

# OPTIMASI TITIK INTERKONEKSI *DISTRIBUTED GENERATION* (PLTM MUARA) GUNA MEMINIMALKAN RUGI – RUGI DAYA MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL BEE COLONY* (ABC) PADA PENYULANG PANJI

I Made Arya Supartana<sup>1</sup>, Rukmi Sari Hartati<sup>2</sup>, I Wayan Sukerayasa<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361  
Email: [madearya.supartana@gmail.com](mailto:madearya.supartana@gmail.com)

## Abstrak

*Distributed Generation (DG) adalah pembangkit listrik kecil yang dapat meningkatkan keandalan, profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada suatu jaringan distribusi. Lokasi interkoneksi DG yang kurang tepat, dapat meningkatkan terjadinya rugi-rugi daya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya tersebut adalah dengan optimasi titik interkoneksi DG. Optimasi titik interkoneksi DG pada Penyulang Panji bertujuan untuk meminimalkan rugi-rugi daya, dimana nilai rugi-rugi daya awal yang terjadi sebesar 48,2 kW. Teknik optimasi yang digunakan adalah metode Artificial Bee Colony (ABC), dengan hasil simulasi optimasi terdapat rugi-rugi sebesar 32,263 kW. Terjadi selisih penurunan rugi-rugi daya sebelum dan setelah optimasi sebesar 16,035 kW, atau terjadi penurunan rugi-rugi daya sebesar 33,2 % dari rugi sebelumnya.*

**Kata kunci :** *Distributed Generation, Rugi-Rugi Daya, Artificial Bee colony, Optimasi*

## Abstract

*Distributed Generation (DG) is a small power plant that can increase reliability, voltage profile, and reduce power losses in distribution network. DG interconnection locations that are less suitable can increase power losses. A possibility that can be done to reduce these power losses is by optimizing DG interconnection points. Optimization of the DG interconnection points on the feeder of Panji aims to minimize power losses, where the initial power losses occur at 48.2 kW. Optimization technique is using the Artificial Bee Colony (ABC) method with losses after simulation at 32.263 kW. When compared with the conditions before and after optimization there is a difference in power losses of 16.035 kW, to a decrease in power losses of 33.2% from the previous loss.*

**Keywords :** *Distributed Generation, Power Losses, Artificial Bee Colony, Optimization*

## 1. Pendahuluan

*Distributed Generation (DG) adalah pembangkit terdistribusi skala kecil dengan memanfaatkan sumber energi non fosil atau terbarukan seperti sinar matahari, panas bumi, angin, air gelombang laut, arus laut, biomassa, dan biogas untuk menghasilkan daya listrik [1].*

Kapasitas DG berbeda-beda dari 1 kW - 10 MW, karena pembangkit ini disesuaikan dengan potensi yang ada di wilayah tersebut. *Distributed Generation (DG) dapat memperbaiki drop tegangan, mengurangi rugi-rugi daya, meningkatkan keandalan, dan kualitas daya [2].*

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Muara telah dioperasikan untuk menambah suplai daya listrik pada penyulang Panji. Dengan adanya PLTM ini, penyulang Panji saat ini memiliki 2 suplai tenaga listrik yaitu dari GI Pamaran dan PLTM Muara. PLTM ini berlokasi di Desa Sambangan, Kecamatan Sukasada kabupaten Singaraja.

Kondisi eksisting dari DG (PLTM Muara) terinterkoneksi ke busbar 20 kV gardu SK 64 sebagai tambahan suplai daya pada penyulang Panji. Optimasi titik interkoneksi DG sebagai alternatif baru untuk meminimalkan rugi-rugi daya.

Optimasi *metaheuristic* adalah suatu

metode yang dilakukan dengan memperbaiki kandidat penyelesaian secara iteratif dan efisien sesuai dengan fungsi objektifnya. Metode ini mampu menghasilkan penyelesaian yang baik untuk menemukan solusi yang optimal, dalam waktu cepat (*acceptable*). *Artificial Bee Colony* (ABC) adalah pendekatan *population-based metaheuristic* diusulkan oleh Karaboga yang terinspirasi dari perilaku cerdas kawanan lebah madu mencari makanan [3][4].

Hasil penurunan rugi-rugi daya pada sistem distribusi di dapat melalui analisis simulasi optimasi pada *software*. Analisis terhadap rugi-rugi daya pada Penyulang Panji menggunakan *Load Flow Analysis*, Sedangkan untuk analisis optimasi titik interkoneksi DG pada Penyulang Panji menggunakan metode *Artificial Bee Colony* (ABC) untuk mencari penempatan terbaik DG yang dipasang dengan memperhatikan parameter rugi-rugi jaringan dan tegangan sistem, sehingga dapat meminimalkan rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi Penyulang Panji.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### a. *Distributed Generation*

DG biasanya ditempatkan pada bus yang langsung menyuplai pusat beban dan atau pada gardu induk distribusi [2]. DG memiliki fungsi utama yaitu sebagai pembangkit cadangan skala kecil yang dapat meningkatkan keandalan penyaluran tenaga listrik, dan dapat mengatasi pertumbuhan beban yang tidak pasti [5].

### b. Analisis Aliran Daya (*Load Flow*)

Aliran daya pada sistem distribusi digunakan sebagai acuan dalam proses pemasangan DG. Persamaan analisis aliran daya merupakan suatu persamaan nonlinier yang dalam penyelesaiannya menggunakan teknik iterasi [5] [6].

Analisis aliran daya sangat penting dilakukan untuk menilai performansi dan keefektifan perubahan - perubahan yang direncanakan pada suatu sistem pada tahap perencanaan [6].

Tujuan dilakukannya analisis aliran daya adalah untuk menentukan arus, tegangan, daya reaktif atau daya aktif setiap bus pada jaringan distribusi [7].

Dalam analisis aliran daya pada setiap bus diklasifikasikan menjadi tiga [6] :

#### 1. Bus Beban (*Load Bus*)

Biasanya disebut bus P,Q, karena besaran-besaran yang diketahui adalah P dan Q, sedangkan besaran V dan  $\delta$  tidak

diketahui.

#### 2. Bus Kontrol (Generator Bus)

Biasanya disebut bus P, V, karena hanya besaran P dan V saja yang diketahui, sedangkan besaran  $\delta$  dan Q tidak diketahui.

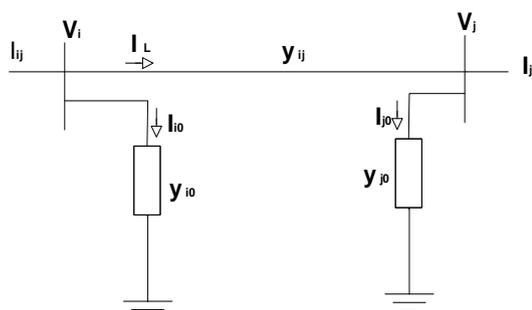
#### 3. Bus Ayun (*Slack Bus*)

Besaran yang diketahui pada *slack bus* adalah V dan  $\delta$ , dan biasanya  $\delta$  bernilai nol ( $\delta = 0$ ). Selama perhitungan aliran daya, besaran V dan  $\delta$  tidak berubah (konstan).

Pada penelitian ini, menggunakan perhitungan dengan menggunakan metode Newton-Raphson.

### c. Rugi-rugi Daya (*Losses*)

Rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang dalam proses pengaliran daya listrik mulai dari pembangkitan sampai dengan konsumen. Terjadinya susut atau rugi rugi energi pada sistem kelistrikan merupakan salah satu acuan untuk mengetahui efesien atau tidaknya sistem kelistrikan tersebut. rugi-rugi daya yang dihasilkan dari penyulang tersebut dapat dirrepresentasikan seperti Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Representasi rugi – rugi jaringan

Suatu saluran yang menghubungkan bus  $i$  dan  $j$ , dimana arus yang mengalir dalam saluran diperoleh dari persamaan berikut [8].

arus yang mengalir dari  $i$  ke  $j$

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

Sebaliknya, arus yang mengalir dari  $j$  ke  $i$  dapat dinyatakan

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

Daya Semu yang terjadi pada konduktor

$$S_{ij} = V_i \cdot I_{ij} \text{ atau } S_{ji} = V_j \cdot I_{ji}^* \quad (3)$$

Dengan begitu, nilai rugi – rugi dari suatu jaringan distribusi didapatkan dengan menjumlahkan seluruh rugi – rugi yang diperoleh pada setiap saluran.

$$S_L = S_{ij} + S_{ji} \quad (4)$$

Sehingga rugi-rugi daya yang dihasilkan dari penyulang tersebut. dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P = I^2 \cdot R \quad (5)$$

Keterangan :

- $I_{ij}$  = Arus yang mengalir dari  $i$  ke  $j$
- $I_{i0}$  = Arus mengalir dari  $I$  awal
- $y_{ij} y_{i0}$  = Admitansi
- $V_i V_j$  = Tegangan  $I$  dan  $j$
- $I_L$  = Arus line
- $S_{ij}$  = Daya semu yang mengalir dari  $i$  ke  $j$
- $S_L$  = Daya semu line
- $I$  = Arus
- $R$  = Reaktansi
- $P$  = Daya aktif

Dengan melakukan optimasi interkoneksi DG maka dapat diketahui titik yang paling optimal dengan rugi – rugi daya yang minimum, sesuai dengan fungsi tujuannya.

d. Metode *Artificial Bee Colony*

Algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) adalah pendekatan *population-based metaheuristic* yang diusulkan oleh Karaboga. Algoritma ABC terinspirasi oleh perilaku cerdas kawanan lebah madu mencari makanan [9].

Pada model algoritma ABC terdiri dari 3 komponen esensial, yaitu : *Food Sources* (sumber makanan), *Employed Foragers* (lebah pekerja), *Unemployed Foragers* (*scout* dan *onlooker*). Lebah *onlooker* akan menunggu di sarang untuk memilih sumber makanan dan lebah pekerja adalah lebah yang pergi ke sumber makanan. Sedangkan *scout bee* adalah lebah yang melakukan pencarian secara acak [10].

Setiap lebah pekerja hanya akan mencari satu sumber makanan. Saat sumber makanannya telah habis atau sudah pada nilai limit (batasan) lebah pekerja akan berubah menjadi lebah *scout*.

Secara umumnya, struktur dari algoritma ABC seperti Gambar 2 berikut ini [11].

Tahap Inisialisasi  
**Iterasi (pengulangan)**  
 Tahap *Employed bee*  
 Tahap *onlooker bee*  
 Tahap *scout bee*  
 Mengingat solusi terbaik  
**Iterasi = Iterasi + 1.**  
**Sampai Iterasi = Maksiterasi.**

**Gambar 2** Pseudocode Struktur Umum dari Algoritma ABC

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Optimasi titik interkoneksi DG guna meminimalkan rugi - rugi daya pada Penyulang Panji dilakukan dalam sebuah simulasi, dengan menggunakan metode *artificial bee colony* (ABC) untuk menentukan tempat terbaik dalam pemasangan DG. Dalam paper ini diperlukan data-data sebagai berikut:

- a. Data output daya DG (PLTM Muara)
- b. Single line diagram Penyulang Panji
- c. Data penghantar (panjang, resistansi, dan reaktansi)
- d. Data beban puncak Penyulang Panji
- e. Data Pembangkitan Penyulang Panji

Semua parameter umum dirubah menjadi parameter algoritma ABC, sehingga lebah dapat melakukan pencarian secara acak untuk memperoleh lokasi optimal dari penempatan DG.

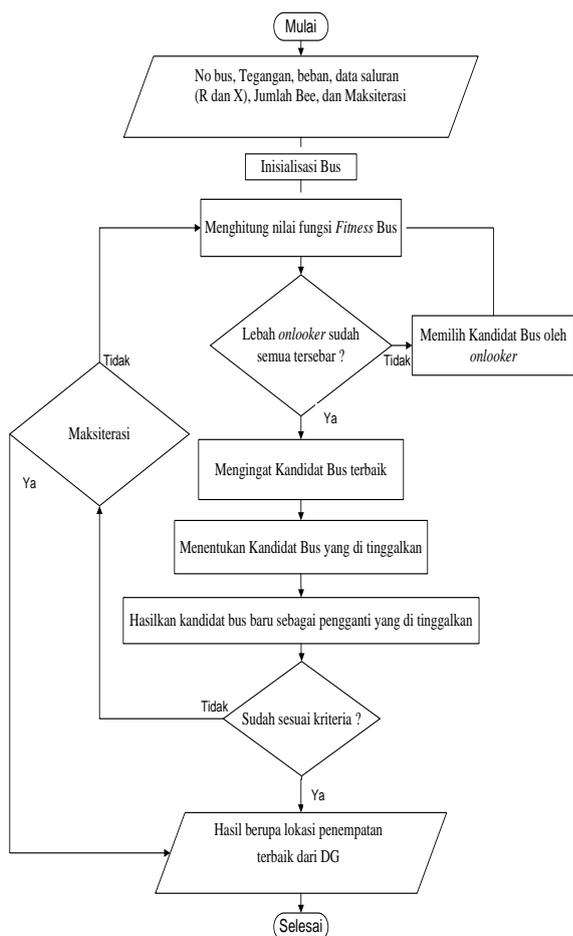
Letak bus yang akan di interkoneksi dengan DG ditentukan oleh jumlah populasi lebah, dan ilai fungsi fitness mewakili nilai kerugian pada jaringan distribusi. Analogi tersebut dapat dilihat padai Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1** Analogi metode ABC dengan Penentuan Titik Interoneksi

Algoritma ABC	Penentuan titik Interkoneksi DG
Posisi sumber makanan	Kandidat bus interkoneksi DG
Sumber makanan	Data rugi – rugi hasil interkoneksi
Fungsi objektif	$\min \sum P_{loss}$
Fungsi Fitness	$f_{fitness} = \frac{1}{1 + f_{objektif}}$

*Scout bee* akan menyebar dan melakukan pencarian sumber makanan secara acak, kemudian lebah pekerja akan menghitung setiap fitness dari sumber makanan yang ditemukan. *Oonlooker* akan menseleksi dan mengingat setaip perhitungan dari sumber makanan sehingga diperoleh sumber makanan terbaik dengan mendapatkan nilai rugi - rugi daya yang minimum.

Analisis tersebut dapat dilihat melalui diagram alur analisis pada Gambar 3



Gambar 3 Diagram Alur Program Artificial Bee Colony

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### a. Data Input Pada Penyulang Panji

Penyulang Panji memiliki konfigurasi tipe radial 20 kV. Berikut Detail dan karakteristik Penyulang Panji :

Base MVA : 100 MVA  
 Panjang Jaringan : 64,671 kms  
 Jenis Penghantar : AAACS, AAAC, MVTIC, dan NA2XSEBY  
 Daya Sumber : 2039 kW  
 Jumlah Bus : 153

Data di simulasikan dengan software untuk mendapatkan nilai aliran daya dan titik optimal dari setiap kemungkinan interkoneksi DG pada jaringan distribusi Penyulang Panji.

##### b. Analisis Rugi – rugi Daya Awal Penyulang Panji

Analisis Load Flow dilakukan untuk menghitung kondisi awal rugi-rugi daya pada penyulang Panji dengan menggunakan metode *Newton-Raphson* saat kondisi awal

tanpa terinterkoneksi oleh DG. Besarnya rugi-rugi daya yang dihasilkan pada Penyulang Panji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rugi-rugi Daya Penyulang Panji Kondisi Tanpa Terinterkoneksi DG

No	Uraian	Nilai	Keterangan
1	Total Daya Penghantar	2039 kW	Sumber
2	Total Rugi-rugi	48,2 kW	Rugi-rugi daya Tanpa DG
3	Total Rugi-rugi	44,4 kW	Rugi-rugi dengan DG koneksi SK 64

##### c. Analisis Rugi – rugi Daya Pada Penyulang Panji Menggunakan Metode Artificial Bee Colony (ABC)

Penyulang Panji memiliki sistem distribusi yang terdiri dari 1 pembangkit dan 153 bus. Algoritma ABC digunakan untuk menentukan lokasi penempatan optimal dari DG yang harus ditempatkan pada sistem untuk meminimalkan rugi-rugi daya pada penyulang Panji.

Data-data yang dipergunakan dalam metode ABC ini seperti : penomoran bus, data beban dan pembangkit, serta data parameter saluran. Berikut merupakan data parameter saluran dari Penyulang Panji yang digunakan sebagai input *coding Artificial Bee Colony (ABC)* seperti ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Data R dan X Penyulang Panji

Dari Bus	Ke Bus	Tahanan urutan positif (Ω /km)	Reaktansi urutan positif (Ω /km)	R (Ω)	R (p.u)	X (Ω)	X (p.u)
1	2	0.162	0.11995	0.01782	0.00445	0.01319	0.00329
2	3	0.265	0.13000	0.68290	0.17073	0.33499	0.08357
3	4	0.2162	0.3305	0.05253	0.00045	0.08031	0.00061
4	5	0.2162	0.3305	0.00043	0.00060	0.00066	0.00081
5	6	0.2162	0.3305	0.01102	0.00098	0.01685	0.00132
6	7	0.2162	0.3305	0.09837	0.00108	0.15037	0.00145
7	8	0.2162	0.3305	0.00043	0.00007	0.00066	0.00004
8	9	0.2162	0.3305	0.09058	0.00043	0.13847	0.00026
9	10	0.2162	0.3305	0.02075	0.00100	0.03172	0.00134
10	11	0.2162	0.3305	0.00043	0.00046	0.00066	0.00062
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
152	153	0.2162	0.3305	0.00043	0.00006	0.00066	0.00009

Tujuan dari optimasi ini untuk mengetahui titik yang paling optimal penyambungan antara DG ke grid. Dengan melakukan optimisasi penyambungan DG maka dapat diketahui rugi – rugi daya yang paling mini-

mum, sesuai dengan fungsi tujuannya  

$$\min \sum P_{loss} = \min (I^2 \cdot R) \quad (6)$$

Kawanan lebah ini akan menyebar untuk mencari kandidat bus secara acak. Kemudian akan ditemukan kandidat bus baru, lebah akan menghitung nektar (fitness) dari setiap kandidat bus yang ditemukan.

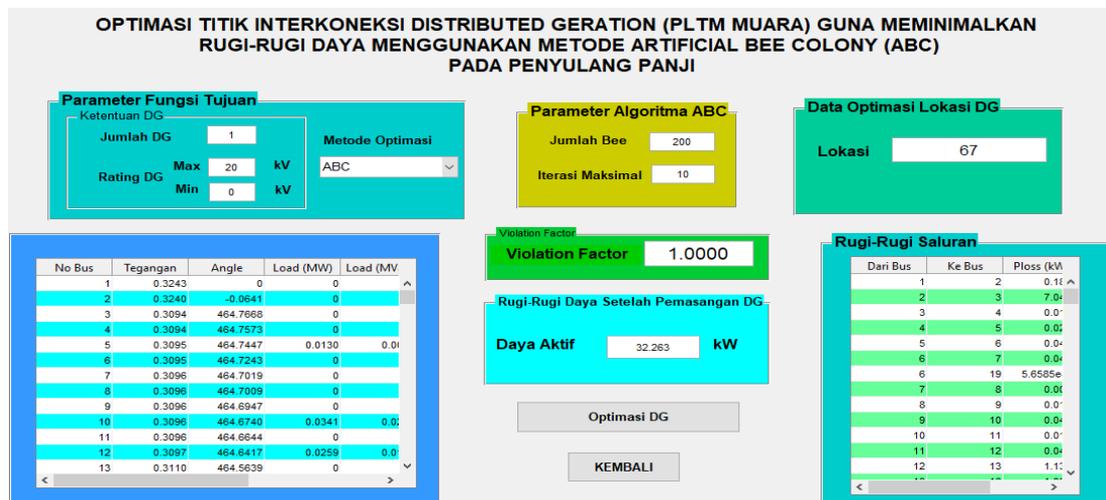
d. Running Program  
 Setelah melakukan *coding* program maka akan dilanjutkan dengan proses *running* menggunakan bantuan GUI (*Graphical User Interface*) seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Tampilan awal program

Tampilan awal program GUI menampilkan menu Judul, data diri, dan menu “MULAI” yang dapat di klik untuk menampilkan data pada layer berikutnya. Total rugi-rugi daya dari 153 bus yang terdapat pada Penyulang Panji adalah sebesar 48,298 kW. Selanjutnya data akan diproses untuk mencari lokasi ter-

baik interkoneksi DG sehingga dapat mengurangi rugi-rugi daya aktif. Tampilan rugi daya setelah optimasi dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Tampilan Rugi setelah Optimasi

Diperoleh hasil titik terbaik untuk interkoneksi *Distributed Generation* (DG) setelah dilakukan optimasi pada Penyulang Panji terdapat pada bus 67 (SK099) dengan rugi-rugi daya sebesar 32,263 kW.

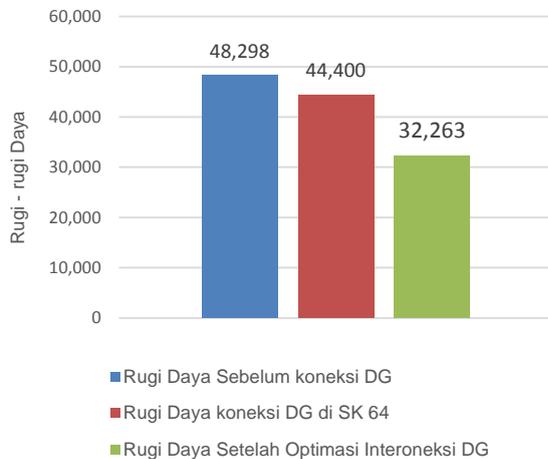
Karakteristik *Artificial Bee Colony* (ABC) dalam program ini bersifat hanya mencari nilai rugi daya terkecil. Lebah ABC selalu berpencair secara acak dan menghasilkan

beberapa lokasi DG yang nantinya akan dipilih satu lokasi terbaik dalam menentukan satu nilai tujuan (losses terkecil). Keberhasilan metode *Artificial Bee Colony* (ABC) untuk menyelesaikan optimasi menurunkan rugi – rugi daya pada Penyulang Panji ditunjukkan Tabel 4.

**Tabel 4** Rugi-rugi daya sebelum dan sesudah Interkoneksi DG

No	Uraian	Nilai
1	Rugi Daya Sebelum koneksi DG	48,298 kW
2	Rugi Daya koneksi DG di SK 64	44,4 kW
3	Rugi Daya Setelah Optimasi Interkoneksi DG	32,263 kW
<b>Selisih Rugi-rugi Daya</b>		<b>16,035 kW</b>

Perbandingan nilai rugi - rugi daya pada Penyulang Panji Sebelum dan sesudah interkoneksi DG dapat dilihat pada gambar 6.

**Gambar 6** Perbandingan rugi-rugi daya pada Penyulang Panji

Kondisi sebelum interkoneksi DG didapat nilai rugi – rugi daya sebesar 48,298 kW, dan saat interkoneksi pada titik SK064 atau pada Bus 100 nilai rugi-rugi daya menjadi sebesar 44,4 kW. Sedangkan hasil simulasi optimasi titik interkoneksi terbaik terdapat pada Bus 67 atau gardu SK099, dengan rugi-rugi daya sebesar 32,263 kW. Selisih penurunan rugi-rugi daya sebelum dan sesudah interkoneksi DG adalah sebesar 16,035 kW. Terjadi penurunan rugi - rugi daya sebesar 33,2 % dari rugi sebelumnya.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan untuk optimasi titik interkoneksi *Distributed Generation* guna meminimalkan rugi - rugi daya menggunakan metode Artificial Bee Colony (ABC) pada Penyulang Panji, maka dapat ditarik simpulan melalui teknik optimasi didapatkan lokasi interkoneksi DG yang paling optimum dengan mereduksi rugi

– rugi daya sebesar 33,2% (kondisi awal 48,2 kW menjadi 32,263 kW),

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunanda, Wahri. 2013. *Perbaikan Keandalan Sistem Melalui Pemasangan Distributed Generation*. Bangka Belitung: Jurnal Ilmiah Foristek Vol.3, No.2. Universitas Bangka Belitung.
- [2] Muljono A.B., Nrartha, Ari I Md. 2009. *Analisis Pengaruh Unit Pembangkit Tersebar Terhadap Stabilitas Dinamis Sistem Tenaga*. Mataram: Jurnal Teknologi Elektro Vol. 8, No. 1. Universitas Mataram.
- [3] Gunantara, N., & Dharma, A. 2017. *Optimal path pair routes through multi-criteria weights in ad hoc network using genetic algorithm*. International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS), 9(1).
- [4] Gunantara, N., Sudiarta, P. K., & Antara, I. N. G. 2018. *Multi-criteria weights on ad Hoc networks using particle swarm optimization for optimal path pairs*. International Review of Electrical Engineering (IREE), 13(1), 15. doi:10.15866/iree.v13i1.14082
- [5] Gusmara, N. 2015. *Analisis Pengaruh Interkoneksi Distributed Generation (PLTSA Suwung) Terhadap Rugi-Rugi Daya Dan Keandalan Pada Penyulang Serangan*. Bukit Jimbaran: Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana.
- [6] Dion, A.P. 2015. *Analisa Rugi Daya Pada Penyulang Bangli Dengan Beroperasinya PLTS Kayubih*. Bukit Jimbaran: Skripsi. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [7] Sulasno. 1993. *Analisis Sistem Tenaga*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- [8] Saadat, H. in *Power System Analysis*, New York, McGraw-Hill Companies, 1999.
- [9] Karaboga.Dkk.2009. *A comparative study of Artificial Bee Colony algorithm*. Erciyes University, The Department of Computer Engineering, Melikgazi, 38039 Kayseri, Turkey.
- [10] Rakhmad. 2015. *Penerapan Algoritma Artificial Bee Colony dalam Aplikasi Penjadwalan Pelajaran untuk Sekolah Menengah Pertama*. Jurusan S1 Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Maranatha.
- [11] Lutfhi. 2013. *Optimasi Penempatan Distributed Generation Pada IEEE 30 Bus System Menggunakan Bee Colony*

*Algorithm.* Jurusan Teknik Elektro,  
Universitas Diponegoro Semarang