

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI UNTUK PEMULIHAN PELAYANAN MENGUNAKAN METODE FUZZY-GENETIC ALGORITHM (FUZZY-GA)

M. Rodhi Faiz

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah menguji efektifitas metode fuzzy-GA untuk rekonfigurasi jaringan distribusi tenaga listrik dalam rangka pemulihan pelayanan. Ada beberapa batasan optimasi agar diperoleh konfigurasi yang baik yaitu meminimasi: jumlah out off service area, jumlah operasi switching, besar arus pada feeder, deviasi tegangan bus, dan beban transformator. Dari hasil simulasi kasus single fault ada 12 area yang padam akibat gangguan dan setelah rekonfigurasi hanya 1 area yang tidak dapat dipulihkan, jumlah switch yang beroperasi 5, drop tegangan 5,45 %, kelebihan arus feeder 0,15 %, kelebihan beban trafo 0,25 %. Untuk simulasi multiple fault ada 21 area yang padam akibat gangguan dan setelah rekonfigurasi hanya 2 area yang tidak dapat dipulihkan, jumlah switch yang beroperasi 16, drop tegangan 5,5 %, kelebihan arus feeder 0,25 %, kelebihan beban trafo 0,25 %. Dari hasil simulasi terlihat bahwa Fuzzy-GA mampu menyelesaikan permasalahan optimasi dengan beberapa batasan (multiple objective).

Kata kunci : rekonfigurasi jaringan, fuzzy-GA

Dengan pesatnya perkembangan dan bertambahnya kompleksitas jaringan distribusi, keandalan sistem merupakan hal yang diutamakan. Fenomena alam seperti petir, angin, banjir, tidak dapat diprediksi sebelumnya dimana hal ini dapat mengganggu kontinuitas pelayanan pada sistem distribusi. Kecepatan pemulihan pelayanan untuk menyuplai pelanggan dan kecepatan untuk kembali ke kondisi operasi normal merupakan hal yang perlu diperhatikan jika sistem mengalami gangguan.

Sistem distribusi biasanya terdiri dari beberapa feeder dengan jaringan radial dimana antara feeder satu dengan yang lain dapat dihubungkan dengan mengoperasikan tie line switch. Tie switch dengan posisi terbuka pada kondisi normal ini sangat berperan untuk proses pemulihan pelayanan. Jika suatu feeder mengalami gangguan, daerah yang padam sementara dapat disuplai kembali secara cepat dengan membuat konfigurasi jaringan baru dengan mengoperasikan beberapa tie switch. Prosedur pemulihan pelayanan biasanya direncanakan berdasar pada pengalaman operator sehari-hari.

Banyak alternatif konfigurasi baru yang mungkin dibuat, akan mempersulit

operator dalam menentukan pilihan konfigurasi yang tepat. Oleh karena itu diperlukan suatu metode agar didapatkan konfigurasi dengan memperhatikan segi ekonomis dan keamanan. Untuk memperoleh konfigurasi yang tepat dilakukan dengan meminimasi beberapa fungsi obyektif yaitu: jumlah out-off-service area, jumlah operasi switching, besar arus pada feeder, deviasi tegangan bus, dan beban transformer.

Permasalahan multi fungsi obyektif ini akan diselesaikan dengan memodelkan ke dalam fuzzy dan dioptimasi dengan genetic algorithm. Dengan algoritma ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan dan dapat mengoptimasi kelima fungsi obyektif tersebut secara cepat dan akurat, dan hasilnya dapat dijadikan sebagai acuan dalam penentuan konfigurasi untuk pemulihan pelayanan.

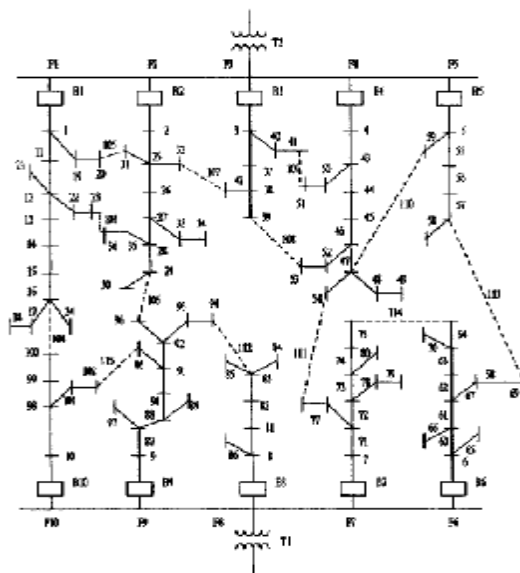
Banyak studi yang berkenaan dengan pemulihan pelayanan pada sistem distribusi telah dibahas dalam literatur-literatur sebelumnya. Hasil studi-studi ini telah menyumbang perbaikan pelayanan pada sistem distribusi tenaga listrik. Adapun beberapa peneliti tentang itu adalah : Agus wiyono dalam tugas akhirnya menyatakan untuk mendapatkan jaringan distribusi yang han-

dal diperlukan suatu strategi rekonfigurasi jaringan. Metode heuristik dapat menyelesaikan masalah ini dengan beberapa batasan antara lain overload transformator dan drop tegangan pada jaringan. Metode ini mempunyai aturan-aturan yang mudah dan efisien. Ali Wardana dalam tugas akhirnya membahas rekonfiguasi jaringan distribusi beban VIP GI Simpang dengan menggunakan metode fuzzy heuristik. Metode ini lebih efektif dan efisien jika dibandingkan dengan metode pengevaluasian setiap rekonfigurasi jaringan, yang membutuhkan banyak waktu, terutama jika kombinasi jaringan yang ada sangat banyak. Jika menggunakan metode ini dengan bantuan software matlab, waktu yang dibutuhkan untuk menentukan pilihan penyulang tidak lebih dari satu detik. Dalam pengalihan beban ke penyulang disesuaikan dengan jumlah kW beban dan nilai prioritas beban. M. A. Matos meneliti algoritma simulated annealing untuk rekonfigurasi jaringan. Algoritma simulated annealing memperlihatkan karakteristik yang bagus untuk optimasi rekonfigurasi jaringan distribusi. Tidak hanya satu criteria permasalahan, tetapi juga efisien untuk menyelesaikan beberapa criteria misalnya rekonfigurasi jaringan selain bertujuan untuk meminimasi rugi-rugi juga dapat dipakai pada waktu pemulihan pelayanan. Lebih jauh dengan metode ini dapat menghitung waktu switching dan energi yang tidak tersalurkan ke konsumen. V.Susheela Devi membandingkan tiga teknik optimasi rekonfigurasi jaringan berdasarkan stokastik yaitu genetic alghorithm, simulated annealing dan tabu search. Dari ketiga teknik tersebut tabu search merupakan teknik tercepat, kemudian simulated annealing dan yang terakhir genetic algorith, namun genetic algorithm menunjuka hasil yang lebih optimal. Kyeong Jun Mun mengaplikasikan genetic algorithm untuk optimasi rekonfigurasi jaringan. Di dalam makalahnya disimpulkan bahwa genetic algorith mampu menyelesaikan permasalahan yang terdiri dari multi fungsi obyektif

dengan hasil yang sangat optimal tanpa mengurangi batasan-batasan yang telah ditentukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Kyeong Jun Mun meyimpulkan bahwa genetic algorithm mampu menyelesaikan permasalahan yang terdiri-dari multi fungsi obyektif dengan sangat memuaskan. Dalam thesis ini genetic algorithm digunakan untuk meminimasi out of service area dengan beberapa batasan optimasi fungsi obyektif yang telah dimodelkan ke dalam fuzzy. Di harapkan dengan metode ini akan didapatkan konfigurasi baru yang optimal yang memenuhi dari kelima kreteria tersebut di atas, serta feasible dalam hal pengoperasiannya.

Dalam operasi normal jaringan distribusi terlihat pada gambar 1 akan digunakan sebagai bahan simulasi untuk menunjukan efektifitas dari pada algoritma ini. Sistem ini terdiri dari dua transformer, 10 feeder, 102 branch, 14 tie line, 102 bus dan 217 switch. Dari 217 switch ini berarti ada 2^{217} kombinasi konfigurasi baru yang mungkin dibuat.

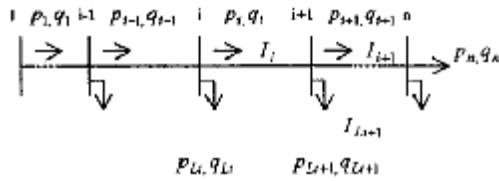


Gambar 1 Jaringan Distribusi

Keterangan gambar :

- | | |
|-------|----------------|
| F_n | : feeder ke n |
| B_n | : breaker ke n |
| □ | : breaker |
| ————— | : feeder line |
| | : tie line |

Dalam keadaan normal switch pada feeder line dalam keadaan close sedang switch pada tie line dalam keadaan open.



Gambar 2 Jaringan Radial

Jaringan radial di atas daya real, daya reaktif, tegangan bus, dan arus feeder dapat dirumuskan seperti di bawah ini: Impedansi saluran antara bus i dan $i+1$ adalah: $z_i = r_i + jx_i$

$$p_i = p_{i+1} + p_{L(i+1)} + r_i \frac{p_i^2 + q_i^2}{v_i^2} \quad (1)$$

$$q_i = q_{i+1} + q_{L(i+1)} + x_i \frac{p_i^2 + q_i^2}{v_i} \quad (2)$$

$$v_i^2 = v_{i+1}^2 + 2(r_i p_i + x_i q_i) - (r_i^2 + x_i^2) \frac{p_i^2 + q_i^2}{v_i^2} \quad (3)$$

$$I_i = I_{i+1} + I_{L(i+1)} \quad (4)$$

$$I_{L(i+1)} = \frac{\sqrt{p_{L(i+1)}^2 + q_{L(i+1)}^2}}{v_{i+1}} \quad (5)$$

dengan $I_{L(i+1)}$ merupakan arus beban pada bus $i+1$ dan I_i merupakan arus dari bus i . Dengan mengabaikan rugi-rugi persamaan di atas dapat disederhanakan agar mempermudah komputasi. Persamaan aliran daya yang sederhana:

$$p_i = p_{i+1} + p_{L(i+1)} \quad (6)$$

$$q_i = q_{i+1} + q_{L(i+1)} \quad (7)$$

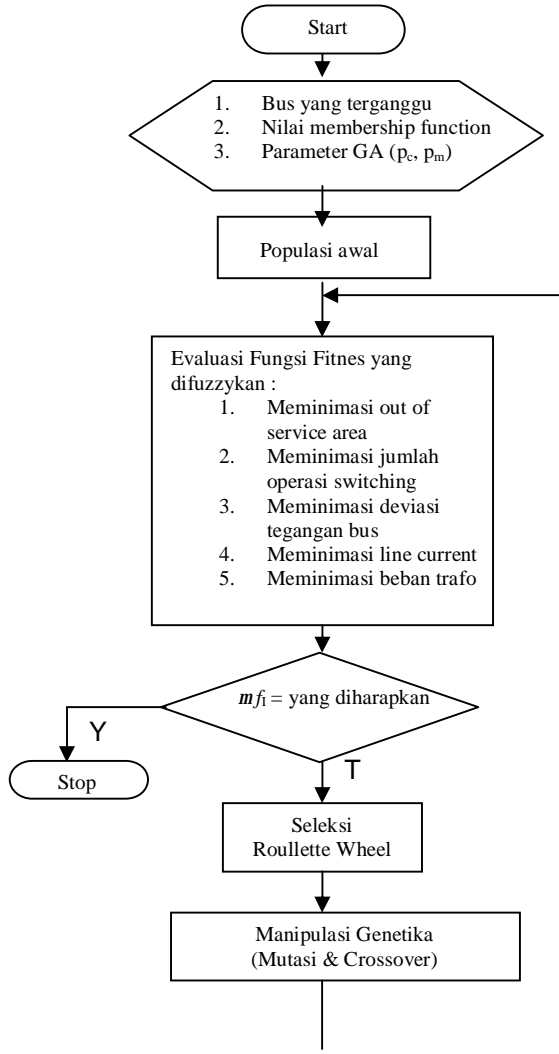
$$v_i^2 = v_{i+1}^2 + 2(r_i p_i + x_i q_i) \quad (8)$$

Tegangan bus 1 (v_1) dipastikan 1.0 pu, sedangkan daya nyata dan daya reaktif beban ($p_{L(i)}$ dan $q_{L(i)}$) telah diketahui. Sehingga harga v_i , p_i , q_i dapat dihitung dengan persamaan di atas.

METODE

Untuk memecahkan masalah pemulihan pelayanan diberikan flowchart seperti di bawah ini agar didapat konfigurasi yang diharapkan. Jika hasil dari proses tersebut masih belum sesuai yang diharapkan, misalnya blank area masih banyak maka dicoba dengan menaikkan nilai dari membership

function yaitu mendekati 1. Sebaiknya dicoba nilai membership function dari rendah dulu jangan langsung mengisi dengan nilai satu, dikhawatirkan nanti kalau nilai membership function terlalu tinggi ternyata nilai tersebut tidak akan tercapai akibatnya proses tidak akan pernah berhenti.



Gambar 3 Flowchart Proses Pemulihan Pelayanan

Proses untuk menentukan populasi awal (inisialisasi) ditentukan secara sederhana, yaitu dengan menggunakan bilangan acak 0 dan 1 untuk mewakili operasi switching pada masing-masing individu (kandidat). Misalkan bahwa tiap populasi ada 4 individu/kromosom (kandidat) dan tiap kandidat terdapat 20 gen yang berupa bilangan biner yang mewakili banyaknya switch maka dapat ditulis :

$$v_1 = (10010111110001110110)$$

$$v_2 = (00110010101111100111)$$

$$v_3 = (11100111010101011101)$$

$$v_4 = (10101010000011111101)$$

Adapun untuk menyelesaikan permasalahan optimasi rekonfigurasi jaringan pada plan di atas, untuk populasi awal diambil secara acak 30 individu (kandidat) yang masing-masing kandidat terdiri-dari 217 bilangan biner untuk mewakili operasi switch.

Pemulihan pelayanan pada sistem distribusi yaitu proses pengoperasian switch-switch untuk mendapatkan konfigurasi baru sehingga daerah yang blank akibat gangguan akan secara cepat telayani kembali. Dalam hal ini, kita formulasikan permasalahan pemulihan pelayanan ini dengan memilih kandidat konfigurasi baru yang memiliki beberapa kriteria yang paling minimal yaitu jumlah out-of service area, jumlah operasi switching, deviasi tegangan pada bus, arus pada feeder, dan jumlah beban trafo. Kelima kriteria tersebut selanjutnya dalam proses optimasi GA dijadikan sebagai fungsi fitness dan dapat dirumuskan seperti di bawah ini :

1). Meminimisasi out-of-service area

$$Min.f_1(\bar{X}) \quad (9)$$

dengan \bar{X} merupakan keadaan switch, contoh $\bar{X} = [S_1, S_2, \dots, S_{N_s}]$,

N_s total jumlah switch yang diperlukan dalam sistem, S_i dengan harga 0 dan 1 yang menunjukkan switch i dalam keadaan open dan close, $f_1(\bar{X})$ menunjukkan fungsi jumlah nonfaulty out-of-service area pada keadaan \bar{X} .

2). Meminimisasi jumlah operasi switching

$$Min.f_2(\bar{X}) = \sum_{i=1}^{N_s} |S_i - S_{0i}| \quad (10)$$

dengan $f_2(\bar{X})$ menyatakan jumlah operasi switching pada keadaan \bar{X} dan S_{0i} original state pada switch i (setelah gangguan di isolasi).

3). Meminimisasi deviasi tegangan bus.

$$Min.f_3(\bar{X}) = \max |V_i - 1.0|, \quad (11)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, N_b$

dengan :

N_b total jumlah bus

V_i tegangan pada bus i dalam pu
 $f_3(\bar{X})$ fungsi deviasi maximum tegangan bus.

4). Meminimisasi line current

$$Min.f_4(\bar{X}) = \max \left\{ \frac{I_{iLoad}}{I_{iRate}} \right\}, \quad (12)$$

$i = 1, 2, \dots, N_L$

dengan :

N_L jumlah total feeder

I_{iLoad} dan I_{iRate} arus beban dan arus rating pada feeder i .

$f_4(\bar{X})$ maximal normalized line current.

5). Meminimisasi beban trafo

$$Min.f_5(\bar{X}) = \max \left\{ \frac{tr_{iLoad}}{tr_{iRated}} \right\} \quad (13)$$

$i = 1, 2, \dots, N_t$

dengan :

N_t jumlah total transformer

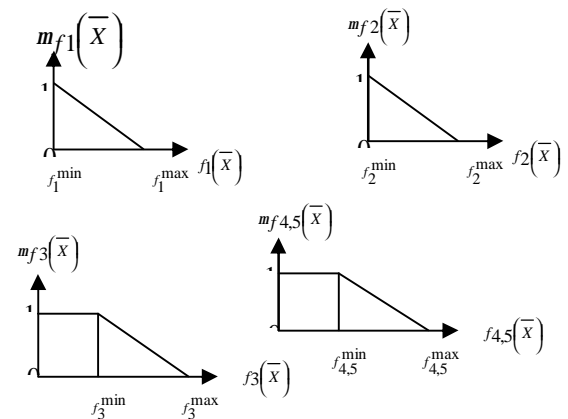
tr_{iLoad} dan tr_{iRate} arus beban dan arus rating trafo i .

$f_5(\bar{X})$ beban trafo.

Dari batasan-batasan optimasi di atas agar mendapatkan fungsi fitness yang feasible, maka setiap fungsi fitness diformulasikan menjadi fuzzy set atau yang biasanya direpresentasikan menjadi membership function dan dapat direpresentasikan sebagai berikut :

$$m_{f_i}(\bar{X}) = \begin{cases} 1, \text{ or } \rightarrow 1, \dots, \text{ if } f_i(\bar{X}) < f_i^{\min} & \dots \dots \dots \\ h_i(f_i(\bar{X})) & \dots, \text{ if } f_i^{\min} \leq f_i(\bar{X}) \leq f_i^{\max} \\ 0, \text{ or } \rightarrow 0, \dots, \text{ if } f_i^{\max} < f_i(\bar{X}) & \dots \dots \dots \end{cases} \quad (14)$$

Kelima membership function digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Membership Function

Tabel 1 Parameter Fungsi Fitness

Fungsi Fitness	Parameter
Jumlah Out of Service Area	$f_1^{\min} = 0, f_1^{\max} = 102$
Jumlah Operasi Switching	$f_2^{\min} = 0, f_2^{\max} = 115$
Deviasi Tegangan Bus	$f_3^{\min} = 0.05 \text{ pu}, f_3^{\max} = 0.1 \text{ pu}$
Arus Feeder	$f_4^{\min} = 1 \text{ pu}, f_4^{\max} = 1.25 \text{ pu}$
Arus Beban Transformer	$f_5^{\min} = 1 \text{ pu}, f_5^{\max} = 1.25 \text{ pu}$

Proses seleksi individu yang akan di kawinkan menggunakan teknik stokastik dalam hal ini adalah roulette wheel. Langkah-langkah penyeleksian adalah sebagai berikut :

- Menghitung jumlah ke lima fungsi fitness untuk masing-masing kandidat $eval(v_i), i = 1, 2, 3, \dots, pop_size$.
- Menghitung total fitness dari banyaknya kandidat tersebut $F = \sum_{i=1}^{pop_size} eval(v_i)$
- Menghitung probabilitas dari seleksi p_i untuk masing-masing kandidat/individu, $p_i = eval(v_i) / F$
- Menghitung komulatif probabilitas q_i untuk masing-masing kandidat $q_i = \sum_{j=1}^i p_j$

Proses seleksi didasarkan atas pemutaran roulette wheel sebanyak jumlah populasi (pop_size), setiap kali putaran untuk memilih individu yang akan mengalami proses manipulasi genetika/perkawinan. Adapun caranya sebagai berikut :

- Membangkitkan bilangan acak (float) r untuk rentang $[0 \dots 1]$.
- Bila $r \leq q_1$ maka pilih individu pertama (v_1) dari sebuah populasi, bila tidak pilih individu ke- i (v_i) ($2 < i \leq pop_size$) sedemikian rupa sehingga $q_{i-1} < r \leq q_i$.

Tentu saja akan ada kemungkinan ada individu yang terpilih lebih dari sekali. Kandidat yang terbaik akan mampu berkembang biak lebih dari sekali, sedangkan yang kandidat yang nilai fitnessnya terjelek akan mati.

Setelah diketahui individu yang akan dikawinkan, maka sekarang akan dilakukan

operasi genetika dengan operator standar yaitu crossover dan mutasi. Sebelumnya harus ditentukan terlebih dahulu probabilitas crossover dan probabilitas mutasinya. Pada simulasi ini menggunakan probabilitas crossover 0,9 dan probabilitas mutasinya 0,01.

HASIL

Untuk melihat efektifitas metode fuzzy-GA ini, disimulasikan dua kasus, yaitu kasus single fault dan kasus multiple fault.

Hasil Simulasi Kasus Single Fault Simulasi 1

```
%Bus yg gangguan
area(11)=0;
%membership function
mf1=0.96;%minimize out-of-service area (merah)
mf2=0.9;%minimize jumlah operasi switching (biru)
mf3=0.9;%minimize deviasi tegangan bus (hitam)
mf4=0.9;%minimize arus feeder (magenta)
mf5=0.9;%minimize beban transformer (hijau)
```

Hasil :

```
area_yg_blm_bisa_direstore =
    11    12    13    21
tie_switch_yg_on =
    103    104
switch yg off=
    swz1z11 , swz11z1
    swz11z12 , swz12z11
    swz12z13 , swz13z12
    swz13z14 , swz14z13
    swz12z21 , swz21z12
    swz12z22 , swz22z12
drop_tegangan =
    0.0475 pu
kelebihan_arus_feeder =
    0.0275 pu
kelebihan_beban_trafo =
    0.005 pu
```

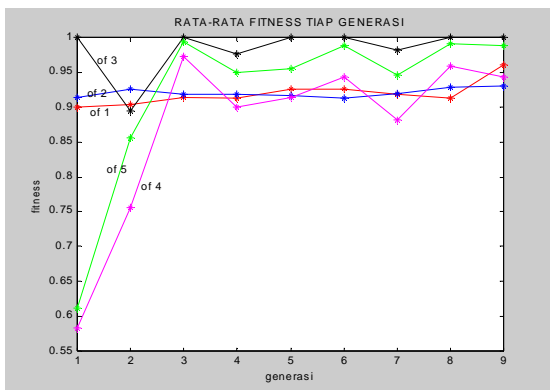
Simulasi 2

```
%Bus yg gangguan
area(11)=0;
%membership function
mf1=0.99;%minimize out-of-service area (merah)
mf2=0.9;%minimize jumlah operasi switching (biru)
mf3=0.9;%minimize deviasi tegangan bus (hitam)
mf4=0.9;%minimize arus feeder (magenta)
```

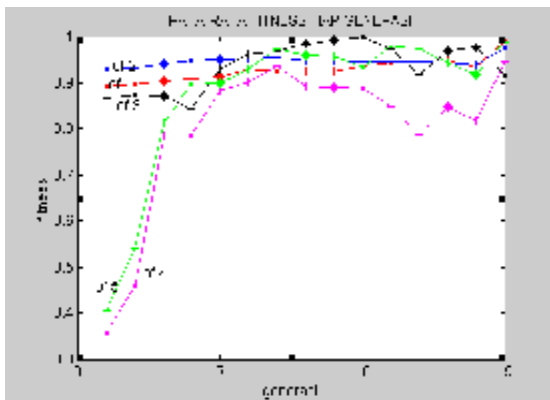
```
mf5=0.9;%minimize beban
transformer (hijau)
```

Hasil :

```
area_yg_blm_bisa_direstore =
    11
tie_switch_yg_on =
    104
switch yg off=
    swz1z11 , swz11z1
    swz11z12 , swz12z11
drop_tegangan =
    0.0545 pu
kelebihan_arus_feeder =
    0.015 pu
kelebihan_beban_trafo =
    0.0025 pu
```



Gambar 5 Simulasi 1 Kasus Single Fault



Gambar 6 Simulasi 2 Kasus Single Fault

Hasil Simulasi Kasus Multiple Fault

Simulasi 1

```
%Bus yg gangguan
area(11)=0;
area(26)=0;
%membership function
mf1=0.93;%minimize out-of-service
area (merah)
mf2=0.9;%minimize jumlah operasi
switching (biru)
```

```
mf3=0.9;%minimize deviasi tegangan
bus (hitam)
mf4=0.9;%minimize arus feeder
(magenta)
mf5=0.9;%minimize beban
transformer (hijau)
```

Hasil :

```
area_yg_blm_bisa_direstore =
    11    18    25    26    30
    31    32
tie_switch_yg_on =
    104    106
switch yg off=
    swz1z11 , swz11z1
    swz11z12 , swz12z11
    swz17z18 , swz18z17
    swz2z25 , swz25z2
    swz25z26 , swz26z25
    swz26z27 , swz27z26
    swz29z30 , swz30z29
    swz25z31 , swz31z25
    swz25z32 , swz32z25
drop_tegangan =
    0.052 pu
kelebihan_arus_feeder =
    0.0175 pu
kelebihan_beban_trafo =
    0.0025 pu
```

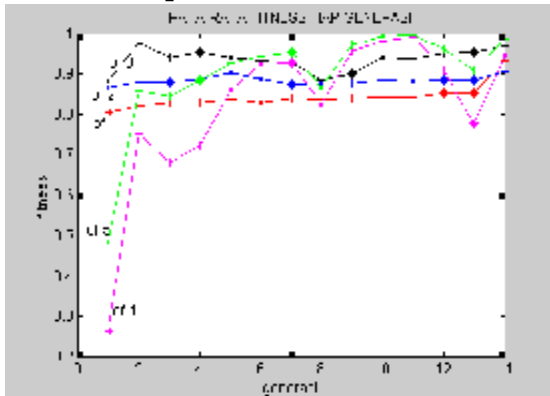
Simulasi 2

```
%Bus yg gangguan
area(11)=0;
area(26)=0;
%membership function
mf1=0.98;%minimize out-of-service
area (merah)
mf2=0.9;%minimize jumlah operasi
switching (biru)
mf3=0.9;%minimize deviasi tegangan
bus (hitam)
mf4=0.9;%minimize arus feeder
(magenta)
mf5=0.9;%minimize beban
transformer (hijau)
```

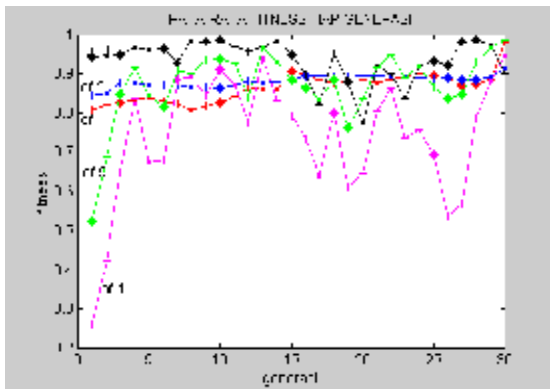
Hasil :

```
area_yg_blm_bisa_direstore =
    11    26
tie_switch_yg_on =
    103    104    106    107
switch yg off=
    swz1z11 , swz11z1
    swz11z12 , swz12z11
    swz13z14 , swz14z13
    swz2z25 , swz25z2
    swz25z26 , swz26z25
    swz26z27 , swz27z26
drop_tegangan =
    0.055 pu
kelebihan_arus_feeder =
```

0.0025 pu
 kelebihan_beban_trafo =
 0.0025 pu



Gambar 7 Simulasi 1 Kasus Multiple Fault



Gambar 8 Simulasi 2 Kasus Multiple Fault

PEMBAHASAN

Untuk melihat efektifitas dari algoritma ini dengan software Matlab mensimulasikan beberapa kasus yaitu kasus single fault dan kasus multiple fault. Untuk percobaan pertama dicoba kasus single fault simulasi 1 dengan membership function bernilai tertentu. Hasil simulasi menunjukkan masih banyak area yang black out, drop tegangan 4,75 %, kelebihan arus feeder 2,75 %, kelebihan beban trafo 0,5 %. Simulasi 2 dicoba nilai membership function ditambah agar mendekati 1 dengan harapan area yang belum bisa direstore akan minimal. Hasil simulasi hanya 1 area yang black out yaitu yang mengalami gangguan saja, drop tegangan 5,45 %, kelebihan arus feeder 1,5 %, kelebihan beban trafo 0,25 %. Kemudian dicoba kasus multiple fault simulasi 1, dengan memberikan nilai tertentu pada membership function. Hasil si-

mulasi menunjukkan masih banyak area yang black out yaitu ada 5 area yang tidak mengalami gangguan ikut black out, drop tegangan 5,2 %, kelebihan arus feeder 1,75 %, kelebihan beban trafo 0,25 %. Simulasi 2, dicoba dengan menambah nilai membership function agar area yang belum bisa direstore minimal. Hasilnya hanya 2 area yang black out yaitu area yang memang mengalami gangguan. Dari beberapa simulasi memperlihatkan bahwa metode ini sangat jelas manfaatnya untuk menyelesaikan kasus multiple fault yang mana harus mencari konfigurasi yang ideal dengan beberapa batasan dan hal ini tidak mungkin diselesaikan dengan perhitungan manual.

KESIMPULAN

Dari beberapa hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode GA mampu menyelesaikan permasalahan optimasi yang memiliki banyak batasan. Untuk simulasi single fault pada generasi ke 15 didapatkan hanya 1 area yang fault tidak dapat dipulihkan, jumlah switch yang beroperasi 5, drop tegangan 5,45 %, kelebihan arus feeder 1,5 %, kelebihan beban trafo 0,25 %. Untuk simulasi multiple fault pada generasi ke 30 didapatkan hanya 2 area yang fault saja yang tidak dapat dipulihkan, jumlah switch yang beroperasi 16, drop tegangan 5,5 %, kelebihan arus feeder 0,25 %, kelebihan beban trafo 0,25 %.
2. Fungsi fitness yang difuzzykan akan mempermudah pelaksanaan prosedur pemulihan pelayanan. Dengan memberikan harga antara 0 dan 1 pada ke lima membership function akan didapatkan konfigurasi yang kita inginkan
3. Metode GA akan terlihat manfaatnya untuk pemulihan pelayanan pada gangguan multiple fault.

DAFTAR RUJUKAN

Devi, V Susheela, "Stochastic Search Techniques for Post-Fault Restoration

- of *Eklectrical Distribution Systems*”, *Sadhana*, Vol 25, Part 1, pp. 45-56, February 2000
- Goldberg, David E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989
- Harris, C. J., C. G. Moore & M. Brown, *Intelligent Control Aspects of Fuzzy Logic and Neural Nets*, *World Scientific Series in Robotics and Automated Systems*, Vol. 6, 1993
- Jang, J. S. R., C. T. Sun & E. Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice Hall International, Inc., 1997
- Lei, Jiansheng, “*Network Reconfiguration in Unbalanced Distribution System for service Restoration and Loss Reduction*”, *IEEE Transaction on Power Systems*, 0-7803-5938-0/00 (c) 2000
- Matos, M.A., “*Multiobjective Reconfiguration for Loss Reduction and Service Restoration Using Simulated Annealing*”, IEEE Power Tech '99 Conference, Budapest, Hungary, Aug 29 Sept 2, 1999
- Mun, Kyeong Jun, “*Development of Real Time Servic Restoration System For Distribution Automation System*”, *IEEE Transaction on Power System*, 0-7803-7090-2/01, 2001
- Rudnick, Hugh, “*Reconfiguration of electric distribution systems*”, *Revista Facultad De Ingenieria*, U.T.A (Chile), Vol. 4, 1997
- Wardana, Ali, *Rekonfigurasi Jaringan Distribusi beban VIP GI Simpang Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Heuristik*, Tugas Akhir Teknik Elektro ITS, Maret 2001
- Wiyono, Agus, *Penyusunan Ulang Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Dengan Menggunakan Metode Penelusuran Heuristik*, Tugas Akhir T. Elektro ITS, Agustus 1999