

PENENTUAN TITIK INTERKONEKSI DISTRIBUTED GENERATION (DG) PADA JARINGAN 20 KV DENGAN BANTUAN METODE *ARTIFICIAL BEE COLONY* STUDI KASUS : PLTMH AEK SILAU 2

Sylvester Sitorus Pane, Zulkarnaen Pane

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU, Medan, 20155, INDONESIA
e-mail : silvestersitoruspane@yahoo.co.id

Abstrak

Pembangunan sebuah *Distributed Generation* (DG), merupakan sebuah solusi untuk mengatasi kurangnya kapasitas daya pada jaringan. Namun, pembangunan DG kerap menimbulkan dampak negatif yaitu meningkatnya rugi – rugi pada jaringan. Meningkatnya rugi – rugi pada jaringan terjadi akibat ketidakcocokan antara lokasi dibangunnya sebuah DG dengan kapasitas daya DG yang dibangun. Sebuah kemungkinan yang dapat dilakukan untuk mengurangi total rugi – rugi jaringan adalah dengan penentuan sebuah titik interkoneksi DG. Tulisan ini membahas mengenai penentuan titik interkoneksi yang lebih baik untuk PLTMH Aek Silau 2 yang saat ini terinterkoneksi pada Penyulang PM6. G.I. Pematangsiantar, Sumatera Utara, Indonesia. Dengan menggunakan metode *Artificial Bee Colony* yang direpresentasikan dengan program MATLAB, dihasilkan sebuah titik interkoneksi yang lebih baik bagi sebuah DG PLTMH Aek Silau 2 guna mengurangi nilai rugi – rugi jaringan. Sebelum penelitian dilakukan, DG yang diteliti diinterkoneksikan pada bus 20, dan setelah dilakukan penelitian, diperoleh titik interkoneksi DG pada bus 15 dengan penggunaan ukuran kabel yang berbeda pada saluran penghubung antara DG ke jaringan PM6. Hasilnya, nilai rugi – rugi jaringan berkurang hingga sekitar 19%. Selain itu, profil tegangan pada beberapa bus pun menjadi lebih baik.

Kata kunci : *Distributed Generation* (DG), Interkoneksi, *Artificial Bee Colony*

1. Pendahuluan

Dampak dari terhubungnya *Distributed Generation* (DG) memiliki pengaruh yang baik dan juga pengaruh buruk pada sistem jaringan. Pengaruh baik dan buruk tersebut tergantung dari perencanaan awal dalam membangun sebuah DG seperti besar kapasitas pembangkit yang terpasang serta titik interkoneksi DG dengan jaringan. Efek dari interkoneksi DG tersebut akan memengaruhi nilai tegangan di sepanjang saluran, serta nilai total rugi – rugi pada jaringan.

Sebuah DG akan menjadi lebih bernilai apabila dibangun pada lokasi yang tepat, sehingga dapat menambah kapasitas daya jaringan dan mengurangi nilai rugi – rugi pada jaringan. Namun pembangunan DG hanya dapat dilakukan pada lokasi yang memiliki potensi pembangkitan listrik. Biasanya DG akan disambungkan ke bus jaringan tegangan menengah terdekat dari lokasi pembangunan DG. Padahal, titik sambungan (interkoneksi) DG pada jaringan listrik di dekat pembangunan

DG tersebut belum tentu merupakan titik terbaik untuk ukuran DG yang dibangun.

Pada beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian untuk menentukan titik penempatan dari *Distributed Generation*, serta menentukan nilai besar pembangkit yang harus dibangun pada titik penempatan tersebut [1] [2]. Hal ini membuktikan bahwa pada titik tertentu, diperlukan nilai kapasitas pembangkit tertentu untuk diinterkoneksikan pada titik tertentu pada jaringan untuk menghasilkan nilai kualitas tegangan dan rugi – rugi daya yang terbaik.

Pada penelitian ini akan diteliti dampak dari titik interkoneksi PLTMH terhadap rugi – rugi daya pada jaringan distribusi. Perhitungan rugi – rugi daya dilakukan dengan metode perhitungan Newton - Raphson. Kemudian, dengan bantuan metode *Artificial Bee Colony*, akan ditentukan titik interkoneksi PLTMH yang tepat untuk dikoneksikan pada jaringan, sehingga mendapatkan kualitas rugi – rugi yang terkecil pada jaringan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Teori Aliran Daya

Perhitungan aliran daya pada dasarnya adalah menghitung besar tegangan, sudut fasa, daya aktif, daya reaktif, dan rugi – rugi pada jaringan dalam kondisi tunak dan dengan beban seimbang.

Setiap bus dalam sistem tenaga listrik dikelompokkan menjadi 3 tipe bus, yaitu [3]:

1. Bus beban. (Bus P-Q)

Bus beban adalah bus yang tidak memiliki unsur pembangkitan tenaga listrik / generator, dan terhubung secara langsung dengan beban (konsumen).

2. Bus generator (Bus P-V)

Bus generator atau biasa disebut bus *voltage controlled*. Disebut demikian, karena tegangan pada bus ini biasanya dijaga konstan.

3. Bus referensi

Pada bus referensi atau biasa disebut slack bus, adalah sebuah bus generator yang dianggap sebagai bus utama karena merupakan bus yang memiliki kapasitas daya yang paling besar.

Dalam sistem pemrograman, tipe bus identik dengan kode angka. Dimana kode untuk bus referensi adalah angka 1, kode untuk bus generator adalah angka 2, dan kode untuk bus beban adalah angka 3. Pada Tabel 1 ditunjukkan kode bus, variabel yang ditentukan dan variabel yang dihitung pada masing-masing jenis bus.

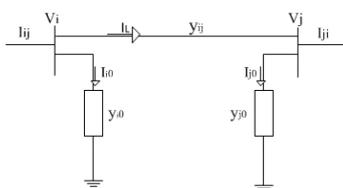
Tabel 1. Tipe – tipe bus

Jenis Bus	Kode Bus	Variabel ditentukan	Variabel dihitung
Bus Referensi	1	V, δ	P, Q
Bus Generator	2	P, V	Q, δ
Bus Beban	3	P, Q	V, δ

Ada beberapa teknik umum yang digunakan dalam perhitungan aliran daya. Namun, pada penelitian ini, perhitungan yang digunakan adalah dengan metode *Newton – Raphson*.

2.2 Rugi – rugi pada Jaringan

Rugi – rugi pada jaringan dapat direpresentasikan berdasarkan Gambar 1 [4]:



Gambar 1. Representasi rugi – rugi jaringan

Persamaan 1 menjelaskan persamaan arus yang mengalir dari i ke j berdasarkan Gambar 1 adalah :

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

Begitu pula sebaliknya, arus yang mengalir dari j ke i dapat dinyatakan dalam Persamaan 2:

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

Daya Semu yang terjadi pada konduktor dinyatakan dalam Persamaan 3 :

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

Sedangkan rugi – rugi daya yang terjadi dari i ke j secara aljabar dapat ditulis pada Persamaan 4 :

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

Dengan begitu, untuk menghitung nilai rugi – rugi secara keseluruhan dari jaringan dapat dihitung dengan menjumlahkan seluruh rugi – rugi yang diperoleh pada setiap saluran. Persamaan 5 menunjukkan rumus perhitungan rugi – rugi total.

$$S_L = \sum_{j=i+1}^n S_{ij} ; \quad (i \neq j) \quad (5)$$

2.3 Impedansi Seri pada Jaringan

Adapun impedansi seri pada jaringan dibagi atas resistansi dan reaktansi [5]

2.3.1 Resistansi

Resistansi arus DC pada konduktor dapat dihitung pada Persamaan 6 :

$$R_o = \frac{\rho l}{A} \Omega \quad (6)$$

dimana :

ρ = resistivitas konduktor

l = panjang konduktor

A= luas penampang dari konduktor

2.3.2 Induktansi

Untuk beberapa konfigurasi konduktor, nilai rata – rata dari induktansi dan kapasitansi dapat ditemukan dengan representasi sistem dengan sebuah jarak equilateral ekuivalen. Jarak equilateral tersebut dihitung menggunakan Persamaan 7.

$$D_{eq} = D_m = (D_{ab} \times D_{bc} \times D_{ca})^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

Nilai induktansi per fasa dapat dihitung menggunakan Persamaan 8 :

$$L_a = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{D_s} h/m \quad (8)$$

Dan reaktansi induktif perfasa dihitung menggunakan Persamaan 9 :

$$L_a = 0.1213 \ln \frac{D_{eq}}{D_s} \Omega/\text{mi} \quad (9)$$

2.4 Distributed Generation (DG)

Distributed Generation (DG) merupakan setiap teknologi pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan daya di atau dekat dari lokasi beban, baik terhubung kepada sistem distribusi, terhubung langsung kepada pelanggan, atau keduanya. DG juga dapat didefinisikan sebagai pembangkitan listrik oleh fasilitas pembangkit yang lebih kecil dari pembangkit utama sehingga memungkinkan interkoneksi pada setiap titik di sistem kelistrikan.

Adapun pembagian jenis DG berdasarkan ukuran pembangkitan dapat dibedakan menjadi 4, yaitu [6]:

- Micro yaitu DG dengan ukuran 1 Watt hingga 5 KW
- Small yaitu DG dengan ukuran 5 KW hingga 5 MW
- Medium yaitu DG dengan ukuran 5 MW hingga 50 MW
- Large yaitu DG dengan ukuran 50 MW hingga 300 MW

2.5 Artificial Bee Colony (ABC)

Artificial Bee Colony (ABC) biasanya disebut juga dengan Metode Koloni Lebah. Karaboga, seorang Ilmuwan Jepang mendasarkan metode koloni lebah ini berdasarkan cara kebiasaan lebah dalam mencari makanan dan digunakan sebagai metode untuk menyelesaikan permasalahan optimasi numerik.

Pada dasarnya terdapat 3 komponen esensial yang dibentuk oleh lebah dalam mencari makanan, yaitu [7]: sumber makanan, pekerja sumber makanan, dan bukan pekerja sumber makanan.. Bukan pekerja sumber makanan dibagi atas dua jenis, yaitu *scout* dan *onlookers*.

Adapun tahapan yang dilakukan oleh lebah dalam menentukan tempat makanan adalah [7]:

- Mengirim lebah scout ke sumber makanan
- Mengirim lebah pekerja menuju sumber makanan dan mengidentifikasi jumlah nektar yang ada.
- Lebah – lebah pekerja menghitung nilai fungsi objektif berdasarkan informasi yang diperoleh, dimana fungsi objektif adalah nilai minimum dari Persamaan 10 :

$$f_{objektif} = \min(I^2 R) = \min(S_L) \quad (10)$$

- Menghentikan proses pencarian makanan, apabila sumber makanan telah habis.
- Kemudian lebah scout dikirim untuk mencari tempat sumber makanan baru.
- Mengulang proses 2 sampai 5 hingga tak ditemukan sumber makanan baru, lalu mengeksekui pilihan dengan fungsi fitness, dimana fungsi fitness ditunjukkan oleh Persamaan 11 :

$$f_{fitness} = \frac{1}{1 + f_{objektif}} \quad (11)$$

3. Metode Penelitian

Adapun metode dari penelitian ini menggunakan metode *artificial bee colony*.

3.1 Metode Artificial Bee Colony (ABC)

Bentuk representasi metode *artificial bee colony* (ABC) pada subbab 2.5, dalam penentuan titik interkoneksi DG adalah sebagai berikut [2]:

- Menentukan bus generator awal yang akan ditentukan titik interkoneksi maksimumnya.
- Menghitung nilai rugi – rugi jaringan serta aliran daya pada jaringan awal
- Menyimpan data hasil perhitungan.
- Mencari titik bus terdekat dari sumber bus awal yang merupakan jalur penyulang utama.
- Menempatkan titik interkoneksi ke bus yang baru diperoleh.
- Menghitung nilai rugi – rugi jaringan serta aliran daya pada jaringan yang baru (dengan pemasangan interkoneksi DG yang baru).
- Membandingkan hasil yang diperoleh saat ini (recent result) dengan hasil yang diperoleh sebelumnya (initial result), dan memilih kandidat bus terbaik berdasarkan fungsi objective pada Persamaan (10).
- Untuk percabangan penyulang utama, ditugaskan pencarian bus tersendiri dan melakukan perhitungan secara berulang dari proses urutan ke empat sampai proses urutan tujuh.
- Seluruh hasil perhitungan yang telah dipilih berdasarkan proses urutan 7 diseleksi berdasarkan fungsi fitness terbesar sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan fungsi fitness pada Persamaan (11).
- Menampilkan hasil titik interkoneksi.

Tabel 2 menunjukkan analogi antara algoritma ABC dengan proses Penentuan titik interkoneksi DG.

Tabel 2. Analogi metode ABC dengan Penentuan Titik Interkoneksi

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	$\frac{1}{1 + Fungsi\ Objektif}$

3.2 Perubahan Nilai Resistansi dan Reaktansi

Setiap pemindahan interkoneksi dari bus satu ke bus lainnya, perubahan impedansi harus dilakukan pada saluran dari awal bus mencapai titik interkoneksi bus. Dimisalkan R_{new} adalah nilai resistansi baru, dan X_{new} adalah nilai reaktansi baru. R_s dan X_s adalah resistansi sebelumnya dan Reaktansi sebelumnya. R_a dan X_a adalah nilai resistansi awal dan reaktansi awal. L_{new} dan L_s adalah panjang saluran interkoneksi baru dan panjang saluran interkoneksi ke bus sebelumnya. Maka, perubahan panjang penyulang dari sumber interkoneksi awal menuju ke titik interkoneksi baru, dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 12 dan Persamaan 13:

$$R_{new} = R_s + \frac{L_{new}}{L_s} \times R_a \quad (12)$$

$$X_{new} = X_s + \frac{L_{new}}{L_s} \times X_a \quad (13)$$

Sehingga nanti akan diperoleh nilai resistansi dan reaktansi baru pada saluran / penyulang yang akan diinterkoneksi ke titik yang baru.

4. Hasil dan Pembahasan

Proses penentuan titik interkoneksi dimulai dari tahap persiapan data. Data – data yang diproses, diperoleh dari PT. PLN Persero G.I. Pematang Siantar. Adapun data – data yang akan diproses ditampilkan dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Data 42 Bus

Bus	Kode Bus	V	theta	GENERATOR		LOAD	
				MW	MVAR	MW	MVAR
1	1	1	0				
2	3					6.41	3.977
3	3					5.48	3.398
4	3					4.45	2.760
5	3					6.40	3.967
6	3					5.72	3.551
7	3					0.23	0.145
8	3						
9	3					1.03	0.643
10	3						
11	3					1.10	0.685
12	3						
13	3					0.31	0.193

Lanjutan Tabel 3

Bus	Kode Bus	V	theta	GENERATOR		LOAD	
				MW	MVAR	MW	MVAR
14	3					0.51	0.319
15	3						
16	3					0.68	0.422
17	3					0.46	0.289
18	3						
19	3					0.49	0.308
20	3						
21	3						
22	3					0.41	0.254
23	2	1		0.4			
24	2	1		8.5			
25	3						
26	3					0.22	0.136
27	3						
28	3					0.42	0.263
29	3					0.37	0.234
30	3					0.33	0.206
31	3						
32	3					0.29	0.184
33	3						
34	3					0.81	0.504
35	3						
36	3					0.44	0.277
37	3					0.76	0.471
38	3						
39	3					0.21	0.132
40	3						
41	3					1.21	0.750
42	3					0.45	0.284

Tabel 3 merupakan data seluruh bus, dimana tabel diisi berdasarkan variabel yang harus ditentukan seperti yang dijelaskan pada subbab 2.1.

Tabel 4. Data saluran 42 bus

From Bus	To Bus	R	X	B/2	Tap
1	2	0.00236	0.00306	0	1
1	3	0.00236	0.00306	0	1
1	4	0.00236	0.00306	0	1
1	5	0.00236	0.00306	0	1
1	6	0.00236	0.00306	0	1
1	7	0.42525	0.55125	0	1
7	8	0.42525	0.55125	0	1
8	9	0.10868	0.14088	0	1
8	10	0.14175	0.18375	0	1
10	11	0.90963	0.64600	0	1
10	12	0.20318	0.26338	0	1
12	13	0.06703	0.04760	0	1
12	14	0.24098	0.31238	0	1
12	15	0.17010	0.22050	0	1
15	16	0.33513	0.23800	0	1
15	17	0.18900	0.24500	0	1
17	18	0.18900	0.24500	0	1
18	19	0.86468	1.12088	0	1
18	20	0.14175	0.18375	0	1
20	21	0.24098	0.31238	0	1
21	22	3.58800	1.71000	0	1
21	23	0.24098	0.31238	0	1
20	24	0.85050	1.10250	0	1
20	25	0.24098	0.31238	0	1
25	26	0.84260	0.59840	0	1
25	27	1.34663	1.74563	0	1
27	28	0.51540	0.17760	0	1
27	29	1.95423	0.67340	0	1
27	30	2.29800	1.63200	0	1
15	31	0.11813	0.15313	0	1
31	32	0.64260	0.83300	0	1
31	33	0.37800	0.49000	0	1
33	34	1.99718	0.68820	0	1
33	35	0.33075	0.42875	0	1
35	36	1.03080	0.35520	0	1
35	37	4.08025	1.40600	0	1
35	38	0.10395	0.13475	0	1
38	39	1.24085	0.59138	0	1
38	40	0.73710	0.95550	0	1
40	41	3.86550	1.33200	0	1
40	42	0.61898	0.80238	0	1

Dengan menjalankan program menggunakan data Tabel 3 dan Tabel 4, diperoleh nilai objective dan nilai fitness seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.

-----NILAI OBEJCTIF-----			
SCOUT	No Bus	Nilai	Impedansi penyulang ke
	Terpilih	Objective	Titik Interkoneksi (pu)
SCOUT 1	20	2.1530	0.8505 + j 1.4749
SCOUT 2	25	2.4600	1.0915 + j 1.8928
SCOUT 3	31	2.6055	1.4884 + j 2.5810

Gambar 2. Hasil nilai objektif kawat berluas penampang 158 mm²

-----NILAI FUNGSI FITNESS-----			
SCOUT	No Bus	Nilai	
	Terpilih	Fitness	
SCOUT 1	20	0.3172	
SCOUT 2	25	0.2890	
SCOUT 3	31	0.2774	

Berdasarkan pilihan bus di atas, yaitu pada bus 24
Nilai fungsi fitness terbesar yaitu 0.3172

TITIK INTERKONEKSI TERBAIK ADALAH PADA BUS 20

Gambar 3. Hasil nilai fitness kawat berluas penampang 158 mm²

Pada Tabel 5 ditampilkan hasil total rugi – rugi jaringan dan nilai tegangan minimum, dengan faktor ukuran kabel awal, dengan luas penampang 158 mm².

Tabel 5. Hasil rugi – rugi dan tegangan awal

Bus Interkoneksi	V min (pu)	Losses (MW)	Panjang Saluran
20	0.634	2.153	18
18	0.643	2.170	21
17	0.653	2.243	25
15	0.648	2.516	29
12	0.635	2.869	32.6
10	0.604	3.607	36.9
8	0.5904	4.039	39.9
25	0.628	2.460	23.1
27	0.575	5.112	51.6
31	0.652	2.605	31.5
33	0.657	3.149	39.5
35	0.658	3.620	46.5
38	0.653	3.831	48.7

Dari Gambar 3, diperoleh hasil bahwa titik interkoneksi bus terbaik sehingga memperoleh nilai rugi – rugi terkecil adalah pada bus 20. Hasil ini menunjukkan, titik interkoneksi yang dilakukan saat ini. Apabila dengan ukuran kabel yang digunakan adalah 158 mm², perpindahan titik interkoneksi hanya menghasilkan penambahan nilai rugi – rugi.

Oleh karena nilai total rugi – rugi jaringan belum mengecil, maka dilakukan penelitian pemilihan titik interkoneksi sekali lagi, dengan metode yang sama, namun dengan faktor luas penampang kabel yang berukuran sekitar dua kali lebih besar dari luas penampang sebelumnya. Pada hal ini berukuran 377 mm² dan diperoleh hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

-----NILAI OBEJCTIF-----			
SCOUT	No Bus	Nilai	Impedansi penyulang ke
	Terpilih	Objective	Titik Interkoneksi (pu)
SCOUT 1	15	1.7460	0.6452 + j 2.2033
SCOUT 2	25	2.0791	0.5140 + j 1.7550
SCOUT 3	31	1.7699	0.7009 + j 2.3932

Gambar 4. Hasil nilai objektif dengan kawat berluas penampang 377mm²

-----NILAI FUNGSI FITNESS-----			
SCOUT	No Bus	Nilai	
	Terpilih	Fitness	
SCOUT 1	15	0.3642	
SCOUT 2	25	0.3248	
SCOUT 3	31	0.3610	

Berdasarkan pilihan bus di atas, yaitu pada bus 24,
Nilai fungsi fitness terbesar yaitu 0.3642

TITIK INTERKONEKSI TERBAIK ADALAH PADA BUS 15

Gambar 5. Hasil nilai fitness kawat dengan kawat berluas penampang 377mm²

Gambar 5 menunjukkan sebuah titik baru, yaitu pada bus 15 yang menghasilkan nilai rugi – rugi jaringan yang lebih kecil dari nilai rugi – rugi jaringan pada awal mula sebelum ukuran luas penampang kabel diperbesar. Selisih rugi – rugi yang diperoleh adalah 0,47 MW atau sekitar 19 % lebih kecil dari rugi - rugi awal.

Jika ditinjau dari sisi tegangan, diperoleh perbandingan profil tegangan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan profil tegangan antara interkoneksi DG menggunakan kawat berluas penampang 158mm², dengan kawat berluas penampang 377mm²

No	Interkoneksi Bus	Tegangan (pu)			
		0,9 – 1,0	0,8 – 0,9	0,7 – 0,8	< 0,7
1	Pada bus 20 dengan kawat 158 mm ²	33,33 %	45,24 %	19,05 %	2,38 %
2	Pada bus 15 dengan kawat 377 mm ²	35,71 %	47,62 %	14,29 %	2,38 %

Berdasarkan Tabel 6, dapat diketahui bahwa profil tegangan pada level 0,8 pu hingga 1 pu mengalami peningkatan. Sedangkan tegangan pada level tegangan kurang dari 0.8

pu, mengalami penurunan. Hal ini ini menunjukkan bahwa dengan memperbesar ukuran kabel dan menginterkoneksikannya ke lokasi bus 15, menghasilkan profil tegangan yang lebih baik pada jaringan.

Untuk memastikan bahwa titik interkoneksi yang telah diperoleh, dibandingkan hasil perbandingan MATLAB ini, dengan simulasi yang dilakukan dengan software ETAP. Pada Tabel 7 ditampilkan perbandingan hasil interkoneksi antara *software* MATLAB dan ETAP, berdasarkan nilai total rugi – rugi jaringan.

Tabel 7. Perbandingan titik interkoneksi MATLAB vs ETAP berdasarkan rugi – rugi jaringan dengan luas penampang 337mm²

No	Interkoneksi Bus	Panjang saluran ke titik interkoneksi	Rugi – rugi dengan software MATLAB	Rugi – Rugi dengan software ETAP
1	20	18 km	1,8624 MW	2,128 MW
2	18	21 km	1,7945 MW	2,103 MW
3	17	25 km	1,7471 MW	2,080 MW
4	15	29 km	1,7460 MW	2,063 MW
5	12	32,6 km	2,1237 MW	2,145 MW
6	10	36,9 km	2,6986 MW	2,151 MW
7	8	39,9 km	3,2151 MW	2,211 MW
8	25	23,1 km	2,0791 MW	2,752 MW
9	27	51,6 km	3,9229 MW	Not convergen
10	31	31,5 km	1,7699 MW	2,315 MW
11	33	39,5 km	1,9243 MW	3,904 MW
12	35	46,5 km	2,1918 MW	Not convergen
13	38	48,7 km	2,3284 MW	Not convergen

Pada Tabel 7, ditunjukkan bahwa dengan menggunakan software MATLAB maupun ETAP, nilai rugi – rugi terkecil ditunjukkan pada bus yang sama pada masing - masing ukuran kabel.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Peletakan titik interkoneksi yang tepat pada sebuah jaringan, dapat menghasilkan nilai rugi – rugi jaringan yang paling kecil, dan memperbaiki kondisi tegangan.
2. Pada simulasi yang telah dilakukan, untuk memperoleh nilai rugi – rugi jaringan yang lebih kecil, diperoleh titik interkoneksi terbaik pada bus 15 dengan mengubah luas penampang kawat menjadi ± 2 kali lebih besar dari sebelumnya (337 mm²). Bus 15 dalam penelitian ini berada pada lokasi Tanah Jawa, Sumatera Utara.

6. Referensi

- [1] H. S. Seyed Salman Dorkhosh, "Procedure For Optimal Sizing And Locating Distributed Generator According Network Losses And Protection Constraints," *CIREC Workshop*, 2012.
- [2] H. Israfill, "Optimal DG Allocation in DIstribution System Employing Modified Artificial Bee Colony Algorithm to Reduce Losses and Improve Voltage Profile.," IEEE, 2014.
- [3] J. W. D. Stevenson, *Power System Analysis*, New York: McGraw-Hill, Inc, 1984.
- [4] H. Saadat, in *Power System Analysis*, New York, McGraw-Hill Companies, 1999.
- [5] T. Gonen, *ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING*, New York: Inc. Hill, 1986.
- [6] G. A. L. S. Thomas Ackerman, "Distributed Generation : a definition," *ELSEVIER*, p. 3, 2000.
- [7] A. S. Larik, "wikispaces," [Online]. Available: <http://cse659ci.wikispaces.com>. [Accessed 30 Agustus 2014].