

OPTIMASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) UNTUK MEMINIMALKAN RUGI-RUGI DAYA PADA PENYULANG ABANG MENGGUNAKAN METODE *QUANTUM GENETIC ALGORITHM* (QGA)

I Gusti Agung Adhi Waskita¹, Antonius Ibi Weking², Widyadi Setiawan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : agungadhiwaskita@gmail.com¹, tony@unud.ac.id², widyadi@unud.ac.id³

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh lokasi DG yang optimal dengan tujuan meminimalisir rugi-rugi daya pada penyulang Abang. Penyulang Abang memiliki panjang 207,946 kms dengan rugi-rugi daya sebesar 1,105 MW. Salah satu cara mengurangi rugi-rugi daya adalah dengan pemasangan *distributed generation*. *Distributed generation* dipasang di empat lokasi penyulang Abang. Optimasi dilakukan dengan menggunakan metode *Quantum Genetic Algorithm* (QGA). *Quantum Genetic Algorithm* merupakan algoritma evolusioner. Metode *Quantum Genetic Algorithm* didasari oleh konsep *quantum bit* (*qubit*) dan *superposisi* dari bentuk kuantum mekanik. Tujuan dari metode ini adalah menyeleksi hasil terbaik dari beberapa hasil yang didapat. Hasil akhir dari metode QGA adalah lokasi dan besar kapasitas *distributed generation* yang paling efisien yang ditempatkan di beberapa lokasi penyulang Abang, yaitu bus 1, 5, 7 dan 302 dengan kapasitas masing-masing 0,374 MW, 1,894 MW, 1,988 MW dan 0,500 MW. Sehingga rugi-rugi daya berkurang menjadi sebesar 0,234 MW.

Kata Kunci : *Distributed Generation*, *Quantum Genetic Algorithm*, *Rugi-Rugi Daya*, *Penyulang Abang*.

Abstract

This research was conducted to obtain the optimal DG location with the aim of minimizing power losses in feeders. Penyulang Abang has a length of 207,946 kms with power losses of 1,105 MW. One way to reduce power losses is to install *distributed generation*. *Distributed generation* is installed in four Abang feeder locations. Optimization is done by using the *Quantum Genetic Algorithm* (QGA) method. *Quantum Genetic Algorithm* is an evolutionary algorithm. *Quantum Genetic Algorithm* is based on the concept of *quantum bits* (*qubit*) and the *superposition* of *quantum mechanical* forms. The purpose of this method is to select the best results from the results obtained. The final result of the QGA method is the most efficient *distributed generation* and capacity placed in several Abang feeder locations, namely buses 1, 5, 7 and 302 with capacities of 0.374 MW, 1,894 MW, 1,988 MW and 0.500 MW, respectively. So that the power losses are reduced to 0.234 MW.

Keywords: *Distributed generation*, *Quantum Genetic Algorithm*, *Power Losses*, *Abang feeder*.

1. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan subsistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari sumber energi hingga sampai kepada konsumen. Jaringan distribusi memiliki beberapa jenis konfigurasi, yang paling sering digunakan adalah tipe radial. Konfigurasi tipe radial merupakan tipe jaringan yang paling ekonomis dan sederhana. Pada sistem ini penyulang memiliki beberapa percabangan

dan tidak menutup kemungkinan satu penyulang terkoneksi dengan beberapa penyulang yang memiliki sumber daya yang berbeda.

Penelitian ini menggunakan beberapa acuan dari penelitian lain yang terkait dengan penelitian ini. Gunantara, N dan Dharma, A menjelaskan GA adalah metode pencarian yang dilakukan secara acak dan tidak linier berdasarkan prinsip-prinsip alam pilihan. Setiap kromosom memiliki hubungan dengan

fungsi fitness. Kumpulan kromosom membentuk populasi kemudian evaluasi untuk menentukan kromosom yang diinginkan dengan cara kawin silang untuk menghasilkan keturunan, selanjutnya kromosom yang tidak layak akan dihilangkan. Proses ini akan diulangi sampai jumlah iterasi tercapai atau solusi telah di dapatkan [1]. Penelitian berikutnya Aryani, N.K., Abdilah, M., Negara, I, M, Y., Soeprijanto, A melakukan analisa dampak pemasangan DG dengan menggunakan metode *Quantum Genetic Algorithm*. Penelitian tersebut berdasarkan standar IEEE 14 bus input. Untuk meminimalisir sistem rugi total dan profil tegangan tetap dalam batas-batas yang diizinkan [2]. Kemudian Bawan, E, K dengan menggunakan program aplikasi ETAP 6.0 dan sistem distribusi listrik Manokwari sebagai studi kasus, hasil menunjukkan bahwa pada lokasi tertentu, suntikan kekuatan DG memiliki kerugian penurunan dari 240,15 kW ke 99,39 kW dan lebih ekonomis dibandingkan tanpa instalasi DG [3].

Penyulang Abang memiliki panjang saluran 208 kms, karena panjangnya saluran pada penyulang Abang menyebabkan terjadinya rugi-rugi daya sebesar 1,105 MW. Struktur jaringan distribusi yang dipergunakan adalah jaringan radial. Saluran pada jaringan radial ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu sendiri dan memiliki percabangan ke titik-titik beban yang dilayani.

Dalam penelitian ini digunakan metode QGA untuk optimasi pemasangan DG.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Distributed Generation

DG dapat artikan sebagai pembangkit tenaga listrik pada sistem atau jaringan distribusi atau pada sisi jaringan pelanggan.

Dari fungsinya, DG dibedakan atas dua jenis yaitu DG sebagai unit yang difungsikan untuk mengantisipasi apabila terjadi pemutusan dari suplai daya *grid* atau *stand by unit* dan difungsikan sebagai unit yang dipasang pada jam-jam beban puncak atau peaking unit. [5]

Berdasarkan besardaya DG di kelompokkan menjadi:

1. Micro Distributed Generation
2. Small Distributed Generation
3. Medium Distributed Generation
4. Large Distributed Generation

Penggunaan DG juga mempengaruhi aliran daya yang mengalir pada jaringan

distribusi menjadi berubah. Jaringan yang sudah terkoneksi dengan DG, maka aliran dayanya tidak lagi searah, karena suplai daya tidak hanya dari gardu distribusi tapi juga disuplai oleh DG.

2.2 Rugi-Rugi Daya

Rugi-rugi daya biasa disebut susut daya adalah berkurangnya pasokan daya yang dikirimkan oleh sumber pasokan (PLN) kepada yang diterima, dalam hal ini penerima adalah konsumen, artinya daya yang susut merupakan daya yang dibangkitkan namun tidak terjual. Pihak penyedia daya listrik pasti menderita kerugian akibat membangkitkan daya dengan biaya yang cukup besar tetapi tidak mendapatkan keuntungan finansial dari hasil penjualan daya.

Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik sering mengalami rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh rugi-rugi saluran dan juga rugi-rugi trafo yang digunakan. Rugi-rugi tersebut berpengaruh pada kualitas daya serta tegangan yang dikirimkan ke sisi pelanggan. Nilai tegangan yang melebihi batas toleransi dapat menyebabkan kurang optimalnya kerja dari peralatan listrik. Rugi-rugi daya yang besar akan menimbulkan kerugian finansial di sisi perusahaan pengelola listrik.

Rugi-rugi daya yang dihasilkan dari penyulang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = i^2 \cdot r \quad (1)$$

$$P = i^2 \cdot r \cdot l \quad (2)$$

Atau persamaan rugi-rugi daya dapat ditulis seperti berikut:

$$P = \sum_{i=1}^n I_{ai}^2 R_i + \sum_{i=1}^n I_{ri}^2 R_i \quad (3)$$

Keterangan:

P = Daya

I_{ai} = Arus aktif

I_{ri} = Arus Reaktif

R = tahanan

l = panjang kabel

2.7 Quantum Genetic Algorithm

(QGA) adalah sebuah Algoritma Evolusioner yang pada pokoknya merupakan pencarian stokastik dan metode optimasi berdasarkan prinsip-prinsip evolusi biologi alami yang beroperasi pada sebuah populasi dari solusi-solusi potensial, dengan mengaplikasikan prinsip seleksi alam untuk

menghasilkan perkiraan yang lebih baik secara berturut-turut terhadap sebuah solusi. Pada setiap pembangkitan, serangkaian perkiraan baru terbentuk dari proses seleksi individu berdasarkan tingkat *fitness* (kebugaran) dalam domain masalah, dan menghasilkannya kembali menggunakan operator-operator variasi.

Metode Quantum Genetik Algoritma didasari konsep quantum bit (qubit) dan superposisi dari bentuk kuantum mekanik. Informasi terkecil disimpan dalam dua jenis bilangan kuantum yang disebut kuantum bit atau qubit [2]. Kuantum bit memiliki dua karakteristik dalam menyeleksi untuk mendapat konvergensi yaitu eksplorasi dan eksplorasi bersamaan.

Status dari qubit dapat ditunjukkan seperti persamaan berikut:

$$|\psi\rangle = |\alpha|^2 + |\beta|^2$$

dimana α and β adalah bilangan kompleks yang sesuai dengan probabilitas amplitudo dari state tersebut. Normalisasi dari state adalah :

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

QGA didasarkan dari konsep qubit. Satu qubit didefinisikan terdiri dari pasangan bilangan (α, β) sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix}$$

Yang mana persamaan ini merupakan karakteristik dari persamaan (2.14) dan (2.15).

Untuk m qubit direpresentasikan seperti matrik berikut :

$$\begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \dots & \alpha_m \\ \beta_1 & \beta_2 & \dots & \beta_m \end{bmatrix}$$

$$|\alpha_i|^2 + |\beta_i|^2 = 1, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Gerbang Rotasi (Quantum gate) didefinisikan sebagai operator variasi QGA, dimana operasi qubit diperbarui harus memenuhi kondisi normalisasi,

$$|\alpha'|^2$$

dimana α' and β' adalah nilai-nilai qubit yang diperbarui.

Optimasi QGA untuk menentukan lokasi dan ukuran DG:

1. $t=0$.
2. Inisialisasi populasi.
3. Membuat serangkaian solusi biner. Pada penelitian ini DG dilambangkan dengan 8 bit bilangan biner. 1 bit untuk lokasi dan 7 bit berikutnya menentukan output daya DG.
4. Evaluasi masing-masing solusi menggunakan data bus dan load flow untuk mendapatkan rugi-rugi daya.
5. Menemukan *fitness* terbaik.

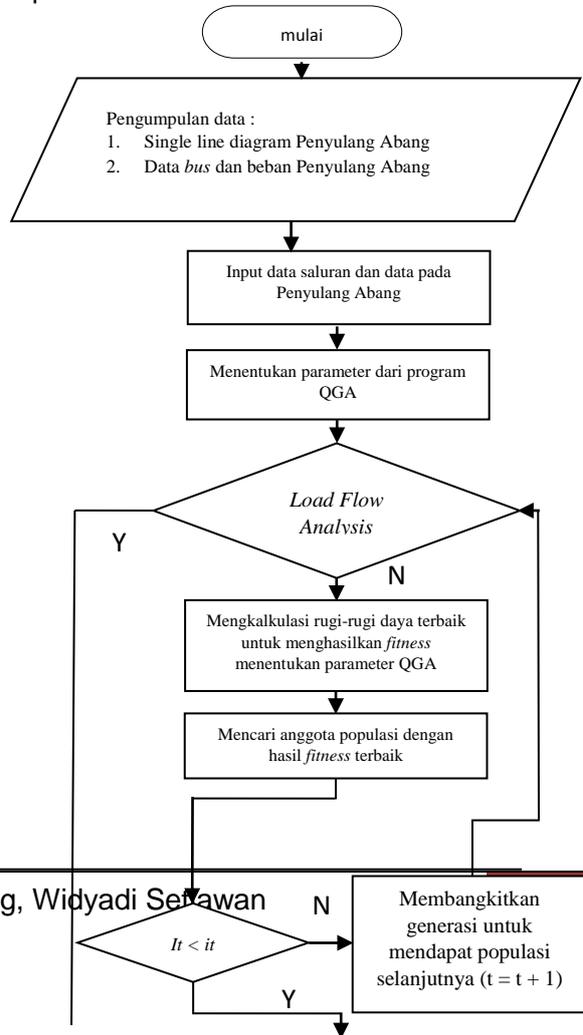
6. Lakukan langkah 3-5 pada setiap populasi.
7. Menemukan populasi terbaik dari iterasi
8. Iterasi berikutnya menggunakan cara yang sama.
9. Solusi terbaik adalah populasi terbaik pada iterasi terakhir.

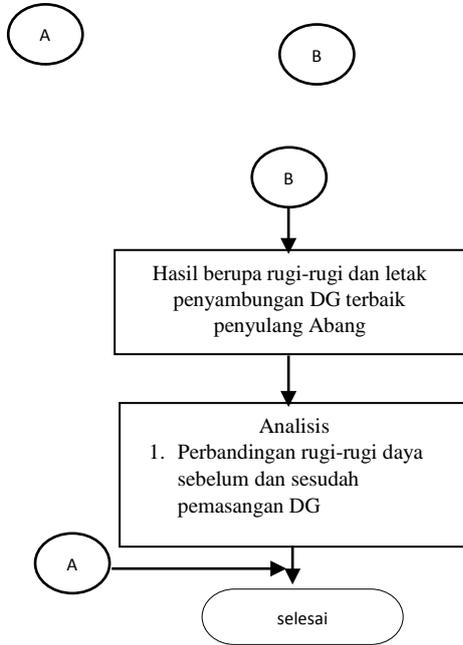
3. METODE PENELITIAN

Sumber data pada penelitian ini diperoleh dari PT. PLN (persero) Area Bali Timur.

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data kuantitatif yaitu data single line diagram, data beban penyulang Abang dan data bus penyulang Abang.

Langkah dalam pengolahan data pertama menyiapkan data yang sudah diperoleh, kemudian pembuatan simulasi optimasi penempatan DG pada penyulang Abang. Setelah itu menginput parameter ke dalam simulasi pada software MATLAB. Simulasi rugi-rugi daya dilakukan dengan dua keadaan, yaitu dalam keadaan tanpa DG dan dalam keadaan sudah terpasang DG. Hasil dari analisa penelitian ini adalah perbandingan rugi-rugi daya sebelum dan sesudah pemasangan DG. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Flowchart alur analisis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Sistem Kelistrikan Penyulang Abang

Penyulang Abang merupakan salah satu penyulang di Kabupaten Karangasem, Bali yang sumber listriknya berasal dari Trafo II / 30MVA Gardu Induk Amlapura. Penyulang Abang memiliki fungsi sebagai pendistribusi energi listrik dari pembangkit menuju konsumen dimana area yang di cakup adalah Kecamatan Abang.

Penyulang Abang menggunakan sistem konfigurasi jaringan radial dengan panjang kurang lebih 207,946 kilometer sirkuit (kms). Setiap ujung Penyulang Abang terhubung dengan penyulang lainnya, seperti Penyulang Candra Buana yang terhubung pada sisi barat daya dan selatan Penyulang Abang, Penyulang Subagan pada sisi timur dan Penyulang Tejakula pada sisi barat.

Penelitian ini bertujuan menganalisis dari pengaruh pemasangan DG terhadap rugi – rugi daya pada Penyulang Abang. Akibat terlalu panjangnya penyulang dampaknya adalah adanya rugi – rugi daya yang harus di minimalisir agar tidak merugikan pihak pemasok atau pengguna energi listrik

4.2 Data Jaringan Penyulang Abang

4.2.1 Data Branch Connections Penyulang Abang

Data *branch connections* Penyulang Abang merupakan daftar hubungan antar bus pada Penyulang Abang serta berisi nilai resistansi dan reaktansi. Data *branch connections* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Branch Connections

ID	TYPE	FROM	TO	R	X	Y
AB0001	2W XFMR	Bus27	Bus28	769,76	2378,55	2500,00
AB0002	2W XFMR	Bus43	Bus44	1231,61	3805,67	4000,00
AB0003	2W XFMR	Bus12	Bus13	769,76	2378,55	2500,00
AB0004	2W XFMR	Bus52	Bus46	2463,22	7611,34	8000,00
AB0005	2W XFMR	Bus53	Bus54	2463,22	7611,34	8000,00
AB0006	2W XFMR	Bus58	Bus59	2463,22	7611,34	8000,00
AB0007	2W XFMR	Bus60	Bus61	2463,22	7611,34	8000,00
AB0008	2W XFMR	Bus310	Bus50	1231,61	3805,67	4000,00
AB0009	2W XFMR	Bus19	Bus20	1231,61	3805,67	4000,00
AB0011	2W XFMR	Bus22	Bus23	1231,61	3805,67	4000,00
AB0012	2W XFMR	Bus81	Bus78	2463,22	7611,34	8000,00
AB0013	2W XFMR	Bus91	Bus90	769,76	2378,55	2500,00
AB0015	2W XFMR	Bus9	Bus8	1231,61	3805,67	4000,00
AB0016	2W XFMR	Bus87	Bus88	615,80	1902,84	2000,00
AB0017	2W XFMR	Bus24	Bus25	1501,08	3707,66	4000,00
AB0018	2W XFMR	Bus83	Bus82	615,80	1902,84	2000,00
AB0019	2W XFMR	Bus69	Bus70	1501,08	3707,66	4000,00

4.2.2 Data Load Flow Report

Data *load flow report* Penyulang Abang merupakan data yang berisikan nomor bus, tegangan, generator dan beban pada bus. Data *load flow report* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Load Flow Report

BUS	BUS INPUT	MAG	ANG	LOAD		GENERATOR	
				MW	Mvar	MW	Mvar
1	1	00,00	00,00	0	0	5.180	3.433
2	2	1,01	-1	0	0	0	0
3	3	1,01	-1	0	0	0	0
4	4	1,01	-1,1	0	0	0	0
5	5	1,00	-1,2	0	0	0	0
107	6	1,00	-1,3	0	0	0	0
235	7	1,00	-1,3	0	0	0	0
72	8	0,99	-1,5	0,017	0,011	0	0
7	9	0,99	-1,4	0	0	0	0
6	10	0,97	-2,4	0	0	0	0
9	11	0,98	-1,6	0	0	0	0
8	12	0,97	-2,2	0	0	0	0
10	13	0,98	-1,6	0	0	0	0
11	14	0,97	-1,8	0	0	0	0
12	15	0,97	-1,8	0	0	0	0
13	16	0,96	-2,6	0,065	0,04	0	0
17	17	0,97	-1,8	0	0	0	0
15	18	0,97	-1,8	0	0	0	0
16	19	0,96	-2,3	0,064	0,04	0	0

4.3 Perhitungan Dalam Satuan Per Unit

Dalam proses pengolahan data dengan menggunakan program QGA dibutuhkan data dalam satuan per-unit. Adapun komponen yang harus diubah adalah sebagai berikut :

1. Resistansi penghantar antar bus (R)
2. Reaktansi penghantar antar bus (X)

Berdasarkan komponen tersebut maka dasar perhitungan dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.10 sebagai berikut :

$$Base\ Impedance\ (Z) = \frac{kV^2 \times 1000}{MVA\ base}$$

$$Base\ Impedance\ (Z) = \frac{20^2 \times 1000}{100} = 4000$$

Maka nilai R dan X dalam satuan per-unit adalah :

Line bus 27 to 28

$$R = \frac{769,76}{4000} = 0,19244\ p.u$$

$$X = \frac{2378,55}{4000} = 0,59464\ p.u$$

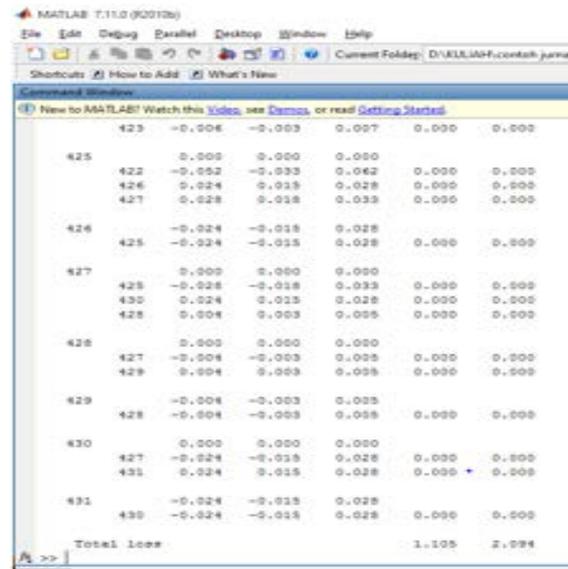
Line bus 43 to 44

$$R = \frac{1231,61}{4000} = 0,30790\ p.u$$

$$X = \frac{3805,67}{4000} = 0,95142\ p.u$$

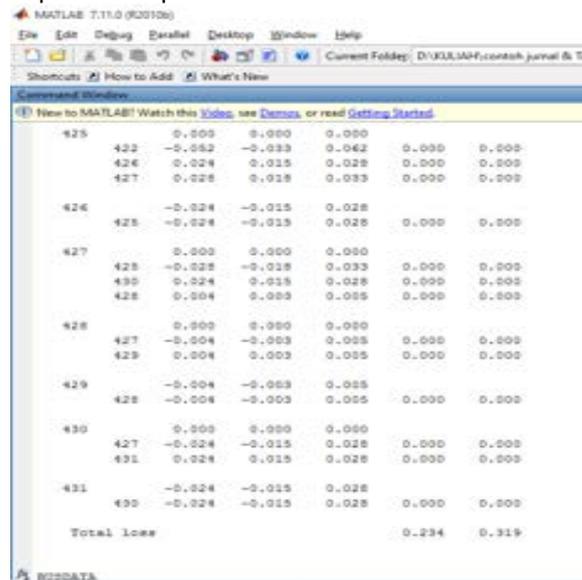
4.4 Simulasi Pemasangan DG Dengan Metode Quantum Genetic Algorithm

Langkah yang harus dilakukan pertama kali adalah dengan menginput data *branch connections* dan data *load flow report*. Untuk mendapatkan sebuah perbandingan data harus di running sebanyak dua kali, yaitu tanpa menempatkan kandidat yang diinginkan dan yang kedua dengan menempatkan kandidat pemasangan DG. Kandidat pemasangan DG pada penelitian ini berada pada bus 3, 5, 7, 14, 16, dan 20 dengan kapasitas berkisar 0,5 MW sampai dengan 2 MW. Sebelum pemasangan DG penyulang Abang memiliki rugi-rugi daya sebesar 1,105 MW, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rugi-Rugi Daya Sebelum Pemasangan DG

Sedangkan setelah pemasangan DG rugi-rugi daya berkurang hingga 0,234 MW, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rugi-Rugi Daya Setelah Pemasangan DG

Hasil running program QGA menunjukkan perbedaan hasil yang cukup signifikan, seperti pada Gambar 3 hasil running tanpa pemasangan DG (*distributed generation*) dan pada Gambar 4 hasil running dengan pemasangan DG (*distributed generation*) menunjukan bahwa sebelum adanya pemasangan (DG) *distributed generation* rugi-rugi daya yang terjadi pada Penyulang Abang adalah sebesar 1,105 MW

sedangkan setelah pemasangan DG (*distributed generation*) rugi-rugi daya yang terjadi pada Penyulang Abang adalah sebesar 0,234 MW.

DG (*distributed generation*) yang terpasang terletak pada bus 1,5, 7 dan 302 dengan urutan kapasitas 0,374 MW, 1,894 MW, 1,988 MW dan 0,500 MW dengan total generator terpasang sebesar 4,756 MW. Kapasitas DG (*distributed generation*) yang terpasang di tentukan dengan batas minimal dan maksimum ($P_{DGmin} > P_{DG} < P_{DGmax}$)

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya dapat diambil simpulan adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil running program QGA penempatan DG (*distributed generation*) terletak pada bus 1, 5, 7 dan 302 dengan kapasitas 0,374 MW, 1,894 MW, 1,988 MW danj 0,500 MW dengan total generator yang terpasang adalah sebesar 4,756 MW.
2. Rugi-rugi daya yang terjadi pada Penyulang Abang adalah sebesar 1,105 MW sedangkan setelah pemasangan DG (*distributed generation*) rugi-rugi daya pada Penyulang Abang berubah sebesar 0,234 MW. Hasil penurunan rugi-rugi daya tersebut di dapat dari program QGA.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan dalam penulisan skripsi ini adalah kepada pihak terkait, untuk lebih memperhatikan besarnya rugi-rugi daya agar dapat lebih memuaskan pelanggan dan sekaligus mengurangi kerugian pada pihak terkait dan saran untuk penelitian berikutnya adalah agar penelitian dengan program QGA bisa dibandingkan dengan program evolusi GA yang lainnya agar dapat hasil yang lebih optimal.

Daftar Pustaka

- [1] Gunantara, N., & Dharma, A. 2017. *Optimal Path Pair Routes Through Multi-Criteria Weight in Ad Hoc Network Using Genetic Algorithm*. International Journal of Communication Network and Information Security (IJCNIS), 9(1).
- [2] Aryani, N.K., Abdilah, M., Negara, I, M, Y., Soeprijanto, A. 2011. *Optimal Placement and Sizing of Distributed Generation using Quantum Genetic Algorithm for Reducing Losses and Improving Voltage*

Profile . Surabaya: Jurnal. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sepuluh November.

- [3] Bawan, E, K. 2012. Dampak Pemasangan *Distributed Generation* Terhadap Rugi-Rugi Daya. Manokwari: Jurnal Ilmiah Foristek Vol.2, No.21. Universitas Negeri Papua.
- [4] Suswanto, D. 2009. "*Diktat Kuliah: Sistem Distribusi Tenaga Listrik*". Padang: Buku Edisi 1. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- [5] Sunanda, W. 2013. *Perbaikan Keandalan Sistem Melalui Pemasangan Distributed Generation* . Bangka Belitung: Jurnal Ilmiah Foristek Vol.3, No.2. Universitas Bangka Belitung.
- [6] Zakaria, Ahmad H. 2010. *Penempatan dan Penentuan Kapasitas Optimal Distributed generation (DG) Menggunakan Artificial Bee Colony (ABC)*. Surabaya: Jurnal Teknik ITS Vol.1, No. 1. Institut Teknologi Sepuluh November.