

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI DAYA LISTRIK DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA

Muhammad Fayyadl¹, Ir. Tejo Sukmadi², M.T., Ir. Bambang Winardi²
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia
E-mail: f4yy4dl_ds@yahoo.com

Abstrak - Seiring dengan perkembangan teknologi komunikasi dan pemrosesan data akhir-akhir ini, peralatan-peralatan jaringan distribusi listrik telah memasuki era baru yaitu otomatisasi jaringan distribusi (*Distribution Otomatization*), yaitu operasional jaringan distribusi dilakukan dari satu tempat yang bisa mengendalikan semua peralatan pada jaringan distribusi, termasuk di dalamnya adalah rekonfigurasi jaringan distribusi.

Penelitian dilakukan pada jaringan distribusi daya listrik tipe radial dan rekonfigurasi jaringan diformulasikan sebagai fungsi optimisasi multiobjektif (*multiobjective optimization function*) yang dicari solusinya menggunakan teknik algoritma genetika, berdasarkan pada analisis aliran daya, dalam *multiobjective optimization function* tersebut terdapat faktor pembobotan (*weighting factor*) yang dipilih sesuai dengan tujuan rekonfigurasi jaringan.

Rekonfigurasi jaringan distribusi daya listrik dengan menggunakan Algoritma genetika dalam tugas akhir ini dapat memperbaiki kinerja jaringan distribusi sesuai dengan tujuan dilakukannya rekonfigurasi yang dilakukan dengan pemilihan fungsi multiobjektif. Hasil penelitian menggunakan parameter algoritma genetika probabilitas mutasi 0,05 dan probabilitas pindah silang 0,8 dengan jumlah individu 100 menunjukkan konfigurasi yang lebih baik dari pada konfigurasi sebelum dilakukan rekonfigurasi dengan simulasi tugas akhir ini. Optimal jaringan distribusi dalam tugas akhir ini didasarkan pada rugi-rugi saluran, jatuh tegangan rata-rata dan faktor tegangan tak seimbang.

Kata kunci : rekonfigurasi jaringan, jaringan distribusi radial, fungsi multiobjektif, algoritma genetika.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam sistem tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Biasanya seringkali terjadi beban yang tidak seimbang pada fasa-fasanya (sistem distribusi merupakan sistem 3 fasa) atau terjadi kelebihan beban karena pemakaian alat-alat elektrik dari konsumen energi listrik.

Kadaan tersebut kalau dibiarkan terus-menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan serta menyebabkan kerusakan alat-alat yang bersangkutan. Untuk itu diperlukan suatu tindakan yang mengurangi pembebanan yang tidak seimbang

(*unbalanced loading*) pada fasa dan kelebihan beban (*over loading*) pada jaringan distribusi listrik.

Rekonfigurasi jaringan distribusi yaitu mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup switch yang terdapat pada jaringan distribusi untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dan atau untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi sehingga efisiensi daya listrik yang disalurkan meningkat dan konsumen dapat dilayani dengan baik.

Pada tugas akhir ini digunakan metode algoritma genetika untuk memecahkan masalah rekonfigurasi jaringan.

B. Tujuan

Tujuan pembuatan Tugas Akhir ini adalah membuat simulasi untuk mencari konfigurasi optimal pada jaringan distribusi radial, serta menganalisa unjuk kerja jaringan distribusi radial hasil rekonfigurasi.

C. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, pembahasan terbatas pada:

1. Jaringan distribusi yang dianalisis adalah jaringan distribusi radial.
2. Tidak membahas mekanisme rekonfigurasi jaringan
3. Tidak membahas peralatan-peralatan yang terdapat pada sistem distribusi.
4. Tidak membahas Sistem Proteksi dan komponennya pada sistem distribusi.
5. Tidak membahas penyebab rugi-rugi pada sistem distribusi dan aspek kualitas tenaga listrik (*Power Quality*).
6. Pembebanan tiap fasanya dianggap sama pada semua saluran.
7. Metode aliran daya menggunakan metode Newton Raphson dan tidak dibahas secara khusus dan mendetail.
8. Penentuan konfigurasi yang optimal didasarkan pada parameter total rugi-rugi saluran, jatuh tegangan rata-rata dan faktor tegangan tak seimbang.
9. Metode algoritma genetika yang digunakan adalah model algoritma genetika sederhana.
10. Pindah Silang menggunakan metode *order crossover* dan mutasi kromosomnya menggunakan metode *swap mutation*.
11. Pemrograman dan analisis menggunakan program MATLAB versi 6.5.

1) Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP Semarang

2) Dosen Teknik Elektro UNDIP Semarang

II. DASAR TEORI

2.1 Sistem Distribusi Radial

Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain dengan saluran transmisi. Hal ini terjadi pada gardu induk (*substation*) dimana juga dilaksanakan transformasi tegangan dan fungsi-fungsi pemutusan dan penghubungan beban (*switching*).

Ditinjau dari konfigurasi jaringan primernya, jaringan distribusi dapat dibedakan atas tiga sistem, yaitu :

1. Sistem jaringan radial.

Struktur dengan sistem ini merupakan jaringan yang paling sederhana, metode pengoperasiannya mudah, hubungan langsung dari titik pengisian ke pemakai.

2. Sistem jaringan loop

Pada sistem ini terdapat dua sumber dan arah pengisian yang satu dapat sebagai cadangan, sehingga keandalan cukup tinggi, banyak dipakai pada jaringan umum dan industri.

3. Sistem Jaringan Spindel.

Pada dasarnya struktur spindel merupakan struktur radial dimana spindel adalah kelompok kumparan yang pola jaringannya ditandai dengan ciri adanya sejumlah kabel yang keluar dari gardu induk (*Feeder*), ke arah suatu titik temu yang disebut gardu hubung. Sistem jaringan spindel inilah yang memiliki keandalan tinggi.

Pada tugas akhir ini, dari ketiga sistem jaringan distribusi di atas yang dianalisis adalah Sistem jaringan distribusi radial.

2.2 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:

1. Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (*loss reduction*).
2. Mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (*load balancing*)

Pada tugas akhir ini rekonfigurasi jaringan dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi daya listrik tipe radial.

2.3 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 tugas akhir 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.

2.4 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika adalah algoritma pencarian yang didasarkan pada mekanisme seleksi alamiah dan genetika alamiah. Pada algoritma ini, teknik pencarian dilakukan sekaligus atas sejumlah solusi yang mungkin, yang dikenal dengan istilah populasi. Individu yang terdapat dalam satu populasi yang dibentuk secara acak disebut dengan istilah kromosom.

Pada setiap generasi, kromosom akan melalui proses evolusi dengan menggunakan alat ukur yang disebut sebagai fungsi fitness. Generasi berikutnya dikenal dengan istilah anak (*offspring*) terbentuk dari gabungan 2 kromosom generasi sekarang yang bertindak sebagai induk (*parent*) dengan menggunakan operator penyilangan (*crossover*). Selain operator penyilangan, suatu kromosom dapat juga dimodifikasi dengan menggunakan operator mutasi. Populasi generasi yang baru dibentuk dengan cara menyeleksi nilai fitness dari kromosom induk (*parent*) dan nilai fitness dari kromosom anak (*offspring*), serta menolak kromosom-kromosom yang lainnya sehingga ukuran populasi (jumlah kromosom dalam suatu populasi) konstan. Setelah melalui beberapa generasi, maka algoritma ini akan konvergen ke kromosom yang terbaik.

2.5 Formulasi masalah 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:

- a. Minimalisasi daya complex tak seimbang

Min

$$TSu = \sum_{j=1}^m S_j^u$$

dimana :

m = jumlah saluran feeder dari feeder utama

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

$$S_j^u = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{p=a,b,c} |S_j^p - S_j^o|^2}$$

$$S_j^o = (S_j^a + S_j^b + S_j^c) / 3$$

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 setiap fasa. jika bernilai 0, maka daya complex pada saluran j seimbang.

- b. Minimalisasi total rugi saluran

Min

$$TL_l = \sum_{j=1}^m \sum_{p=a,b,c} (I_j^p)^2 \cdot r_j^p + (I_j^{ne})^2 \cdot r_j^{ne}$$

dimana:

- I_j^p = arus fasa p dari saluran feeder j
 r_j^p = resistansi fasa p dari saluran feeder j
 I_j^{ne} = arus netral dari saluran feeder j
 r_j^{ne} = resistansi saluran netral dari saluran feeder j

- c. Minimalisasi rata-rata jatuh tegangan
Min

$$AV_d = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n VD_k$$

dimana:

$$VD_k = \frac{1}{3} \sum_{p=a,b,c} \left| \frac{V_{no\ min\ al} - V_k^p}{V_{no\ min\ al}} \right| \times 100\%$$

n = jumlah titik beban pada feeder

$V_{no\ min\ al}$ = tegangan nominal fasa

V_k^p = besar tegangan fasa p pada titik beban k

VD_k = jatuh tegangan tiga fasa rata-rata pada titik beban k

- d. Minimalisasi arus netral transformator utama
Min

$$I_t^N = \sum_{p=a,b,c} I_t^p$$

dimana:

I_t^p = arus fasa p dari transformator utama yang menyuplai feeder

I_t^N = arus netral dari transformator utama

- e. Minimalisasi faktor tegangan tak seimbang
Min

$$T_{dt} = T_{d0} + T_{d2}$$

dimana:

$$T_{d0} = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (d_{0,k})^2} \quad \text{dan}$$

$$d_{0,k} = \frac{V_k^{(0)}}{V_k^{(1)}}$$

$$T_{d2} = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (d_{2,k})^2} \quad \text{dan}$$

$$d_{2,k} = \frac{V_k^{(2)}}{V_k^{(1)}}$$

$V_k^{(0)}$ = tegangan urutan nol pada titik beban k

$V_k^{(1)}$ = tegangan urutan positif pada titik beban k

$V_k^{(2)}$ = tegangan urutan negatif pada titik beban k

$d_{0,k}$ = faktor tegangan tak seimbang urutan nol pada titik beban k

$d_{2,k}$ = faktor tegangan tak seimbang urutan negatif pada titik beban k

2.6 Fungsi Multiobjektif (*Multiobjective Function*)

Dengan menggabungkan persamaan-persamaan di atas didapatkan sebuah fungsi multiobjektif yang disertai dengan faktor beban yang menunjukkan besarnya hubungan antara fungsi-fungsi objektif, sehingga dinyatakan dengan persamaan:

Min

$$F = w_1 TS_u + w_2 TL_t + w_3 AV_d + w_4 I_t^N + w_5 Td_t$$

mengacu kepada:

$$VD_k < VD^s \quad ; k = 1, \dots, n$$

$$d_{o,k} < d_o^s \quad ; k = 1, \dots, n$$

$$d_{2,k} < d_2^s \quad ; k = 1, \dots, n$$

$$I_t^N < I_t^{NS}$$

dan

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 1$$

dimana:

VD^s = jatuh tegangan spesifik

d_o^s = faktor tegangan tak seimbang urutan nol spesifik

d_2^s = faktor tegangan tak seimbang urutan negatif spesifik

I_t^{NS} = arus netral pada transformator utama spesifik

w_k = faktor pembebanan, yang dapat diatur oleh operator distribusi sesuai keinginan

III. PERANCANGAN PROGRAM

Pemodelan aliran daya

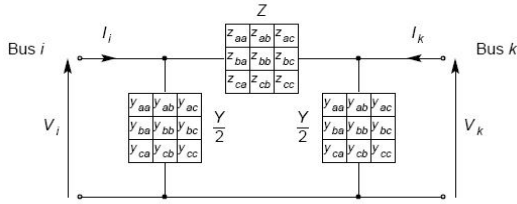
Model konduktor.

Konduktor untuk setiap saluran 3 fasa dapat dimodelkan dengan model π ekuivalen. Impedansi seri saluran dan kapasitansi shunt saluran digambarkan seperti gambar 1. Impedansi seri saluran dan kapasitansi shunt saluran untuk saluran tiga fasa berupa matriks 3 x 3 yang terdiri dari impedansi bersama dan kapasitansi shunt bersama antar fasanya.

Pada jaringan distribusi menengah yang mempunyai level tegangan rendah, kapasitansi shunt dapat diabaikan sehingga pada jaringan distribusi yang diperhitungkan adalah nilai impedansinya.

Pada perhitungan aliran daya yang dipakai dalam tugas akhir ini, mengasumsikan tidak ada impedansi gandeng pada fasa-fasanya, sehingga impedansi saluran tiga fasanya menjadi :

$$[Z_{abc}] = \begin{bmatrix} Z_{aa} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{bb} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{cc} \end{bmatrix}$$



Gambar 1 Model π ekuivalen untuk konduktor 3 fasa.

Model Beban

Beban pada jaringan distribusi dianggap konstan, berupa daya aktif dan reaktif sehingga beban dimodelkan dengan bus beban (*PQ bus*). Pada jaringan distribusi radial hanya terdapat 2 macam bus, yaitu : *slack bus* dan bus beban.

Aliran daya pada tugas akhir ini menggunakan metode Newton Raphson dan outputnya berupa tegangan dan daya kompleks pada masing-masing fasa dengan asumsi tidak ada impedansi gandeng pada fasa-fasa tersebut..

Model Algoritma Genetika.

Pemodelan Gen dan Kromosom.

Solusi yang ingin dicapai dalam rekonfigurasi ini adalah mencari switch mana yang membuka (on) dan switch yang menutup (off) saat terjadi beban yang tak seimbang pada fasa-fasanya.

Dalam kondisi normal terdapat switch yang menutup dan yang membuka, switch yang membuka ini berada pada tie lines, disebut juga *normally open*. Switch-switch tersebut diberi kode 1 kalau menutup (on) dan 0 kalau membuka (off). Satu buah kromosom merepresentasikan satu buah konfigurasi jaringan distribusi, yang terdiri dari gen-gen yang berisi dari status dari switch yang berada pada jaringan distribusi yang dievaluasi sehingga jumlah gen adalah sama dengan jumlah seluruh switch pada jaringan distribusi.

Masing-masing status switch hanya boleh muncul satu kali dalam satu buah kromosom. Pengkodean yang seperti ini dilakukan dengan *permutation encoding*.

Fungsi Fitness

Untuk permasalahan rekonfigurasi jaringan, keluaran yang diharapkan adalah mencari konfigurasi jaringan distribusi yang mempunyai rugi-rugi minimal, maka fungsi fitness yang digunakan adalah minimalisasi. Sehingga nilai fitnessnya seperti dibawah ini dimana h adalah fungsi multiobjektif di atas.

$$f = \frac{1}{(h + c)}$$

Untuk menghindari kecenderungan konvergen pada optimum lokal, maka dilakukan proses penskalaan nilai fitness, persamaannya seperti di bawah ini. Sehingga diperoleh nilai fitness yang berada pada interval $[MaxF, MinF]$.

$$f(i) = f_{\max} - (f_{\max} - f_{\min}) \frac{R(i) - 1}{N - 1}$$

Pada fungsi fitness pada tugas akhir ini disajikan nilai bobot (w) yang dipakai pada fungsi fitness, bobot ini menunjukkan hubungan lima fungsi objektif yang berada pada perumusan rekonfigurasi jaringan.

Untuk setiap pola beban dapat dipilih lima kasus yang mempunyai variasi nilai bobot sebagai berikut :

1. Kasus 1 : mempunyai nilai bobot (w) sebagai berikut :
 $w_1 = 0 ; w_2 = 1 ; w_3 = 0 ; w_4 = 0 ; w_5 = 0.$
2. Kasus 2 : mempunyai nilai bobot (w) sebagai berikut :
 $w_1 = 0,2 ; w_2 = 0,2 ; w_3 = 0,2 ; w_4 = 0,2 ; w_5 = 0,2$
3. Kasus 3 : mempunyai nilai bobot (w) sebagai berikut :
 $w_1 = 0,1 ; w_2 = 0,6 ; w_3 = 0,1 ; w_4 = 0,1 ; w_5 = 0,1.$
4. Kasus 4 : mempunyai nilai bobot (w) sebagai berikut :
 $w_1 = 0,1 ; w_2 = 0,1 ; w_3 = 0,1 ; w_4 = 0,35 ; w_5 = 0,35.$
5. Kasus 5 : mempunyai nilai bobot (w) sebagai berikut :
 $w_1 = 0,3 ; w_2 = 0,05 ; w_3 = 0,05 ; w_4 = 0,3 ; w_5 = 0,3.$

Seleksi Orang tua

Seleksi ini bertujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang paling fit. Pada tugas akhir ini digunakan metode *Roulette wheel selection*. Dalam hal ini pemilihan kromosom ini dilakukan dua kali yang bertindak sebagai kandidat kromosom yang akan dipindahsilangkan.

Pindah Silang.

Pindah silang untuk rekonfigurasi jaringan ini menggunakan metode *order crossover*. Pada metode ini, satu bagian kromosom dipertukarkan dengan tetap menjaga urutan gen yang bukan bagian dari kromosom tersebut.

Mutasi.

Operator mutasi diimplementasikan dengan menukarkan gen termutasi dengan gen lain yang dipilih secara random. Misalnya, kromosom $\{2, 3, 4, 1, 5\}$ dapat termutasi menjadi kromosom $\{4, 3, 2, 1, 5\}$. Dalam hal ini gen 1 dan gen 3 saling ditukarkan. Skema mutasi ini dikenal sebagai *swapping mutation*.

Elitisme

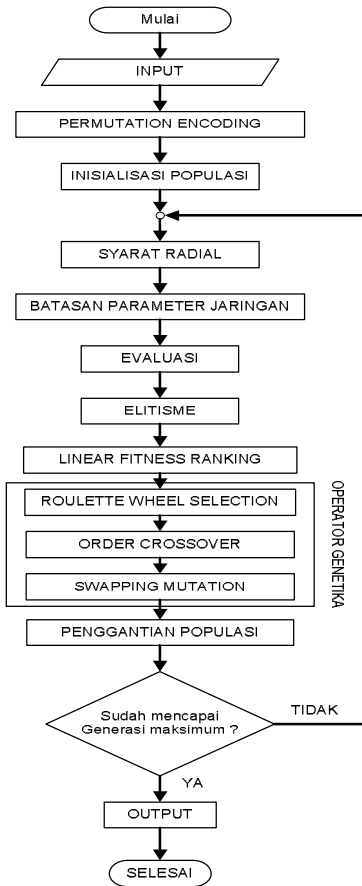
Untuk menjaga agar individu bernilai fitness tertinggi tidak hilang selama evolusi, maka perlu dibuat satu atau beberapa kopinya. Prosedur ini dikenal sebagai *elitisme*.

Kriteria Terminasi Program

Kriteria terminasi yang dipakai pada program ini adalah kalau generasi sudah mencapai generasi maksimum maka proses algoritma genetika akan segera berhenti.

Diagram Alir Perangkat Lunak

Diagram alir perangkat lunak yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir program utama

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan pada jaringan distribusi radial 33 bus dengan parameter-parameter sebagai berikut :

Untuk perhitungan tegangan dan daya kompleks :

Dasar MVA = 100 MVA

Dasar kV = 20 kV

Iterasi maksimum = 10 iterasi.

Akurasi perhitungan tegangan = 0,001

Batasan parameter saluran :

Jatuh tegangan maksimum = 15 %

Arus Netral trafo utama = 1 p.u

Faktor tegangan tak seimbang urutan nol = 1

Faktor tegangan tak seimbang urutan negatif = 1

Parameter algoritma genetika :

Ukuran populasi : 100

Generasi Maksimum : 30

Probabilitas mutasi : 0,05

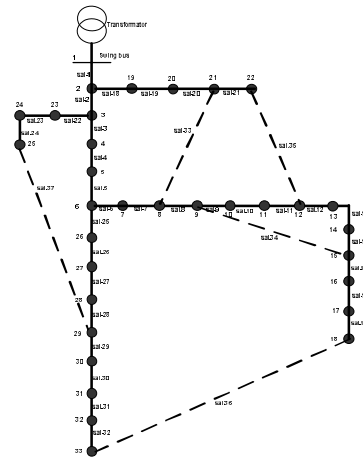
Probabilitas pindah silang : 0,8

Pada saat beban setimbang pada jaringan mempunyai parameter sebagai berikut :

Tabel 1 Tabel parameter jaringan saat beban setimbang pada jaringan test 33 bus.

Parameter Jaringan	Nilai
Daya Kompleks tak seimbang (kva)	0.000
Total Rugi saluran (kW)	0.000
Jatuh tegangan rata-rata (%)	2.401
Arus netral rafo utama (A)	0.000
Faktor tegangan tak seimbang (%)	0.000

Bentuk konfigurasi awal dari jaringan distribusi test 33 bus sebagai berikut :



Gambar 3 Konfigurasi awal jaringan distribusi test

A. Pola beban 0.6,0.1 dan 0.3

Tabel 2 Tabel parameter jaringan saat pola beban 0.6, 0.1, dan 0.3 pada jaringan test 33 bus.

Parameter Jaringan	Nilai
Daya Kompleks tak seimbang (kva)	1030.646
Total Rugi saluran (kW)	11570.358
Jatuh tegangan rata-rata (%)	2.437
Arus netral rafo utama (A)	202.159
Faktor tegangan tak seimbang (%)	0.0252

Tabel 3 Data hasil algoritma genetika untuk pola beban 0.6, 0.1, 0.3.

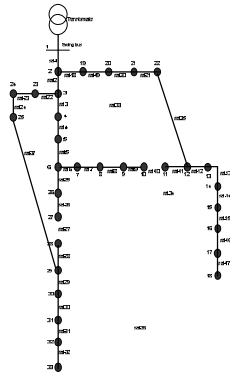
Kasus	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Kasus 5
Switch ON	35 37	34 35 36 37	34 35 37	34 35 36 37	33 34 35 36 37
Switch OFF	10 27	9 14 27 32	9 14 27	10 14 17 28	7 9 13 17 28
TSu (kva)	1030. 646	1030. 646	1030. 646	1030. 646	1030. 646
TLI (kW)	9439. 840	11398. 208	11416. 231	11648. 165	11539. 525
Avd (%)	1.545	1.468	1.469	1.462	1.494
ItN (A)	189. 350	189. 350	189. 350	189. 350	189. 350
Tdt (%)	0.0145	0.0133	0.0135	0.0135	0.0138
Nilai Objektif (p.u)	0.0008	0.3254	0.1633	0.1939	0.1223
Waktu (detik)	2681.13	2726.47	2932.33	3094.67	3206.39

Tabel 4 Tabel perubahan parameter setelah rekonfigurasi pola beban 0.6, 0.1, dan 0.3

	KASUS 1	KASUS 2	KASUS 3	KASUS 4	KASUS 5
TSu (kva)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TLI (kW)	18,41	1,49	1,33	-0,67	0,27
AVd (%)	36,58	39,75	39,73	40,00	38,70
ItN (A)	6,34	6,34	6,34	6,34	6,34
Tdt (%)	42,43	47,11	46,55	46,21	45,07

Tabel di atas menyatakan parameter saat terjadi pembebanan yang tidak seimbang, sebelum rekonfigurasi dan setelah rekonfigurasi serta perubahan parameter yang terjadi saat pola beban 0.6, 0.1, dan 0.3, artinya fasa a memikul beban 60 %, fasa b 10 % dan fasa c 30 % dari keseluruhan beban pada bus yang bersangkutan.

Berikut ini adalah konfigurasi yang dihasilkan pada 0.6, 0.1, dan 0.3 pada kasus 1 :



Gambar 4. Hasil rekonfigurasi pola beban 0.6, 0.1, dan 0.3 pada kasus 1

B. Pola beban 0.3, 0.5 dan 0.2

Tabel di bawah ini menyatakan parameter saat terjadi pembebanan yang tidak seimbang, sebelum rekonfigurasi dan setelah rekonfigurasi serta perubahan parameter yang terjadi saat pola beban 0.3, 0.5, dan 0.2, artinya fasa a memikul beban 30 %, fasa b 50 % dan fasa c 20 % dari keseluruhan beban pada bus yang bersangkutan.

Tabel 5 Tabel parameter jaringan saat pola beban 0.3, 0.5, dan 0.2 pada jaringan test 33 bus.

Parameter Jaringan	Nilai
Daya Kompleks tak seimbang (kva)	625.579
Total Rugi saluran (kW)	5632.146
Jatuh tegangan rata-rata (%)	2.414
Arus netral rafo utama (A)	114.924
Faktor tegangan tak seimbang (%)	0.0162

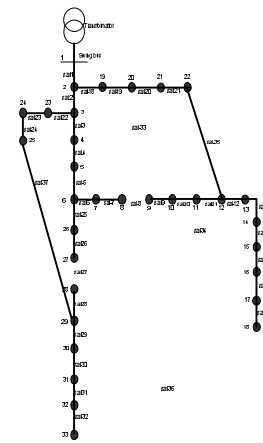
Tabel 6 Data hasil algoritma genetika untuk pola beban 0.3, 0.5, 0.2

Kasus	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Kasus 5
Switch ON	35 37	34 35 37	34 35 36 37	34 35 36 37	34 35 37
Switch OFF	8 27	9 14 27	9 14 28 32	9 14 26 32	9 14 28
TSu (kva)	625.579	625.579	625.579	625.579	625.579
TLI (kW)	5072.381	6125.187	6188.146	6361.174	6197.427
AVd (%)	1.615	1.462	1.438	1.506	1.433
ItN (A)	114.924	114.924	114.924	114.924	114.924
Tdt (%)	0.0020	0.0017	0.0017	0.0018	0.0017
Nilai Objektif (p.u)	0.0005	0.3103	0.1531	0.1773	0.0985
Waktu (detik)	2793.22	2967.30	2583.50	2511.48	2601.44

Tabel 7 Tabel perubahan parameter setelah rekonfigurasi saat pola beban 0.3, 0.5, dan 0.2

	KASUS 1	KASUS 2	KASUS 3	KASUS 4	KASUS 5
TSu (kva)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TLI (kW)	9,94	-8,75	-9,87	-12,94	-10,04
AVd (%)	33,10	39,45	40,42	37,60	40,65
ItN (A)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tdt (%)	87,93	89,41	89,73	89,02	89,67

Berikut ini adalah konfigurasi yang dihasilkan pada 0.3, 0.5, dan 0.2 pada kasus 1 :



Gambar 5. Hasil rekonfigurasi pola beban 0.3, 0.5, dan 0.2 pada kasus 1

Pembahasan

Pada data di atas dapat dilihat hasil rekonfigurasi dengan metode algoritma genetika dapat memperbaiki kinerja jaringan, hal ini dapat dilihat pada perubahan masing-masing parameter pada tabel 4 dan 7 dan dihasilkan konfigurasi jaringan yang berbeda dengan konfigurasi awal sebelum dilakukan rekonfigurasi, gambar 4 dan gambar 5.

Pada simulasi ini hasil konfigurasi merupakan hubungan switch yang menutup dan yang membuka yang dinyatakan dengan switch ON dan OFF seperti yang tertera pada tabel hasil rekonfigurasi pada masing-masing pola pembebanan fasa, tabel 3 dan 6

V. PENUTUP

Kesimpulan

1. Pada simulasi ini pengujian dilakukan dengan memakai probabilitas pindah silang sebesar 0,8 dan probabilitas mutasi 0,05 serta generasi maksimum 30 serta batasan maksimal jatuh tegangan sebesar 15 %, arus netral trafo sebesar 1 p.u, faktor tegangan tak seimbang urutan negatif dan nol sebesar 1.
2. Hasil pengujian menunjukkan parameter total daya kompleks tak seimbang tidak berubah untuk semua kasus pada semua variasi pola beban. Parameter arus netral trafo mempunyai nilai sama pada semua kasus.
3. Parameter jatuh tegangan rata-rata dan faktor tegangan tak seimbang terjadi perubahan yang semakin baik untuk semua kasus pada masing-masing variasi pola beban. Untuk parameter total rugi saluran hasilnya bervariasi pada setiap kasus.
4. Konfigurasi yang memiliki total rugi saluran minimal, untuk semua pola beban merupakan konfigurasi yang dihasilkan dari kasus 1, konfigurasi yang memiliki jatuh tegangan rata-rata minimal merupakan konfigurasi yang dihasilkan dari :
 - a. Pola beban 0,3 , 0,5, 0,2 = kasus 5 .
 - b. Pola beban 0,6 , 0,1, 0,3 = kasus 4 .
 - c. Pola beban 0,4 , 0,4 , 0,2 =kasus 2 .Sedangkan konfigurasi dengan faktor tegangan tak seimbang minimal merupakan konfigurasi yang dihasilkan dari kasus 2 untuk semua pola beban.
5. Konfigurasi hasil rekonfigurasi mempunyai parameter yang lebih baik dibandingkan konfigurasi sebelum direkonfigurasi.

Saran

1. Pada penelitian yang sudah dilakukan hanya dilakukan inisialisasi pada saluran, maka perlu diadakan pengembangan lebih lanjut bila inisialisasinya melibatkan nomor bus dari jaringan yang bersangkutan.
2. Perlu pengembangan lebih lanjut untuk rekonfigurasi jaringan jenis loop, dan melibatkan gardu induk lebih dari satu.
3. Perlu dilakukan penelitian rekonfigurasi jaringan distribusi radial menggunakan metode yang lainnya, misalkan : jaringan syaraf tiruan, logika fuzzy ataupun yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Gen, Mitsuo dan Cheng Runwei, *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Wiley and Sons, Inc., NewYork, 1994.

- [3] Hanselman, Duane dan Bruce Littlefield, *MATLAB Bahasa Komputasi Teknis*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2000.
- [4] Kusumadewi, Sri, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, edisi pertama., Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.
- [5] Moussa. A, M.El-Gammal, E.N. Abdallah, A.I.Attia, *A Genetic based algorithm for loss reduction in distribution sistem* <http://iccta.aast.edu/cms/78/11.pdf>., Juli 2005.
- [6] Stevenson. William D., Jr, *Analisis Sistem Tenaga, Edisi ke Empat*.,Alih Bahasa oleh Ir Kamal Idris. Penerbit Erlangga.Jakarta, 1993
- [7] Sulasno, Ir., *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [8] Saadat, Hadi, *Power System Analysis*, McGraw-Hill Companies, Singapore, 1999.
- [9] Suyanto, *Algoritma Genetika dalam MATLAB*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005.
- [10] Teng, Jen-Hao, *A Network-Topology-based Three-Phase Load Flow for Distribution Systems*, Proceeding National Science Council. ROC (A), Vol. 24, No. 4, 2000. halaman : 259 – 264.
- [11] Zimmerman, Ray Daniel, *Network reconfiguration for loss reduction in three-phase power distribution sistems*, <http://stealth.ee.cornell.edu/ray/pubs/MSThesis.pdf>., Juli 2005
- [12] Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995.



Muhammad Fayyadl Lahir di Demak pada tanggal 30 April 1981, setelah tamat dari SMU N 2 Semarang, melanjutkan studi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro tahun 2000. Saat ini sedang menyelesaikan Tugas Akhir pada program S1 di Universitas Diponegoro jurusan Teknik Elektro konsentrasi ketenagaan.

Menyetujui dan mengesahkan

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Tejo Sukmadi, M.T.
NIP. 131 764 876

Ir. Bambang Winardi
NIP. 132 046 701