



**OPTIMALISASI RUTE OPTICAL DISTRIBUTION POINT PADA
JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) PULAU GILIKETAPANG
MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA**

SKRIPSI

Oleh

Abdul Mufid Efendi

NIM 182410101087

PROGRAM STUDI SISTEM INFOMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS JEMBER

2023



**OPTIMALISASI RUTE OPTICAL DISTRIBUTION POINT PADA
JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) PULAU GILIKETAPANG
MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sistem Informasi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Komputer

Oleh

Abdul Mufid Efendi

NIM 182410101087

PROGRAM STUDI SISTEM INFOMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS JEMBER

2023

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Umi dan ayah tercinta Musrifa Tohir dan Joko Karyono;
2. Kakek dan nenek yang terhormat;
3. Om Lutfi dan Tante Feni yang terhormat;
4. K.H. Faisol Holis yang terhormat;
5. Pasangan yang tercinta Putri Sabah Mukatul Mukarromah Siti Arifah Nurul Jannah;
6. Sahabatku Maulana Rafael Irianto, Ahmad Lukman Maulana, Alifia Afifah, Agil Fajar Prismadika dan Siti Firdania;
7. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
8. Almamater Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.

MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S. Al-Baqarah 286)

“Bangun kesuksesan dari kegagalan. Keputusan dan kegagalan adalah dua batu loncatan yang paling baik menuju kesuksesan.”

(Dale Carnegie)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Mufid Efendi

NIM : 182410101087

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “OPTIMALISASI RUTE OPTICAL DISTRIBUTION POINT PADA JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) PULAU GILI KETAPANG MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Januari 2023

Yang menyatakan,



Abdul Mufid effendi

NIM 182410101087

SKRIPSI

**OPTIMALISASI RUTE OPTICAL DISTRIBUTION POINT PADA
JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) PULAU GILIKETAPANG
MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA**

Oleh

Abdul Mufid Efendi

NIM 182410101087

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Diah Ayu Retnani Wulandari, S.T., M.Eng., CEC.

Dosen Pembimbing Anggota : Yudha Alif Auliya, S.Kom, M.Kom

PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi berjudul “Optimalisasi Rute Optical Distribution Point Pada Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Pulau Gili Ketapang Menggunakan Algoritma Genetika” karya Abdul Mufid Efendi telah diui dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jum’at, 27 Januari 2023

tempat : Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Diah Ayu Retnani Wulandari, S.T.,
M.Eng., CEC.
NIP 198603052014042001

Yudha Alif Auliya, S.Kom,
M.Kom
NIDN/NRP 760018031

PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi berjudul “Optimalisasi Rute Optical Distribution Point Pada Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Pulau Gili Ketapang Menggunakan Algoritma Genetika” karya Abdul Mufid Efendi telah diui dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jum’at, 27 Januari 2023

tempat : Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember

Disetujui oleh:

Penguji I,



Drs. Antonius Cahya Prihandoko,
M.App.Sc., Ph.D
NIP 196909281993021001

Penguji II,



Mohamad Zarkasi, S.Kom, M.Kom
NIP 199011112019031018

Mengesahkan

Dekan,



Drs. Antonius Cahya Prihandoko,
M.App.Sc., Ph.D
NIP 196909281993021001

RINGKASAN

Optimalisasi Rute Optical Distribution Point Pada Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Pulau Gili Ketapang Menggunakan Algoritma Genetika; Abdul Mufid Efendi, 182410101087; 2023: 60 halaman; Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.

Minimnya informasi terkait wisata pulau Gili Ketapang tentunya menjadi masalah tersendiri mengingat pada pulau Gili Ketapang masih sangat minim sekali jaringan komputer. Pembangunan infrastruktur jaringan komputer tentu perlakuan untuk menunjang dalam pengembangan objek wisata pulau Gili Ketapang. Dalam membangun atau merancang sebuah infratruktur jaringan FTTH diperlukan sebuah algoritma optimasi agar rancangan tersebut optimal, salah satu algoritma optimasi adalah algoritma genetika. Hasil perancangan akan disimulasikan menggunakan optisystem untuk mengetahui kelayakan dari sebuah rancangan berdasarkan nilai BER (Bit Error Rate), Power Link Budget dan Rise Time Budget.

Dilakukan perancangan pada pulau Gili Ketapang melewati proses optimalisasi menggunakan algoritma genetika, simulasi menggunakan optisystem serta uji kelayakan berdasarkan nilai BER (Bit Error Rate), Power Link Budget dan Rise Time Budget. Optimalisasi menggunakan algoritma genetika mendapatkan jalur terbaik sejauh 3807.477 unit kartesian dengan nilai fitness sebesar 0.000263, ukuran populasi sebesar 100 populasi dengan 50 generasi, dan probabilitas mutasi sebesar 0,005 serta probabilitas mutasi sebesar 0,8. Hasil tersebut disimulasikan menggunakan optisystem pada titik terjauh yaitu ODP 172 mendapatkan nilai BER sebesar 9.53378×10^{-13} dimana nilai tersebut dikatakan layak karena tidak lebih besar dari 10^{-9} , nilai redaman perangkat (Pr) sebesar -19.459 dBm dan nilai Q faktor sebesar 7.04113 juga dikatakan layak karena nilai Q faktor lebih dari 6. Selanjutnya menghitung power link budget mendapatkan nilai sebesar -20,75 dBm (downlink) dengan margin daya sebesar 1,25 dB dan -21,45 dBm (uplink) dengan margin daya 0,55 dB. Hasil tersebut dapat dikatakan layak karena nilai margin baik secara dowlink dan uplink lebih dari 0. Selanjutnya

melakukan perhitungan rise time budget mendapatkan nilai secara downlink = 0,08110496 ns dan 0,063725 ns untuk yang uplink. Hasil tersebut dapat dikatakan layak karena nilai yang dihasilkan secara downlink tidak lebih dari nilai standar 0,2917 ns dan uplink tidak lebih dari nilai standar 0,5833 ns.



PRAKATA

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimalisasi Rute Optical Distribution Point Pada Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Pulau Gili Ketapang Menggunakan Algoritma Genetika”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Diah Ayu Retnani Wulandari ST.,M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Yudha Alif Auliya S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Drs. Antonius Cahya Prihandoko, M.App.Sc, Ph.D., selaku Dosen Penguji I, dan Mohammad Zarkasi, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan evaluasi, saran, dan masukan pada penelitian ini;
3. Ayu Aisah, selaku Bagian Akademik yang telah membantu administrasi penelitian skripsi ini;
4. Seluruh anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Olahraga Pencak Organisasi yang selalu mendukung penyelesaian skripsi ini;
5. Seluruh anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Kerohanian Islam Al-Azhar yang telah mendukung penyelesaian skripsi ini;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 27 Januari 2023

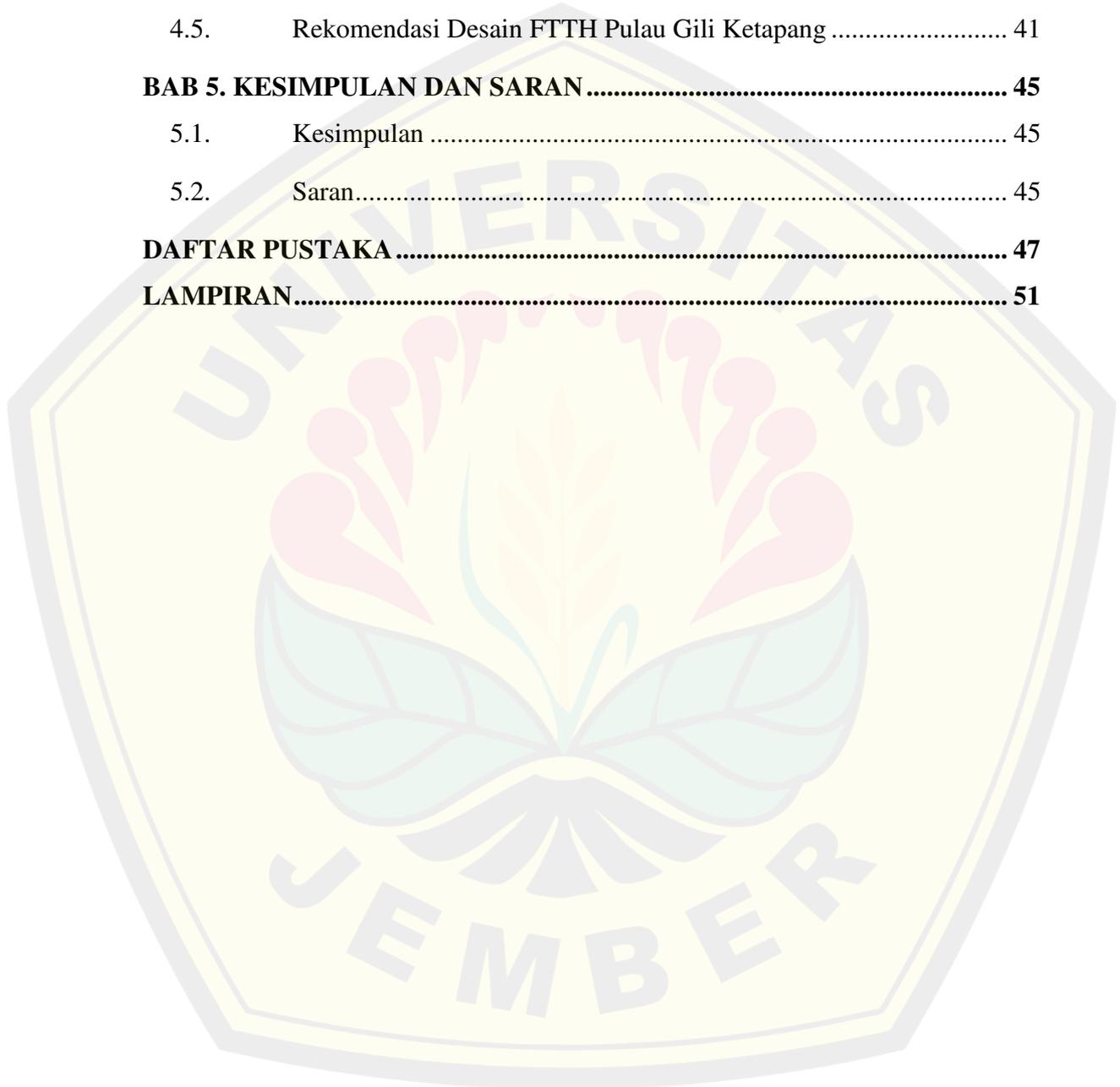
Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTO	iv
PERNYATAAN.....	v
SKRIPSI.....	vi
PENGESAHAN PEMBIMBING	vii
PENGESAHAN PENGUJI	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Fiber To The Home.....	7
2.3. Travelling Salesman Problem	10
2.4. Algoritma Genetika.....	11
2.4.1. Proses umum algoritma genetika	11
2.4.2. Populasi awal	12
2.4.3. Fungsi fitness	12

2.4.4.	Seleksi.....	13
2.4.5.	Crossover	13
2.4.6.	Mutasi	14
2.5.	Optisystem	15
2.6.	Parameter Kelayakan	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1.	Jenis Penelitian.....	18
3.2.	Waktu Tempat.....	18
3.3.	Tahapan Penelitian.....	18
3.3.1.	Pengumpulan Data.....	19
3.3.2.	Analisa Kebutuhan Jaringan	19
3.3.3.	Skema Pengkodean	20
3.3.4.	Perhitungan Nilai Fitness.....	20
3.3.5.	Seleksi.....	20
3.3.6.	<i>Crossover</i>	21
3.3.7.	Mutasi	21
3.3.8.	Simulasi dan analisa.....	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		22
4.1.	Pengumpulan Data	22
4.2.	Analisa Kebutuhan Jaringan	22
4.3.	Optimalisasi Menggunakan Algoritma Genetika.....	23
4.3.1.	Proses Skema Pengkodean.....	24
4.3.2.	Proses Nilai Fitness.....	26
4.3.3.	Proses Linear Fitness Ranking.....	26
4.3.4.	Proses Roulette-wheel.....	27
4.3.5.	Proses Pindah Silang.....	29
4.3.6.	Proses Mutasi.....	30
4.3.7.	Proses Program Utama.....	31
4.3.8.	Hasil Optimalisasi Menggunakan Algoritma Genetika.....	31

4.4.	Analisis Arsitektur Jaringan Fiber To The Home	33
4.4.1.	Simulasi Jaringan FTTH.....	33
4.4.2.	Perhitungan Power Link Budget.....	36
4.4.3.	Perhitungan Rise Time Budget	37
4.4.4.	Analisis BER (<i>Bit Error Rate</i>)	39
4.5.	Rekomendasi Desain FTTH Pulau Gili Ketapang	41
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....		45
5.1.	Kesimpulan	45
5.2.	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....		47
LAMPIRAN.....		51



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Jarak ODC ke ODP 22
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Optisystem dari 10 Perangkat ODP secara *downlink* .. 34
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Optisystem dari 10 Perangkat ODP secara *uplink* 35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Fiber Optic</i>	8
Gambar 2.2 Arsitektur FTTH	9
Gambar 2.3 <i>Pseudocode</i> Tahapan Algoritma Genetika	12
Gambar 2.4 Contoh <i>Crossover Point</i>	13
Gambar 2.5 Contoh Penukaran Gen	14
Gambar 2.6 Contoh Proses Mutasi	15
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian.....	19
Gambar 4.1 Pemetaan Titik ODP di Pulau Gili Ketapang.....	23
Gambar 4.2 Kode Program Skema Pengkodean	24
Gambar 4.3 Populasi	25
Gambar 4.4 Program Nilai Fitness	26
Gambar 4.5 Kode Program <i>Linear Fitness Ranking</i>	27
Gambar 4.6 Mekanisme Roulette-wheel	27
Gambar 4.7 Kode Program <i>Roulette-wheel</i>	28
Gambar 4.8 Kode Program Pindah Silang	30
Gambar 4.9 Kode Program Mutasi.....	31
Gambar 4.10 Hasil Optimalisasi Menggunakan Algoritma Genetika.....	32
Gambar 4.11 Jalur Rute Terbaik.....	33
Gambar 4.12 Simulasi <i>downlink</i>	34
Gambar 4.13 Simulasi <i>uplink</i>	35
Gambar 4.14 Nilai BER pada BER Analyzer	40
Gambar 4.15 Grafik Q Faktor.....	41
Gambar 4.16 Desain Infrastruktur Jaringan FTTH pada Pulau Gili Katapang ...	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumen Jurnal yang Disitasi.....	51
Lampiran 2 Contoh Tabel Koordinat ODP	52
Lampiran 3 Program Utama	57
Lampiran 4 Jarak ODC ke ODP	59



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gili ketapang merupakan pulau kecil yang ada di Kecamatan Sumberasih, Kabupaten Probolinggo. Gili Ketapang memiliki luas wilayah sebesar 61 hektar dengan penduduk 8.557 jiwa. (BPS katalog, 2021). Pada tahun 2017 pembangunan wisata bahari mulai dilakukan dengan harapan berdampak baik pada kehidupan masyarakat. Masyarakat yang sebelumnya hanya bekerja dilaut, saat ini sudah memiliki lebih dari 16 unit usaha mulai dari kuliner, souvenir, penginapan dan penyedia jasa snorkeling. Snorkeling merupakan objek wisata yang saat ini berkembang pesat di pulau Gili Ketapang (Afgan, R. 2021).

Minimnya informasi terkait wisata pulau Gili Ketapang tentunya menjadi masalah tersendiri mengingat pada pulau Gili Ketapang masih sangat minim sekali jaringan komputer. Pembangunan infrastruktur jaringan komputer tentu perlakukan untuk menunjang dalam pengembangan objek wisata pulau Gili Ketapang. Hal ini juga sesuai dengan Peraturan Bupati Probolinggo Bab VII tentang Pembangunan Sistem Teknologi Infromasi dan Komukasi pada pasal 13 ayat 2 berisi pembangunan sistem TIK dimana pada salah satu poinnya terdapat pembangunan infratruktur TIK.

Saat ini hanya terdapat dua operator yang ada palau ini, yaitu Telkomsel dan Indosat, namun masih perlu dilakukan pembangunan sebuah jaringan access point supaya internet teralokasi secara merata pada seluruh pulau. Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Wulandari dkk. (2022) yang bertujuan untuk memodelkan sebuah jaringan dengan infrastruktur jaringan WAN (*Wide Area Network*) nirkabel serta mengimplementasikan DHCP dan OSPF sebagai protocol routing pada pulau Gili Ketapang. Penelitian ini menghasilkan sebuah desain jaringan dengan parameter delay dan packet loss kurang dari 3% yang artinya hasil ini termasuk dalam kategori sangat baik. Penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dkk. hanya melakukan optimasi pada bagian pusat saja, sehingga optimasi pada pelanggan akhir belum

terjangkau. Pada penelitian ini akan melakukan optimasi rute Optical Distribution Point (ODP) pada jaringan Fiber To The Home (FTTH) di pulau Gili Ketapang.

Peningkatan layanan pada sektor pariwisata tentu membutuhkan media komunikasi yang baik. Komunikasi yang baik merupakan komunikasi yang mampu mengirimkan informasi dengan cepat. Salah satu teknologi komunikasi yang memiliki bandwidth besar dan tahan terhadap berbagai gangguan lainnya (noise) adalah fiber optik. Fiber optik dapat dinikmati oleh pengguna melalui jaringan Fiber To The Home (FTTH). FTTH merupakan sistem penyedia layanan jaringan fiber optik ke pelanggan. Kebutuhan internet yang semakin tinggi tentu menjadi hal penting mengapa jaringan FTTH perlu untuk diterapkan.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Adam, M.A., dan Yuliarman S. (2022) dengan melakukan perancangan jaringan Fiber To The Home (FTTH) pada wilayah perumahan perum Bumi Kotabaru Indah Cikampek menggunakan aplikasi Google Earth Pro. Penelitian ini menghasilkan gambaran dari sebuah rancangan berdasarkan penempatan semua perangkat yang dibutuhkan dengan mempertimbangkan lokasi dan jarak. Perangkat tersebut diantaranya adalah 20 ODP dan 1 ODC. Optical Distribution Point (ODP) merupakan sebuah keluaran dari Optical Distribution Cabinet (ODC) yang terhubung pada masing-masing pelanggan. Sedangkan ODC adalah perangkat pasif yang dipasang di luar STO yang berfungsi sebagai tempat untuk menghubungkan jaringan optik single mode.

Dalam melakukan sebuah perancangan jaringan tentu hasil akhir yang ingin dicapai adalah desain jaringan yang optimal. Pengoptimalan pada sebuah jaringan komputer membutuhkan algoritma optimasi dimana algoritma optimasi untuk penyelesaian Travelling Salesman Problem (TSP) memiliki 4 jenis antara lain algoritma *greedy*, algoritma ABC (*Artificial Bee Colony*), algoritma CIH (*Cheapest Insertion Heuristics*), dan algoritma genetika. Kelebihan pada algoritma *greedy* adalah waktu komputasi yang dibutuhkan pada kasus TSP lebih cepat. Kelebihan pada algoritma ABC adalah mampu mencapai nilai optimal jika jumlah data yang digunakan tidak terlalu besar. Kelebihan pada algoritma CIH adalah waktu komputasi

stabil walaupun jumlah data yang digunakan cukup besar. Kelebihan pada algoritma genetika adalah waktu komputasi lebih stabil jika dibandingkan dengan algoritma yang lain meskipun dengan jumlah data yang besar (Wiyanti, 2013). Berdasarkan kelebihan pada masing-masing algoritma optimasi, maka algoritma genetika lebih sesuai digunakan pada kasus tersebut.

Algoritma genetika merupakan teknik optimasi yang dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip genetika dan seleksi alam (Haupt & Haupt, 2004). Proses optimasi pada algoritma genetika dimulai dengan penentuan populasi awal, nilai fitness, linear fitness ranking, roulette-wheel, pindah silang dan mutasi. Hasil dari pengoptimalan menggunakan algoritma genetika dapat digunakan sebagai desain sebuah jaringan. Sebelumnya telah dilakukan penelitian dilakukan oleh Sabah dkk. merancang jaringan FTTH di Kubu Raya menggunakan algoritma genetika menghasilkan jalur sebesar 4.85 km (Sabah dkk, 2020).

Berdasarkan permasalahan diatas, maka akan dilakukan penelitian mengenai pengoptimalan rute ODP menggunakan metode algoritma genetika untuk memperoleh jalur yang optimal dari hasil perancangan menggunakan permasalahan TSP. Algoritma genetika digunakan untuk mencari minimum *fitness* pada suatu populasi karena semakin rendah nilai fitness pada suatu populasi maka pada setiap generasi semakin baik. TSP digunakan untuk mencari rute terpendek berdasarkan kunjungan pada setiap ODP. Hasil perancangan akan disimulasikan menggunakan *optisystem* untuk mengetahui kelayakan dari sebuah rancangan berdasarkan nilai BER (*Bit Error Rate*), nilai Qfaktor dan nilai redaman perangkat. Harapannya hasil dari penelitian ini dapat menunjang pengelolaan dan pengembangan pariwisata pada pulau Gili Ketapang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, dapat dirumuskan masalah yang harus dipecahkan yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil optimalisasi rute optical distribution point di P. Gili Ketapang

menggunakan algoritma genetika?

2. Bagaimana hasil analisis kelayakan jaringan Fiber To The Home pada pulau Gili Ketapang berdasarkan nilai BER, Power Link Budget dan Rise Time Budget?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui hasil optimalisasi rute optical distribution point di pulau Gili Ketapang menggunakan algoritma genetika.
2. Mengetahui hasil analisis kelayakan jaringan Fiber To The Home pada pulau Gili Ketapang berdasarkan nilai BER, Power Link Budget dan Rise Time Budget.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan penelitian dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Optimasi yang dilakukan hanya menggunakan pendekatan travelling salesman problem menggunakan variabel jarak tanpa mempergunakan variabel lainnya.
2. Hasil akhir dari penelitian ini berupa penentuan rute ODP pada pengembangan jaringan FTTH di pulau Gili Ketapang.

1.5. Manfaat Penelitian

Berikut beberapa manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi Mahasiswa
Mengetahui implementasi algoritma genetika untuk topologi jaringan dan uji parameter kelayakan menggunakan *software optisystem*.
2. Bagi Dosen
Dapat menjadi acuan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait pengoptimalan tata letak ODP pada jaringan FTTH .
3. Bagi Pemerintah Kabupaten Probolinggo
Mengimplentasikan topologi jaringan komputer pada Pulau Gili Ketapang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dkk. (2022) dengan judul *Wireless Area Network Infrastructure Model on Gili Ketapang Island Using Open Shortest Path First Routing Protocol*. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut memiliki delay paling besar yaitu 0,021 dan paket loss kurang dari 3 % yang bisa dikatakan bahwa hasil tersebut sudah termasuk baik. Dan juga beberapa jalur tidak melalui jalur terpendek dikarenakan harus melalui area backbone. (Wuklandari dkk, 2022). Penelitian ini memiliki persamaan dari segi objek yang diteliti yaitu pulau Gili Ketapang dan sama merancang sebuah jaringan. Sedangkan perbedaannya yaitu dari segitu metode dimana penelitian pertama ini menggunakan Algoritma Dijkstra dan untuk penelitian ini menggunakan Algoritma Genetika. Penelitian tersebut juga hanya berfokus pada jaringan pusat, sedangkan penelitian ini dilakukan sebuah perancangan hingga pada pelanggan. Implikasi dari penelitian ini adalah peneliti mengetahui bahwa di pulau Gili Ketapang telah dilakukan penelitian terkait model jaringan dan peneliti menegetahui bahwa tidak semua jalur dapat melalui jarak terpendek dikarenakan harus melalui area backbone.

Penelitian selanjutnya yang dibuat oleh Sabah dkk. (2020) dengan judul *Perancangan Jaringan Akses FTTH dengan Teknologi GPON Menggunakan Algoritma Genetika di “Kota Satelit” Kubu Raya*. Penelitian ini membahas perancangan jaringan akses FTTH dengan teknologi GPON di “Kota Satelit” Kubu Raya untuk mencari jalur terbaik dari hasil perancangan dengan menggunakan algoritma genetika. Hasil penelitian mendapat nilai terbaik 23-12-49-29-31-17-1-20-10-2-11-5-6-21-36-41-16-4-3-40-34-44-22-27-25-43-47-48-42-37-9-15-4-5-39-28-18-24-35-8-14-46-32-38-33-7-13-26-19 dengan jalur terjauh sebesar 4.85 km. Persamaan penelitian ini dari segi metode yaitu menggunakan metode algoritma genetika. Sedangkan perbedaannya yaitu dari segi teknologi GPON dan objek yang diteliti. Objek penelitian kedua ini di “Kota Satelit” Kubu Raya, sedangkan pada

penelitian ini objek penelitiannya di pulau Gili Ketapang, Kabupaten Probolinggo. Penelitian tersebut menggunakan *splitter* 1:8, sedangkan pada penelitian ini menggunakan *splitter* 1:16 dikarenakan jumlah rumah yang ada pulau Gili Ketapang sebanyak 2.859 rumah. Implikasi dari penelitian ini adalah peneliti mengetahui bahwa terdapat teknologi pasif dari serat optik yang bernama GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) dengan keunggulan menghemat penggunaan serat optik dan memiliki proteksi yang handal dan juga mengetahui implementasi algoritma genetika dalam lingkup perancangan jaringan pada sebuah kota.

Penelitian selanjutnya yang dibuat oleh Adam dkk. (2022) dengan judul Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) untuk wilayah Perumahan Perum Bumi Kotabaru Indah Cikampek menggunakan aplikasi Google Earth Pro. Penelitian ini membahas terkait perancangan jaringan FTTH menggunakan aplikasi Google Earth Pro dengan menetapkan jarak, lokasi dan spesifikasi perangkat. Hasil penelitian ini berupa desain secara keseluruhan rancangan berdasarkan penempatan semua perangkat yang dibutuhkan. Perangkat tersebut antara lain 2 kabel distribusi, 56 tiang existing, 20 ODP dan 1 ODC. Persamaan penelitian ini adalah perancangan jaringan Fiber To The Home, sedangkan untuk perbedaannya penelitian ketiga ini menggunakan aplikasi Google Earth Pro, penelitian ini menggunakan algoritma genetika untuk pengoptimalan, penelitian ketiga ini objek penelitiannya di wilayah Perumahan Perum Bumi Kotabaru Indah Cikampek, sedangkan penelitian ini objeknya di pulau Gili Ketapang. Penelitian tersebut hanya berfokus pada berapa banyak perangkat yang akan digunakan., sedangkan pada penelitian ini tidak hanya melakukan berapa banyak kebutuhan perangkat tetapi juga melakukan pengoptimalan dan uji kelayakan pada rancangan jaringan tersebut. Implikasi dari penelitian ini adalah peneliti dapat mengetahui perancangan jaringan Fiber To The Home menggunakan aplikasi Google Earth Pro dengan mempertimbangkan jarak dan spesifikasi perangkat.

Penelitian selanjutnya yang dibuat oleh Pratama dkk. (2020) dengan judul Perancangan Jaringan FTTH dengan Teknologi GPON menggunakan Algoritma

Genetika dan Optisystem. Penelitian keempat ini membahas perancangan jaringan FTTH dengan 4 alternatif melalui proses perancangan menggunakan algoritma genetika dan proses perhitungan optisystem. Hasil dari pencarian rute terpendek menggunakan algoritma genetika mendapat rute terpendek sejauh 9,856 km dari STO – ODP – ONT. Persamaan penelitian ini adalah perancangan jaringan FTTH dan penggunaan algoritma genetika untuk pencarian rute terpendek, serta juga menggunakan perhitungan *Power Link Budget*, *Rise Time Budget* dan *Bit Error Rate* untuk mengukur kualitas dari kelayakan dari sebuah rancangan jaringan. Sedangkan untuk perbedaannya penelitian keempat ini menggunakan teknologi GPON, penelitian ini tidak menggunakannya. Penelitian tersebut menggunakan *splitter* 1:8, sedangkan pada penelitian ini menggunakan *splitter* 1:16 dikarenakan jumlah rumah yang ada pulau Gili Ketapang sebanyak 2.859 rumah. Implikasi dari penelitian ini adalah peneliti dapat mengetahui perancangan jaringan FTTH dengan teknologi GPON menggunakan algoritma genetika sebagai proses perancangannya dan optisystem sebagai proses perhitungannya. Perhitungan menggunakan optisystem dapat mengukur jaringan seperti *Power Link Budget*, *Rise Time Budget* dan *Bit Error Rate*.

2.2. Fiber To The Home

Rangkaian tipis yang terbuat dari plastik atau kaca disebut fiber optik (Agrawal, 2010). Fiber optik (serat optik) merupakan saluran transmisi yang dapat mengirimkan sinyal cahaya dari tempat satu ke tempat lain. Fiber optik memiliki diameter sekitar 120 mikrometer. Kelebihan kabel ini adalah memiliki bandwidth yang besar, tidak rentan pada interferensi, tipis dan ringan. Fiber optik memiliki beberapa bagian dimana bagian inti dari fiber optik adalah fiberglass. Berikut bagian-bagian dari fiber optic.

- a. Inti (Core)

Kualitas kabel serat optik dipengaruhi dari jenis serat kaca. Semakin besar diameter inti serat kaca, maka semakin baik kualitas dan kapasitas seratnya. Ukuran diameter serat optik bervariasi dimulai dari diameter $2\mu\text{m}$ - $5\mu\text{m}$.

b. Selubung (Cladding)

Selain selubung memiliki fungsi utama yaitu melindungi inti dari serat optik, selubung juga memiliki fungsi memancarkan cahaya dari luar ke dalam inti. Diameter selubung juga bervariasi dari $5\mu\text{m}$ - $250\mu\text{m}$.

c. Pembungkus (Coating)

Bagian ini memiliki fungsi sebagai pelindung serat optik dari pembengkokan kabel atau gangguan lainnya seperti kelembaban. Pembungkus terbuat dari bahan plastik elastik yang dapat menambah kekuatan untuk kabel fiber optik. Pembungkus juga dapat menyerap cahaya sehingga mencegah kebocoran cahaya dari selubung inti. Contoh struktur fiber optik dapat dilihat pada Gambar 2.1.

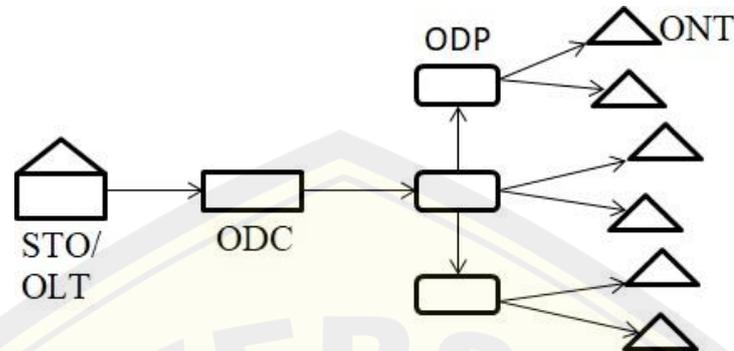


Gambar 2.1 Struktur *Fiber Optic*

Sumber: Topani, 2017

Teknologi fiber optik ini mulai diterapkan pada sebuah sarana komunikasi yang dikenal dengan FTTH (*Fiber To The Home*). FTTH adalah sebuah sistem yang menyediakan akses fiber optik untuk para pengguna (Hantoro dan Karyada, 2015). FTTH merupakan penghantaran isyarat optik dari pusat penyedia (provider) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai media penghantaran.

Penerapan FTTH merupakan sebuah kemajuan dari perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan penggunaan kabel konvensional. Contoh arsitektur FTTH dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arsitektur FTTH

Pada Gambar 2.2 Dapat dilihat bahwa arsitektur FTTH merupakan penghantaran isyarat optik dari pusat penyedia (provider) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai media penghantaran. Penerapan FTTH merupakan sebuah kemajuan dari perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan penggunaan kabel konvensional. Pengembangan dari teknologi serat optik itu sendiri memiliki tujuan agar informasi dapat diakses dengan cepat. Akses tersebut dapat terhubung melalui beberapa perangkat dimulai dari STO/OLT lalu dihubungkan ke ODC, dari ODC dihubungkan ke ODP dimana ODP ini merupakan titik terakhir dari kebel ditribusi yang nantinya akan jatuh ke pelanggan. Pelanggan disini adalah ONT dimana ONT ini sebuah perangkat yang disediakan oleh beberapa provider penyedia layanan FTTH tersebut. Berikut penjelasan lebih detail terkait beberapa perangkat yang digunakan pada arsitektur FTTH :

a. OLT (Optical Line Termination)

OLT memiliki 2 fungsi utama, yaitu mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik dan sebagai multiplexing dengan perangkat di ujung jaringan.

b. ODF (Optical Distribution Frame)

ODF memiliki fungsi sebagai titik terminasi awal kabel optik dari jaringan akses ke inti/port optik pada board ODF serta sebagai peralihan dari kabel internal ke kabel eksternal dan sebaliknya.

c. ODC (Optical Distribution Cabinet)

ODC memiliki fungsi sebagai tempat untuk memasang sambungan jaringan optik single mode yang berbentuk kotak/dome yang terbuat dari bahan khusus. Terdapat 3 perangkat yang ada di dalam ODC seperti konektor, splices, dan splitter. Konektor sebagai konektor serat optik, splices sebagai penghubung penghubung kabel optik secara bersama dan splitter sebagai membagi daya optik dari satu input serat menjadi beberapa output serat.

d. ODP (Optical Distribution Point)

ODP memiliki fungsi sebagai penghubung jaringan distribusi dengan pelanggan. ODP berperan sebagai titik akhir dari kabel distribusi dan titik awal untuk menjatuhkan kabel.

e. ONT (Optical Network Termination)

ONT memiliki fungsi sebagai pengubah sinyal optik yang ditransmisikan dari OLT menjadi sinyal elektrik. ONT disediakan oleh perusahaan yang menyediakan layanan koneksi internet.

2.3. Travelling Salesman Problem

TSP (*Traveling Salesman Problem*) adalah permasalahan dari seorang *salesman* yang harus mengunjungi semua kota dengan satu kali kunjungan di mulai dan di akhiri di kota asal. TSP memiliki tujuan menemukan rute perjalanan paling murah dari suatu kota ke kota lainnya dengan satu kali kunjungan dan harus kembali ke kota asal. Biaya tersebut bisa berupa jarak, waktu, bahan bakar dan lain sebagainya. Pada penelitian ini TSP digunakan untuk menemukan rute perjalanan termurah pada semua ODP. Namun karena jumlah ODP yang sangat banyak maka juga diperlukan suatu algoritma optimasi untuk menghemat waktu. Algoritma genetika merupakan salah satu cara alternatif untuk menyelesaikan masalah ini, karena algoritma genetika

memiliki proses yang cepat, memberikan hasil yang bagus, dan juga algoritma genetika mampu memberikan suatu solusi pada waktu ‘kapanpun’.

2.4. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan metode yang biasa digunakan untuk masalah optimasi dimana prosesnya terinspirasi dari fenomena alam yaitu seleksi alam “siapa yang kuat maka akan bertahan (survive)”. Algoritma genetika merupakan teknik optimasi yang dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip genetika dan seleksi alam (Haupt & Haupt, 2004). Pada algoritma genetika bisa terdapat beberapa versi menyesuaikan dengan permasalahan yang dihadapi. Algoritma genetika relatif mudah untuk diimplementasikan, sederhana dan juga merupakan algoritma yang efektif dalam permasalahan optimasi.

Algoritma genetika diawali dari kumpulan kromosom yang disebut populasi. Kromosom berisi solusi secara acak yang dikumpulkan untuk mendapatkan solusi terbaik dan kromosom berkembang dalam proses iterasi yang berkelanjutan yang disebut generasi.

2.4.1. Proses umum algoritma genetika

Algoritma genetika bertujuan untuk mencari nilai fitness dari individu di suatu populasi. Berikut proses umum dalam algoritma genetika dapat dilihat pada Gambar 2.3.

```

Inialisasi populasi,  $N$  kromosom
Loop
  Loop untuk  $N$  kromosom
    Dekodekan kromosom
    Evaluasi kromosom
  End
  Buat satu atau dua kopi kromosom terbaik (elitisme)
  Loop sampai didapatkan  $N$  kromosom baru
    Pilih dua kromosom
    Pindah silang
    Mutasi
  End
End

```

Gambar 2.3 Pseudocode Tahapan Algoritma Genetika

2.4.2. Populasi awal

Populasi awal merupakan langkah awal untuk mendapatkan sebuah solusi dimana populasi awal ini dibangkitnya secara acak untuk memperoleh solusi awal tersebut. Populasi terdiri atas individu dimana setiap individu merupakan sekumpulan gen yang disebut dengan kromosom. Kemampuan algoritma genetika dalam mencari solusi bergantung pada kapasitas populasi. Kapasitas populasi yang besar mampu memunculkan banyak variasi kromosom sehingga dapat memberikan hasil yang lebih baik. Sedangkan kapasitas populasi yang kecil hanya memunculkan sedikit dalam variasi kromosom sehingga menyebabkan hasil akhir yang buruk.

2.4.3. Fungsi fitness

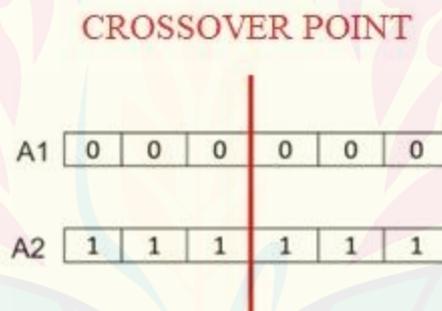
Nilai fitness merupakan proses untuk mengukur kualitas individu dengan menghitung nilai fitness pada setiap kromosom dan mengevaluasinya sampai kriteria terpenuhi. Evaluasi individu dilakukan berdasarkan suatu fungsi tertentu sebagai ukuran performansinya. Fungsi evaluasi menentukan setiap individual untuk dievaluasi dalam melakukan seleksi alam menggunakan nilai fitness. Dalam algoritma genetika sangat penting dalam pembuatan fungsi evaluasi yang benar, karena proses seleksi sangat bergantung dari nilai fitness. Nilai fitness terbaik ditentukan berdasarkan nilai dari fitness terbesar pada suatu kromosom.

2.4.4. Seleksi

Seleksi dilakukan secara proporsional sesuai dengan nilai fitnessnya. Dari beberapa kromosom dipilih dua buah kromosom sebagai orang tua yang nantinya akan dipindah-silangkan. Metode seleksi yang umum digunakan adalah roulette-wheel (roda roulette) dimana kromosom yang memiliki nilai fitness lebih besar menempati potongan lingkaran yang lebih besar dibanding dengan kromosom bernilai lebih rendah.

2.4.5. Crossover

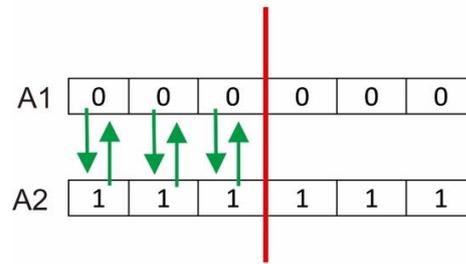
Proses memindah-silangkan dua buah kromosom dapat menghasilkan sebuah kromosom yang mengarah pada solusi yang bagus. Hal ini yang menjadikan crossover atau pundah silang merupakan salah satu komponen paling penting dalam algoritma genetika. Persilangan dilakukan dengan menentukan *crossover point* secara random didalam kromosom. Contoh *crossover point* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh *Crossover Point*

Sumber: Agusta, 2018

Kromosom baru akan ‘terlahir’ dengan menukar gen diantara *parent* sampai titik *crossover point*. Contoh penukaran gen dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Contoh Penukaran Gen

Sumber: Agusta, 2018

Setelah penukaran, keturunan baru dimasukkan ke dalam populasi. Ukuran populasi juga menjadi hal yang penting dalam proses pindah silang karena jika ukuran kromosom populasinya sangat kecil maka suatu kromosom dengan gen-gen yang mengarah ke solusi akan sangat cepat menyebar ke kromosom-kromosom lainnya. Hal ini dapat diatasi dengan suatu aturan bahwa pindah silang hanya bisa dilakukan dengan suatu probabilitas tertentu P_c . Artinya, pindah silang bisa dilakukan hanya jika suatu bilangan random $[0,1)$ yang dibangkitkan kurang dari P_c yang ditentukan. Pada umumnya P_c diset mendekati 1, misalnya 0,8.

One-point crossover (pindah silang satu titik potong) merupakan cara yang paling sederhana untuk melakukan pindah silang. Suatu titik potong dipilih secara random, kemudian bagian pertama dari orang tua 1 dibungkan dengan bagian kedua dari orang tua 2. Jika kromosomnya sangat panjang, mungkin saja diperlukan berapa titik potong. Titik potong yang lebih dari satu dalam proses pindah silang disebut *n-point crossover*, dimana n titik potong dipilih secara random dan bagian-bagian kromosom dipilih dengan probabilitas 0,5 dari salah satu orangtuanya.

2.4.6. Mutasi

Dalam binary encoding nilai diubah menjadi nilai kebalikannya (0 diubah 1, dan 1 diubah 0), jika bilangan random yang dibangkitkan kurang dari

probabilitas mutasi P_{mut} yang ditentukan. Biasanya P_{mut} diset sebagai $1/n$, dimana n adalah jumlah gen dalam kromosom. Dengan P_{mut} sebesar ini berarti mutasi hanya terjadi pada sekitar satu gen saja. Pada algoritma genetika sederhana, nilai P_{mut} adalah tetap selama evolusi. Contoh proses mutasi dapat dilihat pada Gambar 2.6.

SEBELUM						
A5	1	1	1	0	0	0
SESUDAH						
A5	1	1	0	1	1	0

Gambar 2.6 Contoh Proses Mutasi

Sumber: Agusta, 2018

Algoritma tidak akan memproduksi keturunan jika populasi telah konvergen. Dengan kata lain algoritma genetika pada tahapan ini telah memberikan solusi dari masalah yang didefinisikan.

2.5. Optisystem

Optisystem adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mensimulasikan jaringan fiber optik dari sentral (OLT) sampai ke pengguna (ONT) sebelum di implementasikan ke lapangan. Optisystem juga dapat melakukan pengukuran dan menampilkan grafik BER, Qfaktor dan nilai redaman yang diterima oleh perangkat (Sabah,2020).

2.6. Parameter Kelayakan

a. Power link budget

Power link budget adalah sebuah metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kelayakan suatu jaringan. *Power link budget* bisa dikatakan sebagai total redaman pada daya optik yang didapat dari redaman kabel, redaman

konektor, redaman penyambungan dan margin sistem. Untuk menghitung *power link budget* digunakan rumus sebagai berikut :

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \quad (1)$$

Rumus menghitung nilai redaman yang diterima pada perangkat sebagai berikut.

$$P_r = P_t - \alpha_{total} \quad (2)$$

Untuk menghitung margin daya rumusnya sebagai berikut.

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM \quad (3)$$

Keterangan :

α_{total} = Redaman serat optik (dB)

L = Panjang serat optik (Km)

α_{serat} = Redaman serat optik (dB/Km)

N_c = Jumlah konektor

α_c = Redaman konektor (dB/buah)

N_s = Jumlah sambungan

α_s = Redaman sambungan

S_p = Redaman splitter (dB)

P_r = Power receive (dBm)

P_t = Power transmit (dBm)

M = Margin daya (dB)

SM = Safety margin, berkisar 6-8 dB

b. Rise time budget

Rise time budget merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menentukan batasan disperse suatu *link* serat optik. Tujuan dari metode ini adalah menganalisa apakah unjuk kerja jaringan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Untuk menghitung *rise time budget* digunakan rumus sebagai berikut.

$$t_f = D \cdot \sigma \lambda \cdot L \quad (4)$$

$$t_{sys} = \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2} \quad (5)$$

Keterangan :

t_f = Rise time fiber (ps)

D = Koefisiendispersi (ps/nm.km)

$\sigma\lambda$ = Lebar spectral (nm)

L = Jarak (Km)

t_{sys} = Rise time system

t_{rx}^2 = Rise time pengiriman optik (ps)

t_{tx}^2 = Rise time penerima optik (ps)

t_f^2 = Rise time fiber (ps)

c. *Bit error rate (BER)*

Bit error rate merupakan parameter tingkat kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Pada setiap aplikasi kebutuhan akan BER berbeda-beda, pada FTTH membutuhkan nilai BER dibawah 10^{-9} , pada sebagian komunikasi data membutuhkan nilai BER sama atau lebih baik dari 10^{-12} , dan pada aplikasi komunikasi membutuhkan nilai BER 10^{-10} atau lebih baik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai BER yaitu *noise*, interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, redaman, *multipath fading*, dan lain-lain.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah berjenis kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan suatu pengamatan yang didasarkan pada perhitungan persentase, rata-rata, chi kuadrat dan juga perhitungan statistic lainnya yang melibatkan perhitungan, angka dan kuantitas.

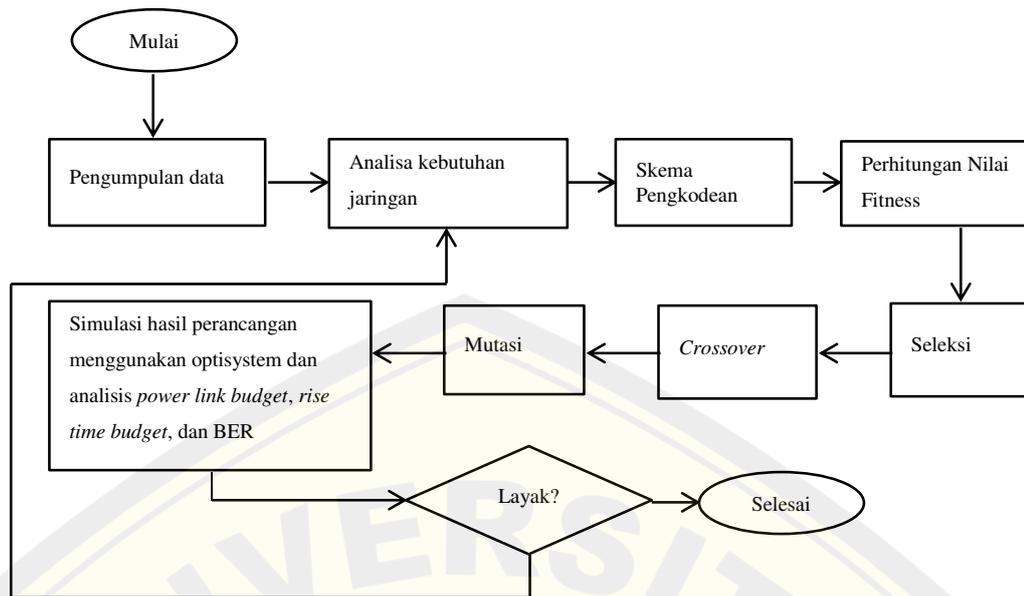
Metode penelitian kuantitatif berlandaskan pada filsafat positivism dimana metode ini digunakan untuk meneliti suatu populasi atau sampel tertentu dengan teknik pengambilan sampel yang umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisi data bersifat kuantitatif/statistic dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

3.2. Waktu Tempat

Waktu penelitian yang digunakan peneliti untuk penelitian ini akan dilaksanakan sejak tanggal keluarnya ijin penelitian dalam kurun waktu kurang lebih 2 (dua) bulan, 1 bulan untuk pengumpulan data dan 1 bulan pengolahan data yang meliputi penyajian dalam bentuk skripsi dan proses bimbingan berlangsung. Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah di Pulau Gili Ketapang Kabupaten Probolinggo.

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan oleh peneliti dari mulainya proses penelitian hingga akhir penelitian yang dilakukan. Dalam penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut.

3.3.1. Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data dilakukan dengan menghitung jumlah kepala keluarga yang ada pada pulau Gili Ketapang. Data tersebut nantinya akan mewakili setiap rumah yang ada pada pulau Gili Ketapang. Selain dari data jumlah kepala keluarga, juga dibutuhkan kondisi jaringan ada pada pulau Gili Ketapang.

3.3.2. Analisa Kebutuhan Jaringan

Tahapan ini merupakan tahapan dalam menentukan beberapa banyaknya perangkat ODP yang akan digunakan. Pada tahapan ini juga ditentukan beberapa pembagian splitter yang akan digunakan pada perangkat ODP. Hal ini bertujuan agar memudahkan untuk melakukan perhitungan berapa banyak perangkat ODP yang akan digunakan dengan perhitungan banyak kepala keluarga dibagi banyaknya splitter yang digunakan.

3.3.3. Skema Pengkodean

Skema pengkodean merupakan pengkodean gen dari kromosom, dimana gen tersebut merupakan bagian dari kromosom tersebut. Gen dapat direpresentasikan dalam bentuk : bit, bilangan real atau representasi lainnya dapat diimplementasi pada operator genetika. Pada penelitian representasi gen menggunakan permutation encoding dimana suatu kromosom merepresentasikan suatu permutasi dari nomor urut kota sampai jumlah yang ditentukan.

3.3.4. Perhitungan Nilai Fitness

Nilai fitness merupakan sebuah nilai dari suatu solusi atau individu, Nilai fitness ini menentukan baik buruknya suatu solusi pada algoritma genetika. Secara umum algoritma genetika bertujuan mencari nilai fitness paling tinggi pada suatu individu karena nilai fitness yang nantinya dijadikan acuan untuk mencari solusi yang optimal. Pada penelitian ini sebelum melakukan seleksi dilakukan *linear fitness ranking* terlebih dahulu. *Linear fitness ranking* merupakan penskalaan pada nilai fitness agar memiliki variasi tinggi sehingga nilai fitness baru yang diperoleh lebih baik. *Linear fitness ranking* bertujuan agar terhindar dari kecenderungan konvergen pada optimum lokal.

3.3.5. Seleksi

Seleksi merupakan pemilihan dua buah kromosom untuk dijadikan sebagai orang tua yang nantinya akan dipindah silangkan. Pada penelitian ini menggunakan seleksi *roulette-wheel* dimana *roulette-wheel* merupakan sebuah metode yang terinspirasi dari permainan roulette-wheel dimana setiap kromosom menempati potongan pada lingkaran sesuai dengan nilai fitnessnya. Kromosom yang memiliki nilai fitness lebih besar akan menempati potongan lingkaran yang lebih besar, sedangkan kromosom yang memiliki kromosom yang lebih kecil akan menempati potongan lingkaran yang lebih kecil.

3.3.6. Crossover

Crossover atau pindah silang merupakan salah satu komponen paling penting pada algoritma genetika. Proses memindah-silangkan dua kromosom untuk mendapatkan sebuah kromosom baru yang pada solusi yang bagus. Pada penelitian ini menggunakan skema *order crossover* dimana satu bagian kromosom dipertukarkan dengan tetap menjaga urutan kata yang bukan bagian dari kromosom tersebut.

3.3.7. Mutasi

Mutasi merupakan sebuah operator yang dapat mengubah gen satu dengan yang lain dalam satu kromosom. Mutasi menukarkan gen pada satu kromosom yang dipilih secara random.

3.3.8. Simulasi dan analisa

Tahapan ini dilakukan simulasi dari hasil perancangan menggunakan *software optisystem* secara konfigurasi *uplink* (dari OLT ke ONT) dan konfigurasi *downlink* (dari ONT ke OLT). Simulasi akan dilakukan sebanyak 10 sampel ODP dari sentral (OLT) ke pengguna (ONT) dimulai dari jarak terdekat, jarak sedang, hingga jarak terjauh. Setelah melakukan simulasi maka akan dilakukan analisis berupa *power link budget*, *rise time budget*, dan nilai BER. Total nilai redaman tidak boleh lebih dari - 28 dB atau $Pr > - 28$ berdasarkan standar ITU-T G.948. Nilai BER dikatakan layak apabila nilai maksimum 10^{-9} dan nilai Q faktor minimal 6.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menghitung jumlah kepala keluarga yang ada pada pulau Gili Ketapang. Jumlah kepala keluarga pada pulau Gili Ketapang adalah 2.859 (BPS kataog, 2021), data ini akan mewakili banyaknya rumah yang ada di pulau Gili Ketapang. Untuk kondisi jaringan yang ada pulau Gili Ketapang hanya jaringan operator saja, sedangkan untuk kondisi jaringan komputer masih belum ada.

4.2. Analisa Kebutuhan Jaringan

Analisa kebutuhan ODP yang dibutuhkan ditentukan dari banyaknya kepala keluarga dengan pembagian *splitter* 1:16. Pemilihan *splitter* 1:16 juga mempertimbangkan banyaknya data yang ada, karena jika menggunakan *splitter* yang terlalu sedikit maka nanti jumlah kromosom yang ada akan semakin banyak yang tentunya berimbas pada hasil perhitungan yang kurang optimal. Namun jika menggunakan *splitter* yang besar, ini akan berimbas pada *paket loss data* yang juga akan semakin besar. Hal ini akan mengurangi performa dari rancangan sebuah jaringan tersebut. Total ODP yang akan digunakan sebanyak 179 dengan perhitungan $2.859/16 = 179$. Koordinat ODP dapat dilihat dari Tabel 4.1. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4.1 Koordinat ODP

Koordinat ODP		
Perangkat	X	Y
ODP 1	218	56
ODP 2	206	56
ODP 3	213	52
.....		
ODP 84	116	33

ODP 85	117	35
ODP 86	122	37
.....		
ODP 177	22	45
ODP 178	25	42
ODP 179	30	45

Penempatan titik-titik ODP dalam peta pulau Gili Ketapang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pemetaan Titik ODP di Pulau Gili Ketapang

Pada Gambar 4.1. merupakan titik-titik penempatan ODP menggunakan google earth untuk mendapatkan koordinat pada setiap ODP. 1 ODP diletakkan pada titik tengah setiap 16 rumah dengan total sebanyak 179 ODP. Untuk peletakan ODC diletakkan pada Kantor Desa Gili Ketapang karena kantor desa merupakan pusat kegiatan operasional pemerintah yang tidak dimiliki oleh pribadi, selain itu agar memudahkan dalam melakukan *maintenance*.

4.3. Optimalisasi Menggunakan Algoritma Genetika

Implementasi TSP akan dibahas secara bertahap berdasarkan tahapan proses-proses Algoritma Genetika dalam MATLAB (Suyanto,2005). Perhatikan setiap langkah berikut ini.

4.3.1. Proses Skema Pengkodean

Dalam penelitian ini untuk skema pengkodean menggunakan *permutation encoding* dimana setiap kromosom berisi gen-gen yang merepresentasikan nomor urut ODP. Skema ini diterapkan pada fungsi dibawah secara sederhana menggunakan beberapa baris perintah. Masukan pada fungsi ini ada dua variabel yaitu, UkPop dan JumGen dimana UkPop adalah jumlah kromosom dalam populasi, sedangkan JumGen adalah jumlah gen dalam kromosom. Berikut kode program skema pengkodean dapat dilihat pada Gambar 4.2.

```
function Populasi = TSPInisialisasiPopulasi(UkPop, JumGen)
for ii=1:UkPop,
[Xval, Ind]= sort(rand(1, JumGen));
Populasi(ii,:) =Ind;
end
```

Gambar 4.2 Kode Program Skema Pengkodean

Pada perintah `[Xval, Ind] = sort(rand(1, JumGen))`, Xval menyatakan beberapa bilangan dalam interval $[0,1)$ hasil pengurutan *ascending* atau dari kecil ke besar. Sedangkan Ind menyatakan indeks dari beberapa bilangan yang di bangkitkan secara acak tetapi belum terurut. Ind ini merupakan nomor urut ODP yang dibangkitkan secara acak secara tidak langsung dengan perintah `sort(rand(1, JumGen))`. Pada perintah `rand(1, JumGen)` menyatakan pembangkitan sebuah matriks yang berukuran $1 \times \text{JumGen}$ dimana didalamnya berisi bilangan acak dalam interval $[0,1)$. Pada Perintah `Populasi(ii,:)` menyatakan kromosom ke-*ii* pada populasi yang jumlah kolomnya sama dengan jumlah gen. Berikut gambaran populasi dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Kromosom 1

5	46	...	153	89	...	137	92	...	41
---	----	-----	-----	----	-----	-----	----	-----	----

Kromosom 25

165	74	...	36	179	...	90	112	...	26
-----	----	-----	----	-----	-----	----	-----	-----	----

Kromosom 33

81	146	...	15	95	...	137	22	...	1
----	-----	-----	----	----	-----	-----	----	-----	---

Kromosom 67

58	116	...	43	89	...	17	67	...	4
----	-----	-----	----	----	-----	----	----	-----	---

Kromosom 83

1	94	...	13	56	...	132	34	...	2
---	----	-----	----	----	-----	-----	----	-----	---

Kromosom 100

168	179	...	68	58	...	80	84	...	172
-----	-----	-----	----	----	-----	----	----	-----	-----

Gambar 4.3 Populasi

Pada Gambar 4.3 memiliki ukuran populasi sebesar 100 populasi, pemilihan 100 populasi tentu berdasarkan sebuah penelitian yang telah dilakukan oleh Suyanto (2005). Penelitian tersebut bertujuan untuk melakukan observasi dalam mencari nilai parameter yang optimal. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil rata-rata fitness sebesar 9.9960 pada ukuran populasi sebanyak 100 kromosom dan probabilitas sebesar 0.1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritma genetika akan memberikan solusi paling optimum dengan probabilitas 0.9960.

4.3.2. Proses Nilai Fitness

Pada penelitian ini dalam penyelesaian TSP fungsi fitness yang digunakan adalah $\frac{1}{total\ biaya}$ dimana *total biaya* adalah jumlah jarak kartesian antar satu ODP dengan ODP lainnya secara melingkar. Jarak kartesian antara ODP1 dan ODP2 dihitung dengan rumus :

$$||ODP1 - ODP2|| = \sqrt{(X_{ODP1} - X_{ODP2})^2 + (Y_{ODP1} - Y_{ODP2})^2}$$

Perhitungan nilai fitness diatas diimplementasikan dalam fungsi dibawah secara sederhana. Berikut kode program nilai fitness dapat dilihat pada Gambar 4.4.

```
function Fitness = TSPEvaluasiIndividu(Kromosom, JumGen, XYkota)
    TB = 0;
    for ii=1:JumGen-1,
        TB=TB+norm(XYkota(Kromosom(ii),:)-XYkota(Kromosom(ii+1),:));
    end
    % Jalur untuk kembali ke kota asal.
    TB =TB +norm(XYkota(Kromosom(ii),:)-XYkota(Kromosom(1),:));
    Fitness =1/TB;
```

Gambar 4.4 Program Nilai Fitness

Pada fungsi diatas terdapat tiga variabel masukan yaitu, Kromosom, JumGen dan XYkota. Pada variabel TB menyatakan total biaya, untuk nilai fitness pada sebuah kromosom dinyatakan dengan $fitness=1/TB$.

4.3.3. Proses Linear Fitness Ranking

Sebelum ke tahapan *roulette-wheel*, untuk mnegurangi kecenderungan pada optimum local maka dilakukan penskalaan nilai fitness dimana nilai fitness akan berada pada [MaxF-MinF] sehingga nilai fitness baru memiliki variasi yang tinggi. Proses ini diimplementasikan pada fungsi dibawah. Berikut kode program *linear fitness ranking* dapat dilihat pada Gambar 4.5.

```

function LFR = LinearFitnessRanking(UkPop, Fitness, MaxF, MinF)
[SF, IndF]=sort(Fitness);
for rr=1: UkPop,
    LFR (IndF(UkPop-rr+1)) = MaxF-(MaxF-MinF)*((rr-1)/(UkPop));
end

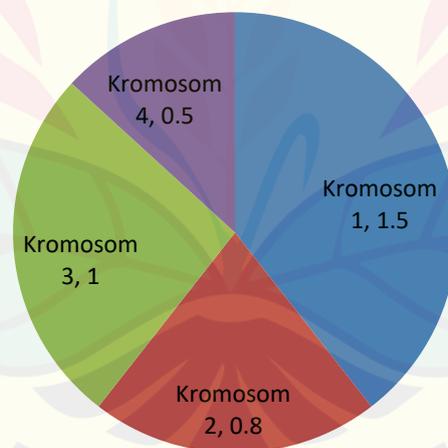
```

Gambar 4.5 Kode Program *Linear Fitness Ranking*

Pada perintah `[SF,IndF] = sort(Fitness)`, variabel SF berisi beberapa nilai fitness dari hasil pengurutan, sedangkan Indf berisi indeks dari beberapa nilai fitness tersebut. Perintah sort pada MATLAB digunakan untuk mengurutkan nilai fitness dari kecil ke besar (*ascending*).

4.3.4. Proses Roulette-wheel

Proses seleksi menggunakan *roulette-wheel* tentu sangat bergantung pada besarnya nilai fitness suatu kromosom. Nilai kromosom tersebut akan berpengaruh pada potongan lingkaran dimana besar kecilnya potongan lingkaran tersebut akan menentukan layak tidaknya suatu kromosom dijadikan sebagai orang tua. Berikut contoh mekanisme *roulette-wheel* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Mekanisme Roulette-wheel

Pada Gambar 4.6, disini hanya menggunakan 4 buah kromosom dimana masing-masing kromosom memiliki nilai fitness yang berbeda-beda. Kromosom 1 memiliki nilai fitness sebesar 1.5, kromosom 2 memiliki nilai fitness sebesar 0.8, kromosom 3 memiliki nilai fitness sebesar 1, dan kromosom 4 memiliki nilai fitness sebesar 0.5. Dapat dilihat bahwa kromosom 1 menempati potongan yang lebih besar dari kromosom 2, kromosom 3 dan kromosom 4 dikarenakan kromosom 1 memiliki nilai fitness yang lebih besar dari ketiga kromosom yang lain. Dalam proses seleksi dibutuhkan dua kromosom yang memiliki nilai fitness yang tinggi untuk dijadikan sebagai orang tua yang nantinya akan dikawin-silangkan.

Dapat disimpulkan pada Gambar 4.6 kromosom yang akan menjadi dua kromosom orang tua yaitu kromosom 1 dan kromosom 3 karena kedua kromosom tersebut memiliki potongan lingkaran yang lebih besar jika dibandingkan kromosom yang lain. Fungsi *roulette-wheel* secara sederhana diimplementasikan pada fungsi di bawah dengan Pindex. Dimana Pindex ini adalah individu yang terpilih menjadi orang tua. Fungsi dibawah disimpan pada file RouletteWheel.m. Berikut kode program *roulette-wheel* dapat dilihat pada Gambar 4.7.

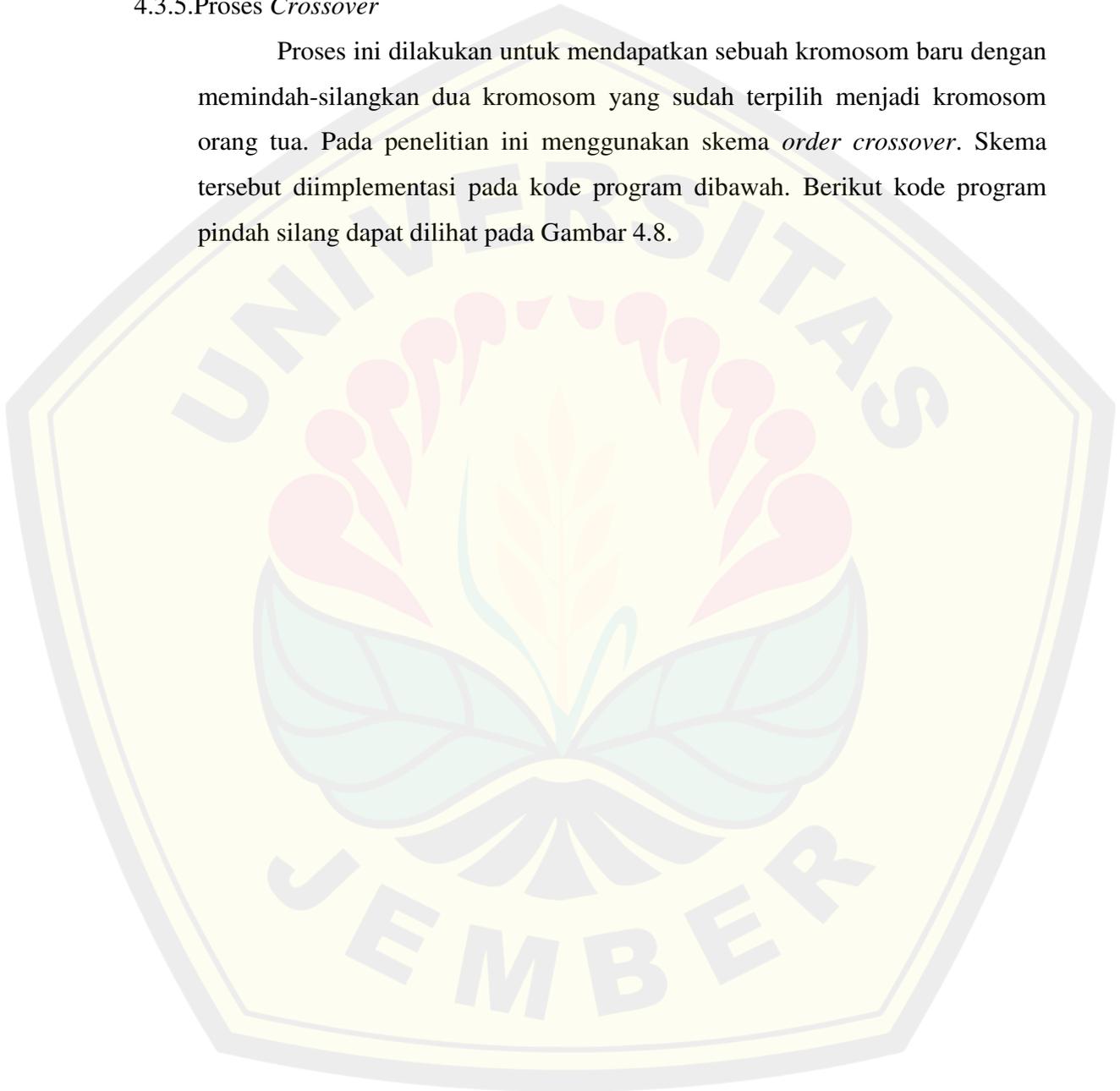
```
function Pindex = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness)
    JumFitness = sum(LinearFitness);
    KumulatifFitness =0;
    RN = rand;
    ii = 1;
    while ii<=UkPop,
        KumulatifFitness =KumulatifFitness + LinearFitness(ii);
        if (KumulatifFitness/JumFitness)> RN,
            Pindex =ii;
            break;
        end
        ii =ii+1;
    end
end
```

Gambar 4.7 Kode Program *Roulette-wheel*

Pada MATLAB sudah tersedia sebuah perintah yang dapat digunakan untuk menjumlahkan semua nilai, perintah tersebut adalah sum. Pada perintah sum(LinearFitness), sum digunakan untuk menjumlahkan semua nilai pada vektor LinearFitness. Perintah break diatas digunakan untuk keluar dari satu perintah while atau for.

4.3.5. Proses *Crossover*

Proses ini dilakukan untuk mendapatkan sebuah kromosom baru dengan memindah-silangkan dua kromosom yang sudah terpilih menjadi kromosom orang tua. Pada penelitian ini menggunakan skema *order crossover*. Skema tersebut diimplementasi pada kode program dibawah. Berikut kode program pindah silang dapat dilihat pada Gambar 4.8.



```

function Anak = TSPPindahSilang (Bapak, Ibu, JumGen)
    cp1 = 1 + fix(rand*(JumGen-1));
    cp2 = 1 + fix(rand*(JumGen-1));
    while cp2==cp1,
        cp2=1+fix(rand*(JumGen-1));
    end
    if cp1<cp2,
        cps =cp1;
        cpd =cp2;
    else
        cps =cp2;
        cpd =cp1;
    end
    Anak(1,cps+1:cpd)=Ibu(cps+1:cpd);
    Anak(2,cps+1:cpd)=Bapak(cps+1:cpd);
    SisaGenbapak =[];
    SisaGenibu =[];
    for ii=1:JumGen,
        if ~ismember(Bapak(ii), Anak(1,:));
            SisaGenbapak = [SisaGenbapak Bapak(ii)];
        end
        if ~ismember(Ibu(ii), Anak(1,:));
            SisaGenibu = [SisaGenibu Ibu(ii)];
        end
    end
    Anak(1,cpd+1:JumGen) = SisaGenbapak(1:JumGen-cpd);
    Anak(1,1:cps) = SisaGenbapak(1+JumGen-cpd:length(SisaGenbapak));
    Anak(2,cpd+1:JumGen) = SisaGenibu(1:JumGen-cpd);
    Anak(2,1:cps) = SisaGenibu(1+JumGen-cpd:length(SisaGenibu));
end

```

Gambar 4.8 Kode Program Pindah Silang

4.3.6. Proses Mutasi

Pada TSP operator mutasi biasanya diimplementasikan dengan menukar gen termutasi dengan gen lain yang dipilih secara acak. Skema ini dikenal dengan skema *swapping mutation*, skema ini diimplementasikan dalam fungsi dibawah dengan keluaran MutKrom yaitu kromosom yang sudah termutasi. Berikut kode program mutasi dapat dilihat pada Gambar 4.9.

```

function MutKrom = TSPMutasi(Kromosom, JumGen, Pmutasi)
MutKrom =Kromosom;
for ii=1:JumGen,
    if rand <Pmutasi,
        TM2=1+fix(rand*JumGen);
        while TM2==ii,
            TM2=1+fix(rand*JumGen);
        end
        temp = MutKrom(ii);
        MutKrom(ii)=MutKrom(TM2);
        MutKrom(TM2)=temp;
    end
end

```

Gambar 4.9 Kode Program Mutasi

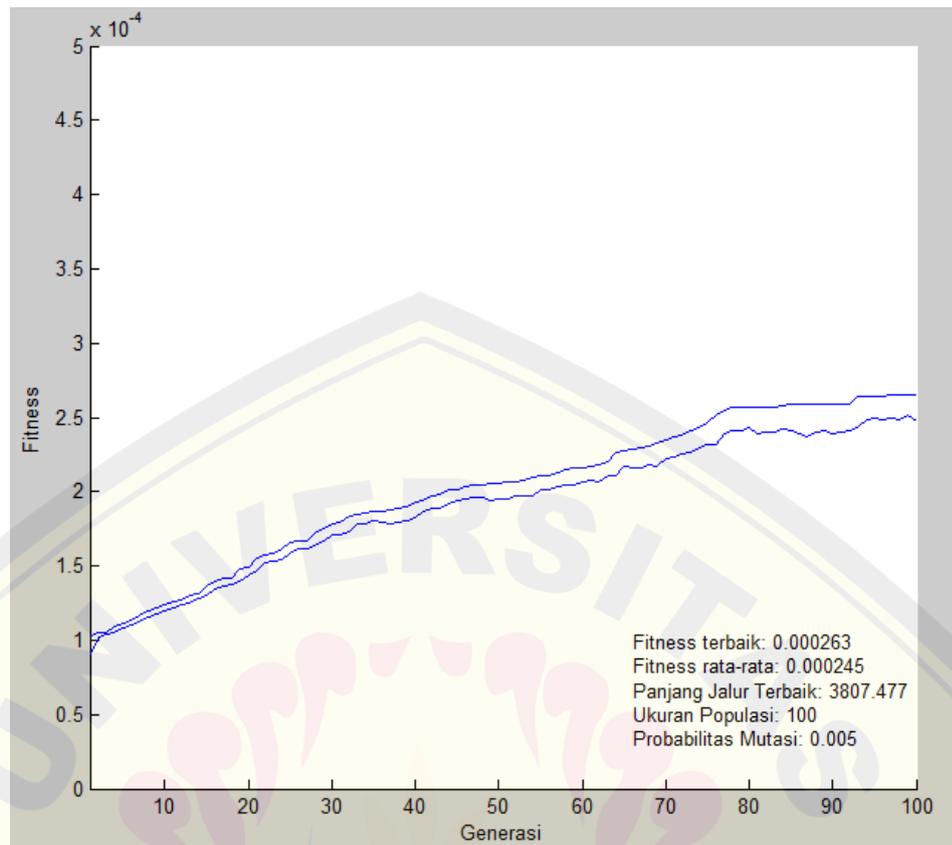
Masukan pada fungsi diatas terdapat dua masukan yaitu Kromosm dan JumGen. Pada semua gen yang ada pada kromosom, jika bilang yang dibangkitkan secara acak dalam interval $[0,1)$ kurang dari Pmutasi, maka nilai gen tersebut akan ditukar dengan nilai gen lain yang dipilih secara acak. Fungsi diatas disimpan pada file TSPMutasi.m.

4.3.7. Proses Program Utama

Pada proses ini semua fungsi diatas dipanggil dan disimpan pada file MainTSP.m. Pada kode program dibawah terdapat tambahan perintah-perintah untuk menampilkan grafik. Pada variabel XYkota menyatakan posisi-posisi koordinat semua ODP. Koordinat ODP tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2. Berikut kode program utama dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.3.8. Hasil Optimalisasi Menggunakan Algoritma Genetika

Gambar 4.10 menunjukkan hasil evolusi dari generasi 1 sampai 50. Berdasarkan Gambar 4.10 dapat dilihat perolehan nilai fitness terbaik sebesar 0.000263 dan nilai dari rata-rata fitness sebesar 0.000245. Panjang jalur terbaik diperoleh sepanjang 3807.477 unit kartesian. Berikut hasil optimalisasi menggunakan algoritma genetika dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil Optimalisasi Menggunakan Algoritma Genetika

Pada Gambar 4.10 jalur paling optimal yang diperoleh adalah 168 – 179 – 166 – 171 – 176 – 177 – 173 – 172 – 170 – 169 – 151 – 152 – 128 – 144 – 117 – 114 – 101 – 95 – 96 – 47 – 3 – 2 – 10 – 65 – 51 – 31 – 35 – 20 – 19 – 39 – 17 – 18 – 40 – 38 – 5 – 21 – 6 – 73 – 141 – 143 – 110 – 76 – 50 – 23 – 11 – 30 – 45 – 70 – 94 – 59 – 15 – 12 – 27 – 9 – 8 – 37 – 13 – 16 – 41 – 85 – 87 – 88 – 79 – 83 – 97 – 120 – 102 – 109 – 68 – 58 – 57 – 67 – 62 – 122 – 91 – 72 – 64 – 111 – 90 – 55 – 77 – 86 – 138 – 136 – 137 – 43 – 61 – 74 – 99 – 100 – 25 – 7 – 1 – 26 – 22 – 93 – 60 – 49 – 53 – 54 – 63 – 69 – 78 – 82 – 42 – 4 – 29 – 28 – 14 – 33 – 80 – 84 – 145 – 167 – 135 – 139 – 148 – 126 – 107 – 108 – 116 – 118 – 156 – 149 – 159 – 162 – 158 – 164 – 66 – 24 – 56 – 106 – 129 – 160 – 132 – 130 – 104 – 105 – 125 – 142 – 92 – 75 – 81 – 71 – 32 – 46 – 52 – 48 – 34 – 36 – 44 – 89 – 112 – 127 – 123 – 121 – 131 – 147 – 161 – 165 – 150 – 163 – 155 –

140 – 153 – 157 – 154 – 103 – 98 – 119 – 124 – 134 – 115 – 113 – 133 – 146 – 178 – 175 – 172. Jadi solusi perancangan jaringan Fiber To The Home dalam peletakan ODP pada pulau Gili Ketapang adalah sebuah jalur yang optimal yang ditunjukkan pada Gambar 4.11, dimana panjang jalur kartesiannya adalah 3807.477 unit kartesian dengan nilai fitness sebesar 0.000263, ukuran populasi sebesar 100 populasi dengan 50 generasi, dan probabilitas mutasi sebesar 0,005 serta probabilitas mutasi sebesar 0,8. Berikut jalur rute terbaik dapat dilihat pada Gambar 4.11.



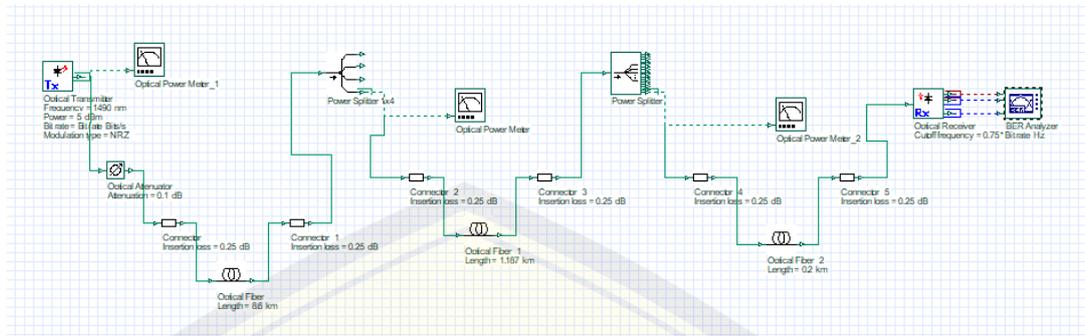
Gambar 4.11 Jalur Rute Terbaik

4.4. Analisis Arsitektur Jaringan Fiber To The Home

4.4.1. Simulasi Jaringan FTTH

Hasil dari perancangan akan disimulasikan menggunakan *software optisystem* secara konfigurasi *uplink* (OLT ke ODP) dan konfigurasi *downlink* (ODP ke OLT). Pada simulasi ini membutuhkan inputan jarak antar OLT ke ODC, ODC ke ODP dan ODP ke ONT. Untuk jarak OLT ke ODC sejauh 8.6 km karena OLT atau sentral berada di pulau Jawa lebih tepatnya di Kabupaten Probolinggo. Jarak ODC ke ODP bervariasi karena ODP memiliki 179 titik jadi jarak masing-masing ODP berbeda. Namun pada simulasi ini dilakukan simulasi berdasarkan jarak ODP terjauh yaitu ODP 172 dengan jarak sebesar 1.187 m. Sedangkan untuk jarak ODP ke ONT juga bervariasi, disini yang disimulasikan jarak maksimal ONT ke ODP sebesar 200 m. Simulasi akan dilakukan dengan 10 sampel ODP dari sentral ke pengguna dimulai jarak

terdekat, jarak sedang, dan jarak terjauh. Berikut simulasi *downlink* dapat dilihat pada Gambar 4.12.



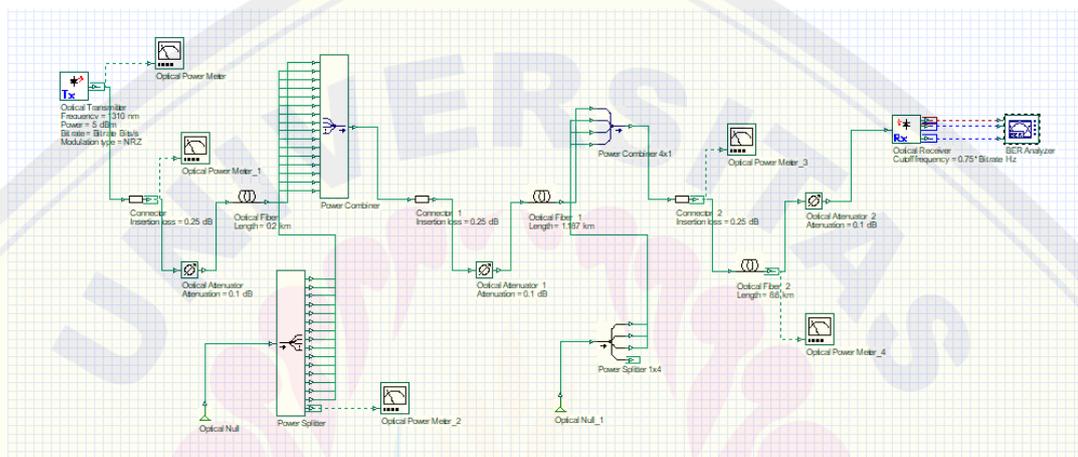
Gambar 4.12 Simulasi *downlink*

Pada Tabel dibawah akan ditampilkan hasil simulasi dari 10 sampel ODP dari jarak tedekat hingga jarak terjauh menggunakan *optisystem*. Untuk jarak ODC ke masing-masing ODP dapat dilihat pada Lampiran 4. Contoh hasil simulasi *optisystem* dari 10 perangkat ODP secara *downlink* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi *Optisystem* dari 10 Perangkat ODP secara *downlink*

Perangkat	Nilai P_r	Nilai BER	Q Faktor
ODP 56	- 19.720 dBm	1.59759×10^{-13}	7.28571
ODP 72	- 19.731 dBm	6.26252×10^{-14}	7.41013
ODP 55	- 19.733 dBm	8.42434×10^{-14}	7.37057
ODP 129	- 19.922 dBm	9.81739×10^{-13}	7.03687
ODP 128	- 19.928 dBm	2.91604×10^{-13}	7.20401
ODP 127	- 19.935 dBm	4.06398×10^{-13}	7.1585
ODP 171	- 19.442 dBm	7.90409×10^{-12}	6.73935
ODP 170	- 20.116 dBm	6.82367×10^{-11}	6.41967
ODP 173	- 20.128 dBm	1.10863×10^{-11}	6.69095
ODP 172	- 20.129 dBm	1.18985×10^{-11}	6.68058

Dari tabel diatas dapat dilihat pada ODP 172 yang merupakan titik terjauh dari sentral ke pengguna mendapatkan nilai BER sebesar 1.18985×10^{-11} , nilai redaman perangkat (Pr) sebesar -20.129 dBm dan nilai Q faktor sebesar 6.68058. Dari hasil simulasi diatas dapat dikatakan bahwa perancangan ini dapat dikatakan layak karena nilai BER tidak lebih dari 10^{-9} dan juga nilai Q faktor tidak kurang dari 6. Selanjutnya simulasi akan dilakukan secara *uplink*. Berikut simulasi *uplink* dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Simulasi *uplink*

Pada Tabel 4.3 akan menampilkan hasil simulasi dari 10 sampel ODP dari jarak dekat hingga jarak terjauh menggunakan *optisystem* secara *uplink*. Contoh hasil simulasi *optisystem* dari 10 perangkat ODP secara *uplink* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Simulasi *Optisystem* dari 10 Perangkat ODP secara *uplink*

Perangkat	Nilai Pr	Nilai BER	Q Faktor
ODP 56	- 19.226 dBm	2.9646×10^{-14}	7.50956
ODP 72	- 19.232 dBm	7.26582×10^{-15}	7.69158
ODP 55	- 19.233 dBm	1.34396×10^{-14}	7.61252
ODP 129	- 19.341 dBm	1.23662×10^{-11}	6.6747

ODP 128	- 19.344 dBm	7.96137×10^{-13}	7.06593
ODP 127	- 19.348 dBm	6.00088×10^{-13}	7.1051
ODP 171	- 17.089 dBm	1.0029×10^{-11}	6.70559
ODP 170	- 19.452 dBm	2.70875×10^{-10}	6.20369
ODP 173	- 19.457 dBm	1.65005×10^{-12}	6.96428
ODP 172	- 19.459 dBm	9.53378×10^{-13}	7.04113

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan secara *uplink*, pada tabel diatas mendapatkan nilai BER sebesar 9.53378×10^{-13} , nilai redaman perangkat (P_r) sebesar -19.459 dBm dan nilai Q faktor sebesar 7.04113. Dari hasil simulasi diatas dapat dikatakan bahwa perancangan ini dapat dikatakan layak karena nilai BER tidak lebih dari 10^{-9} dan juga nilai Q faktor tidak kurang dari 6.

4.4.2. Perhitungan Power Link Budget

Perangkat terjauh dari sentral ke pengguna berada pada titik ODP 172 dimana jaraknya sejauh 10 km (8,6 km OLT ke ODC, 1,187 km ODC ke ODP, 0,2 km ODP ke ONT). Berikut perhitungan power link budget berdasarkan perangkat terjauh.

a. Perhitungan *downlink* :

1) Redaman total

$$\begin{aligned}
 \alpha_{total} &= L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \\
 &= (10 \times 0,28) + (6 \times 0,25) + (1 \times 0,1) + (7,25 + 14,10) \\
 &= 2,8 + 1,5 + 0,1 + 21,35 \\
 &= 25,75 \text{ dB}
 \end{aligned} \tag{9}$$

2) *Power link budget*/power daya penerima

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - \alpha_{total} \\
 &= 5 - 25,75 \\
 &= -20,75 \text{ dBm}
 \end{aligned} \tag{10}$$

3) Margin daya

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM \\
 &= (5 - (-28)) - 25,75 - 6 \\
 &= 1,25 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

b. Perhitungan *uplink* :

1) Redaman total

$$\begin{aligned}
 \alpha_{total} &= L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p \\
 &= (10 \times 0,35) + (6 \times 0,25) + (1 \times 0,1) + (7,25 + 14,10) \\
 &= 3,5 + 1,5 + 0,1 + 21,35 \\
 &= 26,45 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

2) *Power link budget*/power daya penerima

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t - \alpha_{total} \\
 &= 5 - 26,45 \\
 &= -21,45 \text{ dBm}
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

3) Margin daya

$$\begin{aligned}
 M &= (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM \\
 &= (5 - (-28)) - 26,45 - 6 \\
 &= 0,55 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Perhitungan Power Link Budget dari jarak pengguna terjauh yang berada pada titik ODP 172 sejauh 10 km dari sentral ke pengguna. Hasilnya dari perhitungan dapat dikatakan layak karena daya yang diterima masih dibawah standar maksimum yang ditentukan.

4.4.3. Perhitungan Rise Time Budget

Perhitungan rise time budget berdasarkan perangkat terjauh dari sentral ke pengguna berada pada titik ODP 172 dimana jaraknya sejauh 10 km (8,6 km OLT ke ODC, 1,187 km ODC ke ODP, 0,2 km ODP ke ONT) baik secara downlink maupun uplink membutuhkan data sebagai berikut.

- *Bit rate*

$$1490 \text{ nm (downlink)} = 2,4 \text{ Gbps}$$

$$1310 \text{ nm (uplink)} = 1,2 \text{ Gbps}$$

- Koefesien *chromatic* (D)

$$1490 \text{ nm (downlink)} = 13,64 \text{ ps/nm.km}$$

$$1310 \text{ nm (uplink)} = 3,5 \text{ ps/nm.km}$$

$$\text{Lebar spektral } (\sigma\lambda) = 1 \text{ nm}$$

- *Rise Time transmitter* (t_{tx}) = 200 ps = 0,2 ns

- *Rise Time reciever* (t_{rx}) = 150 ps = 0,15 ns

a. Perhitungan *bit rate*

1) *Rise Rate downlink* (Br) = 2,4 Gbps denga format NRZ

$$Tr = 0,7 / Br$$

$$= 0,7 / 2,4 \times 10^9$$

$$= 0,2917 \text{ ns} \quad (15)$$

2) *Rise Rate uplink* (Br) = 1,2 Gbps denga format RZ

$$Tr = 0,7 / Br$$

$$= 0,7 / 1,2 \times 10^9$$

$$= 0,5833 \text{ ns} \quad (16)$$

b. Perhitungan *downlink*

1) Perhitungan *dispersion chromatic* :

$$t_f = D \cdot \sigma\lambda \cdot L$$

$$= (13,64 \times 10^{-3}) \times 1 \times 10$$

$$= 0,1364 \text{ ns} \quad (17)$$

2) Perhitungan *rise time budget* :

$$t_{sys} = \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2}$$

$$= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,1364^2}$$

$$= 0,08110496 \text{ ns} \quad (18)$$

c. Perhitungan *uplink*

1) Perhitungan *dispersion chromatic* :

$$\begin{aligned} t_f &= D \cdot \sigma \lambda \cdot L \\ &= (3,5 \times 10^{-3}) \times 1 \times 10 \\ &= 0,035 \text{ ns} \end{aligned} \quad (19)$$

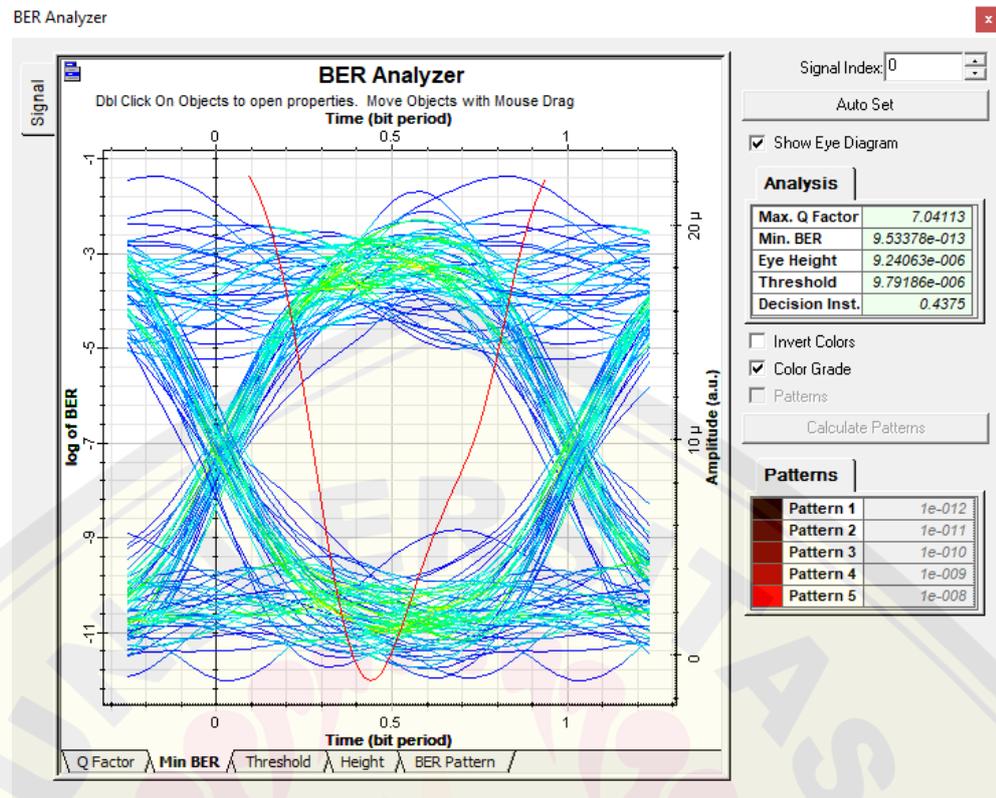
2) Perhitungan *rise time budget* :

$$\begin{aligned} t_{sys} &= \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2} \\ &= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,035^2} \\ &= 0,063725 \text{ ns} \end{aligned} \quad (20)$$

Setelah melakukan perhitungan pada ODP 172 dimana ODP ini merupakan jarak terjauh antara STO ke ONT. Hasilnya didapat bisa dikatakan baik sesuai dengan standar kelayakan. Nilai *rise time budget* pada ODP 172 untuk *downlink* = 0,08110496 ns dan 0,063725 ns untuk yang *uplink*.

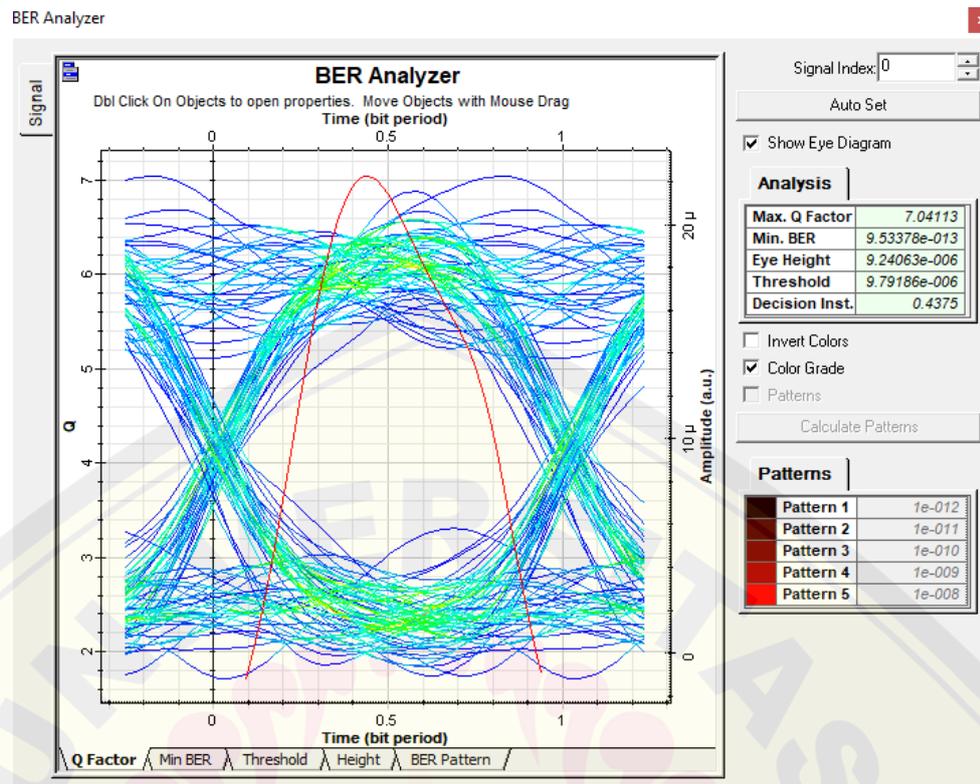
4.4.4. Analisis BER (*Bit Error Rate*)

Untuk mencari nilai BER diperlukan beberapa inputan yang harus dimasukkan pada saat simulasi menggunakan optisystem. Inputan tersebut berupa jarak antara OLT ke ODC, antara ODC ke ODP, dan antara ODP ke ONT. Pada simulasi diatas menggunakan sampel pada titik ODP terjauh yaitu ODP 179 yang memiliki jarak 1.187 m ke ODC. Pada Gambar 4.13 tersebut, rancangan jaringan Fiber To The Home yang telah dibangun dapat dinyatakan layak dan sesuai standar nilai BER berdasarkan grafik BER Analyzer. Berikut Nilai BER pada BER Analyzer dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Nilai BER pada BER Analyzer

Pada Gambar 4.14 menyatakan grafik BER didapatkan dari perancangan yang layak dimana standar maksimum nilai BER adalah 10^{-9} . Pada hasil simulasi yang dilakukan menggunakan *optisystem* mendapatkan nilai BER pada perangkat terjauh yaitu ODP 172 sebesar 9.53378×10^{-13} . Hasil dapat dikatakan bahwa perancangan ini dapat dikatakan layak karena nilai BER tidak lebih dari 10^{-9} . Selanjutnya Grafik Q faktor dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik Q Faktor

Pada Gambar 4.15 menampilkan grafik dari Q faktor dengan nilai diatas standar minimum yang sudah ditentukan. Sebuah perancangan dapat dikatakan layak apabila nilai Q faktor yang dihasilkan diatas 6. Pada perancangan ini nilai Q faktor yang didapat sebesar 7.04113 pada titik perangkat terjauh yaitu ODP 172.

4.5. Rekomendasi Desain FTTH Pulau Gili Ketapang

Dalam sebuah jaringan Fiber To The Home terdapat beberapa perangkat meliputi : OLT, ODC, ODP dan ONT. Dimana masing-masing perangkat memiliki fungsinya tersendiri. Berikut desain infratraktur jaringan FTTH yang ada pada pulau Gili Ketapang dapat dilihat pada Gambar 4.16.

$2.859/16 = 179$ ODP. Untuk pemetaan ODP pada pulau Gili Ketapang menggunakan Google Earth dapat dilihat pada Gambar 4.1. Dari pemetaan ODP tersebut lalu dioptimalisasi menggunakan Algoritma Genetika untuk mencari rute terpendek dalam menghubungkan antar ODP. Berdasarkan hasil optimalisasi menggunakan Algoritma Genetika didapatkan jalur terpendek sebesar 3807.477 unit kartesian dengan 100 populasi dan 50 generasi. Jalur rute terbaik dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Setelah dilakukan pengoptimalan jalur terpendek antar ODP, dilakukan uji kelayakan dari desain jaringan tersebut. Uji kelayakan tersebut meliputi uji *power link budget*, *rise time budget*, dan *bit error rate*. Sebelum melakukan uji kelayakan, dilakukan sebuah simulasi menggunakan *optisystem* dimana pada simulasi tersebut membutuhkan inputan jarak antar OLT ke ODC, ODC ke ODP dan ODP ke ONT. Untuk jarak OLT ke ODC sejauh 8.6 km karena OLT atau sentral berada di pulau Jawa lebih tepatnya di Kabupaten Probolinggo. Jarak ODC ke ODP bervariasi karena ODP memiliki 179 titik jadi jarak masing-masing ODP berbeda. Namun pada simulasi ini dilakukan simulasi berdasarkan jarak ODP terjauh yaitu ODP 172 dengan jarak sebesar 1.187 m. Sedangkan untuk jarak ODP ke ONT juga bervariasi, disini yang disimulasikan jarak maksimal ONT ke ODP sebesar 200 m.

Untuk perhitungan *power link budget* didapatkan nilai sebesar sebesar -20,75 dBm (*downlink*) dengan margin daya sebesar 1,25 dB dan -21,45 dBm (*uplink*) dengan margin daya 0,55 dB. Pada perhitungan *rise time budget* mendapatkan nilai sebesar 0,08110496 ns secara *downlink* dan 0,063725 ns untuk yang secara *uplink*. Dan untuk perhitungan *bit error rate* (BER) mendapatkan nilai sebesar 9.53378×10^{-13} , nilai redaman sebesar -19.459 dBm dan Q faktor sebesar 7.04113. Nilai BER pada BER Analyzer dapat dilihat pada Gambar 4.14, untuk grafik Q faktor dapat dilihat pada Gambar 4.15. Berdasarkan uji kelayakan dapat dikatakan bahwa desain tersebut sudah bisa dikatakan layak karena hasil tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan.

Penelitian ini hanya berfokus pada pengoptimalan topologi secara fisik dimana secara keseluruhan topologi yang digunakan adalah topologi tree. Untuk

pengoptimalan dalam peletakan ODC itu belum dilakukan. Dan untuk pengoptimalan pengelompokan ONT yang nantinya akan tersambung pada ODP yang mana belum dilakukan. Pada penelitian ini juga hanya dilakukan dengan ODP 1:16 karena banyaknya data kepala keluarga menjadi alasan tersendiri agar data ODP pada algoritma genetika tidak terlalu banyak yang nantinya akan berimbas hasil perhitungan tidak optimal.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan jaringan Fiber To The Home yang telah dilakukan menggunakan Algoritma Genetika untuk pencarian rute terpendek dan software optisystem untuk dilakukan simulasi apakah rancangan tersebut sudah bisa dikatakan layak atau belum. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Dari hasil perancangan dengan menggunakan perhitungan algoritma genetika untuk mencari rute terpendek didapatkan hasil sejauh 3807.477 unit kartesian dari sentral ke pelanggan dengan nilai fitness sebesar 0.000263, ukuran populasi sebesar 100 populasi dengan 50 generasi, dan probabilitas mutasi sebesar 0,005 serta probabilitas mutasi sebesar 0,8.
- 2) Dari hasil perhitungan power link budget yang dilakukan dengan sampel rute terjauh dari sentral ke pengguna yaitu ODP 172 memiliki nilai power link budget sebesar -20,75 dBm (downlink) dengan margin daya sebesar 1,25 dB dan -21,45 dBm (uplink) dengan margin daya 0,55 dB. Hasil tersebut dapat dikatakan layak karena nilai margin baik secara downlink dan uplink lebih dari 0. Untuk perhitungan rise time budget dengan sampel rute terjauh sentral ke pengguna yaitu ODP 172 mendapatkan nilai secara downlink = 0,08110496 ns dan 0,063725 ns untuk yang uplink. Hasil tersebut dapat dikatakan layak karena nilai yang dihasilkan secara downlink tidak lebih dari nilai standar 0,2917 ns dan uplink tidak lebih dari nilai standar 0,5833 ns. Dan perhitungan bit error rate (BER) didapatkan nilai sebesar 9.53378×10^{-13} , nilai redaman sebesar -19.459 dBm dan Q faktor sebesar 7.04113. Hasil tersebut dikatakan layak karena nilai BER tidak lebih dari 10^{-9} dan Q faktor lebih dari 6.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan masih terdapat beberapa kekurangan, untuk penelitian lebih lanjut untuk dapat dilakukan pengembangan :

- 1) Pada optimalisasi rute TSP dapat digunakan parameter lain untuk meningkatkan kompleksitas bisa menggunakan jenis operator seleksi selain *Roulette-wheel*, seperti *Elitism*, *Sigma Scaling*, *Boltzman*, *Rank Selection*, *Tournament Selection* dan yang lainnya untuk meningkatkan waktu dan hasil fitnessnya.
- 2) Penambahan metode tertentu untuk pengoptimalan dalam pengelompokan ONT yang akan terhubung ke sebuah ODP tertentu.
- 3) Diharapkan dari hasil perancangan ini dapat dijadikan acuan bagi Pemerintah Kabupaten Probolinggo dalam membangun sebuah rancangan jaringan FTTH pada pulau Gili Ketapang.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdellaoui, Z., Y. Dieudonne, A. Aleya. 2021. Design, Implementation and Evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) Access Network on a Giga Passive Optical Network GPON. *Array*, 10, 1-22.
- Abral, M., M. Djaohar. 2017. Analisis Redaman pada Jaringan FTTH (Fiber To The Home) dengan Teknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network) di PT MNC Kabel Mediacom. *Jurnal PINTER*, 1.
- Adam, M. A. dan Y. Saragih. 2022. Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) untuk wilayah Perumahan Perum Bumi Kotabaru Indah Cikampek menggunakan Aplikasi Google Earth Pro. *Jurnal POLEKTRO : Jurnal Power Elektronik*, 11, 156-161.
- Adriel, N. A., T. Prakoso, A. Santoso. 2019. Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan Algoritma *K-Means Clustering*. *Transient*, 8, 136-143.
- Afgan, R. 2021. Gili Kepang. Snorkeling Wah Dengan Harga Murah Di Probolinggo. <https://www.nativeindonesia.com/gili-ketapang/>. [Diakses pada 15 Juli 2022].
- Agrawal, G. P. 2010. *Fiber-Optic Communication System*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Agusta, G. M. 2018. Algoritma Genetika.
- Alfauzi, A. H., I. Santoso, T. Prakoso. 2017. Analisis Teknologi GPON untuk Perluasan Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH). *Transmisi*, 19, 9-14.
- Andreas, E. Safrianti. 2017. Analisis Jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) di Perumahan Maton House, Pekanbaru. *Jom FTEKNIK*, 4, 1-8.
- Ardiansyah, H., M. B. S. Junianto. 2022. Penerapan Algoritma Genetika untuk Penjadwalan Mata Pelajaran. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 6, 329-

336.

BPS katalog. 2021. Kecamatan Sumberasih dalam Angka 2021.

Hantoro, G. D. dan Karyada. 2015. Fiber Optik : Teknologi, Material, Instalasi, dan Implementasi. *Jurnal Informatika*.

Hasibuan, M. D. A. C., Lusiana. 2015. Pencarian Rute Terbaik pada Travelling Salesman Problem (TSP) menggunakan Algoritma Genetika pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru. *SATIN-Sains dan Teknologi Informasi, 1*.

Haupt R. L. dan S. E. Haupt. 2004. Practical Genetic Algorithms. *New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.*

Katoch, S., S. S. Chauhan, V. Kumar. 2021. A Riview ob Genetic Algorithm : Past, Present, and Future. *Multimedia Tools and Applications*.

Kor, A., H. Zeynal, Z. Zakaria, S. H. Hosseini. 2022. Optimal Reactive Power Pricing with Tranformer Variable Taps using Genetic Algorithm. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 13, 1272-1280*.

Lesmawati, W., A. Rahmi, W. F. Mahmudy. 2016. Optimization of Frozen Food Distribution using Genetic Algorithms. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology, 3, 51-58*.

Lestandy, M., S. H. Pramono, M. Aswin. 2017. Optimasi Routing pada Metropolitan Mesh Network Menggunakan Adaptive Mutation Genetic Algorithm. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, 7, 18-23*

Marandi, R. J., B. K. Smith. 2017. Fluid Genetic Algorithm (FGA). *Journal of Computational Design and Engineering, 4, 158-167*.

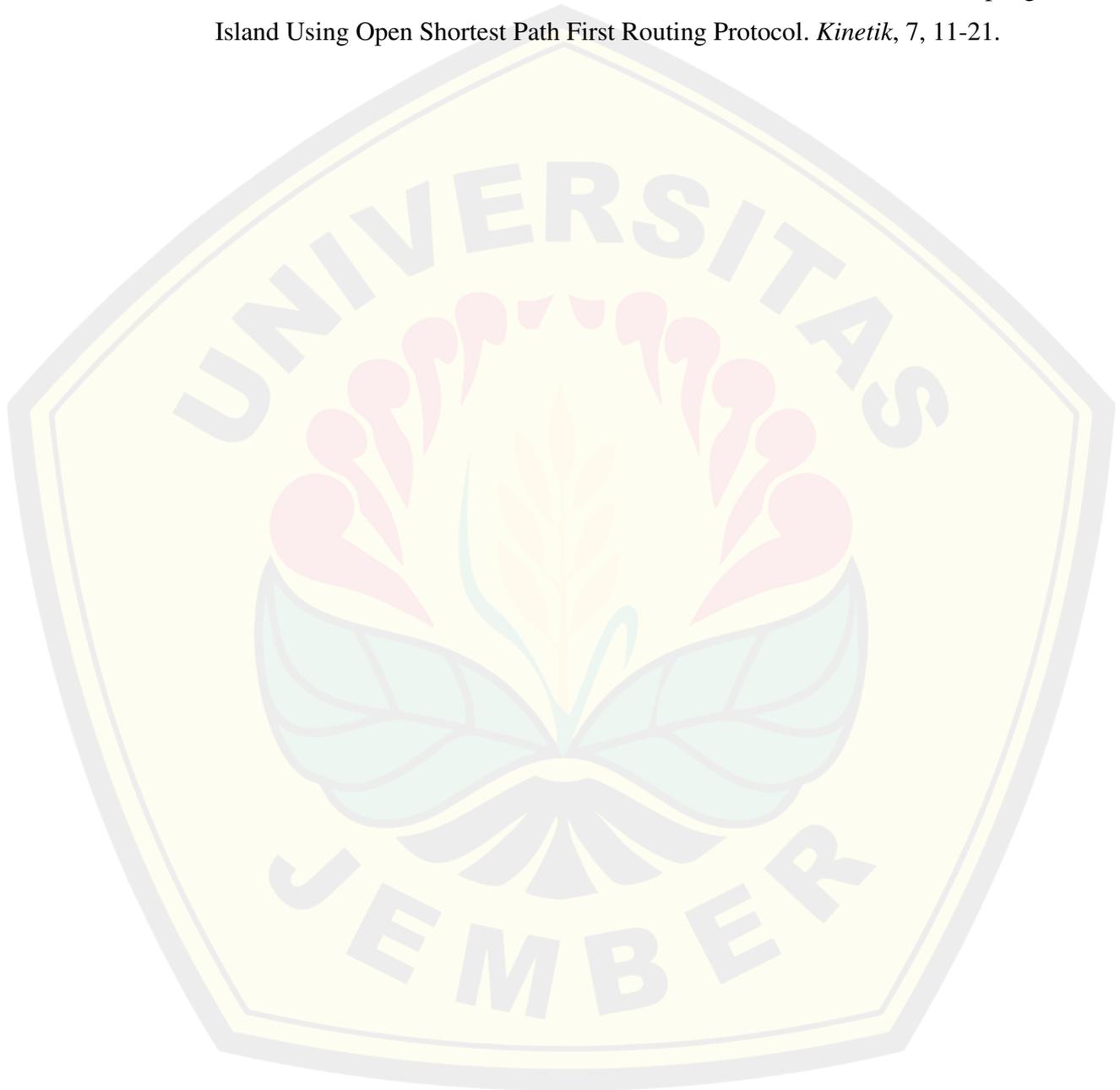
Mukti, W. T., E. Safrianti. 2017. Perancangan Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) *Link* STO Arengka ke Perumahan Villa Melati Permai II. *Jom FTEKNIK, 4, 1-13*.

- Okiandri, D. K., S. H. Pramono, E. Yudaningtyas. 2016. Optimasi Jaringan Serat Optik menggunakan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus UNISMA). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, 3, 10-18.
- Prananda, M. I., I. H. Santoso, Sugito. 2021. Perancangan dan Analisis Jaringan Fiber To The Home Stroomnet di Bandar Lampung. *E-proceeding of Engineering*, 8, 11682-11688.
- Pratama, A., F. Imansyah, dan T. Pontia. 2020. Perancangan Jaringan FTTH dengan Teknologi GPON menggunakan Algoritma Genetika dan Optisystem. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2.
- Rahmi, A., M. Z. Sarwani., W. F. Mahmudy. 2016. Genetic Algorithms for Optimization of Multi-level Product Distribution. *International Journal of Intelligent Engineering & Systems*.
- Sabah, N., F. Imansyah, dan T. Pontia W. 2020. Perancangan Jaringan Akses FTTH dengan Teknologi GPON Menggunakan Algoritma Genetika di “Kota Satelit” Kubu Raya. Tanjungpura Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2.
- Sitohang, S., S. A. Setiawan. 2018. Implementasi Jaringan Fiber To The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON). *Jurnal Teknik Mesin, Elektro, dan Ilmu Komputer*, 9, 879-888.
- Suseno, E. W., A. Ma'arif, R. D. Puriyanto. 2022. Tuning of PID Controller Parameters with Genetic Algorithm Method on DC Motor. *TELKA : Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol*, 8, 1-13.
- Topani, R., T. N. Damayanti, A. Hartaman. 2017. Perancangan Fiber To The Home (FTTH) di Perumahan Panorama Indah Purwakarta. *E-Proceeding of Applied Science*, 3, 1047-1058.
- Ulfawaty, A. N., F. Fausiah. 2019. Analisis Redaman pada Jaringan Fiber To The

Home (FTTH) Berteknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di PT Telkom Makassar. *Jurnal Informatika*, 1.

Wiyanti, D. T., 2013. Algoritma Optimasi untuk Penyelesaian Travelling Salesman Problem. *Tranformatika*, 11, 1-6.

Wulandari dkk. 2022. Wireless Area Network Infrastructure Model on Gili Ketapang Island Using Open Shortest Path First Routing Protocol. *Kinetik*, 7, 11-21.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumen Jurnal yang Disitasi

Nama Jurnal	Keterangan
<i>Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol</i>	Sinta 1
<i>International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)</i>	Sinta 1
<i>Jurnal Media Informatika Budidarma</i>	Sinta 3
<i>Jurnal Informatika</i>	Sinta 4
<i>Jurnal Teknik Mesin, Elektro, dan Ilmu Komputer</i>	Sinta 3
<i>Jurnal PINTER</i>	Sinta 2
<i>SATIN-Sains dan Teknologi Informasi</i>	Sinta 4
<i>Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi</i>	Sinta 2
<i>Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)</i>	Sinta 2
<i>Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura</i>	Sinta 3
<i>Jurnal POLEKTRO : Jurnal Power Elektronik</i>	Sinta 5

Lampiran 2 Contoh Tabel Koordinat ODP

Koodinat ODP		
Perangkat	X	Y
ODP1	218	56
ODP2	206	56
ODP3	213	52
ODP4	213	49
ODP5	200	46
ODP6	192	48
ODP7	200	49
ODP8	199	52
ODP9	200	55
ODP10	200	58
ODP11	191	59
ODP12	190	56
ODP13	193	55
ODP14	186	54
ODP15	183	56
ODP16	186	60
ODP17	181	60
ODP18	176	60
ODP19	177	57
ODP20	178	54
ODP21	179	51
ODP22	180	47
ODP23	181	43
ODP 24	176	40

ODP 25	182	38
ODP 26	192	40
ODP 27	207	41
ODP 28	198	36
ODP 29	193	31
ODP 30	180	32
ODP 31	168	30
ODP 32	170	35
ODP 33	169	40
ODP 34	170	49
ODP 35	169	53
ODP 36	172	56
ODP 37	171	60
ODP 38	167	60
ODP 39	168	56
ODP 40	162	56
ODP 41	162	60
ODP 42	158	59
ODP 43	152	58
ODP 44	153	54
ODP 45	155	51
ODP 46	162	52
ODP 47	164	48
ODP 48	156	48
ODP 49	156	43
ODP 50	159	41
ODP 51	157	38
ODP 52	162	35
ODP 53	150	33
ODP 54	151	35
ODP 55	151	38
ODP 56	153	40
ODP 57	148	45
ODP 58	148	51
ODP 59	145	53
ODP 60	141	53
ODP 61	142	51
ODP 62	136	51

ODP 63	128	52
ODP 64	127	54
ODP 65	127	58
ODP 66	136	58
ODP 67	142	58
ODP 68	128	49
ODP 69	133	47
ODP 70	129	45
ODP 71	138	45
ODP 72	145	40
ODP 73	140	40
ODP 74	135	42
ODP 75	130	41
ODP 76	130	39
ODP 77	130	37
ODP 78	139	36
ODP 79	144	33
ODP 80	138	22
ODP 81	131	33
ODP 82	127	32
ODP 83	122	33
ODP 84	116	33
ODP 85	117	35
ODP 86	122	37
ODP 87	118	39
ODP 88	125	41
ODP 89	119	41
ODP 90	120	44
ODP 91	119	47
ODP 92	124	48
ODP 93	124	51
ODP 94	120	51
ODP 95	119	54
ODP 96	119	57
ODP 97	122	59
ODP 98	113	59
ODP 99	106	58
ODP 100	111	57

ODP 101	106	55
ODP 102	106	52
ODP 103	113	50
ODP 104	105	49
ODP 105	105	46
ODP 106	112	46
ODP 107	104	43
ODP 108	104	40
ODP 109	108	38
ODP 110	102	36
ODP 111	110	33
ODP 112	102	33
ODP 113	97	34
ODP 114	91	34
ODP 115	92	37
ODP 116	98	37
ODP 117	99	42
ODP 118	92	40
ODP 119	94	44
ODP 120	96	47
ODP 121	96	51
ODP 122	101	51
ODP 123	102	57
ODP 124	96	54
ODP 125	93	56
ODP 126	87	56
ODP 127	83	58
ODP 128	82	55
ODP 129	82	52
ODP 130	90	52
ODP 131	82	49
ODP 132	89	47
ODP 133	82	46
ODP 134	82	43
ODP 135	88	43
ODP 136	82	40
ODP 137	81	36
ODP 138	86	35

ODP 139	78	33
ODP 140	65	34
ODP 141	68	41
ODP 142	68	46
ODP 143	76	48
ODP 144	76	52
ODP 145	68	49
ODP 146	68	52
ODP 147	67	54
ODP 148	75	55
ODP 149	71	57
ODP 150	63	56
ODP 151	61	53
ODP 152	62	50
ODP 153	62	47
ODP 154	63	44
ODP 155	61	40
ODP 156	55	36
ODP 157	55	49
ODP 158	56	52
ODP 159	57	56
ODP 160	53	55
ODP 161	51	51
ODP 162	46	50
ODP 163	45	47
ODP 164	46	54
ODP 165	38	53
ODP 166	39	50
ODP 167	31	49
ODP 168	26	49
ODP 169	26	52
ODP 170	13	50
ODP 171	18	48
ODP 172	8	48
ODP 173	7	46
ODP 174	9	43
ODP 175	15	41
ODP 176	16	45

ODP 177	22	45
ODP 178	25	42
ODP 179	30	45

Lampiran 3 Program Utama

```

XYkota = [218 56;206 56;213 52;213 49;200 46;192 48;200 49;199 52;200 55;200 58;
191 59;190 56;193 55;186 54;183 56;186 60;181 60;176 60;177 57;178 54;179 51;
180 47;181 43;176 40;182 38;192 40;207 41;198 36;193 31;180 32;168 30;170 35;
169 40;170 49;169 53;172 56;171 60;167 60;168 56;162 56;162 60;158 59;152 58;
153 54;155 51;162 52;164 48;156 48;156 43;159 41;157 38;162 35;150 33;151 35;
151 38;153 40;148 45;148 51;145 53;141 53;142 51;136 51;128 52;127 54;127 58;
136 58;142 58;128 49;133 47;129 45;138 45;145 40;140 40;135 42;130 41;130 39;
130 37;139 36;144 33;138 22;131 33;127 32;122 33;116 33;117 35;122 37;118 39;
125 41;119 41;120 44;119 47;124 48;124 51;120 51;119 54;119 57;122 59;113 59;
106 58;111 57;106 55;106 52;113 50;105 49;105 46;112 46;104 43;104 40;108 38;
102 36;110 33;102 33;97 34;91 34;92 37;98 37;99 42;92 40;94 44;96 47;96 51;
101 51;102 57;96 54;93 56;87 56;83 58;82 55;82 52;90 52;82 49;89 47;82 46;82 43;
88 43;82 40;81 36;86 35;78 33;65 34;68 41;68 46;76 48;76 52;68 49;68 52;67 54;
75 55;71 57;63 56;61 53;62 50;62 47;63 44;61 40;55 36;55 49;56 52;57 56;53 55;
51 51;46 50;45 47;46 54;38 53;39 50;31 49;26 49;26 52;13 50;18 48;8 48;7 46;9 43;
15 41;16 45;22 45;25 42;30 45];

```

```

JumGen =length(XYkota(:,1)); %%Jumlah Gen
UkPop =100; %%Jumlah Kromosom dalam Populasi
Psilang=0.8; %%Probabilitas Pindah Silang
Pmutasi=0.005; %%Probabilitas Mutasi
MaxG =50; %%Jumlah Generasi
PanjJalHarp = 40;
Fthreshold = 1/PanjJalHarp;
Bgraf=Fthreshold;

%%Inisialisasi Grafis
hfig=figure;
hold on
set(hfig,'position',[50,50,600,400]);
set(hfig,'DoubleBuffer','on');
axis([1 MaxG 0 Bgraf]);
hbestplot1 = plot(1:MaxG,zeros(1,MaxG));
hbestplot2 = plot(1:MaxG,zeros(1,MaxG));
htext1 =text(0.6*MaxG,0.25*Bgraf, sprintf('Fitness terbaik: %7.6f', 0.0));
htext2 =text(0.6*MaxG,0.20*Bgraf, sprintf('Fitness rata-rata: %7.6f', 0.0));
htext3 =text(0.6*MaxG,0.15*Bgraf, sprintf('Panjang Jalur Terbaik: %7.3f', 0.0));
htext4 =text(0.6*MaxG,0.10*Bgraf, sprintf('Ukuran Populasi: %3.0f', 0.0));
htext5 =text(0.6*MaxG,0.05*Bgraf, sprintf('Probabilitas Mutasi: %4.3f', 0.0));
xlabel('Generasi');
ylabel('Fitness');
hold off
drawnow;

```

```

%%Inisialisasi Pupulasi
Populasi = TSPInisialisasiPopulasi(UkPop,JumGen);
for generasi=1:MaxG,
    MaxF= TSPevaluasiIndividu(Populasi(1,:),JumGen,XYkota);
    MinF = MaxF;
    IndeksIndividuTerbaik=1;
    for ii=1:UkPop,
        Fitness(ii) = TSPevaluasiIndividu(Populasi(ii,:),JumGen,XYkota);
        if (Fitness(ii)> MaxF),
            MaxF = Fitness(ii);
            IndeksIndividuTerbaik=ii;
            JalurTerbaik = Populasi(ii,:);
        end
        if (Fitness(ii)<= MinF),
            MinF = Fitness(ii);
        end
    end
    FitnessRata = mean(Fitness);
    plotvector1 = get(hbestplot1,'YData');
    plotvector1(generasi)= MaxF;
    set(hbestplot1,'YData',plotvector1);
    plotvector2 = get(hbestplot2,'YData');
    plotvector2(generasi)= FitnessRata;
    set(hbestplot2,'YData',plotvector2);
    set(htext1,'String',sprintf('Fitness terbaik: %7.6f',MaxF));
    set(htext2,'String',sprintf('Fitness rata-rata: %7.6f',FitnessRata));
    set(htext3,'String',sprintf('Panjang Jalur Terbaik: %7.3f',1/MaxF));
    set(htext4,'String',sprintf('Ukuran Populasi: %3.0f',UkPop));
    set(htext5,'String',sprintf('Probabilitas Mutasi: %4.3f',Pmutasi));
    drawnow;
    if MaxF >Fthreshold,
        break;
    end
    TemPopulasi = Populasi;

```

```

%%Elitisme
%%-Buat satu kopi kromosom terbaik jika ukuran populasi ganjil
%%-Buat 2 kopi kromosom terbaik jika ukuran populasi genap
if mod(UkPop,2)==0,
    IterasiMulai =3;
    TemPopulasi(1,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TemPopulasi(2,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
else
    IterasiMulai =2;
    TemPopulasi(1,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
end
LinearFitness=LinearFitnessRanking(UkPop,Fitness,MaxF,MinF);
%%Roulette-wheel dan Pindah Silang
for jj=IterasiMulai:2:UkPop,
    IP1 =RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
    IP2 =RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
    if (rand<Psilang),
        Anak = TSPPindahSilang(Populasi(IP1,:),Populasi(IP2,:),JumGen);
        TemPopulasi(jj,:) = Anak(1,:);
        TemPopulasi(jj+1,:) = Anak(2,:);
    else
        TemPopulasi(jj,:) = Populasi(IP1,:);
        TemPopulasi(jj+1,:) = Populasi(IP2,:);
    end
end
end
%%Mutasi pada keseluruhan kromosom
for kk=IterasiMulai:UkPop,
    TemPopulasi(kk,:) = TSPMutasi(TemPopulasi(kk,:), JumGen,Pmutasi);
end
Populasi =TemPopulasi;
end

```

Lampiran 4 Jarak ODC ke ODP

Jarak ODC ke ODP (m)	
ODP 1	632
ODP 2	525
ODP 3	550
ODP 4	524
ODP 5	406
ODP 6	358
ODP 7	424
ODP 8	447
ODP 9	472
ODP 10	508
ODP 11	460

ODP 12	423
ODP 13	421
ODP 14	366
ODP 15	372
ODP 16	438
ODP 17	414
ODP 18	387
ODP 19	345
ODP 20	316
ODP 21	289
ODP 22	263
ODP 23	246
ODP 24	201
ODP 25	248
ODP 26	325
ODP 27	446
ODP 28	383
ODP 29	357
ODP 30	262
ODP 31	209
ODP 32	170
ODP 33	148
ODP 34	204
ODP 35	248
ODP 36	303
ODP 37	364
ODP 38	348
ODP 39	292
ODP 40	268
ODP 41	331
ODP 42	309
ODP 43	294
ODP 44	228
ODP 45	172
ODP 46	211
ODP 47	165
ODP 48	121
ODP 49	56

ODP 50	62
ODP 51	68
ODP 52	126
ODP 53	130
ODP 54	83
ODP 55	54
ODP 56	17
ODP 57	66
ODP 58	167
ODP 59	205
ODP 60	218
ODP 61	180
ODP 62	206
ODP 63	258
ODP 64	296
ODP 65	350
ODP 66	319
ODP 67	297
ODP 68	229
ODP 69	177
ODP 70	189
ODP 71	121
ODP 72	48
ODP 73	93
ODP 74	130
ODP 75	171
ODP 76	177
ODP 77	186
ODP 78	123
ODP 79	141
ODP 80	169
ODP 81	210
ODP 82	238
ODP 83	272
ODP 84	308
ODP 85	291
ODP 86	241
ODP 87	268

ODP 88	217
ODP 89	260
ODP 90	262
ODP 91	280
ODP 92	251
ODP 93	278
ODP 94	306
ODP 95	332
ODP 96	371
ODP 97	384
ODP 98	437
ODP 99	465
ODP 100	411
ODP 101	432
ODP 102	409
ODP 103	353
ODP 104	395
ODP 105	384
ODP 106	326
ODP 107	381
ODP 108	385
ODP 109	354
ODP 110	401
ODP 111	356
ODP 112	417
ODP 113	452
ODP 114	495
ODP 115	485
ODP 116	437
ODP 117	422
ODP 118	477
ODP 119	472
ODP 120	463
ODP 121	478
ODP 122	440
ODP 123	478
ODP 124	498
ODP 125	540

ODP 126	576
ODP 127	630
ODP 128	608
ODP 129	590
ODP 130	532
ODP 131	577
ODP 132	517
ODP 133	568
ODP 134	565
ODP 135	517
ODP 136	564
ODP 137	572
ODP 138	538
ODP 139	606
ODP 140	703
ODP 141	676
ODP 142	685
ODP 143	630
ODP 144	640
ODP 145	695
ODP 146	706
ODP 147	724
ODP 148	668
ODP 149	710
ODP 150	777
ODP 151	770
ODP 152	744
ODP 153	733
ODP 154	721
ODP 155	733
ODP 156	782
ODP 157	798
ODP 158	809
ODP 159	819
ODP 160	847
ODP 161	841
ODP 162	879
ODP 163	875

ODP 164	899
ODP 165	956
ODP 166	934
ODP 167	998
ODP 168	1038
ODP 169	1050
ODP 170	1147
ODP 171	1103
ODP 172	1187
ODP 173	1182
ODP 174	1159
ODP 175	1112
ODP 176	1106
ODP 177	1059
ODP 178	1028
ODP 179	989

