

OPTIMASI JARINGAN DISTRIBUSI SEKUNDER UNTUK MENGURANGI RUGI DAYA MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

I Nyoman Budiastira, Ontoseno Penangsang, dan Mauridhi Hery Purnomo
Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
E-mail: vequtat@yahoo.com

ABSTRAKSI

Rugi daya dalam sistem distribusi daya listrik 3 fasa dipengaruhi oleh keseimbangan beban, penempatan trafo dan pemilihan kabel. Pada paper ini, akan dibahas tentang keseimbangan beban dalam mengurangi rugi daya listrik. Pembagian beban 3 fasa pada jaringan distribusi sekunder yang optimal digunakan Algoritma Genetika (GA). Posisi beban pada tiap bus dalam jaringan distribusi sekunder dikodekan dalam bilangan desimal dan disusun dalam satu kromosom. Proses optimasi dilaksanakan dengan operator genetika dan aliran daya 3 fasa. Pada hasil analisis diperoleh penurunan Rugi daya sebesar 5.3%.

Kata kunci: Algoritma Genetika (GA), Rugi daya, Jaringan Distribusi Tegangan Rendah

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi daya listrik ke pelanggan, mulai dari Gardu Induk melalui jaringan listrik 3 fasa 20 KV (feeder primer) menuju trafo distribusi pada sistem primer. Tegangan diturunkan menjadi 220 volt pada trafo sisi sekunder melalui jaringan sekunder 3 fasa, energi listrik disalurkan ke pelanggan. Penyambungan ke pelanggan tanpa adanya perencanaan yang jelas akan mempengaruhi kualitas daya listrik. Penurunan kualitas daya disebabkan oleh Rugi daya dan drop tegangan pada saluran. Standar PLN no 72 menyatakan bahwa Rugi daya pada saluran (JTR) tidak boleh melebihi 0.7% dari daya total yang disalurkan dan drop tegangan pada saluran (JTR) tidak boleh lebih dari 4 %. Pada penelitian pendahuluan dilaksanakan pengukuran beban puncak (Mei 2005) pada Jaringan distribusi Tegangan Rendah (JTR) DT 174 penyulang Sedap Malam, GI Sanur menunjukkan pembagian beban 3 fasa sangat tak seimbang. Hal ini bisa disebabkan pada saat penyambungan lebih berdasarkan pada jarak terdekat sambungan atau pembagian beban berdasarkan pada beban terpasang. Hasil simulasi aliran daya 3 fasa metode Newton Raphson diperoleh Rugi daya sebesar 652 Watt atau 1.5%.

Ada beberapa faktor yang bisa dilakukan untuk mengurangi Rugi daya meliputi keseimbangan beban 3 fasa, pemilihan kawat saluran dan penentuan letak trafo. Pada penelitian ini, hanya digunakan parameter keseimbangan beban dalam mengurangi rugi daya. Untuk mendapatkan beban 3 fasa yang seimbang, digunakan metode optimasi pada jaringan distribusi.

Metode optimasi pada jaringan distribusi seperti metode single-period dan multi period, digunakan dalam penelitian S.K. Khator dan L.Cheung [2]. Kedua model tersebut sangat baik digunakan untuk sistem linier.

Permasalahan optimasi pada kondisi riil lebih banyak ditemukan sistem tak linier, sehingga

penggunaan metode single period dan multi period memberikan hasil yang kurang valid.

Metode optimasi kemudian berkembang sesuai dengan perkembangan metode Intelligent Computation meliputi Fuzzy Logic, Simulasi Annealing, Tabu Search, Genetic Algorithm dan Imune System. Metode komputasi Genetic Algorithm telah banyak digunakan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi tak linier. D.E. Golberg [3] dalam bukunya menggunakan metode Genetic Algorithm dalam menyelesaikan permasalahan optimasi di Industri. Metode GA kemudian berkembang penggunaannya ke berbagai bidang ilmu, salah satunya diaplikasikan dalam optimasi disain jaringan distribusi. Ramirez-Rosado [4] dalam penelitiannya menggunakan metode Algoritma Genetika kode biner untuk mendisain Sistem Distribusi yang optimal. Kode biner GA sangat baik digunakan untuk mendapatkan penelitian dengan hasil yang memerlukan ketelitian atau setiap nilai dikodekan dalam satu kromosom. Kode biner GA kurang baik digunakan untuk setiap kromosom terdapat lebih dari satu parameter karena susunan kromosom menjadi sangat panjang.

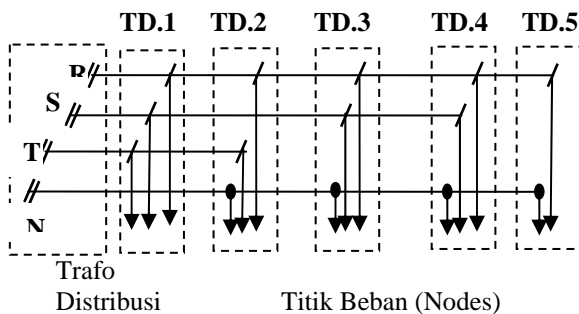
Metode GA kode non-biner telah dipilih [5] karena kesederhanaan dan kemampuannya untuk memasukkan informasi lebih dari bilangan biner. Algoritma ini telah diterapkan dalam sistem distribusi yang besar, diperoleh penyelesaian global optimal atau penyelesaian yang sangat mendekati pada titik optimal sebenarnya. T-H Chen dan T.Cheng [6] mengaplikasikan metode GA dalam optimasi jaringan distribusi dengan cara mengoptimalkan susunan fasa trafo distribusi feeder primer untuk sistem yang tak seimbang sehingga rugi daya dapat dikurangi.

A.M. Cossi, et.al [10] dalam penelitiannya, menggunakan Algoritma Genetika. Kelebihan dari GA kode desimal yaitu susunan gen dalam satu kromosom bisa mewakili lebih dari satu parameter.

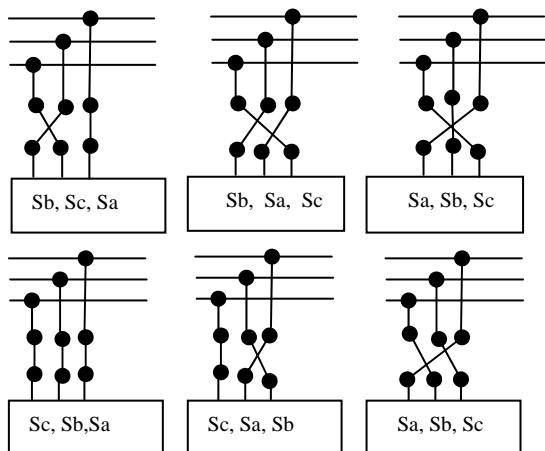
2. OPTIMASI BEBAN JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL TEGANGAN RENDAH (JTR)

Prosedur yang paling sederhana dalam optimasi beban 3 fasa pada JTR dengan sejumlah beban pada titik sambung (tiang jaringan). Pada gambar 1 akan ditunjukkan model jaringan distribusi radial yang terdiri dari satu trafo distribusi yang difungsikan sebagai bus swing dan 5 titik sambungan pada tiang jaringan sebagai bus beban. Pembagian beban 3 fasa pada tiap-tiap titik sambung tidak merata dan besaran beban yang berbeda. Kondisi seperti ini ada kecenderungan menimbulkan ketidakseimbangan beban yang menyebabkan adanya aliran arus pada salah satu jaringan menjadi sangat besar. Dampaknya pada jaringan rugi daya dan drop tegangan menjadi lebih besar.

Untuk memperbaiki arus dan tegangan fasa yang tak seimbang, sambungan antara beban pada titik sambung tiang jaringan susunannya disesuaikan [6]. Sambungan beban diperlihatkan pada Gambar 2. Ketiga kelompok beban yang disambung pada titik sambungan di tiang jaringan kemungkinan memiliki fasa yang berbeda karena beban pada sisi sekunder trafo terdiri dari beban fasa tunggal, akibatnya ada enam skema sambungan yang di pilih.



Gambar 1. Jaringan Distribusi Radial TR



Gambar 2. Enam skema sambungan beban tiga fasa

3. ALGORITMA GENETIKA (GA)

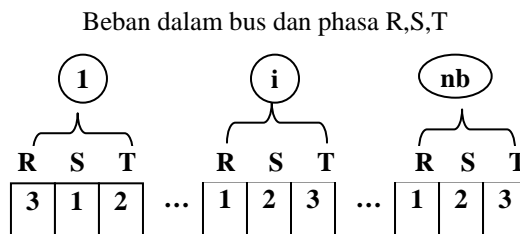
Langkah-langkah perencanaan jaringan distribusi tegangan rendah dengan metode GA dapat diuraikan sebagai berikut:

3.1 Pengumpulan Data

Data beban diperoleh dari hasil pengukuran dilapangan, pengukuran dilaksanakan pada kondisi beban puncak pada masing-masing rumah (beban). Data hasil pengukuran diolah dan dikelompokkan sesuai dengan nomer bus dan fasa. Impedansi pada saluran rumah (SR) diasumsikan 10% dari beban nominal. Beban dalam satu bus dan fasa yang sama dijumlahkan. Bus beban diperoleh dari titik sambung beban (node) pada tiap-tiap tiang jaringan. Memasukkan data beban pada masing-masing bus sesuai dengan fasa R, S, dan T. Bus beban ditentukan sambungan perhitungan total beban tiap bus dan fasa sama dengan jumlah total beban terpasang (hasil pengukuran) ditambah rugi-rugi daya saluran SR.

3.2 Pengkodean Data Beban

Susunan kromosom terdiri dari beberapa gen, tiap gen menyatakan satu parameter. Parameter dalam optimasi jaringan distribusi sekunder meliputi nomer bus jaringan dan fasa. Beban pada bus i fasa R dinyatakan sebagai satu gen. Beban pada tiap-tiap bus dan fasa dikodekan dalam bilangan desimal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

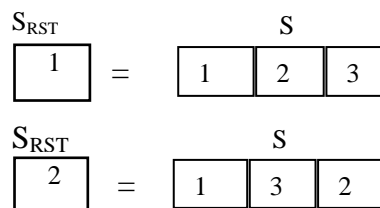


Gambar 3. Sistem Kodifikasi beban

Parameter yang terkait dalam jaringan distribusi tegangan rendah meliputi: **1,2,3**: Menyatakan beban aktif dan reaktif pada fasa R, S, T pada bus i , $i=1,2,\dots,nb$; nb =jumlah bus.

3.3 Pembangkitan Populasi Awal

Populasi awal dibangkitkan secara acak dengan susunan kromosom seperti Gambar 4.



Gambar 4. Contoh gen yang dikodekan

Pada setiap bus dikodekan dalam bilangan desimal dipilih secara acak antara angka 1 sampai 6. Susunan gen pada tiap bus dalam kromosom untuk tiap angka yang terpilih dienkodkan kembali sehingga diperoleh susunan gen dalam tiap kromosom terdapat tiga gen yang mewakili susunan fasa dalam tiap bus (node) Gambar 4.

3.4 Evaluasi Konfigurasi

Setiap individu populasi dapat dihitung fungsi fitness yang menyatakan besaran Rugi daya total jaringan. Fungsi fitness dapat dirumuskan seperti pada persamaan 1.

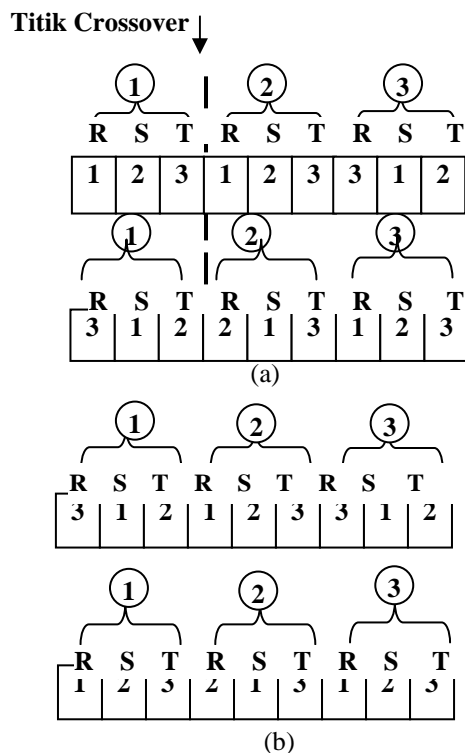
$$F(t) = 1/(\text{Rugi}+0,01) \quad (1)$$

3.5 Seleksi

Pemilihan konfigurasi yang terbaik dengan menggunakan teknik elitism, karena seleksi yang dilakukan secara acak tidak ada jaminan individu yang fitness tertinggi akan terpilih atau rusak karena proses crossover dan mutasi. Untuk menjaga individu dengan fitness tertinggi tidak hilang,

3.6 Crossover

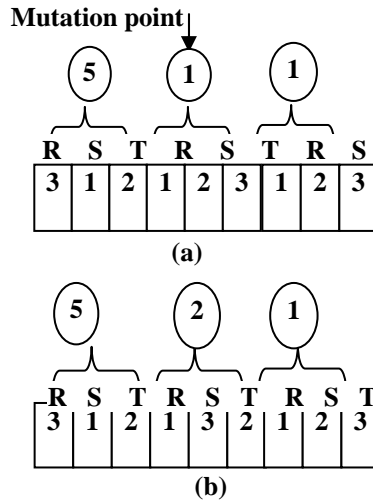
Proses crossover akan terjadi bila probabilitas yang dibangkitkan secara acak berada diantara nilai probabilitas yang telah ditentukan. Contoh dari crossover diperlihatkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. (a) Pasangan kromosom dalam proses Crossover; (b) Kromosom hasil proses Crossover

3.7 Mutasi

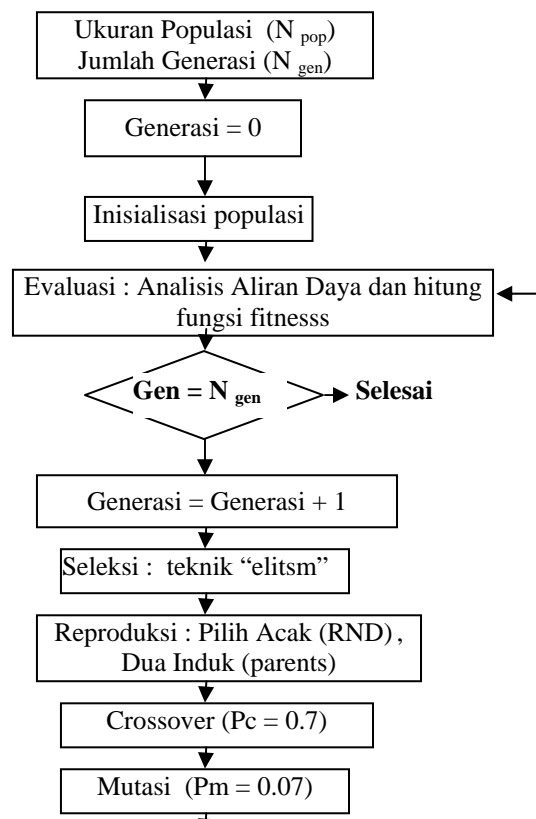
Mutasi merupakan pertukaran variabel pada satu kromosom, dilaksanakan seperti Gambar 6. Distribusi beban: terjadi rotasi (pergantian) pada beban fasa a, b, dan c.



Gambar 6. (a) Sebelum proses mutasi; (b) Sesudah proses mutasi

Algoritma genetika dapat diuraikan dalam diagram alir ditunjukkan pada Gambar 7.

3.8 Diagram Alir Algoritma Genetika



Gambar 7. Diagram Alir Algoritma Genetika

4. HASIL

4.1 Parameter Kontrol

Beberapa nilai parameter dalam proses perhitungan diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Kontrol GA

Parameter	Nilai
Faktor Daya	0.85
Cross rate	0.7
Mutasi Rate	0.07
Ukuran Populasi	30
Maksimum Generasi	1000
Tegangan Nominal (V)	400
kVA Base	200

4.2 Data Beban Trafo Distribusi DT 174

Pada jaringan distribusi tegangan rendah Trafo DT 174 Penyulang Sedap Malam GI Sanur, terdapat 33 bus dengan data beban dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data beban JTR Trafo DT 174 (GI. Sanur)

Nama Bus	Mag Teg.	Sud Teg.	Beban									T Y P e
			R			S			T			
			Re kW	Im kvar	C	Re kW	Im kvar	C	Re kW	Im kvar	C	
S	1.04	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	1
Ld1	1	0	-0.81	-0.50	0	0	0	0	-0.59	-0.43	0	3
Ld2	1	0	-0.44	-0.27	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld3	1	0	0	0	0	-0.46	-0.28	0	-0.10	-0.06	0	3
Ld4	1	0	0	0	0	-2.62	-1.62	0	-0.21	-0.13	0	3
Ld5	1	0	-0.84	-0.52	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld6	1	0	-1.06	-0.66	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld7	1	0	-3.48	-2.16	0	-2.52	-1.56	0	-0.37	-0.23	0	3
Ld8	1	0	0	0	0	0	0	0	-0.43	-0.26	0	3
Ld9	1	0	0	0	0	-1.24	-0.77	0	0	0	0	3
Ld10	1	0	-0.56	-0.34	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld11	1	0	-0.71	-0.44	0	-1.07	-0.66	0	0	0	0	3
Ld12	1	0	0	0	0	-0.26	-0.16	0	0	0	0	3
Ld13	1	0	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld14	1	0	0	0	0	0	0	0	-3.76	-2.33	0	3
Ld15	1	0	0	0	0	-0.56	-0.35	0	0	0	0	3
Ld16	1	0	0	0	0	-1.28	-0.79	0	0	0	0	3
Ld17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld18	1	0	0	0	0	-0.20	-0.12	0	-0.54	-0.33	0	3
Ld19	1	0	-0.56	-0.34	0	-0.93	-0.57	0	-1.51	-0.94	0	3
Ld20	1	0	0	0	0	-0.12	-0.07	0			0	3
Ld21	1	0	-1.13	-0.70	0	-0.57	-0.35	0	-0.43	-0.26	0	3
Ld22	1	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld23	1	0	0.00	0	0	0	0	0	-1.04	-0.64	0	3
Ld24	1	0	0.00	0	0	0	0	0	-1.01	-0.62	0	3
Ld25	1	0	0.00	0	0	-1.87	-1.16	0	0	0	0	3
Ld26	1	0	0.00	0	0	-0.19	-0.12	0	0	0	0	3
Ld27	1	0	-2.49	-1.54	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld28	1	0	-0.39	-0.24	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld29	1	0	-0.51	-0.32	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld30	1	0	-1.87	-1.16	0	-0.34	-1.37	0	0	0	0	3
Ld31	1	0	0	0	0	-0.08	-0.05	0	0	0	0	3
Ld32	1	0	0	0	0	-0.45	-0.28	0	-0.53	-0.33	0	3

4.3 Hasil Simulasi

Pada kondisi awal, hasil simulasi aliran daya JTR DT 174 ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Simulasi Aliran Daya 3 fase kondisi awal

Daya Pembangkitan:	41.8 kW	26.2 kVar
Daya Beban:	41.1 kW	26.0 kVar
Daya Slack Bus:	41.8 kW	26.0 kVar
Rugi Total:	0.65 kW	0.12 kVar

Setelah dilaksanakan optimasi beban 3 fase menggunakan Algoritma Genetika, rugi daya total diperoleh sebesar 617 Watt atau terjadi penurunan rugi daya sebesar 5.3%. Susunan beban setelah optimasi diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Aliran Daya 3 setelah optimasi

Nama Bus	Mag Teg.	Sud Teg.	Beban									T Y P e
			R			S			T			
			Re kW	Im kvar	C	Re kW	Im kvar	C	Re kW	Im kvar	C	
S	1.04	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	1
Ld	1	0	-0.81	-0.50	0	0	0	0	-0.59	-0.43	0	3
Ld	1	0	-0.44	-0.27	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-0.46	-0.28	0	-0.10	-0.06	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-2.62	-1.62	0	-0.21	-0.13	0	3
Ld	1	0	-0.84	-0.52	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	-1.06	-0.66	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	-3.48	-2.16	0	-2.52	-1.56	0	-0.37	-0.23	0	3
Ld	1	0	0	0	0	0	0	0	-0.43	-0.26	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-1.24	-0.77	0	0	0	0	3
Ld	1	0	-0.56	-0.34	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	-0.71	-0.44	0	-1.07	-0.66	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-0.26	-0.16	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0	0	0	0	0	0	-3.76	-2.33	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-0.56	-0.35	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-1.28	-0.79	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-0.20	-0.12	0	-0.54	-0.33	0	3
Ld	1	0	-0.56	-0.34	0	-0.93	-0.57	0	-1.51	-0.94	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-0.12	-0.07	0			0	3
Ld	1	0	-1.13	-0.70	0	-0.57	-0.35	0	-0.43	-0.26	0	3
Ld	1	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0.00	0	0	0	0	0	-1.04	-0.64	0	3
Ld	1	0	0.00	0	0	0	0	0	-1.01	-0.62	0	3
Ld	1	0	0.00	0	0	-1.87	-1.16	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0.00	0	0	-0.19	-0.12	0	0	0	0	3
Ld	1	0	-2.49	-1.54	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	-0.39	-0.24	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	-0.51	-0.32	0	0	0	0	0	0	0	3
Ld	1	0	-1.87	-1.16	0	-0.34	-1.37	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-0.08	-0.05	0	0	0	0	3
Ld	1	0	0	0	0	-0.45	-0.28	0	-0.53	-0.33	0	3

5. KESIMPULAN

Optimasi beban pada jaringan distribusi sekunder DT 174 menggunakan Algoritma Genetika dapat mengurangi rugi daya pada jaringan distribusi tegangan rendah (JTR) sebesar 5.3%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Gonen, *Electric Power Distribution System Engineering*. Newyork: McGraw-Hill, 1986.
- [2] S. R. Khator and L. Cheung, Power distribution Planning: review of models and issues, *IEEE Transc. Power. Syst.*, vol. 12. no. 3 pp.1151-1158, May 1997.
- [2] I. J Ramirez-Rosado and J. L. Bernal-Agustin, Algoritma Genetika applied to the design of larger power distribution System, *IEEE Transc.Power Syst.* Vol. 13, No. 12. pp. 696-703, May 1998.
- [3] D. E. Golberg, *Algoritma Genetika in Search Optimization, and machine learning*, Reading, M.A: Addison-Wesley,1989.
- [4] I. J. Ramirez-Rosado and T. Gonen, Pseudodynamic Planning for expansion of Power Distribution System, *IEEE Transaction on Power System*, Vol. 6, No. 1, February, 1991, pp.245-254.
- [5] T. H. Chen and T. Cheng, Optimal phasa arrangement of Distribution transformer connected to primary feeder for system unbalance improvement and loss reduction using Algoritma Genetika, *IEEE Tans. Syst.* Vol. 15. no. 3. pp. 994-1000, Aug. 2000.
- [6] J. Zhu, Phasa Balancing using simulated annealing, *IEEE Transc. Syst.* Vol. 14. no. 4, pp. 1505-1513, Nov. 1999.
- [7] C. S. Cheng and D. A, Shirmohammadi, Three phasa power flow method for real-time distribution system analysis, *IEEE Transc. Power. Syst.*, vol. 10. no. 2. pp. 671-679, May 1995.
- [8] Zbigniew Michalewicz, *Algoritma Genetika + Data Stuctures = Evolution Programs*, Springer, 1992.
- [9] Khator, S. K. and Leung, L.C; Substation Feeder Configuration at larger Utility, *Computer and IEEE Transaction on Power System*, vol. 28, no. 2, 1995, pp. 329-339.
- [10] A. M. Cossi, R. Rumero; Planning of Secondary Distribution CircuitsTrough Evolutionary Algorithms, *IEEE Transaction on Power System*, vol. 20, no. 1, January 2005.
- [11] R. D. Zimmerman, H. D. Chiang; Fast Decouple Power Flow for Unbalanced Radial Distribution Systems, *IEEE Transaction on Power System*, Vol. 10, No. 4, Nopember 1995.
- [12] Fajar Handono; Optimasi Penjadwalan Unit-unit Pembangkit Thermal di PJB II Menggunakan Algoritma Genetika, *Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro*, ITS, 2001.
- [13] Sri Kusumadewi, Hari Purnomo; *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan teknik Heuristik*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.

