

OPTIMASI PENEMPATAN *DISTRIBUTED GENERATION* PADA *IEEE 30 BUS SYSTEM* MENGGUNAKAN *BEE COLONY ALGORITHM*

Nur Ilham Luthfi^{*)}, Yuningtyastuti, and Susatyo Handoko

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail : ilhamkenyot@gmail.com

Abstrak

Permintaan kebutuhan energi listrik pada sistem tenaga listrik semakin bertambah dari waktu ke waktu, sedangkan besarnya daya listrik yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit dan kemampuan jaringan listrik cenderung tetap sehingga kemampuan untuk menyalurkan energi listrik mengalami penurunan yang salah satunya dikarenakan adanya rugi daya. Semakin besar rugi daya maka akan menimbulkan penurunan tegangan di sisi terima, sehingga perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kemampuan menyalurkan energi listrik. Ada beberapa cara untuk mengurangi rugi daya dan drop tegangan pada jaringan distribusi tenaga listrik yaitu dengan memasang Distributed Generation (DG) pada sistem di lokasi yang tepat pada sistem tenaga listrik. Pada penelitian ini, dilakukan optimasi penempatan DG dengan menggunakan Bee Colony Algorithm (BCA) untuk melihat pengaruh DG terhadap rugi-rugi jaringan listrik. Parameter fungsi objektif pada BCA adalah rugi daya total pada sistem distribusi tenaga listrik, dengan meminimumkan rugi daya total akan diperoleh penempatan DG yang tepat (sesuai), sehingga profil tegangan pada tiap bus memenuhi standar, yaitu $\pm 5\%$. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode BCA, dan dengan menempatkan 4 buah DG pada sistem distribusi IEEE 30 bus pada bus kritis 19, 24, 26, 30, diperoleh tegangan bus minimum 0,99 pu dan penurunan nilai rugi daya aktif sebesar 2.85 MW dari 14,206MW menjadi 11.355MW dan daya reaktif sebesar 14.295 MVAR dari 13.421 MVAR menjadi -0.874 MVAR.

Kata-Kunci : sistem distribusi tenaga listrik, Distributed Generation, Bee Colony Algorithm

Abstract

Demand for electrical energy in power systems is increasing over time, whereas the amount of electric power that can be generated by power systems and power grid capabilities are likely to remain so as the ability to channel electrical energy, one of which has decreased due to the power loss. The greater the power loss it will cause a voltage drop on the receiving side, so it need to do efforts should be made to improve the ability to to transmit the electrical energy. There are several techniques to reduce the power loss and voltage drop on a power distribution network is to install Distributed Generation (DG) in the system at the proper location of the power system. In this research, it is carried out the optimization placement of Distributed Generation by using Bee Colony Algorithm, to see the impact of Distributed Generation on the power grid losses. Parameters of the objective function on Bee Colony Algorithm are the total power losses in the distribution system, by minimizing the the total power losses will be obtained the proper placement of DG (appropriate), so that the voltage profile at each bus standards, is $\pm 5\%$. The results show that by using the BCA method, and by placing 4 DG at the IEEE 30 bus distribution system at critical buses 19, 24, 26, 30, earned the minimum voltage 0.99 pu and the drop of the active power losses amounted to 2.85 MW of 14.206 MW to be 11,355 MW and reactive power of 14.295 MVAR of 13.421 MVAR to -0.874 MVAR.

Keywords : power distribution system, Distributed Generation, Bee Colony Algorithm

1. Pendahuluan

Salah satu hal yang menjadi masalah utama sistem pembangkit tenaga listrik di Indonesia saat ini adalah mengenai sumber energi primer yang digunakan, pada umumnya sumber energi primer yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik di Indonesia merupakan

sumber energi tak terbarukan. Apabila sumber energi tak terbarukan tersebut digunakan secara terus-menerus dalam jumlah yang besar, maka semakin lama sumber energi tersebut akan habis. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem tenaga listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan. Salah satu jenis pembangkit

yang menggunakan energi terbarukan adalah *Distributed Generation* ^[4].

Distributed Generation (DG) merupakan pembangkit berkapasitas kecil yang terletak pada sistem distribusi tenaga listrik. DG biasa ditempatkan pada bus-bus yang terhubung langsung ke beban ^[3]. Pemasangan DG mempunyai banyak kelebihan, yaitu meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem serta dapat memperbaiki kualitas daya ^[3]. DG juga menimbulkan beberapa kekurangan, misal menambah jumlah sumber arus hubung singkat apabila terjadi gangguan sistem. Oleh karena itu, ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam pemasangan DG antara lain tegangan serta kerugian daya pada sistem

Salah satu hal yang sangat penting dalam pembahasan DG adalah mengenai penentuan letak dari suatu DG. Letak DG dapat dikatakan optimal apabila kerugian daya pada sistem menjadi berkurang serta level tegangan tetap terjaga, yaitu berada di antara nilai minimal dan nilai maksimal. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang mampu menyelesaikan permasalahan optimisasi letak DG. Metode optimisasi yang digunakan yaitu *bee colony algorithm* dan jaringan distribusi listrik yang digunakan untuk optimasi ini yaitu *IEEE 30 Bus Test Distribution System*.

2. Metode

2.1 Distributed Generation (DG)

Istilah *Distributed Generation* (DG) sering digunakan untuk menyatakan sebuah pembangkitan listrik skala kecil. Saat ini, belum ada kesepakatan yang dibuat untuk mendefinisikan DG secara pasti. Beberapa Negara mendefinisikan DG berdasarkan tingkat tegangan, sedangkan negara yang lain mendefinisikan DG berdasarkan letak pembangkit pada sistem jaring listrik.

International Council on Large Electricity Systems (CIGRE) mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai setiap unit pembangkit dengan kapasitas maksimum 50 MW sampai 100 MW, yang biasa terhubung ke jaring distribusi. Di sisi lain *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), mendefinisikan DG sebagai pembangkitan energi listrik yang dilakukan oleh peralatan yang lebih kecil dari pembangkit listrik pusat sehingga memungkinkan terjadi interkoneksi di hampir semua titik pada sistem tenaga listrik. Sedangkan *International Energy Agency* (IEA), mendefinisikan DG sebagai unit pembangkit daya listrik pada sisi konsumen dan menyuplai daya listrik langsung ke jaring distribusi lokal.

Definisi yang berbeda diusulkan dalam literatur, yang mendefinisikan DG berdasarkan koneksi dan letak, bukan berdasarkan kapasitas pembangkitan. Berdasarkan pengertian-pengertian di atas dan mempertimbangkan

sistem kelistrikan di Indonesia, istilah *Distributed Generation* (DG) yang akan digunakan pada bab-bab berikutnya adalah unit pembangkit listrik yang terhubung langsung ke jaring distribusi atau di sisi konsumen dengan kapasitas yang relatif kecil (kurang dari 5MW).

2.2 Metode Aliran Daya Newton Raphson

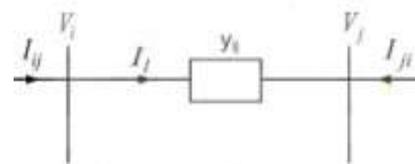
Algoritma perhitungan aliran daya dengan metode newton-Raphson adalah sebagai berikut:

1. Membuat matriks admitansi bus $[Y_{bus}]$ dari data saluran yang ada
2. Memulai iterasi $k = 0$ dengan menentukan nilai P_i^k dan Q_i^k pada bus beban, dan P_i^k pada bus kontrol kemudian mengasumsikan nilai $|V_i|^k$ dan δ_i^k pada semua bus beban dan bus kontrol
3. Menghitung nilai $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ pada bus beban dan $\Delta P_i^{(k)}$ pada bus kontrol
4. Menentukan apakah nilai $\Delta P_i^{(k)} \leq \epsilon$ dan $\Delta Q_i^{(k)} \leq \epsilon$ terpenuhi. Jika terpenuhi, maka perhitungan dilanjutkan dengan mencari nilai P_i^k dan Q_i^k pada bus ayun serta Q_i^k pada bus kontrol. Jika tidak terpenuhi, hitung elemen matriks Jacobian agar didapatkan nilai $\Delta \delta^k$ dan $\Delta |V|^k$

Menghitung nilai $\delta_i^{(k+1)}$, $|V_i^{(k+1)}|$, $P_i^{(k+1)}$, dan $Q_i^{(k+1)}$ untuk memulai iterasi $k + 1$ hingga nilai $\Delta P_i^{(k)} \leq \epsilon$ dan $\Delta Q_i^{(k)} \leq \epsilon$ terpenuhi.

2.3 Perhitungan Rugi Daya Saluran

Pemasangan DG mempertimbangkan kerugian daya pada saluran sehingga perlu menghitung rugi saluran distribusi.



Gambar 1 Pemodelan saluran distribusi untuk perhitungan aliran daya

Dengan memisalkan suatu saluran yang menghubungkan bus i dan j seperti ditunjukkan pada gambar 2.13, maka arus pada saluran dapat diperoleh dari persamaan berikut, Arus dari bus i dan j

$$I_{ij} = I_1 + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) y_{i0} V_i \quad (1)$$

Sedangkan dari bus j ke i

$$I_{ji} = -I_1 + I_{j0} = y_{ij}(V_j - V_i) y_{i0} V_i \quad (2)$$

Besarnya daya total yang mengalir dari bus i ke j dan dari j ke i adalah

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \quad (3)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \quad (4)$$

Kerugian daya saluran i ke j adalah jumlah aljabar dari persamaan (3) dan (4) maka diperoleh:

$$S_{L_{ij}} = S_{ij} + S_{ji} \quad (5)$$

2.4 Bee Colony Algorithm (BCA)

Metode optimisasi yang digunakan untuk menentukan letak dan kapasitas dari masing-masing DG adalah metode berbasis kawanan lebah yaitu *Bee Colony Algorithm* (BCA). BCA adalah sebuah metode optimisasi yang terinspirasi oleh perilaku mencari makan lebah madu diperkenalkan oleh Karaboga pada tahun 2005 [5]

BCA Adalah suatu metode pencarian nilai optimal yang terinspirasi oleh kegiatan/pola dari kawanan lebah dalam mencari makanan. Dalam metode ini, perilaku cerdas tertentu dari sekawanan lebah madu berupa perilaku mencari makan ditinjau, dan sebuah algoritma baru dari koloni lebah buatan (BCA) yang mensimulasikan perilaku lebah madu tersebut dijelaskan untuk memecahkan permasalahan optimisasi multidimensi dan multimodal. Dalam model BCA, koloni lebah buatan terdiri dari tiga kelompok lebah, yaitu: lebah pekerja, lebah *onlooker* dan lebah *scout*. Lebah yang menunggu di *dance area* untuk membuat keputusan dalam memilih sumber makanan, disebut sebagai lebah *onlooker* dan lebah yang pergi ke sumber makanan yang pernah dikunjungi sendiri sebelumnya, diberi nama lebah pekerja. Sedangkan lebah yang melakukan pencarian acak disebut lebah *scout*. Untuk setiap sumber makanan, hanya ada satu lebah pekerja. Lebah pekerja yang sumber makanannya telah habis akan menjadi lebah *scout* [6]. Langkah-langkah utama dari algoritma BCA Diberikan di Gambar 2.

Langkah-langkah utama proses optimisasi BCA *algorithm* dapat diuraikan sebagai berikut,

1. Inisialisasi posisi sumber makanan.
2. Gerakkan lebah pekerja menuju sumber sumber makanan dan tentukan jumlah nektarnya.

Untuk tiap lebah pekerja, sebuah sumber makanan baru dihasilkan melalui rumusan,

$$V_{ij} = X_{ij} + \Phi_{ij} (X_{ij} - X_{kj}) \quad (6)$$

- 3 Gerakkan lebah *onlooker* menuju sumber-sumber makanan dan tentukan jumlah nektarnya. Pada langkah ini, lebah *onlooker* memilih sebuah sumber makanan dengan menggunakan perhitungan probabilitas dan mendapatkan sebuah sumber makanan baru dalam area sumber makanan yang telah dipilih melalui rumusan,

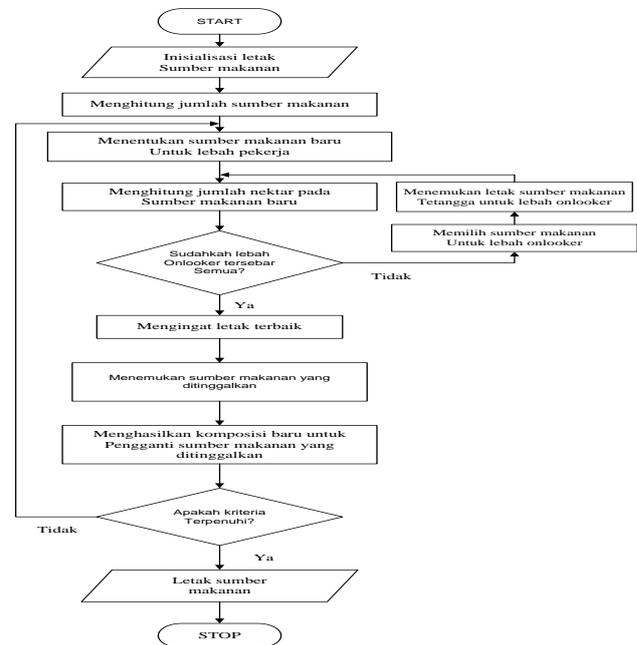
$$P_i = \frac{Fitness_i}{\sum_{i=1}^N Fitness_i} \quad (7)$$

- 4 Tentukan sumber makanan yang harus ditinggalkan dan alokasikan lebah pekerja sebagai *scout* untuk mencari sumber makanan baru berdasarkan pencarian secara acak dengan memakai rumusan,

$$X_{ij} = X_{jmin} + rand(0,1)(X_{jmax} - X_{jmin}) \quad (8)$$

5. Catat sumber makanan terbaik yang telah ditemukan

6. Ulangi langkah 2–5 hingga kriteria yang diinginkan terpenuhi.



Gambar 2 Diagram alir implementasi algoritma BCA untuk optimasi DG.

2.5 Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem optimasi ini dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB. Metode BCA dipilih karena cocok untuk ruang solusi yang besar dan *load flow analysis* menggunakan metode *Newton-Raphson* karena cepat mencapai nilai konvergen sehingga membutuhkan sedikit iterasi, namun tiap iterasinya membutuhkan waktu yang lama.

1. Kondisi Awal

Pada kondisi ini simulasi akan melakukan *load flow analysis* pada IEEE 30 Bus Distribution Test System untuk mengetahui kondisi beban tiap bus. Hasil dari *load flow analysis* ini akan menjadi acuan dasar dalam analisa proses optimasi penempatan dan kapasitas pembangkit terdistribusi dalam pengaruhnya terhadap rugi-rugi jaringan.

2. Optimasi Penempatan DG

Pada kondisi optimasi ini pengguna diminta untuk memasukkan sejumlah DG yang akan disimulasikan dengan batasan maksimal 4 (empat) pembangkit dengan batasan kapasitas pembangkit yaitu 5MW, kemudian program simulasi akan menjalankan BCA untuk menentukan lokasi pembangkit dan kapasitasnya.

Fungsi objektif untuk proses optimasi dapat dirumuskan dalam bentuk matematis sebagai berikut

$$Fitness = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Ploss_{i,j} , i \neq j \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Ploss_{i,j} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n real(Sloss_{i,j}) \quad (10)$$

dimana

- $Ploss_{i,j}$ = rugi-rugi daya aktif pada jaringan (MW)
- $Sloss_{i,j}$ = rugi-rugi daya semu pada jaringan (MVA)
- n = jumlah bus pada sistem distribusi

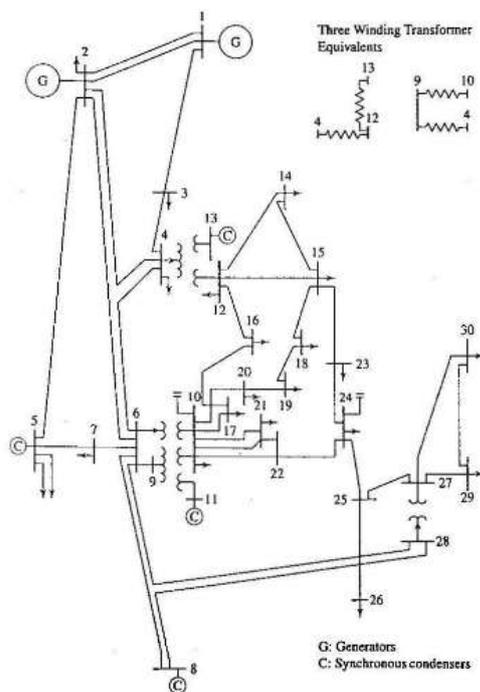
Dalam program simulasi ini BCA akan membangkitkan sejumlah bilangan dengan batasan tertentu yang akan digunakan sebagai calon DG dan diimplementasikan kedalam data IEEE 30 Bus Distribution Test System untuk kemudian dievaluasi menggunakan persamaan-persamaan diatas.

Dengan meminimumkan fungsi objektif pada persamaan (9) diatas maka akan didapat lokasi dan kapasitas pembangkit yang paling optimal.

3. Hasil Dan Analisa

3.1 Data Sistem

Data yang digunakan pada pengujian ini adalah data IEEE 30 bus distribution test system [7]. Data yang diambil berupa data bentuk jaringan distribusi, data beban, dan data saluran. Skema dari IEEE 30 Bus Test System ditampilkan pada gambar 3. berikut.



Gambar 3. Skema IEEE 30 Bus Test System

3.2 Hasil Pengujian

3.2.1 Kondisi Awal

Kondisi awal merupakan kondisi dimana simulasi pada data sistem dijalankan tanpa adanya pembangkit terdistribusi yang terinstal untuk mengetahui nilai rugi daya pada jaringan. Dari hasil kondisi awal untuk menopang sistem distribusi 30 bus, generator beroperasi dengan total daya keluaran yaitu sebesar 267.182 MW. Namun daya yang diterima beban hanya 253MW. Disini terlihat bahwa terdapat rugi daya aktif yaitu sebesar 14.206 MW dan rugi daya reaktif sebesar 13.4209 MVAR.

3.2.2 Optimasi Penempatan 2 Distributed Generation Bus Kritis

Dalam pengujian ini sistem diberikan sebuah DG dengan lokasi dan besar kapasitas yang dioptimasi menggunakan BCA. Dari lima kali pengujian didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil optimasi dengan 2 DG

Jumlah Pembangkit Terdistribusi	Lokasi DG	Kapasitas DG (MW)
2	24	4.711
	30	4.989

Dari hasil optimasi dengan DG yang terpasang, rugi daya nyata yang terdapat dalam sistem menjadi 12.689 MW dan rugi daya reaktif sebesar 5.069 MVAR. Rugi daya dapat menurun sebesar 1.52 MW untuk rugi daya aktif dan 8.35 MVAR untuk rugi daya reaktif.

3.2.3 Optimasi Penempatan 2 Distributed Generation Bus Non Kritis

Dalam pengujian ini sistem diberikan 2 buah DG dengan lokasi dan besar kapasitas yang dioptimasi menggunakan BCA. Dari lima kali pengujian didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 2 Hasil optimasi dengan 2 DG

Jumlah Pembangkit Terdistribusi	Lokasi DG	Kapasitas DG (MW)
2	21	4.95
	23	4,139

Dari hasil optimasi dengan sebuah DG yang terpasang, rugi daya nyata yang terdapat dalam sistem menjadi 12.738 MW dan rugi daya reaktif sebesar 5.557 MVAR. Rugi daya dapat menurun sebesar 1.47 MW untuk rugi daya aktif dan 7.86 MVAR untuk rugi daya reaktif.

3.2.4 Optimasi Penempatan 4 Distributed Generation Bus Kritis

Dalam pengujian ini sistem diberikan empat buah DG dengan lokasi dan besar kapasitas yang dioptimasi menggunakan BCA. Dari lima kali pengujian didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil optimasi dengan 4 DG

Jumlah Pembangkit Terdistribusi	Lokasi DG	Kapasitas DG (MW)
4	19	5
	24	5
	26	5
	30	5

Dari hasil optimasi dengan sebuah DG yang terpasang, rugi daya nyata yang terdapat dalam sistem menjadi 11.355 MW dan rugi daya reaktif sebesar -0.874 MVAR. Rugi daya dapat menurun sebesar 2.85 MW dan 14.29 MVAR untuk rugi daya reaktif.

3.2.5 Optimasi Penempatan 4 Distributed Generation Bus Non Kritis

Dalam pengujian ini sistem diberikan empat buah DG dengan lokasi dan besar kapasitas yang dioptimasi menggunakan BCA. Dari lima kali pengujian didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 4 Hasil optimasi dengan 4 DG

Jumlah Pembangkit Terdistribusi	Lokasi DG	Kapasitas DG (MW)
4	19	4.01
	23	4.816
	25	4.185
	29	3.636

Dari hasil optimasi dengan empat buah DG yang terpasang, rugi daya nyata yang terdapat dalam sistem menjadi 11.90 MW dan rugi daya reaktif sebesar 0.937 MVAR. Rugi daya dapat menurun sebesar 2.31 MW dan 12.48 MVAR untuk rugi daya reaktif.

3.2.6 Analisis Sebelum dan Sesudah Penempatan Distributed Generation(DG)

Setelah dilakukan beberapa pengujian seperti diatas, dapat dilakukan perbandingan untuk semua hasil pengujian. Perbandingan semua hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Dapat dilihat pula bagaimana pengaruh penempatan empat buah DG merupakan kombinasi yang paling baik karena mampu menurunkan rugi-rugi daya sebesar

20.01%. Minimasi rugi-rugi daya pada suatu sistem distribusi juga ditandai dengan kenaikan nilai tegangan pada sistem distribusi tersebut. Gambar 4 menunjukkan bagaimana pengaruh pembangkit terdistribusi terhadap nilai tegangan pada kondisi sistem sebelum dan sesudah terpasang DG.

Tabel 5 Perbandingan hasil pengujian bus kritis

Jumlah DG	Lokasi DG	Tanpa DG		Setelah Pemasangan DG	
		Vm (pu)	Kapasitas DG (MW)	Vm (pu)	Kapasitas DG (MW)
2 DG	24	0.9431	0	0.98	4.711
	30	0.945	0	1.01	4.989
	19	0.9472	0	0.99	5
4 DG	24	0.9431	0	0.99	5
	26	0.9339	0	1.02	5
	30	0.945	0	1.02	5

Tabel 6 Perbandingan rugi daya bus kritis

Kerugian Daya Tanpa DG		Kerugian Daya Setelah Pemasangan DG		Prosentase Rugi Daya Aktif (%)
Aktif (MW)	Reaktif (MVar)	Jumlah DG	Aktif (MW)	
14.206	13.421	2 DG	12.689	10.68
		4 DG	11.355	20.01

Dari tabel 5 dan 6 dapat dilihat secara lengkap hasil optimasi sebuah sistem distribusi dengan variasi beberapa DG yang terpasang pada sistem tersebut. Dapat dilihat pula bagaimana pengaruh penempatan empat buah DG mampu menurunkan rugi daya sebesar 20.01%, lebih baik daripada dengan dua buah DG yang hanya mampu menurunkan rugi daya sebesar 10.68%.

Tabel 7 Perbandingan hasil pengujian bus non kritis

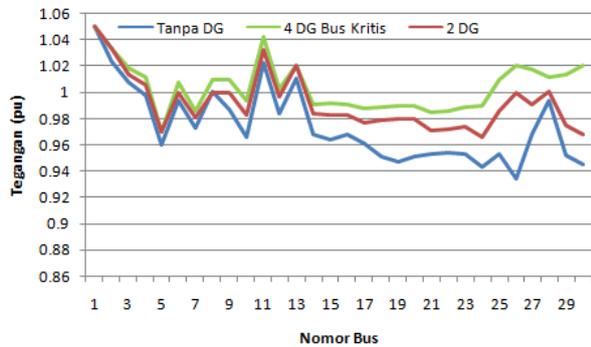
	Lokasi DG	Tanpa DG		Setelah Pemasangan DG	
		Vm (pu)	Kapasitas DG (MW)	Vm (pu)	Kapasitas DG (MW)
2 DG	21	0.953	0	0.98	4.951
	23	0.953	0	0.99	4.139
	19	0.9472	0	0.99	4.007
4 DG	23	0.953	0	1	4.816
	25	0.953	0	1	4.185
	29	0.952	0	1.02	3.636

Tabel 8 Perbandingan rugi daya bus non kritis

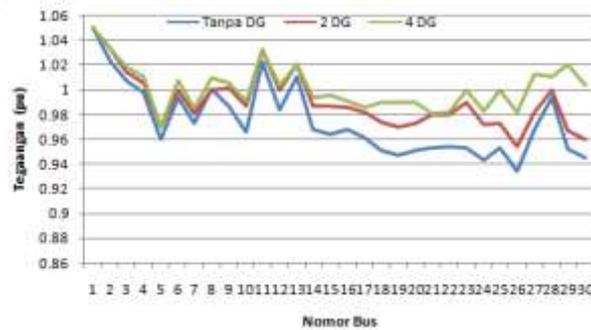
Kerugian Daya Tanpa DG		Kerugian Daya Setelah Pemasangan DG		Prosentase Rugi Daya Aktif (%)
Aktif (MW)	Reaktif (MVar)	Jumlah DG	Aktif (MW)	
14.206	13.421	2 DG	12.737	10.34
		4 DG	11.899	16.24

Dari tabel 7 dan 8 dapat dilihat secara lengkap hasil optimasi sebuah sistem distribusi dengan variasi beberapa DG yang terpasang pada sistem tersebut. Dapat dilihat pula bagaimana pengaruh penempatan empat buah DG

mampu menurunkan rugi daya sebesar 16.24%, lebih baik daripada dengan dua buah DG yang hanya mampu menurunkan rugi daya sebesar 10.34%.

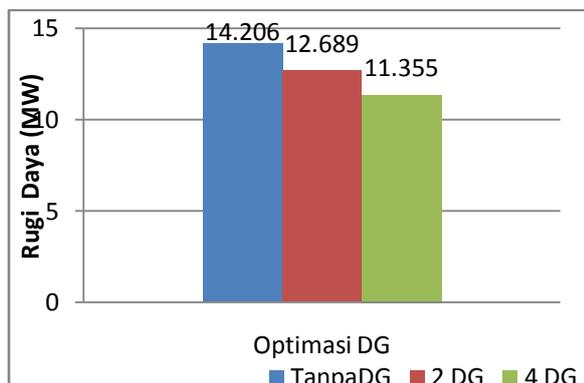


Gambar 4. Grafik perbandingan tegangan menggunakan 2 DG dan 4 buah DG pada bus kritis

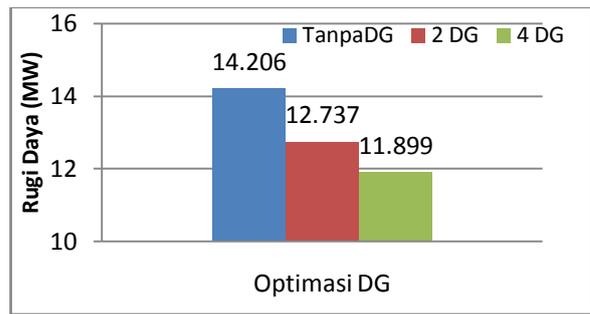


Gambar 5. Grafik perbandingan tegangan menggunakan 2 DG dan 4 buah DG pada bus non kritis

Mengacu pada grafik gambar 4 dan 5, penempatan pembangkit terdistribusi mampu meningkatkan nilai tegangan pada saluran lebih baik daripada kondisi awal.



Gambar 6. Grafik perbandingan rugi daya pada bus kritis



Gambar 7. Grafik perbandingan rugi daya pada bus non kritis

Berdasarkan gambar 6 dan gambar 7 terlihat adanya perbaikan terhadap sistem setelah dipasang DG, dimana terdapat penurunan rugi daya aktif pada setiap saluran, besarnya rugi daya aktif tiap saluran tidak sama. Perbedaan nilai rugi daya tiap saluran tergantung dari tegangan tiap bus yang dimana semakin besar selisih tegangan dan ujung saluran dan semakin kecil impedansi saluran, maka diperoleh rugi daya yang semakin besar. Setelah pemasangan DG, rugi daya yang terbesar terletak pada pengujian dengan 4 DG pada bus kritis dengan rugi daya menjadi 11.355 MW. Rugi daya terkecil adalah pengujian penempatan 2 DG bus kritis yang bias menurunkan daya sebesar 1.427 MW. Besarnya nilai ini dipengaruhi nilai tiap saluran dan impedansi dan jumlah DG yang akan dipasang pada sistem.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

Hasil setiap pengujian menggunakan metode BCA dapat menghasilkan profil tegangan dan rugi daya yang minimum dengan menempatkan DG pada lokasi yang optimal.

Hasil aliran daya sebelum optimasi menggunakan tanpa penambahan DG terdapat 4 bus yang profil tegangan dalam kondisi kritis (kurang dari 0,95 sesuai dengan SPLN 71 : 1987) dengan rugi daya 14.0255 MW dan 13.4209 MVAR.

Dari semua hasil pengujian penempatan lokasi dan kapasitas DG menunjukan bahwa penggunaan empat buah DG dengan lokasi pada bus 19, 24, 26, dan 30 dengan masing-masing kapasitas yaitu 5 MW didapatkan penurunan nilai rugi daya aktif menurun sebesar 2.85 MW dari 14.206 MW menjadi 11.355 MW.

Referensi

[1]. Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. New York : McGraw-Hill.

- [2]. F.S. Abou-Mouti, M.E. El-Hawary. 2010. “*Modified Artificial Bee Colony Algorithm for Optimal Distributed Generation Sizing and Allocation in Distribution*”. International Journal of Engineering, Science and Technology.
- [3]. Tuba Gozel, M. Hakan Hocaoglu. “*An Analytical Method for The Sizing and Siting of Distributed Generators in Radial Systems*”. Electric Power System Research, 79, 912-918. 2009
- [4]. Stevenson, William D. 1996. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Erlangga
- [5]. Bonabeau E, Dorigo M, Theraulaz G (1999). “*Swarm intelligence: from natural to artificial systems*”. Oxford University Press, Inc, New York.
- [6]. Sulistyono. Danang. “*Penentuan letak dan kapasitas Bank Kapasitor secara Optimal pada Jaring Transmisi Menggunakan Bee Colony Algorithm*”. PENELITIAN, Jurusan Teknik Elektro ITS. 2009.
- [7]. Utari. 2012. “*Penempatan Distributed Generation Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Mengurangi Rugi Daya dan Meningkatkan Keandalan*”. Surabaya : Institut Teknologi Surabaya.
- [8]. Thomas Ackermann, Goran Anderson, Lennart Soder. “*Distributed Generation: a Defenition*”. Department of Electric Engineering Royal Institute of Technology. 2000
- [9]. Karaboga, D., “*An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization*”, Technical Report-TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Departmen, 2005
- [10]. Nurhan Karaboga. “*A New Design Method Based on Artificial Bee Colony Algorithm for Digital IIR Filters*”, Journal of the Franklin Institute November 2008.