

Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Untuk Meminimalisasi Rugi-Rugi Daya dengan Menggunakan Metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO)

M. Harbi Rai Pangestu¹, Osea Zebua², Herri Gusmedi³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

¹mharbiraip@gmail.com

²osea.zebua@eng.unila.ac.id

³herri.gusmedi@eng.unila.ac.id

Intisari — Rekonfigurasi jaringan pada jaringan distribusi merupakan suatu proses atau usaha untuk mengubah status sakelar pada saluran yang terhubung (*sectionalizing switch*) dan yang tidak terhubung (*tie switch*) dengan tujuan untuk meminimalisasi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan pada sistem. Rekonfigurasi dilakukan dengan mengganti jalur saluran baru yang terhubung tanpa menambah jumlah saluran. Namun, proses rekonfigurasi yang tidak tepat akan menyebabkan rugi-rugi daya menjadi lebih besar. Pada penelitian ini, metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) digunakan untuk melakukan rekonfigurasi yang optimal terhadap kasus sistem standar IEEE 33-bus dan sistem standar IEEE 69-bus. Hasil simulasi pada sistem standar IEEE 33-bus menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi rekonfigurasi, rugi-rugi daya aktif pada sistem menjadi sebesar 139,5513 kW atau berkurang sebesar 31,146% dari sebelum rekonfigurasi, yaitu 202,6771 kW. Sedangkan pada sistem standar IEEE 69-bus, rugi-rugi daya aktif menjadi sebesar 98,6056 kW atau berkurang sebesar 56,1754% dari sebelum rekonfigurasi, yaitu 225,0007 kW. Dengan menggunakan metode GWO mampu mengurangi rugi-rugi daya aktif yang lebih baik dibandingkan dengan beberapa metode lain.

Kata kunci — Rekonfigurasi, Minimalisasi Rugi-Rugi, optimasi, *Grey Wolf Optimizer* (GWO)

Abstract — Reconfiguration in the distribution network is a process or attempt to change the status of switches on connected (*sectionalizing*) and unconnected (*tie switches*) channels with the aim of minimizing power losses and improving the voltage profile of the system. Reconfiguration is done by changing the new channel line that is connected without increasing the number of channels. However, an improper reconfiguration process will result in greater power losses. In this study, the *Grey Wolf Optimizer* (GWO) method is used to perform optimal reconfiguration of the case of the IEEE 33-bus standard system and the IEEE 69-bus standard system. The simulation results on the IEEE 33-bus standard system show that after reconfiguration optimization, the active power losses in the system are 139.5513 kW or decreased by 31.146% from before reconfiguration, which is 202.6771 kW. While in the IEEE 69-bus standard system, the active power losses are 98.6056 kW or a decrease of 56.1754% from before reconfiguration, which is 225,0007 kW. By using the GWO method, it is able to reduce active power losses better than some other methods.

Keywords — Reconfiguration, Power Losses, Optimization, *Grey Wolf Optimizer* (GWO)

I. PENDAHULUAN

Rekonfigurasi jaringan pada jaringan distribusi dapat dilakukan dengan cara mengubah status beberapa saklar pada saluran yang berupa penghubung (*sectionalizing switch*) yang menghubungkan antara trafo distribusi yang satu dengan yang lainnya. Dengan merencanakan suatu sakelar pada

kabel penghubung baru yang akan diubah statusnya menjadi tidak terhubung/dilepas (*tie switch*) antar trafo distribusi tanpa menambah jumlah saluran sehingga didapatkan konfigurasi jaringan yang baru dengan rugi-rugi daya yang minimal [1]. Rugi-rugi daya yang besar dapat menyebabkan kualitas daya yang tersalurkan menjadi kurang optimal, serta dapat menyebabkan ketidak

setimbangan beban, dan berkurangnya profil tegangan pada suatu jaringan dari batas yang semestinya. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperbaiki kualitas daya pada suatu sistem tenaga dengan melakukan rekonfigurasi terhadap jaringan yang memiliki tujuan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan yang terjadi pada sistem terutama pada sistem distribusi. Akan tetapi, proses rekonfigurasi yang tidak tepat justru akan menyebabkan rugi-rugi daya pada sistem menjadi lebih besar dari sebelumnya.

Penyelesaian permasalahan rekonfigurasi jaringan telah berhasil dilakukan dengan menggunakan beberapa metode optimasi metaheuristik pada penelitian sebelumnya, yaitu antara lain: *Improved Genetic Algorithm* [2], *Particle Swarm Optimization* [3], *Dragonfly Algorithm* [4], *Adaptive Cuckoo Search Algorithm* [5], *Fireworks Algorithm* [6], dan lain-lain.

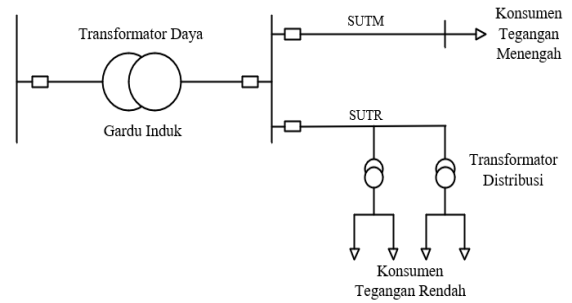
Makalah ini menyajikan rekonfigurasi jaringan distribusi untuk meminimalisasi rugi-rugi daya dengan menggunakan metode *grey wolf optimizer* (GWO) pada 1 penyulang. Studi kasus yang digunakan adalah kasus standar IEEE *case 33-bus system* dan *case 69-bus system*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan salah satu komponen sistem tenaga listrik. Sistem distribusi berguna sebagai penghubung untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber pembangkit sampai ke konsumen setelah melalui sistem transmisi. Fungsi dari sistem distribusi adalah sebagai penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat konsumen (pelanggan) setelah tegangan diturunkan dari sistem transmisi dan juga merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Salah satu model atau bentuk sistem pada jaringan distribusi yang umum digunakan adalah jaringan distribusi radial, karena lebih sederhana dan ekonomis.



Gbr.1 Skema Sistem Distribusi

Sistem radial ini memiliki beberapa kabel penghubung yang berperan sebagai *switch* dan dapat berubah statusnya apabila diperlukan yaitu *tie* dan *sectionalizing switch* yang menghubungkan antara satu trafo distribusi dengan yang lainnya. Hal ini dimaksudkan agar dapat memperbaiki kualitas pelayanan dengan melakukan rekonfigurasi atau relokasi apabila terjadi gangguan pada sistem [7].

B. Rekonfigurasi Jaringan

Rekonfigurasi dilakukan dengan mengubah status kabel penghubung menjadi membuka atau menutup (*sectionalizing switch* dan *tie switch*) pada saluran tanpa menambah jumlah saluran dan struktur jaringan radial. Penyulang-penyulang pada jaringan distribusi pada umumnya memiliki struktur jaringan tipe radial karena lebih murah serta lebih mudah dalam pengoperasiannya [8].

Pada jaringan distribusi radial, rugi-rugi total satu penyulang dapat dinyatakan dengan

$$P_{totalrugi} = \sum_{i=1}^n P_{rugi}(i, i+1) \quad (1)$$

Dimana $P_{rugi}(i, i+1)$ merupakan rugi-rugi satu bagian saluran dari bus i dan bus $i+1$.

Rugi saluran tersebut dapat dicari dengan persamaan:

$$P_{rugi}(i, i+1) = R_{i,i+1} \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \quad (2)$$

Fungsi objektif yang digunakan merupakan hasil dari perhitungan aliran daya pada Matpower dengan menggunakan metode *Newton-Raphson*. Sehingga fungsi objektif untuk permasalahan rekonfigurasi, dirumuskan menjadi:

$$\min(P_{totalrugi}) \quad (3)$$

C. Grey Wolf Optimizer

Metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) merupakan salah satu metode optimasi metaheuristik yang ditemukan oleh Seyedali Mirjalili pada tahun 2014 [9]. Metode ini merupakan metode optimasi berbasis *swarm intelligence* yang terinspirasi dari tingkah laku atau hierarki sosial dan mekanisme perburuan dari sekumpulan serigala abu-abu (*Grey Wolf*) dalam mencari mangsa. Metode *Grey Wolf Optimizer* memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lain yaitu lebih cepat dalam mencapai nilai konvergen dan mendapatkan hasil yang kualitatif [10].

Mekanisme perburuan tersebut meliputi pencarian mangsa (*searching prey*), pengepungan mangsa (*encircling prey*), perburuan (*hunting*) dan penyerangan mangsa (*attacking prey*). Berdasarkan hierarki sosial dari serigala abu-abu bahwa dimulai dari tingkatan teratas yaitu serigala alfa (α) yang menjadi solusi penyelesaian terbaik, kemudian serigala beta (β) yang merupakan solusi terbaik kedua, dan serigala delta (δ) yang dikategorikan sebagai solusi terbaik ketiga. Lalu solusi atau penyelesaian selebihnya merupakan serigala omega (ω).

Perilaku *encircling prey* dirumuskan kedalam persamaan matematis menjadi:

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t)| \quad (4)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (5)$$

Dimana \vec{D} merupakan jarak serigala dengan mangsa, t merupakan iterasi saat ini, \vec{X} merupakan vektor posisi serigala, \vec{X}_p merupakan vektor posisi mangsa terhadap serigala. Koefisien vektor \vec{A} dan \vec{C} dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r}_1 - \vec{a} \quad (6)$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r}_2 \quad (7)$$

Dimana \vec{r}_1 dan \vec{r}_2 merupakan vektor acak [0,1] dan \vec{a} merupakan nilai yang berkurang dari 2 ke 0 pada setiap iterasi.

$$\vec{a} = 2 - t \frac{2}{t_{max}} \quad (8)$$

Perilaku *hunting*, tiga solusi terbaik (alfa, beta dan omega) disimpan dan selanjutnya akan digunakan pada proses pembaharuan

posisi ruang pencarian termasuk omega. Perilaku ini dirumuskan menjadi:

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X}(t)| \quad (9)$$

$$\vec{D}_\beta = |\vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X}(t)| \quad (10)$$

$$\vec{D}_\delta = |\vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta - \vec{X}(t)| \quad (11)$$

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot (\vec{D}_\alpha) \quad (12)$$

$$\vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot (\vec{D}_\beta) \quad (13)$$

$$\vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot (\vec{D}_\delta) \quad (14)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (15)$$

Ketika mangsa sudah tidak dapat bergerak, maka serigala akan menyerang mangsa. Kondisi ini digambarkan ketika nilai acak \vec{A} dalam selang interval $[-1, 1]$, *search agent* dapat menempati posisi dimana saja yaitu antara posisi saat ini dengan posisi keberadaan mangsa. Saat $|\vec{A}| < 1$ atau $|\vec{A}| > -1$ maka serigala akan menyerang mangsanya.

III. METODE PENELITIAN

A. Pemodelan Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi sistem standar IEEE 33-bus dan 69-bus dimodelkan dengan model bus dan model saluran. Model bus terdiri dari data nomor bus, tipe bus, magnitude dan sudut tegangan, serta beban daya aktif dan daya reaktif setiap bus. Model saluran terdiri dari data nomor saluran yang menghubungkan antara saluran satu dengan saluran lainnya, serta nilai resistansi dan reaktansi setiap saluran. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2019a [11], dengan program perhitungan aliran daya dan rugi-rugi menggunakan *toolbox* Matpower 6.0 [12].

B. Rekonfigurasi Jaringan Distribusi

Simulasi rekonfigurasi dilakukan dengan mengubah status *tie switch* menjadi *sectionalizing switch* setiap saluran yang mana akan terbentuk *loop* pada sistem, kemudian mencari konfigurasi optimal dengan membuka salah satu bagian saluran pada setiap *loop* untuk menghasilkan rugi-rugi paling minimal. Jumlah *loop* yang terbentuk merupakan ruang pencarian untuk metode GWO.

Prosedur simulasi rekonfigurasi menggunakan metode GWO dijelaskan sebagai berikut:

1. Memasukkan data sistem standar IEEE 33-bus dan 69-bus.
2. Menentukan parameter simulasi antara lain jumlah *search agent*, batas atas dan batas bawah variabel kontrol, jumlah dimensi pencarian, dan iterasi maksimum.
3. Inisialisasi nilai posisi alpa, beta, dan delta.
4. Evaluasi fungsi objektif untuk setiap *search agent* dengan menghitung rugi-rugi menggunakan perhitungan aliran daya pada Matpower.
5. Simpan hasil dan posisi terbaik sebagai skor alpa dan posisi alpa, skor beta dan posisi beta, serta skor delta dan posisi delta.
6. Memperbaharui posisi alpa, beta dan delta.
7. Melakukan perhitungan hingga iterasi maksimum.
8. Menampilkan hasil terbaik (skor alpa dan posisi alpa).

Diagram alir pemrograman ditunjukkan seperti pada gambar

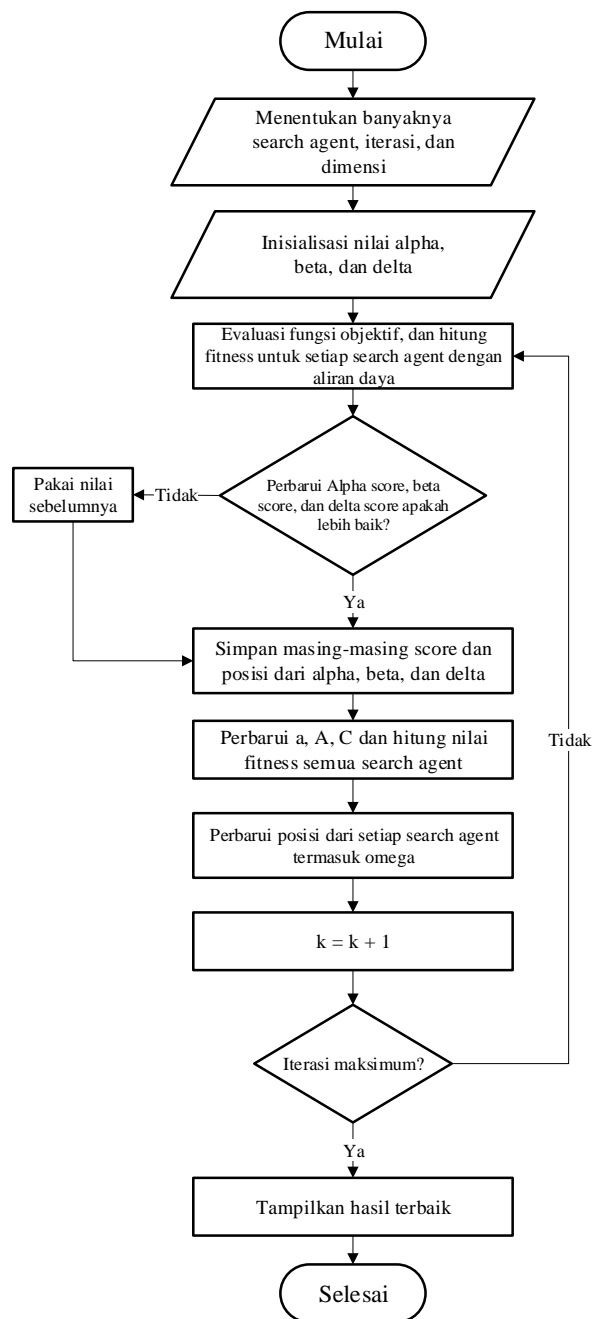
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulai dilakukan pada jaringan radial sistem standar IEEE 33-bus dan 69-bus dengan skenario sebelum rekonfigurasi (*base system*) dan setelah rekonfigurasi menggunakan metode GWO. Hasil optimal merupakan hasil terbaik dari setiap skenario percobaan, yaitu hasil yang menunjukkan rugi-rugi daya akti paing minimal.

A. Kasus Sistem IEEE 33-bus

Sistem IEEE 33-bus terdiri dari 33 bus dan 32 saluran dengan *sectionalizing switch* (*normally close*) dan 5 saluran dengan *tie switch* (*normally open*). Tegangan operasi atau basis tegangan yang digunakan adalah 12,66 kV. Total beban daya aktif dan daya reaktif masing-masing sebesar 3,715 MW dan 2,3 MVar. Diagram sistem standar IEEE 33-bus ditunjukkan pada gambar 3.

Perhitungan aliran daya pada *base system* didapatkan total rugi-rugi daya aktif sebesar 202,6771 kW dan tegangan paling minimum dialami oleh bus ke-18 yaitu sebesar 0,91309 pu.



Gbr. 2 Diagram Alir Metode GWO

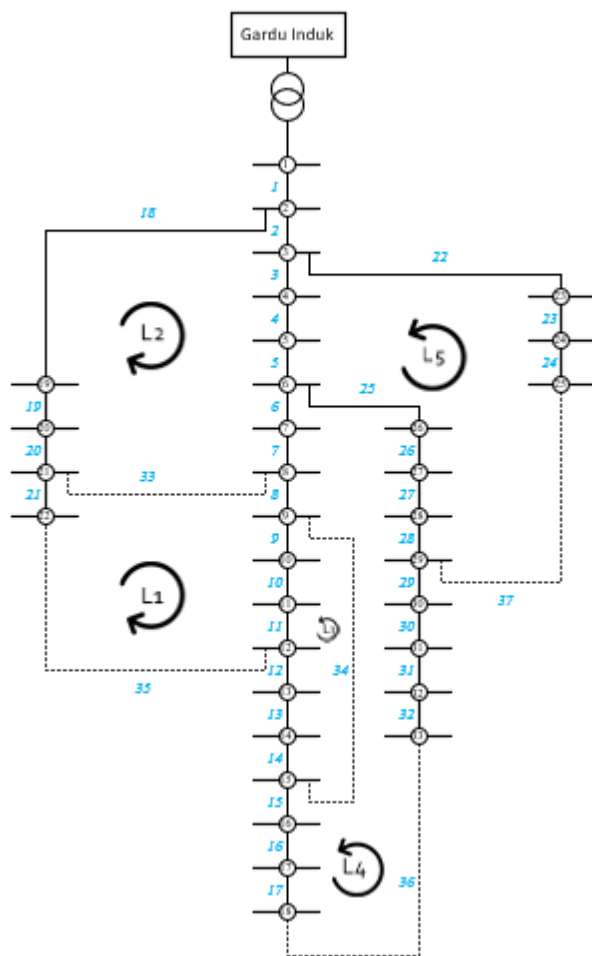
Simulasi pada kasus sistem standar IEEE 33-bus dilakukan dengan parameter GWO seperti pada tabel 1 dengan percobaan sebanyak 10 kali. Hasil simulasi setelah rekonfigurasi dengan rugi-rugi daya aktif paling minimal ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1. Parameter Metode GWO

N o.	Parameter	Nilai	
		33-bus	69-bus
1	<i>Search Agent</i>	30	40
2	Dimensi	5	5
3	Iterasi maksimum	100	100

Tabel 2. Hasil Simulasi Rekonfigurasi Sistem Standar IEEE 33-bus

	Sebelum Rekonfigurasi	Setelah Rekonfigurasi
<i>Tie Switch (NO)</i>	33, 34, 35, 36, 37	7, 9, 14, 32, 37
Rugi-rugi daya aktif	202,6771 kW	139,5513 kW
Pengurangan rugi daya aktif	-	31,146 %
Tegangan minimum	0,91309 pu	0,93782 pu

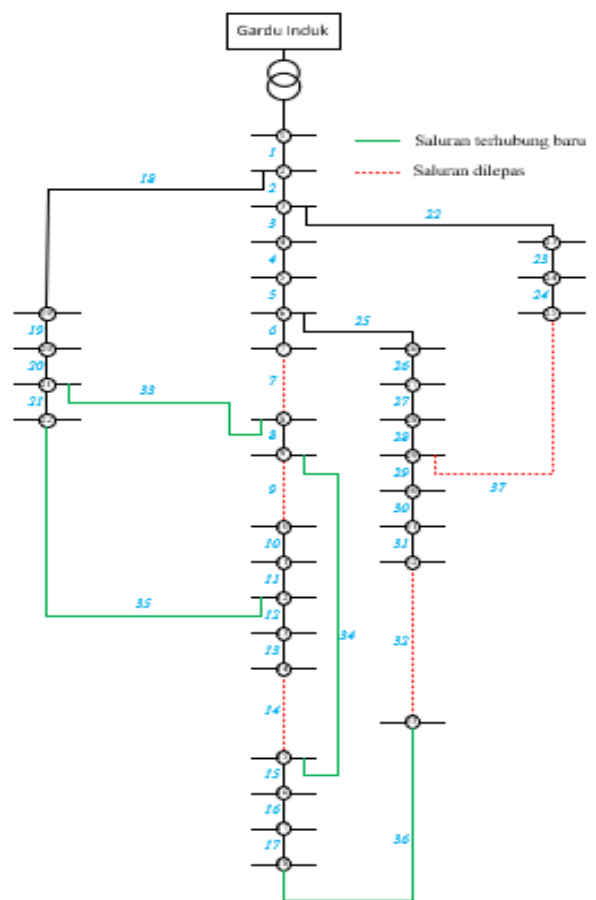


Gbr. 3 Sistem standar IEEE 33-bus

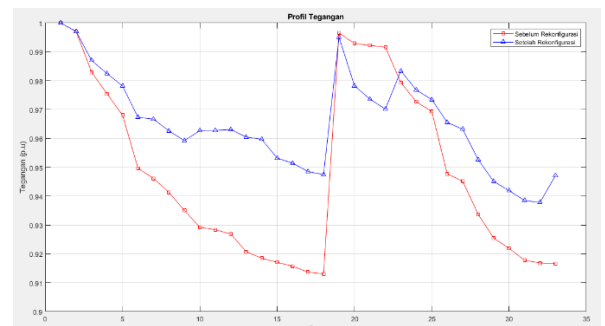
Berdasarkan tabel 2. diperoleh konfigurasi radial baru dengan hasil perhitungan aliran daya didapatkan bahwa rugi-rugi daya aktif dapat berkurang menjadi sebesar 139,5513 kW atau berkurang sebesar 31,146%. Hasil rekonfigurasi dinyatakan dengan nomor saluran dimana *tie switch* harus ditempatkan, yang berarti saluran yang menghubungkan bus 7 dengan bus 8, bus 9 dan bus 10, bus 14 dan bus 15, bus 32 dan bus 33 harus diputus. Sedangkan saluran yang menghubungkan bus 21 dengan bus 8, bus 9 dan bus 15, bus 12 dan

bus 22, bus 18 dan bus 33 harus dihubungkan. Sementara rencana saluran ke-37 yang menghubungkan bus 25 dengan bus 29 tetap dalam kondisi terputus. Diagram konfigurasi jaringan baru ditunjukkan pada gambar 4.

Hasil rekonfigurasi juga dapat memperbaiki profil tegangan pada sistem seperti ditunjukkan pada gambar 5. didapatkan bahwa profil tegangan antara sebelum (garis merah) dan setelah (garis biru) dapat diperbaiki dan nilai tegangan minimum pada sistem menjadi lebih baik dari sebelumnya, yaitu semula sebesar 0,91309 pu (bus ke -18) menjadi sebesar 0,93782 pu (bus ke-32).

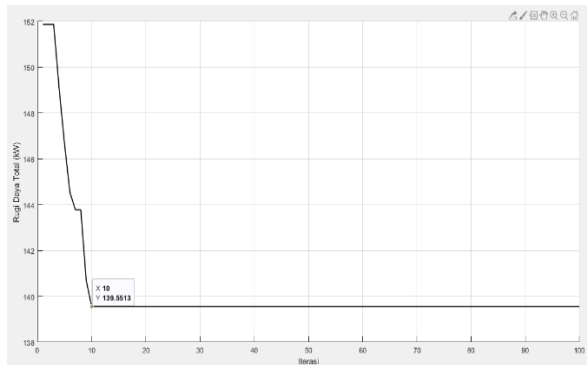


Gbr. 4 Sistem standar IEEE 33-bus setelah rekonfigurasi



Gbr. 5 Grafik profil tegangan antara sebelum dan setelah rekonfigurasi

Hasil simulasi menunjukkan grafik konvergensi percobaan ke-5 dari hasil simulasi optimasi rekonfigurasi pada sistem standar IEEE 33-bus menggunakan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO). Dari 10 kali percobaan, hasil iterasi terbaik terjadi pada percobaan ke-5 dengan mencapai nilai konvergensi pada iterasi ke-10 dalam waktu 13,94 detik. Seperti ditunjukkan pada gambar 6.



Gbr. 6 Grafik Konvergensi percobaan ke-5 sistem standar IEEE 33-bus menggunakan metode GWO.

Optimasi rekonfigurasi jaringan distribusi menggunakan metode *Grey Wolf Optimizer* dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan metode yang lain pada sistem IEEE 33-bus. Metode-metode tersebut diantaranya *Adaptive Cuckoo Search Algorithm* (ACSA) [5] dan *Fireworks Algorithm* (FWA) [6] seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. diatas menunjukkan perbandingan antara metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) dengan metode yang lain pada penyelesaian optimasi rekonfigurasi jaringan sistem standar IEEE 33-bus. Terlihat bahwa dengan menggunakan metode GWO dapat mengurangi rugi-rugi daya aktif pada sistem dari 202,6771 kW menjadi 139,5513 kW, dengan kata lain dapat mereduksi rugi-rugi daya aktif sebesar 31,146 %. Hasil tersebut lebih baik dari metode-metode yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

B. Kasus Sistem IEEE 69-bus

Sistem IEEE 69-bus terdiri dari 69 bus dan 68 saluran dengan *sectionalizing switch* (*normally close*) dan 5 saluran dengan *tie switch* (*normally open*). Tegangan operasi yang digunakan oleh kedua sistem adalah

12,66 kV. Simulasi pada kasus sistem standar IEEE 69-bus dilakukan dengan parameter GWO seperti pada tabel 1 dengan percobaan sebanyak 10 kali. Diagram sistem standar IEEE 33-bus ditunjukkan pada gambar 7.

Perhitungan aliran daya pada *base system* didapatkan total rugi-rugi daya aktif sebesar 225,0007 kW dan tegangan paling minimum dialami oleh bus ke-65 yaitu sebesar 0,90919 pu. Hasil simulasi setelah rekonfigurasi dengan rugi-rugi daya aktif paling minimal ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi Metode *Grey Wolf Optimizer* dengan Metode Lain

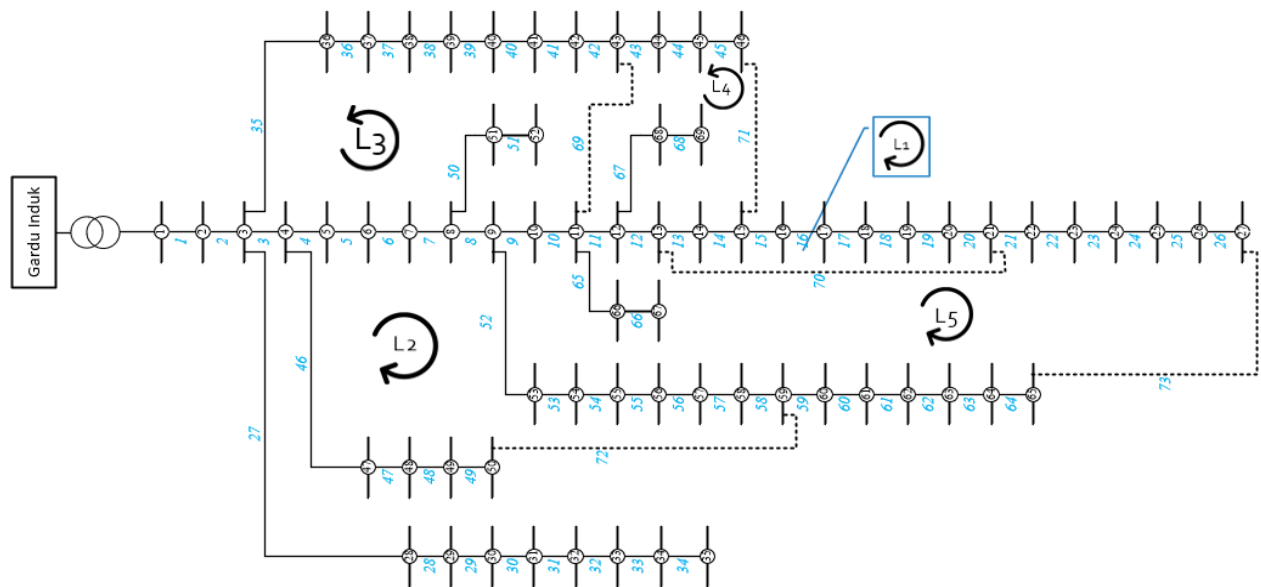
Skenario	Parameter	Metode		
		GWO	ACSA [5]	FWA [6]
Sebelum rekonfigurasi (<i>Base system</i>)	<i>Tie switch</i>	33, 34, 35, 36, 37	33, 34, 35, 36, 37	33, 34, 35, 36, 37
	Rugi-rugi daya (kW)	202,6771	202.68	202.67
	Reduksi (%)	-	-	-
	Tegangan Minimum (pu)	0,91309	0.9108	0.9131
Setelah rekonfigurasi (Optimal)	<i>Tie switch</i>	7, 9, 14, 32, 37	7, 14, 9, 32, 28	7, 14, 9, 32, 28
	Rugi-rugi daya (kW)	139,5513	139.98	139.98
	Reduksi (%)	31,146	30.93	30.93
	Tegangan Minimum (pu)	0,93782	0.9413	0.9413

Tabel 4. Hasil Simulasi Rekonfigurasi Sistem Standar IEEE 69-bus

	Sebelum Rekonfigurasi	Setelah Rekonfigurasi
<i>Tie Switch</i> (NO)	69, 70, 71, 72, 73	14, 57, 61, 69, 70
Rugi-rugi daya aktif	225,0007 kW	98,6056 kW
Pengurangan rugi daya aktif	-	56,1754 %
Tegangan minimum	0,90919 pu	0,94947 pu

Berdasarkan tabel 4. diperoleh konfigurasi radial baru dengan hasil perhitungan aliran daya didapatkan bahwa rugi-rugi daya aktif dapat berkurang menjadi sebesar 98,6056 kW atau berkurang sebesar 56,1754 %. Hasil rekonfigurasi dinyatakan dengan nomor saluran dimana *tie switch* harus ditempatkan,

yang berarti saluran yang menghubungkan bus 14 dengan bus 15, bus 57 dan bus 58, bus 61 dan bus 62 harus diputus. Sedangkan saluran ke-71, 72 dan 73 yang masing-masing menghubungkan bus 15 dengan bus 46, bus 50 dan bus 59, bus 27 dan bus 65 dihubungkan.



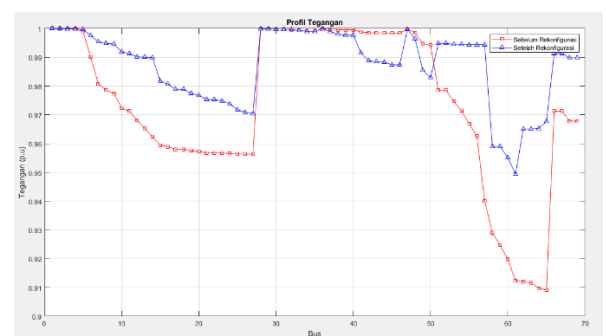
Gbr. 7 Sistem standar IEEE 69-bus

Sementara rencana saluran ke-69 dan 70 yang masing-masing saluran menghubungkan bus 11 dengan bus 43 dan bus 13 dengan bus 21 tidak meminimalkan rugi-rugi, maka saluran tersebut tetap dalam kondisi terputus atau tidak terhubung. Konfigurasi jaringan baru sistem standar IEEE 69-bus ditunjukkan pada gambar 8.

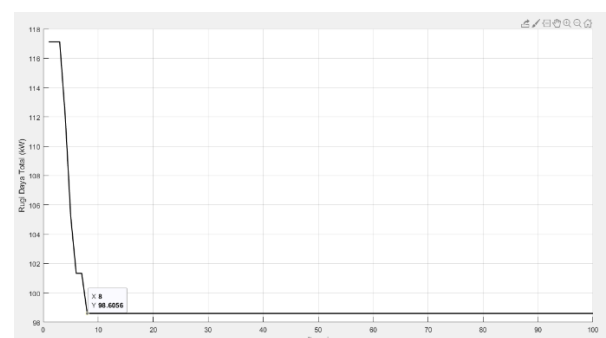
Hasil rekonfigurasi juga dapat memperbaiki profil tegangan pada sistem seperti ditunjukkan pada gambar 9. grafik perbandingan profil tegangan setiap bus pada sistem IEEE 69-bus antara sebelum (garis merah) dan setelah rekonfigurasi (garis biru) didapatkan bahwa tegangan sistem dapat diperbaiki dan nilai tegangan minimum pada sistem menjadi lebih baik dari semula sebesar 0,90919 pu (bus ke-65) menjadi sebesar 0,94947 pu (bus ke-61).

Hasil simulasi menunjukkan grafik konvergensi percobaan ke-2 dari hasil simulasi optimasi rekonfigurasi pada sistem standar IEEE 69-bus menggunakan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO). Dari 10 kali percobaan, hasil iterasi terbaik terjadi pada percobaan ke-2 dengan mencapai nilai

konvergensi pada iterasi ke-8 dalam waktu 24,92 detik. Seperti ditunjukkan pada gambar 10.



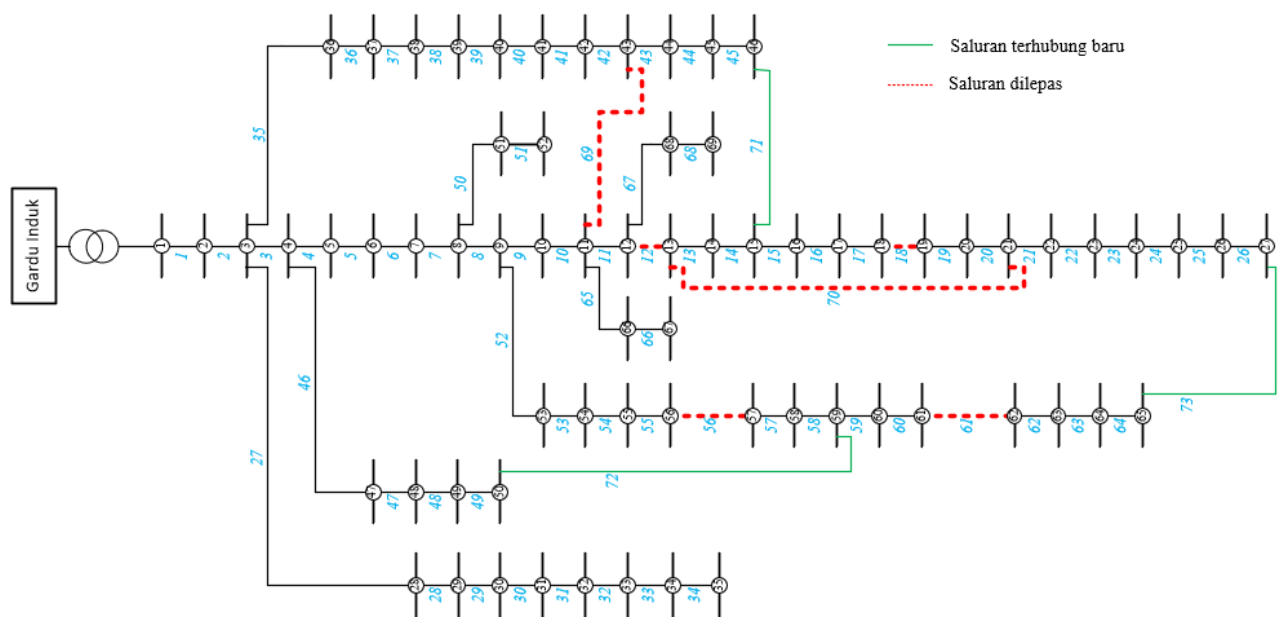
Gbr. 9 Grafik profil tegangan antara sebelum dan setelah rekonfigurasi



Gbr. 10 Grafik profil tegangan antara sebelum dan setelah rekonfigurasi

Optimasi rekonfigurasi jaringan distribusi menggunakan metode *Grey Wolf Optimizer* dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan metode yang lain pada sistem IEEE 69-Bus. Metode-metode tersebut diantaranya *Adaptive Cuckoo Search Algorithm* (ACSA) [5], *Fireworks Algorithm* (FWA) [6], *Dragonfly Algorithm* (DA) [4], *Improved Genetic Algorithm* (IGA) [2], dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) [3] seperti ditunjukkan pada tabel 5. Tabel 5. diatas menunjukkan perbandingan antara metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) dengan

metode yang lain pada penyelesaian optimasi rekonfigurasi jaringan sistem standar IEEE 69-bus. Terlihat bahwa dengan menggunakan metode GWO dapat mengurangi rugi-rugi daya aktif pada sistem dari 225,0007 kW menjadi 98,6056 kW, dengan kata lain bahwa dengan menggunakan metode GWO dapat mereduksi rugi-rugi daya aktif pada sistem hingga sebesar 56,1754 %. Hasil tersebut lebih baik dari metode-metode yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya.



Gbr. 8 Grafik profil tegangan antara sebelum dan setelah rekonfigurasi

Tabel 5. Perbandingan Hasil Simulasi Metode *Grey Wolf Optimizer* dengan Metode Lain

Skenario	Parameter	Metode					
		GWO	ACSA [5]	FWA [6]	DA [4]	IGA [2]	PSO [3]
Sebelum rekonfigurasi (Base system)	Tie switch	69, 70, 71, 72, 73	69, 70, 71, 72, 73	69, 70, 71, 72, 73	-	69, 70, 71, 72, 73	69, 70, 71, 72, 73
	Rugi-rugi daya (kW)	225,0007	224.89	224.96	225.0044	224.95	225.0044
	Reduksi (%)	-	-	-	-	-	-
	Tegangan Minimum (pu)	0,90919	0.9092	0.9092	0.9092	0.9092	0.9092
Setelah rekonfigurasi (Optimal)	Tie switch	14, 57, 61, 69, 70	69, 70, 14, 57, 61	69, 70, 14, 56, 61	69, 18, 13, 56, 61	10, 14, 58, 63, 70	14, 57, 61, 69, 70
	Rugi-rugi daya (kW)	98,6056	98.59	98.59	99.6216	104.91	99.6216
	Reduksi (%)	56,1754	56.16	56.17	55.72	53.53	55.72
	Tegangan Minimum (pu)	0,94947	0.9495	0.9495	0.9428	0.9483	0.9428

V. PENUTUP

Metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) menyelesaikan permasalahan rekonfigurasi jaringan dengan mencari konfigurasi *tie switch* yang optimal pada jaringan distribusi kasus sistem standar IEEE 33-bus dan 69-bus, sehingga dapat meminimalisasi rugi-rugi daya aktif dan memperbaiki profil tegangan pada kedua kasus sistem. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode GWO lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode sebelumnya.

REFERENSI

- [1] M. E. Baran and F. F. Wu, "Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing," *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 4, no. 2, pp. 1401-1407, 1989.
- [2] A. S. Abubakar, K. R. Ekundayo and A. A. Olaniyan, "Optimal Reconfiguration of Radial Distribution Networks using Improved Genetic Algorithm," *Nigerian Journal Of Technological Development*, vol. 16, no. 1, pp. 10-16, 2019.
- [3] P. Prasas, A. V. S. Reddy and B. B. Reddy, "Power Loss Minimization In Distribution System Using Network Reconfiguration With Particle Swarm Optimization," *International Journal of Engineering Science & Advanced Technology*, vol. 5, no. 3, pp. 171-178, 2015.
- [4] A. V. S. Reddy and M. D. Reddy, "Optimization Of Distribution Network Reconfiguration Using Dragonfly Algorithm," *Journal of Electrical Engineering*, vol. 16, no. 4, pp. 273-282, 2016.
- [5] T. T. Nguyen, A. V. Truong and T. A. Pung, "A novel method based on adaptive cuckoo search for optimal network reconfiguration and distributed generation allocation in distribution network," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 78, pp. 801-815, 2016.
- [6] A. M. Imran, M. Kowsalya and D. P. Kothari, "A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 63, pp. 461-472, 2014.
- [7] N. A. Basyarach and O. Penangsang, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Minimasi Rugi Daya Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)," *Jurnal Hasil Penelitian LPPM UNTAG Surabaya*, vol. 4, no. 1, pp. 78-82, 2019.
- [8] O. Zebua and 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, pp. 110-117, 2016.
- [9] S. Mirjalili, S. M. Mirjalili and A. Lewis, "Grey Wolf Optimizer," *Advances in Engineering Software, ELSEVIER*, vol. 69, pp. 46-61, 2014.
- [10] G. Negi, A. Kumar, S. Pant and M. Ram, "GWO: a review and applications," *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 12, no. 1, pp. 1-8, 2021.
- [11] *MATLAB 9.6 (R2019a) User Guide*, www.mathworks.com, 2019.
- [12] R. D. Zimmerman, C. E. Murillo-Sánchez and R. J. Thomas, "MATPOWER: Steady-State Operations, Planning, and Analysis Tools for Power Systems Research and Education," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 26, no. 1, pp. 12-19, 2011.