

Rekonfigurasi Jaringan Radial Distribusi Tenaga Listrik Penyulang Suryaagraha Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)

¹ Diana Mulya Dewi, ² Nuzul Hikmah, ³ Imam Marzuki, ⁴ Ahmad Izzuddin

^{1,2,3,4} Teknik Elektro, Universitas Panca Marga, Probolinggo

¹ dianamdewi71@gmail.com, ² n.hikmah1807@upm.ac.id, ³ imam@upm.ac.id, ⁴ ahmad.izzuddin@upm.ac.id

Article Info

Article history:

Received March 19th, 2020

Revised April 15th, 2020

Accepted Mei 9th, 2020

Keyword:

BPSO

Radial Distribution

Artificial intelligence

PSO

Reconfiguration

ABSTRACT

. A radial distribution electrical network at a certain distance will have a large voltage loss due to conductive losses, especially at the end point. The tip voltage is determined by the distance of the distribution and the amount of load. The form of configuration also affects the amount of power loss and voltage loss. So that a good configuration is needed in order to obtain good efficiency. Reconfiguration of the distribution network is used to reset the network configuration form by opening and closing switches on the distribution network. Reconfiguration is expected to reduce power losses and improve distribution system reliability. Many feeders and buses on the network if calculated manually will be difficult and require a very long time. So it is necessary to solve problems using program assistance. In this case, use Particle Swarm Optimization (PSO). Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm based on the behavior of a herd of insects, such as ants, termites, bees or birds. BPSO is a development of the PSO algorithm designed to solve the optimization problem in a discrete combination, where the particle takes the value of binary vectors with length n and speed which is defined as the probability of x_n bits to reach value 1. The results show a significant reduction in losses .

Copyright © 2020 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Abstrak —Jaringan listrik distribusi radial pada jarak tertentu akan terjadi rugi tegangan yang cukup besar akibat losses penghantar terutama pada titik ujungnya. Besar tegangan ujung ditentukan oleh jarak penyaluran dan besar beban. Bentuk konfigurasi juga mempengaruhi besarnya rugi daya dan rugi tegangan. Sehingga diperlukan konfigurasi yang baik agar diperoleh efisiensi yang baik. Rekonfigurasi jaringan distribusi digunakan untuk mengatur ulang bentuk konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup switch pada jaringan distribusi. Rekonfigurasi diharapkan dapat mengurangi rugi-rugi daya dan meningkatkan keandalan sistem distribusi. Banyak feeder dan bus pada jaringan jika dihitung secara manual akan sulit dan memerlukan waktu yang sangat lama. Sehingga diperlukan penyelesaian permasalahan menggunakan bantuan program. Dalam hal ini menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO). Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) yang didasarkan pada perilaku sebuah kawanan serangga, seperti semut, rayap, lebah atau burung. BPSO merupakan pengembangan dari algoritma PSO yang didisain untuk menyelesaikan masalah optimisasi secara kombinasi yang

diskrit, dimana partikel mengambil nilai vektor biner dengan panjang n dan kecepatan yang didefinisikan sebagai probabilitas dari bit x_n untuk mencapai nilai 1. Dari hasil penelitian menunjukkan adanya pengurangan losses yang cukup signifikan.

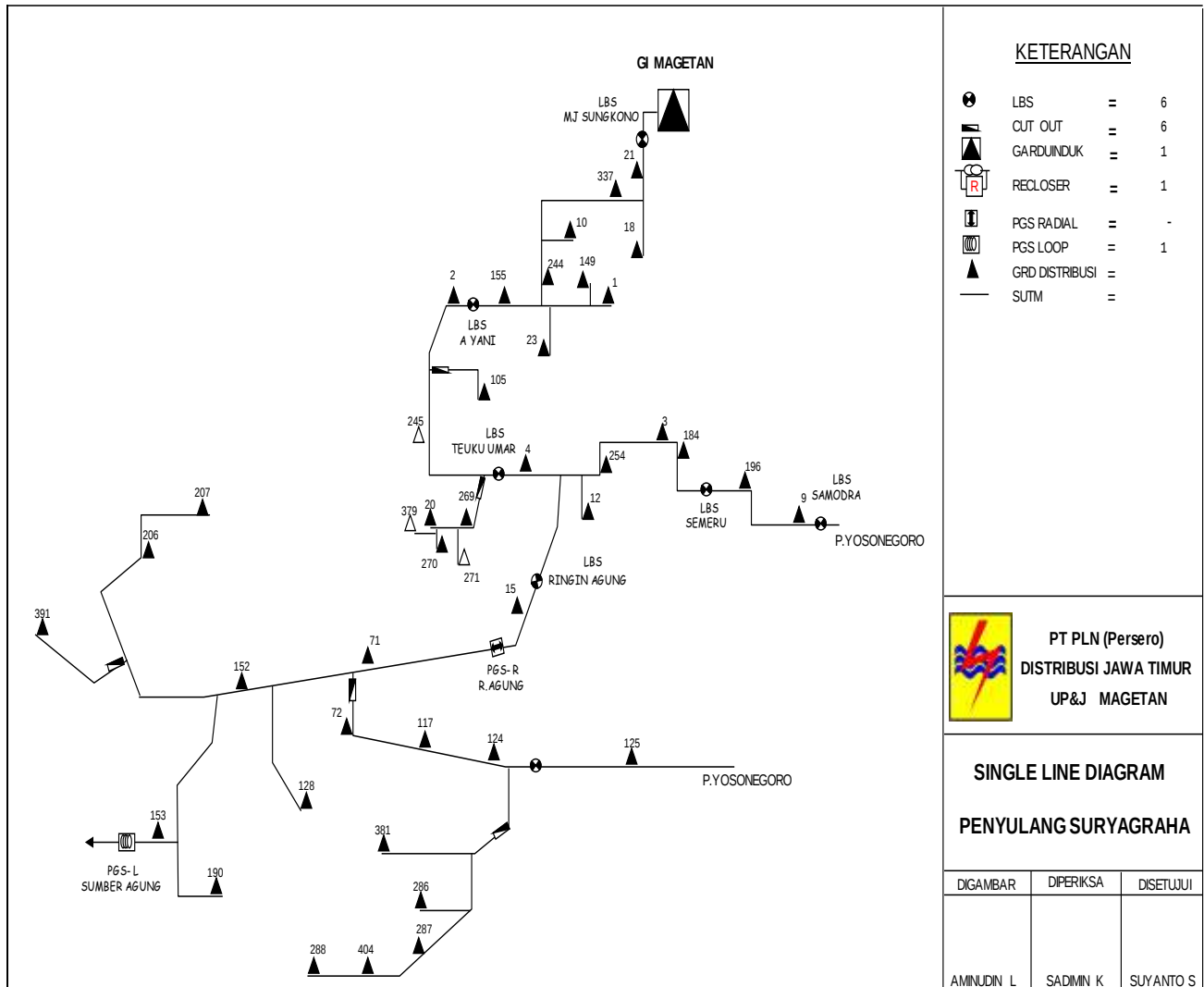
Kata Kunci— BPSO, Distribusi Radial, kecerdasan buatan, PSO, Rekonfigurasi

I. PENDAHULUAN

Saat ini Artificial Inteligent (AI) sering digunakan untuk mengembangkan berbagai keilmuan diantaranya sebagai improfisasi program untuk masalah rekonfigurasi jaringan[1]. Maka pada penelitian ini digunakan metode kecerdasan buatan, yaitu Binary Particle Swarm Optimizatinon (BPSO) yang mengambil nilai diskrit yang nantinya digunakan sebagai pensaklaran. Metode ini merupakan pengembangan dari metode PSO. Konfigurasi jaringan distribusi radial bentuknya sangat beragam dan sulit untuk disederhanakan. Rekonfigurasi jaringan distribusi digunakan untuk mengatur ulang bentuk konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup switch yang

terdapat pada jaringan distribusi. Penelitian sebelumnya sudah diteliti menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)[2], Algoritma Genetika[1] dan Modified Firefly Algorithm (MFA)[3].

Pada Jaringan Tegangan menengah Penyulang Suryagraha UP&J Magetan pada Trafo II 30 MVA terdiri dari 45 bus (GTT) dan 49 saluran. Single line Penyulang Suryagraha dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Single line penyulang Suryagraha

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Kerugian Daya

Perhitungan yang berlaku pada sistem distribusi arus bolak-balik adalah mirip dengan perhitungan yang berlaku pada sistem distribusi arus searah. Tetapi, ada beberapa perbedaan prinsip yang harus diperhatikan dan dipahami pada sistem arus bolak-balik antara lain: Perhitungan arus pada tiap seksi saluran AC merupakan jumlah vektor dari arus-arus beban yang penjumlahan hitungan aljabar biasanya

seperti pada sistem arus searah. Jumlah arus dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan aljabar biasa, bila dinyatakan dalam notasi bilangan kompleks. Tiap beban bisa saja memiliki besar power factor yang berbeda dengan beban lain. Masing-masing besar power factor berkaitan dengan besar tegangan catu dayanya berdasarkan besaran vector. Pada sistem arus searah, sifat beban dikenal memiliki karakteristik resistif murni, dengan “Unity Power Factor” ($\cos \phi = 1$). Pada rangkaian arus bolak-balik, besarnya rugi tegangan tidak hanya bergantung pada besar resistensi murni R dari bebannya, tetapi juga bergantung pada besarnya

reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif, yang sering diabaikan[4].

B. Rekonfigurasi jaringan

Rekonfigurasi jaringan (Network Reconfiguration) merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (switching remotely controlled) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Dalam kondisi operasi normal, rekonfigurasi jaringan dilakukan karena dua alasan: mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (loss reduction), mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (load balancing). Rekonfigurasi jaringan dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi daya listrik tipe radial.

C. Aliran Daya.

Studi aliran daya adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus dan daya yang terdapat pada berbagai titik suatu jaringan pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang akan datang. Aliran daya pada penelitian ini tidak dibahas secara khusus dan mendetail, karena hanya digunakan sebagai studi untuk menentukan tegangan dan daya yang dijadikan sebagai dasar untuk melakukan rekonfigurasi jaringan pada jaringan distribusi daya listrik tipe radial.

Arus pada GI:

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=i}^n y_{ij} V_j \text{ dimana } j \neq i \quad \dots\dots\dots (6)$$

maka

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=i}^n y_{ij} V_j \text{ dimana } j \neq i \quad \dots\dots\dots (7)$$

D. Formulasi Rekonfigurasi Jaringan

Pada bagian ini permasalahan rekonfigurasi jaringan disusun sebagai permasalahan multiobjektif. Di mana fungsi tersebut terdiri dari lima fungsi objektif, dan memiliki faktor beban yang berfungsi untuk menyatakan besarnya hubungan antara masing-masing fungsi objektif tersebut. Fungsi-fungsi objektif tersebut adalah: Minimalisasi daya complex tak seimbang

$$TSu = \sum_{j=1}^m S_j^u \quad (1)$$

dimana: m = jumlah saluran feeder dari feeder utama

S_j^u = daya kompleks tiga fasa tak seimbang pada setiap fasa, dinyatakan dengan:

$$S_j^u = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{p=a,b,c} |S_j^p - S_j^o|^2} \quad (2)$$

$$S_j^o = (S_j^a + S_j^b + S_j^c)/3 \quad (3)$$

S_j^p = daya complex pada pembebanan per fasa, fasa a,b, dan c, S_j^o = daya kompleks ideal per fasa yang bergantung pada pembebanan ideal per fasa.

Jika bernilai 0, maka daya complex pada saluran j seimbang. Minimalisasi total rugi saluran

$$TL_1 = \sum_{j=1}^m \sum_{p=a,b,c} (I_j^p)^2 \cdot r_j^{ne} \quad (4)$$

Dimana: I_j^p = arus fasa p dari feeder j, r_j^p = resistansi fasa p dari feeder j, I_j^{ne} = arus netral dari feeder j, r_j^{ne} = resistansi netral dari feeder j, Minimalisasi rata-rata jatuh tegangan

$$AV_d = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{3} \sum_{p=a,b,c} \left| \frac{V_{nominal} - V_k^p}{V_{nominal}} \right| \times 100\% \quad (5)$$

n = jumlah titik beban pada feeder, $V_{nominal}$ = tegangan nominal fasa, V_k^p = besar tegangan fasa p pada titik beban k, VD_k = jatuh tegangan rata-rata pada titik beban k.

III. METODE PENELITIAN

Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)

Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) adalah pengembangan dari Particle Swarm Optimization (PSO) yang didasarkan pada perilaku sebuah kawanan serangga, seperti semut, rayap, lebah atau burung[5]. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu atau partikel berperilaku secara terdistribusi dengan cara menggunakan kecerdasannya (intelligence) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya[6].

Dalam konteks optimasi multivariabel, kawanan diasumsikan mempunyai ukuran tertentu atau tetap dengan setiap partikel posisi awalnya terletak di suatu lokasi yang acak dalam ruang multidimensi. Setiap partikel diasumsikan memiliki dua karakteristik: posisi dan kecepatan. Setiap partikel bergerak dalam ruang/space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif[7].

Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi bagusnya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing-masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi yang bagus tersebut. Sebagai contoh, misalnya perilaku burung-burung dalam dalam kawanan burung. Meskipun setiap burung mempunyai keterbatasan dalam hal kecerdasan, biasanya ia akan mengikuti kebiasaan (rule) seperti berikut: seekor burung tidak berada terlalu dekat dengan burung yang lain, burung tersebut akan mengarahkan terbangnya ke arah rata-rata keseluruhan burung, akan memposisikan diri dengan rata-rata posisi burung yang lain dengan menjaga sehingga jarak antar burung dalam kawanan itu tidak terlalu jauh. Model ini akan disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu

dengan sejumlah iterasi sehingga di setiap iterasi, posisi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju (minimasi atau maksimasi fungsi). Ini dilakukan hingga maksimum iterasi dicapai atau bisa juga digunakan kriteria penghentian yang lain[9].

Algoritma BPSO didisain untuk menyelesaikan masalah optimisasi secara kombinasi yang diskrit, dimana partikel mengambil nilai vektor biner dengan panjang n dan kecepatan yang didefinisikan sebagai probabilitas dari bit xn

untuk mencapai nilai 1. BPSO membalikkan rumus untuk kecepatan bila kecepatan dibatasi pada interval [0,1] dengan membatasi fungsi dan dengan menggunakan fungsi sigmoid.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data saluran dan impedansi saluran Beban pada JTM 20 kV Penyulang Suryagraha UP&J Magetan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data beban

bus_i	type	Pd	Qd	Gs	Bs	area	Vm	Va	basekV	zone	Vmax	Vmin
mpc.bus = [												
1	3	0.0000	0.000	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
2	1	0.0715	0.125	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
3	1	0.0817	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
4	1	0.0714	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
5	1	0.0818	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
6	1	0.0918	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
7	1	0.0714	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
8	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
9	1	0.0306	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
10	1	0.0511	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
11	1	0.0450	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
12	1	0.0613	0.035	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
13	1	0.0360	0.035	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
14	1	0.0612	0.080	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
15	1	0.0360	0.010	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
16	1	0.0714	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
17	1	0.0816	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
18	1	0.0490	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
19	1	0.0490	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
20	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
21	1	0.0490	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
22	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
23	1	0.0490	0.050	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
24	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
25	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
26	1	0.0360	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
27	1	0.0715	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
28	1	0.0360	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
29	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
30	1	0.0490	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
31	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
32	1	0.0611	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
33	1	0.0714	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
34	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
35	1	0.0919	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
36	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
37	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
38	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
39	1	0.0919	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
40	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
41	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
42	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
43	1	0.0490	0.050	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
44	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
45	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;

Data beban dan impedansi beban diolah menggunakan program matlab 2013a. tegangan maksimum dan tegangan minimum dapat dilihat pada tabel 2.

Hasil rekap rekonfigurasi jaringan yang meliputi jumlah bus, jumlah saluran, daya aktif, daya reaktif,

Tabel 2. Hasil ringkasan rekonfigurasi jaringan

MATPOWER Version 4.1, 14-Dec-2011 -- AC Power Flow (Newton)

Newton's method power flow converged in 2 iterations.

Converged in 0.00 seconds

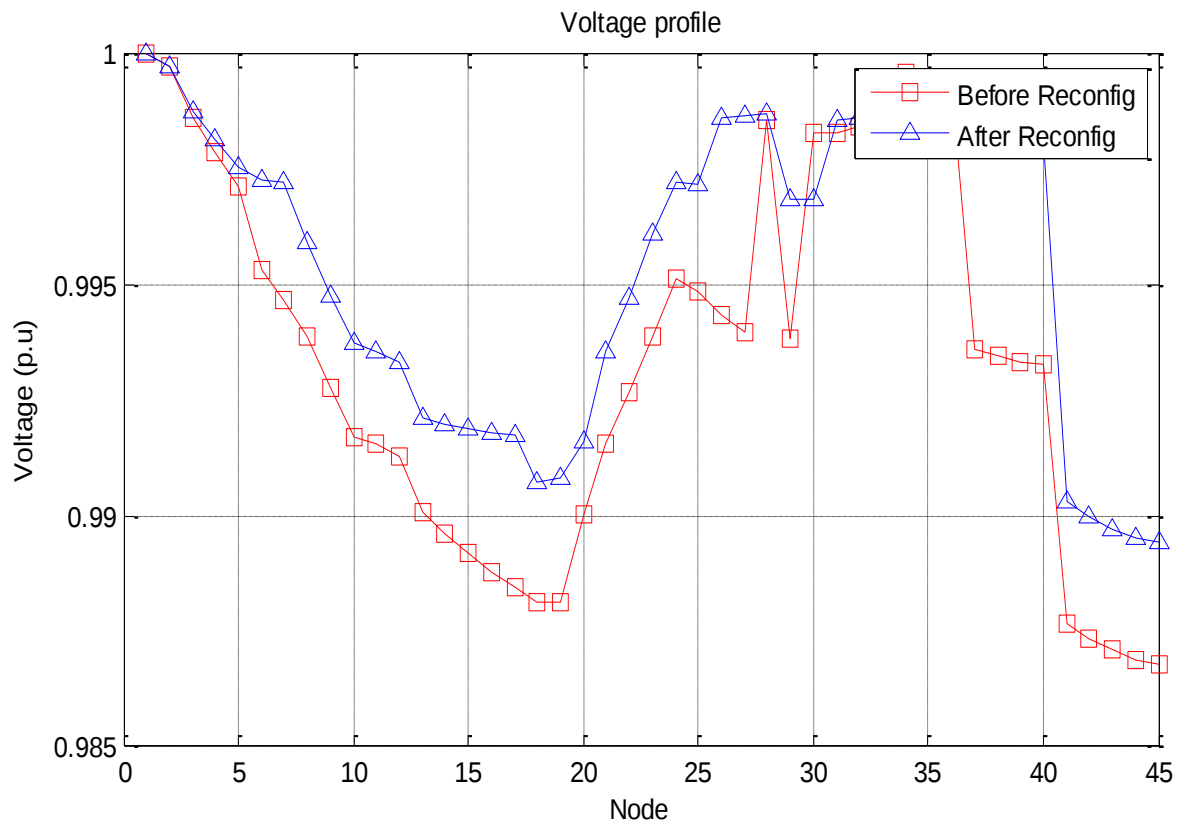
System Summary			
How many?		How much?	
Buses	45	Total Gen Capacity	0.0
Generators	1	On-line Capacity	0.0
Committed Gens	1	Generation (actual)	2.9
Loads	44	Load	2.9
Fixed	44	Fixed	2.9
Dispatchable	0	Dispatchable	-0.0 of -0.0
Shunts	0	Shunt (inj)	-0.0
Branches	49	Losses ($I^2 \cdot Z$)	0.02
Transformers	0	Branch Charging (inj)	-
Inter-ties	0	Total Inter-tie Flow	0.0
Areas	1		
		Minimum	Maximum
Voltage Magnitude	0.987 p.u. @ bus 45		1.000 p.u. @ bus 1
Voltage Angle	-0.00 deg @ bus 36		0.07 deg @ bus 45
P Losses ($I^2 \cdot R$)	-		0.00 MW @ line 5-6
Q Losses ($I^2 \cdot X$)	-		0.00 MVar @ line 5-6

Diketahui bahwa jumlah bus ada 45, dengan 1 bus sumber, 44 bus beban dan ada 49 saluran. Losses tiap saluran bias dilihat pada table 3.

Tabel 3. Hasil rekap losses tiap saluran

Branch Data								
Brnch #	From Bus	To Bus	From Bus P (MW)	Injection Q (MVar)	To Bus P (MW)	Injection Q (MVar)	Loss ($I^2 * Z$)	
							P (MW)	Q (MVar)
1	1	2	2.88	2.63	-2.88	-2.63	0.001	0.00
2	2	3	2.55	2.27	-2.55	-2.27	0.004	0.00
3	3	4	2.18	1.91	-2.18	-1.91	0.002	0.00
4	4	5	2.11	1.88	-2.10	-1.88	0.002	0.00
5	5	6	2.02	1.85	-2.02	-1.85	0.004	0.00
6	6	7	1.39	1.23	-1.39	-1.23	0.000	0.00
7	7	8	1.32	1.13	-1.32	-1.13	0.001	0.00
8	8	9	1.12	0.91	-1.12	-0.91	0.001	0.00
9	9	10	1.00	0.85	-1.00	-0.85	0.001	0.00
10	10	11	0.95	0.75	-0.95	-0.75	0.000	0.00
11	11	12	0.85	0.70	-0.85	-0.70	0.000	0.00
12	12	13	0.79	0.66	-0.79	-0.66	0.001	0.00
13	13	14	0.66	0.59	-0.66	-0.59	0.000	0.00
14	14	15	0.60	0.51	-0.60	-0.51	0.000	0.00
15	15	16	0.57	0.50	-0.57	-0.50	0.000	0.00
16	17	18	0.41	0.45	-0.41	-0.45	0.000	0.00
17	18	19	0.05	0.02	-0.05	-0.02	0.000	0.00
18	19	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
19	20	13	-0.09	-0.04	0.09	0.04	0.000	0.00
20	11	21	0.05	0.02	-0.05	-0.02	0.000	0.00
21	9	22	0.09	0.04	-0.09	-0.04	0.000	0.00
22	8	23	0.14	0.12	-0.14	-0.12	0.000	0.00
23	6	24	0.54	0.59	-0.54	-0.59	0.000	0.00
24	25	26	0.41	0.39	-0.41	-0.39	0.000	0.00
25	26	27	0.38	0.37	-0.38	-0.37	0.000	0.00
26	27	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
27	3	28	0.04	0.02	-0.04	-0.02	0.000	0.00
28	5	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
29	29	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
30	30	31	-0.05	-0.10	0.05	0.10	0.000	0.00
31	32	33	-0.18	-0.27	0.18	0.27	0.000	0.00
32	3	33	0.25	0.31	-0.25	-0.31	0.000	0.00
33	2	34	0.26	0.24	-0.26	-0.24	0.000	0.00
34	34	35	0.16	0.17	-0.16	-0.17	0.000	0.00
35	35	36	0.07	0.07	-0.07	-0.07	0.000	0.00
36	36	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
37	16	17	0.49	0.47	-0.49	-0.47	0.000	0.00
38	23	29	0.09	0.07	-0.09	-0.07	0.000	0.00
39	31	32	-0.12	-0.17	0.12	0.17	0.000	0.00
40	24	25	0.48	0.49	-0.48	-0.49	0.000	0.00
41	27	37	0.31	0.34	-0.31	-0.34	0.000	0.00
42	37	38	0.26	0.24	-0.26	-0.24	0.000	0.00
43	38	39	0.16	0.17	-0.16	-0.17	0.000	0.00
44	39	40	0.07	0.07	-0.07	-0.07	0.000	0.00
45	18	41	0.31	0.39	-0.31	-0.39	0.000	0.00
46	41	42	0.26	0.29	-0.26	-0.29	0.000	0.00
47	42	43	0.17	0.25	-0.17	-0.25	0.000	0.00
48	43	44	0.12	0.20	-0.12	-0.20	0.000	0.00
49	44	45	0.06	0.10	-0.06	-0.10	0.000	0.00
Total:							0.020	0.01

Gambar profile tegangan sebelum dan sesudah rekonfigurasi tiap bus dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Profile tegangan rekonfigurasi

Hasil switch line sebelum dan sesudah rekonfigurasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil simulasi bus distribusi

** SIMULATION RESULTS OF 45 BUS DISTRIBUTION NETWORK **										
BEFORE RECONFIGURATION						AFTER RECONFIGURATION				
Tie switches:	36	26	29	28	18	7	16	24	30	41
Power loss:	20.2307 kW					13.6256 kW				
Power loss reduction:	_____					32.6488 %				
Minimum voltage:	0.9868 pu					0.98943 pu				
Elapsed time is 32.083015 seconds										

Dari hasil running menunjukkan bahwa sebelum rekonfigurasi memutuskan open switch line 35, 26, 29, 28, dan 18 setelah rekonfigurasi 7, 16, 24, 30, dan 41. Losses sebelum rekonfigurasi sebesar 20.2307 kW dan setelah konfigurasi sebesar 13.6256 kW. Maka rekonfigurasi dapat mereduksi kerugian daya sebesar 32.6488 %. Dan memperbaiki profile tegangan dari 0.98138 pu menjadi 0.98943 pu.

V. KESIMPULAN

Dengan merekonfigurasi jaringan, yaitu dengan merubah open switch line menjadi 7, 16, 24, 30, dan 41. Hasil rekonfigurasi dapat mereduksi kerugian daya sebesar 32.6488 %. Dan memperbaiki profile menjadi 0.98943 pu. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa metode BPSO bisa mereduksi rugi tegangan sebesar 32.6488 %.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fayyadl, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik dengan Metode Algoritma Genetika," 2011.
- [2] A. Cahyono, H. K. Hidayat, S. Arfaah, and M. Ali, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)," in *SAINTEK II-2017, UB, Malang*, 2017, pp. 103–106.
- [3] H. Nurohmah, A. Raikhani, and M. ALI, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Menggunakan Modified Firefly Algorithms (MFA) Pada Penyulang Tanjung Rayon Jombang," *J. JEEU*, vol. 1, no. 2, pp. 13–16, 2017.
- [4] Muhlasin and M. Ali, "Analisa Perencanaan Trafo Sisipan T. 416 Pada Trafo HL. 017 Di Jaringan Tegangan Rendah Desa Guyangan Kecamatan Bagor Kabupaten Jombang," *J. Intake*, vol. 3, no. 1, pp. 48–60, 2012.
- [5] M. Ali, I. Umami, and H. Sopian, "Particle Swarm Optimization (PSO) Sebagai Tuning PID Kontroler Untuk Kecepatan Motor DC," *J. Intake*, vol. 7, no. 1, pp. 10–20, 2016.
- [6] Y. del Valle, G. K. Venayagamoorthy, S. Mohagheghi, J.-C. Hernandez, and R. G. Harley, "Particle Swarm Optimization: Basic Concepts, Variants and Applications in Power Systems," *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 12, no. 2, pp. 171–195, 2008.
- [7] L.-Y. Chuang, J.-H. Tsai, and C.-H. Yang, "Binary

particle swarm optimization for operon prediction," *Nucleic Acids Res.*, vol. 38, no. 12, pp. e128–e128, 2010.