

ANALISIS PENGARUH REKONFIGURASI JARINGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH DENGAN *DISTRIBUTED GENERATION* UNTUK MEREDUKSI RUGI DAYA MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*

Ery Badridduja^{*)}, Hermawan, and Susatyo Handoko

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

^{*)}Email: erybadridduja@yahoo.co.id

Abstrak

Pertumbuhan beban pada sistem distribusi harus diikuti suplai daya yang cukup dan handal. Namun, permasalahan yang terjadi pada saat ini adalah bagaimana membangkitkan energi listrik dalam jumlah yang cukup, pendistribusian energi listrik menuju beban dengan meminimalisir rugi rugi daya dan menyalurkan energi listrik yang berkualitas. Untuk mencapai tujuan mengurangi rugi daya, dilakukanlah sebuah rekonfigurasi jaringan distribusi dengan mengalihkan pembebanan dari penyulang yang mengalami kelebihan beban ke penyulang yang kekurangan beban. Pengalihan beban ini memungkinkan setiap penyulang memiliki pembebanan yang merata sehingga jatuh tegangan dapat diminimalisir. Rekonfigurasi jaringan dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti algoritma genetik, kombinasi Fuzzy – GA, Particle Swarm Optimization dan lain lain. Pada penelitian ini digunakan teknik optimasi dengan Particle Swarm Optimization untuk memilih rekonfigurasi yang tepat dengan rugi daya minimal. Sebagai bahan analisis, terdapat dua data uji untuk menentukan nilai rugi daya . Data pertama merupakan data IEEE 33 bus dengan 4 buah distributed generation (DG) yang sudah ditentukan lokasi serta kapasitasnya. Data uji yang kedua merupakan jaringan GI BSB yang terdiri dari lima penyulang dengan 1 DG dengan kapasitas dan lokasi yang sudah ditentukan. Dari kedua data uji tersebut didapatkan penurunan rugi daya sebesar 103 kW pada data IEEE 33 bus sedangkan pada data GI BSB didapatkan penurunan rugi daya sebesar 268 kW.

Kata Kunci : Rekonfigurasi Jaringan, Rugi daya, Teknik Optimasi, Particle Swarm Optimization, Saluran Distribusi, Distributed Generation (DG)

Abstract

An increase of load demands on distribution systems must be followed by the continuity and reability of electrical supply. However, the challenges nowadays are to generate electricity in sufficient quantity, to transmit it to the load efficiently by minimizing losses and deliver it in quality of electricity. To encourage the purpose of reducing losses, reconfiguration of distribution network is carried out by transferring load from overloaded feeders to the light ones. It allows distribution feeders to have balanced loads in order to minimize the voltage drop. Line configuration may be optimized to get the balanced load by several following methods, such as Genetic Algorithms (GA), Combination of Fuzzy and GA, and Particle Swarm Optimization. In this research, Particle Swarm Optimization is used as a method to choose the most right and optimized reconfiguration to minimized power losses. For the case of study, they are 2 sample data used to obtain the regulation value power losses . First, the project lines modeled by using data from 33 bus IEEE test feeder specification with 4 Distributed Generation which their location and capacity have been specified. The next data uses networks data from the specific substation (GI BSB) includes 5 feeders with 1 Distributed Generation. The result show the reduction of power losses from both cases, For IEEE data test the loss reduction is 103 kW, and GI BSB is 268 kW.

Keywords : Line Configuration, Power Losses, Method for Optimization, PSO, Distributed Generation

1. Pendahuluan

Energi Listrik saat ini merupakan kebutuhan primer. Permintaan tenaga listrik semakin meningkat pesat seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi yang pesat mendorong percepatan industrialisasi

dan meningkatkan kebutuhan terhadap peralatan elektronik. Sedangkan energi yang dapat dihasilkan saat ini sangat terbatas. Untuk itu dibutuhkan suatu sistem penyaluran tenaga listrik yang efektif dan efisien sebagai infrastruktur pendukung kemajuan ekonomi dan taraf hidup masyarakat.

Berbagai metode penyaluran energi listrik dikembangkan, salah satunya adalah metode peningkatan efisiensi penyaluran dengan mengurangi rugi – rugi pada saluran distribusi. Rugi – rugi ini berperan cukup signifikan dalam penyediaan sumber energi. Diharapkan dengan metode ini, efisiensi dapat ditingkatkan sesuai standar yang berlaku. Metode yang dilakukan dalam penelitian Abrar Tanjungdkk⁽¹⁾ ialah dengan Metode Konfigurasi jaringan dalam sistem distribusi dilakukan dengan mengubah saklar percabangan (*sectionalizing switches*) untuk meminimalkan rugi-rugi daya dalam sistem distribusi. Konfigurasi optimal dapat dilakukan dengan cara melakukan pemindahan saklar percabangan pada *feeder* sistem distribusi.

Pada penelitian ini dilakukan efisiensi penyaluran daya dengan melakukan rekonfigurasi dengan penambahan DG untuk mereduksi rugi daya pada saluran. Metode yang digunakan adalah *particle swarm optimization*. rekonfigurasi dilakukan dengan mengatur *Load brake Switch (LBS)* dari jarak jauh untuk merubah konfigurasi jaringan.

2. Metode

2.1 Pembuatan Program Simulasi

Perancangan program simulasi pada penelitian ini menggunakan software MATLAB 7.10 (R2010a) dengan metode *Particle Swarm Optimization*. Program simulasi ini dirancang dalam 3 tahap yaitu mengumpulkan data awal, membuat *source code* pada MATLAB dan *interface*, dan Menampilkan hasil berupa 3 kasus yang akan dianalisa yaitu kondisi awal tanpa DG, kondisi awal dengan DG, dan hasil rekonfigurasi dengan DG.

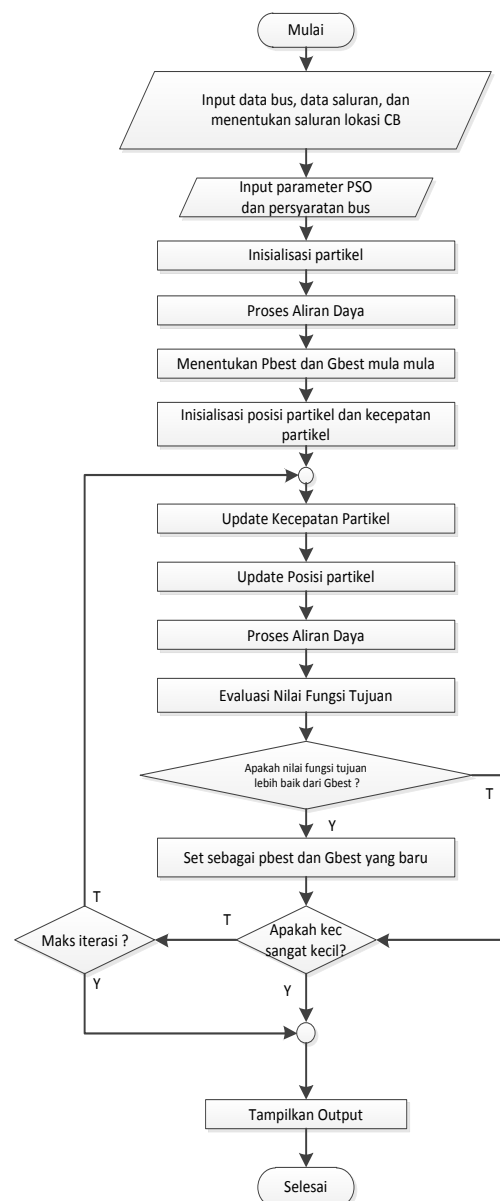
2.1.1 Penginputan Data

Data yang diperlukan adalah data *bus* dan data saluran dari sistem yang akan dianalisis. Data *bus* berupa nomer *bus*, jenis *bus*, magnitude dan sudut tegangan *bus*, beban *bus*, daya aktif, dan daya reaktif pada *slackbus*. Sedangkan data saluran berupa nomer *bus* awal, *bus* tujuan, tahanan saluran dalam satuan per unit, dan reaktansi saluran dalam satuan per unit.

Semua data tersebut merupakan data dasar yang akan dianalisis menggunakan metode aliran daya Newton Raphson sehingga di ketahui kondisi awal sebelum rekonfigurasi jaringan tanpa DG dan kondisi awal sebelum rekonfigurasi jaringan dengan DG. Pada bagian rekonfigurasi dengan optimasi, data saluran perlu ditentukan lokasi DS yang terpasang terlebih dahulu pada sistem karena saluran ini akan diibaratkan sebagai DS pada sistem. Selanjutnya untuk memulai proses optimasi diperlukan kandidat saluran yang menjadi lokasi dari DS yang akan dioptimasi. Saluran yang mewakili DS diletakkan di bagian atas data saluran untuk

mempermudah inisialisasi partikel. dan hasil rekonfigurasi dengan DG.

Pada proses optimasi diperlukan beberapa parameter pembatas berupa parameter pada *Particle Swarm Optimization (PSO)* dan persyaratan sistem yang ditetapkan. Parameter *Particle Swarm Optimization* yang dimaksud adalah ukuran *swarm*, iterasi maksimal, nilai *learning rates*, θ_{min} dan θ_{max} . Nilai nilai tersebut akan mempengaruhi waktu yang dibutuhkan dalam proses optimasi dan ketelitian keluaran yang dihasilkan pada proses optimasi. Berikut ini adalah diagram alir program rekonfigurasi jaringan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*.



Gambar 1. Diagram alir PSO

2.1.2 Proses optimasi

Pada tahap ini dilakukan pembentukan partikel dengan membangkitkan *switch (LBS)* secara acak dengan metode random permutasi. Random permutasi adalah random yang bersifat tanpa memperhatikan susunan penyusunnya. Pada tahap ini akan dibangkitkan 5 *switch (LBS)* yang berstatus close dari 10 *switch (LBS)* yang ada. Susunan 5 *switch (LBS)* ini akan dikenal sebagai partikel dengan jumlah tertentu sesuai kebutuhan. Adapun listing program untuk posisi partikel adalah sebagai berikut :

```
cthrandom=randperm(10);
```

Perintah `cthrandom=randperm(10)` akan menghasilkan sebuah matriks dua dimensi yang berisi 10 *switch (LBS)* yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam program ini di sepakati bahwa *switch (LBS)* 1 sampai dengan *switch (LBS)* 5 berstatus close dan *switch (LBS)* 6 sampai dengan *switch (LBS)* 10 berstatus open. Semua partikel yang terbentuk akan di seleksi dengan parameter radial. Parameter radial diterapkan dengan cara memberi batasan pada *switch (LBS)* yang terpilih di bagian *switch (LBS)* 1 sampai dengan *switch (LBS)* 5. Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan perhitungan pada saat evaluasi partikel.

Nilai kecepatan dari setiap partikel pada iterasi awal di tetapkan sebagai kecepatan awal yang di asumsikan dengan bilangan random.^[7] Hal ini dimaksudkan untuk membuat iterasi selanjutnya dapat dijalankan dengan kecepatan awal yang dibentuk dengan rentang nilai 0 sampai dengan 1. Adapun listing program yang digunakan adalah :

```
v=rand(mm,1);
```

2.1.3 Fungsi Tujuan

Dalam penelitian ini, *Power Sistem Toolbox*^[4] digunakan sebagai alat bantu dan perhitungan aliran daya yang menggunakan metode *NewtonRaphson*. Langkah yang pertama-tama dilakukan adalah menentukan variabel *base MVA*, akurasi, dan jumlah iterasi maksimum sesuai dengan kebutuhan. Lalu memasukkan data dari tiap-tiap bus dan saluran dari hasil *random* partikel dengan menampilkannya dalam bentuk matriks dan disesuaikan dengan format dari *Power Sistem Toolbox*. Perhitungan aliran daya dilakukan dengan memasukkan senarai program sebagai berikut :

```
Lfybus%form the bus admittance matrix
Lfnewton %load flow by newton raphson
Busout %Prints the power flow solution
Lineflow %computes line flow and losses
```

Rugi rugi yang dihasilkan dapat digambarkan melalui persamaan di bawah ini :

$$\text{Min}P_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^n |I_i|^2 R_i \quad i \in N \quad (2.1)$$

Dimana :

P_{loss} = rugi daya pada saluran (Watt)

i = saluran ke i

I_i = arus saluran ke i (A)

R_i = tahanan saluran ke i (ohm)

Dengan meminimumkan fungsi tujuan seperti persamaan diatas maka akan didapatkan rugi daya minimum dengan rekonfigurasi yang optimal. Syarat utama dalam rekonfigurasi yang harus terpenuhi adalah memenuhi batas- batas tegangan sesuai standar kualitas daya dan arus penyulang dibawah arus maksimal kawat saluran yang sudah ditentukan pada tiap bus, yaitu^[3] :

a) Tegangan (V_m)

$$V_{\text{min}} \leq V_m \leq V_{\text{max}}$$

b) Arus maksimal penyulang (I_{max})

$$I \leq I_{\text{max}}$$

2.1.4 Update kecepatan dan Posisi

Kecepatan dan posisi dari setiap partikel akan diubah mendekati nilai terbaik dari fungsi tujuan yang didapat dari proses sebelumnya. Hal ini dimaksudkan agar sekawanan partikel menuju satu hasil nilai yang terbaik. Adapun listing program yang digunakan adalah:

```
v(k,:) =rho(it).*v(k,)+C1*r1.*
(pbestfix(k,)-xx(k,))
+C2*r2.*(Gbest-xx(k,));
```

```
x(j,k)=x(j,k)+v(j,k);
```

2.1.5 Proses Aliran Daya

Pada tahap proses aliran daya *pbest* yang sudah di *Update* dengan menggunakan kecepatan akan di hitung dengan fungsi aliran daya *newton raphson* sehingga di dapat nilai fungsi tujuan yang baru. Pada penelitian ini hasil dari fungsi tujuan ini dilambangkan dengan 'xx'. Simbol 'xx' ini merupakan symbol posisi yang berupa rugi daya pada saluran distribusi. Nilai rugi daya tersebut didefinisikan sebagai posisi partikel yang baru. Pada proses ini pula nilai fungsi objektif berupa tegangan dan arus dihitung melalui aliran daya.

2.1.6 Evaluasi Fungsi tujuan

Setiap partikel yang sudah mengalami perubahan posisi dan kecepatan pada proses sebelumnya akan dievaluasi untuk menentukan fungsi tujuan. Partikel yang memiliki nilai fungsi tujuan terbaik akan dijadikan *fbest*. Menentukan *Gbest* terbaik didapatkan dengan membandingkan *fbest* yang didapat dari evaluasi saat ini dengan *Gbest* pada iterasi sebelumnya. *fbest* yang lebih baik dari *Gbest* sebelumnya akan di jadikan *Gbest* terbaru sebaliknya jika *fbest* yang di dapat tidak lebih baik dari *Gbest* sebelumnya maka *Gbest* masih tetap mengacu pada *Gbest* sebelumnya. Adapun listing program untuk

mengUpdate Gbest pada proses ini adalah sebagai berikut :

```

changerow = ff < Gbest;
fbest=fbest.*(1-changerow)+ff.*changerow;
pbestfix(find(changerow),:)=xx(find(changerow),:);
[minff,idk] = min(xx);
minfftot = [minfftot;minff];
Gbest=fbest;
    
```

2.1.7 Stopping Criteria

Stopping criteria pada iterasi untuk metode Particle Swarm Optimization memiliki 2 cara.

1. Mengecek nilai dari selisih solusi iterasi saat ini dengan solusi iterasi yang sebelumnya. Selisih solusi pada metode Particle Swarm Optimization pada penelitian ini berupa kecepatan partikel yang berupa selisih antara posisi sekarang dan posisi sebelumnya.
2. Tercapainya batas iterasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Cara ini digunakan untuk mengakhiri iterasi saat nilai fungsi berada pada kondisi apapun.

a. Hasil Optimasi

Setelah diperoleh nilai optimasi rekonfigurasi dengan metode Particle Swarm Optimization maka akan didapat rugi daya aktif dan reaktif. Sesuai dengan fungsi obyektif maka didapatkan pula nilai tegangan tiap bus dengan satuan pu. Hasil keluaran yang lain berupa rekonfigurasi jaringan baru yang optimal. Rekonfigurasi tersebut akan berdampak pada tegangan sistem dan rugi daya sistem yang lebih kecil.

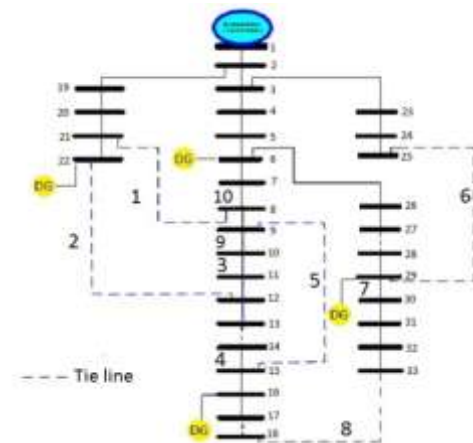
3. Hasil dan Analisis

3.1 Studi Kasus I (Sistem 33bus)^[7]

3.1.1 Kondisi Jaringan

Data yang digunakan pada pengujian ini adalah data 33busIEEEradial distribution sistem. Terdapat 33 bus dengan beban dan 37 saluran dengan tahanan (R) dan (X) tiap saluran berdasarkan data 33 bus IEEE. Terdapat pula empat buah distributed generation (DG) dengan lokasi seperti tabel 3.1. Pada gambar di bawah dapat diketahui struktur jaringan dan lokasi penempatan DG berdasarkan data uji dari Wardiah Mohd Dahalan Dkk^[7]. Adapun struktur dan karakteristik jaringannya adalah sebagai berikut :

- MVA base = 100 MVA
- Tegangan Kerja = 12,66 kV
- Jumlah Bus = 33
- Jumlah line = 32
- Tie line = 5



Gambar 2. Jaringan distribusi 33 bus

Tabel 1. Data lokasi dan kapasitas DG^[7]

No DG	Lokasi bus	Kapasitas DG (MW)
1	6	1,0038
2	16	0,9004
3	22	0,5167
4	29	1,5726
Kapasitas total DG		3,9935

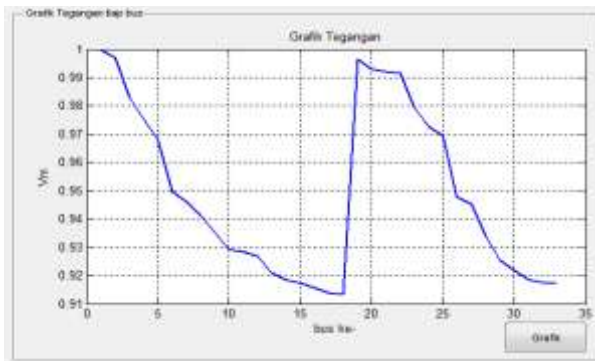
3.1.2 Kasus 1 (Rekonfigurasi Awal Tanpa DG)

Rekonfigurasi awal adalah keadaan sistem distribusi 33 bus tanpa perubahan rekonfigurasi, pemasangan DG, dan optimasi rekonfigurasi jaringan. kondisi ini ditetapkan sebagai kondisi pembandingan saat jaringan tersebut dipasang Distributed Generation (DG) atau dioptimasi dengan menggunakan PSO. Pada kasus ini lima tie line diposisikan sebagai saluran yang terbuka sehingga di definisikan sebagai open switch (LBS). Adapun hasil simulasinya adalah :

Tabel 2. Data hasil simulasi kasus 1 sistem 33 bus

Profil tegangan (pu)		Rugi Daya		Rugi daya total (%)
Minimum	maximum	P(MW)	Q(MVAR)	
0,9131	0,997	0,202	0,135	5,28

Tabel 2 merupakan hasil simulasi program rekonfigurasi jaringan. Hasil simulasi di atas adalah hasil perhitungan kondisi awal sistem 33 bus tanpa DG pada kondisi awal. Dari hasil simulasi didapatkan rugi daya 0,202 MW dan 5,28 % dari kapasitas total pembangkitan pada GI. Berdasarkan nilai susut jaringan pada RUPTL^[5], pada tahun 2010 susut jaringan diketahui sebesar 7,09 % maka jika suatu jaringan berada pada nilai dibawah 7,09 % maka dapat dianggap memenuhi standar kualitas SPLN 1 : 1995^[6]. Sedangkan dari sisi tegangan, hasil simulasi menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu tegangan minimal sebesar 0,9131 pu dan tegangan maksimal sebesar 0,997 pu seperti gambar 3.



Gambar 3. Grafik tegangan simulasi kasus 1 sistem 33 bus

Tegangan hasil simulasi sudah memenuhi standar berdasarkan SPLN 1 : 1995^[6]. Menurut SPLN 1:1995 tegangan standar pada suatu sistem adalah -10% dan + 5% dari tegangan kerja. Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa tegangan dari data uji sistem 33 bus sudah memenuhi standar SPLN. Maka parameter tegangan pada data uji ini bukan suatu tujuan utama dalam PENELITIAN ini karena pada dasarnya sistem ini sudah memenuhi standar. Data uji ini digunakan sebagai data awal sebelum dipasang distributed generation (DG) sehingga dapat diketahui efek dari pemasangan DG terhadap rugi daya dan profil tegangan pada tiap bus.

3.1.3 Kasus 2 (Rekonfigurasi Awal dengan DG)

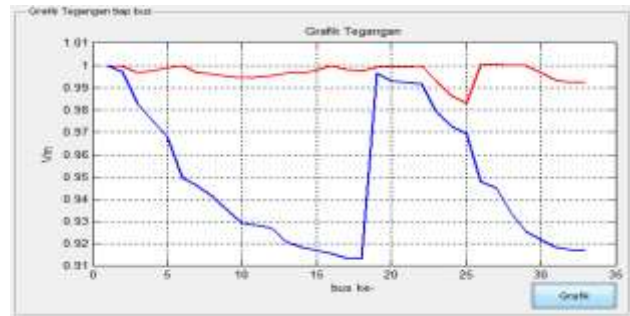
Pada kasus 2 yaitu rekonfigurasi awal dengan DG digunakan data dan struktur pada sub bab sebelumnya yaitu keadaan awal tanpa DG. Pada data tersebut dilakukan pemasangan DG pada busbus yang sudah ditentukan yaitu bus 6, 16, 22, dan 29 dengan kapasitas seperti pada tabel 1. Dari data tersebut akan diketahui seberapa besar pengaruh pemasangan DG pada rugi daya dan penurunan profil tegangan. Adapun hasil simulasi kasus 2 sebagai berikut :

Tabel 3. Data hasil simulasi kasus 2 sistem 33 bus

Profil tegangan (pu)		Rugi Daya		Rugi daya total (%)
Minimum	maximum	P(MW)	Q(MVAR)	
0,9833	1,0005	0,105	0,077	2,89

Dari hasil simulasi didapatkan rugi daya 0,105 MW dan 0,077 MVAR dan 2,89 % dari kapasitas total pembangkitan pada GI. Berdasarkan nilai hasil simulasi didapat susut jaringan sebesar 2,89 % sehingga masih dianggap sesuai standar PLN yaitu di bawah 7,09 %. Dari kasus sebelumnya yaitu kasus 1, terdapat perbaikan rugi daya sebesar 2,39 % dari kasus 1 sebelumnya 5,28 % menjadi kasus 2 setelah pemasangan DG sebesar 2,89 %. Dari hasil simulasi pada kasus 2 dapat diketahui bahwa penambahan DG pada sistem terbukti mengurangi rugi daya cukup signifikan sehingga dapat menjadi sebuah

acuan dalam memperbaiki rugi daya pada sistem distribusi.



Gambar 4. grafik perbandingan tegangan kasus 1 dan kasus 2 sistem 33 bus

Dari gambar 4 dapat diketahui bahwa peningkatan tegangan terjadi pada grafik berwarna merah dibandingkan dengan grafik berwarna biru. Grafik berwarna merah merupakan grafik kasus 2 yaitu kondisi awal tanpa rekonfigurasi dengan penambahan DG. Grafik berwarna biru adalah grafik kondisi awal tanpa rekonfigurasi tanpa penambahan DG. Hasil simulasi menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu tegangan minimal sebesar 0,9833 pu dan tegangan maksimal sebesar 1,0005 pu seperti gambar 4 pada grafik merah. Dari hasil simulasi terlihat ada perbaikan profil tegangan dari tegangan minimum 0.9131 pu menjadi 0,9833 pu. Tegangan maksimum meningkat dari 0,997 pu menjadi 1,0005 pu. Hal ini membuktikan bahwa penempatan DG berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kualitas tegangan pada sistem distribusi seperti yang ditunjukkan pada hasil simulasi diatas.

3.1.4 Kasus 3 (Optimasi Rekonfigurasi Jaringan)

Pada kasus 3 yaitu optimasi rekonfigurasi dengan DG digunakan data dan struktur kasus 2 yaitu rekonfigurasi awal dengan DG. Pada data tersebut dilakukan rekonfigurasi dengan menggunakan PSO. Dari data tersebut akan diketahui seberapa besar pengaruh pemasangan DG pada rugi daya dan penurunan profil tegangan. Adapun hasil simulasi kasus 3 sebagai berikut :

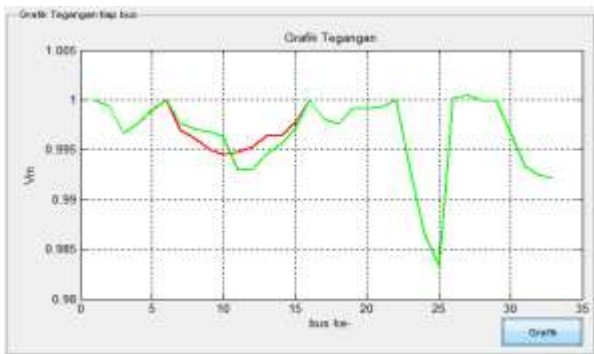
Tabel 4. Data hasil simulasi kasus 2 sistem 33 bus

Profil tegangan (pu)		Rugi Daya		Rugi daya total (%)
Minimum	maximum	P(MW)	Q(MVAR)	
0,9833	1,0005	0,099	0,072	2,73

Dari hasil simulasi didapatkan rugi daya 0,099 MW dan 0,072 MVAR dan 2,73 % dari kapasitas total pembangkitan pada GI. Berdasarkan nilai hasil simulasi didapat susut jaringan sebesar 2,73 % sehingga masih dianggap sesuai standar PLN. Dari kasus sebelumnya yaitu kasus 2, terdapat perbaikan rugi daya sebesar 0,15 % dari kasus 2 sebelumnya 2,89 % menjadi kasus 3 setelah direkonfigurasi dengan PSO sebesar 2,73 %. Dari

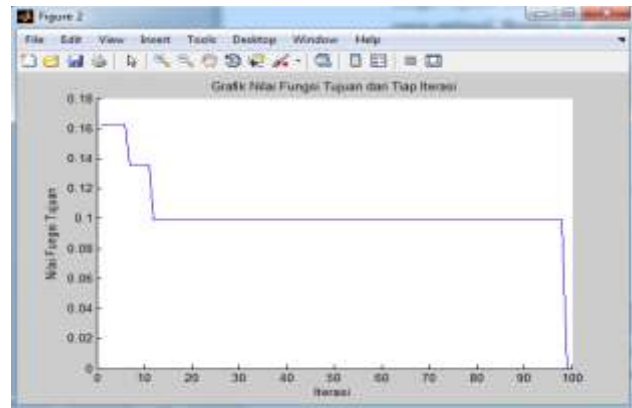
hasil simulasi pada kasus 3 dapat diketahui bahwa Optimasi Rekonfigurasi Jaringan Dengan PSO pada sistem terbukti mengurangi rugi daya walaupun tidak signifikan. Hal ini disebabkan pada kasus 2 yang menjadi data utama pada kasus 3 telah memiliki rugi daya yang cukup baik yaitu 2,89 % Sehingga rekonfigurasi tidak dapat mengurangi rugi secara signifikan.

Sedangkan dari sisi tegangan, hasil simulasi menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu tegangan minimal sebesar 0,9833 pu dan tegangan maksimal sebesar 1,0005 pu seperti gambar 5. Profil tegangan dapat terlihat secara jelas pada grafik di bawah ini :



Gambar 5. grafik tegangan kasus 2 dan kasus 3 sistem 33 bus

Dari gambar 5 diketahui bahwa Grafik berwarna merah merupakan grafik kasus 2 yaitu kondisi awal tanpa rekonfigurasi dengan penambahan DG. Grafik berwarna hijau adalah grafik simulasi optimasi rekonfigurasi dengan PSO. Kedua grafik memiliki tegangan minimal dan maksimal yang sama namun terdapat perbedaan profil tegangan pada daerah antara bus 6 dan bus 16. Hal ini dikarenakan pada daerah tersebut mengalami rekonfigurasi sedangkan pada bus yang lain tidak mengalami rekonfigurasi. Perubahan rekonfigurasi pada daerah antara bus 6 dan bus 16 menyebabkan perubahan rugi daya sebesar 0,006 MW. Perubahan tegangan pada daerah antara bus 6 dan bus 16 ini merupakan faktor utama penyebab menurunnya rugi daya pada sistem.



Gambar 6 Grafik nilai fungsi tujuan dari tiap iterasi kasus 3 sistem 33 bus

Selama proses optimasi berlangsung maka akan muncul grafik nilai fungsi tujuan tiap iterasi. Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa sistem mencapai konvergen sebelum iterasi maksimum (iterasi maksimum = 99) , yaitu pada iterasi ke-14 dengan nilai fitness yang minimum sebesar 0,099 MW dan 0,072 MVAR.

3.1.5 Perbandingan Hasil Uji

Hasil optimasi yang telah didapat akan dibandingkan dengan hasil penelitian yang sudah ada dengan sistem jaringan yang sama namun berbeda program simulasi. Perbandingan yang digunakan adalah penelitian yang dilakukan oleh Wardiah Mohd Dahalan dkk^[7]. Dari penelitian tersebut didapat data sebanyak 3 kasus yaitu kondisi awal tanpa DG, kondisi awal dengan DG, dan rekonfigurasi jaringan dengan 4 buah DG yang telah ditentukan lokasi dan kapasitasnya. Dalam tabel 5 penelitian oleh Wardiah Mohd Dahalan dkk^[7], disebut sebagai penelitian 1 dan hasil dari penelitian penulis disebut penelitian 2. Adapun perbandingan hasil kedua penelitian dapat dibandingkan dalam tabel 5 berikut ini :

Tabel 5. Hasil Penelitian 1

Kasus	Switch (DS) Terbuka						P (kW)	iterasi
	S1	S2	S3	S1	S2	S3		
1	1	5	2	8	6	202,3	-	
2	1	5	2	8	6	105,1	-	
3	1	3	4	7	6	98,6	61	

Tabel 6. Hasil Penelitian 2

Kasus	Switch (DS) Terbuka						P (kW)	iterasi
	S1	S2	S3	S1	S2	S3		
1	1	5	2	8	6	202	-	
2	1	5	2	8	6	105	-	
3	1	2	3	6	8	99	14	

Penelitian 1 : Penelitian oleh Wardiah Mohd Dahalan dkk^[7]

Penelitian 2 : Penelitian penulis

Pada tabel 5 dan tabel 6 di atas dapat dilihat bahwa hasil penelitian 1 dan penelitian 2 pada kasus 1 dan 2 tidak jauh berbeda. Pada kasus 1 kedua penelitian mendekati nilai yang sama yaitu 202,3 kW. Begitu pula pada kasus 2, hanya terdapat sedikit perbedaan antara penelitian 1 dan penelitian 2 yaitu 105,1 kW pada penelitian 1 dan 105 kW pada penelitian 2.

Pada status *switch (LBS)* terbuka, kedua penelitian memiliki hasil yang sama pada kasus 1 dan kasus 2. Hal ini dapat terlihat pada tabel 6 terdapat nomer *switch (LBS)* yang terbuka atau *normally open* berdasarkan struktur jaringan yang digambarkan pada gambar 4.12. Terdapat 10 *switch (LBS)* pada gambar 4.12 yang digunakan dalam optimasi menggunakan PSO. Pada kasus 3 kedua penelitian memiliki hasil yang hampir sama yaitu 98,6 kW pada penelitian 1 dan 99 kW pada penelitian 2. Namun terdapat perbedaan pada status *switch (LBS)* antara kedua penelitian tersebut dimana dari 5 *switch (LBS)* yang terbuka memiliki 3 *switch (LBS)* yang berbeda sedangkan 2 *switch (LBS)* yang lain memiliki status yang sama yaitu *switch (LBS)* 9 dan 10.

3.2 Studi Kasus 2 (Sistem GI BSB)

3.2.1 Kasus 1 (Rekonfigurasi Awal Tanpa DG)

Rekonfigurasi awal adalah keadaan *existing* jaringan distribusi GI BSB tanpa perubahan rekonfigurasi, pemasangan DG, dan optimasi rekonfigurasi jaringan. seperti pada Gambar 4.13. Kondisi ini ditetapkan sebagai kondisi pembandingan saat jaringan tersebut dipasang *distributed generation (DG)* atau dioptimasi dengan menggunakan PSO. Pada kasus ini lima DS diposisikan sebagai *normally open* sehingga di definisikan sebagai *open switch*. Dari hasil simulasi didapatkan rugi daya 0,429 MW dan 1,01 MVAR. Dari hasil tersebut didapat rugi daya total sebesar 1,01 MVA dan jika dibandingkan dengan kapasitas total sebesar 20,627 MVA maka setara 5,31 % dari kapasitas total pembangkitan pada GI. Sedangkan dari sisi tegangan, hasil simulasi menunjukkan hasil yang kurang baik yaitu tegangan minimal sebesar 0,8932 pu dan tegangan maksimal sebesar 0,9986 pu seperti Gambar 7. Adapun hasil simulasi kasus 3 seperti Tabel 7 :

Tabel 7. Data hasil simulasi kasus 2 sistem 33 bus

Profil tegangan (pu)		Rugi Daya		Rugi daya total (%)
Minimum	maximum	P(MW)	Q(MVAR)	
0,8932	0,9986	0,429	1,01	5,31



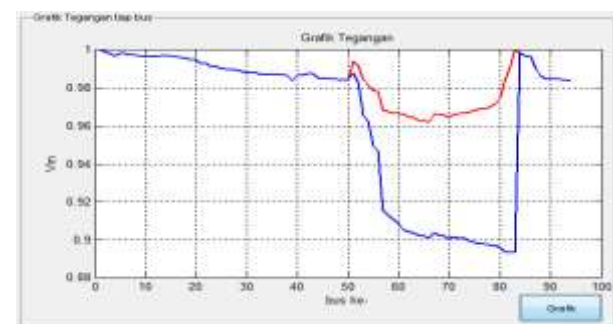
Gambar 7. Grafik tegangan simulasi kasus 1 GI BSB

3.2.2 Kasus 2 (Rekonfigurasi Awal dengan DG)

Pada kasus 2 yaitu rekonfigurasi awal dengan DG digunakan data dan struktur pada sub bab sebelumnya yaitu keadaan awal tanpa DG. Pada data tersebut dilakukan pemasangan DG pada bus bus yang sudah ditentukan yaitu pada ujung jaringan penyulang 4 dengan kapasitas 2,5 MW. Dari hasil simulasi didapatkan rugi daya 0,190 MW dan 0,445 MVAR. Dari hasil tersebut didapat rugi daya total sebesar 0,484 MVA dan jika dibandingkan dengan kapasitas total sebesar 20,119 MVA maka setara 2,41 % dari kapasitas total pembangkitan pada GI BSB. Berdasarkan nilai hasil simulasi didapat susut jaringan sebesar 2,41 %. Sedangkan dari sisi tegangan, hasil simulasi menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu tegangan minimal sebesar 0,9618 pu dan tegangan maksimal sebesar 0,9989 pu seperti pada Gambar 8. Data hasil simulasi kasus 2 secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini :

Tabel 8. Data hasil simulasi kasus 2 sistem 33 bus

Profil tegangan (pu)		Rugi Daya		Rugi daya total (%)
Minimum	maximum	P(MW)	Q(MVAR)	
0,9618	0,9989	0,190	0,455	2,41



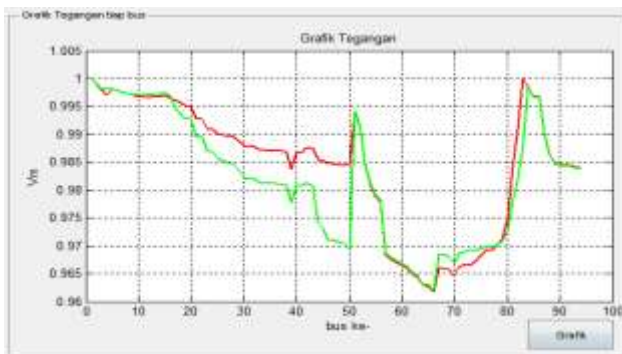
Gambar 8. Grafik tegangan kasus 1 dan kasus 2

Grafik berwarna merah merupakan grafik kasus 2 yaitu kondisi awal tanpa rekonfigurasi dengan penambahan DG. Grafik berwarna biru adalah grafik kondisi awal tanpa rekonfigurasi tanpa penambahan DG. Grafik kasus 2 yaitu grafik berwarna merah memiliki 1 titik puncak

yang memiliki tegangan 1 pu. Titik ini merupakan titik bus yang dipasangi PT yaitu bus 82.

3.2.3 Kasus 3 (Optimasi Rekonfigurasi Jaringan GI BSB)

Pada kasus 3 yaitu optimasi rekonfigurasi dengan DG digunakan data dan struktur kasus 2 yaitu rekonfigurasi awal dengan DG. Pada data tersebut dilakukan rekonfigurasi dengan menggunakan PSO. Pada Awalnya parameter PSO seperti ukuran *swarm*, iterasi maksimal, nilai *learning rates*(C1 dan C2), θ_{min} dan θ_{max} ditetapkan terlebih dahulu. Kemudian ditentukan syarat jaringan seperti tegangan berdasarkan standar PLN dan arus maksimal pada penyulang. Kemudian program simulasi rekonfigurasi jaringan dijalankan. Hasil simulasi tersebut berupa rugi daya aktif dalam satuan MW, daya reaktif dalam satuan MVAR, rugi daya total dalam satuan MVA, dan persentase rugi daya total dalam satuan persen. Dari hasil simulasi didapatkan rugi daya 0,161 MW dan 0,378 MVAR. Dari hasil tersebut didapat rugi daya total sebesar 0,4108 MVA dan jika dibandingkan dengan kapasitas total sebesar 20,058 MVA maka setara 2,05 % dari kapasitas total pembangkitan pada GI. Berdasarkan nilai hasil simulasi didapat susut jaringan sebesar 2,05 %. Hasil simulasi dari sisi tegangan menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu tegangan minimal sebesar 0,9618 pu dan tegangan maksimal sebesar 0,9989 pu seperti Gambar 9.



Gambar 9 Grafik perbandingan tegangan kasus 2 dan kasus 3

Dari Gambar 9 dapat diketahui bahwa perubahan tegangan terjadi pada beberapa bus. Grafik berwarna merah merupakan grafik kasus 2 yaitu kondisi awal tanpa rekonfigurasi dengan penambahan DG. Grafik berwarna hijau adalah grafik simulasi optimasi rekonfigurasi dengan PSO. Kedua grafik memiliki tegangan minimal dan maksimal yang sama namun terdapat perbedaan profil tegangan pada daerah antara bus 15 sampai dengan bus 50 dan bus 67 sampai dengan bus 84

Dari kasus sebelumnya yaitu kasus 2, terdapat perbaikan rugi daya sebesar 0,36 % dari kasus 2 sebelumnya 2,41 % menjadi kasus 3 setelah direkonfigurasi dengan PSO sebesar 2,05 %. Dari hasil simulasi pada kasus 3 dapat

diketahui bahwa optimasi rekonfigurasi jaringan dengan PSO pada sistem terbukti mengurangi rugi daya walaupun tidak signifikan. Hal ini disebabkan pada kasus 2 yang menjadi data utama pada kasus 3 telah memiliki rugi daya yang cukup baik yaitu 2,41 % sehingga rekonfigurasi tidak dapat mengurangi rugi secara signifikan. Rekonfigurasi yang optimal adalah menutupnya *switch* pada DS 2,4,6,7, dan 10. Data hasil simulasi kasus 2 secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini :

Tabel 9. Data hasil simulasi kasus 2 sistem 33 bus

Profil tegangan (pu)		Rugi Daya		Rugi daya total (%)
Minimum	maximum	P(MW)	Q(MVAR)	
0,9618	0,9989	0,161	0,378	2,05

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa pemerataan beban antara penyulang satu dengan yang lain sehingga berimbas pada perbaikan profil tegangan pada setiap titik bus. Perbaikan profil tegangan menjadi faktor utama penyebab menurunnya rugi daya pada saluran. Penambahan *distributed generation* berdampak langsung terhadap perbaikan profil tegangan dan menurunkan rugi daya. Pemerataan beban ini merupakan hasil rekonfigurasi yaitu pemindahan beban pada daerah antara bus 8 dan bus 16 dari yang sebelumnya disuplai oleh aliran daya dari arah bus 8 beralih menjadi disuplai dari *tie line* 2 sehingga terjadi perubahan aliran daya yang berakibat berubahnya profil tegangan pada daerah antara bus 8 dan bus 16 sedangkan pada bus yang lain tidak mengalami rekonfigurasi sehingga tidak mengalami perubahan profil tegangan dari kasus 2. Pada hasil simulasi didapat rugi daya pada jaringan dengan penambahan DG sebesar 105 kW dan 77 kVAR dengan rugi daya total 2,89 %. Sedangkan hasil rekonfigurasi dan penambahan DG sebesar 99 kW dan 72 kVAR dengan *switch closed* pada bus 4,5,7,9, dan 10 dan rugi daya total 2,73 %. Terdapat sedikit penurunan rugi daya sebesar 6 kW dan 5 kVAR. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan cara Pembuatan program dilakukan dengan kasus yang lebih kompleks yaitu menentukan kapasitas DG, lokasi DG, dan rekonfigurasi secara bersamaan dan Perlu dikembangkan berbagai jenis teknik optimasi lain untuk meneliti kasus rekonfigurasi jaringan dengan karakteristik teknik optimasi yang berbeda.

Referensi

- [1]. Tanjung, Abrar. Ontosenno Penangsang, dan Adi Suprijanto, "Rekonfigurasi Sistem Distribusi Untuk Mengatasi Beban Lebih Dan Meminimalkan Rugi-Rugi Pada Jaring Distribusi Menggunakan Metode Heuristik Algoritma", Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember 2007.
- [2]. Erviana, Mira. 2012 "Optimasi Penempatan Dan Kapasitas Kapasitor Bank Pada Sistem Distribusi Untuk Mereduksi Rugi Daya Menggunakan Particle Swarm Optimization", Semarang : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- [3]. Santosa, Budi dan Paul Willy. 2011 "Metode Metaheuristik Konsep dan Implementasi". Surabaya: Guna Widya.
- [4]. Saadat, Hadi. 1999. "Power Sistem Analysis" Singapura : McGraw-hill.
- [5]. PT PLN (Persero), *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2011-2020*, <http://www.pln.co.id/dataweb/RUPTL/RUPTL%202011-2020-2.pdf>, September 2012.
- [6]. ---, *SPLN 1 : 1995, Tegangan-tegangan Standar*, PT. PLN (Persero), Jakarta, 1995.
- [7]. Dahalan, Wardiah Mohd dan Hazlie Mokhlis. "Network Reconfiguration for Loss Reduction with adistributed Generations Using PSO" IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), 2-5 December 2012, Kota Kinabalu Sabah, Malaysia.
- [8]. Stevenson, William D. Jr 1996. "Analisis Sisten Tenaga Listrik". Erlangga.
- [9]. Gonen, Turan, *Electric Power Distribution Sistem Engineering*, McGraw-Hill, Inc., New York, 1986.
- [10]. Fayyadl, Muhammad, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik Dengan Metode Algoritma Genetika", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro., 2006.
- [11]. Jayawardana, Pradana Putradewa, *Analisis Pengaruh Penempatan Distributed Generation Terhadap Kestabilan Tegangan Pada Sistem Distribusi*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. 2012