

Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Penyulang Benteng Berbasis MICA

¹Choiruddin, ²Ahmad Fauzi Ridhwan, ³Muhlasin, ⁴Hidayatul Nurohmah, ⁵Machrus Ali

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang

¹bangudinchoiruddin@gmail.com, ²fauziridhwan@gmail.com, ³doktormuhlasin@gmail.com,

⁴hidayatul.nurohmah.mt@gmail.com, ⁵machrus7@gmail.com

Abstrak — Jaringan listrik distribusi radial akan terjadi rugi tegangan yang cukup besar pada titik ujungnya. Besar tegangan ujung ditentukan oleh jarak penyaluran dan besar beban. Bentuk konfigurasi juga mempengaruhi besarnya rugi daya dan rugi tegangan. Sehingga diperlukan konfigurasi yang baik agar diperoleh efisiensi yang baik. Rekonfigurasi jaringan distribusi digunakan untuk mengatur ulang bentuk konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup switch pada jaringan distribusi. Rekonfigurasi diharapkan dapat mengurangi rugi-rugi daya dan meningkatkan keandalan sistem distribusi. Banyak feeder dan bus pada jaringan jika dihitung secara manual akan sulit dan memerlukan waktu yang sangat lama. Sehingga penyelesaian permasalahan menggunakan Artificial Intelegent (AI). Imperialist Competitive Algorithm (ICA) banyak dipakai penelitian dalam menyelesaikan permasalahan optimasi. Beberapa penelitian membandingkan ICA dengan kecerdasan buatan lainnya dan ICA menghasilkan hasil yang lebih baik dari kecerdasan buatan lainnya. MICA adalah modifikasi ICA yang didisain untuk menyelesaikan masalah optimisasi secara kombinasi yang diskrit. Dengan merekonfigurasi jaringan, yaitu dengan merubah open switch line 36, 26, 29, 28, dan 18 menjadi open switch line 5, 7, 17, 29, dan 41. Hasil rekonfigurasi dapat mereduksi kerugian daya sebesar 41.2637 %. Dan memperbaiki profile menjadi 0.99376 pu.

Kata Kunci – ICA, MICA, Rekonfigurasi, Distribusi Radial

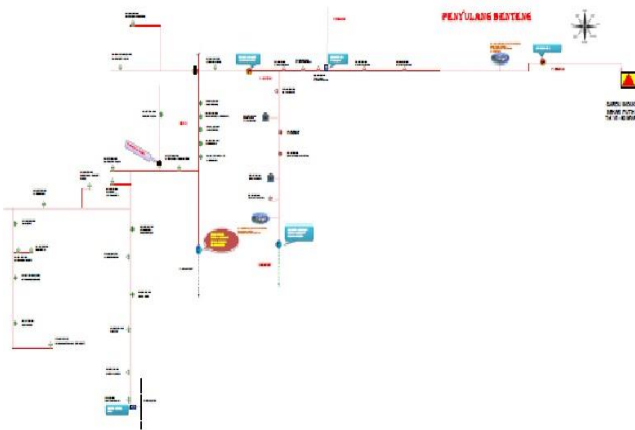
Abstract - The electrical network of radial distribution will suffer a considerable voltage loss at the end point. The magnitude of the tip end is determined by the distance of the discharge and the weight of the load. Configuration forms also affect the amount of power loss and voltage loss. So it takes a good configuration to obtain good efficiency. The reconfiguration distribution network is used to reset the network configuration form by opening and closing switches on the distribution network. Reconfiguration is expected to reduce power losses and improve distribution system reliability. Many feeders and buses on the network if calculated manually will be difficult and require a very long time. So the solution of the problem using Artificial Intelegent (AI). Imperialist Competitive Algorithm (ICA) widely used research in solving the optimization problem. Some studies comparing ICA with other artificial intelligence and ICA produce better results than other artificial intelligence. MICA is an ICA modification designed to solve a discrete combination of optimizations. By configuring the network, that is by changing the open switches 36, 26, 29, 28, and 18 to open switch lines 5, 7, 17, 29, and 41. Reconfiguration results can reduce power losses by 41.2637%. And fix the profile to 0.99376 pu

Keywords - ICA, MICA, Reconfiguration, Radial Distribution

I. PENDAHULUAN

Saat ini Artificial Intelegent (AI) sering digunakan untuk mengembangkan berbagai keilmuan diantaranya sebagai control steer kendaraan[1], sebagai kontrol sudu turbin angin[2], sebagai kontrol mikrohidro[3], sebagai kontrol kecepatan motor DC[4]. Diantaranya juga menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO)[5][6] dan Firefly Algorithm (FA)[7][8]. Beberapa penelitian membandingkan ICA dengan kecerdasan buatan lainnya dan ICA menghasilkan hasil yang lebih baik dari kecerdasan buatan lainnya[3]. Diantaranya dimodifikasi atau improfisasi program untuk masalah rekonfigurasi jaringan[4]. Maka pada penelitian ini digunakan metode Modified Imperialist Competitive Algorithm (MICA) yang merupakan modifikasi dari ICA dan Binary Particle Swarm Optimizatinon (BPSO) yang mengambil nilai diskrit yang nantinya digunakan sebagai saklar[9]. 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[10]. Penelitian sebelumnya sudah diteliti menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)[11], Genetic Algorithm (GA)[12] dan Mofified Firefly Algorithm (MFA)[8].

Pada Jaringan Tegangan menengah Penyulang Benteng GI Sekar putih pada Trafo VI 60MVA terdiri dari 41 bus (GTT) dan 44 saluran. Single line penyulang benteng dapat dilihat pada gambar.1.



II. KAJIAN PUSTAKA

A. Kerugian Daya

Perhitungan yang berlaku pada sistem distribusi arus bolak-balik adalah mirip dengan perhitungan yang berlaku pada sistem distribusi arus searah. Tetapi, ada beberapa perbedaan prinsip yang harus diperhatikan dan dipahami pada sistem arus bolak-balik antara lain: Perhitungan arus pada tiap seksi saluran AC merupakan jumlah vektor dari arus-arus beban yang penjumlahan hitungan aljabar biasanya seperti pada sistem arus searah. Jumlah arus dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan aljabar biasa, bila dinyatakan dalam notasi bilangan kompleks. Tiap beban bisa saja memiliki besar power factor yang berbeda dengan beban lain. Masing-masing besar power factor berkaitan dengan besar tegangan catu dayanya berdasarkan besaran vektor. Pada sistem arus searah, sifat beban dikenal memiliki karakteristik resistif murni, dengan "Unity Power Factor" ($\cos \phi = 1$). Pada rangkaian arus bolak-balik, besarnya rugi tegangan tidak hanya bergantung pada besar resistensi murni R dari bebannya, tetapi juga bergantung pada besarnya reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif, yang sering diabaikan.

B. Rekonfigurasi jaringan

Rekonfigurasi jaringan (Network Reconfiguration) merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (switching remotely controlled) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Dalam kondisi operasi normal, rekonfigurasi jaringan dilakukan karena dua

alasan: mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (loss reduction), mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (load balancing). Rekonfigurasi jaringan dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi daya listrik tipe radial.

C. Aliran Daya.

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.

D. 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. 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

$$AV_d = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{3} \sum_{p=a,b,c} \left| \frac{V_{nominal} - V_k^p}{V_{nominal}} \right| \times 100\% \quad (5)$$

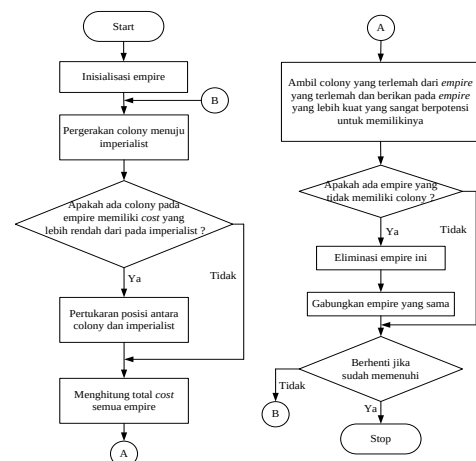
n = jumlah titik beban pada feeder, $V_{nominal}$ = tegangan nominal fasa, V_k^p = besar tegangan fasa p pada titik beban k

VD_k = jatuh tegangan rata-rata pada titik beban k . [11,12]

III. METODE PENELITIAN

Rekonfigurasi Jaringan Metodel MICA

MICA adalah modifikasi ICA yang didisain untuk optimisasi secara kombinasi yang diskrit, dimana partikel mengambil nilai vektor biner dengan panjang n dan kecepatan yang didefinisikan sebagai probabilitas dari bit x n untuk mencapai nilai 1. MICA membalikkan rumus untuk kecepatan bila kecepatan dibatasi pada interval $[0,1]$ dengan membatasi fungsi transformasi dan dengan menggunakan fungsi sigmoid. Metode Imperialist competitive Algorithm merekonfigurasi jaringan dengan membuka/menutup beberapa jalur/line pada jaringan distribusi dengan cara trial and error. Sampai iterasi berakhir atau diperoleh hasil yang paling baik dengan rugi daya Yang paling kecil. ICA merupakan algoritma evolusioner yang terinspirasi dengan kompetisi kekuasaan (imperialist competitive). Algoritma optimasi ICA dikenalkan oleh Esmail Atashpaz dan pada tahun 2007. ICA mensimulasikan proses sosial politik dari imperialisme dan kompetisi kekuasaan. Langkah-langkah utama pada ICA dapat dirangkum dalam pseudo-code berikut; Pilih titik random pada fungsi dan inisialisasi empire. Gerakkan koloni menuju imperialis yang relevan. Jika ada sebuah koloni yang memiliki cost lebih baik dari pada imperialis, ubahlah posisi dari koloni tersebut dengan imperialis. Gabungkan empire yang sama. Hitung total cost dari semua empire. Ambil koloni terlemah dari empire terlemah dan berikan kepada salah satu empire. Hilangkan empire yang paling lemah. Jika kondisi berhenti dipenuhi, berhenti, jika tidak, ke langkah 2. Dan juga bisa dengan cara yang lain, yaitu ketika hanya satu empire yang tersisa maka ICA akan berhenti. Seperti pada flowchart



Gambar 2. Flowchart Algoritma ICA

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data saluran dan impedansi saluran Beban pada JTM 20 kV Penyulang Meri dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data beban

% bus_i	type	Pd	Qd	Gs	Bs	area	Vm	Va	basekV	zone	Vmax	Vmin
mpc.bus =	[											
1	3	0.0000	0.000	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
2	1	0.0715	0.125	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
3	1	0.0817	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
4	1	0.0714	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
5	1	0.0818	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
6	1	0.0918	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
7	1	0.0714	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
8	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
9	1	0.0306	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
10	1	0.0511	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
11	1	0.0450	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
12	1	0.0613	0.035	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
13	1	0.0360	0.035	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
14	1	0.0612	0.080	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
15	1	0.0360	0.010	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
16	1	0.0714	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
17	1	0.0816	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
18	1	0.0490	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
19	1	0.0490	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
20	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
21	1	0.0490	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
22	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
23	1	0.0490	0.050	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
24	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
25	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
26	1	0.0360	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
27	1	0.0715	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
28	1	0.0360	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
29	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
30	1	0.0490	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
31	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
32	1	0.0611	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
33	1	0.0714	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
34	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
35	1	0.0919	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
36	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
37	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
38	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
39	1	0.0919	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
40	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;
41	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90;

Tabel 2. Data Impedansi

% fbus	tbus	r	x	b	rateA	rateB	rateC	ratio	angle	status	angmin	angmax
mpc.branch = [												
1	2	0.00922*0.624	0.00470*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
2	3	0.04930*0.624	0.02511*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
3	4	0.03660*0.624	0.01864*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
4	5	0.03811*0.624	0.01941*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
5	6	0.08190*0.624	0.07070*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
6	7	0.01872*0.624	0.06188*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
7	8	0.07144*0.624	0.02351*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
8	9	0.10300*0.624	0.07400*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
9	10	0.10400*0.624	0.07400*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
10	11	0.01966*0.624	0.00650*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
11	12	0.03744*0.624	0.01238*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
12	13	0.14680*0.624	0.11550*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
13	14	0.05416*0.624	0.07129*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
14	15	0.05910*0.624	0.05260*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
15	16	0.07463*0.624	0.05450*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
17	18	0.07320*0.624	0.05740*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
18	19	0.01640*0.624	0.01565*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
19	20	0.15042*0.624	0.13554*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
20	13	0.07089*0.624	0.09373*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
11	21	0.04512*0.624	0.03083*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
9	22	0.08960*0.624	0.07011*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
8	23	0.02030*0.624	0.01034*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
6	24	0.02842*0.624	0.01447*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
25	26	0.10590*0.624	0.09337*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
26	27	0.08042*0.624	0.07006*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
27	28	0.05075*0.624	0.02585*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
3	28	0.03105*0.624	0.03619*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
5	29	0.03410*0.624	0.05302*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
29	30	0.03100*0.624	0.00210*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
30	31	0.00075*0.624	0.00076*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
32	33	0.00043*0.624	0.00039*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
3	33	0.05000*0.624	0.05000*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
2	34	0.03410*0.624	0.05302*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
34	35	0.01000*0.624	0.10000*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
35	36	0.05000*0.624	0.05000*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
36	37	0.09744*0.624	0.09630*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
16	17	0.05000*0.624	0.05000*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
23	29	0.05000*0.624	0.05000*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
31	32	0.08042*0.624	0.07006*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
24	25	0.05000*0.624	0.05000*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
27	37	0.09744*0.624	0.09630*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
37	38	0.03410*0.624	0.05302*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
38	39	0.01000*0.624	0.10000*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;
39	40	0.09744*0.624	0.09630*0.624		0	0	0	0	0	1	-360	360;

Data beban dan impedansi beban diolah menggunakan program matlab 2013a.

Dalam penelitian ini terdapat 5 looping dalam dalam simulasi.

```

Loop 1: 2 26 27 33 34 35 36 41
        3 4 5 23 24 25 26 27
        3 4 28 29 30 31 32 39
        5 6 7 22 38 28 0 0
        13 14 15 16 17 18 19 0];

```

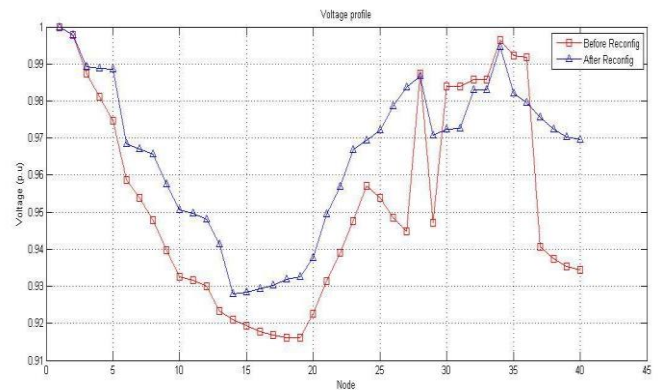
Hasil rekonfigurasi jaringan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil ringkasan rekonfigurasi jaringan

System Summary			
How many?	How much?	P (MW)	Q (MVar)
Buses	41	Total Gen Capacity	0.0
Generators	1	On-line Capacity	0.0
Committed Gens	1	Generation (actual)	2.7
Loads	40	Load	2.6
Fixed	40	Fixed	2.6
Dispatchable	0	Dispatchable	-0.0 of -0.0
Shunts	0	Shunt (inj)	-0.0
Branches	44	Losses (I ² * Z)	0.13
Transformers	0	Branch Charging (inj)	-
Inter-ties	0	Total Inter-tie Flow	0.0
Areas	1		
Minimum		Maximum	
Voltage Magnitude	0.916 p.u. @ bus 19	1.000 p.u. @ bus 1	
Voltage Angle	0.00 deg @ bus 1	0.40 deg @ bus 37	
P Losses (I ² *R)	-	0.03 MW @ line 5-6	
Q Losses (I ² *X)	-	0.03 MVar @ line 5-6	

Jumlah bus ada 41, dengan 40 bus beban dan 44 saluran. Losses terbesar pada bus 19.

Gambar profile tegangan sebelum dan sesudah rekonfigurasi tiap bus dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Profile tegangan rekonfigurasi

Hasil switch line sebelum dan sesudah rekonfigurasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil simulasi bus distribusi

***** SIMULATION RESULTS OF 41 BUS DISTRIBUTION NETWORK *****												
	BEFORE RECONFIGURATION					AFTER RECONFIGURATION						
Tie switches:	36	26	29	28	18	5	7	17	29	41		
Power loss:	11.969 kW					7.0301 kW						
Power loss reduction:	_____					41.2637 %						
Minimum voltage:	0.99212 pu					0.99376 pu						
Elapsed time is 105.435912 seconds.												

Dari hasil running menunjukkan bahwa sebelum rekonfigurasi memutus open switch line 36, 26, 29, 28, dan 18 setelah rekonfigurasi 5, 7, 17, 29, dan 41. Losses sebelum rekonfigurasi sebesar 11.969 kW dan setelah konfigurasi sebesar 7.0301 kW. Maka rekonfigurasi dapat mereduksi kerugian daya sebesar 41.2637 %. Dan memperbaiki profile tegangan dari 0.99212 pu menjadi 0.99376 pu.

V. KESIMPULAN

Dengan merekonfigurasi jaringan, yaitu dengan merubah open switch line 36, 26, 29, 28, dan 18 menjadi open switch line 5, 7, 17, 29, dan 41. Hasil rekonfigurasi dapat mereduksi kerugian daya sebesar 41.2637 %. Dan memperbaiki profile tegangan menjadi 0.99376 pu.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Kusuma, M. Ali, and N. Sutantra, "The comparison of optimization for active steering control on vehicle using PID controller based on artificial intelligence techniques," in *Proceedings - 2016 IEEE- International Seminar on Application of Technology for Information and Communication, ISEMANTIC 2016*, 2017.
- [2] M. Ali and I. Robandi, "Desain Pitch Angle Controller Turbin Angin Dengan Permanent Magnetic Synchronous Generator (PMSG) Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA)," *Pros. SENTIA 2015 – Politek. Negeri Malang*, vol. 7, no. 1, pp. 2085–2347, 2015.
- [3] T. Siswanto, D. H. Kusuma, and A. Raikhani, "Desain Optimal Load Frequency Control (Lfc) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (Pso) B-35 B-36," *Pros. SENTIA 2016 – Politek. Negeri Malang*, vol. 8, pp. 35–39, 2016.
- [4] Muhlasin and M. Ali, "Auto-Tuning Method For Designing Matlab Dc Motor Speed Control With PID (Proportional Integral Derivative)," *ADRI Int. J. Sci. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–8, 2017.
- [5] M. N. Masrukhan, M. P. Mulyo, D. Ajiatmo, and M. Ali, "Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan Pid Dengan Tuning Ant Colony Optimization (ACO) Controller," in *SENTIA-2016, Polinema, Malang*, 2016, pp. B49–B52.
- [6] M. Ali, I. Umami, and H. Sopian, "Optimisasi Steering Control Mobil Listrik Auto-Pilot Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (ACO)," *J. Intake*, vol. 6, no. 1, pp. 34–50, 2015.
- [7] M. Ali and A. Suhadak, "Optimisasi Steering Control Mobil Listrik Auto-Pilot Menggunakan Metode Firefly Algorithm (FA)," in *Semnasinotek 2017, UN PGRI, Kediri*, 2017, pp. 61–68.
- [8] H. Nurohmah, A. Raikhani, and M. ALI, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Menggunakan Modified Firefly Algorithms (MFA) Pada Penyulang Tanjung Rayon Jombang," *J. JEEU*, vol. 1, no. 2, pp. 13–16, 2017.
- [9] M. Ali, D. Ajiatmo, and M. R. Djalal, "Aplikasi Modified-Imperialist-Competitive-Algorithm (MICA) Untuk Merekonfigurasi Jaringan Radial Tenaga Listrik Pada Penyulang Mojoagung," *J. JEEU*, vol. 1, no. 2, pp. 17–21, 2017.
- [10] M. Ali, D. Ajiatmo, and M. Djalal, "Aplikasi Modified-Imperialist-Competitive-Algorithm (MICA) Untuk Merekonfigurasi Jaringan Radial," *JEEE-U*, vol. 1, no. 2, pp. 17–20, 2017.
- [11] 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)," in *SAINTEK II-2017, UB, Malang*, 2017, pp. 103–106.
- [12] M. Fayyadl, T. Sukmadi, and B. Winardi, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik dengan Metode Algoritma Genetika," *Transmisi*, vol. 8, no. 2, 2006.