

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN

Penelitian ini menggunakan suatu pemodelan untuk menganalisis efek *nonlinear Four Wave Mixing* (FWM) yang terjadi pada sistem komunikasi serat optik dengan *link* DWDM. Media yang diterapkan menggunakan *software OptiSystem 7, Microsoft Excel, dan Software Matlab*, menggunakan perangkat laptop dengan spesifikasi *Windows 8.1 Pro Processor Intel(R) HD GRAPHICS CPU N2840 @ 2,16 Ghz RAM 4.00 GB System Type 64-bit operating system, x64-based processor*.

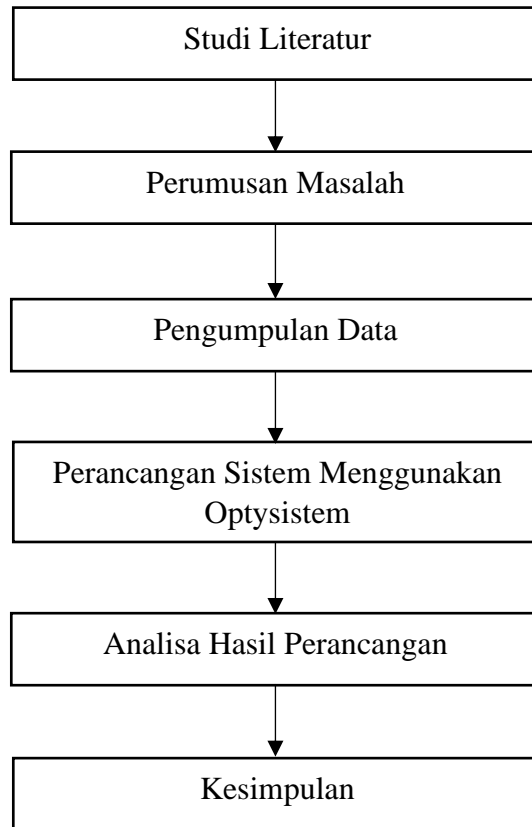
OptiSystem 7 adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi suatu jaringan *fiber optik* mulai dari *sentral* sampai *end-user*, *OptiSystem* juga mendukung untuk perencanaan, pengujian dan simulasi jaringan serat optik. Perangkat lunak ini merupakan alat yang lebih komprehensif untuk desain dan simulasi dari serat optik lapisan jaringan transportasi modern.

3.2 ALUR PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu melakukan kajian pustaka dengan melihat penelitian sebelumnya lalu masuk ke perumusan masalah yang tujuannya agar mendapatkan permasalahan yang akan dianalisis, selanjutnya pengumpulan data dimana nanti nya data yang diperoleh akan dimasukkan pada perancangannya, data didapatkan dari acuan ITU-T dan juga acuan pada penelitian sebelumnya yang nantinya akan divariasikan sesuai skenario penelitian, Selanjutnya masuk pada perancangan sistem, perancangan sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah *link* DWDM dengan acuan ITU-T Rec G-694.1 sekaligus memasukkan data yang sudah diperoleh sebelumnya yang terdiri dari penentuan parameter dan input parameter yang akan diujikan pada penelitian ini yaitu jarak *link*, daya *transmitter* dan *bitrate*.

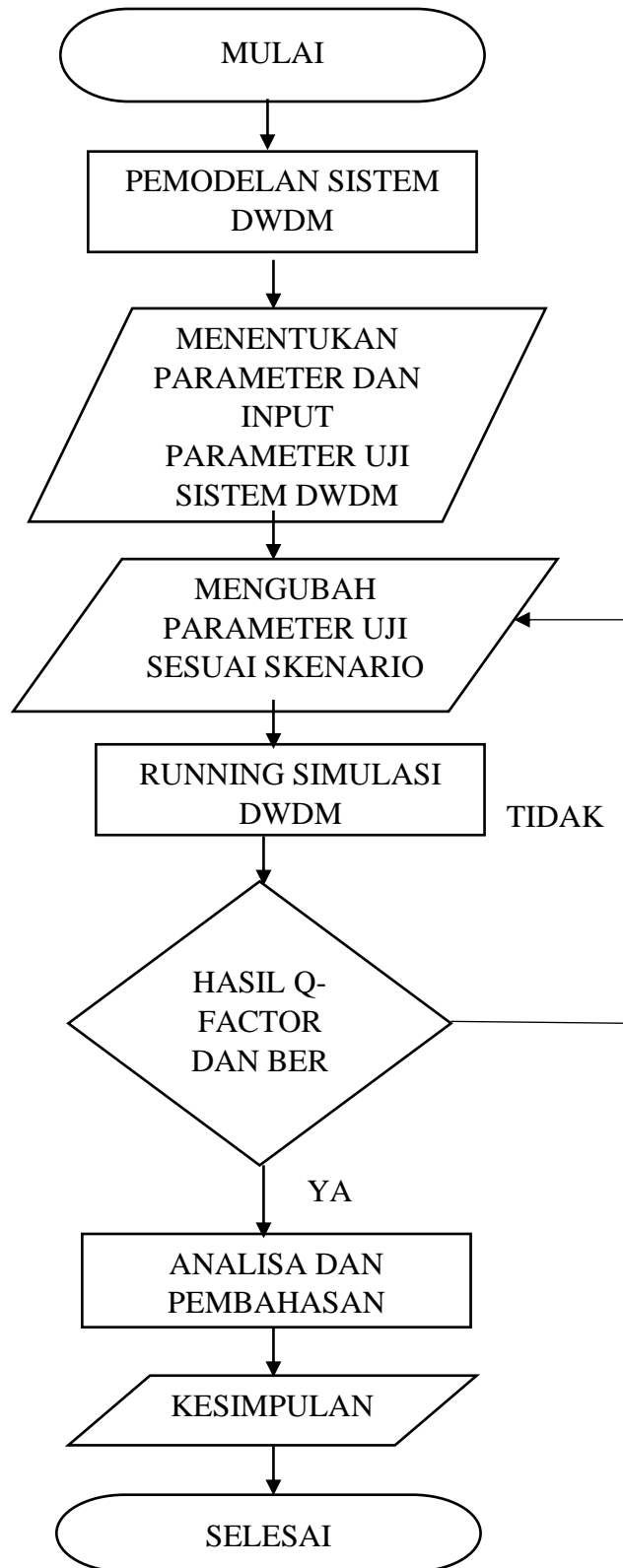
Setelah perancangan sistem maka yang akan dilakukan adalah mensimulasikan rancangan tersebut apakah sudah berhasil atau tidak, jika sudah berhasil maka selanjutnya adalah akan dilakukan menganalisis data pengujian yang telah didapatkan dari rancangan tersebut dan terakhir adalah melakukan tahap

penarikan kesimpulan dari hasil yang sudah didapatkan dari tahap pengujian sistem. Keterkaitan masing-masing tahapan digambarkan pada blok diagram pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini, parameter yang digunakan sebagai hasil simulasi yang dihasilkan adalah Q -factor dan BER. Tahap perancangan adalah memasukkan nilai variasi daya *input*, panjang jarak fiber optik dan variasi *bitrate*. Berdasarkan rekomendasi ITU-T G.694.1, ITU-T menyediakan grid kanal DWDM sebesar 0.2 nm, 0.4 nm, 0.8 nm, dan 1.6 nm tetapi pada penelitian ini hanya menggunakan spasi kanal 0.8 nm. Nilai panjang jarak *fiber* optik yang digunakan adalah Kisaran – Lubuk Pakam yang berjarak 151 Km, Panyabungan – Rantau Prapat yang berjarak 272 Km, Gunung Tua – Tanjung Balai yang berjarak 293 Km, Padang Sidempuan – Lubuk Pakam yang berjarak 417 Km. Sedangkan nilai variasi *bitrate* yang digunakan adalah 10 Gbps, 40 Gbps, dan 100 Gbps.



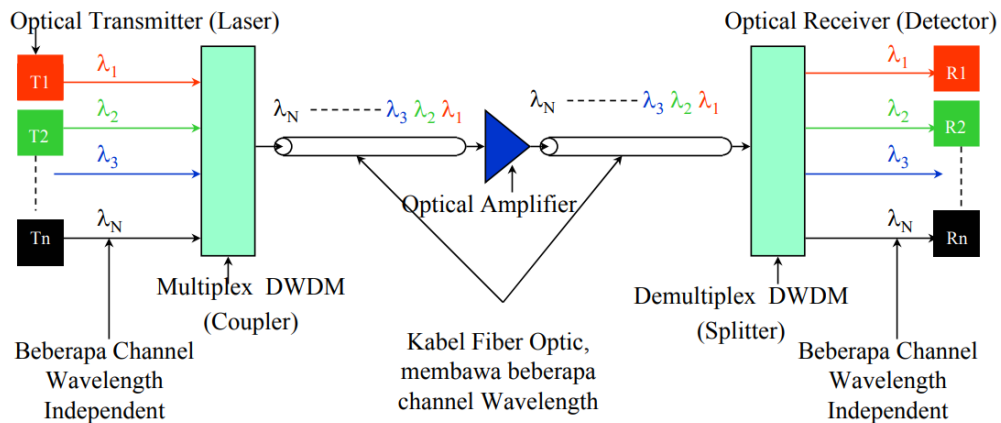
Gambar 3.2 Penjelasan Diagram Alir dari Simulasi Penelitian

Pada Gambar 3.2 merupakan *flowchart* simulasi pada penelitian ini dimana dimulai dari membuat pemodelan sistem yaitu yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem DWDM yang diatur sesuai standar ITU-T Rec G-694.1 . Menentukan

parameter setiap perangkat juga dengan mengacu pada ITU-T yang sudah disesuaikan pada penelitian ini, lalu mengubah parameter tersebut sesuai dengan skenario pada penelitian yaitu mengubah nilai *bitrate* dengan 10 Gbps, 40 Gbps dan 100 Gbps, jarak *link* dengan 151 Km, 272 Km, 293 Km, 417 Km dan daya *transmitter* dengan variasi nilai daya 0, 1, 2, 3, dan 4 dBm. Tahap pengujian atau *running* simulasi DWDM dapat dilakukan jika seluruh persiapan sudah tersusun dengan baik dan benar sesuai standar ITU-T, baik pada bagian rangkaiannya maupun dari nilai-nilainya. Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui hasil yang dikeluarkan oleh suatu rangkaian sistem komunikasi serat optik dengan adanya efek *nonlinear four wave mixing* apakah akan menjadi suatu sistem yang baik atau tidak yang hasilnya tersebut dapat dilihat dari *Q-factor* dan BER yang ada dan pengaruh FWM yang dapat dilihat dari BER *analyzer*. Jika terdapat kesalahan pada sistem tersebut, akan dilakukan perbaikan sistem atau rancangannya. Tahap berikutnya adalah pengambilan hasil simulasi dan proses analisis dari semua keluaran yang dihasilkan pada simulasi tersebut.

Pengambilan hasil data dan proses analisis penelitian ini dilihat dari nilai *Q-factor* dan BER, dengan melihat efek *nonlinear four wave mixing* yang dihasilkan pada masing-masing percobaan, dimana ada beberapa percobaan yang dilakukan pada penelitian ini dilihat dari banyaknya sampel variasi daya *transmitter*, panjang *link* fiber optik dan variasi besar *bitrate* yang digunakan. Sistem komunikasi serat optik dengan adanya efek *nonlinear four wave mixing* dengan beberapa variasi masukan dapat dikatakan baik jika untuk nilai *Q-factor* yang dihasilkan besar dan BER yang dihasilkan bernilai kecil. Seperti proses analisis pada hasil BER dan *Q-factor* diatas, bahwa jika perubahannya tidak terlalu besar maka masih dapat digunakan dengan baik, sedangkan jika perubahan yang terjadi sudah terlalu besar maka dimungkinkan akan merugikan suatu kinerja sistem yang ada. Nilai BER yang baik adalah sebesar 10^{-9} lebih atau sedangkan minimal nilai *Q-Factor* adalah 6. Apabila hasil pengujian tersebut sudah sesuai dengan adanya efek *nonlinier*, maka dilakukan analisis mengenai perubahan nilai BER dan *Q-factor* pada variasi penelitian ini.

3.3 KONFIGURASI SISTEM

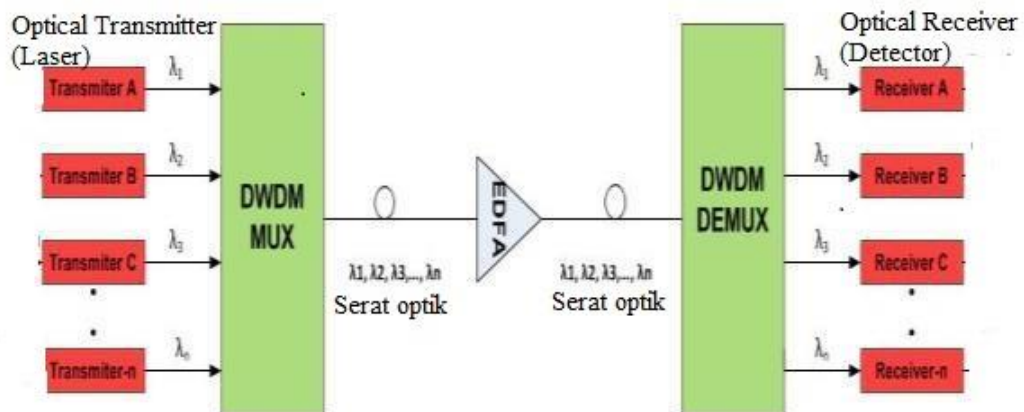


Gambar 3.3 Konfigurasi Sistem Penelitian[17].

Pada Gambar 3.3 merupakan konfigurasi sistem penelitian ini Pada dasarnya, Konfigurasi sistem DWDM terdiri dari sekumpulan *transmitter* yang diawali dengan T1, T2, T3, Tn... : *Optical Transmitter (Laser)* berfungsi untuk mengubah sinyal dengan daya elektrik menjadi sinyal dengan daya optik, dan diteruskan ke Mux DWDM. Mux DWDM berfungsi untuk Menggabungkan sinyal dengan daya optik dari *Optical Transmitter (laser)* menjadi satu (paralel ke serial *converter*). *Multiplex* ini juga disebut sebagai “*coupler* atau *combiner*”. Selanjutnya pada kabel Fiber Optik berfungsi sebagai media transmisinya, menyalurkan sinyal optik dari pengirim (T) ke penerima (R).

Optical Amplifier akan memperkuat sinyal optik, agar mempunyai daya selalu stabil, sama dengan pada saat keluar dari Laser. Demux DWDM berfungsi untuk mengubah dari sinyal optik serial menjadi sinyal optik paralel serial ke paralel *converter*). Demultiplex ini juga disebut sebagai “*Splitter* atau *decombiner*”. Pada perangkat yang terakhir adalah R1, R2, R3, Rn... : *Optical Receiver (Detector)* yang berfungsi untuk mengubah dari Sinyal dengan daya optik menjadi sinyal dengan daya elektrik. Nilai pada perangkat tersebut sudah mengacu pada ITU-T yang akan dijelaskan pada Subbab 3.4 yaitu tahap perancangan sistem pada penelitian ini[17].

3.4 RANCANGAN SISTEM



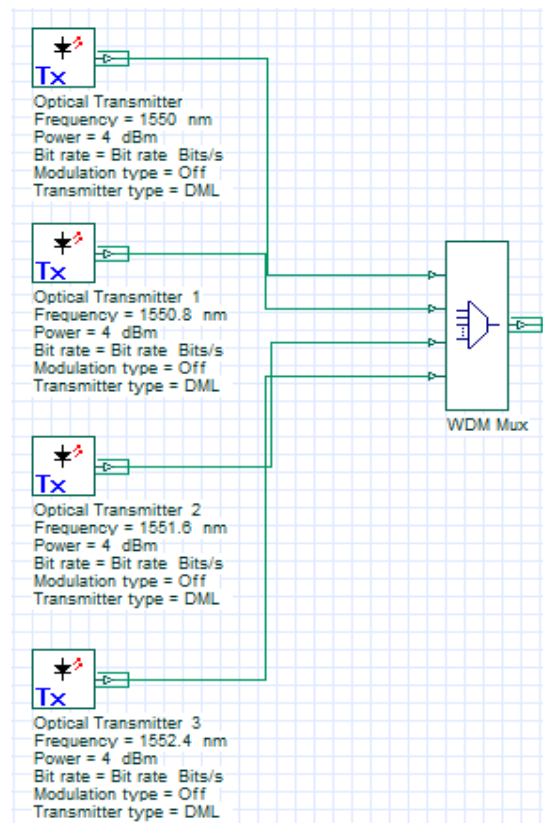
Gambar 3.4 Rancangan Sistem Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi dan analisis terjadinya *Four Wave Mixing* pada platform *OptiSystem* dengan diagram blok sistem seperti pada gambar 3.2. Rancangan Sistem Penelitian sistem terbagi menjadi tiga yaitu blok pengirim, blok transmisi, dan blok penerima. Blok pengirim terdiri dari sumber optik atau laser dengan menggunakan 4 channel panjang gelombang laser yang frekuensinya memiliki nilai 1550nm dimana nantinya setiap channel akan berbeda nilai dari frekuensinya sesuai dengan spasi kanal masing-masing yang akan dijelaskan pada blok pengirim pada berikutnya, dan daya transmitter sesuai dengan standar dari masing-masing perangkat, namun setiap jarak link berbeda nilai pada daya transmitter nya dan multiplexer yang berfungsi sebagai menggabungkan 4 channel tersebut agar ditransmisikan kepada receiver, pada multiplexer ini belum terlihat adanya efek *non-linier* karena sinyal masih terlihat jelas dan belum terlihat muncul sinyal informasi baru yang tidak diinginkan karena pada multiplexer belum memasukkan efek *non-linier* nya, blok transmisi terdiri dari serat optik dan EDFA, tetapi sebelum masuk ke serat optik akan ada *loss splicer* yang fungsinya untuk mengatur redaman pada kabel tersebut atau alat penyambung pada kabel serat optik karena jarak yang jauh. Pada serat optik yang berfungsi sebagai kabel yang akan ditransmisikan ke receiver dan pada serat optik juga terdapat efek *nonlinier* FWM nya dimana pada serat optik ini akan ada muncul sinyal informasi baru yang tidak diinginkan dan ikut ditransmisikan ke receiver sehingga nilai pada *Q-factor* dan BER akan memburuk, efek *nonlinier* tersebut adalah dengan memasukkan nilai $n_2 = 2.6 \times 10^{-20} \text{ m}^2 / \text{W}$ pada serat optik dan panjang serat yang akan diubah parameternya sesuai dengan spesifikasi pada penelitian ini. Sedangkan pada EDFA yang berfungsi

sebagai penguat karena semakin jauh jarak panjang serat optik maka semakin lemah sinyal tersebut dan mengakibatkan tidak terlihat nilai pada Q -factor maka dari itu diperlukan beberapa EDFA pada rangkaian tersebut yang digunakan sebagai penguat. Pada serat optik juga akan terlihat fenomena efek *nonlinier* jenis FWM yaitu beberapa sinyal muncul yang tidak di inginkan dan ikut ditransmisikan ke *receiver* untuk lebih detail akan dijelaskan pada subab blok transmisi, dan blok penerima terdiri dari *demultiplexer* dan detektor optik, pada penelitian ini *demultiplexer* berfungsi menerima dari *transmitter* yang akan dikirimkan ke *receiver* yaitu *photodetector* APD sebagai detektor optik. APD secara internal melipat gandakan arus foto sinyal primer sebelum memasuki sirkuit penguat sehingga meningkatkan *sensitifitas* penerima. APD digunakan untuk komunikasi jarak jauh dan dapat bekerja pada panjang gelombang 1300 nm, 1500 nm serta 1550 nm dengan kualitas yang baik. APD ini memiliki respon dan *senitivitas* yang tinggi terhadap LASER sebagai pembawa gelombang optik informasi.

Terdapat dua skenario yang dilakukan dalam penelitian ini. Skenario pertama, variabel - variabel yang dirubah adalah *bitrate link* dan jarak *link*. *Bitrate* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 Gbps, 40 Gbps, dan 100 Gbps. Lalu jarak yang digunakan adalah Kisaran – Lubuk Pakam yang berjarak 151 Km, Panyabungan – Rantau Prapat yang berjarak 272 Km, Gunung Tua – Tanjung Balai yang berjarak 293 Km, Padang Sidempuan – Lubuk Pakam yang berjarak 417 Km dan berdasarkan standar ITU-T Rec G-694.1 pada simulasi ini digunakan DWDM dengan spasi kanal sebesar 100 Ghz artinya, setiap *channel* pada sistem ini akan memiliki selisih frekuensi sebesar 100 Ghz atau setara dengan 0.8 nm. Pada skenario kedua, variabel yang dirubah adalah daya *transmitter*. Nilai daya *transmitter* yang digunakan adalah 0, 1, 2, 3, dan 4 dBm.

3.3.1 Spesifikasi Blok Pengirim



Gambar 3.5 Blok Pengirim

Pada Gambar 3.5 ini merupakan blok pengirim yang akan digunakan pada penelitian, yaitu Sesuai dengan Gambar 3.3, blok pengirim pada penelitian ini terdiri dari laser sebagai sumber optik, dan DWDM sebagai *multiplexer*. Gambar 3.3 di atas merupakan salah satu dari blok pengirim yang digunakan dalam penelitian ini. Pada blok pengirim tersebut, *input* dari TX yang digunakan untuk penelitian ini adalah bervariasi dan untuk *bitrate* yang digunakan adalah 10Gpbs, 40Gpbs dan 100 Gpbs.

Bitrate diatur pada komponen *layout* yang terdapat pada sistem. Tujuan dari pemilihan parameter yang bervariasi tersebut adalah karena terdapat penelitian sebelumnya menggunakan variasi daya yang sama. Pada jenis efek *nonlinear* yang lain selain *four wave mixing* ini, dan dilakukan perkembangan lain dengan menggunakan dua besar *bitrate* sebagai perbandingan *bitrate* manakah yang lebih baik digunakan jika dalam suatu sistem terdapat efek *nonlinear* FWM ini.

Laser merupakan sumber optik yang memancarkan cahaya karena mekanisme pancaran emisi terstimulasi. Karena pancaran cahaya yang memusat inilah maka laser cocok digunakan dalam sistem komunikasi serat optik jarak jauh.

Laser digunakan didalam penelitian kali ini karena jarak yang jauh antara pengirim dan penerima. Terdapat 4 macam jarak yang digunakan dalam penelitian ini dengan melihat jarak antara kota pada Provinsi Sumatera Utara, yaitu Kisaran – Lubuk Pakam yang berjarak 151 Km, Panyabungan – Rantau Prapat yang berjarak 272 Km, Gunung Tua – Tanjung Balai yang berjarak 293 Km, Padang Sidempuan – Lubuk Pakam yang berjarak 417 Km.

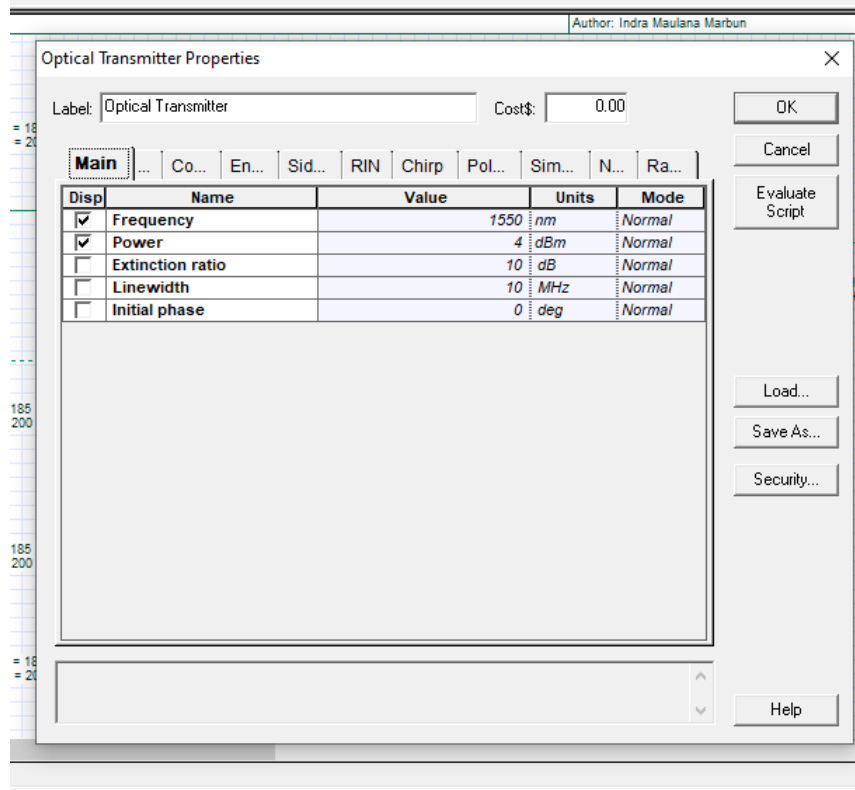
Karena jarak yang jauh maka diperlukan daya laser yang besar. Perhitungan yang tepat untuk besarnya daya laser yang dibutuhkan juga sangat diperlukan. Namun, setiap perangkat pemancar laser tidak akan bisa diatur penggunaan dayanya sesuai keinginan, karena setiap perangkat memiliki spesifikasi masing-masing. penelitian ini menggunakan beberapa spesifikasi perangkat sumber laser sesuai dengan besarnya *bitrate*, seperti yang tertera di Tabel 3.1. Pada link dengan *bitrate* 10 Gbps, *maximal power launch* yang dapat digunakan adalah 4 dBm, sedangkan *minimal power launch* yang digunakan adalah 0 dBm. Pada link dengan *bitrate* 40 Gbps, *maximal power launch* yang digunakan adalah 3 dBm, sedangkan *minimal power launch* yang dapat digunakan adalah 0 dBm. Lalu pada link dengan *bitrate* 100 Gbps, *maximal power launch* yang dapat digunakan adalah 2.9 dBm, dan *minimal power launch* yang digunakan adalah -2.5 dBm.

Tabel 3.1 Besarnya Daya Pada Transciever Sesuai Spesifikasi Perangkat

No	Bitrate	Maximal Power Launch	Minimal Power Launch	Receiver Sensitivity
1	10 Gbps	4 dBm	0 dBm	-28 dBm
2	40 Gbps	3 dBm	0 dBm	-28 dBm
3	100 Gbps	2.9 dBm	-2.5 dBm	-28 dBm

Dengan parameter - parameter yang digunakan pada perangkat laser adalah:

- a. *Bitrate* : 10 Gbps, 40 Gbps, dan 100 Gbps
- b. *Modulation Type* : *On Off Keying*
- c. *Transmitter Type* : *Direct Modulation Laser (DML)*



Gambar 3.6 Parameter Yang Digunakan Pada Perangkat Laser

Gambar 3.6 menunjukkan tampilan pada *Optical Transmitter Properties* untuk mengatur parameter laser pada *OptiSystem* sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Parameter - parameter yang diatur pada *optical transmitter properties* adalah panjang gelombang dari setiap *link*, daya *transmitter* yang digunakan, *modulation type*, dan *transmitter type*.

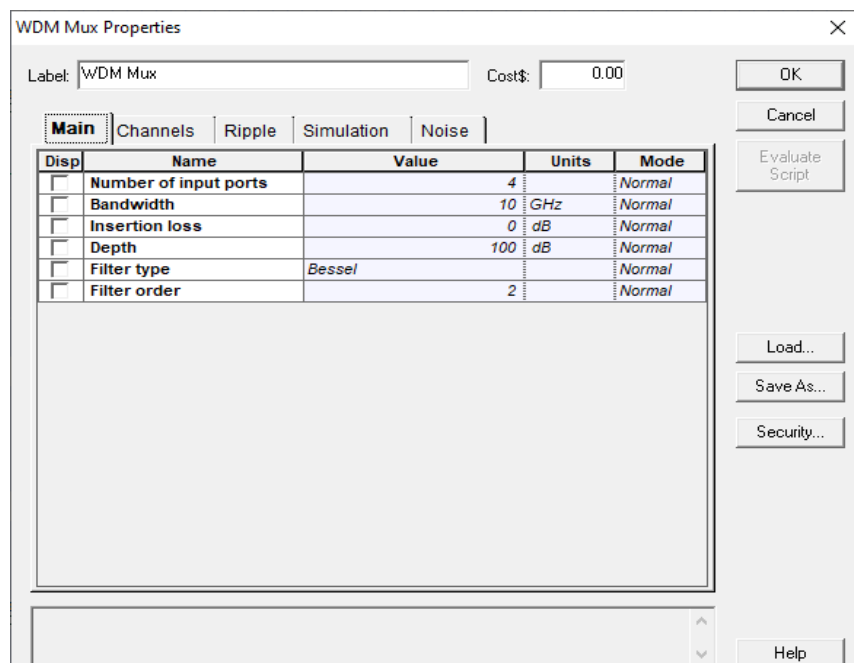
Tabel 3.2 Konversi Frekuensi spasi kanal 0.8 nm

<i>Central Frequency (Thz)</i>	<i>Central Wavelength (nm)</i>
193.4144	1550
193.3147	1550.8
193.2150	1551.6
193.1154	1552.4

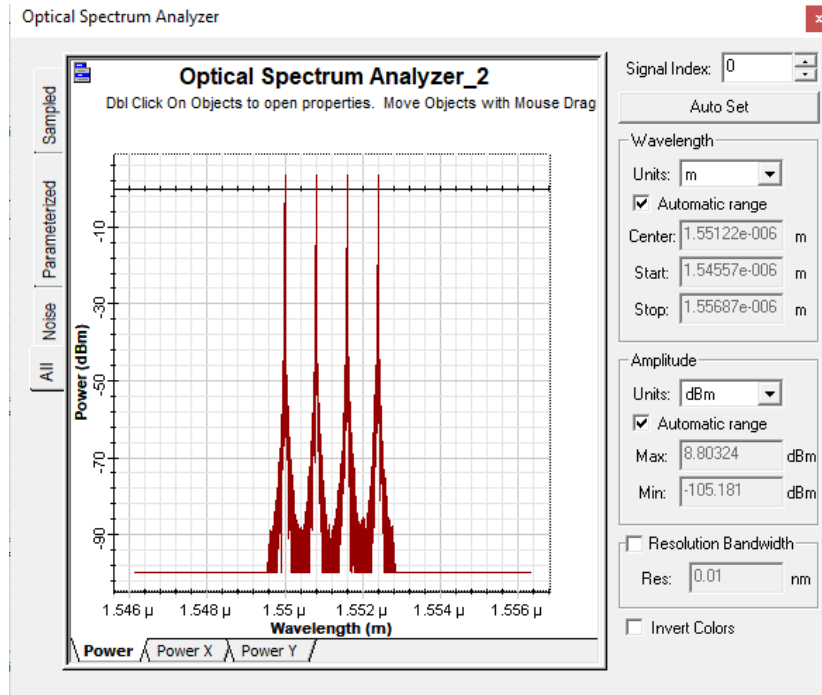
Multiplexer digunakan untuk mengirimkan sinyal pada panjang gelombang yang berbeda-beda secara bersamaan dalam satu fiber. *Multiplexer* yang digunakan yaitu *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) karena perangkat ini memiliki kemampuan untuk mengirimkan panjang gelombang dalam jumlah yang banyak dan untuk jarak yang jauh, dan mampu mentransmiskan semuanya dalam satu fiber, sehingga penggunaan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) ini

merupakan pilihan yang tepat untuk penelitian ini.

Multiplexer digunakan untuk mengirimkan sinyal pada panjang gelombang yang berbeda-beda secara bersamaan dalam satu fiber, sesuai dengan penelitian kali ini yang akan mengirimkan 4 gelombang yang berbeda secara bersamaan. Karena alasan itu penelitian ini menggunakan perangkat *multiplexer*. *Multiplexer* yang digunakan yaitu *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)*. Penggunaan DWDM ini dikarenakan perangkat ini memiliki kemampuan untuk mengirimkan panjang gelombang dalam jumlah yang banyak dan untuk jarak yang jauh serta mampu mentransmisikan semuanya ke dalam 1 fiber saja, sehingga penggunaan DWDM ini merupakan pilihan yang tepat untuk penelitian ini.



Gambar 3.7 Parameter yang digunakan pada perangkat *multiplexer*

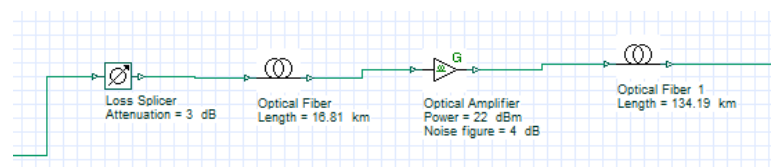


Gambar 3.8 Spektrum sinyal hasil keluaran dari *multiplexer*

Gambar 3.8 menunjukkan *spektrum* sinyal yang dihasilkan oleh *multiplexer* setelah keempat panjang gelombang melewati perangkat *multiplexer*. Dan setelah melewati perangkat *multiplexer*, sinyal di transmisikan secara bersamaan dalam satu serat optik.

Spasi kanal pada *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) menentukan kualitas baik atau buruknya suatu performansi, semakin kecil spasi kanal maka kemungkinan terjadinya efek *non linearitas* semakin besar. Panjang Gelombang yang digunakan pada skenario pertama adalah 1550, 1550.8, 1551.6, 1552.4. Dari panjang gelombang yang digunakan tersebut terlihat besarnya spasi kanal yang digunakan sebesar 0,8 nm.

3.3.2 Blok Transmisi



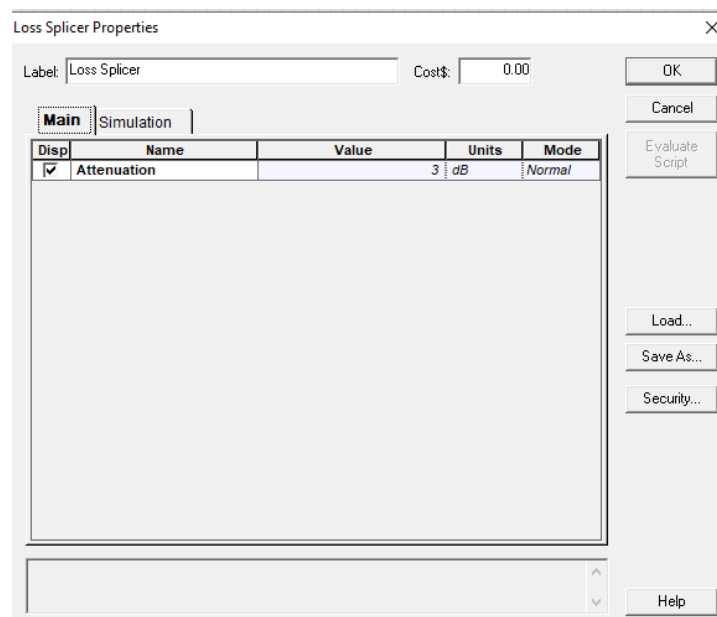
Gambar 3.9 Blok Media Transmisi

Media transmisi pada penelitian ini terdiri dari serat optik yang sudah melewati blok pengirim dan *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) sebagai penguat optik, namun setiap *bitrate* berbeda jumlah EDFA yang digunakan karena lebih besar *bitrate* maka lebih banyak sinyal yang dikirimkan maka dari itu diperlukan penguat

agar sampai ke *receiver*. Serat Optik sebagai media transmisi berfungsi sebagai merambatkan cahaya pada sistem komunikasi serat optik. Serat optik yang digunakan pada penelitian ini yaitu berjenis *single mode*, serat optik yang digunakan pada penelitian ini berjenis *single mode* dikarenakan serat optik jenis ini memiliki banyak kelebihan seperti *bandwidth* yang lebar sehingga memungkinkan transmisi kanal yang banyak, dan memiliki efek dispersi yang minim berdasarkan ITU-T G.652 serat ini cocok untuk panjang gelombang antara 1530 nm dan 1565 nm (C Band). Agar mendapatkan efek *non linieritas* pada simulasi yang akan dilakukan. Penggunaan serat optik *single mode* dikarenakan serat optik jenis ini memiliki banyak kelebihan seperti *bandwith* yang lebar sehingga memungkinkan transmisi kanal yang banyak.

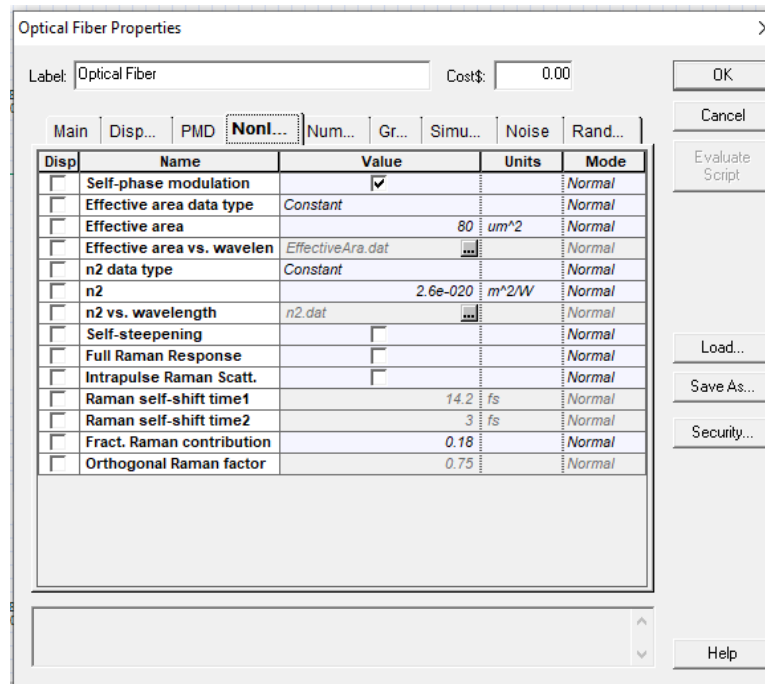
Agar mendapatkan efek *non-linearitas* pada simulasi yang dilakukan, serat optik yang digunakan adalah serat optik yang mempunyai indeks *nonlinear* (n_2) dengan nilai sebesar $n_2 = 2.6 \times 10^{-20} \text{ m}^2 / \text{W}$, dari nilai yang di dapat serat optik akan disimulasikan dan akan menimbulkan sinyal baru yang tidak diinginkan dari ketidak linearan *Four Wave Mixing* (FWM) pada fiber.

Namun pada fabrikasi serat optik, serat tidak akan dibuat dengan panjang yang tidak terhingga karena akan terjadi pelemahan daya saat pentransmisian sinyal. Oleh karena itu, industri akan membuat serat optik dengan panjang 2 km agar serat optik dapat digunakan dengan baik dan mudah dalam distribusi. Maka dalam penelitian ini akan digunakan *splicer* yang berfungsi untuk menyambung serat.



Gambar 3.10 Parameter *Loss Splicer*

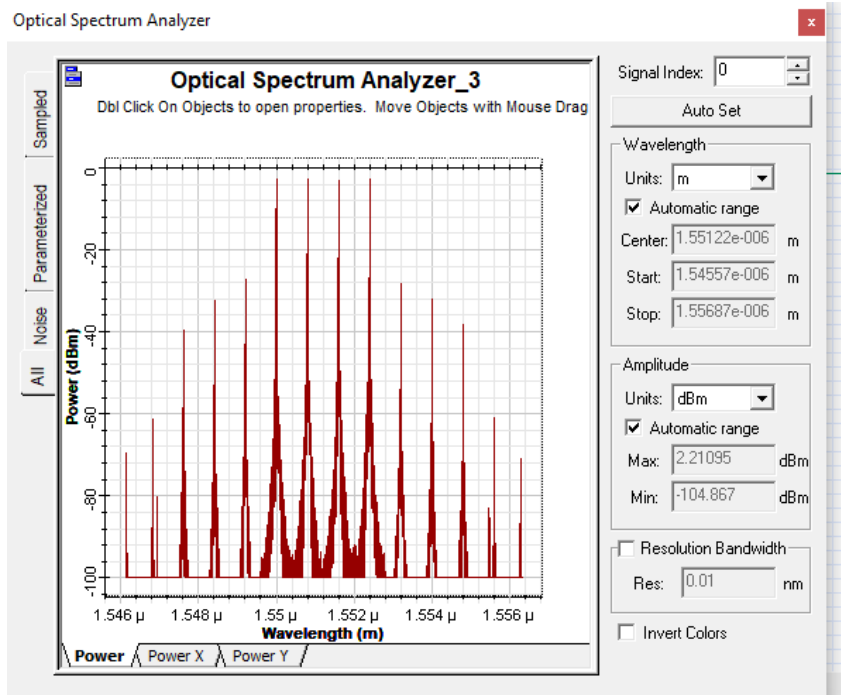
Gambar 3.10 Menunjukkan tampilan *Loss Splicer Properties* untuk mengatur parameter *loss splicer* pada serat optik yang digunakan sesuai dengan banyaknya *splicer* pada masing - masing jarak. Pada perangkat atenuasi terdapat 3dB namun setiap panjang serat berbeda nilai dari *loss splicer*, maka dari itu pada penelitian ini menggunakan acuan dari standar ITU-T G.651 yaitu nilai pada perangkat *loss splicer attenuation* adalah ≤ 0.28 dB/km.



Gambar 3.11 Parameter Pada Serat Optik Dengan Indeks Bias *Nonlinear*

Pada *optical fiber properties*, parameter yang diatur adalah panjang dari serat optik yang digunakan, besarnya redaman yang terdapat pada serat optik, dan besarnya indeks bias *non-linear* yang di bangkitkan pada serat yaitu dengan menggunakan serat optik yang mempunyai indeks *non-linear* (n_2) dengan nilai sebesar $n_2 = 2.6 \times 10^{-20} \text{ m}^2 / \text{W}$.

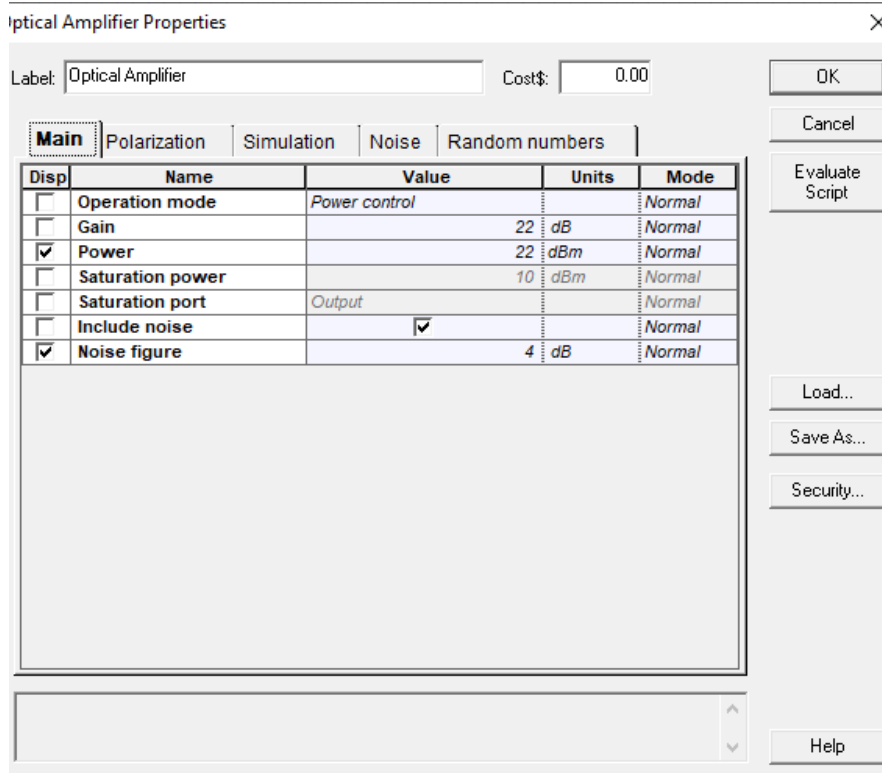
Setelah indeks bias *non linear* dibangkitkan pada serat, spektrum sinyal akan berubah karena mengalami efek *non-linear Four Wave Mixing*, sehingga akan muncul beberapa spektrum sinyal tambahan yang tidak diinginkan. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.12 Spektrum Sinyal Dengan Indeks Bias *Nonlinear*

Pada Gambar 3.12 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa sinyal baru yang muncul setelah proses *Four Wave Mixing* (FWM) terjadi. Sinyal - sinyal baru tersebut merupakan sinyal yang tidak diinginkan karena hanya 4 sinyal saja yang seharusnya terkirim. Dalam Gambar 3.12 di atas, terdapat 4 sinyal asli dan 10 sinyal tambahan, namun hanya 6 sinyal saja yang terlihat signifikan karena besar dayanya tidak memiliki perbedaan yang jauh dengan sinyal asli yang dikirimkan.

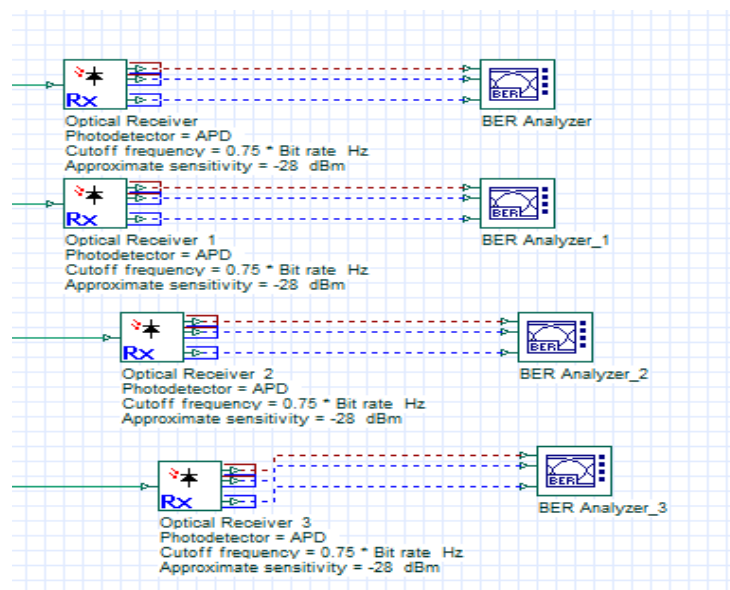
EDFA atau *Erbium-doped Fiber Amplifier* digunakan dalam penelitian ini sebagai penguat optik. Penguat optik ini dibutuhkan karena daya yang dikirimkan dari transmitter akan semakin melemah seiring dengan jauhnya jarak transmisi. Penggunaan EDFA dikarenakan sangat cocok dalam komunikasi jarak jauh karena *Erbium-doped Fiber Amplifier* (EDFA) sangat efisien dalam penguatan daya sinyal pada serat optik.



Gambar 3.13 Parameter Yang Digunakan Pada Perangkat EDFA

Gambar 3.13 menunjukkan tampilan *optical amplifier properties* untuk mengatur parameter-parameter pada EDFA sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pada *optical amplifier properties*, parameter-parameter yang diatur adalah besarnya gain yang digunakan dalam simulasi. Penelitian ini menggunakan *gain* sebesar 22 dB sesuai dengan spesifikasi EDFA digunakan untuk penelitian ini.

3.3.3 Blok Penerima

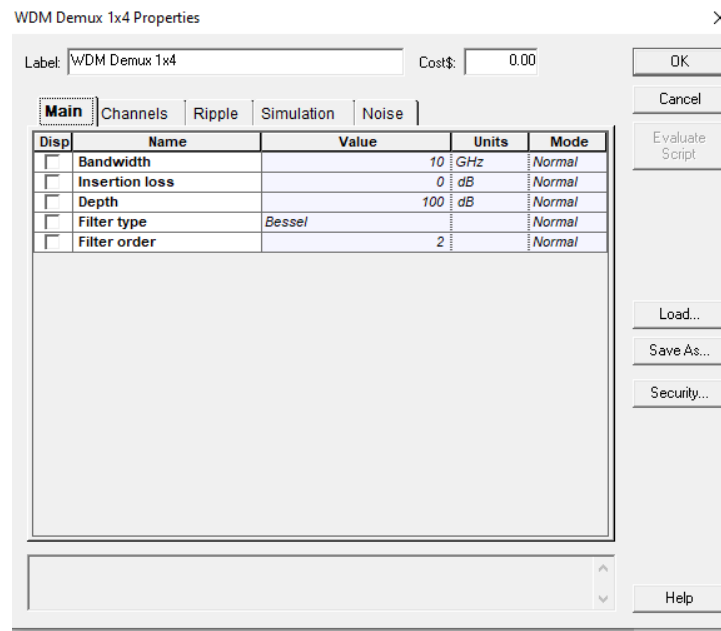


Gambar 3.14 Blok Penerima

Gambar 3.14 merupakan Blok penerima dalam penelitian ini yang terdiri dari perangkat *demultiplexer*, *photodetector APD* sebagai detektor dan *optical receiver* untuk melihat hasil.

Terminal *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) demultiplexer* ini merupakan kebalikan dari *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) multiplexer*. *Demultiplexer* diperlukan karena dapat memisahkan panjang gelombang yang terdapat dalam satu *fiber* ke dalam *fiber* yang berbeda. Sehingga setelah sinyal melewati *demultiplexer* maka setiap *fiber* hanya berisi 1 panjang gelombang saja. Telah dijelaskan bahwa penggunaan *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* ini dikarenakan perangkat ini memiliki kemampuan untuk menerima panjang gelombang dari jarak yang jauh dan dapat memisahkan panjang gelombang yang tadinya berada dalam dalam 1 fiber menjadi terpisah satu dengan yang lain, sehingga penggunaan *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* ini merupakan pilihan yang baik dalam penelitian ini.

Dalam penelitian ini, *Dense Wavelength Dense Multiplexing (DWDM)* akan memisahkan empat buah panjang gelombang dari satu serat optik *single mode* ke dalam empat buah serat optik *single mode* secara bersamaan.



Gambar 3.15 Parameter Yang Digunakan Pada Perangkat *Demultiplexer*

Pada Gambar 3.15 menunjukkan tampilan *WDM demux properties* untuk mengatur parameter - parameter pada perangkat *demultiplexer* sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pada *WDM demux properties*, parameter - parameter

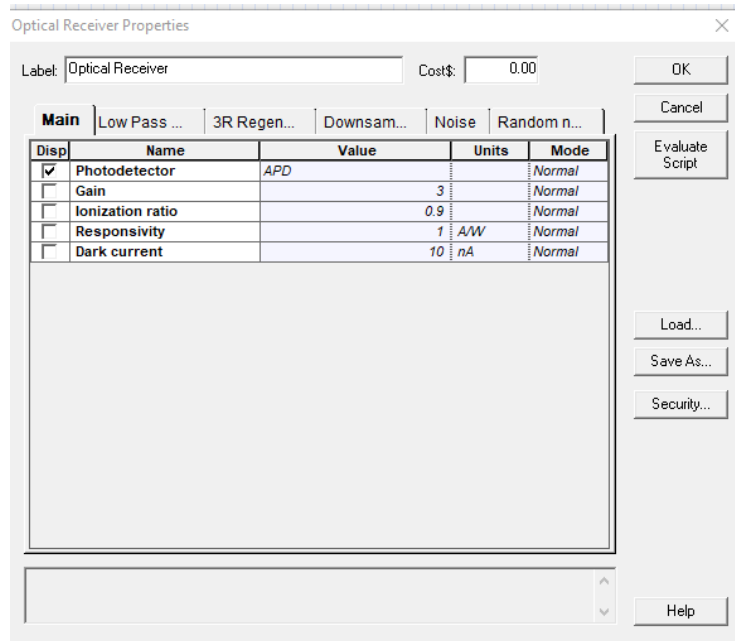
yang diatur adalah banyaknya kanal yang digunakan, panjang gelombang yang digunakan, dan spasi kanal yang digunakan dalam simulasi ini.

Penggunaan *Photodetector* APD pada penelitian ini sebagai detektor optik. Detektor optik berfungsi untuk menerima cahaya yang telah ditransmisikan dan merubahnya kembali dari sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. *Photodetector* APD memiliki karakteristik *high response*, sensitif, memiliki *noise* yang rendah, tidak sensitif terhadap suhu, cocok dengan komunikasi serat optik jarak jauh, murah, dan tahan lama. Dalam penelitian ini digunakan perangkat yang sama dengan perangkat sumber optik karena *Small form-factor pluggable transceiver* (SFP) merupakan perangkat *transceivers (transmitter-receiver)* yang memiliki sensitivitas detektor sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Sensitivitas Penerima Sesuai Spesifikasi Perangkat

No	Bitrate	Receiver Sensitivity
1	10 Gbps	-28 dBm
2	40 Gbps	-28 dBm
3	100 Gbps	-28 dBm

Pada Tabel 3.3 dapat dilihat bahwa besarnya *receiver sensitivity* sama untuk setiap perangkat pada *bitrate* yang berbeda dengan nilai tersebut sudah memenuhi standar ITU-T yaitu minimal -28 dBm. Besarnya *receiver sensitivity* ini memiliki arti bahwa hanya sinyal yang memiliki daya lebih dari besarnya *receiver sensitivity* yang akan diterima oleh perangkat *photodetector*. Pada simulasi link dengan *bitrate* 10 Gbps, besarnya *receiver sensitivity* adalah -28 dBm. Pada simulasi link dengan *bitrate* 40 Gbps, besarnya *receiver sensitivity* adalah -28 dBm. Dan pada simulasi link dengan *bitrate* 100 Gbps, besarnya *receiver sensitivity* adalah -28 dBm.



Gambar 3.16 Parameter Yang Digunakan Pada Perangkat *Photodetector* APD

Gambar 3.16 menunjukkan tampilan pada *optical receiver properties* untuk mengatur parameter - parameter pada perangkat *photodetector* sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pada *optical receiver properties*, parameter - parameter yang diatur adalah besarnya *receiver sensitivity*, dan jenis *phodetector*.

3.5 SKENARIO PENELITIAN

3.5.1 Pemodelan Rancangan Sistem

Berdasarkan rancangan sistem yang telah dijelaskan pada Subbab 3.4, pada penelitian ini dibuat pemodelan sistem pada *software Optisystem* menyerupai rancangan sistem yang telah dijelaskan diatas. Sesuai dengan rancangan sistem, pemodelan ini terdiri dari sumber optik, DWDM *Multiplexer*, serat optik, EDFA, DWDM *Demultiplexer*, dan detektor optik. Dimana variabel *input* yang berubah-ubah adalah *bitrate link*, jarak *link*, dan daya *transmitter*.

3.5.2 Skenario Pengujian

Berdasarkan diagram blok sistem yang telah dijelaskan pada Subbab 3.4, pada penelitian ini dibuat pemodelan sistem pada *software Optisystem* menyerupai rancangan sistem yang telah dijelaskan diatas. Sesuai dengan rancangan sistem, pemodelan ini terdiri dari sumber optik, DWDM *Multiplexer*, serat optik, EDFA, DWDM *Demultiplexer*, dan *detektor* optik. Dimana variabel *input* yang berubah-ubah adalah *bitrate link*, jarak *link*, dan daya *transmitter*.

Pada skenario pertama, variabel - variabel *input* yang berubah - ubah adalah *bitrate link* dan jarak *link*. *Bitrate* link akan sangat mempengaruhi kualitas *link* pada sistem komunikasi serat optik, semakin besar *bitrate* maka semakin banyak data yang dikirimkan dalam satu kali pengiriman sinyal. Pada penelitian ini simulasi menggunakan *bitrate* 10 Gbps, 40 Gbps, dan 100 Gbps yang sesuai dengan spesifikasi perangkat. Lalu jarak yang digunakan dikategorikan dalam jarak pendek, jarak menengah, dan jarak jauh. Jarak pendek sejauh 151 Km, jarak menengah sejauh 272 Km dan 293 Km, serta jarak panjang sejauh 417 Km. Semakin besar *bitrate* maka semakin banyak data yang dikirimkan dalam satu pengirim sinyal, lalu besarnya jarak antara *transmitter* dan *receiver* sangat mempengaruhi besarnya daya yang dibutuhkan laser untuk mentransmisikan sinyal, dan daya yang diterima. Lalu ketika simulasi skenario pertama sudah dilakukan, didapatkan hasil *Q-Factor* dan BER dari setiap kanal yang bisa di lihat di *BER analyzer*.

Pada skenario kedua, *link* yang memiliki *Bit Error Rate* (BER) terbesar atau *Q-Factor* terkecil dari hasil simulasi pada skenario pertama akan diambil dan dirubah lagi salah satu variabelnya. Pada skenario kedua ini, variabel yang dirubah adalah daya *transmitter*-nya, besarnya daya *transmitter* akan mempengaruhi proses *Four Wave Mixing* (FWM) yang terjadi dalam *link* tersebut, sehingga dapat diketahui

daya *transmitter* yang mana yang paling mempengaruhi performansi link DWDM ini. Nilai daya *transmitter* pada penelitian skenario kedua ini adalah 0, 1, 2, 3, dan 4 dBm.

Langkah terakhir adalah analisa hasil perubahan pada penelitian ini. Setelah dilakukan pemodelan sistem dan merubah variabel-variabel *input*, maka akan menghasilkan hasil akhir yang berbeda-beda pula. Hasil akhir yang beragam ini akan dianalisa dan membuktikan bahwa variabel-variabel input tersebut berpengaruh pada fenomena *Four Wave Mixing* (FWM) yang merupakan efek *non linieritas* fiber yang telah dijelaskan pada landasan teori pada BAB II. Selanjutnya, setelah hasil ini dianalisa maka akan dibuat kesimpulan dari analisis *non-linear Four Wave Mixing* (FWM) pada link DWDM sistem komunikasi serat optik.

