



2. KAJIAN PUSTAKA

A. Losses Energi Jaringan

Beberapa perbedaan prinsip yang harus diperhatikan dan dipahami pada sistem arus bolak-balik antara lain: perhitungan arus pada tiap seksi saluran arus bolak balik merupakan jumlah vektor dari arus-arus beban. Jumlah arus dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan aljabar biasa, bila dinyatakan dalam notasi bilangan kompleks. Tiap beban bisa memiliki besar power factor yang berbeda. Masing-masing besar power factor berkaitan dengan besar tegangan catu dayanya berdasarkan besaran vector [4,5]. 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. 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. [6,7].

B. Formulasi Rekonfigurasi Jaringan

Formulasi rekonfigurasi jaringan disusun sebagai permasalahan multiobjektif, yaitu fungsi 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 kompleks tidak seimbang

$$\sum$$

dimana :

m = jumlah feeder dari feeder utama

= daya kompleks tiga fasa tak seimbang pada setiap fasa, dinyatakan dengan:

$$\sqrt{-\sum | \quad |^2}$$

= daya complex pada pembebanan per fasa, fasa a,b, dan c.

= 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

$$\sum \sum ( )$$

Dimana:

= arus fasa p dari saluran feeder j

= resistansi fasa p dari saluran feeder j

= arus netral dari saluran feeder j

= resistansi netral dari saluran feeder j

Minimalisasi rata-rata jatuh tegangan

$$-\sum - \sum | \text{-----} |$$

n = jumlah titik beban pada saluran feeder

Vnominal = tegangan nominal fasa

= besar tegangan fasa p pada titik beban k

= jatuh tegangan tiga fasa rata-rata pada titik beban pada k [8]

3. METODE PENELITIAN

Modified Firefly Algorithm (MFA)

Algorithm Firefly (FA) pertama ditemukan oleh Dr.Xin-She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007. MFA adalah modifikasi FA dengan melihat karakter obyek yang diteliti. Dalah hal ini menghilangkan variable alpha. Dalam proses permasalahan optimisasi, kecerahan cahaya kunang-kunang adalah sebanding untuk nilai dari fungsi tujuan. Berdasarkan pada ketiga peraturan ini, langkah dasar dari algoritma kunang-kunang dapat diringkas sebagai pseudo code.

Semua kunang-kunang adalah unisex, jadi suatu kunang-kunang akan tertarik dengan kunang-kunang lain terlepas dari jenis kelamin mereka. Daya tarik sebanding dengan kecerahan, maka kunang-kunang dengan kecerahan lebih redup akan bergerak kearah kunang-kunang dengan kecerahan lebih terang dan kecerahan berkurang seiring dengan bertambah jarak. Apabila tidak ada kunang-kunang yang memiliki kecerahan paling cerah maka kunang-kunang akan bergerak random. Tingkat kecerahan kunang - kunang dideterminasikan oleh tempat dari fungsi objektif kunang-kunang[8,9].

```

Fungsi objektif f(x), x = (x1, ...,xd)T
Inisialisasi populasi kunang-kunang xi (i = 1, 2, ..., n)
Tentukan koefisien penyerapan cahaya γ
while(t <Max Generation)
  fori = 1 : n semua n kunang-kunang
    forj = 1 : i semua n kunang-kunang
      Intensitas cahaya Ii pada xi ditentukan olehf(xi)
      if(Ij> Ii)
        Pindahkan kunang-kunang I menuju j padadimensi d
      end if
      Ketertarikan populasi dengan jarak r padaexp[-γ r]
      Evaluasi solusi baru dan perbarui intensitas cahaya
    end for j
  end for i
  Urutkan peringkat kunang-kunang dan cari posisi terbaik baru
End
    
```

Data parameter-parameter standar MFA yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Parameter MFA

Parameter	Nilai
Beta	0.2
Gamma	1
Dimensi	3
Jumlah Kunang-Kunang	50
Iterasi maksimum	50

**4. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Data saluran dan impedansi saluran Beban pada JTM 20 kV Penyulang Tanjung Rayon Jombang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 2. Data beban**

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

Data beban dan impedansi beban diolah menggunakan program matlab 2013a. Profile jaringan distribusi Tanjung dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Profile jaringan distribusi**

Branch Data									
Branch #	From Bus	To Bus	From Bus P (MW)	Injection Q (MVar)	To Bus P (MW)	Injection Q (MVar)	Loss P (MW)	Loss Q (MVar)	Loss (I <sup>2</sup> * Z)
1	1	2	2.64	2.30	-2.63	-2.29	0.007	0.00	
2	2	3	1.99	1.58	-1.97	-1.57	0.020	0.01	
3	3	4	1.55	1.23	-1.54	-1.22	0.009	0.00	
4	4	5	1.47	1.20	-1.46	-1.19	0.009	0.00	
5	5	6	1.17	0.92	-1.16	-0.91	0.012	0.01	
6	6	7	1.00	0.79	-1.00	-0.78	0.002	0.01	
7	7	8	0.93	0.68	-0.92	-0.68	0.006	0.00	
8	8	9	0.82	0.53	-0.82	-0.52	0.007	0.00	
9	9	10	0.69	0.46	-0.69	-0.46	0.005	0.00	
10	10	11	0.64	0.36	-0.64	-0.36	0.001	0.00	
11	11	12	0.54	0.31	-0.54	-0.31	0.001	0.00	
12	12	13	0.48	0.27	-0.48	-0.27	0.003	0.00	
13	13	14	0.17	0.12	-0.17	-0.12	0.000	0.00	
14	14	15	0.11	0.04	-0.11	-0.04	0.000	0.00	
15	15	16	0.07	0.03	-0.07	-0.02	0.000	0.00	
16	17	18	-0.08	-0.02	0.08	0.02	0.000	0.00	
17	18	19	-0.13	-0.06	0.13	0.06	0.000	0.00	
18	19	20	-0.18	-0.08	0.18	0.08	0.000	0.00	
19	20	13	-0.27	-0.12	0.27	0.12	0.000	0.00	
20	11	21	0.05	0.02	-0.05	-0.02	0.000	0.00	
21	9	22	0.09	0.04	-0.09	-0.04	0.000	0.00	
22	8	23	0.05	0.05	-0.05	-0.05	0.000	0.00	
23	6	24	0.06	0.10	-0.06	-0.10	0.000	0.00	
24	25	26	-0.06	-0.10	0.06	0.10	0.000	0.00	
25	26	27	-0.10	-0.13	0.10	0.13	0.000	0.00	
26	27	28	-0.17	-0.15	0.17	0.15	0.000	0.00	
27	3	28	0.21	0.17	-0.21	-0.17	0.000	0.00	
28	5	29	0.21	0.24	-0.21	-0.24	0.000	0.00	
29	29	30	0.12	0.17	-0.12	-0.17	0.000	0.00	
30	30	31	0.07	0.07	-0.07	-0.07	0.000	0.00	
31	32	33	-0.06	-0.10	0.06	0.10	0.000	0.00	
32	3	33	0.13	0.14	-0.13	-0.14	0.000	0.00	
33	2	34	0.57	0.59	-0.57	-0.59	0.001	0.00	
34	34	35	0.48	0.52	-0.47	-0.51	0.006	0.01	
35	35	36	0.38	0.41	-0.38	-0.41	0.001	0.00	
36	36	37	0.31	0.34	-0.31	-0.34	0.001	0.00	
37	16	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	
38	23	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	
39	31	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	
40	24	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	
41	27	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	
42	37	38	0.26	0.24	-0.26	-0.24	0.001	0.00	
43	38	39	0.16	0.17	-0.16	-0.17	0.000	0.00	
44	39	40	0.07	0.07	-0.07	-0.07	0.000	0.00	
Total:							0.095	0.07	

Jumlah bus ada 41, dengan 40 bus beban dan 44 saluran. Losses terbesar pada bus 17 seperti terlihat pada pada tabel 3.

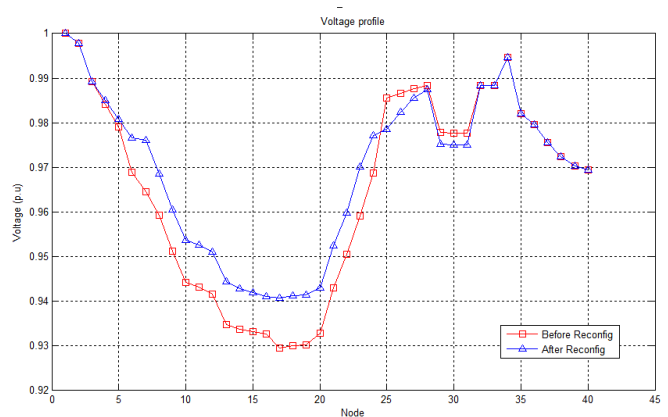
**Tabel 3. System Summary**

System Summary				
How many?	How much?	P (MW)	Q (MVar)	
Buses	41	Total Gen Capacity	0.0	0.0 to 0.0
Generators	1	On-line Capacity	0.0	0.0 to 0.0
Committed Gens	1	Generation (actual)	2.6	2.3
Loads	40	Load	2.6	2.3
Fixed Dispatchable	40	Fixed	2.6	2.3
Shunts	0	Dispatchable	-0.0 of -0.0	-0.0
Branches	44	Shunt (inj)	-0.0	0.0
Transformers	0	Losses (I <sup>2</sup> * Z)	0.10	0.07
Inter-ties	0	Branch Charging (inj)	-	0.0
Areas	1	Total Inter-tie Flow	0.0	0.0

	Minimum	Maximum
Voltage Magnitude	0.930 p.u. @ bus 17	1.000 p.u. @ bus 1
Voltage Angle	-0.06 deg @ bus 17	0.26 deg @ bus 30
P Losses (I <sup>2</sup> *R)	-	0.02 MW @ line 2-3
Q Losses (I <sup>2</sup> *X)	-	0.01 MVar @ line 5-6

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



**Gambar 3. Profile tegangan sebelum dan sesudah rekonfigurasi**

Hasil rekonfigurasi dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Rekonfigurasi jaringan**

***** SIMULATION RESULTS OF 41 BUS DISTRIBUTION NETWORK *****										
	BEFORE RECONFIGURATION					AFTER RECONFIGURATION				
Tie switches:	37	38	39	40	41	5	7	16	39	41
Power loss:	95.2596 kW					83.173 kW				
Power loss reduction:						12.6881 %				
Minimum voltage:	0.92959 pu					0.94072 pu				

Dari hasil running menunjukkan bahwa sebelum rekonfigurasi memutus switch line 37, 38, 39, 40 dan 41 setelah rekonfigurasi line 5, 7, 16, 39 dan 41. Sebelum rekonfigurasi jaringan mengalami losses sebesar 95,2596 kW setelah rekonfigurasi mengalami losses sebesar 83,1730 kW. Hasil rekonfigurasi dapat mereduksi losses sebesar 12,0866 kWatt atau 12,6881 %. Dan tegangan ujung sebelum rekonfigurasi 0,92959 pu menjadi 0,94072 pu.

**5. KESIMPULAN**

Dari hasil program menunjukkan bahwa dengan rekonfigurasi jaringan menggunakan MFA pada penyulang Tanjung dapat mereduksi losses 12,0866 kWatt atau 12,6881 %. Dan tegangan ujung sebelum rekonfigurasi 0,92959 pu menjadi 0,94072 pu. Metode ini nanti bisa menggunakan kecerdasan buatan lainnya atau bisa diterapkan pada penyulang lainnya, sehingga dapat mengurangi losses energi listrik.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1.] Wu, Wu-Chang, and Men-Shen Tsai. 2008. Feeder Reconfiguration Using Binary Coding Particle Swarm Optimization.” *International Journal of Control, Automation, and Systems*, vol. 6, pp. 488-494.

[2.] Chen, Tsai-Hsiang dan Cherng, Jeng-Tyan, Optimal Phase Arrangement of Distribution Transformers Connected to a Primary Feeder for System Unbalance Improvement and Loss Reduction Using a Genetic Algorithm, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 15, No. 3, Agustus 2000.

[3.] Qiwan L, Wei D, Jianquan Z, Anhui L. A new reconfiguration approach for distribution system with distributed generation. *ICEET*, IEEE 2009:23–6.

[4.] Saadat, Hadi. 1999. *Power Sistem Analysis*. Singapore : McGraw-Hill.

[5.] Wood, Allen J. Bruce F. Wollenberg, 1996. *Power Generation Operation and Control*. John Wiley & Sons : Canada.

[6.] Rao RS, Ravindra K, Satish K, Narasimham SVL. Power loss minimization in distribution system using network reconfiguration in the presence of distributed generation. *IEEE Trans Power Syst* 2013:317–25.

[7.] Vahid Farahani, Student Member, IEEE, Behrooz Vahidi, Senior Member, IEEE, and Hossein Askarian Abyaneh, Senior Member, IEEE, “Reconfiguration and Capacitor Placement Simultaneously for Energi Loss Reduction Based on an Improved Reconfiguration Method ”. *IEEE Publication Vol. 27, No. 2, May 2012*.

[8.] S. Lukasik and S. Zak, “Firefly Algorithm for Continuous Constrained Optimisation Tasks”, *Systems Research Institute, Polish Academy of Sciences*, 2010, pp. 1–10.

[9.] Yang, X. S. (2009). "Firefly algorithms for multimodal optimization". *Stochastic Algorithms: Foundations and Applications* SAGA 2009. *Lecture Notes in Computer Sciences* 5792.