

Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Primer Pada Penyulang Praya Kota Menggunakan *Binary Particle Swarm Optimization* Untuk Mengurangi Rugi Daya Jaringan Distribusi

Zainul Hadi Ramdhani¹, Supriyatna¹, I Made Ginarsa¹

¹ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62, Mataram, INDONESIA 83125

ARTICLE INFO

Article history:

Received , 2024

Revised

Accepted

Keywords:

Jaringan distribusi;

Rekonfigurasi;

Penyulang;

BPSO;

Rugi daya;

ABSTRACT

Distribution network reconfiguration plays an important role in increasing the operational efficiency of the electricity distribution system, especially in areas with high population density with very large power demands. To reduce power losses and improve the voltage profile, network reconfiguration is one option that can be done. In this final project, the Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) method is used to analyze a case study of the reconfiguration of the 20 kV distribution network at PT PLN (Persero) Praya Customer Service Unit. Reconfiguration is carried out by trying several new connections between buses from existing configurations in the distribution network, without changing the position of distribution transformers, number of channels and radial network structure. The simulation results show that the reconfigured network succeeded in achieving a significant reduction in active power losses, namely from 24,677 kW to 17,000 kW, which is equivalent to a reduction of 31.07%. In addition, the network voltage profile also experienced significant improvements, with the minimum voltage increasing from 0.990 p.u. to 0.993 p.u.

Rekonfigurasi jaringan distribusi memegang peranan penting dalam meningkatkan efisiensi operasional sistem distribusi listrik, terutama di wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi dengan permintaan daya sangat besar. Untuk mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan, rekonfigurasi jaringan menjadi salah satu pilihan yang dapat dilakukan. Dalam tugas akhir ini menggunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) untuk menganalisis studi kasus rekonfigurasi jaringan distribusi 20 kV pada PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Praya. Rekonfigurasi dilakukan dengan mencoba beberapa hubungan baru antar bus dari konfigurasi yang sudah ada pada jaringan distribusi, tanpa merubah posisi transformator distribusi, jumlah saluran dan struktur jaringan *radial*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa jaringan yang telah direkonfigurasi berhasil mencapai pengurangan yang cukup signifikan dalam rugi daya aktif, yaitu dari 24,677 kW menjadi 17,000 kW, yang setara dengan pengurangan sebesar 31,07%. Selain itu, profil tegangan jaringan juga mengalami perbaikan yang signifikan, dengan tegangan minimum meningkat dari 0,990 p.u. menjadi 0,993 p.u.

Corresponding Author:

Supriyatna, Department of Electrical Engineering, University of Mataram

Email: supriyatna@unram.ac.id

1. PENDAHULUAN

Peningkatan beban listrik yang sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi menuntut ekspansi jaringan distribusi untuk memenuhi kebutuhan yang terus berkembang. Namun, ekspansi ini sering kali menyebabkan peningkatan rugi-rugi daya dan penurunan tegangan, yang diakibatkan oleh sifat alamiah penghantar serta panjang saluran yang digunakan. Oleh karena itu, rekonfigurasi jaringan distribusi menjadi salah satu metode yang penting untuk mengurangi rugi-rugi daya dan menjaga stabilitas jaringan, dengan tetap memperhatikan batasan operasional seperti tegangan dan arus maksimum [1], [2], [3].

Dalam upaya mencapai konfigurasi jaringan yang lebih optimal, berbagai teknik rekonfigurasi telah dikembangkan dan diterapkan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Teknik-teknik ini melibatkan metode

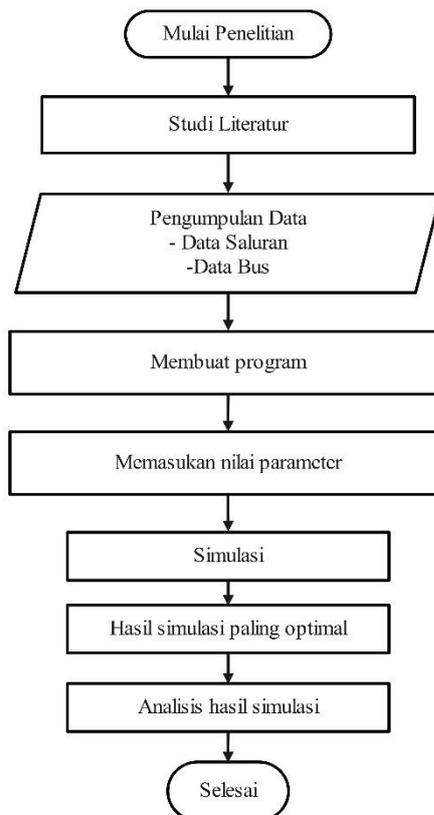
optimasi yang beragam, baik *non-heuristic* maupun *heuristic* dan *meta-heuristic*[4], [5], [6]. Beberapa metode optimasi *metaheuristic* yang sering digunakan termasuk *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO), *Improved Genetic Algorithm*, *Fireworks Algorithm*, dan lain-lain. Metode-metode ini telah menunjukkan efektivitasnya dalam mengurangi rugi-rugi daya dan meningkatkan efisiensi jaringan distribusi [7], [8], [9].

Dalam penelitian ini, metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) akan diterapkan untuk rekonfigurasi jaringan distribusi pada satu penyulang, yaitu Penyulang Praya Kota. Rekonfigurasi dilakukan dengan menguji beberapa hubungan baru antar bus dalam konfigurasi yang sudah ada, tanpa merubah posisi transformator distribusi, jumlah saluran, dan mempertahankan struktur jaringan radial. Studi kasus ini berfokus pada jaringan distribusi 20 kV di Penyulang Praya Kota, di mana diharapkan metode BPSO dapat menghasilkan konfigurasi jaringan yang lebih optimal dengan rugi-rugi daya yang lebih rendah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya meningkatkan efisiensi dan stabilitas jaringan distribusi listrik.

2. METODE

2.1. Langkah Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang sistematis, seperti yang diilustrasikan pada diagram alir di Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini. Tahapan pertama adalah studi literatur yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi mendalam mengenai rekonfigurasi jaringan distribusi dan metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO). Setelah itu, dilakukan pengumpulan data yang relevan untuk penelitian. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengembangkan program simulasi menggunakan MATLAB. Hasil simulasi tersebut dianalisis secara mendalam untuk mengevaluasi efektivitas metode yang diterapkan.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

2.2. Pemodelan Jaringan Distribusi

Sebelum menjalankan simulasi, transformator distribusi dimodelkan sebagai bus beban. Pendekatan ini diambil untuk mencerminkan kondisi operasional jaringan distribusi secara akurat dan memudahkan analisis perancangan yang lebih kompleks. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada jaringan distribusi Penyulang Praya Kota, dengan data pengukuran rata-rata Waktu Beban Puncak (WBP) dari bulan Februari 2024 [10]. Data WBP dipilih karena dianggap paling mewakili kondisi beban puncak yang sebenarnya terjadi, sehingga memberikan gambaran yang lebih realistis tentang kinerja jaringan [7]. Model beban kemudian dikonversi ke satuan per unit (p.u) menggunakan basis daya sebesar 100 MVA. Konversi ini penting karena memungkinkan analisis pada skala yang seragam, memudahkan identifikasi masalah seperti ketidakseimbangan beban atau kebutuhan peningkatan jaringan [11]. Data rinci mengenai bus pada jaringan distribusi ini dapat dilihat pada Tabel 1, yang menjadi dasar dalam proses simulasi dan analisis lebih lanjut.

Table 1. Data Bus dan Beban Penyulang Praya Kota

No bus	Gardu	Cos	Beban		
			S (kVA)	P (kW)	Q (kVAr)
1	GH Biao	0,97	0,00	0,00	0,00
2	PR031	0,95	134,21	127,50	41,91
3	PR010	0,96	47,12	45,24	13,19
4	PR153	0,97	23,33	22,63	5,67
5	Node 1	0,97	0,00	0,00	0,00
6	PR025	0,95	71,15	67,59	22,22
7	Node 2	0,97	0,00	0,00	0,00
8	PR004	0,96	131,44	126,18	36,80
9	Node 3	0,97	0,00	0,00	0,00
10	PR111	0,96	98,64	94,69	27,62
11	PR168	0,96	86,39	82,93	24,19
12	PR072	0,95	74,61	70,88	23,30
13	PR074	0,96	62,83	60,32	17,59
14	PR115	0,96	287,83	276,32	80,59
15	PR022	0,96	50,36	48,35	14,10
16	PR044	0,95	134,21	127,50	41,91
17	PR003	0,95	114,34	108,62	35,70
18	Node 4	0,97	0,00	0,00	0,00
19	PR181	0,97	6,72	6,52	1,63
20	PR002	0,96	83,39	80,05	23,35
21	PR154	0,96	60,29	57,88	16,88
22	PR009	0,96	72,53	69,63	20,31
23	PR035	0,96	60,52	58,10	16,95
24	PR135	0,95	132,59	125,96	41,40
25	Node 5	0,97	0,00	0,00	0,00
26	PR005	0,96	102,56	98,46	28,72
27	Node 6	0,97	0,00	0,00	0,00
28	PR179	0,96	48,74	46,79	13,65
29	PR007	0,96	48,05	46,13	13,45
30	PR143	0,96	30,26	29,05	8,47
31	PR106	0,96	65,37	62,76	18,30
32	Node 7	0,97	0,00	0,00	0,00
33	PR114	0,97	67,84	65,80	16,49
34	Node 8	0,97	0,00	0,00	0,00
35	PR094	0,96	73,69	70,74	20,63
36	Node 9	0,97	0,00	0,00	0,00
37	PR142	0,96	83,39	80,05	23,35
38	PR085	0,96	64,91	62,31	18,17
39	Node 10	0,97	0,00	0,00	0,00
40	PR018	0,96	93,09	89,37	26,07
41	Node 11	0,97	0,00	0,00	0,00
42	PR101	0,96	60,75	58,32	17,01
43	PR089	0,96	41,81	40,14	11,71
44	PR103	0,96	62,14	59,65	17,40
45	PR012	0,96	136,98	131,50	38,35
46	PR167	0,96	102,10	98,02	28,59
47	PR077	0,96	18,50	17,76	5,18
48	PR067	0,97	14,78	14,34	3,59
49	PR104	0,97	9,01	8,74	2,19
50	PR036	0,96	69,99	67,19	19,60
51	PR096	0,96	78,31	75,18	21,93
52	PR011	0,96	67,22	64,53	18,82
53	Node 12	0,97	0,00	0,00	0,00
54	PR102	0,96	72,08	69,20	20,18

55	PR137	0,97	4,16	4,04	1,01
56	PR158	0,97	3,93	3,81	0,96
57	PR001	0,96	81,31	78,06	22,77
58	PR108	0,95	147,38	140,01	46,02
59	Node 13	0,97	0,00	0,00	0,00
60	PR146	0,96	96,10	92,26	26,91
61	PR026	0,95	131,21	124,65	40,97
62	PR109	0,95	209,29	198,83	65,35
63	PR092	0,96	70,69	67,86	19,79
64	Node 14	0,97	0,00	0,00	0,00
65	Node 15	0,97	0,00	0,00	0,00
66	PR042	0,95	127,74	121,35	39,89
67	PR006	0,96	111,11	106,67	31,11
68	PR079	0,96	104,64	100,45	29,30
69	PR127	0,96	42,50	40,80	11,90
70	PR197	0,96	13,63	13,08	3,82
71	Node 16	0,97	0,00	0,00	0,00
72	PR116	0,96	261,26	250,81	73,15
73	PR193	0,97	6,47	6,28	1,57

Pada penelitian ini juga mengevaluasi karakteristik teknis dari saluran distribusi primer yang digunakan oleh PT. PLN (Persero) ULP Praya. Jaringan distribusi ini menggunakan kabel A3C dengan dua jenis diameter yang berbeda. Kabel berdiameter 150 mm² memiliki resistansi 0,2162 ohm/km dan reaktansi 0,3305 ohm/km, sedangkan kabel berdiameter 70 mm² memiliki resistansi 0,4068 ohm/km dan reaktansi 0,3572 ohm/km. Spesifikasi kabel ini sesuai dengan standar SPLN 64:1995, yang mengatur kriteria teknis untuk memastikan performa dan keamanan jaringan distribusi tenaga listrik [10], [12], [13]. Data lengkap mengenai impedansi dan reaktansi saluran yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2. Informasi ini sangat penting karena nilai impedansi dan reaktansi secara langsung mempengaruhi distribusi tegangan dan rugi-rugi daya dalam jaringan, yang merupakan faktor kunci dalam mengevaluasi efisiensi dan performa jaringan distribusi.

Table 2. Data Impedansi Saluran Penyulang Praya Kota

NO	Saluran		Panjang (m)	Luas Penampang	Resistansi (Ω/m)	Reaktansi (Ω/m)	Z (Ω)		Z (p.u)	
	Dari bus	Ke bus					R	X	R	X
1	1	2	46	150	0,000216	0,0003305	0,0099	0,0152	0,0025	0,0038
2	2	3	207	150	0,000216	0,0003305	0,0447	0,0684	0,0112	0,0171
3	3	4	30,5	150	0,000216	0,0003305	0,0066	0,0101	0,0016	0,0025
4	4	5	572	150	0,000216	0,0003305	0,1236	0,189	0,0309	0,0473
5	5	6	110	70	0,000461	0,0003572	0,0507	0,0393	0,0127	0,0098
6	5	7	225	150	0,000216	0,0003305	0,0486	0,0744	0,0122	0,0186
7	7	8	225	150	0,000216	0,0003305	0,0486	0,0744	0,0122	0,0186
8	7	9	470	150	0,000216	0,0003305	0,1015	0,1553	0,0254	0,0388
9	9	10	290	150	0,000216	0,0003305	0,0626	0,0958	0,0157	0,024
10	10	11	1160	150	0,000216	0,0003305	0,2506	0,3834	0,0626	0,0958
11	11	12	193	150	0,000216	0,0003305	0,0417	0,0638	0,0104	0,0159
12	12	13	54	150	0,000216	0,0003305	0,0117	0,0178	0,0029	0,0045
13	13	14	66	150	0,000216	0,0003305	0,0143	0,0218	0,0036	0,0055
14	9	15	430	150	0,000216	0,0003305	0,0929	0,1421	0,0232	0,0355
15	15	16	116	150	0,000216	0,0003305	0,0251	0,0383	0,0063	0,0096
16	9	17	472	150	0,000216	0,0003305	0,102	0,156	0,0255	0,039
17	17	18	66	150	0,000216	0,0003305	0,0143	0,0218	0,0036	0,0055
18	18	19	257	150	0,000216	0,0003305	0,0555	0,0849	0,0139	0,0212
19	19	20	124	150	0,000216	0,0003305	0,0268	0,041	0,0067	0,0102
20	18	21	306	150	0,000216	0,0003305	0,0661	0,1011	0,0165	0,0253
21	21	22	131	150	0,000216	0,0003305	0,0283	0,0433	0,0071	0,0108
22	21	23	95	150	0,000216	0,0003305	0,0205	0,0314	0,0051	0,0078
23	18	24	567	150	0,000216	0,0003305	0,1225	0,1874	0,0306	0,0468
24	24	25	120	150	0,000216	0,0003305	0,0259	0,0397	0,0065	0,0099
25	25	26	152	150	0,000216	0,0003305	0,0328	0,0502	0,0082	0,0126
26	26	27	200	150	0,000216	0,0003305	0,0432	0,0661	0,0108	0,0165
27	27	28	83	70	0,000216	0,0003305	0,0179	0,0274	0,0045	0,0069
28	27	29	61	150	0,000216	0,0003305	0,0132	0,0202	0,0033	0,005
29	29	30	33	150	0,000216	0,0003305	0,0071	0,0109	0,0018	0,0027

30	30	31	217	150	0,000216	0,0003305	0,0469	0,0717	0,0117	0,0179
31	31	32	62	150	0,000216	0,0003305	0,0134	0,0205	0,0033	0,0051
32	32	33	85	70	0,000461	0,0003572	0,0392	0,0304	0,0098	0,0076
33	32	34	307	150	0,000216	0,0003305	0,0663	0,1015	0,0166	0,0254
34	34	35	52	150	0,000216	0,0003305	0,0112	0,0172	0,0028	0,0043
35	35	36	48	150	0,000216	0,0003305	0,0104	0,0159	0,0026	0,004
36	36	37	90	150	0,000216	0,0003305	0,0194	0,0297	0,0049	0,0074
37	34	38	150	150	0,000216	0,0003305	0,0324	0,0496	0,0081	0,0124
38	38	39	72	150	0,000216	0,0003305	0,0156	0,0238	0,0039	0,0059
39	39	40	274	150	0,000216	0,0003305	0,0592	0,0906	0,0148	0,0226
40	39	41	423	150	0,000216	0,0003305	0,0914	0,1398	0,0228	0,035
41	41	42	438	150	0,000216	0,0003305	0,0946	0,1448	0,0237	0,0362
42	41	43	317	150	0,000216	0,0003305	0,0685	0,1048	0,0171	0,0262
43	43	44	31	70	0,000461	0,0003572	0,0143	0,0111	0,0036	0,0028
44	43	45	232	150	0,000216	0,0003305	0,0501	0,0767	0,0125	0,0192
45	45	46	265	150	0,000216	0,0003305	0,0572	0,0876	0,0143	0,0219
46	46	47	200	150	0,000216	0,0003305	0,0432	0,0661	0,0108	0,0165
47	47	48	249	70	0,000461	0,0003572	0,1148	0,0889	0,0287	0,0222
48	48	49	43	70	0,000461	0,0003572	0,0198	0,0154	0,0005	0,0038
49	47	50	253	70	0,000461	0,0003572	0,1166	0,0904	0,0292	0,0226
50	50	51	193	70	0,000461	0,0003572	0,089	0,0689	0,0222	0,0172
51	25	52	100	150	0,000216	0,0003305	0,0216	0,0331	0,0054	0,0083
52	52	53	102	150	0,000216	0,0003305	0,022	0,0337	0,0055	0,0084
53	53	54	183	70	0,000461	0,0003572	0,0844	0,0654	0,0211	0,0163
54	54	55	50	70	0,000461	0,0003572	0,0231	0,0179	0,0058	0,0045
55	55	56	210	70	0,000461	0,0003572	0,0968	0,075	0,0242	0,0188
56	53	57	147	150	0,000216	0,0003305	0,0318	0,0486	0,0079	0,0121
57	57	58	148	150	0,000216	0,0003305	0,032	0,0489	0,008	0,0122
58	58	59	172	150	0,000216	0,0003305	0,0372	0,0568	0,0093	0,0142
59	59	60	279	70	0,000461	0,0003572	0,1286	0,0997	0,0322	0,0249
60	59	61	446	150	0,000216	0,0003305	0,0963	0,1474	0,0241	0,0369
61	61	62	305	70	0,000461	0,0003305	0,1406	0,1008	0,0352	0,0252
62	61	63	296	150	0,000216	0,0003305	0,0639	0,0978	0,016	0,0245
63	63	64	155	150	0,000216	0,0003305	0,0335	0,0512	0,0084	0,0128
64	64	65	303	150	0,000216	0,0003305	0,0654	0,1001	0,0164	0,025
65	65	66	242	150	0,000216	0,0003305	0,0523	0,08	0,0131	0,02
66	64	67	235	150	0,000216	0,0003305	0,0508	0,0777	0,0127	0,0194
67	67	68	507	150	0,000216	0,0003305	0,1095	0,1676	0,0274	0,0419
68	68	69	47	150	0,000216	0,0003305	0,0102	0,0155	0,0025	0,0039
69	69	70	256	150	0,000216	0,0003305	0,0553	0,0846	0,0138	0,0212
70	70	71	321	150	0,000216	0,0003305	0,0693	0,1061	0,0173	0,0265
71	71	72	101	150	0,000216	0,0003305	0,0218	0,0334	0,0055	0,0083
72	71	73	151	150	0,000216	0,0003305	0,0326	0,0499	0,0082	0,0125

2.3. Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi dengan Metode BPSO

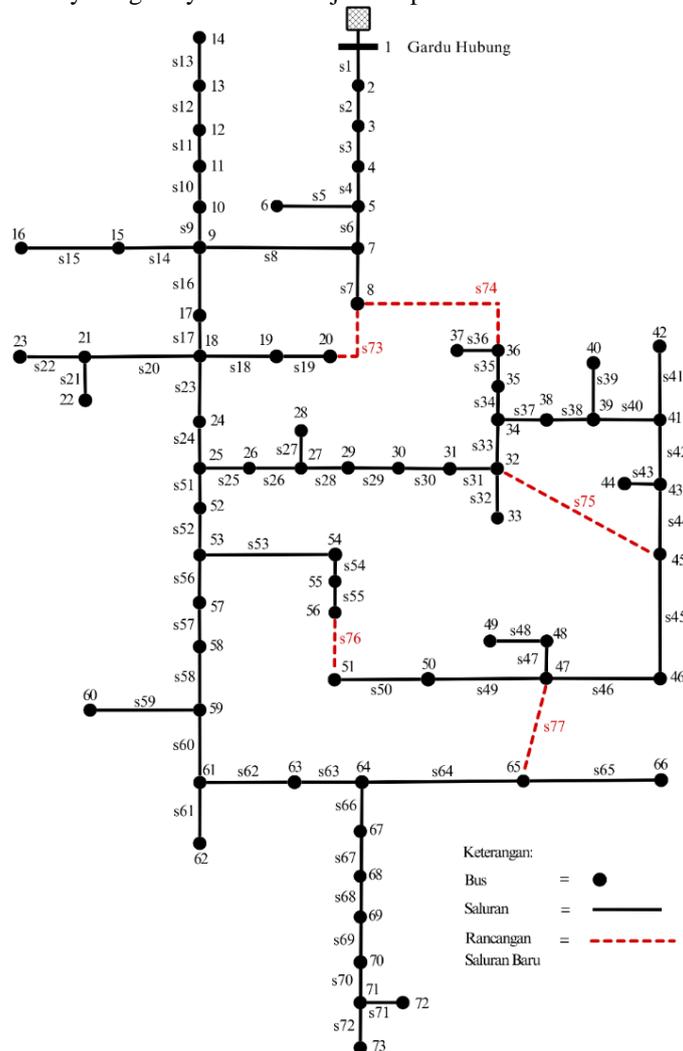
Secara umum, langkah-langkah dalam metode BPSO dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mulai: Proses dimulai.
2. Instalasi Parameter: Menetapkan parameter awal yang diperlukan untuk algoritma BPSO, termasuk:
 - Jumlah partikel (n): Jumlah kandidat solusi dalam populasi.
 - Dimensi (dim): Jumlah variabel yang akan dioptimalkan.
 - Posisi partikel (x): Lokasi awal partikel dalam ruang pencarian.
 - Kecepatan partikel: Laju perubahan posisi partikel.
3. Inisialisasi *Gbest*: Solusi global terbaik yang ditemukan.
4. Penentuan *loop* yang akan dioptimasi dengan membuat matriks insidensi: Mengidentifikasi *loop* atau jalur dalam jaringan distribusi yang akan dioptimasi dan membuat matriks insidensi yang merepresentasikan hubungan antar elemen jaringan.
5. Memuat data kasus: Memverifikasi apakah data yang dimuat valid atau tidak. Ini mencakup memuat informasi tentang jaringan distribusi dan kondisi operasi.
6. Instalasi *Fitness Function*: Menetapkan fungsi *fitness* yang akan digunakan untuk mengevaluasi kualitas solusi. Fungsi ini berkaitan dengan tujuan minimisasi rugi daya.

7. Mencoba suatu konfigurasi: Untuk setiap partikel dalam populasi, mencoba konfigurasi jaringan yang berbeda berdasarkan posisi partikel. Menghitung aliran daya untuk menilai fungsi *fitness* dari setiap konfigurasi.
8. *Update Pbest* dan *Gbest*: Memperbarui posisi dan kecepatan partikel berdasarkan informasi lokal terbaik (*Pbest*) dan global terbaik (*Gbest*). Konfigurasi yang lebih baik dari yang sebelumnya ditemukan disimpan sebagai *Pbest* atau *Gbest*.
9. Iterasi Selesai: Proses ini diulangi hingga jumlah iterasi yang telah ditentukan tercapai atau kriteria konvergensi lainnya terpenuhi.
10. Menghitung Konfigurasi Awal: Setelah iterasi selesai, menghitung konfigurasi awal dengan menonaktifkan *Tie Switch* yang direncanakan. Membandingkan hasil akhir dengan *Gbest* yang diperoleh dan menghitung persentase penurunan rugi daya.
11. Menampilkan hasil: Menampilkan hasil akhir, termasuk status *Tie Switch* (NO), rugi daya sebelum dan sesudah rekonfigurasi, serta persentase penurunan rugi daya.
12. Selesai: Proses berakhir [7], [14].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram satu garis Penyulang Praya Kota ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram satu garis Penyulang Praya Kota dengan perancangan saluran baru

Pada Gambar 2, simbol bus direpresentasikan dengan titik hitam bulat, sementara rancangan saluran baru ditandai dengan garis putus-putus berwarna merah. Pada rancangan ini, terdapat lima jaringan baru yang dirancang untuk dihubungkan ke lima bus transformator distribusi terdekat. Pemilihan jaringan baru ini

didasarkan pada kemungkinan untuk memindahkan bus ke jaringan distribusi yang berbeda, guna meningkatkan efisiensi aliran daya.

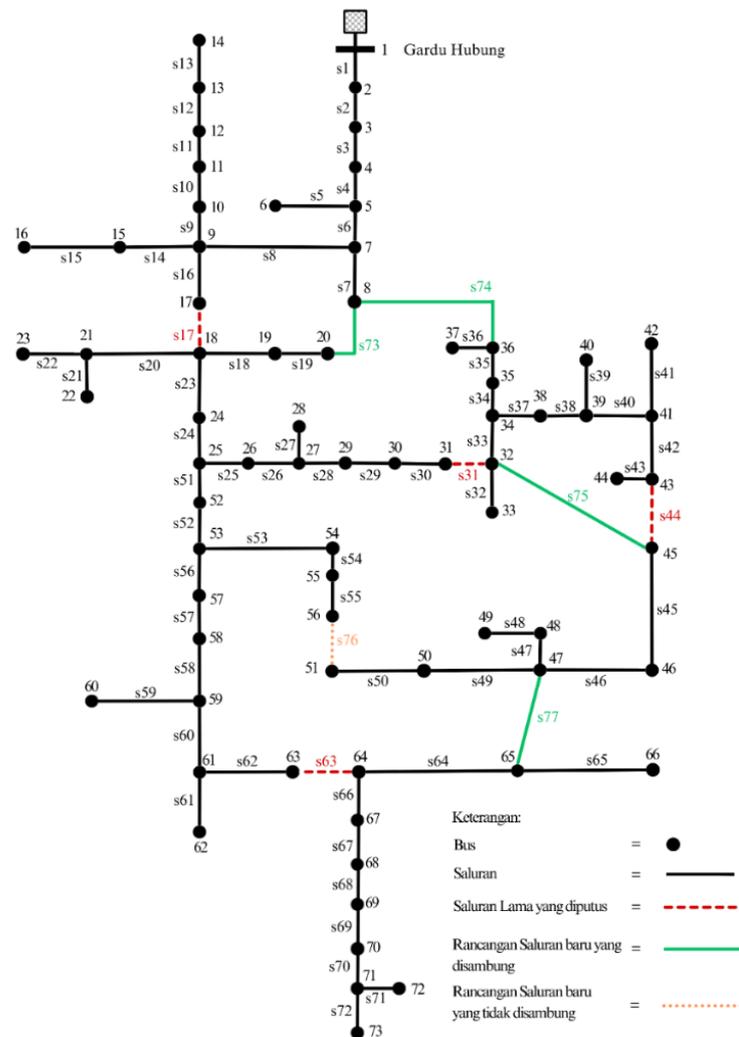
Sebelum rekonfigurasi, dari simulasi aliran daya menghasilkan rugi-rugi daya yang disebabkan oleh sifat alami dari saluran, nilai rugi daya total pada penyulang Praya Kota adalah sebesar 24,677 kW dan 37,73 kVAr untuk rugi daya reaktif dari daya total yang dikirimkan oleh bus generator.

Proses rekonfigurasi dilakukan dengan menambahkan lima saluran baru pada jaringan yang sudah ada, yakni dengan penambahan saluran yaitu s73, s74, s75, s76, s77. Peletakan saluran baru ini mempertimbangkan jarak antar gardu distribusi di kondisi nyata. Jika jarak antar gardu memungkinkan untuk rekonfigurasi, maka saluran baru ditempatkan untuk meningkatkan efisiensi jaringan, data rencana saluran baru ditunjukkan pada Tabel 3.

Table 3. Data Rencana Saluran Baru

NO	Saluran		Panjang (m)	Luas Penampang	Resistansi (Ω/m)	Reaktansi (Ω/m)	Z (Ω)		Z (p.u)	
	Dari bus	Ke bus					R	X	R	X
73	8	20	178	150	0,000216	0,000331	0,0384	0,0588	0,0096	0,0147
74	8	36	795	150	0,000216	0,000331	0,1717	0,2627	0,0429	0,0657
75	32	45	419	150	0,000216	0,000331	0,0905	0,1385	0,0226	0,0346
76	51	56	243	70	0,000216	0,000331	0,0525	0,0803	0,0131	0,0201
77	47	65	394	150	0,000216	0,000331	0,0851	0,1302	0,0213	0,0326

3.1. Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi dengan Metode BPSO



Gambar 3. Hasil Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Penyulang Praya Kota

Pada pembahasan sebelumnya telah dirancang 5 saluran baru sebagai pencarian untuk metode BPSO. Simulasi dilakukan dengan skenario *switch* sebagai saluran baru pada jaringan yang sudah ada. *switch* yang terbuka pada hasil simulasi direpresentasikan sebagai saluran yang terputus. Pada simulasi di setiap saluran dianalogikan sebagai *switch* yang dapat dibuka dan ditutup, sehingga didapatkan saluran yang baru adalah yang menggantikan saluran yang dibuka berdasarkan hasil simulasi.

Nilai total rugi daya aktif pada jaringan setelah rekonfigurasi mengalami penurunan 24,677 kW menjadi 17,009 kW dengan penurunan rugi daya sebesar 30.07% dan memperbaiki profil tegangan, dengan tegangan minimum meningkat dari 0,990 pu menjadi 0,993 pu. *Single line diagram* menunjukkan perubahan jalur distribusi menjadi lebih efisien, di mana saluran s17, s31, s44, dan s63 diputus, sementara saluran baru s73, s74, s75, dan s77 ditambahkan. Selain itu, saluran 76 tidak direalisasikan karena tidak efektif dalam meminimalkan rugi-rugi. Perbandingan hasil simulasi sebelum dan setelah rekonfigurasi dapat dilihat pada tabel 4.

Table 4 Tabel Hasil Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan BPSO

	Sebelum Rekonfigurasi	Sesudah Rekonfigurasi
Saluran yang dibuka	s73, s74, s75, s76, s77	s17, s31, s44, s63, s76
Rugi-rugi daya aktif	24,677 kW	17,00 kW
Pengurangan Rugi-rugi daya aktif	-	30.07%
Rugi-rugi daya reaktif	37,73 kVAr	26,00 kVAr
Pengurangan Rugi-rugi daya reaktif	-	31,09%
Nilai Tegangan Minimum	0.990 p.u.	0.993 p.u.

4. KESIMPULAN

Pada kondisi eksisting, hasil simulasi aliran daya menunjukkan bahwa Penyulang Praya Kota mengalami rugi daya aktif sebesar 24,677 kW dan rugi daya reaktif sebesar 37,73 kVAr. Profil tegangan pada Penyulang Praya Kota pada bus 1 bernilai 1 p.u., mengalami penurunan pertama di bus 3 hingga mencapai 0,999 p.u., dan terus menurun hingga nilai terendah 0,989 p.u. di bus terakhir.

Setelah rekonfigurasi, jalur distribusi Penyulang Praya Kota menjadi lebih efisien. Saluran s17 yang menghubungkan Gardu PR003 dan *Node* 4 digantikan oleh s73 yang menghubungkan Gardu PR004 dan Gardu PR181. Saluran s31 dari Gardu PR106 ke *Node* 7 digantikan oleh s74 yang menghubungkan Gardu PR004 hingga *Node* 9. Saluran s44 dari Gardu PR089 ke Gardu PR012 digantikan oleh s75, dan s63 dari Gardu PR092 ke *Node* 14 digantikan oleh s77. Namun, saluran s76 dari Gardu PR096 ke Gardu PR158 tidak direalisasikan karena tidak mengurangi rugi daya.

Rekonfigurasi jaringan dengan BPSO berhasil menurunkan rugi daya 24,677 kW menjadi 17,00 kW dengan penurunan rugi daya sebesar 31,07%, dan total rugi daya reaktif menurun dari 37,73 kVAr menjadi 26,00 kVAr atau mengalami penurunan sebesar 31,09%. Rekonfigurasi jaringan juga memperbaiki profil tegangan, dengan tegangan minimum meningkat dari 0,990 p.u. menjadi 0,993 p.u.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kurniawan, "Pengaruh Luas Penampang Kabel AAAC Terhadap Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Feeder 3 Kudus," 2021.
- [2] R. D. Cahyanto, "Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur Dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap Dan Penggantian Kabel Penyulang," 2008.
- [3] G. S. Wicaksono dan T. Wrahatnolo, "Evaluasi Ketidakseimbangan Beban pada GTT 20kV di Penyulang Plumbungan Surabaya," vol. 5, 2023.
- [4] N. R. Arianti, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Primer Pada PT. PLN (Persero) ULP Ploso Menggunakan Selective Particle Swarm Optimization Untuk Meningkatkan Efisiensi Jaringan Distribusi," 2019.
- [5] M. Farid, Hermawan, dan Darjat, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Feeder Medari 2 Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)," Semarang, Des 2020.

-
- [6] M. Ali dan H. K. Hidayat, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO),” 2017.
- [7] O. Zebua dan I. M. Ginarsa, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi untuk Meminimisasi Rugi-Rugi pada Penyulang Kabut di Gardu Induk Teluk Betung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO),” *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, Mar 2016.
- [8] M Harbi Rai Pangestu, O. Zebua, dan H. Gusmedi, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Untuk Meminimalisasi Rugi-Rugi Daya Dengan Menggunakan Metode Grey Wolf Optimizer (GWO),” *Electrician*, vol. 16, no. 3, hlm. 238–246, 2022, doi: 10.23960/elc.v16n3.2262.
- [9] A. Farich dan T. Wrahatnolo, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Bandilan Dengan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG),” hlm. 687–693, 2019.
- [10] PT. PLN (Persero) ULP Praya, “Data Pengukuran Gardu dan Single Line Diagram Penyulang Praya Kota,” 2024.
- [11] MATLAB (R2021a), “User Guide,” www.mathwork.com.
- [12] PT. PLN (Persero), *SPLN Persyaratan Penghantar Tembaga Dan Aluminium Untuk Kabel Listrik Berisolasi*.
- [13] PT. PLN (Persero), *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. 2010.
- [14] V. Y. D. Purnomo, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Primer PT. PLN (Persero) ULP Giri Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization Untuk Mengurangi Rugi – rugi Daya Jaringan Distribusi,” 2020.
- [15] M. F. Riza, “Pada Penyulang Di Gardu Induk Tarahan Dengan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi,” 2021.
- [16] N. Septiani, S. Thaha, dan N. Muchtar, “Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panakkukang,” Makassar, 2021.
- [17] T. Gonen, *Electric Power Distribution Engineering*, 3 ed. [Daring]. Tersedia pada: www.TechnicalBooksPdf.com
- [18] R. I. Shaleh, Hermawan, dan Nugroho Agus Darmanto, “Perencanaan Dan Perhitungan Biaya Konstruksi Jaringan Distribusi 20kV Hasil Optimasi Pelimpahan Sebagian Beban Feeder KTN 11 Ke KTN 14 PT.PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Yogyakarta,” 2020.
- [19] Hadi. Saadat, “Power System Analysis,” *New York: The McGraw Hill Companies*, 1999.
- [20] A. Citra Pradana dan A. Aditsania, “Implementasi Algoritma Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) dan C4.5 Decision Tree untuk Deteksi Kanker Berdasarkan Klasifikasi Microarray Data,” 2018.
- [21] L. S. Ramdhani, “Penerapan Particle Swarm Optimization (PSO) Untuk Seleksi Atribut Dalam Meningkatkan Akurasi Prediksi Diagnosis Penyakit Hepatitis Dengan Metode Algoritma C4.5,” 2016.
- [22] N. R. Arianti, S. Anam, dan D. A. Asfani, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Primer Pada PT. PLN (Persero) ULP Ploso Menggunakan Selective Particle Swarm Optimization Untuk Meningkatkan Efisiensi Jaringan Distribusi,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2019.
- [23] A. R. Ariangga, S. I. Hardiyudo, U. T. Kartini, dan W. Aribowo, “Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem,” 2021.
- [24] Sugianto, A. Jaya, dan B. A. Ashad, “Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Penyulang POLDA Area Makassar Utara dengan Menggunakan ETAP 12.6,” 2020.
- [25] T. Tumpur Pamungkas, Darjat, dan Hermawan, “Implementasi Perencanaan Jaringan Distribusi Baru Serta Investasi Biaya Peralatan Pada Feeder Medari 2,” 2020.
- [26] T. Sukmadi dan B. Winardi, “Perhitungan Dan Analisis Keseimbangan Beban Pada Sistem Distribusi 20 Kv Terhadap Rugi-Rugi Daya (Studi Kasus Pada Pt. Pln Upj Slawi),” *Transmisi*, vol. 11, no. 1, hlm. 47–52, 2009.
- [27] M. N. Haq, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Di Gardu Induk Batang,” 2016.
- [28] I. P. Arya Suardika, I. G. Dyana Arjana, dan A. A. G. Maharta Pemayun, “Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20 kV Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Abang,” 2018.
- [29] A. B. Saputra, “Rekonfigurasi sistem distribusi untuk mengatasi beban lebih Dan meminimalkan rugi – rugi pada jaringan distribusi Tengkawang Samarinda,” Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, 2016.
- [30] R. A. Sudiro, “Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Kotamobagu Dan Perbaikan,” *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 6, 2017.
-

- [31] A. Cahyono, H. K. Hidayat, S. Arfaah, dan M. Ali, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO),” 2017.
- [32] R. Simanjuntak, A. Tanjung, dan M. P. Halilintar, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Feeder Balam Dengan Metoda Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Di PT. PLN (Persero) Bagan Batu,” *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 5, no. 2, hlm. 60–67, 2021.
- [33] D. Suswanto, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang, 2009.
- [34] T. Hidayat dan A. Sofyan, “Analisa Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Di PT PLN Sungai Rumbai,” *Rang Teknik Journal*, vol. 6, no. 2, hlm. 199–206, Mei 2023, doi: 10.31869/rtj.v6i2.4164.
- [35] N. A. Basyarach dan P. Ontoseno, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Minimisasi Rugi Daya Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO),” vol. 04, Jan 2016.
- [36] M. Otong dan A. Nurrohman, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Menggunakan Algoritma Genetika di Interkoneksi Penyulang Pakupatan dan Palima pada Beban Prioritas untuk Mengurangi Rugi Daya dan Jatuh Tegangan,” *Jurnal Ilmiah Setrum Article In Press*, vol. 8, no. 2, hlm. 158–165, 2019.
- [37] A. A. Firdaus, A. Soeprijanto, A. Priyadi, D. F. U. Putra, N. K. Aryani, dan N. Z. Dina, “Distribution Network Reconfiguration with Binary Particle Swarm Optimization to Reduce Power Loss in Kuta,” *ISITIA 2022 - Proceeding*, hlm. 332–337, 2022, doi: 10.1109/ISITIA56226.2022.9855345.