

# Optimalisasi Perencanaan Jaringan Akses Serat Optik Fiber To The Home Menggunakan Algoritma Genetika

Inu Manggolo, Marza Ihsan Marzuki dan Mudrik Alaydrus

*Magister Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana*

## **Abstrak**

Dalam perencanaan jaringan akses serat optik FTTH, semakin bertambahnya permintaan dari pelanggan maka desain dan jalur infrastruktur akan berubah juga. Hal inilah yang akan menjadikan pengulangan pembangunan infrastruktur yang akan mengakibatkan investasi ulang untuk proyek FTTH tersebut. Untuk menghasilkan perencanaan yang optimal pada jaringan akses infrastruktur FTTH, permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan pedagang keliling (Travelling Salesman Problem). Selanjutnya dari pemodelan tersebut kemudian dicari solusi permasalahan dengan menggunakan algoritma genetika. Algoritma genetika dipilih dalam penelitian ini dikarenakan algoritma ini mampu menghasilkan solusi yang optimal secara sederhana dan menghasilkan nilai fitness terbaik dengan cepat. Pada implementasi awal kelurahan Grogol Utara diperoleh jalur optimal dengan menggunakan algoritma genetika pada generasi ke-60 dengan nilai fitness 216.51 yang tidak berubah sampai dengan generasi ke-300.

**Kata Kunci:** Algoritma Genetika , FTTH, optimisasi, TSP

## **1. PENDAHULUAN**

FTTH atau Fiber To The Home adalah teknologi arsitektur jaringan akses yang menggunakan serat optik sebagai media utamanya sampai dengan pelanggan (last mile). Dengan penggunaan serat optik sebagai media utamanya, teknologi FTTH ini mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan teknologi jaringan yang masih menggunakan kabel tembaga atau bahkan teknologi wireless.

Teknologi FTTH ini merupakan tren baru dari teknologi jaringan serat optik, dan di Indonesia PT. Supra Primatama Nusantara atau lebih dikenal dengan brand BIZNET telah mengembangkan jaringan teknologi ini pada tahun 2007. Sebagai perusahaan pertama di Asia Tenggara yang mengimplementasikan FTTH, Biznet Networks memiliki beberapa kendala dalam perencanaan dan implementasi di lapangan. Hal ini dikarenakan belum adanya metode yang matang dalam perencanaan jaringan FTTH untuk kelurahan yang akan dibangun. Setiap

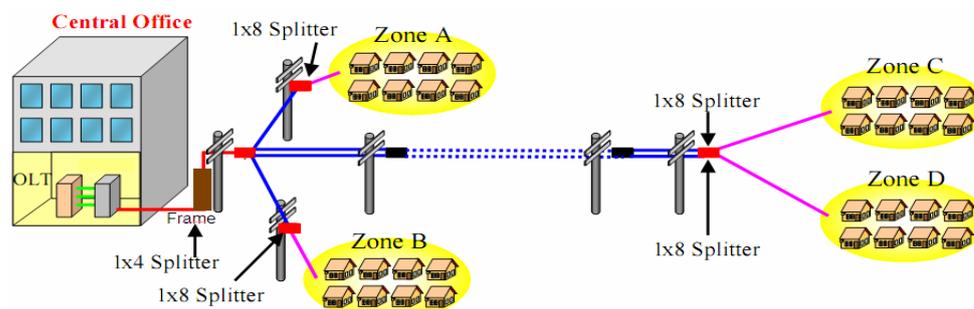
kelurahan yang akan di implementasikan jaringan FTTH di disain sesuai dengan permintaan dari calon pelanggan. Semakin bertambahnya permintaan dari pelanggan maka desain dan jalur infrastruktur akan berubah juga. Hal inilah yang kemudian akan menjadikan perubahan jalur dan pengulangan pembangunan infrastruktur yang mengakibatkan investasi ulang untuk proyek di kelurahan tersebut.

Persoalan pedagang keliling (Travelling Salesperson Problem) merupakan persoalan optimasi untuk mencari perjalanan terpendek bagi pedagang keliling yang ingin berkunjung ke beberapa kota. Cara termudah untuk menyelesaikan TSP yaitu dengan mencoba semua kemungkinan rute dan mencari rute yang terpendek. Namun sekarang ini dibutuhkan algoritma yang dapat menyelesaikan TSP dengan cepat sehingga diperoleh solusi yang mendekati solusi optimal. Oleh karena itu digunakan Algoritma Genetika untuk menentukan perjalanan terpendek yang melalui kota lainnya hanya sekali dan kembali ke kota asal keberangkatan. Algoritma Genetika adalah algoritma pencarian dan optimasi yang terinspirasi oleh prinsip dari genetika dan seleksi alam (teori evolusi Darwin). Algoritma ini sangat tepat digunakan untuk penyelesaian masalah optimasi yang kompleks dengan cepat dan mudah

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Pengenalan Fiber To The Home Biznet Networks

Dengan semakin banyaknya kebutuhan akan akses internet dan bertambahnya bermacam-macam jenis layanan multimedia, maka dibutuhkan teknologi jaringan akses yang mampu mengantarkan layanan tersebut dengan baik. Fiber to the Home (FTTH) adalah salah satu Next Generation Networks (NGN) yang dikembangkan untuk menyediakan layanan triple play (data, voice dan video) dalam satu infrastruktur. Pada tahun 2007, Biznet Networks selaku perusahaan penyedia jaringan dan internet di Indonesia mengembangkan jaringan FTTH dengan media serat optik sampai dengan end user. Untuk dapat mengantarkan layanan triple play ke setiap pelanggan, maka perencanaan dan implementasi jaringan FTTH dilakukan dengan pembagian per kelurahan (kode pos).



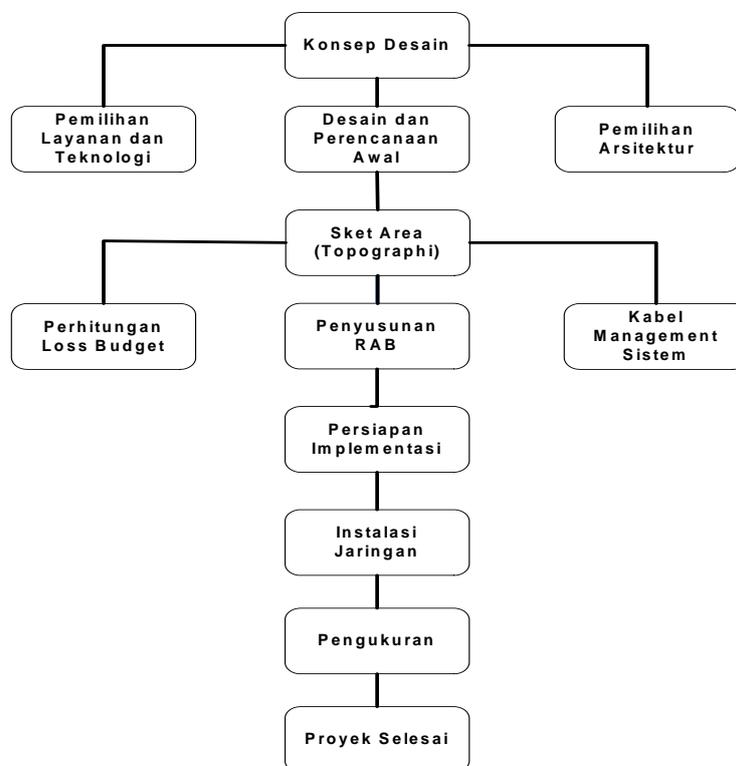
Gambar 1 Arsitektur FTTH

Passive Optical Network (PON) merupakan salah satu alternatif yang bisa menggantikan teknologi tembaga untuk broadband, dan jaringan PON dapat terintegrasi dengan jaringan tembaga (copper). Dengan Passive Optical Network

(PON) kinerja dapat ditingkatkan dan biaya operasi dapat ditekan. Dengan teknologi fiber optik beberapa layanan seperti telepon, data, dan video dapat melalui satu saluran. Transmisi serat optik pada jaringan PON menggunakan tiga panjang gelombang untuk membawa sinyal komunikasi dengan memanfaatkan perangkat WDM (Wavelength Division Multiplexing).

## 2.2 Konsep Desain FTTH

Pembangunan infrastruktur FTTH akan diimplementasikan apabila di kelurahan tersebut sudah terdapat beberapa calon pelanggan yang berminat untuk menggunakan layanan Biznet Networks. Dalam penelitian ini contoh kasus pembangunan infrastruktur FTTH yang lokasi pelanggan di kelurahan Grogol Utara, Jakarta Selatan. Tahap-tahap untuk pembangunan infrastruktur ditunjukkan di gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alur Proyek FTTH

### 2.2.1 Pemilihan Layanan dan Teknologi

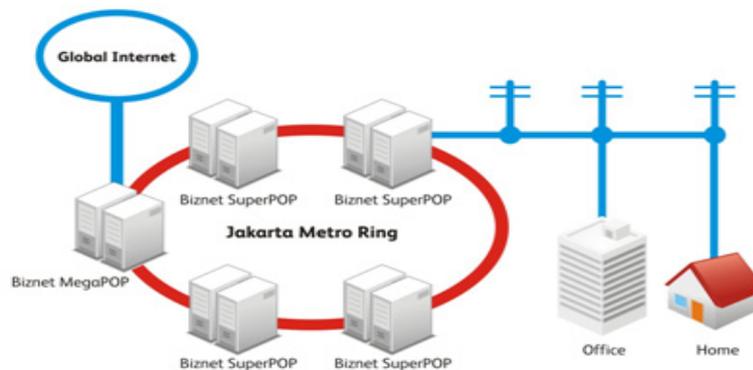
Untuk dapat memilih arsitektur jaringan FTTH terbaik maka, perusahaan akan membutuhkan pertimbangan layanan dan teknologi sesuai yang diinginkan. Jika perusahaan berencana untuk membangun infrastruktur baru atau penambahan infrastruktur yang sudah ada maka, perencanaan implementasi awal harus baik dan harus mempertimbangkan faktor-faktor antara lain :

- a. Memaksimalkan peluang bisnis
- b. Pendapatan dan Biaya

### 2.2.2 Arsitektur FTTH

Perencanaan dan pemilihan jaringan infrastruktur sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proyek saat ini dan akan datang. Sehingga dibutuhkan pertimbangan dan keputusan mengenai pemilihan arsitektur jaringan dan perangkat yang tidak hanya berakibat jangka pendek namun akan mempengaruhi keberhasilan jaringan FTTH untuk jangka panjang. Berikut adalah hal-hal yang penting dalam perencanaan jaringan FTTH yaitu;

- a. Pemilihan arsitektur serat optik untuk jaringan FTTH
- b. Pertimbangan Central Office dan Rumah Kabel
- c. Standarisasi pengkabelan Central Office dan Outside Plan



Gambar 3 Biznet Metro-FTTH

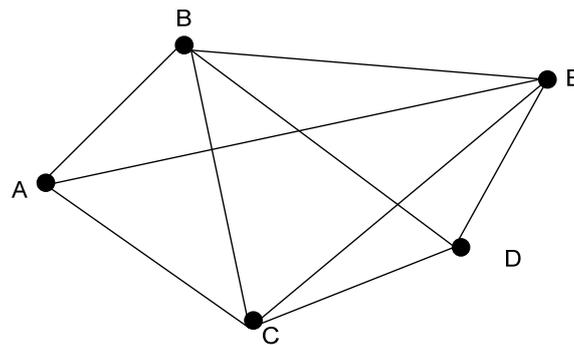
## 2.3 Travelling Salesman Problem (TSP)

Persoalan TSP melibatkan seorang salesman yang harus melakukan kunjungan pada setiap kota untuk menjajakan produknya. Rangkaian kota-kota yang dia kunjungi dinamakan lintasan, dimana dalam lintasan tersebut terdapat batasan yaitu tidak boleh ada lebih dari satu kota yang sama. Dengan kata lain, dalam mengunjungi kota-kota, salesman tidak boleh singgah pada suatu kota lebih dari satu kali. Misal jika terdapat lima kota yaitu A, B, C, D dan E. Lintasan yang ditempuhnya adalah dari kota A ke kota B ke kota C ke kota D kemudian ke kota E. Penyelesaian dari persoalan ini adalah nilai optimum dari rute yang paling pendek, yaitu perjalanan dengan jarak terpendek atau yang mempunyai total harga minimum.

Salah satu cara termudah untuk menyelesaikan TSP yaitu dengan menggunakan algoritma brute force. Hal yang dilakukan yaitu mencoba semua kombinasi dan mencari rute yang paling murah. Tetapi hal tersebut memerlukan waktu yang sangat lama karena tergantung banyaknya jumlah kombinasi yang ada. Metode konvensional lain dalam menyelesaikan TSP yaitu dengan menggunakan algoritma greedy. Hal yang dilakukan yaitu memilih kota yang belum dikunjungi yang mempunyai biaya paling rendah pada setiap langkah. Namun, dengan menggunakan algoritma greedy solusi yang dihasilkan tidak menjamin bahwa solusi tersebut optimal secara keseluruhan.

Berikut contoh persoalan TSP yang diselesaikan dengan menggunakan algoritma genetika. Terdapat 5 buah kota yang akan dilalui oleh seorang pedagang keliling,

misalnya Kota A,B,C,D,E. Persoalan TSP tersebut akan diselesaikan dengan menggunakan Algoritma Genetika. Kriteria berhenti ditentukan terlebih dahulu yaitu apabila setelah dalam beberapa generasi berturut-turut diperoleh nilai fitness yang terendah tidak berubah. Pemilihan nilai fitness yang terendah sebagai syarat karena nilai tersebut yang merepresentasikan jarak terdekat yang dicari pada persoalan TSP ini.



Gambar 4 Contoh Graf TSP

## 2.4 Algoritma Genetika

### 2.4.1 Latar Belakang Algoritma Genetika

Pada tahun 1859 Charles Darwin (1809 - 1882), seorang peneliti alam dari Inggris, mengumumkan teorinya yang berjudul "Theory of Natural Selection". Teori tersebut menyatakan bahwa individu-individu yang mempunyai karakteristik yang bagus (menurut kriteria tertentu) akan mempunyai kemungkinan untuk bertahan hidup lebih besar dan bereproduksi serta menurunkan karakteristiknya kepada keturunannya. Berlaku sebaliknya, individu-individu dengan karakteristik kurang bagus secara perlahan akan tersingkir dari populasi.

Menyesuaikan dengan teori Darwin, dalam Algoritma Genetika digunakan istilah-istilah yang mewakili elemen-elemen dalam teori. Algoritma Genetika merupakan metode pembelajaran heuristic yang adaptif, karena itu bisa jadi terdapat beberapa versi dari Algoritma Genetika yang menyesuaikan dengan permasalahan yang dihadapi. Algoritma Genetika juga merupakan algoritma yang efektif, sederhana dan relatif mudah untuk diimplementasikan. Secara umum Algoritma Genetika harus memenuhi kriteria-kriteria dibawah ini untuk menghasilkan solusi yang optimal:

- Sebuah representasi yang tepat dari sebuah solusi permasalahan, dalam bentuk kromosom.
- Pembangkit populasi awal.
- Sebuah evaluation function untuk menentukan fitness value dari tiap solusi.
- Genetic Operator, mensimulasikan proses reproduksi (perkembangbiakan) dan mutasi.
- Parameter-parameter lain, seperti kapasitas populasi dan jumlah generasi.

Kapasitas populasi sangat mempengaruhi kemampuan Algoritma Genetika dalam mencari solusi. Kapasitas populasi yang terlalu kecil menyebabkan kurangnya variasi kromosom yang muncul, sehingga dapat menyebabkan hasil akhir yang buruk. Kapasitas populasi yang besar biasanya memberikan hasil yang lebih baik.

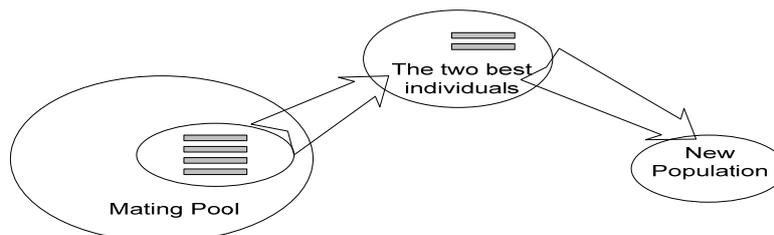
#### 2.4.2 *Fitness Value (Nilai Fitnes)*

Untuk melakukan seleksi alam, setiap individual dievaluasi menggunakan nilai fitness value  $f_i$ , yang ditentukan dengan sebuah fungsi evaluasi. Fitness value mengukur kualitas dari sebuah solusi dan memungkinkan tiap solusi untuk dibandingkan. Karena proses seleksi bergantung pada fitness value, maka penting dalam Algoritma Genetika untuk membuat fungsi evaluasi dengan benar.

#### 2.4.3 *Selection (Seleksi)*

Dari penelitian terlihat bahwa keragaman populasi dan pemilihan seleksi merupakan faktor penting dalam pencarian genetik. Keduanya saling berkaitan, jika anggota populasi menjadi terlalu homogen mutasi merupakan satu-satunya faktor untuk menghasilkan variasi pada populasi, karena itu proses seleksi merupakan tahapan yang penting dalam Algoritma Genetika. Individu yang lebih kuat akan mempunyai kemungkinan yang lebih besar untuk melakukan reproduksi.

Salah satu metode seleksi yang banyak digunakan adalah metode Tournament Selection. Metode ini banyak digunakan dalam optimalisasi karena dapat meningkatkan nilai fitness individu yang terpilih secara efektif. Dalam Tournament Selection individu terbaik dipilih dengan memasukkan individu-individu kedalam mating pool. Selanjutnya turnamen akan terus berlulang sampai seluruh mating pool terisi dan menghasilkan individu terbaik.



Gambar 5 Skema Tournament Selection

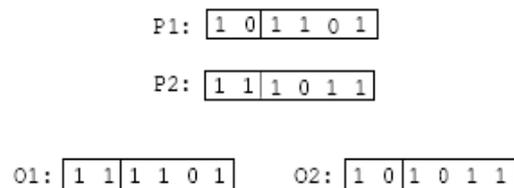
Oleh karena pada persoalan TSP yang diinginkan yaitu kromosom dengan fitness yang paling kecil maka kromosom yang terpilih dapat direpresentasikan sebagai :

$$Q = \min (fitness(i)) \quad (1)$$

#### 2.4.4 *Crossover (Pindah Silang)*

Operator Algoritma Genetika yang paling utama adalah crossover, yang mensimulasikan proses reproduksi antara dua individu. Cara kerjanya adalah menggabungkan dua buah individu (yang disebut parent) untuk menghasilkan satu

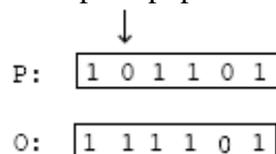
atau lebih individu baru (yang disebut offspring). Ada beberapa proses crossover yang dapat diaplikasikan, bergantung pada tipe permasalahan dan tipe populasi yang ada.



Gambar 6 Ilustrasi proses crossover

#### 2.4.5 Mutation (Mutasi)

Operator lain yang juga berperan penting dalam Algoritma Genetika adalah mutation (mutasi), yang diaplikasikan pada sebuah individual tertentu. Proses ini merubah sedikit komposisi penyusun individual tersebut, dan menambahkan suatu karakteristik tertentu secara acak. Proses ini tidak boleh terlalu banyak dilakukan karena akan membuat GA menjadi seperti random search, sedangkan jika populasi GA ada pada kondisi yang sangat konvergen, mutasi justru diperlukan untuk membuat variasi-variasi baru pada populasi.



Gambar 7 Ilustrasi proses mutation

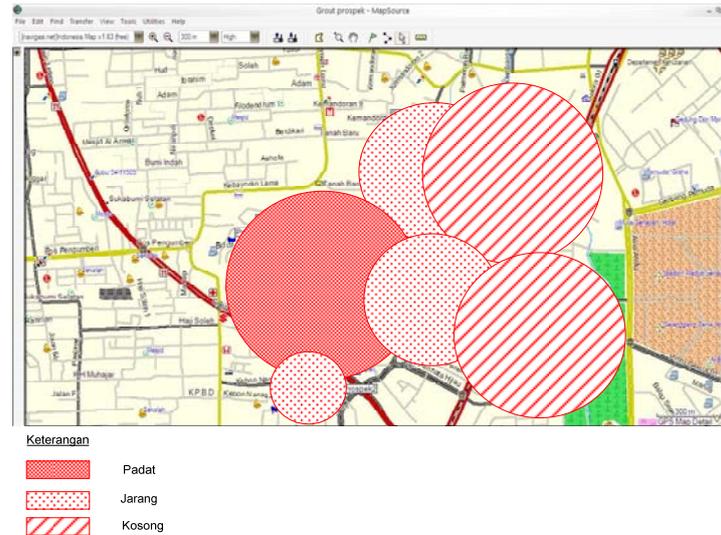
### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Desain Dan Perencanaan Awal

##### 3.1.1 Pembuatan Sket Area (Topographi)

Setelah mengetahui konsep dasar desain FTTH pada bagian sebelumnya, maka sebelum mulai dilakukan desain jaringan FTTH diperlukan survey lokasi untuk menentukan titik-titik mana saja dalam kelurahan Grogol Utara yang akan dilewati oleh jalur fiber optik pada implementasi awal.

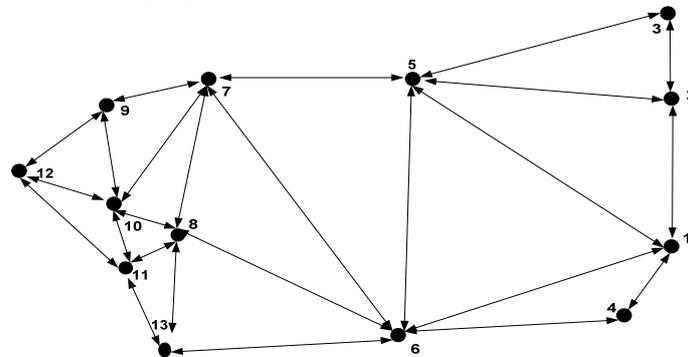
Dengan menggunakan implementasi awal maka beban investasi awal tidak tertalu berat. Selanjutnya jika dibutuhkan penambahan infrastruktur untuk mencakup wilayah calon pelanggan lain yang tidak termasuk dalam implementasi awal, maka biaya investasi dapat diambil dari dana proyek perluasan/penambahan jaringan atau di bebaskan seluruhnya ke calon pelanggan dengan menggunakan mekanisme RoI.



Gambar 8 Segmentasi Prospek Pelanggan Kelurahan Grogol Utara

### 3.1.2 Pemilihan Jalur Jaringan FTTH

Setelah dilaksanakan planning tahap pertama yaitu plotting area, kemudian dilaksanakan pembuatan sketsa area berdasarkan peta terbaru yang ada, baik peta berdasarkan hasil survey suatu badan yang diterbitkan dalam sebuah peta cetak maupun peta digital. Dalam sket area ini, pembuatannya langsung dispesifikasikan untuk pembuatan peta Kelurahan Grogol Utara. Dan kemudian juga dibuat prediksi letak backbone Serat Optik, Central Office, Rumah Kabel, Drop Point hingga jumlah kabel yang diperlukan untuk area tersebut.



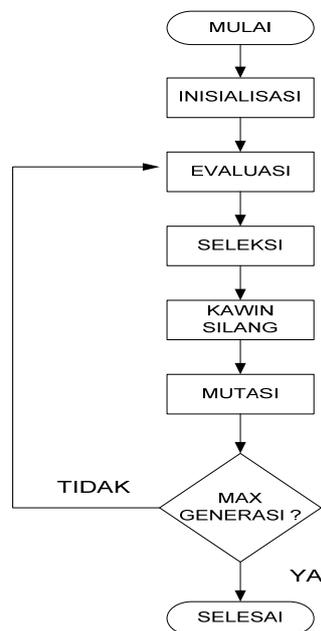
Gambar 9. Graf berbobot Grogol Utara

## 3.2 Perencanaan Perangkat Lunak

### 3.2.1 Implementasi Algoritma Genetika

Algoritma Genetika adalah algoritma pencarian yang didasarkan atas mekanisme seleksi alami dan evolusi biologis. Pada setiap generasi, himpunan baru dari deretan individu dibuat berdasarkan kecocokan pada generasi sebelumnya. Satu siklus iterasi algoritma genetika (sering disebut sebagai generasi) terdapat dua proses, yakni proses seleksi dan rekombinasi. Proses seleksi adalah proses evaluasi kualitas setiap string didalam populasi untuk

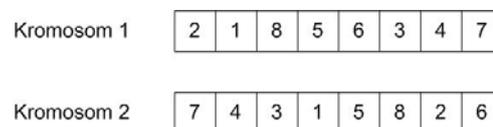
memperoleh peringkat calon solusi. Berdasarkan hasil evaluasi, dipilih string-string yang akan mengalami proses rekombinasi.



Gambar 10 Diagram alir Algoritma Genetika

### 3.2.2 Inisialisasi Kromosom

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah salah satu permasalahan optimalisasi kombinatorial yaitu; jika diberikan sejumlah kota (atau tempat) dan biaya perjalanan (travelling cost) dari satu kota ke kota yang lain. Tujuannya adalah menemukan rute perjalanan paling murah dari satu kota dan mengunjungi semua kota lainnya, masing-masing kota dikunjungi hanya sekali dan harus kembali ke kota asal tersebut. Dalam masalah ini kombinasi dari rute perjalanan yang ada adalah faktorial dari jumlah kota. Biaya perjalanan bisa berupa jarak, waktu, bahan bakar dan sebagainya. Dalam implementasi perencanaan jaringan FTTH ini, faktor yang digunakan adalah berupa jarak antar titik dalam kelurahan Grogol Utara.



Gambar 11 Representasi kromosom

Untuk mendapatkan sebuah populasi [pop] dengan sejumlah kromosom maka dibangkitkan bilangan acak sebesar  $\text{jum\_pop} \times N$  dengan perintah :

```

for k = 1:jum_pop
    pop(k,:) = randperm(N);
  
```

Karena yang dicari adalah nilai minimal maka nilai fitness yang digunakan dalam perencanaan ini adalah nilai fitness terkecil. Dalam perencanaan ini, jumlah total jarak rute adalah jarak kartesian antara satu titik dengan titik yang lainnya. Untuk menghitung jarak antara dua titik yang menyusun sebuah jalur misalkan antara titik A dan titik B dapat dirumuskan secara sederhana sebagai berikut :

$$\|A - B\| = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \quad (2)$$

Dimana  $(X_A, Y_A)$  adalah posisi koordinat titik A dan  $(X_B, Y_B)$  adalah posisi koordinat titik B.

Dari persamaan diatas maka dibuatlah sebuah fungsi untuk menghasilkan nilai fitness masing-masing kromosom dengan membangkitkan sebuah populasi sebesar  $N \times N$  dengan perintah :

```
a = meshgrid(1:N)
```

Untuk menjadikan matrik populasi tersebut menjadi referensi jarak point to point ialah dengan cara memasukkan nilai-nilai gen kedalam persamaan (2) dengan perintah :

```
d = sqrt(sum((b - c).^2,2))
```

Dengan matrik referensi jarak per gen yang telah dibangkitkan, maka selanjutnya matrik tersebut dapat digunakan untuk langkah selanjutnya yaitu proses seleksi penentuan jarak masing-masing kromosom guna pemilihan kromosom dengan nilai fitness terbaik dalam populasi tersebut.

### 3.2.3 Evaluasi

Dalam algoritma genetika sebuah nilai fitness diperoleh dengan memasukan kromosom yang berisi gen-gen kedalam operator algoritma genetika secara berulang sampai bebrapa generasi. Diharapkan dalam setiap generasi akan muncul kromosom yang memiliki nilai fitness semakin baik dibandingkan dengan generasi sebelumnya. Jika nilai fitness terbaik sudah ditemukan dalam bebrapa generasi maka secara global dapat dikatakan bahwa sudah ditemukan solusi dari permasalahan tersebut.

```
for iter = 1:jum_iter
    jarak(iter) = min_jarak; %
    if min_jarak < global_min
        global_min = min_jarak;
    end
```

### 3.2.4 Seleksi

Dalam Tournament Selection, dibuat sebuah mating pool sebagai proses untuk menseleksi kromosom-kromosom dalam sebuah populasi. Besar ukuran mating

pool dalam penelitian ini adalah  $4 \times N$ , sehingga pada setiap 4 kromosom dalam populasi tersebut akan diambil satu kromosom yang memiliki nilai fitness terbaik untuk digunakan sebagai kromosom acuan dan siap untuk dilakukan operasi Algoritma Genetika lainnya.

```
for p = 4:4:jum_pop
    mpool = pop(rand_pair(p-3:p),:)
```

Selanjutnya dari 4 kromosom tersebut di cari nilai fitness terbaik dalam hal ini adalah mencari kromosom yang memiliki jumlah total jarak terkecil.

```
jarak_pool = jarak_total(rand_pair(p-3:p));
[min_dist,idx] = min(jarak_pool);
best_pool = mpool(idx,:);
```

### 3.2.5 Pindah Silang

Untuk melakukan rekayasa operasi pindah silang algoritma genetika ini pertama yang dilakukan adalah memilih nilai fitness terbaik dalam mating pool pada bagian sebelumnya. Kemudian dari kromosom dengan nilai fitness terbaik dalam pool tersebut digunakan sebagai induk (parent) yang akan menghasilkan anak (offspring). Secara sederhana pindah silang dapat dilakukan dengan perintah

```
ganti_gen = sort(ceil(N*rand(1,2)));
I = ganti_gen(1);
J = ganti_gen(2);
tmp_pop(k,I:J) = fliplr(tmp_pop(k,I:J));
```

### 3.2.6 Mutasi

Fungsi Inversion adalah fungsi untuk menginverse (membalik) urutan dari beberapa gen dalam sebuah kromosom. Cara kerja fungsi ini adalah sebagai berikut: pertama didapatkan dua buah titik potong secara acak, kemudian posisi gen yang berada diantara kedua titik tersebut urutan posisinya dibalik. Berikut adalah perintah yang digunakan untuk melakukan swap mutation :

```
tmp_pop(k,[I J]) = tmp_pop(k,[J I]);
```

## 4. HASIL DAN ANALISA

Dalam penelitian optimalisasi perencanaan jaringan akses FTTH ini, digunakan Algoritma Genetika sebagai metode untuk mencari jalur yang optimal dalam perencanaan tersebut. Sekarang akan dibahas hasil dan analisa dari perencanaan perangkat lunak yang telah dibahas pada bagian sebelumnya. Dalam penelitian ini diambil sampel 13 titik DP di Kelurahan Grogol Utara sebagai representasi gen dalam operasi algoritma genetika. Sedangkan untuk jumlah populasi dipilih sebesar 50 dan operasi genetika dijalankan selama 300 generasi untuk memperoleh kromosom terbaik.

Tabel 1 Populasi

Gen – Kromosom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	3	2	1	5	8	10	6	4	7	13	12	9	11
2	3	2	8	5	1	10	6	4	7	13	12	9	11
3	3	2	8	5	1	10	6	4	7	13	12	9	11
4	3	2	5	8	1	10	6	4	7	13	12	9	11
5	2	1	4	5	12	7	8	3	6	9	10	13	11
6	2	11	13	10	9	6	3	8	7	12	5	4	1
7	2	11	4	5	12	7	8	3	6	9	10	13	1
8	2	4	5	12	7	8	3	6	9	10	13	11	1
9	2	1	5	8	10	9	7	13	4	12	11	6	3
10	2	1	3	6	11	12	4	13	7	9	10	8	5
11	2	1	3	8	10	9	7	13	4	12	11	6	5
12	2	1	8	10	9	7	13	4	12	11	6	3	5
13	9	4	11	10	7	5	8	6	1	3	2	13	12
14	9	4	11	10	7	5	8	6	1	3	2	13	12
15	9	4	11	10	7	5	8	6	1	3	2	13	12
16	9	4	11	10	7	5	8	6	1	3	2	13	12
17	11	6	1	5	4	7	13	12	9	3	2	8	10
18	5	1	6	11	4	7	13	12	9	3	2	8	10
19	5	6	1	11	4	7	13	12	9	3	2	8	10

Langkah pertama adalah membuat sebuah fungsi untuk menghasilkan nilai fitness masing-masing kromosom dengan membangkitkan sebuah populasi sebesar  $N \times N$  sesuai dengan persamaan (2) dan membuat populasi tersebut menjadi referensi sebagai jarak point to point antar titik /gen.

Tabel 2 Jarak Point to Point

Jarak antar Gen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.0	24.0	37.0	12.1	38.2	32.6	56.4	54.0	64.3	60.4	59.2	71.0	55.7
2	24.0	0.0	13.0	35.4	27.2	48.6	49.2	59.9	60.0	62.4	65.7	71.0	67.0
3	37.0	13.0	0.0	48.3	28.8	59.5	49.8	66.6	61.6	67.1	72.4	74.3	75.7
4	12.1	35.4	48.3	0.0	43.9	24.3	58.8	49.8	64.7	57.9	54.3	68.9	48.4
5	38.2	27.2	28.8	43.9	0.0	42.0	22.0	39.6	33.2	38.6	45.3	45.5	51.1
6	32.6	48.6	59.5	24.3	42.0	0.0	47.4	28.2	49.0	38.0	31.6	49.1	24.1
7	56.4	49.2	49.8	58.8	22.0	47.4	0.0	30.4	12.1	23.7	34.5	26.4	45.2
8	54.0	59.9	66.6	49.8	39.6	28.2	30.4	0.0	25.7	10.8	5.8	21.3	15.0
9	64.3	60.0	61.6	64.7	33.2	49.0	12.1	25.7	0.0	16.0	28.0	14.9	40.6
10	60.4	62.4	67.1	57.9	38.6	38.0	23.7	10.8	16.0	0.0	12.0	11.2	25.0
11	59.2	65.7	72.4	54.3	45.3	31.6	34.5	5.8	28.0	12.0	0.0	20.2	13.4
12	71.0	71.0	74.3	68.9	45.5	49.1	26.4	21.3	14.9	11.2	20.2	0.0	33.6
13	55.7	67.0	75.7	48.4	51.1	24.1	45.2	15.0	40.6	25.0	13.4	33.6	0.0

Dengan menggunakan tabel 2 selanjutnya dapat diketahui nilai fitness untuk masing-masing kromosom dalam populasi. Dalam evaluasi ini akan dicari solusi dari permasalahan dalam penelitian ini yaitu mengetahui jalur yang paling optimal dengan perintah :

```

if min_jarak < global_min
    global_min = min_jarak;
    opt_rute = pop(index,:);

```

Dimana index adalah urutan/posisi kromosom dan opt\_rute adalah kromosom dengan nilai fitness terbaik, sehingga dalam satu generasi ini :

- min\_jarak = 364,72
- global\_min = 364,72
- index = 1
- opt\_rute = 3 2 1 5 8 10 6 4 7 13 12 9 11

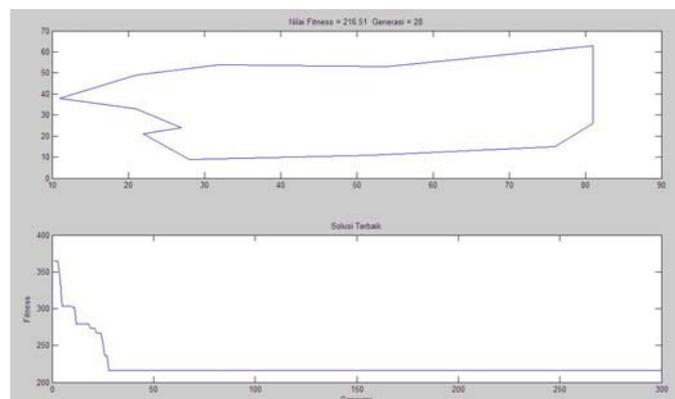
Dengan menggunakan operasi algoritma genetika untuk mengisi mating pool yang kosong sampai terisi keseluruhan atau terbentuknya populasi baru maka pada satu generasi ini didapatkan sebuah kromosom dengan nilai fitness terbaik yang merupakan solusi dari satu generasi ini yaitu :

Nomor kromosom : 45

Nilai fitness : 364,71

Urutan gen : 7 – 9 – 8 – 6 – 1 – 4 – 5 – 3 – 2 – 11 – 12 – 13 – 10

Selanjutnya dengan mengulangi langkah pada bab 4.2 selama generasi yang ditentukan (300 generasi) akan diperoleh kromosom sebagai solusi global dengan syarat bahwa jika dalam beberapa generasi tersebut diperoleh nilai fitness terkecil yang tidak berubah. Berikut adalah hasil yang diperoleh ketika menjalankan perangkat lunak selama 300 generasi.



Gambar 12 Hasil Algoritma Genetika

Dengan melakukan cara yang sama, berikut adalah hasil dari 15 kali percobaan menggunakan Algoritma Genetika dengan beberapa generasi dari generasi pertama sampai dengan generasi ke-300 untuk mencari solusi jalur optimal perencanaan FTTH untuk kelurahan Grogol Utara.

Tabel 3 Hasil Pengujian

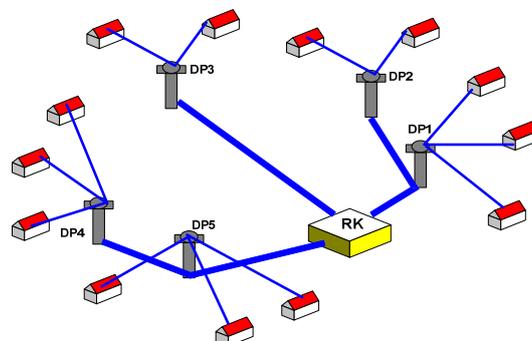
No.	Generasi	Nilai Fitness	Kromosom Terbaik												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	367.71	13	6	4	1	2	3	5	7	9	12	10	8	11
2	10	302.04	10	5	2	3	1	4	6	8	11	13	7	12	9
3	20	260.04	2	3	5	7	9	10	12	11	13	8	6	1	4
4	30	260.21	12	9	7	5	2	3	1	4	6	8	10	13	11
5	40	256.86	13	6	4	1	5	2	3	7	9	12	10	8	11
6	50	219.35	7	5	3	2	1	4	6	13	8	11	10	12	9
7	60	216.51	12	9	7	5	3	2	1	4	6	13	11	8	10
8	70	216.51	4	1	2	3	5	7	9	12	10	8	11	13	6
9	80	216.51	11	13	6	4	1	2	3	5	7	9	12	10	8
10	90	216.51	13	6	4	1	2	3	5	7	9	12	10	8	11
11	100	216.51	13	6	4	1	2	3	5	7	9	12	10	8	11
12	150	216.51	9	7	5	3	2	1	4	6	13	11	8	10	12
13	200	216.51	1	2	3	5	7	9	12	10	8	11	13	6	4
14	250	216.51	13	6	4	1	2	3	5	7	9	12	10	8	11
15	300	216.51	13	6	4	1	2	3	5	7	9	12	10	8	11

## 5. DISKUSI

### 5.1 Manfaat Optimalisasi Perencanaan Jaringan FTTH

Pada perencanaan jaringan FTTH, penelitian ini diambil hanya beberapa sampel titik DP di kelurahan Grogol Utara (13 buah DP) hasil dari survey lokasi oleh team marketing yang dianggap sudah mewakili untuk satu cakupan area. Dari hasil yang diperoleh pada tabel 4.3 diketahui perangkat lunak menghasilkan solusi berupa jalur dengan urutan 13-6-4-1-2-3-5-7-9-12-10-8-11 dengan pencapaian generasi terbaik yang bervariasi.

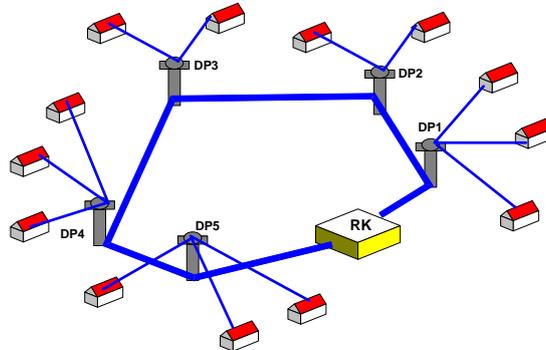
### 5.2 Skema Optimalisasi Perencanaan Jaringan Akses FTTH



Gambar 13 Topologi Jaringan Akses FTTH eksisting

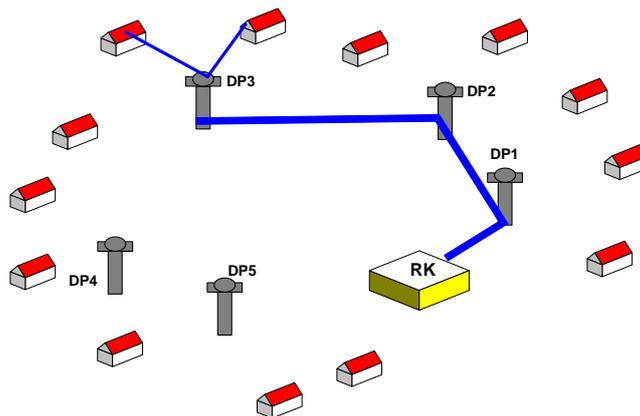
Dari gambar 13 terlihat bahwa dengan menggunakan teknologi star misalkan untuk implementasi DP 3 dapat dilakukan dengan cepat hal ini dikarenakan secara

jalur dan sistem terpisah dengan DP lainnya. Saat ini metode ini yang digunakan oleh perusahaan dengan pertimbangan kecepatan ekspansi untuk menghantarkan layanan ke pelanggan dengan cepat. Namun dengan semakin kompleks jaringan akses FTTH dan kebutuhan akan layanan yang bervariasi, dengan desain seperti ini membutuhkan biaya yang besar untuk mengakomodasi kebutuhan pelanggan.



Gambar 14 Alternatif Jaringan akses FTTH

Dari gambar 14 terlihat jalur antar DP membentuk ring seperti yang dihasilkan dari penelitian ini. Dengan topologi tersebut teknologi akses fiber optik selain FTTH dapat menggunakan infrastruktur FTTH, misal Metro ethernet yang membutuhkan jaringan akses dengan redundancy jalur aksesnya. Pada gambar 15 adalah contoh skenario implementasi dengan menggunakan metode pada penelitian ini. Misalkan akan dibangun DP 3 untuk mencover pelanggan di area tersebut, maka implementasi tidak harus membangun seluruh DP pada area tersebut namun cukup beberapa DP yang menuju Rumah Kabel (DP1 dan DP2). Dengan perencanaan menggunakan metode ini diharapkan jaringan akses FTTH dalam kelurahan tersebut dapat lebih teratur dan efisien serta lebih mudah dalam maintenance dan operasionalnya.



Gambar 15 Skenario Implementasi Jaringan Akses FTTH

## 6. PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

1. Untuk memperoleh sebuah perencanaan jalur akses infrastruktur FTTH yang lebih efisien, teratur dan handal., dapat diperoleh dengan menggunakan pemodelan masalah pedagang keliling (TSP), kemudian menyelesaikan permasalahan tersebut dengan menggunakan algoritma genetika.
2. Dari hasil penelitian, perencanaan jalur akses FTTH dengan menggunakan algoritma genetika dapat menghasilkan sebuah jalur optimal yang terlihat dari nilai fitness yang semakin kecil dari generasi pertama sampai dengan generasi ke-40. Sedangkan pada percobaan generasi ke-60 sudah didapatkan sebuah solusi dari permasalahan tersebut dimana nilai fitness pada generasi tersebut tidak berubah sampai dengan generasi ke-300.
3. Tournament Selection dalam penelitian ini menghasilkan perangkat lunak yang mampu menghasilkan solusi optimal dengan cepat dan sederhana.

### 6.2 Saran

1. Untuk pengembangan perangkat lunak optimalisasi jaringan akses FTTH dapat di integrasikan dengan perangkat GPS sehingga memiliki data yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi dilapangan.
2. Direkomendasikan untuk optimalisasi perencanaan jaringan akses fiber optik lainnya seperti Metro Ethernet menggunakan metode yang sama pada penelitian ini, dikarenakan dari hasil penelitian jaringan akses FTTH dapat mengakomodasi kebutuhan jaringan redundancy pada Metro Ethernet.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Goldberg, David E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning.*, Addison-Wesley Publishing Company.
- [2] Gen, Mitsuo & Cheng, Runwei. (1997). *Genetic Algorithms And Engineering Design.*, United States Of America: John Wiley and Sons.
- [3] Vose, Michael D. (1999). *The Simple Genetic Algorithm : Foundation and Theory Complex Adaptive Systems.*, London: The MIT Press
- [4] Davis, Lawrence. (1991). *Handbook Of Genetic Algorithms.*, New York: Van Nostrand Reinhold.
- [5] Sivanandam, S.N., & Deepa S.N (2008). *Introduction To Genetic Algorithms.*, Verlag, Berlin, Heidelberg: Springer
- [6] Suyanto. (2005). *Algoritma Genetika dalam MATLAB*, Yogyakarta: ANDI.
- [7] Lin, Chinlon. (2006). *Broadband Optical Access Networks and Fiber To The Home: System Technologies and Deployment Strategies*, Chichester: John Wiley & Sons.
- [8] Green, Paul E Jr, (2006). *Fiber To The Home: The New Empowerment.*, New Jersey: John Weley & Sons.
- [9] Prat, Josep. (2008). *Next Generation FTTH Passive Optical Networks: Research Towards Unlimited Bandwidth Access*, Barcelona: Springer.