2.948
Bus 5	3.718
Bus 4	3.782
Bus 3	3.797
Bus 2	4.304
Bus 1	5.321
Bus 20	3.468
Bus 21	2.478
Bus 22	1.722
Bus 23	1.782
Bus 24	1.440
Bus 25	1.407
Bus 26	1.211

Tabel 7. DG bus 6

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	1.987
Bus 7	2.655
Bus 6	3.551
Bus 5	3.296
Bus 4	3.490
Bus 3	3.608
Bus 2	4.186
Bus 1	5.271
Bus 20	3.445
Bus 21	2.466
Bus 22	1.716
Bus 23	1.775
Bus 24	1.436
Bus 25	1.403
Bus 26	1.208

Tabel 8. DG bus 7

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	2.280
Bus 7	3.167
Bus 6	3.135
Bus 5	3.025

Tabel 9. DG bus 8

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	2.680
Bus 7	2.805
Bus 6	2.862
Bus 5	2.841

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 4	3.280
Bus 3	3.472
Bus 2	4.099
Bus 1	5.232
Bus 20	3.427
Bus 21	2.456
Bus 22	1.712
Bus 23	1.770
Bus 24	1.433
Bus 25	1.399
Bus 26	1.205

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 4	3.128
Bus 3	3.371
Bus 2	4.033
Bus 1	5.203
Bus 20	3.413
Bus 21	2.449
Bus 22	1.708
Bus 23	1.766
Bus 24	1.430
Bus 25	1.397
Bus 26	1.208

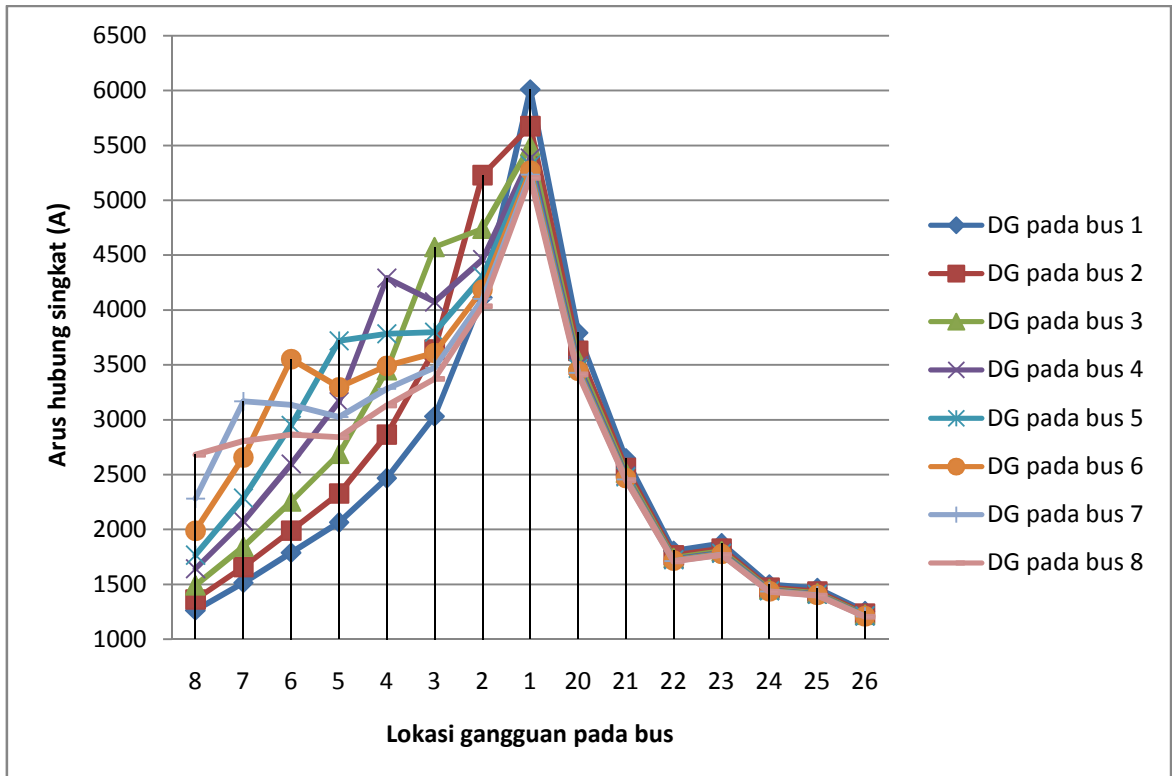
d. Arus hubung singkat *line to ground* dengan bervariasi jumlah pemasangan DG dan lokasi gangguan.

Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 10. Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin banyak DG yang terpasang, maka arus hubung singkat *line to ground*-nya akan semakin membesar. Hal ini disebabkan karena arus hubung singkat yang terjadi merupakan kontribusi dari beberapa buah sumber yaitu dari *power grid* dan beberapa buah DG.

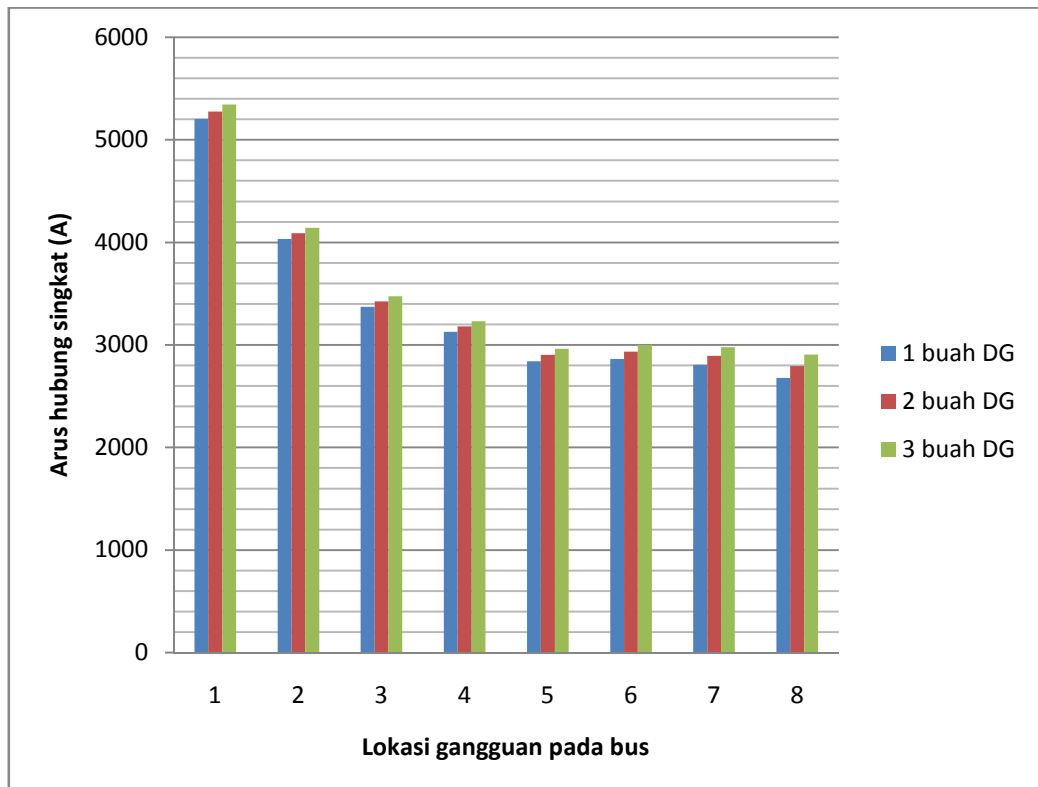
DG yang dipasang pada sebuah *bus* dalam sistem tersebut mempunyai kapasitas sama sehingga kontribusinya terhadap arus hubung singkat adalah sama besar. Impedansi urutan positif DG adalah konstan walaupun lokasi terjadi gangguannya berubah-ubah. Dengan demikian, impedansi saluranlah yang akan menentukan kontribusi dari masing-masing DG.

Tabel 10. Variasi jumlah DG

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat <i>line to ground</i> (A) dengan adanya DG pada bus 8 sebanyak		
	1	2	3
Bus 1	5.203	5.277	5.344
Bus 2	4.033	4.090	4.142
Bus 3	3.371	3.425	3.474
Bus 4	3.128	3.181	3.230
Bus 5	2.841	2.904	2.963
Bus 6	2.862	2.933	2.999
Bus 7	2.805	2.894	2.978
Bus 8	2.680	2.794	2.905



Gambar 5. Arus hubung singkat *line to ground* dengan bervariasi lokasi pemasangan DG dan lokasi gangguan.



Gambar 6. Arus hubung singkat *line to ground* dengan bervariasi jumlah pemasangan DG dan lokasi gangguan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hubung singkat *line to ground* pada sistem distribusi standar IEEE 18 bus dengan adanya pemasangan *distributed generation* (DG) menggunakan program *ETAP Power Station 4.0* dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- a. Pengaruh variasi lokasi pemasangan sebuah DG mengakibatkan perubahan magnitude arus hubung singkat. Semakin dekat lokasi pemasangan DG dengan lokasi gangguan maka arus hubung singkatnya akan semakin besar. Hal ini disebabkan semakin dekat dengan DG, maka impedansi salurannya akan semakin kecil sehingga kontribusi DG terhadap arus hubung singkat juga akan semakin besar
- b. Jumlah DG yang terpasang pada sistem juga berpengaruh terhadap magnitude arus hubung singkat *line to ground*. Semakin banyak DG yang terpasang, maka arus hubung singkat *line to ground*-nya akan semakin membesar. Hal ini disebabkan karena arus hubung singkat yang terjadi merupakan kontribusi dari beberapa buah sumber yaitu dari *power grid* dan beberapa buah DG.

5. DAFTAR PUSTAKA

Delfino, B., 2002, *Modeling of the Integration of Distributed Generation Into the Electrical System*, Proceedings of the 2002 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, Volume 1, pp. 170 - 175

Glover D J., Sarma S. M., Overbye J. T., 2008, *Power System Analysis and Design 4th*, Thomson Corp.

Grady, W.M., Samotyj, M.J., and Noyola, A.H, 1992, *The Application of Network Objective Functions for Minimizing the Impact of Voltage Harmonics in Power Systems*, in IEEE Trans. on Power Delivery, vol.7. no.3, pp. 1379 - 1385

Grainger J J., Stevenson. William D, JR., 1994, *Power System Analysis*, New York, McGraw-Hill Book Company

H Saadat, 2002, *Power System Analysis*, New Delhi, McGraw-Hill Book Company

Kadarisman, P., dan Prasetya, I.P., 2002, *Studi Pemanfaatan Metode L untuk Menentukan Lokasi dan Besarnya Daya Kompensator di Jaringan Listrik*, Proceedings SNWTT V 2002, Teknik Elektro UGM, Yogyakarta

Kirawanich, P., O'Connell, R.M., and Brownfield, G., 2004, *Microturbine Harmonic Impact Study Using ATP-EMTP*, in 2004 11th International Conf. on Harmonics and Quality of Power, pp. 117 - 122

Pansini J Anthony., 2005, *Guide To Electrical Power Distribution Systems United States of America*, The Fairmont Press, Inc

Prabowo, R., 2012, *Simulasi Aliran Daya Pemasangan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi 12,5 kV Standar IEEE 18 Bus Dengan Menggunakan Software ETAP Power Station 4.0.0*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Raj Vimal D Ajay P. et all., 2008, *Optimization of Distributed Generation Capacity for Line Loss Reduction and Voltage Profile Improvement Using PSO*, Faculty of Electrical Engineering Universiti Teknologi Malaysia

Waseem Irfan. et all., 2008, *Impacts of Distributed Generation on the Residential Distribution Network Operation*, Virginia., Virginia Polytechnic Institute and State University

William D. Stevenson. Jr, Kamal Idris. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.

Willis, H. L. and Scott, W. G., 2000, *Distributed Power Generation Planning and Evaluation*, Marcel Dekker, Inc.