

OPTIMASI PENEMPATAN DG (DISTRIBUTED GENERATION) PADA JARINGAN DISTRIBUSI SISTEM RADIAL MENGGUNAKAN GA (GENETIC ALGORITHM) DI PENYULANG WATU ULO JEMBER

(Optimization of DG (Distributed Generation) Placement In The Radial Distribution System Using GA (Genetic Algorithm) Case Study On Watu Ulo's Feeders at Jember)

Siti Muntowifah, Azmi Saleh, Triwahju Hardianto
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember (UNEJ)
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: Siti.Muntowifah93@gmail.com

Abstrak

Rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran distribusi mengakibatkan berbagai dampak yang timbul antara lain turunnya profil tegangan pada saluran distribusi, rendahnya faktor daya yang terjadi dapat menyebabkan kerugian materi karena semakin berkurangnya kekuatan sistem dalam menyalurkan listrik ke konsumen. Untuk mengurangi terjadinya rugi-rugi daya yang timbul pada saluran distribusi dilakukan penempatan DG (Distributed Generation), dengan mempertimbangkan lokasi penempatan serta kapasitas yang akan diberikan. Hal ini dilakukan penempatan DG agar dapat mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi, metode optimasi yang cukup efektif adalah GA (Genetic Algorithm). Pada metode ini, penempatan DG dilakukan dengan mengarah pada pemilihan kromosom, sedangkan kromosom terbaik akan diperoleh dari sebuah populasi yang mempunyai fitness rendah dengan run metode Backward Forward Sweep, sehingga kondisi penempatan DG yang optimal adalah nilai total rugi-rugi daya terkecil. Studi kasus dilakukan pada PT. PLN. APJ. Jember pada penyulang Watu Ulo dengan menggunakan perangkat lunak matlab.

Kata Kunci: Rugi-rugi daya, DG (Distributed Generation), GA (Genetic Algorithm).

Abstract

Power losses that occur in a variety of distribution channels resulting impacts include the voltage drop in the distribution channel, low power factors occur and cause material loss due to the decreasing power of the system to supply power to the consumer. To reduce the power losses that occur in the distribution channel was installed small plants scattered or commonly referred to as DG (Distributed Generation), the location taking into account of the placement as well as the capacity to be provided. In order to reduce the DG placement power loss that occurs, the optimization method is quite effective is the GA (Genetic Algorithm). In this method, the DG placement performed with leading to the selection of chromosomes, the best chromosome will be obtained from a population that has a low fitness to run Backward Forward Sweep method, so that the conditions for the optimal of DG placement is the total value of the smallest power loss. A case study conducted at PT. PLN. APJ. Watu Ulo's feeders at Jember using matlab software.

Keywords : Power losses, DG (Distributed Generation), GA (Genetic Algorithm).

PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan daya listrik yang berasal dari pusat pembangkit ke konsumen. Pertumbuhan beban yang terus meningkat, mengharuskan sistem distribusi mampu memberikan penyaluran daya listrik yang cukup dan sesuai dengan permintaan daya listrik yang dibutuhkan oleh konsumen. Daya listrik yang disalurkan tersebut harus diikuti dengan peningkatan kualitas (*power quality*), sehingga andal (*reliable*) dan aman (*security*) bagi konsumen.

Untuk penelitian yang selanjutnya akan dilakukan percobaan dengan penempatan DG secara acak pada beberapa bus dengan kapasitas yang sama yaitu 30 kW. Percobaan tersebut dilakukan berulang kali dengan tujuan untuk menghasilkan nilai rugi-rugi daya dan juga tegangan yang

dianggap sebagai hasil paling optimal. Dalam hal ini, untuk menghasilkan nilai rugi-rugi daya dan tegang yang optimal akan digunakan GA sebagai metode optimasi.

Pada penelitian ini, digunakan penyulang Watu Ulo Jember karena pada penyulang ini mempunyai nilai rugi-rugi daya listrik dan juga mempunyai drop tegangan yang cukup besar yaitu lebih dari 5 persen. Untuk menyikapi permasalahan ini maka dimungkinkan penempatan DG dengan harapan mampu memperbaiki nilai rugi-rugi daya dan profil tegangan yang terdapat pada penyulang ini.

GA digunakan untuk mendapatkan solusi yang tepat untuk masalah optimasi dari satu atau *multi variable*. Sebelum GA dijalankan, masalah yang dioptimalkan harus dinyatakan dalam fungsi tujuan atau disebut *fitness*. Kromosom dengan nilai *fitness* rendah akan memberikan probabilitas yang tinggi untuk bereproduksi ke arah *fitness* yang meningkat. Maksud dan tujuan penulis menyusun skripsi ini adalah melakukan kajian memperbaiki nilai rugi-rugi energi listrik

dengan adanya penempatan DG. Metode ini diharapkan akan memperoleh solusi keluaran optimal untuk penempatan DG pada jaringan distribusi sistem radial, karena adanya optimasi penempatan DG pada jaringan distribusi sistem radial diharapkan dapat memperbaiki *power quality* pada jaringan yang telah ada.

TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah menyelesaikan permasalahan mengenai nilai rugi-rugi daya yang besar dan nilai tegangan yang kecil pada penyulang Watu Ulo dengan ditempatkannya DG menggunakan GA sebagai proses untuk menghasilkan penempatan yang optimal.

TINJAUAN PUSTAKA

Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu, dan pada cabang-cabang titik yang dilayani. Satu daya berasal dari satu titik sumber dan arena adanya percabangan-percabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah sebagai berikut:

- a) bentuknya sederhana
- b) biaya investasinya relatif murah
- c) kualitas pelayanan dayanya relatif buruk, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar
- d) kualitas pelayanan daya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka saluran rangkaian sesudah titik gangguan akan mengalami "black out" secara total [1].

Pembangkit Terdistribusi (DG)

DG sering disebut juga dengan *on-site generation*, *dispersed generation*, *embedded generation*, *decentralized generation*, atau *distributed energy*. Secara mendasar, DG menghasilkan energi listrik dari beberapa sumber energi yang berkapasitas kecil dan dihubungkan langsung pada jaringan distribusi. Adapun sumber energi tersebut berasal dari sumber energi terbarukan. Diantaranya adalah turbin angin, tenaga air berskala kecil (*mikrohidro*), biomassa, *photovoltaic* (PV) atau yang lebih dikenal dengan sel surya (*solar cell*), dan *fuel cell*. Namun dalam penelitian ini, digunakan sumber energi yang berskala kecil (*mikrohidro*) [2].

Studi Aliran Daya Menggunakan Metode Forward Backward Sweep

Metode *Forward-backward Sweep* adalah studi aliran daya yang secara umum digunakan untuk mendapatkan nilai

tegangan dari masing-masing bus, besarnya nilai arus dan daya yang mengalir pada sistem. Dan untuk mempermudah dalam menganalisa dan pemantauan suatu sistem distribusi dan transmisi.

Untuk menganalisa aliran daya dengan menggunakan metode *forward backward sweep* jaringan distribusi radial direpresentasikan seperti pohon dengan bus pertama adalah sebagai akar atau *slack bus*, dan bus yang lain sebagai cabangnya atau bus beban. Dengan menggunakan metode *forward backward sweep* analisa aliran daya untuk sistem distribusi terselesaikan tanpa banyak perhitungan dan efisien pada setiap iterasi.

Metode *forward backward sweep* ini menggunakan prinsip hukum *kirchoff* untuk perhitungan arus. Langkah kerja metode *backward forward sweep* yang pertama adalah *backward sweep* dengan menghitung besar arus yang mengalir pada saluran dari bus paling awal hingga akhir. Yang kedua adalah *forward sweep* untuk menghitung nilai drop tegangan (*voltage drop*) pada setiap saluran dengan mengalikan nilai arus yang telah dihitung sebelumnya dengan nilai impedensi salurannya[3].

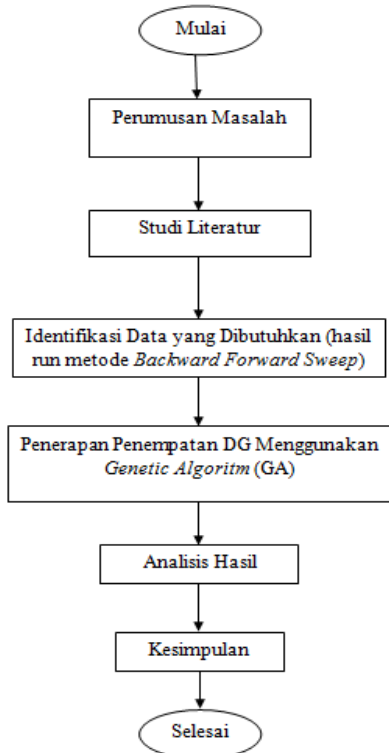
Genetic Algorithm (GA)

GA adalah algoritma yang berusaha menerapkan pemahaman mengenai evolusi alamiah pada tugas-tugas pemecahan masalah (*problem solving*). Pendekatan yang diambil oleh GA ini adalah dengan menggabungkan secara acak sebagai pilihan solusi terbaik didalam suatu kumpulan untuk mendapatkan generasi solusi terbaik berikutnya yaitu pada suatu kondisi yang memaksimalkan kecocokannya atau lazim disebut *fitness*. Generasi ini akan mempresentasikan pernaikan-perbaikan pada populasi awalnya. Dengan melakukan proses ini secara berulang, GA ini diharapkan dapat mensimulasikan proses evolusioner.

Pada akhirnya akan didapatkan solusi-solusi yang paling tepat bagi permasalahan yang dihadapi. Untuk menggunakan GA, solusi permasalahan direpresentasikan sebagai kromosom. Berikut adalah tiga aspek penting untuk penggunaan GA:

- a. Definisi fungsi *fitness*
- b. Definisi dan implementasi representasi *genetic*
- c. Definisi dan implementasi operasi *genetic*[4].

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menjelaskan bahwa penelitian dimulai dengan studi literatur. Selanjutnya pembuatan sistem pemodelan GA (Genetic Algorithm) sebagai metode yang digunakan untuk optimasi penempatan DG.

Gambar 2 menjelaskan tahap pembuatan model GA, tahap ini merupakan proses yang dilakukan untuk menghasilkan data yang optimal. Dimana didalamnya terdapat pembangkitan populasi awal sebagai tujuan utama yang akan di optimasi, kemudian dilakukan *fitness*. *Fitness* adalah langkah pemilihan individu terbaik dari beberapa populasi yang dibangkitkan, pemilihan *fitness* dengan run metode *backward forward sweep* karena data yang dibutuhkan yaitu nilai total rugi-rugi daya aktif dan reaktif. Setelah adanya proses *fitness*, *fitness* terpilih merupakan *fitness* terendah karena nilai yang dicari adalah nilai minimum akibat penempatan DG yang sama. Selanjutnya, jika *fitness* tidak memenuhi maka akan membangkitkan populasi baru kemudian melalui proses *fitness* kembali hingga menghasilkan hasil yang optimal.

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan percobaan dengan dua kali percobaan, pertama adalah pada sistem 6 bus dan kedua pada sistem 75 bus.

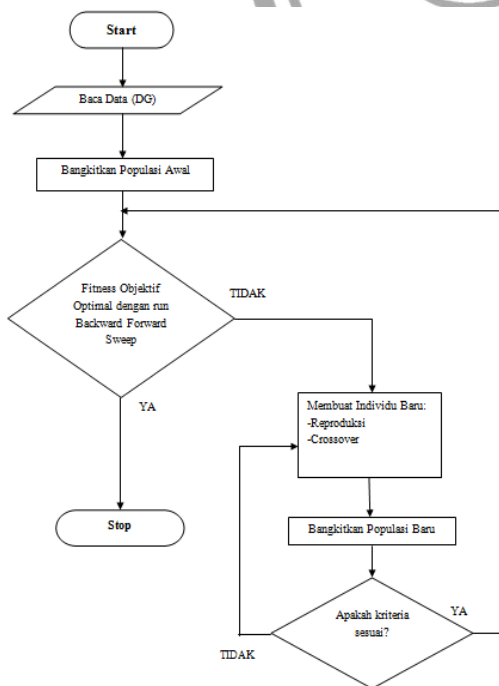
Pada Sistem 6 Bus

Pada penelitian ini dilakukan percobaan pada sistem kecil dengan tujuan bahwa optimasi yang dilakukan mendapatkan hasil yang optimal. Adapun data yang digunakan untuk melakukan perhitungan pada metode backward forward sweep adalah:

Tabel 1. Data Resistansi dan Reaktansi Sistem 6 Bus

Fron Bus Number	To Bus Number	Jarak (km)	Resistansi (pu)	Reaktansi (pu)
1	2	1.031	0.1022	0.0785
2	3	2	0.1554	0.1465
3	4	1.786	0.9822	0.1252
3	5	0.506	0.0278	0.0355
2	6	0.498	0.0474	0.0469

Pada tabel 1 merupakan data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dengan metode backward forward sweep dengan data yang dihasilkan adalah nilai rugi-rugi daya, tegangan dan juga arus. Sebelum dilakukan penempatan DG nilai total rugi-rugi daya sangat besar, dengan adanya penempatan DG diharapkan mampu menurunkan nilai total rugi-rugi daya yang sebelumnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 2. Pemodelan sistem

Tabel 2. Data Rugi-Rugi Daya, Tegangan dan Arus pada Sistem 6 Bus sebelum penempatan DG

From Bus Number	To Bus Number	Ploss (kW)	Qloss (kVar)	Voltage (V)	Angle (Degree)	Current (Amp)
1	2	0.0022	0.0015	1.0000	0	0.0402
2	3	0.0442	0.0217	0.9999	-0.0010	0.0003
3	4	0.0228	0.0122	0.9998	-0.0021	0.0386
3	5	0.0024	0.0012	0.9998	0	0.0004
2	6	0.0026	0.0015	0.9998	0	0.0002
Total		0.0742	0.0381			

Dari data rugi-rugi daya, tegangan dan arus tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk nilai rugi-rugi daya mengalami perubahan yang tidak signifikan, hal ini terjadi karena banyaknya faktor yang mempengaruhi diantaranya adanya jarak pembebanan yang tidak sama pada setiap busnya sehingga dapat menimbulkan gangguan dengan nilai yang berbeda. Misalnya pada bus 2-3 terdapat nilai rugi-rugi daya yang lebih besar dari rugi-rugi daya yang terjadi pada bus lainnya, seperti yang dijelaskan bahwa pengaruh utama penyebab terjadinya rugi-rugi daya adalah jarak yang terjadi antar bus dengan pusat sumber pembebanan (GI). Sedangkan untuk bus 2-3 terdapat jarak sebesar 2 km, jarak ini merupakan jarak yang paling jauh antara sumber pembebanan dengan bus 2-3 jika dibandingkan dengan yang lainnya.

Optimasi Penempatan DG Pada Sistem 6 Bus

Untuk melakukan percobaan ini, langkah dan prosesnya sesuai dengan langkah sistem yang telah dijelaskan pada gambar 2, yaitu mulai dari pembangkitan populasi awal hingga mendapatkan hasil yang optimal. Berikut adalah data iterasi yang didapatkan dari proses optimasi penempatan DG pada sistem 6 bus.

Tabel 3. Total rugi-rugi daya aktif dari setiap iterasi pada sistem 6 bus

Iterasi Ke	Variabel	Total Rugi-rugi (kW)	Iterasi Ke	Variabel	Total Rugi-rugi (kW)
1	1	0.0423	6	1	0.0423
	2	0.0723		2	0.0423
	3	0.0575		3	0.0423
	4	0.0548		4	0.0423
	5	0.0575		5	0.0548
2	1	0.0423	7	1	0.0423
	2	0.0548		2	0.0423
	3	0.0575		3	0.0423
	4	0.0575		4	0.0423
	5	0.0723		5	0.0423
3	1	0.0423	8	1	0.0423
	2	0.0548		2	0.0423
	3	0.0548		3	0.0423
	4	0.0575		4	0.0423
	5	0.0723		5	0.0423
4	1	0.0423	9	1	0.0423
	2	0.0548		2	0.0423
	3	0.0548		3	0.0423
	4	0.0548		4	0.0423
	5	0.0575		5	0.0423
5	1	0.0423	10	1	0.0423
	2	0.0423		2	0.0423
	3	0.0423		3	0.0423
	4	0.0548		4	0.0423
	5	0.0548		5	0.0423

Pada hasil percobaan tersebut diketahui nilai minimum pada iterasi pertama sebesar 0.0423 kW, nilai total rugi-rugi daya pada variabel ini merupakan nilai yang paling optimal dari pada variabel lainnya. Hal ini terbukti pada beberapa iterasi selanjutnya seperti pada iterasi ke-7, pada iterasi ini setiap variabel mempunyai nilai total rugi-rugi daya sebesar 0.0423 kW sehingga dapat disimpulkan bahwa metode GA telah memilih nilai 0.0423 kW sebagai hasil yang paling optimal, dan nilai optimal merupakan nilai total rugi-rugi yang minimum. Sedangkan untuk nilai optimal jatuh pada variabel dengan individu 0 1 1 0 0 0 yang artinya penempatan DG terletak pada bus 2 dan 3. Sedangkan untuk nilai tegangan dan arusnya mengalami perubahan, perubahan ini cenderung membaik dari pada sebelum adanya penempatan DG pada bus 2 dan bus 3. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel 4.

Tabel 4. Data Rugi-Rugi Daya, Tegangan Dan Arus Pada Sistem 6 Bus Setelah Adanya Optimasi Penempatan DG

From Bus Number	To Bus Number	Ploss (kW)	Qloss (kVar)	Voltage (V)	Angle (Degree)	Current (Amp)
1	2	0.0020	0.0012	1.0000	0	0.0152
2	3	0.0267	0.0105	0.9999	-0.0003	0.0141
3	4	0.0090	0.0087	0.9999	-0.0008	0.0130
3	5	0.0021	0.0009	0.9998	-0.0013	0.0122
2	6	0.0025	0.0011	1.0000	0	0.0112
Total		0.0423	0.0224			

Setelah adanya optimasi pada sistem 6 bus ini, diketahui nilai total rugi-rugi daya aktif sebesar 0.0423 kW dari yang sebelumnya sebesar 0.0734 kW. Jadi optimasi penempatan

DG dianggap optimal jika nilai total rugi-rugi daya aktifnya semakin kecil.

Penempatan 2 DG Secara Acak Dengan Mengkombinasikan Setiap Bus Pada Sistem 6 Bus

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui nilai total rugi-rugi yang terjadi pada bus yang ditempati DG, dalam hal ini didapatkan beberapa sampel data yang akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan penempatan DG yang baik atau optimal. Lebih jelasnya dapat dilihat tabel 5.

Tabel 5. Nilai Total Rugi-Rugi Daya Aktif dan Reaktif pada Penempatan DG yang Dikombinasikan

Bus	Ploss (kW)	Qloss (kVar)
2-3	0.0423	0.0224
2-4	0.0575	0.0355
2-5	0.0586	0.0389
2-6	0.0586	0.0389
3-4	0.0536	0.0338
3-5	0.0548	0.0324
3-6	0.0548	0.0324
4-5	0.0723	0.0376
4-6	0.0717	0.0362

Dari tabel 5 dapat diketahui bahwa penempatan 2 DG dengan kapasitas yang sama mendapatkan hasil nilai rugi-rugi daya yang berbeda. Dalam hal ini perlu adanya optimasi penempatan DG sehingga menghasilkan nilai rugi-rugi daya yang baik (nilai terkecil), dari tabel tersebut diketahui nilai rugi-rugi daya terbaik terdapat pada bus 2-3 yaitu sebesar 0.0423 kW sehingga hasil ini membuktikan bahwa optimasi penempatan DG menggunakan GA terbukti optimal.

Optimasi Penempatan DG Pada Sistem 75 Bus

Pada pembangkitan populasi dapat diketahui bahwa setiap variabel mempunyai 5 penempatan DG, diantaranya pada variabel ke-1 penempatan terletak pada bus 4, 21, 52, 74 dan 75. Pada variabel ke-2 penempatan terletak pada bus 7, 31, 34, 57 dan 61. Pada variabel ke-3 penempatan terletak pada bus 4, 13 25, 27 dan 35. Pada variabel ke-4 penempatan terletak pada bus 5, 13, 15, 39, 67. Pada variabel ke-5 penempatan terletak pada bus 8, 42, 54, 55 dan 67.

Tabel 6. Total rugi-rugi daya aktif dari setiap iterasi dengan sistem 75 bus

Iterasi Ke	Total Rugi-rugi (kW)	Iterasi Ke	Total Rugi-rugi (kW)
1	503.7196	6	498.7333
	488.4944		498.7333
	513.9638		498.7333
	500.6864		498.7333
	500.5483		498.7333
	514.1022		498.7333
	502.1844		498.7333
	506.4004		498.7333
	506.9369		498.7333
	494.9217		498.7333
2	504.1913	7	498.7333
	503.7196		498.7333
	503.7196		498.7333
	498.7333		498.7333
	503.7196		498.7333
	503.7196		498.7333
	503.7196		498.7333
	503.7196		498.7333
	503.7196		498.7333
	503.7196		498.7333
3	504.1913	8	498.7333
	504.1913		498.7333
	503.7196		498.7333
	497.2112		498.7333
	497.2112		498.7333
	503.7196		498.7333
	504.1913		498.7333
	504.1913		498.7333
	504.1913		498.7333
	504.1913		498.7333
4	503.7196	9	498.7333
	497.2119		498.7333
	504.1913		498.7333
	504.1913		498.7333
	504.1913		498.7333
	504.1913		498.7333
	504.1913		498.7333
	497.2119		498.7333
	505.7196		498.7333
	504.1913		498.7333
5	504.1913	10	498.7333
	498.7333		498.7333
	498.7333		498.7333
	505.7196		498.7333
	505.7196		498.7333
	505.7196		498.7333
	499.0233		498.7333
	512.3443		498.7333
	498.7333		498.7333
	505.7196		498.7333
505.7196	498.7333		
505.7196	498.7333		

Dari tabel 6 dapat diketahui akan hasil nilai total rugi-rugi daya yang optimal, perlu diketahui bahwa setiap nilai total rugi-rugi itu dipengaruhi oleh individu yang dibangkitkan, seperti yang terlihat pada tabel bahwa individu yang terpilih pada iterasi ke-10 (dari hasil yang optimal) adalah terletak pada bus 4, bus 21, bus 52, bus 74 dan bus 75. selain dilakukan optimasi menggunakan GA juga dilakukan

penempatan DG secara acak dengan beberapa percobaan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 7

[4] Goldberg; D.E. (1989).“*Genetic Algorithms in search, Optimization, and Machine Learning*”. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, INC.

Tabel 7. Perbandingan penempatan DG secara acak

	Total rugi-rugi daya (kW)
Penempatan DG secara acak	509.2279
Penempatan DG berdasarkan nilai rugi-rugi daya terbesar	500.2741
Penempatan DG berdasarkan drop tegangan	500.3957

Dari tabel 7 ketiga percobaan diatas dengan penempatan DG yang sama tetapi mendapat nilai yang berbeda.namun jika dibandingkan denga hasil optimasi nilai tersebut belum dikatan baik karena masih belum dapat menurunkan nilai rugi-rugi daya.

KESIMPULAN

Pada sistem 6 bus sebelum penempatan DG total rugi-rugi daya sebesar 0.0723 kW, sedangkan setelah penempatan DG nilai total rugi-rugi daya yang optimal yaitu sebesar 0.0423 kW dengan pembangkitan 5 variabel individu dan penempatan 2 DG sebagai populasi populasi awal.

Untuk sistem 75 bus setelah dilakukan optimasi menggunakan GA (*Genetic Algorithm*) didapat nilai total rugi-rugi daya sebesar 498.7355 kW dengan total populasi pembangkitan sebanyak 5 variabel dan 5 penempatan DG pada setiap variabelnya. Sedangkan sebelum penempatan DG terdapat nilai total rugi-rugi daya sebesar 529.3289 kW.

Dengan dilakukannya penempatan DG berdasarkan nilai rugi-rugi daya terbesar (509.2741 kW) dan juga berdasarkan nilai drop tegangan (500.3957 kW) ternyata masih belum bisa dikatakan optimal, karena dengan menggunakan GA mendapatkan total rugi-rugi daya sebesar 498.7355 kW.

Pada model GA (*Genetic Algorithm*) untuk sistem 75 bus dibangkitkan dengan 5 variabel individu dan 5 penempatan DG pada setiap individunya dengan pemilihan *fitness*. *Fitness* terpilih yaitu jatuh pada individu terendah dengan nilai total rugi-rugi daya sebesar 498.7355 kW dan nilai ini adalah hasil yang optimal.

Daftar Pustaka

- [1] Artono Arismunandar, D_R. M.A.S_C D_R. Susumu Kuwahara. 1975. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik jilid I. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [2] U. Ravinaty.(2010). “ *Distributed generation : a definition*”. Universitas Sumatra Utara.
- [3] Tuba Gozel, M. Hakan Hocaoglu. (2009). “*An analytical method for the sizing and siting of distributed generators in radial system*”. Gebze Institute Of Technology, Departement Of Electronics Engineering, 41400 Gebze, Kocaeli, Turkey