

Optimasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Kota Medan Menggunakan Algoritma Kunang – Kunang (Firefly Algorithm)

Yoakim Simamora¹

1. Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan, Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia.

Email: yoakimsimamora@unimed.ac.id

Received: 23 Oktober 2023 | Accepted: 9 Desember 2023 | Published: 2 Januari 2024

ABSTRACT

Network reconfiguration is defined as changing the topological structure of the distribution network configuration by changing the switch position (open state or closed state) of the tie and sectionalizing switches. The main goal of distribution network reconfiguration is to reduce active power losses and improve the voltage profile. In the distribution network reconfiguration process there are many limitations that must not be violated when finding the most optimal distribution network configuration. maintained in radial form and distribution system voltage in the range of -5% and +10% of nominal voltage. the selection of open switches depends on the voltage difference, this results in the discovery of local minima but the process of obtaining the optimal configuration is much faster. In this research, the algorithm proposed is the firefly algorithm, this scheme was tested on the NR7 84 bus 20 kV distribution system in Medan. The results of the analysis using the proposed method obtained a decrease in power loss from 33.21 kW to 24.49 kW or reduced 26.25% with an open switch 84, 9, 10, 17, 19, 26, 29, 75, 34, 39, 43, 95, 96, 97.

Keywords: Network Reconfiguration, Firefly Algorithm, Power Loss

ABSTRAK

Rekonfigurasi jaringan didefinisikan sebagai mengubah struktur topologi dari konfigurasi jaringan distribusi dengan cara mengubah posisi saklar (keadaan terbuka atau keadaan tertutup) dari tie dan sectionalizing switch. tujuan utama dari konfigurasi ulang jaringan distribusi adalah mengurangi rugi daya aktif dan meningkatkan profil tegangan, dalam proses konfigurasi ulang jaringan distribusi ada banyak batasan yang tidak boleh dilanggar saat menemukan konfigurasi jaringan distribusi yang paling optimal, saat melakukan proses optimasi konfigurasi ulang jaringan distribusi bentuk jaringan harus terjaga dalam bentuk radial dan tegangan sistem distribusi dalam range -5% dan +10% dari tegangan nominal. pemilihan saklar yang terbuka tergantung pada perbedaan tegangan, hal ini mengakibatkan penemuan lokal minima tetapi proses memperoleh konfigurasi optimal jauh lebih cepat. pada penelitian ini algoritma yang diusulkan adalah algoritma kunang – kunang, skema ini telah diuji pada sistem distribusi NR7 84 bus 20 kV di Medan. Hasil analisis dengan menggunakan metode usulan didapatkan penurunan rugi daya dari 33,21 kW menjadi 24,49 kW atau berkurang 26,25% dengan saklar terbuka 84, 9, 10, 17, 19, 26, 29, 75, 34, 39, 43, 95, 96, 97.

Kata kunci: Rekonfigurasi Jaringan, Algoritma Kunang – Kunang, Rugi Daya

1. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi mempunyai karakteristik desain loop tertutup, operasi loop terbuka. Rekonfigurasi jaringan distribusi menyesuaikan status sakelar setiap cabang, mengubah arah aliran daya, mengurangi kerugian dalam proses distribusi, dan meningkatkan manfaat ekonomi dan keandalan pasokan listrik pada sistem jaringan distribusi. Setelah beberapa dekade pengembangan, metode konfigurasi ulang jaringan distribusi dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu metode analitik, algoritma heuristik, algoritma optimasi stokastik. Metode analitik adalah menyelesaikan masalah rekonstruksi sebagai masalah optimasi matematis. Namun beban perhitungan metode ini terlalu berat, serta terdapat gap dengan sistem distribusi sebenarnya, sehingga tidak cocok untuk sistem jaringan distribusi skala besar. Heuristik berarti bahwa peneliti telah menetapkan aturan heuristik sebagai dasar operasi konfigurasi ulang jaringan distribusi. Berdasarkan aturan tersebut, keadaan switch cabang dalam jaringan ditetapkan, sehingga dapat mengurangi kerugian jaringan. Metode terakhir adalah metode optimasi stokastik tidak ditentukan oleh jaringan awal, dan kemungkinan menemukan solusi optimal global tinggi.

Huifang dalam penelitiannya mengajukan algoritma Deep Q-Learning untuk melakukan konfigurasi ulang pada jaringan distribusi. Algoritma ini diujikan pada sistem distribusi IEEE 33 bus dengan mempertimbangkan perubahan beban terhadap waktu, hasil penelitian berhasil mendapatkan konfigurasi jaringan yg paling optimal tiap jam dan mampu mengurangi rugi daya pada sistem distribusi [1].

Ma Zhigang dalam penelitiannya melakukan rekonfigurasi jaringan menggunakan based genetic simulated annealing algorithm, algoritma ini diuji coba pada sistem 69 bus kelistrikan amerika, rekonfigurasi jaringan dengan metode genetic simulated annealing algorithm dibandingkan dengan genetic algorithm dan simulated annealing algorithm hasil simulasi menampilkan bahwa genetic simulated annealing algorithm mengurangi rugi daya dan meningkatkan profil tegangan paling baik dengan waktu iterasi paling cepat [2].

Jun han dalam penelitiannya memperkenalkan improve newton method untuk mengurangi rugi daya dan mengurangi deviasi tegangan melalui cara rekonfigurasi jaringan, metode ini di uji coba pada sistem IEEE 33 bus hasil penelitian menunjukkan improved newton method mampu mengurangi rugi daya dan mengurangi deviasi tegangan [3].

Haiguo Tang dalam jurnalnya mengajukan back propagation neural network dalam melakukan proses konfigurasi ulang jaringan distribusi untuk mengurangi rugi daya, metode back propagation dibandingkan dengan metode meanwhile random forest dan support vector machine, hasil penelitian menampilkan bahwa metode backpropagation neural network mendapatkan konfigurasi jaringan paling optimal dengan rugi daya paling minimal [4].

Raida Sellami dalam risetnya mengajukan algoritma particle swarm optimization untuk meminimalkan rugi daya aktif dan memaksimalkan profil tegangan, algoritma particle swarm optimization dibandingkan dengan algoritma genetika dan artificial bee algorithm, hasil menunjukkan algoritma particle swarm optimization mampu meningkatkan tegangan dan mengurangi rugi daya paling optimal [5].

Bhoomesh radha dalam penelitiannya memperkenalkan quantum evolutionary algorithm untuk diaplikasikan pada konfigurasi ulang jaringan, metode ini di uji coba pada sistem distribusi 16 bus dan 33 bus, hasil penelitian membandingkan algoritma yang

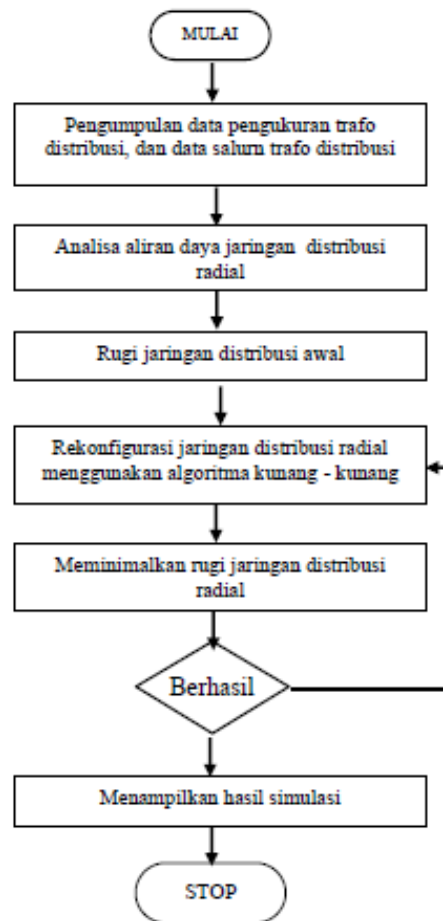
diajukan dengan algoritma lain hasilnya quantum evolutionary algorithm menghasilkan konfigurasi optimal dengan rugi daya paling kecil [6].

Viresh patel mengajukan hopfield neural network untuk mendapatkan konfigurasi jaringan paling optimal dengan rugi daya paling optimal, hopfield neural network berhasil mengurangi rugi daya aktif dengan durasi komputasi yang singkat dibandingkan dengan algoritma binary particle swarm optimization [7]. Panagiotis pada penelitiannya mengajukan rekonfigurasi jaringan untuk meningkatkan reliability indeks dan mengurangi rugi daya aktif, rekonfigurasi diujicoba pada sistem distribusi 69 bus, hasil penelitian menunjukkan rekonfigurasi jaringan mampu meningkatkan reliability indeks dan mengurangi rugi daya aktif [8].

Hiroyuki mori dalam penelitiannya mengajukan metode evolutionary particle swarm optimization, algoritma ini merupakan pengembangan dari algoritma particle swarm optimization konvensional, algoritma evolutionary particle swarm optimization terbukti dapat mendapatkan konfigurasi jaringan yang paling baik dan mampu mengurangi rugi daya aktif pada sistem distribusi. [9]. Penelitian ini menggunakan rekonfigurasi jaringan untuk meminimalisasi rugi-rugi jaringan, algoritma kunang – kunang diaplikasikan kedalam metode rekonfigurasi jaringan. Skema ini diuji pada sistem distribusi 20 kV di Medan, konfigurasi jaringan yang optimal diharapkan dapat menghasilkan rugi yang optimal.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Proses awal penelitian dimulai dengan mengumpulkan informasi penyulang NR7 kota medan berupa single line diagram, kapasitas transformator, pembebanan transformator serta impedansi saluran penghantar penyulang NR7. Data diolah untuk memperoleh nilai rugi jaringan awal dan level tegangan tiap bus melalui Analisa aliran daya, setelah rugi jaringan awal dan level tegangan tiap bus diperoleh maka dilakukan optimasi rekonfigurasi jaringan distribusi menggunakan algoritma kunang – kunang yang diharapkan dapat mengurangi rugi jaringan dan memperbaiki level tegangan tiap bus.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Algoritma Kunang – Kunang

Kedipan cahaya kunang - kunang menjadi pemandangan luar biasa di langit pada saat musim panas di daerah tropis dan sedang. Ada berbagai jenis kunang-kunang menghasilkan kilatan kecil dan berulang. Pola kilatannya khas untuk spesies tertentu. Dua karakteristik penting dari cahaya kunang - kunang adalah untuk memikat pasangan kawin dan menarik mangsa potensial. konsep dasar algoritma kunang - kunang:

1. kunang - kunang secara teknis adalah makhluk hidup dengan kelamin unisex, jadi kunang - kunang mana pun dapat tertarik pada kunang - kunang lain. gerak aktif kunang - kunang berbanding lurus dengan kecerahan. satu kunang- kunang tertarik dengan kunang - lain walau tidak berada dalam satu komunitas.
2. Gerak aktif kunang - kunang berbanding lurus dengan kecerahan. kunang - kunang yg memiliki kecerahan yang lebih besar akan menarik perhatian kunang - kunang lain sehingga jarak antar kunang - kunang akan semakin kecil. kunang - kunang akan bergerak secara random jika tidak ada kunang - kunang yang lebih cerah.

Masalah minimum global, kecerahan berbanding terbalik dengan nilai fungsi tujuan. Algoritma kunang-kunang memiliki dua konsep penting, yang pertama adalah perbedaan intensitas cahaya dan yang kedua adalah timbulnya daya tarik. Untuk lebih mudah , daya tarik kunang-kunang ditentukan oleh kecerahan kunang - kunang yang terkait dengan fungsi tujuan [10].

Kecerahan kunang-kunang pada posisi x dipilih sebagai $B(x)$. Untuk medium tertentu, koefisien serapan cahaya γ , intensitas cahaya B berfluktuasi dengan jarak r dan diberikan dengan persamaan,

$$B = B_0 * e^{(-\gamma r^2)} \quad (1)$$

Dimana B_0 adalah intensitas cahaya kondisi awal pada posisi $r = 0$.

Daya tarik kunang-kunang mempunyai hubungan dengan intensitas cahaya dialami oleh kunang - kunang yang berdekatan, jadi daya tarik β dari a kunang-kunang dapat dibatasi oleh persamaan berikut,

$$\beta(r) = \beta_0 * e^{(-\gamma r^m)}, (m \geq 1) \quad (2)$$

Dimana β_0 adalah daya tarik pada $r = 0$.

Jarak antara dua kunang-kunang i dan j dapat dinyatakan sebagai persamaan berikut,

$$r_{ij} = X_i - X_j = \sqrt{\sum_{k=1}^D (X_{i,k} - X_{j,k})^2} \quad (3)$$

Dimana $X_{i,k}$ adalah komponen ke k^{th} dari i^{th} kunang – kunang.

Pergerakan kunang – kunang i^{th} menuju kunang – kunang j^{th} di evaluasi dengan persamaan berikut,

$$x_{i\text{baru}} = x_i + \beta_0 * e^{(-\gamma r_{ij}^2)} * (x_i - x_j) + \alpha * \left(rand - \frac{1}{2} \right) \quad (4)$$

Jika kunang – kunang ke i lebih terang dari kunang – kunang ke j , maka kunang – kunang j akan lebih ternag melakukan pergerakan menuju kunang kunang i . suku ke tiga pada persamaan 4 adalah nilai random dengan parameter pengatur α . Yang menghasilkan penjelajahan lebih luas dengan $\beta_0 = 1$, $\alpha \in [0, 1]$, dua nilai koefisien pada persamaan (4) $\gamma \rightarrow 0$ dan $\gamma \rightarrow \infty$.

2.2. Objective Function

Rekonfigurasi Jaringan didefinisikan sebagai proses mengubah topologi jaringan distribusi dengan tujuan untuk memperoleh konfigurasi jaringan yang paling optimal. Tujuan utama dari rekonfigurasi jaringan adalah untuk mengurangi rugi jaringan distribusi, yang dapat didefinisikan mengikuti persamaan berikut

$$\text{minimize } F = \Delta P_{loss}^R + V_D \quad (5)$$

pengurangan rugi daya aktif (ΔP_{loss}^R) diperoleh dari perbandingan antara rugi daya jaringan distribusi sebelum dan sesudah rekonfigurasi

$$\Delta P_{loss}^R = \frac{P_{loss}^{rec}}{P_{loss}^0} \quad (6)$$

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^{N_{br}} R_i x \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \right) \quad (7)$$

2.3. Constraints

Tegangan dan Batas Arus dalam proses rekonfigurasi jaringan adalah sebagai berikut

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max}; i = 1, 2, \dots, N_{bus} \quad (8)$$

$$0 \leq I_i \leq I_{max}; i = 1, 2, \dots, N_{br} \quad (9)$$

Power Balance Constraints

$$P_{ss} = \sum_{i=2}^{NB} P_D(i) + \sum_{j=1}^{NL} P_{loss}(j) \quad (10)$$

$$Q_{ss} = \sum_{i=2}^{NB} Q_D(i) + \sum_{j=1}^{NL} Q_{loss}(j) \quad (11)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

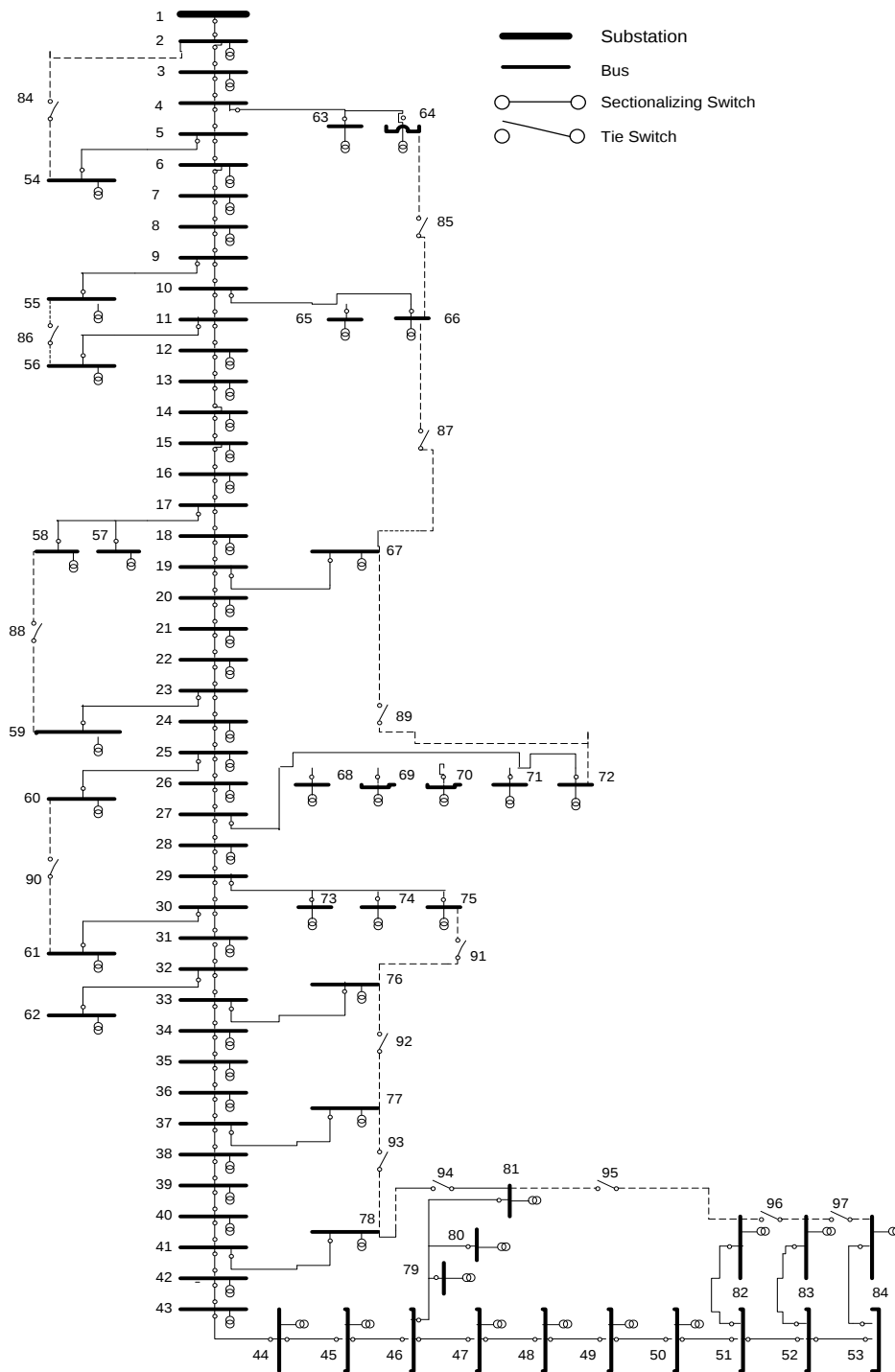
Pada penelitian ini menggunakan sistem jaringan distribusi radial bus NR7 84 di kota Medan, rekonfigurasi jaringan menggunakan algoritma kunang - kunang untuk mendapatkan jaringan distribusi yang optimal dan rugi daya yang paling kecil. Jaringan distribusi radial bus NR7 84 terdiri dari 14 bus normal dan 83 bus normal. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

Pada penelitian ini rekonfigurasi dilakukan pada sistem distribusi bus NR7 84. Rekonfigurasi dilakukan dengan menata ulang jaringan sistem distribusi. Rekonfigurasi dilakukan guna mendapatkan profil tegangan yang lebih baik, rugi daya yang minimal dari kondisi awal. Rekonfigurasi jaringan adalah pengaturan ulang konfigurasi jaringan distribusi dengan menutup dan membuka switch pada sistem jaringan distribusi. Pada sistem distribusi bus NR7 84 terdapat 14 bus dalam keadaan terbuka. Pada kondisi awal switch yang terbuka adalah switch 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97. Setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan menggunakan Algoritma kunag - kunang, kombinasi baru *open switch* diperoleh. Kombinasi *open switch* tersebut adalah *switch* 84, 9, 10, 17, 19, 26, 29, 75, 34, 39, 43, 95, 96, 97. Hasil simulasi pada sistem distribusi bus NR7 84 setelah rekonfigurasi adalah ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Hasil Rekonfigurasi Penyulang NR7

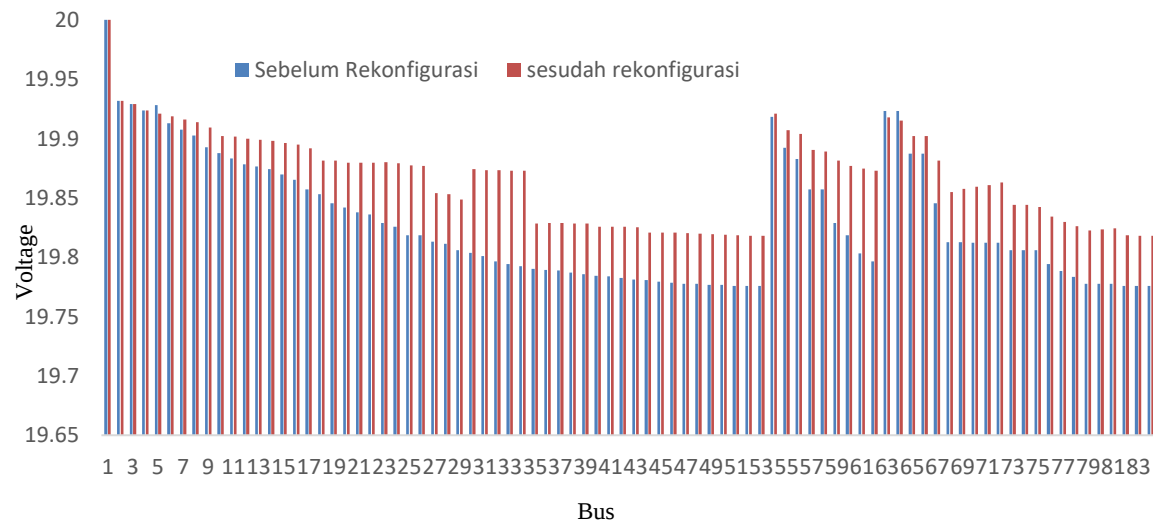
Kondisi Rekonfigurasi	Sebelum Rekonfigurasi	Sesudah Rekonfigurasi
<i>Open Switch</i>	84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97	84, 9, 10, 17, 19, 26, 29, 75, 34, 39, 43, 95, 96, 97
Tegangan Minimum (kV)	19, 7756	19, 8818
Rugi Daya Aktif (kW)	33, 21	24, 49

Tabel 1 menggambarkan hasil rekonfigurasi jaringan sistem distribusi bus NR7 84. Dari hasil rekonfigurasi diperoleh konfigurasi jaringan yang paling optimal dengan kombinasi open switch 84, 9, 10, 17, 19, 26, 29, 75, 34, 39, 43, 95, 96, 97, dari hasil rekonfigurasi jaringan menggunakan algoritma kunang - kunang diperoleh perbaikan level tegangan dari 19,7756 kV menjadi 19,8818 kV dan perbaikan rugi daya aktif dari 33,21 kW menjadi 24,49 kW atau berkurang sebesar 26,25%.



Gambar 2. *Single Line Diagram* Penyulang NR7

Gambar 2 menunjukkan diagram level tegangan tiap bus penyulang NR7 sebelum dan sesudah rekonfigurasi menggunakan algoritma kunang – kunang, dari diagram diperoleh level tegangan paling minimum sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan menggunakan algoritma kunang – kunang berada pada bus 84 dengan level tegangan sebesar 19,7756, setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan pada penyulang NR7 menggunakan algoritma kunang – kunang diperoleh kenaikan level tegangan menjadi 19,8818.

**Gambar 2.** Level Tegangan Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Algoritma kunang - kunang telah berhasil diimplementasikan untuk rekonfigurasi jaringan yang optimal dalam pengujian sistem. Ini telah diterapkan secara efektif dalam pengujian sistem untuk tujuan meminimalkan rugi jaringan. Rekonfigurasi jaringan dari sistem pengujian juga mempengaruhi profil tegangan tiap bus.

Dari hasil rekonfigurasi jaringan distribusi menggunakan algoritma kunang – kunang pada sistem distribusi bus NR7 84 diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut, Konfigurasi yang paling optimal adalah membuka saklar 84, 9, 10, 17, 19, 26, 29, 75, 34, 39, 43, 95, 96, 97, 3. Rugi daya yang dihasilkan setelah rekonfigurasi lebih kecil, dari 33,21 kW menjadi 24,49 kW, dan tegangan minimum setelah rekonfigurasi meningkat dari 19,7756 kV menjadi 19,818 kV.

DAFTAR ISI

- [1] H. Di, Y. Bao, and B. Wang, "Research on distribution network reconfiguration based on deep Q-learning network," 2020 IEEE 4th Conf. Energy Internet Energy Syst. Integr. Connect. Grids Towar. a Low-Carbon High-Efficiency Energy Syst. EI2 2020, pp. 2728–2732, 2020, doi: 10.1109/EI250167.2020.9346939.
- [2] Z. Ma, "Study on distribution network reconfiguration based on genetic simulated annealing algorithm," 2008 China Int. Conf. Electr. Distrib. CICED 2008, 2008, doi: 10.1109/CICED.2008.5211684.

- [3] J. Han, Z. Zhou, H. Wang, H. Jiang, C. Cai, and A. Fan, "Research on the Reconfiguration of Multi-Objective Distribution Network Based on Improved Newton Method," *Proc. - 2021 6th Asia Conf. Power Electr. Eng. ACPEE 2021*, pp. 1341–1345, 2021, doi: 10.1109/ACPEE51499.2021.9437083.
- [4] H. Tang, J. Zhu, C. Chen, Z. Zhang, and D. Zhang, "Distribution Network Reconfiguration Based on Back Propagation neural networks," *2019 3rd IEEE Conf. Energy Internet Energy Syst. Integr. Ubiquitous Energy Netw. Connect. Everything, EI2 2019*, vol. 2, no. 1, pp. 2578–2582, 2019, doi: 10.1109/EI247390.2019.9062258.
- [5] R. Sellami, R. Neji, and T. Bouktir, "Enhancing Radial Distribution Network Performance by Optimal Reconfiguration with PSO Algorithm," *16th Int. Multi-Conference Syst. Signals Devices, SSD 2019*, no. 1, pp. 180–186, 2019, doi: 10.1109/SSD.2019.8893158.
- [6] H. Zongyao and L. Zhou, "A new real-coded quantum-inspired evolutionary algorithm," *Int. J. Adv. Comput. Technol.*, vol. 3, no. 7, pp. 108–116, 2011, doi: 10.4156/ijact.vol3.issue7.14.
- [7] V. S. Patel, S. Chakrabarti, and S. N. Singh, "A hopfield neural network based reconfiguration algorithm for power distribution systems," *TENSYMP 2017 - IEEE Int. Symp. Technol. Smart Cities*, no. 1, 2017, doi: 10.1109/TENCONSpring.2017.8070048.
- [8] P. A. Karafotis and P. S. Georgilakis, "Reliability improvement and loss minimization by optimal distribution network reconfiguration," *6th IEEE Int. Energy Conf. ENERGYCon 2020*, pp. 23–28, 2020, doi: 10.1109/ENERGYCon48941.2020.9236545.
- [9] H. Mori and H. Ikegami, "Parallel discrete EPSO for distribution network reconfigurations," *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, pp. 2662–2665, 2017, doi: 10.1109/TENCON.2016.7848521.
- [10] Y. Simamora, O. Penangsang, and R. S. Wibowo, "Estimation Losses in Radial Distribution Network Under Unbalanced Loading Condition Considering Time Varying Load," pp. 44–47, 2016.