

Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial 65 Bus Berbasis Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)

Machrus Ali^{1*}, Hidayatul Nurohmah², Dwi Ajiatmo³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jl. Gus Dur 29A, Mojongapit, Jombang

Article Info

Article history:

Received Mei 13th, 2022

Revised Juni 21th, 2022

Accepted July 28th, 2022

Keyword:

Kecerdasan Buatan

BPSO

Konfigurasi Ulang Jaringan

Rugi Daya

ABSTRACT

The configuration of a radial distribution network is difficult to simplify because it is very complex. This network reconfiguration is used to redesign the configuration of the radial distribution network by opening and closing switches on the distribution network. The feeder of Purwoasri, The feeder of Purwoasri, Rayon Kertosono has 65 buses which cause the Mojokerto area to have a very large loss so it needs to be reconfigured.. The resulting power flow will result in network power losses due to configuration. The reconfiguration process will be repeated until a configuration form that produces the smallest power losses is obtained. The number of feeders and buses on the network will be difficult if done manually and takes a very long time, so solving the problem must use a computer program. Network reconfiguration using the Matlab 2013a program will analyze its power flow using the Newton Raphson method and using the Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) artificial intelligence method. Before reconfiguration, the network experienced losses of 1169,1374 kWatt after reconfiguration experienced losses of 635,7444 kWatt. The results of the reconfiguration can reduce losses of 635,7444 kWatt or 45,6228 % from the previous loss.

Copyright © 2022 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Machrus Ali

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum

Email: machrus7@gmail.com

Abstrak— Konfigurasi jaringan distribusi radial sulit untuk disederhanakan karena sangat kompleks. Rekonfigurasi jaringan ini digunakan untuk mendesain ulang bentuk konfigurasi jaringan distribusi radial dengan cara membuka dan menutup switch pada jaringan distribusi. Penyulang Purwoasri, Rayon Kertosono mempunyai 65 Bus yang mengakibatkan wilayah Mojokerto memiliki kerugian yang sangat besar sehingga perlu dilakukan konfigurasi ulang. Aliran daya yang dihasilkan akan menghasilkan rugi daya jaringan akibat konfigurasi. Proses rekonfigurasi akan dilakukan berulang-ulang hingga didapatkan bentuk konfigurasi yang menghasilkan rugi-rugi daya terkecil. Jumlah penyulang dan bus pada jaringan akan sulit jika dilakukan dengan perhitungan manual dan membutuhkan waktu yang sangat lama, sehingga penyelesaian masalah tersebut harus menggunakan program komputer. Rekonfigurasi jaringan menggunakan program Matlab 2013a akan menganalisa aliran dayanya menggunakan metode Newton Raphson dan menggunakan metode kecerdasan buatan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO). Sebelum rekonfigurasi jaringan mengalami losses sebesar 1169.1374 kWatt setelah rekonfigurasi mengalami losses sebesar 635.7444 kWatt. Hasil rekonfigurasi dapat mereduksi losses 635,74440 kWatt atau 45,6228 % dari losis sebelumnya.

I. Pendahuluan

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. Ini digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dan atau untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi sehingga efisiensi daya listrik yang disalurkan meningkat dan konsumen dapat dilayani dengan baik. Dari hasil konfigurasi dapat diperoleh hasil analisa aliran daya dan rugi daya jaringan. Karena banyaknya *feeder* dan *bus* pada jaringan, jika dihitung secara manual akan sulit dan memerlukan waktu yang sangat lama, sehingga penyelesaian permasalahan harus diselesaikan dengan rekonfigurasi menggunakan *Artificial Intelegent* (AI) diantaranya *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO). Pada penelitian ini digunakan metode BPSO untuk memecahkan masalah Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Pada Penyulang Purwoasri.

Jong-Young Park, Jin-Man Sohan and Jong-Keun Park, “Optimal Capacitor allocation in a Distribution System Considering Operation Costs”; membahas bentuk konfigurasi radial, loop dan mesh[1]. Hao Teng, Jen. “A Network-Topology-based Three-Phase Load Flow for Distribution Systems”; membahas topologi jaringan listrik tiga fasa[2]; distribusi Radial, loop dan mesh. Vahid Farahani, Behrooz Vahidi, and Hossein Askarian Abyaneh, “Reconfiguration and Capacitor Placement Simultaneously for Energi Loss Reduction Based on an Improved Reconfiguration Method”; membahas rekonfigurasi jaringan dan peletakan kapasitor sebagai kompensasi daya reaktif[3]. Stevenson. William D., Jr, “Analisis Sistem Tenaga”; membahas analisa sistem tenaga listrik; aliran daya metode Gauss Seidel, Newton Raphson, Fast Decople, pada distribusi radial[4].

II. Literatur

Bagian metode menjelaskan bagaimana penelitian dilakukan, seperti rancangan penelitian, prosedur penelitian (dalam bentuk algoritma, pseudocode atau lainnya), cara mengukur dan akuisisi data, bahan dan alat yang diperlukan dalam penelitian, teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen, serta teknik analisis data yang digunakan. Deskripsi jalannya penelitian harus didukung referensi, sehingga penjelasannya dapat diterima secara ilmiah. Jika diperlukan, bisa dirinci lebih lanjut menjadi beberapa subbab. Untuk penelitian yang menggunakan alat dan bahan, perlu dituliskan spesifikasi alat dan bahannya. Spesifikasi alat menggambarkan kecanggihan alat yang digunakan sedangkan spesifikasi bahan menggambarkan macam bahan yang digunakan.

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[5].

2.1. 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[6][7].

2.2. 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.[8]

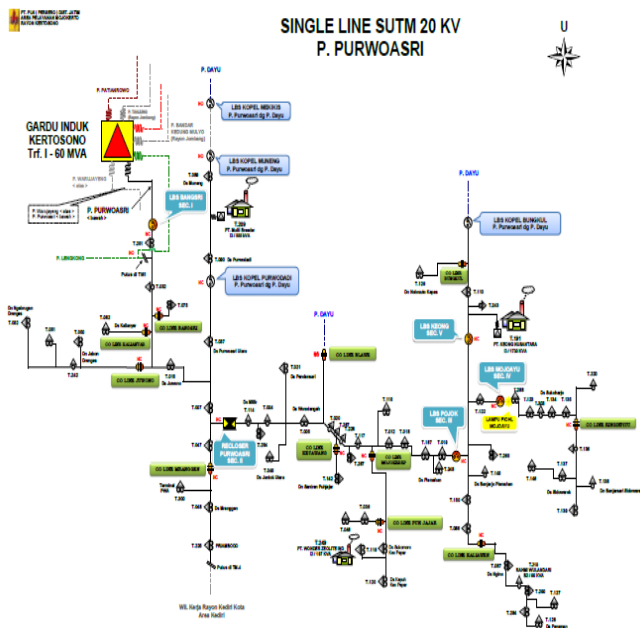
2.3. Particle Swarm Optimization (PSO)

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[9]. Particle Swarm Optimization (PSO) diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhard pada tahun 1995[10]. Algoritma ini terinspirasi dari kebiasaan sebuah populasi burung maupun ikan dalam mencari makanan terbaik. Pada algoritma PSO, populasi burung maupun ikan disebut swarm. Sedangkan tiap individu burung maupun ikan disebut particle. Posisi makanan terbaik yang dicapai populasi tersebut merepresentasikan nilai optimal yang dicari pada algoritma PSO[11]. Ketika suatu particle menemukan posisi terbaik, maka particle lainnya akan bergerak menuju pada particle tersebut. Namun ketika terdapat particle lain yang menemukan posisi yang lebih baik dari particle terbaik pertama, maka semua particle akan berubah haluan menuju particle yang lebih baik tersebut.

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 transformasi, yakni, partikel berubah nilainya

III. Hasil dan Pembahasan

Data jaringan diperoleh Single line diagram jaringan distribusi Penyulang Purwoasri, Rayon Kertosono, Area Mojokerto dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Single line diagram rekonfigurasi

3.1. Analisa Data

Data beban dan impedansi tiap saluran dimasukkan dalam matlab13a pada scrip editor program BPSO kemudian di run program. Ada 65 Bus data rekonfigurasi pada Penyulang Purwoasri, Rayon Kertosono, Area Mojokerto, dan terdapat 69 data saluran. Data beban dapat dilihat pada Tabel 1. dan data impedansi saluran terdapat pada table.2.

Tabel 1. Data Beban

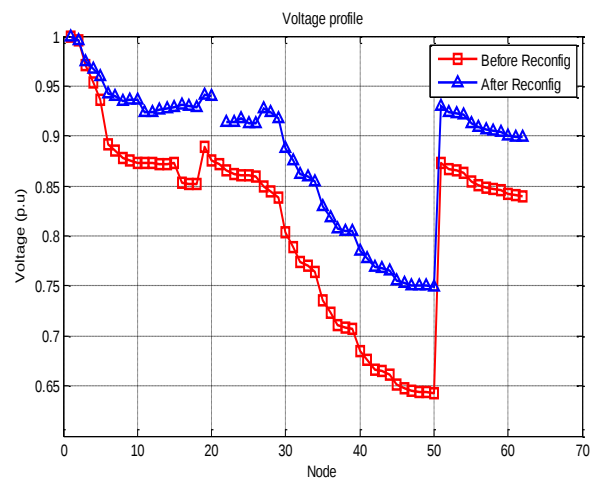
Bus Data						
Bus #	Mag(pu)	Ang(deg)	Generation P (MW)	Q (MVar)	Load P (MW)	Q (MVar)
1	1.000	0.000	5.95	4.05	-	-
2	0.995	0.034	-	-	0.20	0.06
3	0.971	0.228	-	-	0.10	0.04
4	0.954	0.380	-	-	0.10	0.08
5	0.936	0.539	-	-	0.04	0.03
6	0.891	0.270	-	-	0.06	0.02
7	0.886	-0.020	-	-	0.04	0.10
8	0.878	0.083	-	-	0.04	0.10
9	0.876	0.071	-	-	0.06	0.02
10	0.874	0.070	-	-	0.06	0.02
11	0.873	0.077	-	-	0.04	0.03
12	0.873	0.088	-	-	0.06	0.04
13	0.872	0.108	-	-	0.06	0.04
14	0.872	0.122	-	-	0.10	0.08
15	0.873	0.149	-	-	0.06	0.01
16	0.853	0.165	-	-	0.06	0.02
17	0.852	0.127	-	-	0.06	0.02
18	0.852	0.154	-	-	0.09	0.04
19	0.889	0.257	-	-	0.09	0.04
20	0.875	0.203	-	-	0.09	0.04
21	0.872	0.161	-	-	0.09	0.04
22	0.865	0.080	-	-	0.09	0.04
23	0.862	0.112	-	-	0.09	0.05
24	0.860	0.130	-	-	0.20	0.20
25	0.860	0.145	-	-	0.10	0.20
26	0.860	0.143	-	-	0.09	0.03

Tabel 2. Data Impedansi

Pous	tus	r	x	b	A	B	C	ratio	angle	status	angmin	angmax
1	2	0.0922*0.624	0.0470*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
2	3	0.4930*0.624	0.2511*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
3	4	0.3660*0.624	0.1864*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
4	5	0.3811*0.624	0.1941*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
5	6	0.8190*0.624	0.7070*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
6	7	0.1872*0.624	0.6188*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
7	8	0.7144*0.624	0.2351*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
8	9	1.0300*0.624	0.7400*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
9	10	1.0400*0.624	0.7400*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
10	11	0.1966*0.624	0.0650*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
11	12	0.3744*0.624	0.1238*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
12	13	1.4680*0.624	1.1550*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
13	14	0.5416*0.624	0.7129*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
14	15	0.5416*0.624	0.7129*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
6	15	0.5910*0.624	0.5260*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
15	16	0.7463*0.624	0.5450*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
16	17	1.2890*0.624	1.7210*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
16	18	0.7320*0.624	0.5740*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
6	19	0.1640*0.624	0.1565*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
19	20	1.5042*0.624	1.3554*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
20	21	0.4095*0.624	0.4784*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
21	22	0.7089*0.624	0.9373*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
22	23	0.4512*0.624	0.3083*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
23	24	0.8980*0.624	0.7091*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
23	25	0.8960*0.624	0.7011*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
25	26	0.2030*0.624	0.1034*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
22	26	1.5042*0.624	1.3554*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
18	24	1.5042*0.624	1.3554*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
9	19	1.2890*0.624	1.7210*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
18	19	1.5042*0.624	1.3554*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;
3	16	1.2890*0.624	1.7210*0.624	0	0	0	0	0	0	1	-360	360;

3.2. Hasil Analisa Data

Hasil bentuk rekonfigurasi BPSO dapat dilihat pada gambar 2 dan table 3



Gambar 2. Profile tegangan tiap bus pada jaringan

Dari hasil runing program menunjukkan adanya kenaikan tegangan setelah dilakukan rekonfigurasi. Pada tiang (Bus) ke 50 terjadi lossis tegangan paling besar, yaitu sebesar 0.65 tegangan nominal, setelah rekonfigurasi 0,75 tegangan nominal. Bus 30 sampai dengan bus 50 masih perlu perbaikan jaringan.

Tabel 3. Hasil Simulasi

***** SIMULATION RESULTS OF DISTRIBUTION NETWORK *****											
	BEFORE RECONFIGURATION					AFTER RECONFIGURATION					
Tie switches:	27	28	29	30	31	10	15	18	21	22	
Power loss:	1169.1374 kW					635.7444 kW					
Power loss reduction:	_____					45.6228 %					
Minimum voltage:	0.64273 pu					0.74897 pu					
Elapsed time is 184.378585 seconds.											

Dari tabel diatas menunjukan ada perubahan struktur jaringan radial pada sistem distribusinya. Sebelumnya open loop pada line 27, 28, 29, 30, dan 31, setelah rekonfigurasi direkomendasikan open pada line 10, 15, 18, 21, dan 22. Dari hasil rekonfigurasi bisa mereduksi losses sebesar 45,6228%

Newton's method power did not converge in 50 iterations.

System Summary				
How many?	How much?	P (MW)	Q (MVar)	
Buses	65	Total Gen Capacity	0.0	0.0 to 0.0
Generators	1	On-line Capacity	0.0	0.0 to 0.0
Committed Gens	1	Generation (actual)	5.9	4.1
Loads	64	Load	5.2	3.6
Fixed	64	Fixed	5.2	3.6
Dispatchable	0	Dispatchable	-0.0 of -0.0	-0.0
Shunts	0	Shunt (inj)	-0.0	0.0
Branches	67	Losses (I ² * Z)	1.17	0.86
Transformers	0	Branch Charging (inj)	-	0.0
Inter-ties	0	Total Inter-tie Flow	0.0	0.0
Areas	1			
		Minimum	Maximum	
Voltage Magnitude	0.643 p.u. @ bus 50	1.000 p.u. @ bus 1		
Voltage Angle	-0.82 deg @ bus 62	0.54 deg @ bus 5		
P Losses (I ² *R)	-	0.23 MW @ line 5-6		
Q Losses (I ² *X)	-	0.20 MVar @ line 5-6		

Dari hasil program menunjukkan bahwa lossis terbesar pada line 5-6 dengan daya aktif (P) sebesar 0,23MW dan daya reaktif (Q) sebesar 0,20MVar.

IV. Kesimpulan

Dari hasil running menunjukkan bahwa sebelum rekonfigurasi memutus switch line 27, 28, 29, 30, dan 31 setelah rekonfigurasi line 10, 15, 18, 21, dan 22. Sebelum rekonfigurasi jaringan mengalami losses sebesar 1169.1374 kWatt setelah rekonfigurasi mengalami losses sebesar 635.7444 kWatt. Hasil rekonfigurasi dapat mereduksi losses 635,74440 kWatt atau 45,6228 %.

V. Daftar Pustaka

- [1] J. Y. Park, J. M. Sohn, and J. K. Park, "Optimal capacitor allocation in a distribution system considering operation costs," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 24, no. 1, pp. 462–468, 2009.
- [2] J. H. Teng, "A network-topology-based three-phase load flow for distribution systems," *Proc. Natl. Sci. Counc. Repub. China, Part A Phys. Sci. Eng.*, vol. 24, no. 4, pp. 259–264, 2000.
- [3] V. Farahani, B. Vahidi, and H. A. Abyaneh, "Reconfiguration and Capacitor Placement Simultaneously for Energy Loss Reduction Based on an Improved Reconfiguration Method," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 27, no. 2, pp. 587–595, May 2012.
- [4] J. William D Stevenson, "Analisis Sistem Tenaga Listrik," *Erlangga*, p. 2004, 1984.
- [5] G. A. Setia, F. Haz, and G. H. M. Sianipar, "Performa Metode Aliran Daya Fast Decoupled di Jaringan Distribusi," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 3, no. 2, p. 249, 2018.
- [6] M. Ali, D. Ajiatmo, and M. Djalal, "Aplikasi Modified-Imperialist-Competitive-Algorithm (MICA) Untuk Merekonfigurasi Jaringan Radial Tenaga Listrik Pada Penyulang Mojoagung," *JEEE-U*, vol. 1, no. 2, pp. 17–20, 2017.
- [7] M. Choiruddin, Choiruddin; Ridhwan, Fauzi, Ahmad; Muhlasin, Muhlasin; Nurohmah, Hidayatul; Ali, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Penyulang Benteng Berbasis MICA," *SinarFe7*, vol. 1, no. 1, pp. 112–116, 2018.
- [8] H. Sufitrihansyah, M. A. Rofiq, D. Ajiatmo, and M. Ali, "Penggunaan Binary Particle Swarm Optimization untuk Rekonfigurasi Jaringan Tenaga Listrik pada Penyulang Meri," *Prosiding-1 Semin. Nas. Foertei7 -1 2018*, vol. 1, no. 1, pp. 134–138, 2018.
- [9] 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)," *SAINTEK II-2017, UB*,

Malang, no. September, pp. 103–106, 2017.

- [10] D. Wang, D. Tan, and L. Liu, “Particle swarm optimization algorithm: an overview,” *Soft Comput.*, vol. 22, no. 2, pp. 387–408, 2018.
- [11] M. Ali, Muhlasin, H. Nurohmah, A. Raikhani, H. Sopian, and N. Sutantra, “Combined ANFIS method with FA, PSO, and ICA as Steering Control Optimization on Electric Car,” in *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar, EECCIS 2018*, 2018, pp. 299–304.