

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) yakni algoritma optimasi berbasis populasi merupakan salah satu pendekatan yang memanfaatkan interaksi antarindividu dalam menemukan solusi terbaik dalam satu ruang pencarian. Dalam konteks ini, sekelompok individu dalam algoritma disebut sebagai *swarm*, sedangkan setiap anggota individu dalam kelompok tersebut dinamakan *particle*. Setiap partikel memiliki kemampuan untuk bergerak dalam ruang pencarian dengan kecepatan yang diperbarui berdasarkan pengalaman pribadi dan informasi yang diperoleh dari individu lain dalam populasi. Selama proses pencarian, setiap partikel menyimpan dan memperbarui posisi terbaik yang pernah dicapainya, sehingga mekanisme eksplorasi dan eksploitasi dapat berlangsung secara optimal.

Pendekatan ini pertama kali diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995. Konsep dasar dari PSO terinspirasi oleh perilaku kolektif dalam kehidupan alami, khususnya bagaimana kelompok burung dan ikan berkoordinasi untuk bertahan hidup, menemukan sumber makanan, atau bermigrasi ke lokasi yang lebih menguntungkan. Dengan meniru pola komunikasi tersebut, PSO efektif menghasilkan solusi optimal dalam permasalahan optimasi. [16]

Adapun beberapa istilah umum yang biasa digunakan dalam optimasi *Particle Swarm Optimization* yakni diantaranya adalah sebagai berikut:

a. *Swarm*

Sekumpulan individu dalam suatu algoritma optimasi yang membentuk populasi pencarian. Setiap individu dalam *swarm* bekerja secara kolektif untuk menemukan solusi optimal terhadap suatu permasalahan.

b. *Particle*

Unit individu dalam suatu *swarm* yang berfungsi sebagai representasi dari solusi potensial dalam ruang pencarian. Posisi dari setiap partikel menggambarkan nilai solusi pada suatu titik waktu tertentu dalam proses optimasi.

c. *Pbest (Personal Best)*

Posisi terbaik yang pernah dicapai oleh sebuah *particle* selama proses pencarian berlangsung. Nilai ini digunakan sebagai referensi dalam pembaruan posisi partikel agar dapat menghasilkan solusi yang lebih optimal di iterasi berikutnya.

d. *Gbest (Global Best)*

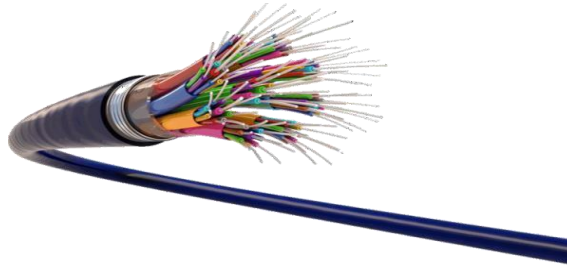
Posisi terbaik yang diperoleh dalam keseluruhan *swarm*. Nilai *Gbest* mencerminkan solusi paling optimal yang ditemukan oleh populasi secara keseluruhan dan dijadikan acuan dalam pergerakan partikel lain agar konvergensi terhadap solusi terbaik dapat tercapai.

e. *Velocity* (Vektor Kecepatan)

Sebuah vektor yang menentukan arah serta kecepatan pergerakan setiap *particle* dalam ruang pencarian. Mekanisme ini berfungsi untuk mengarahkan partikel agar berpindah ke posisi yang lebih baik berdasarkan pengalaman individu (*Pbest*) maupun informasi yang diperoleh dari populasi (*Gbest*), sehingga memungkinkan eksplorasi dan eksploitasi dalam proses optimasi berlangsung.

2.1.2 Fiber Optik

Fiber optik adalah serat halus yang terbuat dari bahan kaca atau plastik, yang berfungsi untuk mengalirkan cahaya dari sumber ke tujuan. Dalam sistem komunikasi fiber optik, serat ini bertugas menghubungkan pengirim (*transmitter*) dengan penerima (*receiver*). Cahaya yang digunakan sebagai sumber biasanya berasal dari LED atau laser. Proses transmisi optik dimulai dari informasi yang telah diubah menjadi sinyal listrik. Pada tahap pengiriman, sinyal listrik tersebut dikonversi oleh transduser menjadi sinyal cahaya menggunakan perangkat optik seperti LED atau laser diode. Selanjutnya, cahaya ini dipancarkan melalui kabel fiber optik menuju penerima. Pada tahap penerimaan, sinyal cahaya dikembalikan lagi menjadi sinyal listrik oleh *transducer* optik berupa *photodiode*. [6]



Gambar 2. 1 Kabel Serat Optik

(Sumber : <https://s2phost.web.id/jaringan-fiber-optik-serat-optik/>)

Berikut adalah struktur fiber optik:

a. *Core*

Komponen utama dengan bahan kaca sebagai tempat gelombang cahaya merambat saat dikirimkan, dan memiliki indeks bias yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan kedua.

b. *Cladding*

Reflektor yang memantulkan cahaya agar dapat terus merambat hingga ke ujung serat optik. *Cladding* memungkinkan cahaya bergerak di dalam inti serat optik. Perbedaan indeks bias antara inti dan *cladding* akan mempengaruhi cara cahaya merambat di dalam inti, termasuk sudut kritis yang terbentuk.

c. *Coating*

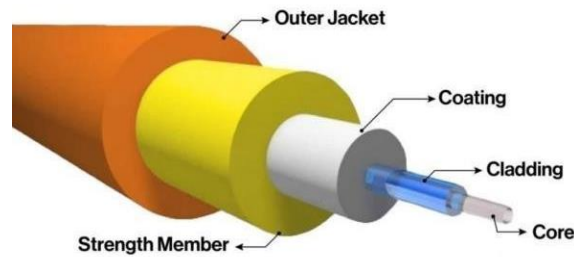
Pelindung mekanis bagi fiber optik agar terhindar dari kerusakan, sekaligus memberikan identitas kode warna. *Coating* ini biasanya terbuat dari bahan plastik.

d. *Strengthening* (serat penguat)

Komponen yang memperkuat bagian dalam kabel agar tidak mudah putus. Bahan penguat ini terbuat dari serat kain yang mirip dengan benang, memiliki tingkat kepadatan yang tinggi, dan daya tahan yang kuat.

e. *Jacket Cable* (selongsong kabel)

Pelindung seluruh komponen kabel fiber optik, dengan tanda pengenal yang terbuat dari bahan PVC di dalamnya.



Gambar 2. 2 Struktur Serat Optik
(Sumber : <https://globalxtreme.net/>)

Berikut adalah beberapa spesifikasi pada kabel serat optik, diantaranya:

a. Kapasitas Data

Memiliki kapasitas data yang sangat besar dibandingkan dengan kabel tembaga. Kapasitas ini mampu mentransmisikan informasi dalam jumlah yang sangat besar, karena sinyal cahaya yang digunakan memiliki bandwidth lebih luas. Dalam sistem fiber optik, satu serat tunggal mampu mentransmisikan data hingga terabit per detik, tergantung pada teknik modulasi yang digunakan. Ini sangat bermanfaat dalam memenuhi kebutuhan komunikasi modern, seperti internet berkecepatan tinggi dan komunikasi jarak jauh.

b. Kecepatan Tinggi

Kecepatan transmisinya yang sangat tinggi. Hal ini dikarenakan menggunakan cahaya sebagai media transmisi, sinyal yang dikirimkan dapat bergerak mendekati kecepatan cahaya. Hal ini membuat fiber optik jauh lebih cepat dalam mentransfer data dibandingkan dengan metode kabel tradisional atau tembaga. Penggunaan teknologi seperti *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) yang mampu mentransmisikan banyak data secara simultan melalui jalur yang sama, sehingga meningkatkan kecepatan secara signifikan.

c. Jarak Transmisi yang Jauh

Fiber optik mampu mentransmisikan sinyal data dalam jarak yang sangat jauh tanpa mengalami penurunan kualitas sinyal yang signifikan. Dengan teknologi amplifikasi optik, sinyal dapat diperkuat tanpa harus dikonversi menjadi sinyal listrik, sehingga transmisi bisa mencapai ratusan hingga ribuan kilometer. Ini menjadikan fiber optik ideal untuk komunikasi jarak

jauh, seperti jaringan antar kota atau bahkan antar negara.

d. Keamanan Data

Dari segi keamanan, fiber optik memiliki proteksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kabel konvensional. Sinyal cahaya yang berjalan melalui serat optik sangat sulit untuk disadap tanpa mengganggu transmisi, sehingga risiko intersepsi atau penyadapan data menjadi lebih rendah. Hal ini membuat fiber optik sebagai pilihan yang lebih aman untuk mentransfer informasi yang bersifat sensitif atau rahasia, terutama dalam industri pemerintahan dan keuangan.

e. Tahan Terhadap Berbagai Gangguan Cuaca

Fiber optik memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai gangguan eksternal, seperti gangguan elektromagnetik (EMI) dan interferensi radio frekuensi (RFI), yang biasanya mempengaruhi kabel tembaga. Selain itu, fiber optik juga lebih tahan terhadap cuaca buruk, seperti hujan, petir, atau kelembaban, karena tidak menggunakan listrik dalam transmisi datanya. Material kaca atau plastik yang digunakan juga tahan terhadap korosi, sehingga lebih awet dan stabil dalam berbagai kondisi lingkungan.

Secara umum, kabel fiber optik dapat dibedakan menjadi 2 diantaranya sebagai berikut:

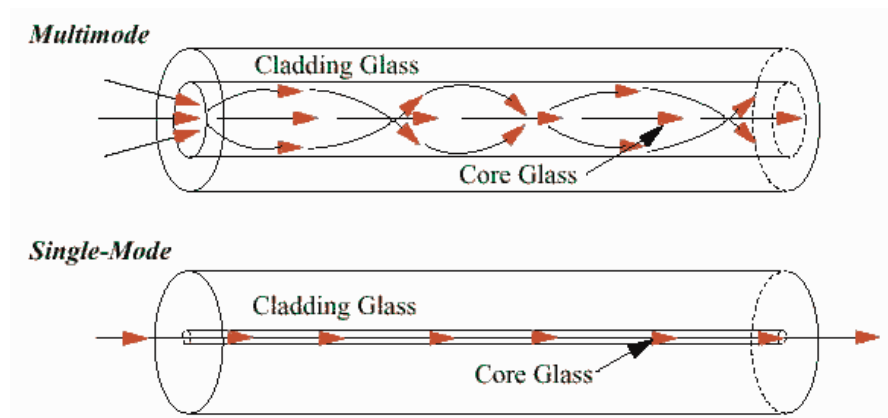
a. *Single mode*

Jenis kabel fiber optik yang memiliki *core* berukuran sangat kecil, sekitar 4 - 10 mikrometer. Dengan ukuran *core* yang minimal ini, *single mode* hanya dapat mentransmisikan cahaya dalam satu jalur atau mode, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya dispersi cahaya. Hal ini sangat menguntungkan karena memungkinkan transmisi sinyal dengan kualitas yang sangat baik, terutama untuk jarak yang jauh. Keunggulan *single mode* ini terletak pada kemampuannya untuk mengirimkan data dengan kecepatan tinggi dan kapasitas yang besar, dan membuat jenis kabel serat optik ini sebagai pilihan utama dalam jaringan telekomunikasi, seperti sambungan internet antar kota dan infrastruktur jaringan besar lainnya. Selain itu, *single mode* lebih mampu dalam menjaga kekuatan sinyal, sehingga dapat diimplementasikan pada jarak

jauh.

b. *Multimode*

Jenis kabel fiber optik yang memiliki *core* berukuran lebih besar, biasanya antara 50 - 62,5 mikrometer. Ukuran *core* yang lebih besar ini mampu membuat cahaya merambat melalui berbagai jalur atau mode. *Multimode* dapat menggunakan sumber cahaya yang lebih ekonomis, seperti LED, sehingga lebih terjangkau untuk diimplementasikan dalam jaringan lokal. Namun, banyaknya jalur cahaya yang dilalui dapat menyebabkan dispersi temporal, membatasi jarak transmisi efektifnya, biasanya hingga 500 meter. *Multimode* sangat cocok untuk aplikasi jarak pendek, seperti *Local Area Network* (LAN) dan instalasi dalam gedung, dimana kecepatan tinggi dapat tercapai tanpa memerlukan infrastruktur yang mahal. Meskipun tidak seefisien *single mode* dalam jarak dan kapasitas, *multimode* juga menjadi pilihan populer karena biaya dan kemudahan pemasangannya.

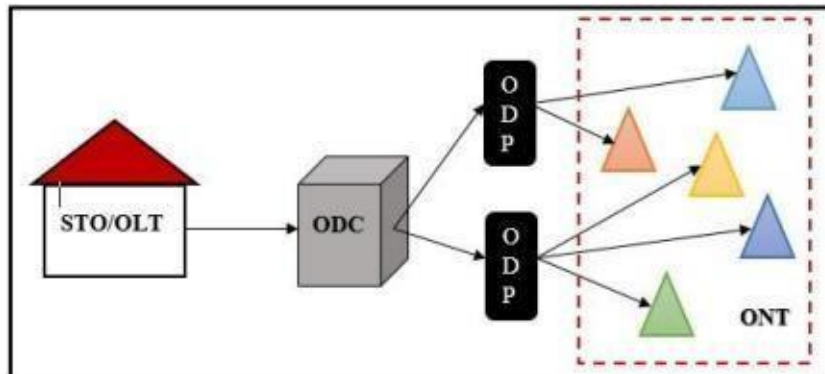


Gambar 2. 3 Serat Optik *Single Mode* dan *Multimode*
(Sumber : <https://adestapanjipangestu21.blogspot.com/>)

2.1.3 *Fiber To The Home* (FTTH)

Fiber To The Home (FTTH) adalah arsitektur jaringan berbasis serat optik yang menghubungkan Sentral Telepon Otomat (STO) langsung ke perangkat pengguna. Penggunaan serat optik dalam jaringan FTTH ini merupakan langkah maju dari perkembangan teknologi jaringan yang bertujuan untuk menggantikan kabel konvensional. Teknologi serat optik dipilih sebagai media transmisi dalam jaringan FTTH karena mampu menekan biaya operasional serta memberikan

layanan yang lebih berkualitas kepada pelanggan, sehingga biaya yang dikeluarkan pun dapat terminimalisir. [18]



Gambar 2. 4 Struktur *Fiber To The Home* (FTTH)

(Sumber : <https://bit.ly/4p6Zb6W>)

Berikut beberapa bagian penting dalam struktur FTTH :

a. STO/OLT (*Optical Line Terminal*)

Perangkat inti yang berlokasi di Sentral Telepon Otomat (STO) atau pusat layanan. Fungsinya adalah untuk mengelola aliran data dari dan ke pelanggan melalui serat optik. OLT mengubah sinyal data yang berasal dari jaringan *core* (jaringan utama) menjadi sinyal optik yang bisa diteruskan melalui serat optik ke *Optical Distribution Cabinet* (ODC).

b. ODC (*Optical Distribution Cabinet*)

Titik distribusi yang berfungsi untuk membagi sinyal optik dari OLT ke beberapa *Optical Distribution Point* (ODP). ODC biasanya berlokasi di tempat yang strategis, lebih dekat dengan area pelanggan, untuk mempermudah distribusi sinyal.

c. ODP (*Optical Distribution Point*)

Titik distribusi akhir yang mendekatkan jaringan optik ke pelanggan. Dari ODP, sinyal optik diteruskan ke pelanggan melalui *Optical Network Terminal* (ONT).

d. ONT (*Optical Network Terminal*)

Perangkat di sisi pelanggan yang menerima sinyal optik dari ODP dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang bisa digunakan untuk layanan seperti internet, telepon, dan TV kabel. ONT adalah perangkat di rumah atau kantor pelanggan yang memungkinkan mereka untuk terhubung ke

jaringan FTTH.

2.1.4 Optical Distribution Point (ODP)

Optical Distribution Point (ODP) merupakan titik distribusi dalam jaringan optik yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan optik dari *central office* ke rumah pelanggan. ODP terletak pada bagian akhir jaringan optik yang terkoneksi dengan jaringan berbasis darat (*terrestrial network*) dan menjadi tempat pemisahan kabel optik sebelum diteruskan ke kabel *drop* yang mengarah langsung ke pelanggan. ODP berperan mendistribusikan sinyal optik agar dapat diterima dengan baik oleh pelanggan. Selain itu, ODP juga berfungsi sebagai titik terminasi optik yang mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik sebelum disalurkan ke perangkat pelanggan melalui kabel *drop*. Dalam penggunaannya, ODP terdiri dari beberapa komponen utama, seperti *splitter*, *pigtail*, dan *adapter*. *Splitter* digunakan untuk membagi sinyal optik ke beberapa kabel *drop* agar satu sumber dari *central office* dapat melayani lebih dari satu pelanggan. *Pigtail* berfungsi sebagai penghubung antara *splitter* dan kabel optik utama, sedangkan *adapter* digunakan sebagai konektor antara kabel optik dengan perangkat pelanggan seperti ONT (*Optical Network Terminal*). ODP harus memiliki ruang yang cukup untuk proses penyambungan kabel (*splicing*) serta ruang khusus untuk pemasangan *splitter* agar kabel tetap tersusun dengan rapi. Berdasarkan kapasitasnya, ODP tersedia dalam berbagai varian, mulai dari kapasitas 8, 12, 16, 24, hingga 48 *port*. [17]



Gambar 2. 5 Optical Distribution Point (ODP)

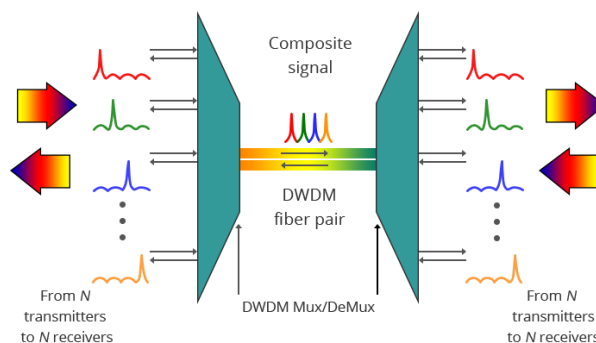
(Sumber : <https://hello-signal.com/>)

2.1.5 Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan metode *multiplexing* dalam jaringan optik yang memungkinkan transmisi beberapa sinyal dengan panjang gelombang yang berbeda secara simultan melalui satu serat optik. Setiap panjang gelombang bertindak sebagai kanal informasi yang terpisah, memungkinkan peningkatan kapasitas transmisi tanpa perlu menambah infrastruktur serat optik baru.

Teknologi DWDM memungkinkan transmisi data dengan kapasitas tinggi karena menggunakan berbagai panjang gelombang cahaya dalam satu serat optik. Hal ini memberikan keuntungan dalam hal efisiensi spektral, peningkatan *throughput*, serta skalabilitas jaringan. Dengan DWDM, operator dapat meningkatkan kapasitas jaringan tanpa memerlukan penggelaran serat optik tambahan, sehingga menghemat biaya dan sumber daya.

Salah satu aspek penting dari DWDM adalah penggunaan perangkat optik seperti *Optical Add-Drop Multiplexer* (OADM) dan *Erbium-Doped Amplifier* (EDFA). OADM memungkinkan penambahan atau pengurangan kanal tertentu dalam jaringan DWDM tanpa mempengaruhi kanal lainnya, sedangkan EDFA digunakan untuk memperkuat sinyal optik sehingga dapat menjangkau jarak yang lebih jauh. DWDM juga fleksibel dan kompatibel dengan berbagai format data seperti Ethernet, ATM, dan SONET/SDH yang mendukung berbagai kebutuhan jaringan.



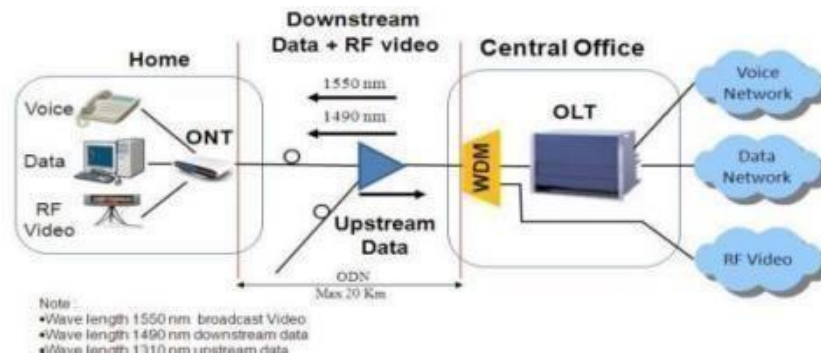
Gambar 2. 6 Teknologi *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM)

(Sumber : <https://forum.huawei.com/>)

2.1.6 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

Gigabit Passive Optical Network (GPON) adalah sebuah arsitektur jaringan *point-to-multipoint* yang menggunakan kabel fiber optik sebagai media transmisinya. Teknologi ini mampu menyediakan koneksi internet yang cepat,

stabil, dan efisien dari segi biaya. Dengan kecepatan mencapai 2,488 Gbps, GPON mampu melayani jaringan yang lebih *cost-effective* dan fleksibel, terutama dalam mendukung *provisioning* layanan suara dan data yang andal. Teknologi ini berbasis pada jaringan akses optik, yang memungkinkan penyediaan layanan berkualitas tinggi dengan biaya lebih rendah. GPON dikembangkan dan distandarisasi oleh “*International Telecommunication Union- Telecommunication*” (ITU-T), sebuah organisasi internasional yang menetapkan standar dalam bidang telekomunikasi. Teknologi ini banyak diminati kemampuannya dalam mendukung berbagai aplikasi *modern* yang memerlukan bandwidth tinggi, seperti streaming video, telekonferensi, hingga layanan *cloud*, sehingga menjadi solusi ideal untuk memenuhi kebutuhan jaringan masa kini. [18]

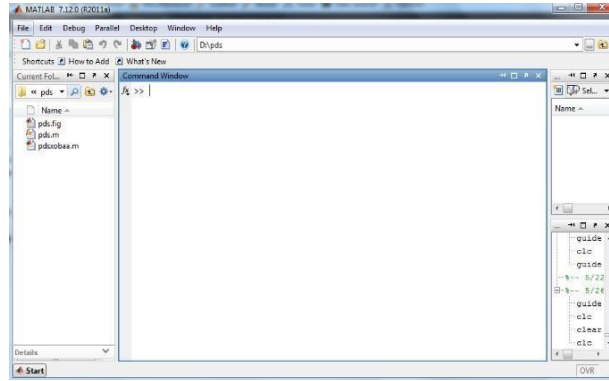


Gambar 2. 7 Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON)

(Sumber : <https://bit.ly/4pRXZpq>)

2.1.7 Matlab

Dalam Matlab, implementasi PSO dapat dilakukan menggunakan *toolbox* bawaan atau dengan menuliskan fungsi khusus untuk mengatur parameter seperti jumlah partikel, iterasi, dan faktor pembelajaran. PSO banyak digunakan dalam berbagai aplikasi optimasi, termasuk tuning parameter sistem kendali, pemrosesan sinyal, dan optimasi desain teknik. Matlab menyediakan berbagai alat bantu untuk visualisasi konvergensi PSO yang memungkinkan analisis lebih mendalam terkait efisiensi algoritma dalam menemukan solusi optimal.



Gambar 2. 8 Tampilan Matlab

(Sumber : <https://www.ketutrare.com/>)

2.1.8 OptiSystem

OptiSystem adalah *software* simulasi yang digunakan untuk merancang dan menganalisis jaringan fiber optik sebelum diterapkan secara nyata. Dengan antarmuka grafis lengkap, termasuk *Project Layout* dan tampilan grafik, OptiSystem memudahkan pengguna dalam mendesain jaringan dari *Optical Line Terminal* (OLT) hingga *Optical Network Terminal* (ONT). Selain melakukan simulasi, software ini juga mampu mengukur parameter penting seperti *Power Link Budget*, *Q-factor*, *Bit Error Rate* (BER), dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) untuk mengevaluasi kinerja jaringan. OptiSystem merupakan software penting dalam memastikan desain jaringan fiber optik optimal sebelum diimplementasikan.



Gambar 2. 9 Software OptiSystem 7.0

(Sumber : <https://bit.ly/44GCNtV>)

2.1.9 Parameter Kelayakan Fiber Optik

Sebuah jaringan fiber optik, terdapat beberapa parameter penting yang digunakan untuk mengukur dan memastikan kelayakan jaringan. Parameter-parameter ini sangat berpengaruh terhadap kualitas dan performa jaringan dalam

mengirimkan data secara cepat dan akurat. [18] [19]

Beberapa parameter yang sering digunakan dalam penilaian kelayakan jaringan fiber optik antara lain sebagai berikut :

a. *Power Link Budget*

Power Link Budget adalah faktor penting yang menentukan apakah sistem komunikasi optik bisa berfungsi dengan baik. *Power budget* ini memastikan bahwa penerima dapat menerima daya optik yang cukup untuk mencapai *Bit Error Rate* (BER) yang diinginkan. Dengan melakukan perhitungan *power budget*, dapat memastikan bahwa komponen dan parameter desain yang dipilih mampu menghasilkan daya sinyal yang diterima sesuai dengan standar kinerja yang diharapkan.

Perhitungan *Power Link Budget* dengan syarat $P_r \geq \text{sensitivitas receiver}$:

$$P_r = P_t - (\sum L_{\text{connector}} + \sum (\alpha \cdot L_{\text{fiber}}) + \sum L_{\text{splice}} + \sum L_{\text{splitter}} + L_{\text{expand}}) \quad (2-1)$$

Keterangan :

P_r = Daya terima optik pada sisi *receiver* (dBm)

P_t = Daya pancar optik pada sisi *transmitter* (dBm)

$L_{\text{connector}}$ = Redaman yang dihasilkan konektor (dB)

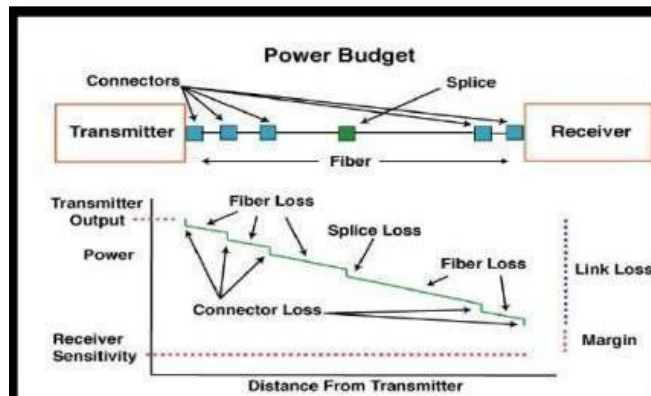
α = Koefisien redaman serat optik (dB/km)

L_{fiber} = Panjang total kabel serat optik (km)

L_{splice} = Redaman penyambungan (dB)

L_{splitter} = Redaman *splitter* (dB)

L_{expand} = Redaman percabangan *splitter* (dB)



Gambar 2. 10 *Power Link Budget*

(Sumber : <https://s.id/whLyk>)

b. *Q-factor*

Parameter kualitas transmisi yang mampu mengidentifikasi perbedaan bit sinyal “1” dan “0” di tengah paparan *noise* yang menjadi penentu integritas sinyal untuk memastikan perangkat penerima dapat mengenali pesan digital. Adapun standar minimum yang ditetapkan pada parameter ini sebesar 6.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung Parameter *Q-factor* :

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1 + \sigma_0} \quad (2-2)$$

Keterangan :

Q = Nilai Kualitas Sinyal (*Quality Factor*) (a.u.)

μ_1 = Rata-rata nilai amplitudo pada logika “1” (a.u.)

μ_0 = Rata-rata nilai amplitudo pada logika “0” (a.u.)

σ_1 = Standar deviasi noise pada logika “1” (a.u.)

σ_0 = Standar deviasi noise pada logika “0” (a.u.)

c. *Bit Error Rate* (BER)

Bit Error Rate (BER) adalah ukuran seberapa sering kesalahan bit terjadi saat mentransmisikan sinyal digital. Sensitivitas dalam konteks ini merujuk pada daya optik minimum yang dibutuhkan agar sinyal yang diterima dapat mencapai tingkat BER yang diinginkan. Kebutuhan untuk BER bervariasi. Adapun standar BER untuk sistem komunikasi optik yakni sebesar 10^{-9} .

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *Bit Error Rate* (BER) :

$$BER = \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Q^2}{2}} \quad (2-3)$$

Keterangan :

BER = *Bit Error Rate*

Q = *Quality Factor*

π = Konstanta pi ($\approx 3,14159$)

e = Konstanta eksponensial ($\approx 2,71828$)

d. *Signal-to-Noise Ratio* (SNR)

Mengacu pada rasio antara daya sinyal dan tingkat gangguan (*noise*) pada

satu titik yang sama. Adapun parameter ini digunakan untuk mengukur seberapa besar gangguan yang mempengaruhi transmisi daya, data, atau informasi dari pemancar ke penerima. Dalam kondisi optimal, standar SNR yang ditetapkan minimal yakni 21,5 dB. [17]

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *Signal-to-Noise Ratio* :

$$OSNR_{dB} = P_{\text{signal (dBm)}} - P_{\text{noise (dBm)}} \quad (2-4)$$

Keterangan :

$OSNR_{dB}$ = Nilai kualitas daya terhadap noise (dB)

$P_{\text{signal (dBm)}}$ = Daya dari sinyal optik (dBm)

$P_{\text{noise (dBm)}}$ = Daya dari noise optik (dBm)

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa referensi mengenai penerapan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam berbagai bidang penelitian yang menjadi dasar penerapan metode ini pada penelitian perencanaan jaringan *Fiber To The Home* adalah sebagai berikut :

Penelitian dengan judul “Analisis Perbandingan Metode *Particle Swarm Optimization* dan Metode Algoritma Genetika untuk Optimasi Rute *Fiber To The Home* pada Perumahan Bernady Land Slawu Jember” yang berfokus pada optimasi rute jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) di perumahan Bernady Land Slawu Jember dengan menggunakan metode Algoritma Genetika, serta membandingkannya dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang telah digunakan sebelumnya. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menemukan rute terbaik yang dapat meminimalkan jarak total dan meningkatkan keandalan jaringan, dengan performa *Power Link Budget* dan redaman total yang lebih baik. Pada penelitian sebelumnya, metode PSO digunakan untuk mencari rute terbaik dengan populasi antara 10 hingga 100 dan iterasi maksimal 10 hingga 200, yang menghasilkan jarak total sebesar 376,48 meter. Penelitian ini menerapkan Algoritma Genetika dengan parameter populasi antara 10 hingga 200 dan iterasi maksimal 200, serta melibatkan proses seleksi, *crossover*, dan mutasi yang diharapkan dapat menghasilkan rute yang lebih baik dengan nilai redaman yang lebih rendah. Data dikumpulkan di PT Telekomunikasi Indonesia Tbk Jember, dengan pengukuran jarak menggunakan *Google Earth* untuk 30 titik koordinat ODP yang terbagi dalam tiga wilayah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi rute

jaringan FTTH di perumahan Bernady Land Slawu Jember dengan metode Algoritma Genetika menghasilkan jarak total yang sedikit lebih besar dibandingkan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Jarak total yang dihasilkan oleh Algoritma Genetika adalah 5034,79 meter, sedangkan PSO menghasilkan 5031,57 meter, dengan selisih 2,7 meter atau sekitar 0,027% lebih panjang. Walaupun begitu, nilai redaman yang diperoleh dari Algoritma Genetika adalah 0,33887 dBm, yang sedikit lebih besar daripada PSO yang mencatat 0,33796 dBm. Dalam hal daya terima arah *Downstream*, Algoritma Genetika juga memberikan hasil yang sedikit lebih baik dengan rata-rata -19,8355 dBm, sementara PSO menghasilkan -19,831 dBm. Secara keseluruhan, kedua metode ini dapat digunakan untuk optimasi rute fiber optik. Namun, Algoritma Genetika membutuhkan waktu komputasi yang lebih lama dibandingkan PSO dan tidak dapat diberlakukan pada kondisi geografis yang bervariasi, meskipun nilai *fitness* yang dihasilkan hampir setara. [8]

Adapun penelitian tentang “Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Pada Universitas Handayani Makassar Menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization*” dengan latar belakang dilakukan karena penjadwalan kuliah di Universitas Handayani Makassar (UHM) yang ada saat ini masih dibuat secara manual. Proses manual ini melibatkan pencarian blok-blok atau kolom - kolom yang masih kosong, kemudian menempatkan jadwal pada blok atau kolom tersebut. Metode ini memerlukan waktu yang lama dan cukup membuat Kepala BAAK UHM kewalahan. Hal ini terjadi karena cara manual memungkinkan terjadinya kesalahan dengan intensitas yang cukup banyak, sehingga jadwal kuliah yang sudah dibuat sering kali perlu dilakukan perbaikan lagi. Menyusun jadwal kuliah yang optimal bukan pekerjaan yang mudah karena dibutuhkan ketelitian yang tinggi untuk memperhatikan banyak variabel agar dapat menemukan kombinasi penempatan yang tepat. Metode algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang dilakukan dalam penelitian ini bekerja dengan cara membentuk partikel-partikel pada populasi awal secara acak. Setiap partikel dalam PSO diinisialisasi dengan posisi dan kecepatan awal yang ditentukan secara acak. Posisi dan kecepatan partikel ini dimisalkan sebagai slot dalam konteks penjadwalan mata kuliah. Algoritma ini kemudian mengevaluasi nilai *fitness* dari setiap partikel, yang merupakan ukuran seberapa baik solusi yang diusulkan oleh partikel tersebut memenuhi kriteria atau

batasan yang telah ditentukan. Setelah evaluasi, algoritma meng-*update* kecepatan dan posisi partikel berdasarkan nilai *fitness* yang diperoleh. Proses ini berulang hingga ditemukan solusi yang optimal, yaitu jadwal perkuliahan yang sesuai dengan kondisi dan kebijakan perkuliahan di Universitas Handayani Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem optimasi penjadwalan perkuliahan di Universitas Handayani Makassar berhasil dirancang untuk menghasilkan jadwal kuliah yang optimal. Pengujian performansi ini menunjukkan kemampuan untuk memproses 226 data perkuliahan dengan waktu komputasi kurang dari 5 detik, yang menandakan efisiensi tinggi dalam pengolahan data. Aplikasi yang dihasilkan memungkinkan pengguna untuk menginput data perkuliahan, permintaan jadwal dosen, preferensi tidak bersedia mengajar, serta dilengkapi dengan fitur mengedit dan mengunduh jadwal. Meskipun demikian, sistem ini masih memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas untuk menyesuaikan perubahan *constraint* dan jumlah ruangan. [13]

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam pemilihan pemasok material pesawat di sektor manufaktur, khususnya di PT. Dirgantara Indonesia, salah satu penelitian terdahulu menerapkan Optimasi Penentuan Vendor Untuk Material Pesawat Menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization*. Adapun Pemilihan vendor yang tepat sangat penting dalam industri penerbangan untuk memastikan kualitas, keandalan, dan keselamatan pesawat. Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dipilih karena kemampuannya untuk menavigasi kriteria kompleks dalam pemilihan vendor, seperti kualitas pengiriman dan skor kualitas rata-rata. Dimana metode yang digunakan pada penelitian ini dimulai dengan proses optimasi pengumpulan data dari PT Dirgantara Indonesia, diikuti oleh inisialisasi parameter, perhitungan kecepatan dan posisi partikel, serta evaluasi nilai *fitness*. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode *Black Box* dan *White Box*. Penelitian ini menunjukkan hasil yang memuaskan dengan individu terbaik dan iterasi optimal. Selain itu, metode pengujian jalur berhasil menghasilkan kasus uji yang efektif untuk mengidentifikasi kesalahan dalam sistem optimasi pemilihan vendor material pesawat. Sebanyak 11 skenario pengujian dilakukan, semuanya memberikan hasil yang memuaskan, yang menunjukkan risiko kesalahan yang rendah dalam sistem. Sistem ini mampu memberikan

pemilihan vendor yang optimal dan efisien untuk pembelian material, seperti yang dibuktikan oleh nilai kebugaran tertinggi dalam setiap iterasi. Penelitian ini menggunakan 1166 dataset dari PT Dirgantara Indonesia (PTDI) dari tahun 2019 hingga 2023. Namun, ditemukan keterbatasan dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang terjebak dalam solusi lokal, sehingga menghambat pencapaian nilai optimum global secara konsisten. [14]

Adapun penelitian terdahulu melakukan pendekatan Optimasi Sistem Turbin Angin Menggunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan Metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang dilatarbelakangi oleh kebutuhan energi listrik yang terus meningkat di Indonesia, seiring dengan perkembangan pesat di berbagai sektor untuk mendukung kehidupan yang lebih modern. Untuk mengatasi lonjakan energi listrik tersebut, diperlukan pemanfaatan energi terbarukan, yang sejalan dengan kebijakan nasional untuk meningkatkan dan mengoptimalkan pencapaian energi terbarukan hingga 5% pada tahun 2025. Energi terbarukan, seperti energi angin, dapat menjadi alternatif sumber pembangkit listrik yang memperhatikan aspek teknis, keselamatan lingkungan, dan ekonomi. Dalam konteks ini, penelitian berfokus pada optimasi sistem turbin angin menggunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk meningkatkan efisiensi kinerja turbin angin pada kecepatan angin yang berubah-ubah. Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada penelitian ini digunakan untuk mengatur *duty cycle* pada *boost converter*, dengan tujuan memaksimalkan daya keluaran sistem. Tegangan dan arus keluaran dari sistem turbin angin menjadi masukan bagi algoritma PSO untuk mengevaluasi *duty cycle* pada bagian kendali *boost converter*. Partikel-partikel ini memperbarui posisi dan kecepatan mereka berdasarkan pengalaman terbaik individu (*Pbest*) dan pengalaman terbaik global (*Gbest*) dari seluruh populasi. Dimana hasil dari penelitian ini menunjukkan penerapan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada sistem turbin angin dapat meningkatkan daya keluaran hingga 27,73% dan meningkatkan efisiensi sistem sebesar 17%, dengan efisiensi rata-rata di atas 90%. Penelitian ini juga melakukan analisis sensitivitas untuk memahami pengaruh perubahan kecepatan angin terhadap daya keluaran, yang menunjukkan adanya

hubungan positif antara kecepatan angin dan daya listrik yang dihasilkan. Dengan demikian, penerapan MPPT dengan PSO terbukti memberikan respons baik terhadap variasi kecepatan angin sehingga menghasilkan daya keluaran yang lebih optimal. [15]

Penelitian yang mengambil pendekatan Optimasi *Decision Tree* Menggunakan *Particle Swarm Optimization* untuk Risiko Kredit KMG Bank DKI yang berfokus pada peningkatan akurasi prediksi risiko kredit di Bank DKI, khususnya untuk Kredit Multi Guna (KMG). Manajemen risiko kredit penting diberlakukan untuk mengurangi pinjaman bermasalah dan menjaga stabilitas keuangan sesuai kebijakan manajemen risiko di Indonesia berdasarkan peraturan OJK No. 18/PJOK/03/2016. Risiko kredit multiguna sangat penting bagi lembaga keuangan terutama di tengah dinamika pasar dan kompleksitas keuangan. Sebelumnya, bank menggunakan model risiko tradisional berbasis skor kredit, taraf pendapatan, dan riwayat pekerjaan, namun pendekatan ini dianggap kurang mampu mengakomodasi perubahan pasar dan interaksi faktor yang kompleks. Metode untuk penelitian ini menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk mengoptimalkan algoritma *Decision Tree* dalam menganalisis risiko kredit. PSO diinisialisasi dengan populasi acak yang disebut partikel yang bergerak di sekitar ruang pencarian dengan kecepatan yang disesuaikan secara dinamis. Proses optimasi melibatkan pembangkitan posisi dan kecepatan partikel secara acak, kemudian dilakukan *update* kecepatan dan posisi partikel. Metode ini diterapkan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi risiko kredit dengan menggunakan *framework Ai Studio* a.k.a *Rapidminer* untuk pengujian keakuratan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk mengoptimalkan algoritma *Decision Tree* dalam analisis risiko kredit di Bank DKI secara signifikan meningkatkan akurasi prediksi. Dimana sebelum optimasi, model *Decision Tree* memiliki akurasi sebesar 97,83%, namun setelah dioptimasi dengan PSO, akurasi meningkat menjadi 99,13%. Meskipun demikian, penelitian ini juga mencatat adanya masalah data tidak seimbang yang dapat mempengaruhi akurasi, terutama dalam klasifikasi kelas *moderate* dan merekomendasikan penggunaan teknik SMOTE atau metode penyeimbang lainnya untuk mengatasi masalah tersebut. [16]

Dari semua terkait penelitian terdahulu, maka dirangkum seperti pada Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Metode	Hasil
1	Nadya Pitaloka Rahmasari dkk (2023)	Analisis Perbandingan Metode <i>Particle Swarm Optimization</i> dan Metode Algoritma Genetika untuk Optimasi Rute <i>Fiber To The Home</i> pada Perumahan Bernady Land Slawu Jember	• Tujuan : Membandingkan Algoritma Genetika dengan <i>Particle Swarm Optimization</i>. • Data : 30 titik ODP wilayah PT Telekomunikasi Indonesia Tbk Jember. • Parameter : 10-200 populasi, maksimal 200 iterasi. • Konfigurasi Genetika : <i>random selection, two cut point crossover</i> (probabilitas 0,9), dan <i>swap mutation</i> (probabilitas 0,3).	• Waktu Komputasi : <i>Particle Swarm Optimization</i> 0,23357 detik, sedangkan Algoritma Genetika 3,2333 detik. • Optimasi Jarak : <i>Particle Swarm Optimization</i> 5031,57 meter, sedangkan Algoritma Genetika 5034,79 meter. • Total Redaman : <i>Particle Swarm Optimization</i> 0,33796 dBm, sedangkan Algoritma Genetika 0,33887 dBm.
2	Dwiki Darmawansyah dkk (2023)	Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Pada Universitas Handayani Makassar Menggunakan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	• Algoritma : <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO). • Representasi Solusi : Posisi setiap partikel merepresentasikan slot jadwal mata kuliah. • Evaluasi : Menggunakan nilai <i>fitness</i> dengan kriteria ditetapkan. • Proses Optimasi : <i>update</i> kecepatan dan posisi partikel hingga paling optimal.	• Efisiensi Sistem : Memproses 266 data perkuliahan dengan waktu kurang dari 5 detik. • Fitur Aplikasi : Input data kuliah, permintaan jadwal dosen, preferensi waktu tidak mengajar, fitur edit serta unduh jadwal. • Keterbatasan : Fleksibilitas terbatas dalam penyesuaian perubahan jadwal secara mendadak.
3	Siska Hutami Pratiwi dkk (2024)	Optimasi Penentuan Vendor Untuk Material Pesawat Menggunakan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	• Algoritma : <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO). • Evaluasi : Menggunakan nilai <i>fitness</i> dengan kriteria ditetapkan. • Pengujian Sistem : 2 metode, <i>Black Box</i> untuk mengevaluasi keluaran berdasarkan masukan, dan <i>White Box</i> untuk	• Efektivitas : Pada sistem optimasi pemilihan vendor material pesawat. • Skenario Pengujian : Dilakukan sebanyak 11 kali. • Akurasi Data : Memilih vendor secara optimal menggunakan nilai kebugaran dari 1166 dataset PT Dirgantara Indonesia Periode 2019-

No	Penulis	Judul	Metode	Hasil
			memeriksa logika internal algoritma.	2023. • Kelemahan : Cenderung terjebak dalam solusi lokal.
4	Husein Mubarak dkk (2020)	Optimasi Sistem Turbin Angin Menggunakan <i>Maximum Power Point Tracking</i> (MPPT) dengan Metode <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	• Algoritma : <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO). • Inisialisasi Solusi : Dimulai secara acak, dimana setiap partikel mewakili variabel posisi, kecepatan, dan nilai <i>fitness</i>. • Mekanisme Kontrol : Mengatur <i>duty cycle</i> pada <i>boost converter</i> untuk memaksimalkan daya keluaran dari sistem turbin. • Proses Optimasi : Posisi dan kecepatan partikel diperbarui berdasarkan pengalaman terbaik <i>Pbest</i> dan <i>Gbest</i>.	• Peningkatan Performa : Berhasil meningkatkan daya keluaran hingga 27,73%. • Efisiensi Sistem : Peningkatan efisiensi sebesar 17%, dengan rata-rata efisiensi 90%. • Analisis Kecepatan : Adanya hubungan positif antara kecepatan angin dengan daya keluaran yang dihasilkan.
5	Jwasky Budy Eswa Putry dkk (2024)	Optimasi <i>Decision Tree</i> Menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i> untuk Risiko Kredit KMG Bank DKI	• Algoritma : <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO). • Tujuan : Meningkatkan akurasi klasifikasi dalam analisis risiko kredit. • Mekanisme : Inisialisasi dilakukan dengan partikel acak yang bergerak di ruang pencarian, dimana posisi dan kecepatannya diperbarui secara dinamis. • Alat Pengujian : Menggunakan <i>framework</i> AI Studio (<i>RapidMiner</i>).	• Peningkatan Akurasi : Berhasil meningkatkan akurasi <i>Decision Tree</i> dari 97,83% menjadi 99,13%. • Identifikasi Masalah : Data tidak seimbang mempengaruhi kualitas klasifikasi, khususnya pada kelas <i>moderate</i>. • Saran : Penggunaan teknik SMOTE atau metode penyeimbang data untuk mengatasi ketimpangan kelas.