

Penerapan Algoritma Kunang – Kunang (*Firefly Algorithm*) untuk Optimasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial

Yoakim Simamora¹; Ibnu Hajar²; Alex Fernandes³

^{1,2,3}Sekolah Tinggi Teknik PLN

¹yoakim@sttpln.ac.id

²ibnu.hajar@sttpln.ac.id

³alex@sttpln.ac.id

ABSTRACT

This research discusses network reconfiguration to minimize network loss in distribution systems. The network reconfiguration value is limited by the number of tie switches on the distribution network. Distribution network reconfiguration is one of the ways to improve power quality, power quality in this case is the repair of voltage drop and power losses. Binary firefly algorithm is used for optimization of IEEE 33 bus distribution network reconfiguration. This scheme was tested on a 12.66 kV system. The simulation results using the binary firefly algorithm when not optimized on the IEEE 33 bus distribution system have a network loss of 202.69 kW with a minimum voltage of 0.91 pu. After reconfiguration the optimal network loss network it is 139.53 kW with a minimum voltage of 0.95 pu.

Keywords: Reconfiguration, Power Losses, Firefly Algorithm

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang rekonfigurasi jaringan untuk meminimalkan rugi jaringan pada sistem distribusi. Nilai rekonfigurasi jaringan dibatasi oleh jumlah tie switch yang ada pada jaringan distribusi. Rekonfigurasi jaringan Distribusi merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas daya, kualitas daya dalam hal ini adalah perbaikan jatuh tegangan dan rugi – rugi daya. Binary firefly algorithm digunakan untuk optimasi rekonfigurasi jaringan Distribusi IEEE 33 bus. Skema ini diujikan pada sistem 12,66 kV. Hasil simulasi dengan menggunakan binary firefly algorithm pada saat belum dilakuakn optimasi pada sistem distribusi IEEE 33 bus memiliki rugi jaringan sebesar 202,69 kW dengan tegangan minimum 0,91 pu. Setelah rekonfigurasi jaringan rugi jaringan yang optimal sebesar 139,53 kW dengan tegangan minimum 0,95 pu.

Kata kunci: Rekonfigurasi, Rugi-rugi Daya, Fire Fly Algorithm

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan bagian penyaluran daya yang penting karena letak sistem distribusi dekat dengan beban. Kualitas daya pada sistem distribusi harus bagus dan tetap terjaga. Kualitas daya merupakan hal penting untuk menjaga stabilitas sistem tenaga listrik. Penurunan kualitas daya dapat disebabkan oleh faktor daya yang menurun, tegangan jatuh, dan rugi jaringan [1]. Rugi jaringan pada sistem distribusi dapat dipengaruhi oleh panjang saluran dan pembebanan [2]. Rugi jaringan dapat diminimalkan dengan beberapa cara antara lain penambahan *distributed generator* (DG), penambahan kapasitas saluran, rekonfigurasi jaringan, pemasangan kapasitor dan lain sebagainya.

Rekonfigurasi jaringan adalah mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan mengubah status dari skalar terbuka atau tertutup (*sectionalizing* atau *tie switch*) [3]. Rekonfigurasi jaringan dapat meningkatkan kualitas daya dengan cara mengurangi kerugian daya, meningkatkan keandalan, stabilitas tegangan dan keseimbangan pembebanan. Tujuan utama rekonfigurasi jaringan adalah untuk meminimalkan rugi jaringan. Selain rekonfigurasi jaringan, pemasangan kapasitor juga dapat meminimalkan rugi jaringan [4].

Sudah banyak metode yang pernah dicoba, tetapi masih banyak kekurangan seperti Metode *Newton Raphson* dan *fast decoupled* kurang cocok digunakan untuk penyelesaian aliran daya pada sistem distribusi. Terutama pada jaringan berbentuk radial yang kompleks, diperlukan sebuah metode yang dapat merekonfigurasi jaringan yang mudah serta optimal dalam menurunkan rugi-rugi energi [5].

Penelitian ini, menggunakan metode *binary firefly algorithm* untuk optimasi rekonfigurasi jaringan distribusi radial 20 kV yang dilakukan dengan cara mengubah on atau off saluran dan pencarian konfigurasi yang menghasilkan rugi-rugi daya terkecil dengan tegangan yang lebih baik,

2. REKONFIGURASI JARINGAN DENGAN *BINARY FIREFLY ALGORITHM*

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pada penelitian ini digunakan metode *simple branch exchange* untuk mendapatkan rekonfigurasi jaringan yang paling optimal. Sistem distribusi tenaga listrik terbagi menjadi tiga bagian penting yaitu pembangkit, transmisi dan distribusi [1]. Daya listrik yang dihasilkan dari pembangkit disalurkan melalui jaringan transmisi dan distribusi sehingga sampai ke beban. Sistem jaringan distribusi digunakan untuk menyalurkan energi listrik berdaya besar menuju ke konsumen atau pemakai energi listrik. Karakteristik dari sistem distribusi adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai ratio R/X yang tinggi.
2. Jauh dari pembangkit.
3. Memiliki banyak cabang atau saluran.

Karakteristik dari sistem distribusi menyebabkan rugi jaringan. Rugi jaringan adalah suatu keadaan dimana jumlah daya yang disalurkan dari pembangkit tidak sama dengan jumlah daya yang diterima sisi beban. Pada sistem penyaluran jarak jauh, biasanya digunakan tegangan setinggi mungkin. Hal ini bertujuan untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi. Dalam hal ini, kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir [6].

$$P_{loss} = i^2 \times R \quad (1)$$

Sistem distribusi pada suatu daerah tidak hanya disuplai oleh satu gardu induk, melainkan juga dari gardu induk yang lain. Setiap penyulang memiliki konfigurasi yang dapat terhubung dengan penyulang yang lain. Hal ini dilakukan untuk menjaga kontinuitas daya yang disalurkan dan menjaga kehandalan sistem [7].

2.2. Binary Firefly Algorithm

Binary firefly algorithm merupakan pengembangan dari metode algoritma firefly [8]. Pengembangan yang dilakukan adalah data masukan dan keluaran berupa data binary yaitu “0” dan “1”. Data keluaran pada Binary Firefly Algorithm berupa data binary sehingga perlu fungsi tambahan yaitu fungsi sigmoid. Fungsi sigmoid seperti persamaan (3).

$$S(x_i) = \frac{1}{1 + \exp(-x_i)} \tag{2}$$

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{if } S(x_i) > r \\ 0, & - \end{cases} \tag{3}$$

Firefly algorithm atau algoritma kunang-kunang merupakan algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku berkedip kunang-kunang. Tujuan utama dari perilaku berkedip kunang-kunang adalah untuk menarik kunang-kunang yang lain [9].

Algoritma kunang-kunang dikembangkan oleh Dr Xin-She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007. Dr Xin-She Yang merumuskan algoritma kunang-kunang sebagai berikut, Semua kunang-kunang itu unisex sehingga suatu kunang-kunang akan tertarik pada kunang-kunang yang lain. Daya tarik kunang-kunang sebanding dengan tingkat kecerahan kunang-kunang. Kunang-kunang dengan tingkat kecerahan yang lebih rendah akan tertarik dan bergerak menuju ke kunang-kunang dengan tingkat kecerahan yang lebih tinggi. Tingkat kecerahan dipengaruhi oleh jarak dan cahaya akibat cuaca. Kecerahan atau intensitas cahaya kunang-kunang ditentukan oleh nilai fungsi tujuan dari masalah yang diberikan. Intensitas cahaya sebanding dengan nilai fungsi tujuan untuk masalah optimalisasi.

2.3. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan jaring radial IEEE 33-bus, dengan tegangan 12,66 kV. Dalam sistem ini terdapat 37 switch yang terdiri dari 5 tie-lines (normally open) dan 32 saklar pemisah (normally close). Data-data jaring dan beban pada setiap bus terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Saluran pada Sistem Distribusi IEEE 33-Bus

Cabang Nomor	Saluran		Impedansi	
	dari	ke	R (ohm)	X (ohm)
1	1	2	0,092	0,047
2	2	3	0,493	0,251
3	3	4	0,366	0,184
4	4	5	0,381	0,194
5	5	6	0,819	0,707
6	6	7	0,187	0,619
7	7	8	0,711	0,235
8	8	9	1,030	0,740
9	9	10	1,044	0,740
10	10	11	0,197	0,065
11	11	12	0,374	0,124
12	12	13	1,468	1,155
13	13	14	0,542	0,713
14	14	15	0,591	0,526
15	15	16	0,746	0,545
16	16	17	1,289	1,721

17	17	18	0,732	0,574
18	2	19	0,164	0,156
19	19	20	1,504	1,355
20	20	21	0,409	0,478
21	21	22	0,708	0,937
22	3	23	0,451	0,308
23	23	24	0,898	0,709
24	24	25	0,896	0,711
25	6	26	0,203	0,103
26	26	27	0,284	0,145
27	27	28	1,059	0,934
28	28	29	0,804	0,701
29	29	30	0,507	0,258
30	30	31	0,974	0,963
31	31	32	0,310	0,362
32	32	33	0,341	0,530
Tie Switch				
33	21	8	2	2
34	9	15	2	2
35	12	22	2	2
36	18	33	0,5	0,5
37	25	19	0,5	0,5

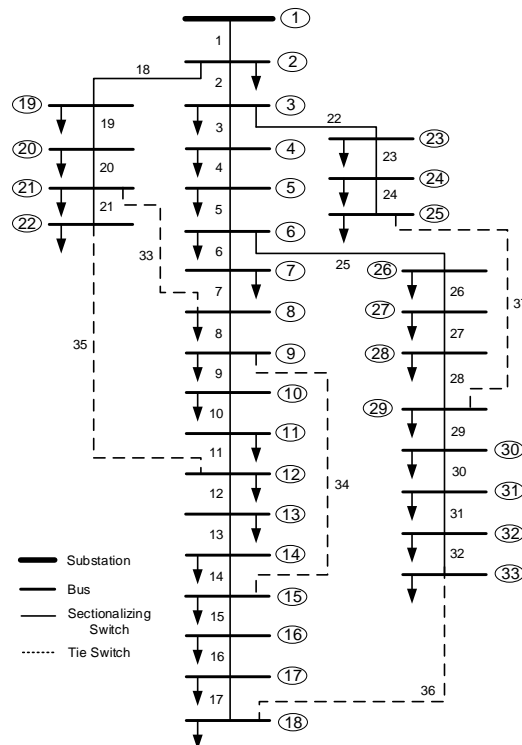
Tabel 2. Data Beban pada Sistem Distribusi IEEE 33-Bus

Bus	Fasa R		Fasa S		Fasa T	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
1	0	0	0	0	0	0
2	100	60	100	60	100	60
3	90	40	90	40	90	40
4	120	80	120	80	120	80
5	60	30	60	30	60	30
6	60	20	60	20	60	20
7	200	100	200	100	200	100
8	200	100	200	100	200	100
9	60	20	60	20	60	20
10	60	20	60	20	60	20
11	45	30	45	30	45	30
12	60	35	60	35	60	35
13	60	35	60	35	60	35
14	120	80	120	80	120	80
15	60	10	60	10	60	10
16	60	20	60	20	60	20
17	60	20	60	20	60	20
18	90	40	90	40	90	40

19	90	40	90	40	90	40
20	90	40	90	40	90	40
21	90	40	90	40	90	40
22	90	40	90	40	90	40
23	90	50	90	50	90	50
24	420	200	420	200	420	200
25	420	200	420	200	420	200
26	60	25	60	25	60	25
27	60	25	60	25	60	25
28	60	20	60	20	60	20
29	120	70	120	70	120	70
30	200	600	200	600	200	600
31	150	70	150	70	150	70
32	210	100	210	100	210	100
33	60	40	60	40	60	40

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi awal adalah kondisi dimana sistem distribusi IEEE 33 bus masih dalam keadaan normal. Pada kondisi awal ini belum dilakukan rekonfigurasi. Konfigurasi jaringan sistem distribusi IEEE 33 bus dalam keadaan normal sesuai dengan gambar 1.



Gambar 1. Single Line Diagram Jaringan Distribusi 33-bus Sebelum Rekonfigurasi

3.1. Hasil Simulasi Sistem Radial 33-Bus Sebelum Rekonfigurasi

Berikut adalah hasil simulasi kondisi awal sistem Distribusi IEEE 33 bus sebelum rekonfigurasi.

Tabel 3. Tegangan Sistem 33-Bus Sebelum Rekonfigurasi

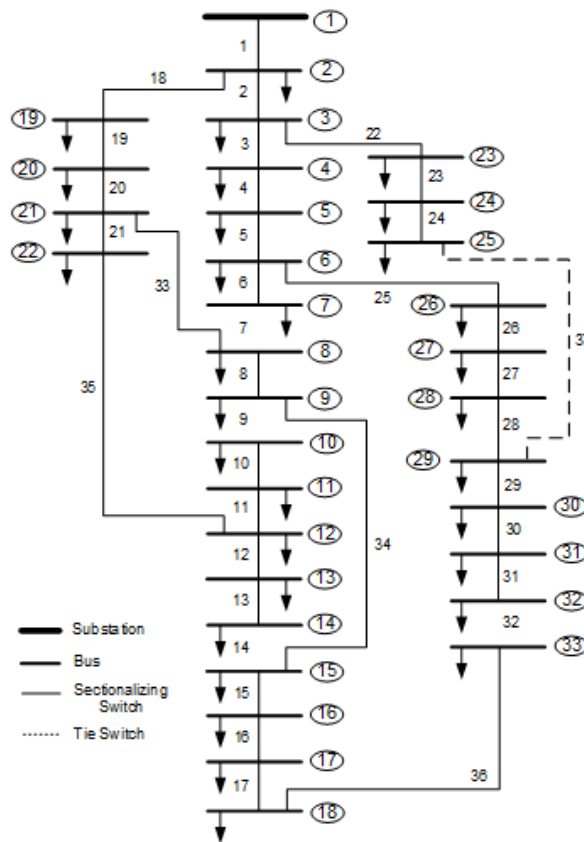
Bus	Tegangan (kV)	Saluran		Arus (A)	Losses (kW)
		Dari Bus	Ke Bus		
1	12,66	1	2	210,36	12,24
2	12,62	2	3	187,13	51,79
3	12,44	3	4	134,63	19,90
4	12,35	4	5	127,89	18,70
5	12,25	5	6	124,77	38,25
6	12,02	6	7	58,39	1,91
7	11,98	7	8	47,61	4,86
8	11,92	8	9	36,78	4,18
9	11,84	9	10	33,72	3,56
10	11,76	10	11	30,64	0,55
11	11,75	11	12	28,01	0,88
12	11,73	12	13	24,61	2,67
13	11,66	13	14	21,18	0,73
14	11,63	14	15	14,19	0,36
15	11,61	15	16	11,21	0,28
16	11,59	16	17	8,07	0,25
17	11,57	17	18	4,92	0,05
18	11,56	2	19	18,09	0,16
19	12,62	19	20	13,58	0,83
20	12,57	20	21	9,06	0,10
21	12,56	21	22	4,53	0,04
22	12,55	3	23	48,48	3,18
23	12,40	23	24	43,70	5,14
24	12,31	24	25	21,89	1,29
25	12,27	6	26	65,35	2,60
26	12,00	26	27	62,49	3,33
27	11,97	27	28	59,64	11,30
28	11,82	28	29	56,98	7,83
29	11,72	29	30	50,58	3,90
30	11,67	30	31	23,35	1,59
31	11,62	31	32	15,13	0,21
32	11,61	32	33	3,59	0,01
33	11,60	Total			202,69

Tabel 3 menjelaskan tentang hasil aliran daya pada sistem distribusi IEEE 33 bus. Tabel 3.1 menunjukkan hasil simulasi pada kondisi awal sebelum menerapkan rekonfigurasi. Nilai tegangan pada kondisi awal antara 0,91 pu sampai 1 pu. Tegangan yang berada dibawah 0,95 pu ada sebanyak 21 bus. Tegangan terkecil terdapat pada bus 18 karena bus 18 merupakan bus yang memiliki jarak paling jauh dari sumber. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan pada kondisi awal masih melebihi batasan tegangan yang diijinkan yaitu antara 0,95 pu sampai 1,05 pu.

Sistem distribusi IEEE 33 bus pada kondisi awal dapat dikatakan mengalami undervoltage. Undervoltage adalah sesuatu kejadian yang terjadi ketika magnitude tegangan turun antara 0,8 s/d 0,9 pu dengan jangka waktu lebih dari 1 menit. Undervoltage muncul disebabkan oleh adanya rugi jaringan. Total nilai rugi jaringan pada kondisi awal sebesar 202,69 kW. Oleh karena itu diperlukan suatu cara untuk meminimalkan rugi jaringan sistem distribusi IEEE 33 bus. Langkah yang digunakan adalah metode rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor. Rekonfigurasi dilakukan dengan cara mengatur ulang konfigurasi jaringan sistem distribusi dengan cara membuka dan menutup *switch*.

3.2 Hasil Simulasi Sistem Radial 33-Bus Setelah Rekonfigurasi Menggunakan Binary Firefly Algorithm

Tahap ini dilakukan rekonfigurasi pada system distribusi IEEE 33 bus. Rekonfigurasi dilakukan dengan cara mengatur ulang jaringan sistem distribusi. Rekonfigurasi dilakukan agar mendapatkan profil tegangan yang lebih baik, kerugian daya yang minimal daripada kondisi awal.



Gambar 2. Single Line Diagram Jaring Distribusi 33-bus Setelah Rekonfigurasi

Tabel 4. Tegangan dan *angle* Sistem 33-Bus Setelah Rekonfigurasi

Bus	Tegangan (kV)	Saluran		Arus (A)	Losses (kW)
		Dari Bus	Ke Bus		
1	12,66	1	2	207,13	11,87
2	12,62	2	3	134,59	26,79
3	12,49	3	4	82,91	7,55
4	12,44	4	5	76,28	6,65
5	12,38	5	6	73,27	13,19
6	12,25	6	7	10,55	0,06
7	12,24	2	19	67,77	2,26
8	12,19	19	20	63,26	18,06
9	12,14	20	21	58,67	4,23
10	12,19	21	8	30,60	5,62
11	12,19	8	9	20,04	1,24
12	12,19	21	22	23,53	1,18
13	12,16	22	12	18,92	2,15
14	12,15	12	11	5,51	0,03
15	12,07	11	10	3,00	0,01
16	12,04	12	13	10,15	0,45
17	12,01	13	14	6,85	0,08
18	12,00	9	15	17,04	1,74
19	12,60	3	23	48,28	3,15
20	12,38	23	24	43,51	5,10
21	12,32	24	25	21,79	1,28
22	12,28	6	26	60,54	2,23
23	12,45	26	27	57,74	2,84
24	12,37	27	28	54,97	9,60
25	12,32	28	29	52,39	6,62
26	12,22	15	16	14,21	0,45
27	12,19	16	17	11,91	0,48
28	12,06	17	18	8,18	0,15
29	11,96	18	33	3,47	0,02
30	11,92	29	30	46,18	3,25
31	11,88	30	31	19,35	1,09
32	11,87	31	32	11,31	0,12
33	11,99	Total			139,53

Hasil simulasi pada sistem distribusi IEEE 33 bus setelah rekonfigurasi ditunjukkan pada Tabel 3.2. Tabel 3.2 menjelaskan tentang hasil aliran daya pada sistem distribusi IEEE 33 bus setelah rekonfigurasi. Nilai tegangan pada kondisi setelah rekonfigurasi antara 0,93 pu sampai 1 pu. Tegangan yang berada dibawah 0,95 pu ada sebanyak 7 bus. Tegangan pada kondisi setelah

rekonfigurasi masih melebihi batasan tegangan yang diijinkan yaitu antara 0,95 pu sampai 1,05 pu. Tetapi kondisi tegangan di setiap bus setelah rekonfigurasi lebih baik daripada kondisi awal.

Total nilai rugi jaringan setelah rekonfigurasi sebesar 139,53 kW. Total rugi jaringan ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi awal. Pengurangan rugi jaringan sebesar 31% dari kondisi awal. Hal ini menunjukkan bahwa dengan metode rekonfigurasi dapat menaikkan nilai tegangan di setiap bus dan menurunkan rugi jaringan pada sistem distribusi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi pada sistem distribusi IEEE 33 bus didapat beberapa kesimpulan sebagai, Konfigurasi yang paling optimal adalah membuka switch 7, 9, 14, 32, 37, total nilai rugi-rugi jaringan setelah dilakukan optimalisasi rekonfigurasi jaringan adaalh sebesar 139,53 kW, pengurangan rugi jaringan sebesar 31% dari kondisi awal, dari hasil simulasi setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan dapat dilihat terjadi perbaikan tegangan dari kondisi awal 0.91 pu menjadi 0.95 pu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPPM STT-PLN yang memberi dukungan secara moril dan materil sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saadat, Hadi, (2004), "Power System Analysis (Second Edition)", McGraw-Hill Education (Asia), Singapura, hal. 189-240.
- [2] Cheng T-H., dan Yang N-C, (2009), "Three-Phase Power-Flow by Direct Zbr Method for Unbalanced Radial Distribution Systems", IET Gener.Transm.Distrib., Vol3, Iss.10, hal. 903-910.
- [3] Civanlar, S., Grainger, J.J., Yin H., dan Lee, S.S.H., (1988), "Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction", IEEE Trans. Power Del., Vol.3, No.3, hal.1217-1223.
- [4] Shuaib, Y.M., Kalavathi, M.S., dan Christober, C., (2014), "Optimal Capacitor Placement in Radial Distribution System Using Gravitational Search Algorithm", Electrical Power and Energy System, No.64, hal 384-397.
- [5] Nisa, Tyas Khairun, (2014), "Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor untuk Menurunkan Rugi-Rugi Energi pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Menggunakan Metode Simple Branch Exchange", Tugas Akhir Teknik Elektro ITS, Surabaya.
- [6] Isnain, Nasrullah Akbar, (2016), "Pengurangan Rugi Daya dengan Rekonfigurasi dan Penempatan Kapasitor mempertimbangkan Kontingensi Menggunakan Metode Binary Interger Programming dan Particle Swarm Optimization", Tugas Akhir Teknik Elektro ITS, Surabaya.
- [7] Laksono, Agung Try, (2015), "Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor Bank untuk meminimalkan Deviasi Tegangan Menggunakan Optimal Power Flow pada Jaringan Radial Distribusi 3 Fasa", Tugas Akhir Teknik Elektro ITS, Surabaya.
- [8] Baran, M.E., Wu, F.F., (1989), "Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing", IEEE Trans. Power Deliv., 4, (2), pp. 1401-1407.
- [9] Ling A. W., Shareef H., M. Azah, dan Ibrahim A. A., (2013), "Application of Binary Firefly Algorithm for Optimal Power Quality Monitor Positioning", IEEE International Power Engineering and Optimization Conference, hal 386-390.