

## Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO)

Andik Cahyono<sup>1</sup>, Hersis Khusnul Hidayat<sup>2</sup>, Saiful Arfaah<sup>3</sup>, Machrus Ali<sup>4</sup>

<sup>(1,2,4)</sup>Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum, Jombang

<sup>(3)</sup>Teknik Sipil, Universitas Darul 'Ulum, Jombang

<sup>1</sup>[acf\\_jbq2009@yahoo.com](mailto:acf_jbq2009@yahoo.com), <sup>2</sup>[h312size@gmail.com](mailto:h312size@gmail.com)

<sup>3</sup>[saiful@ft-undar.ac.id](mailto:saiful@ft-undar.ac.id), <sup>4</sup>[machrus@ft-undar.ac.id](mailto:machrus@ft-undar.ac.id)

### Abstract

*BPSO is a modification of Particle-Swarm-Optimization (PSO). PSO is a stochastic optimization technique based on populations that are inspired by the social behavior of bird or birding (bird flocking or fish schooling). The PSO technique was put forward by Russell C. Eberhart and James Kennedy in 1995. The Jatirejo Repeater consists of 32 Poll Tray Transformers (GTT) used to lower the medium voltage of 20 kV to 220/380 V low voltage with total load at peak load of 6,574 MVA. Network system is a radial network. The advantage of this system is that the system is not complicated and cheaper than other systems. Network system is a radial network. Radial distribution system is the simplest and most economical distribution system. But the reliability of this system is lower than other systems. Lack of reliability is caused because there is only one main line that supplies the distribution substation, so if the main line is interrupted, then the entire substation will go out. Another disadvantage is the quality of the stress on the substation of the distribution of the tip is less good, this is because the largest voltage drop is at the end of the channel. Research carried out on radial type network distribution and network reconfiguration is formulated as Multiobjective-Optimization-Function solution sought using Binary-Particle-Swarm-Optimization (BPSO) technique. Reconfiguring power distribution networks using BPSO in this study is expected to improve network efficiency in accordance with reconfiguration purposes. The results show that the reconfiguration results can reduce the considerable power losses.*

**Keywords:** Radial distribution, PSO, BPSO, Reconfigure network

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan tenaga listrik merupakan suatu kebutuhan atau tuntutan hidup yang tidak dapat dipisahkan dalam menunjang segala aktivitas sehari-hari. Tenaga listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat penting untuk menunjang kehidupan manusia sekarang ini. Energi listrik merupakan sumber energi utama yang digunakan dalam proses produksi di dunia industri dan menunjang kemajuan taraf hidup manusia. Meminimisasi rugi-rugi daya dengan cara merekonfigurasi jaringan distribusi sangat dibutuhkan terutama untuk pemukiman yang padat penduduk. Banyaknya alternatif rekonfigurasi dan metode untuk mengurangi rugi-rugi daya. Diperlukan konfigurasi yang baik agar diperoleh kerugian daya yang paling kecil. Konfigurasi jaringan distribusi radial sangat beragam dan sulit di sederhanakan sehingga penyelesaian permasalahan harus

diselesaikan tahap demi tahap, maka perlu dilakukan rekonfigurasi untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dan meningkatkan keandalan sistem distribusi. Efisiensi daya listrik yang disalurkan akan meningkat dan konsumen dapat dilayani dengan baik. Karena banyaknya feeder dan bus pada jaringan, jika dihitung secara manual akan sulit dan memerlukan waktu yang sangat lama, sehingga penyelesaian permasalahan harus menggunakan kecerdasan buatan seperti pada penelitian sebelumnya [1,2,3]. Hasil konfigurasi Artificial Intelligence (AI) dalam hal ini Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) diperkirakan akan lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi secara manual

Pada Jaringan Tegangan menengah Penyulang Jatirejo Mojoagung terdiri dari 37 bus (GTT) dan 41 saluran. Single line

penyulang Jatirejo dapat dilihat pada gambar.1.

## SINGLE LINE PENYULANG 20 KV DAN GARDU DISTRIBUSI



Gambar 1. Single line penyulang Jatirejo

## 2. 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 arus bolak balik 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 [4,5,6]. 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.

### B. Rekonfigurasi jaringan

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. 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. [7,8].

### C. Aliran Daya.

Untuk menentukan 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 diperlukan analisa aliran daya. 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[9].

### D. Formulasi Rekonfigurasi Jaringan

Formulasi rekonfigurasi jaringan disusun sebagai permasalahan multiobjektif, yaitu fungsi 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 kompleks tidak seimbang  $TSu = \sum_{j=1}^m S_j^u$  dimana :

m = jumlah feeder dari feeder utama

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

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

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

$S_j^p$  = 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

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

$I_j^p$  = arus fasa p dari saluran feeder j

$r_j^p$  = resistansi fasa p dari saluran feeder j

$I_j^{ne}$  = arus netral dari saluran feeder j

$r_j^{ne}$  = resistansi netral dari saluran feeder j

Minimalisasi rata-rata jatuh tegangan

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

$n$  = jumlah titik beban pada saluran feeder  
 $V_{\text{nominal}}$  = tegangan nominal fasa  
 $V_k^p$  = besar tegangan fasa  $p$  pada titik beban  $k$   
 $VD_k$  = jatuh tegangan tiga fasa rata-rata pada titik beban pada  $k$  [8]

### 3. METODE PENELITIAN

#### 1. 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. Algoritma PSO meniru perilaku sosial organisme ini. 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.

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.

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

#### 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data saluran dan impedansi saluran Beban pada JTM 20 kV Penyulang Jatirejo Rayon mojoagung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data beban

bus_i	type	Pd	Qd	Gs	Bs	area	Vm	Va	basekV	zone	Vmax	Vmin
1	3	0.000	0.000	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
2	1	0.750	0.125	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
3	1	0.075	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
4	1	0.180	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
5	1	0.060	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
6	1	0.060	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
7	1	0.140	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
8	1	0.200	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
9	1	0.060	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
10	1	0.210	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
11	1	0.045	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
12	1	0.130	0.035	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
13	1	0.060	0.035	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
14	1	0.120	0.080	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
15	1	0.060	0.010	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
16	1	0.140	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
17	1	0.160	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
18	1	0.090	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
19	1	0.090	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
20	1	0.180	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
21	1	0.090	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
22	1	0.180	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
23	1	0.090	0.050	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
24	1	0.420	0.200	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
25	1	0.420	0.200	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
26	1	0.060	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
27	1	0.150	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
28	1	0.060	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
29	1	0.180	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
30	1	0.090	0.600	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
31	1	0.150	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
32	1	0.210	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
33	1	0.140	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
34	1	0.180	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
35	1	0.190	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
36	1	0.150	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
37	1	0.210	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;

Data beban dan inpedansi beban diolah menggunakan program matlab 2013a. terdapat 5 looping dalam dalam simulasi.

1. Loop 1 Line [2 26 27 33 34 35 36 41]
2. Loop 2 Line [3 4 5 23 24 25 26 27]
3. Loop 3 Line [3 4 28 29 30 31 32 39]
4. Loop 4 Line [5 6 7 22 38 28 0 0]
5. Loop 5 Line [13 14 15 16 17 18 19 0]

Hasil rekonfigurasi jaringan Jatirejo dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil simulasi rekonfigurasi jaringan

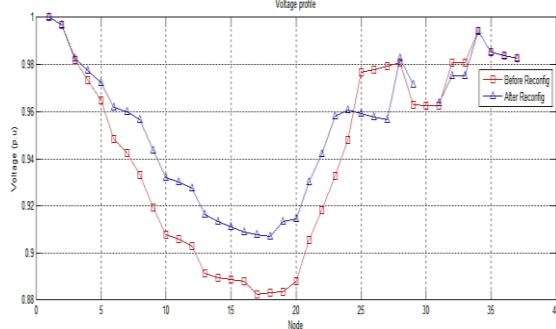
System Summary			
How many?	How much?	P (MW)	Q (MVAR)
Buses	Total Gen Capacity	0.0	0.0 to 0.0
Generators	On-line Capacity	0.0	0.0 to 0.0
Committed Gens	Generation (actual)	4.7	2.2
Loads	Load	4.5	2.0
Fixed	Fixed	4.5	2.0
Dispatchable	Dispatchable	-0.0 of -0.0	-0.0
Shunts	Shunt (inj)	-0.0	0.0
Branches	Losses (I <sup>2</sup> * R)	0.24	0.16
Transformers	Branch Charging (inj)	-	0.0
Inter-ties	Total Inter-tie Flow	0.0	0.0
Areas			

	Minimum	Maximum
Voltage Magnitude	0.882 p.u. # bus 17	1.000 p.u. # bus 1
Voltage Angle	-1.94 deg # bus 17	0.00 deg # bus 1
P Losses (I <sup>2</sup> *R)	-	0.06 MW # line 2-3
Q Losses (I <sup>2</sup> *X)	-	0.03 MVAR # line 5-6

Jumlah bus ada 37, dengan 36 bus beban dan 41 saluran. Losses terbesar pada bus 17 sebesar 0,882 pu.

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



Gambar 3. Profile tegangan sebelum dan sesudah rekonfigurasi

Hasil rekonfigurasi dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Rekonfigurasi jaringan

SIMULATION RESULTS OF 33 BUS DISTRIBUTION NETWORK										
	BEFORE RECONFIGURATION					AFTER RECONFIGURATION				
Tie switches:	37	38	39	40	41	7	16	24	29	41
Power loss:	243.2987 kW					190.4604 kW				
Power loss reduction:	-					21.7175 %				
Minimum voltage:	0.88242 pu					0.90705 pu				
Elapsed time is 39.574824 seconds.										

Dari hasil running menunjukkan bahwa sebelum rekonfigurasi memutuskan switch line 37, 38, 39, 40 dan 41 setelah rekonfigurasi line 7, 16, 24, 29 dan 41. Sebelum rekonfigurasi jaringan mengalami losses sebesar 243,2987 kW setelah rekonfigurasi mengalami losses sebesar 190,4604 kW.

5. KESIMPULAN

Dari hasil program menunjukkan bahwa dengan rekonfigurasi jaringan menggunakan BPSO Dari hasil running menunjukkan bahwa rekonfigurasi dapat mereduksi losses 52,8383

kWatt atau 21,7175 %. Dan tegangan ujung sebelum rekonfigurasi 0.88242 pu (17,6484 kV) menjadi 0,90705 pu (18.141 kV).

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Wicaksono, Y.Andri, "Penentuan Lokasi dan Nilai Kapasitor pada Sistem Distribusi Radial Terdistribusi Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization" Jurnal Teknik POMITS Vol 1 No 1. 2013.
- [2.] Wu, Wu-Chang, and Men-Shen Tsai. 2008. Feeder Reconfiguration Using Binary Coding Particle Swarm Optimization." International Journal of Control, Automation, and Systems, vol. 6, pp. 488-494.
- [3.] Chen, Tsai-Hsiang dan Cherng, Jeng-Tyan, Optimal Phase Arrangement of Distribution Transformers Connected to a Primary Feeder for System Unbalance Improvement and Loss Reduction Using a Genetic Algorithm, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 15, No. 3, Agustus 2000.
- [4.] Qiwan L, Wei D, Jianquan Z, Anhui L. A new reconfiguration approach for distribution system with distributed generation. ICEET, IEEE 2009:23-6.
- [5.] Saadat, Hadi. 1999. Power System Analysis. Singapore : McGraw-Hill.
- [6.] Wood, Allen J. Bruce F. Wollenberg, 1996. Power Generation Operation and Control. John Wiley & Sons : Canada.
- [7.] Rao RS, Ravindra K, Satish K, Narasimham SVL. Power loss minimization in distribution system using network reconfiguration in the presence of distributed generation. IEEE Trans Power Syst 2013:317-25.
- [8.] Vahid Farahani, Student Member, IEEE, Behrooz Vahidi, Senior Member, IEEE, and Hossein Askarian Abyaneh, Senior Member, IEEE, "Reconfiguration and Capacitor Placement Simultaneously for Energi Loss Reduction Based on an Improved Reconfiguration Method ". IEEE Publication Vol. 27, No. 2, May 2012.
- [9.] J. Kennedy and R. C. Eberhart. Particle swarm optimization. In Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks. IEEE Service Center, Piscataway, 1995.