

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN

Pada penelitian “Pengaruh Penggunaan *EDFA* Terhadap *Bit Error Rate* pada Transmisi *DWDM*” menggunakan beberapa alat dan bahan diantaranya

4.1.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini yaitu Laptop dengan Spesifikasi sebagai berikut

1. Windows 10 (64 bit)
2. Intel(R) Celeron(R) Quad Core Processor N4120
3. RAM 8 GB
4. 256 GB SSD

4.1.2 Perangkat Lunak (*Software*)

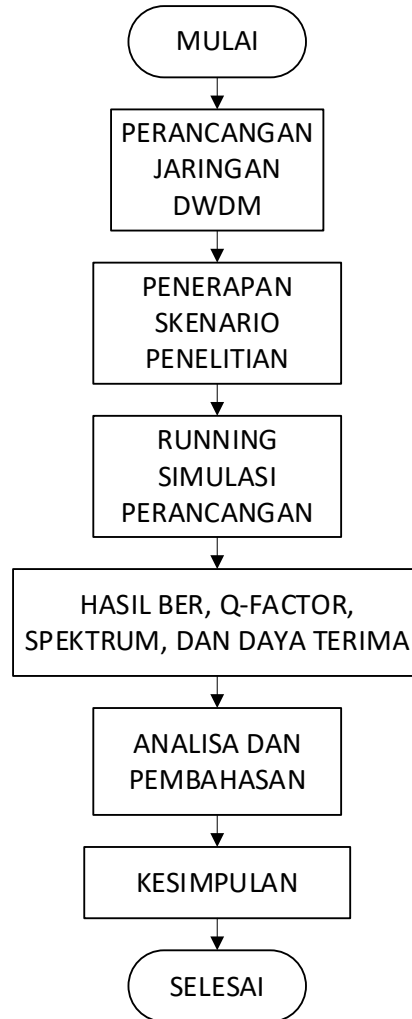
Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini yaitu Laptop dengan Spesifikasi sebagai berikut

1. *Software* Optisystem 21 digunakan untuk membuat sebuah rancangan jaringan komunikasi serat optik
2. Microsoft Excel digunakan untuk mengolah hasil data yang diperoleh setelah melakukan pengujian simulasi menggunakan *Software* Optisystem 21 agar data terdistribusi dengan baik
3. Matlab untuk membuat visualisasi grafik setelah proses tabulasi sehingga hasil penelitian lebih representatif.

3.2 ALUR PENELITIAN

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.1, tahap awal pada penelitian ini yaitu melakukan perancangan Jaringan *DWDM* dengan mengkonfigurasi komponen-komponen yang diperlukan pada bagian *Transmitter*, media transmisi, dan *receiver*. Kemudian melakukan skenario penelitian dimana skenario

perancangan dilakukan sebelum menggunakan penguat *EDFA* dan setelah menggunakan penguat *EDFA*. Setelah dilakukan penerapan skenario penelitian, pengujian parameter berdasarkan skenario yang akan dilakukan untuk mendapatkan hasil data berupa parameter *BER*, *Q-Factor*, dan Spektrum Daya Terima yang kemudian di analisis dan ditarik kesimpulan.



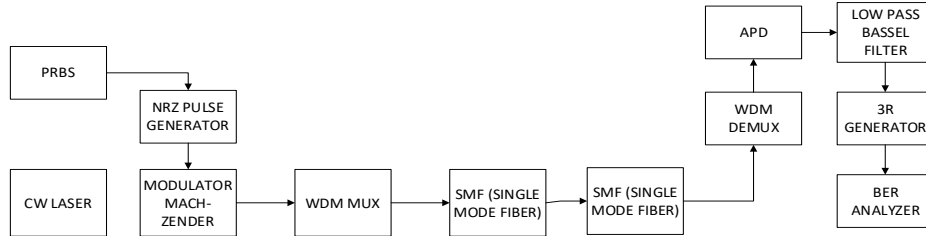
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.3 METODE PERANCANGAN

Pada penelitian ini, akan dilakukan 2 skenario simulasi menggunakan *software* Optisystem 21 dimana pada scenario pertama Jaringan Serat optik pada aplikasi Teknologi *DWDM* dirancang tanpa menggunakan penguat *EDFA* dan pada scenario kedua Jaringan Serat optik pada aplikasi Teknologi *DWDM* diberi sebuah penguat *EDFA* yang letaknya *Inline-Preamplifier*.

3.3.1 Skenario Perancangan 1 - Tanpa Penguat *EDFA*

Perancangan pada scenario 1 dengan blok diagram pada Gambar 3.2 dilakukan tanpa menggunakan penguat *EDFA* untuk mengetahui bagaimana parameter unjuk kerja *BER* dan *Q-Factor* yang dihasilkan Ketika bitrate di variasikan.



Gambar 3.2 Skema Perancangan Tanpa Penguat *EDFA*

Pada skenario pertama, simulasi dilakukan menggunakan Optisystem 21 tanpa menggunakan penguat *EDFA* dengan parameter simulasi pada Tabel 3.1 berikut

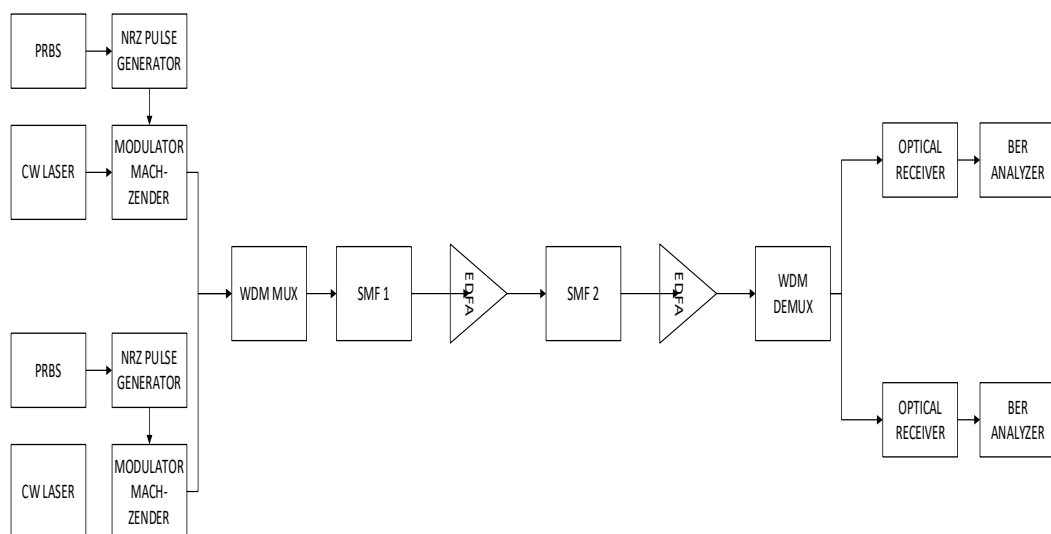
Tabel 3.1 Parameter Simulasi Skenario 1

| <i>Transmitter</i> | | |
|-----------------------------|-------------------|---------|
| Parameter | Value | Unit |
| <i>Bit rate</i> | 10 - 20 | Gbps |
| <i>Reference Wavelength</i> | 193.1 | THz |
| <i>Channel number</i> | 8 | Channel |
| <i>Frequency Range</i> | 193.1 - 193.8 | THz |
| <i>Channel Spacing</i> | 100 | GHz |
| <i>Power Laser</i> | 10 | dBm |
| <i>Bandwidth</i> | 20 | GHz |
| <i>Medium Transmission</i> | | |
| <i>SMF Link Distance</i> | 150 | Km |
| <i>Attenuation</i> | 0.2 | dB/Km |
| <i>Reference Wavelength</i> | 1550 | nm |
| <i>Receiver</i> | | |
| <i>Channel number</i> | 8 | Channel |
| <i>Frequency Range</i> | 193.1 - 193.8 | THz |
| <i>Channel Spacing</i> | 100 | GHz |
| <i>Bandwidth</i> | 20 | GHz |
| <i>Cut off Filter</i> | 0.75 *Symbol Rate | Hz |
| <i>Gain APD</i> | 3 | dB |
| <i>Responsivity APD</i> | 1 | A/W |

Pada skenario pertama Jaringan *DWDM* 8 kanal di rancang dengan menggunakan frekuensi kerja 193.1 – 193.8 THz dengan spasi kanal 100 GHz atau jika dikonversi ke satuan panjang gelombang menjadi 1552 – 1546 nm dimana pada frekuensi tersebut *DWDM* bekerja pada frekuensi C-Band (1529 – 1561 nm). Daya *laser* yang di paancarkan sebesar 10 dBm ditransmisikan menggunakan *Single mode Fiber* sepanjang 150 Km dengan attenuasi 0,2 dB/km yang masih dalam standar attenuasi yang diizinkan pada frekuensi kerja 1550 nm, sehingga sesuai dengan spesifikasi *DWDM* yang rancang. Hasil data berupa parameter kinerja sistem *BER* (*Bit Error Rate*), *Q-Factor*, dan Spectrum Daya Terima untuk mengetahui seberapa optimal kinerja sistem Jaringan *DWDM* yang dihasilkan tanpa menggunakan penguat *EDFA* pada range *Bit rate* yang di variasikan yatu 10-20 Gbps. Pengambilan hasil data menggunakan sampel beberapa *bit rate* berdasarkan variasi *Bit rate* yang telah di tentukan pada range 10-20 Gbps, yaitu 10, 13, 15, 18, dan 20 Gbps pada masing-masing kanal frekuensi.

3.3.2 Skenario Perancangan 2 - Dengan Penguat *EDFA*

Perancangan pada scenario 2 dengan blok diagram pada Gambar 3.3 dilakukan dengan menggunakan penguat *EDFA* yang diletakkan secara *Inline-PreAmplifier* untuk mengetahui bagaimana parameter unjuk kerja *BER* dan *Q-Factor* yang dihasilkan Ketika *Gain EDFA* dan *bitrate* juga di variasikan.



Gambar 3.3 Skema Perancangan Dengan Penguat *EDFA*

Tabel 3.2 Parameter Simulasi Skenario 2

| <i>Transmitter</i> | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------------|
| <i>Parameter</i> | <i>Value</i> | <i>Unit</i> |
| <i>Bit rate</i> | 10, 13, 15, 18, dan 20 | Gbps |
| <i>Reference Wavelength</i> | 193.1 | THz |
| <i>Channel number</i> | 8 | <i>Channel</i> |
| <i>Frequency Range</i> | 193.1 - 193.8 | THz |
| <i>Channel Spacing</i> | 100 | GHz |
| <i>Power Laser</i> | 10 | dBm |
| <i>Bandwidth</i> | 20 | GHz |
| <i>Medium Transmission</i> | | |
| <i>SMF Link Distance</i> | 150 | Km |
| <i>Attenuation</i> | 0.2 | dB/Km |
| <i>Reference Wavelength</i> | 1550 | nm |
| <i>Optical Amplifier EDFA</i> | | |
| <i>Gain EDFA</i> | 5, 10, 15, 20, dan 25 | dB |
| <i>Receiver</i> | | |
| <i>Channel number</i> | 8 | <i>Channel</i> |
| <i>Frequency Range</i> | 193.1 - 193.8 | THz |
| <i>Channel Spacing</i> | 100 | GHz |
| <i>Bandwidth</i> | 20 | GHz |
| <i>Cut off Filter</i> | 0.75 *Symbol Rate | Hz |
| <i>Gain APD</i> | 3 | dB |
| <i>Responsivity APD</i> | 1 | A/W |

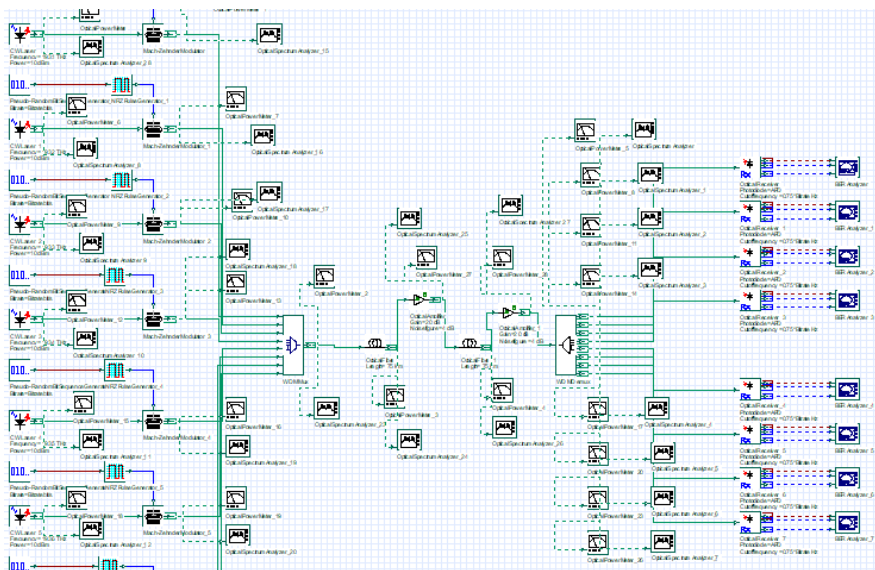
Pada skenario kedua Jaringan *DWDM* 8 kanal di rancang sama dengan menggunakan frekuensi kerja 193.1 – 193.8 THz dengan spasi kanal 100 GHz atau jika dikonversi ke satuan panjang gelombang menjadi 1552 – 1546 nm dimana pada frekuensi tersebut *DWDM* bekerja pada frekuensi *C-Band* (1529 – 1561 nm). Daya laser yang di pancarkan sebesar 10 dBm ditransmisikan menggunakan *Single mode Fiber* sepanjang 150 Km dengan atenuasi 0,2 dB/km yang masih dalam standar atenuasi yang diizinkan pada frekuensi kerja 1550 nm, sehingga sesuai dengan spesifikasi *DWDM* yang rancang.

Perancangan jaringan *DWDM* menggunakan dua penguat *EDFA*, dimana penguat *EDFA* 1 diposisikan secara *In-Line Amplifier* (diantara SMF 1 dan SMF 2) guna meningkatkan daya sinyal yang sedang di transmisikan didalam serat optik

yang mengalami pelemahan sinyal dan *EDFA* 2 diposisikan secara *Pre-Amplifier* untuk meningkatkan daya sinyal sebelum masuk ke *demultiplexer*. Dengan variasi *Gain EDFA* yang digunakan yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 dB. Hasil data berupa parameter kinerja sistem *BER (Bit Error Rate)*, *Q-Factor*, dan *Spectrum Daya Terima* untuk mengetahui seberapa optimal kinerja sistem Jaringan *DWDM* yang dihasilkan setelah menggunakan penguat *EDFA* pada range *Bit rate* yang di variasikan yaitu 10-20 Gbps. Pengambilan hasil data menggunakan sampel beberapa *bit rate* berdasarkan variasi *Bit rate* yang telah di tentukan pada range 10-20 Gbps, yaitu 10, 13, 15, 18, dan 20 Gbps pada masing-masing kanal frekuensi dan *Gain EDFA* yang telah di tentukan sesuai pada Tabel 3.2.

3.4 KOMPONEN DAN PARAMETER PERANCANGAN

Design penelitian ini pada Gambar 3.4 terdiri dari 3 blok perancangan yaitu blok *Transmitter* (Pengirim), blok media transmisi, dan blok *Receiver* (Penerima) dimana masing-masing blok memiliki parameter input yang ditentukan sesuai dengan rekomendasi ITU-T dan sumber referensi pada penelitian sebelumnya.

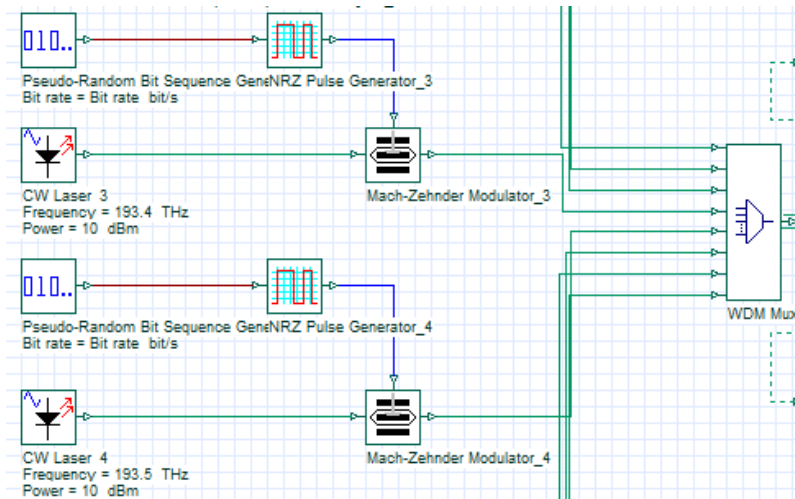


Gambar 3.4 Simulasi Skenario Menggunakan Optisystem 21

3.4.1 Blok *Transmitter* (Pengirim)

Pada Gambar 3.5 merupakan blok simulasi bagian *Transmitter* (Pengirim) yang terdiri dari *CW Laser* yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal dalam bentuk Cahaya dengan rentang frekuensi 193.1 – 193.8 THz dengan spasi kanal 100 GHz

sesuai dengan standard ITU-T G.694.1. *Pseudo-Random Bit Sequence Generator* yang berfungsi untuk mengirimkan informasi dalam bentuk random bit (0 dan 1), kemudian menuju *NRZ Pulse Generator* untuk mengirim sinyal elektrik yang kemudian dimodulasi menggunakan *Modulator Mach-Zehnder*. Masing-masing sinyal informasi dari kanal tersebut akan ditransmisikan melalui *Multiplexer* sebelum masuk ke media transmisi.



Gambar 3.5 Komponen blok *Transmitter* (Pengirim)

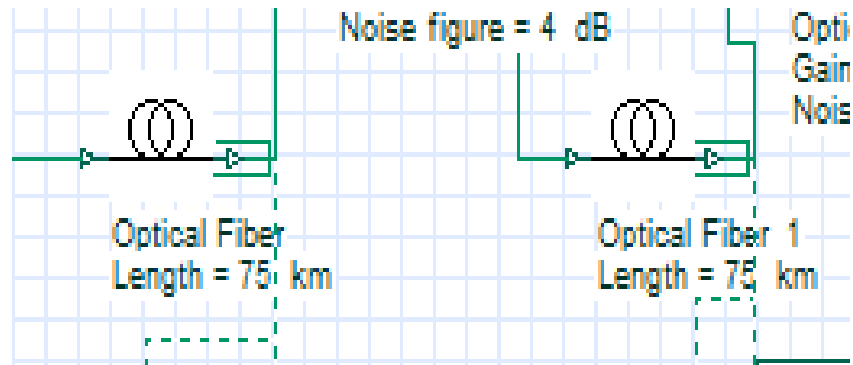
Tabel 3.3 Parameter blok *Transmitter*

| Parameter | Value | Unit |
|-----------------------------|---------------|----------|
| <i>Bit rate</i> | 10-20 | Gbps |
| Sequence length | 128 | bit |
| Samples per bit | 64 | - |
| Symbol rate | E10-9 | Symbol/s |
| Reference Panjang gelombang | 193.1 | THz |
| Jumlah Kanal | 8 | kanal |
| Frekuensi kanal | 193.1 - 193.8 | THz |
| Spasi Kanal | 100 | GHz |
| Power <i>Laser</i> | 10 | dBm |
| <i>Bandwidth</i> | 20 | GHz |

Tabel 3.3 merupakan tabel parameter simulasi yang berada pada sisi pengirim (*Transmitter*) yang akan disimulasikan dimana bitrate akan divariasikan mulai dari 10-20 Gbps.

3.4.2 Blok Media Transmisi

Media Transmisi pada penelitian ini menggunakan jenis serat optik *Single mode Fiber* (SMF) sesuai standar ITU-G.655 seperti pada Gambar 3.6. Panjang link fiber yang digunakan pada penelitian ini pada Tabel 3.2 dengan Panjang link 150 km, Atenuasi 0,2 dB/Km, dan Reference Wavelength 1550 nm.



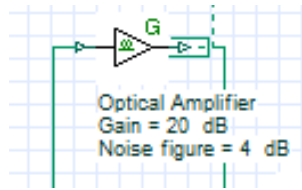
Gambar 3.6 SMF Sebagai Media Transmisi

Tabel 3.4 Parameter blok Media Transmisi

| Parameter | Value | Unit |
|----------------------|-------|-------|
| Panjang <i>link</i> | 150 | Km |
| Attenuasi | 0.2 | dB/Km |
| Reference Wavelength | 1550 | nm |

3.4.3 Blok Penguat

Pada Gambar 3.7 penguat optik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan penguat *EDFA* (*Erbium-doped Fiber Amplifiers*) yang diimplementasikan dengan skema *Inline-PreAmplifier* dimana penguat *EDFA* disusun secara *In-Line Amplifier* yang berfungsi untuk meningkatkan daya sinyal yang sedang bertransmisi didalam serat optik dan diletakkan pada serat optik dan secara *Pre-Amplifier* dengan variasi *Gain EDFA* yang digunakan 5, 10, 15, 20, dan 25 dB untuk meningkatkan daya sinyal yang akan masuk ke *demultiplexer* yang selanjutnya akan dideteksi oleh *Photodetector* dan parameteranya dijelaskan pada Tabel 3.5.



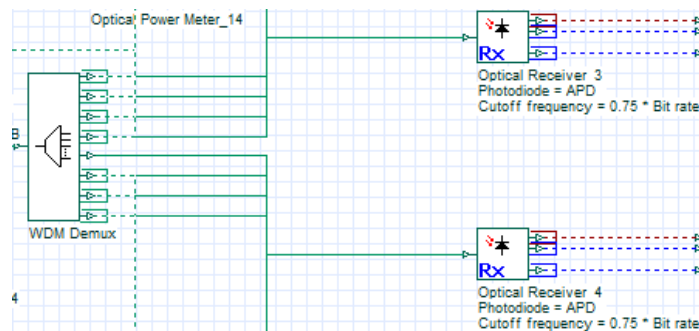
Gambar 3.7 Komponen Penguat *EDFA*

Tabel 3.5 Parameter Penguat *EDFA*

| Parameter | Value | Unit |
|------------------|--------------------------|------|
| Gain <i>EDFA</i> | 5, 10, 15, 20, dan 25 dB | dB |

3.4.4 Blok *Receiver* (Penerima)

Pada Gambar 3.8 blok *Receiver* terdiri dari beberapa komponen diantaranya WDM Demux yang berfungsi untuk memisahkan kembali sinyal informasi yang diterima sesuai dengan masing-masing frekuensi kanal yang kemudian diterima oleh *Photodetector APD*, sebelum sinyal diterima oleh end-user, sinyal informasi tersebut perlu di filter untuk meredam noise yang ada menggunakan Low Pass Bessel Filter dan masing-masing parameter blok *receiver* dijelaskan pada tabel 3.6.



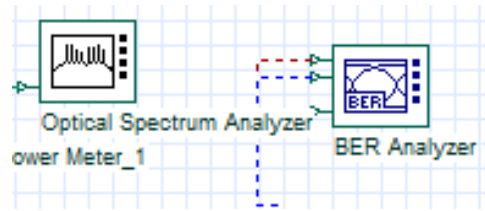
Gambar 3.8 Blok Komponen *Receiver*

Tabel 3.6 Parameter Blok *Receiver* (Penerima)

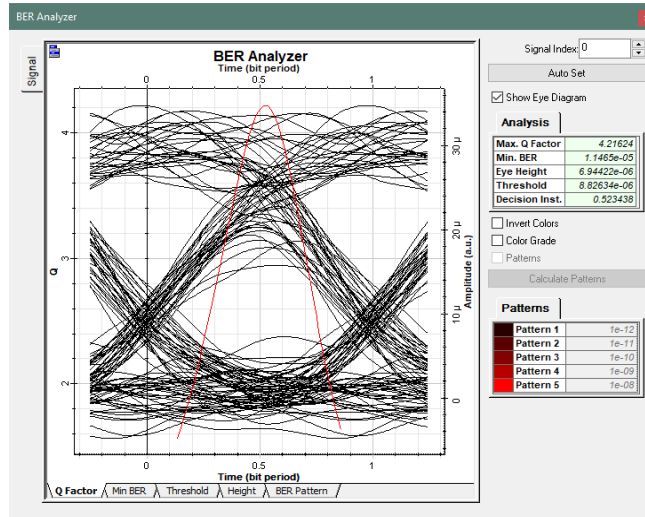
| Parameter | Value | Unit |
|-------------------------|-------------------|-------|
| Jumlah Kanal | 8 | kanal |
| Frekuensi kanal | 193.1 - 193.8 | THz |
| Spasi Kanal | 100 | GHz |
| <i>Bandwidth</i> | 20 | GHz |
| Cut off Filter | 0.75 *Symbol Rate | Hz |
| <i>Gain APD</i> | 3 | - |
| Responsivity <i>APD</i> | 1 | A/W |

3.4.5 Parameter Kinerja Sistem

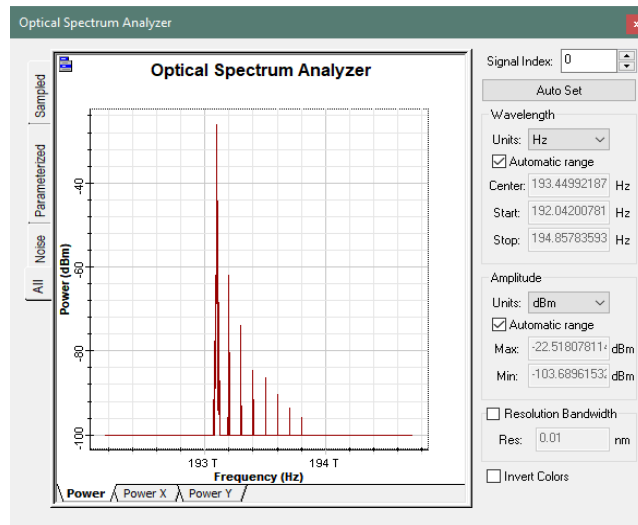
Pada penelitian ini, Gambar 3.9 merupakan komponen *BER Analyzer* digunakan untuk mengetahui nilai parameter kinerja system *BER (Bit Error Rate)* dan *Q-Factor* yang direpresentasikan pada gambar 3.10, dan *Optical Spectrum Analyzer* untuk mengetahui Spektrum Daya Terima yang dihasilkan seperti pada Gambar 3.11 berdasarkan hasil simulasi skenario 1 dan skenario 2.



Gambar 3.9 Parameter Kinerja Sistem



Gambar 3.10 Output BER Analyzer



Gambar 3.11 Output BER Analyzer

3.5 TABEL SKENARIO SIMULASI

Tabel 3.7 berikut merupakan Tabel untuk skenario simulasi yang dilakukan pada penelitian ini

Tabel 3.7 Skenario Simulasi

| No | Skenario | Kanal Frekuensi (THz) | Gain EDFA (dB) | Bit Rate (Gbps) |
|----|---|-----------------------|----------------|-----------------|
| 1 | Perancangan Jaringan DWDM Tanpa menggunakan EDFA | 193.1 - 193.8 | - | 10 |
| | | | - | 13 |
| | | | - | 15 |
| | | | - | 18 |
| | | | - | 20 |
| 2 | Perancangan Jaringan DWDM Dengan menggunakan EDFA | 193.1 - 193.8 | 5 | 10 |
| | | | | 13 |
| | | | | 15 |
| | | | | 18 |
| | | | | 20 |
| | | | 10 | 10 |
| | | | | 13 |
| | | | | 15 |
| | | | | 18 |
| | | | | 20 |
| | | | 15 | 10 |
| | | | | 13 |
| | | | | 15 |
| | | | | 18 |
| | | | | 20 |
| | | | 20 | 10 |
| | | | | 13 |
| | | | | 15 |
| | | | | 18 |
| | | | | 20 |
| 25 | 10 | | | |
| | 13 | | | |
| | 15 | | | |
| | 18 | | | |
| | 20 | | | |

Pada skenario pertama Jaringan DWDM 8 kanal di rancang dengan menggunakan frekuensi kerja 193.1 – 193.8 THz dengan spasi kanal 100 GHz atau

jika dikonversi ke satuan panjang gelombang menjadi 1552 – 1546 nm dimana pada frekuensi tersebut *DWDM* bekerja pada frekuensi *C-Band* (1529 – 1561 nm). Daya laser yang di pancarkan sebesar 10 dBm ditransmisikan menggunakan *Single mode Fiber* sepanjang 150 Km dengan attenuasi 0,2 dB/km yang masih dalam standar attenuasi yang diizinkan pada frekuensi kerja 1550 nm, sehingga sesuai dengan spesifikasi *DWDM* yang rancang. Hasil data berupa parameter kinerja sistem BER (*Bit Error Rate*), *Q-Factor*, dan Spektrum Daya Terima untuk mengetahui seberapa optimal kinerja sistem Jaringan *DWDM* yang dihasilkan tanpa menggunakan penguat *EDFA* pada range *Bit rate* yang di variasikan yaitu 10-20 Gbps. Pengambilan hasil data menggunakan sampel beberapa bit rate berdasarkan variasi Bit rate yang telah di tentukan pada range 10-20 Gbps, yaitu 10, 13, 15, 18, dan 20 Gbps pada masing-masing kanal frekuensi.

Pada skenario kedua Jaringan *DWDM* 8 kanal di rancang sama dengan skenario 1, menggunakan frekuensi kerja 193.1 – 193.8 THz dengan spasi kanal 100 GHz. Daya laser yang di pancarkan sebesar 10 dBm ditransmisikan menggunakan *Single mode Fiber* sepanjang 150 Km dengan atenuasi 0,2 dB/km yang masih dalam standar attenuasi yang diizinkan pada frekuensi kerja 1550 nm, sehingga sesuai dengan spesifikasi *DWDM* yang rancang. Perancangan jaringan *DWDM* menggunakan dua penguat *EDFA*, dimana penguat *EDFA* 1 diposisikan secara In-Line Amplifier (diantara SMF 1 dan SMF 2) guna meningkatkan daya sinyal yang sedang di transmisikan didalam serat optik yang mengalami pelemahan sinyal dan *EDFA* 2 diposisikan secara Pre-Amplifier untuk meningkatkan daya sinyal sebelum masuk ke demultiplexer. Dengan variasi Gain *EDFA* yang digunakan yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 dB. Hasil data berupa parameter kinerja sistem BER (*Bit Error Rate*), *Q-Factor*, dan Spektrum Daya Terima untuk mengetahui seberapa optimal kinerja sistem Jaringan *DWDM* yang dihasilkan setelah menggunakan penguat *EDFA* pada range *Bit rate* yang di variasikan yaitu 10-20 Gbps. Pengambilan hasil data menggunakan sampel beberapa bit rate berdasarkan variasi Bit rate yang telah di tentukan pada range 10-20 Gbps, yaitu 10, 13, 15, 18, dan 20 Gbps pada masing-masing kanal frekuensi atau panjang gelombang dan Gain *EDFA* yang telah di tentukan sesuai pada Tabel 3.2.