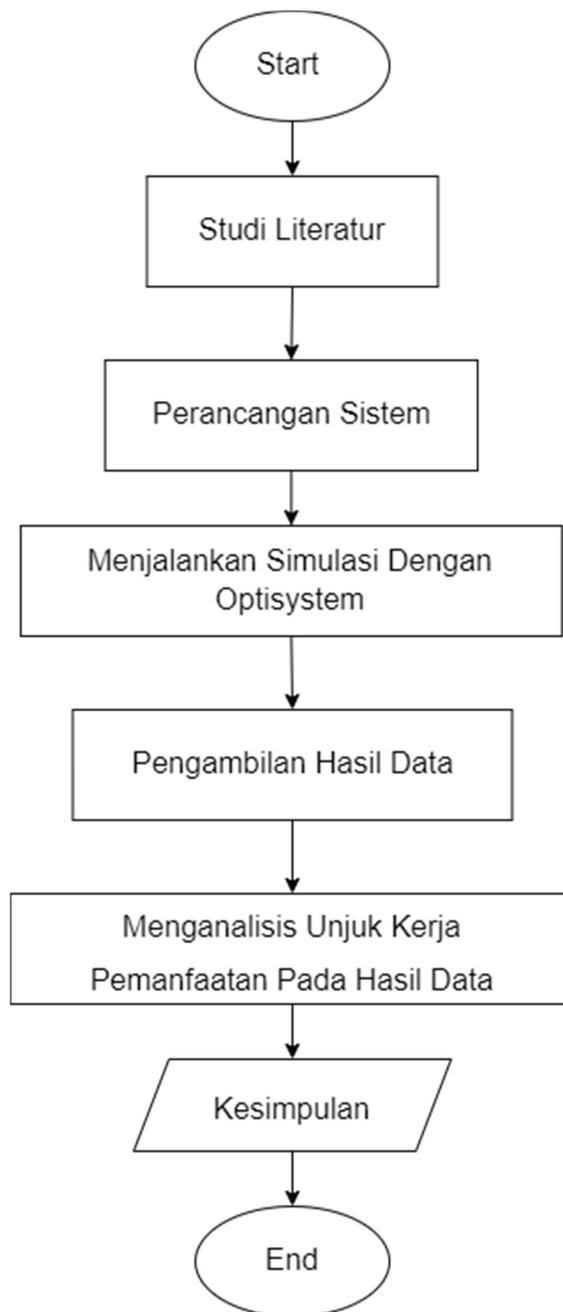


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, proses dari alur penelitian digambar melalui *flowchart* pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Alur Penelitian

Pada Gambar 3.1 adalah *Flowchart* alur penelitian yang menampilkan ringkasan awal hingga akhir dari pengerjaan pada penelitian ini. Topik pada penelitian ini yaitu, menganalisis unjuk kerja pemanfaatan *hybrid optical amplifier* pada jaringan *long haul ultra-DWDM* menggunakan simulasi *optisystem*.

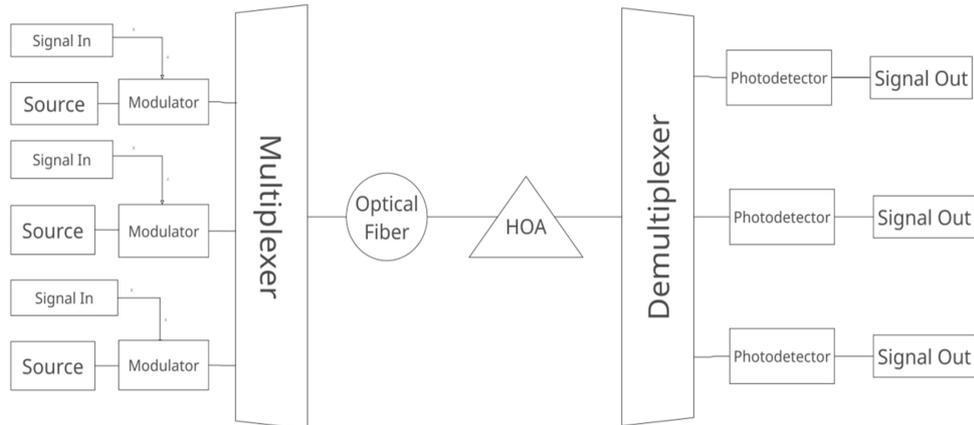
Pada tahap pertama merupakan studi literatur, pada tahap ini dilakukan pencarian pustaka yang bersumber dari publikasi artikel ilmiah, jurnal ilmiah, majalah ilmiah, laporan, prosiding, *textbook* dan buku. Tujuan pencarian pustaka untuk mendapatkan sebuah konsep atau ide yang akan digunakan untuk perancangan sistem atau tahap selanjutnya. Pencarian pustaka dapat dilakukan dengan mencari dari karya ilmiah dari *web* atau mencari diperpustakaan.

Selanjutnya pada tahap kedua merupakan perancangan sistem, pada tahap ini menentukan konsep penelitian, melakukan pemodelan sistem, merencanakan skenario pengujian, menentukan parameter pengujian (parameter pada jaringan DWDM dan *amplifer*) dan merancang simulasi menggunakan *optisystem*. Setelah tahap kedua selesai akan masuk pada tahap ketiga yaitu, menjalankan simulasi menggunakan *optisystem*. Tahap ketiga dilakukan untuk mendapatkan hasil dari tahap perancangan sistem sebelumnya.

Setelah tahap ketiga selesai yaitu menjalankan simulasi menggunakan *optisystem*, pada tahap keempat dilakukan pengambilan data dari seluruh skenario yang disimulasikan. Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui hasil dari setiap parameter pengujian, data yang diambil ialah *Q-Factor*, BER, *gain* dan daya optik. Kemudian pada tahap kelima menganalisis dari hasil data yang sudah diambil, penganalisisan dilakukan pada setiap skenario dari parameter pengujian. Analisis yang dilakukan adalah menganalisis unjuk kerja pemanfaatan pada BER dan *Q-Factor*.

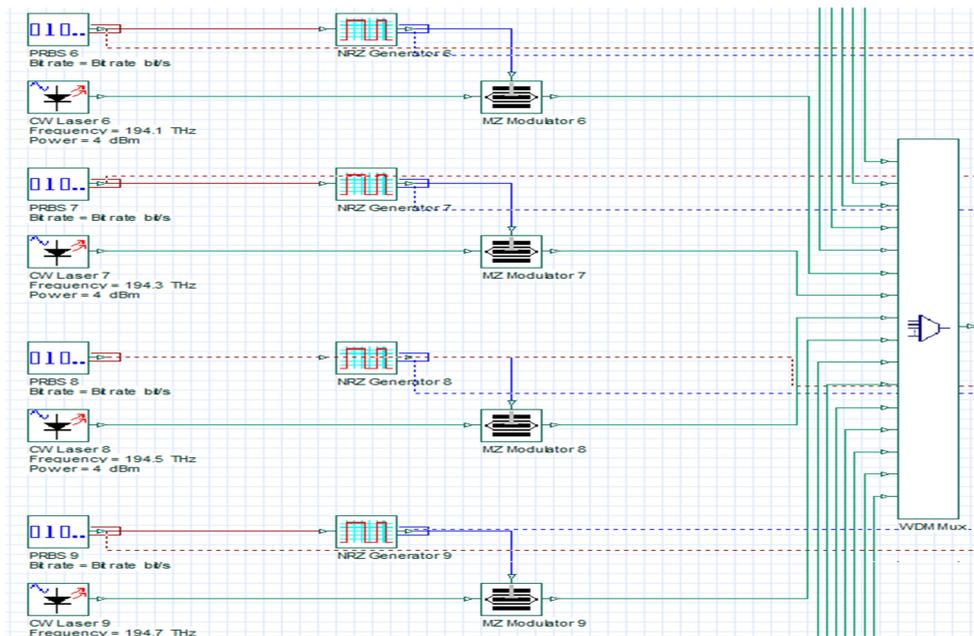
Setelah dari tahap satu sampai tahap lima, ditahap terakhir ini yakni tahap enam. Ditahap ini peneliti memberikan beberapa kesimpulan dari hasil yang didapat, berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan.

3.2 Perancangan Sistem



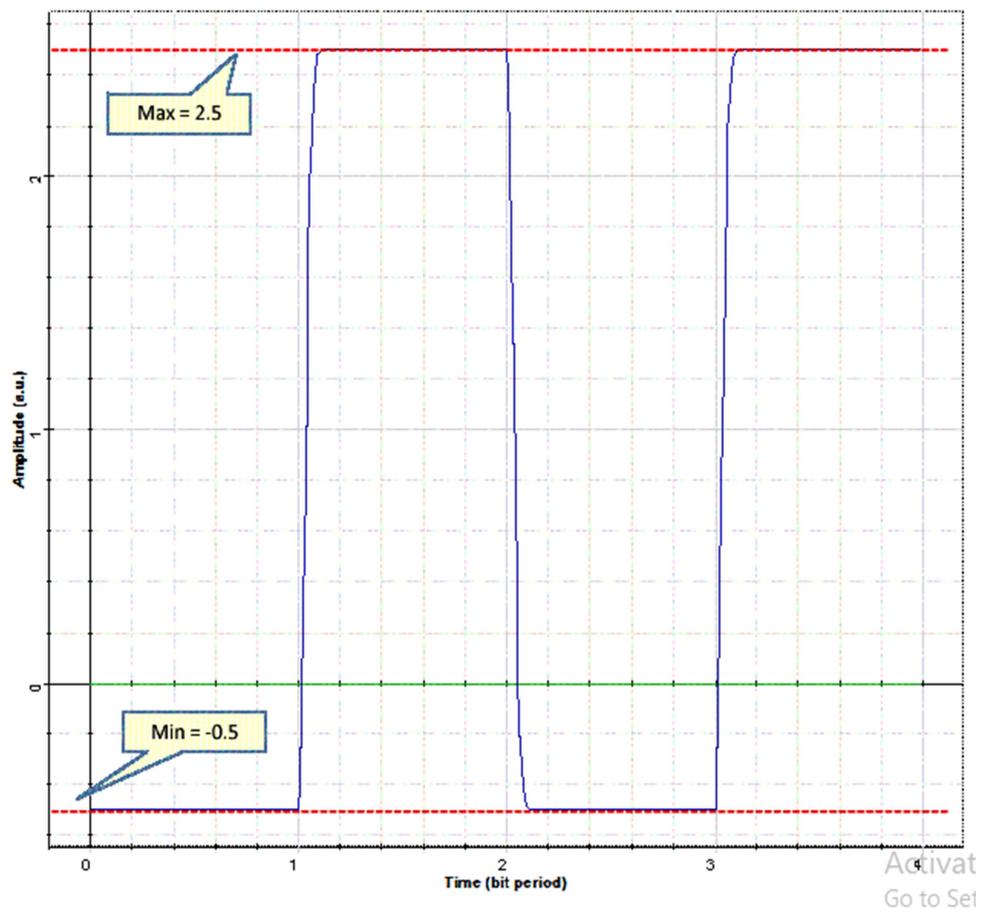
Gambar 3.2 Blok Diagram *System Long Haul Ultra – Dense Wavelength Division Multiplexing*

Gambar 3.2 menunjukkan blok diagram pada sistem U-DWDM, pemodelan sistem *Long Haul U-DWDM* ini dirancang dengan menggunakan 16 kanal, spasi kanal 200 Ghz, daya laser 4 dBm, *bitrate* 10 Gbps dan *bandwidth* 40 Ghz. Bagian pengirim terdiri dari sinyal masuk, *source*, modulator dan multiplekser yang menggabungkan beberapa panjang gelombang menjadi satu. Bagian media transmisi terdiri dari fiber dan konfigurasi penguat dengan menggunakan satu FRA dan dua EDFA yang disusun secara paralel. Bagian penerima terdiri dari demultiplekser, *Photodetector* dan sinyal keluaran.



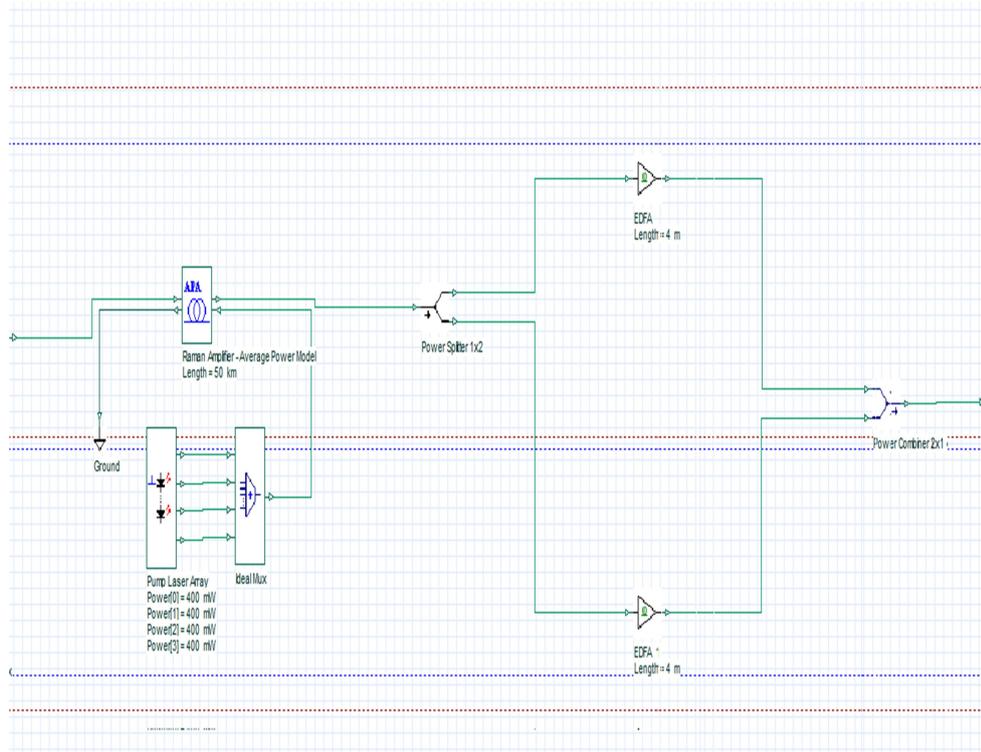
Gambar 3.3 Blok Pengirim

Pada Gambar 3.3 merupakan rancangan dari sistem blok pengirim, yang terdiri dari *Pseudo Random Binary Sequence* (PRBS) digunakan untuk menghasilkan bit-bit informasi. *NRZ Pulse Generator* berfungsi mengkodekan bit-bit acak yang dikirim oleh PRBS ke dalam bentuk sinyal digital dengan *line coding* NRZ. Misalkan bit yang diterima 0101, maka bentuk sinyal digital pada bit 0 adalah -0,5 dan pada bit 1 adalah 2,5. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Contoh Pengkodean NRZ dengan bit *input* 0101

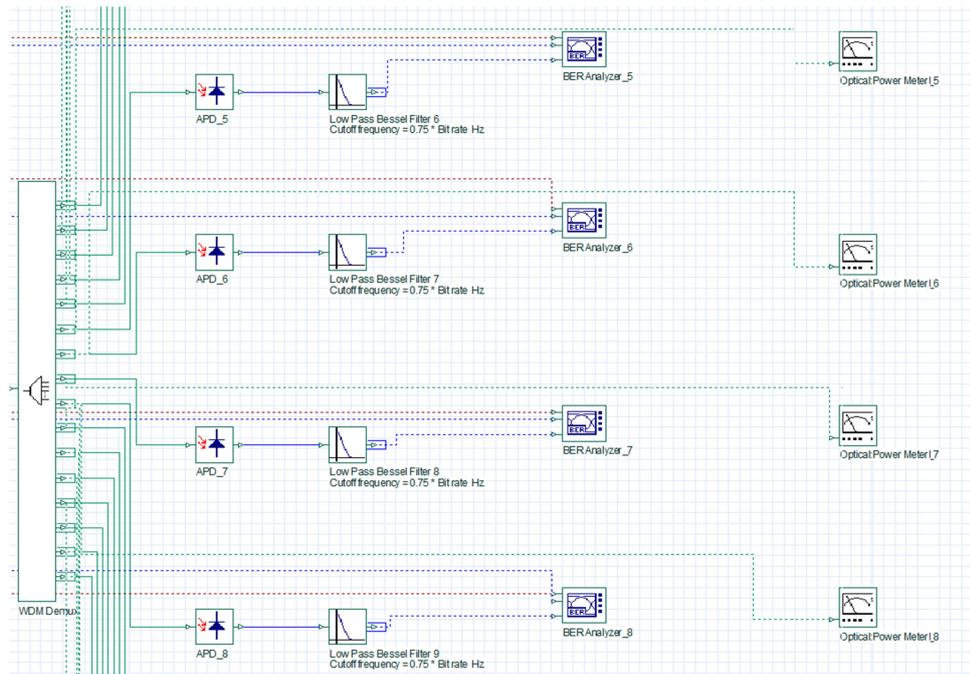
CW Laser digunakan untuk memancarkan sinyal elektrik dengan daya 4 dBm secara terus menerus, sinyal elektrik tersebut akan dikirimkan ke *Mach-Zehnder Modulator*. *Mach-Zehnder Modulator* digunakan untuk memodulasi sinyal elektrik dari laser, sehingga keluaran sinyal berupa sinyal cahaya (optik). *WDM Multiplexer* digunakan untuk menggabungkan panjang gelombang optik yang berbeda dari dua atau lebih serat optik menjadi hanya satu serat optik.



Gambar 3.5 Media Transmisi

Gambar 3.5 adalah rancangan dari media transmisi yang terdiri dari *Optical Fiber* digunakan sebagai media transmisi pada jaringan DWDM. FRA sebagai salah satu penguat dalam HOA dengan panjang panjang 50 km. FRA memperkuat daya menggunakan bantuan *Pump Laser Array*, dengan power 400 mW atau setara 26 dBm. *Pump Laser Array* yang berfungsi sebagai pemompa daya laser untuk FRA dihubungkan ke *Ideal Mux*, *Ideal Mux* berfungsi untuk menyatukan daya dari *Pump Laser Array* untuk dikirimkan ke FRA. *Ground* berfungsi untuk memastikan penguat aman dari lonjakan tegangan dan meredam *noise* pada *power*.

Power Splitter 1x2 digunakan untuk menyambungkan kedua penguat FRA-EDFA dengan konfigurasi paralel *in-line*. EDFA sebagai salah satu penguat dalam HOA tidak menggunakan bantuan pemompa, dikarenakan EDFA dapat memompa sendiri untuk penguatannya. EDFA dapat memompa lebih dari 50% dari daya yang diterima, maka dari itu EDFA dapat menghasilkan daya yang berkisar 50 dBm. *Power Combiner 2x1* berfungsi menghubungkan dua penguat EDFA yang akan diparelel menuju WDM *Demux*.



Gambar 3.6 Blok Penerima

Pada Gambar 3.6 merupakan gambar dari blok penerima yang terdiri dari WDM Demux berfungsi memecahkan kembali sinyal optik dengan banyak panjang gelombang, kemudian memisahkan sinyal tersebut ke beberapa kanal penerima untuk dideteksi oleh *Photodetector*. *Photodetector* (*Avalanche Photodetector*) berfungsi mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal elektrik dengan ambang batas daya deteksi 1 A/W. *Low Pass Bessel Filter* digunakan untuk meloloskan frekuensi sinyal dari $0 - 7,5 \times 10^9$ Hz dan akan meredam atau *cut off* frekuensi sinyal diatas nilai $7,5 \times 10^9$ Hz. *BER Analyzer* berfungsi untuk memperlihatkan hasil BER dan *Q-Factor*. *Optical Power Meter* berfungsi sebagai hasil *output* daya optik.

Simulasi ini terdiri dari analisis kinerja masing-masing penguat FRA dan EDFA dari pemanfaatan konfigurasi paralel *in-line hybrid amplifier* (FRA-EDFA). Simulasi ini akan menggunakan enam parameter jarak yang berbeda pada sistem yang diujikan yaitu 50, 75, 100, 125, 150, 175 km. Dari parameter sistem yang digunakan, hanya parameter jarak (*link*) saja yang diubah selama unjuk kerja pemanfaatan pengujian berlangsung. BER yang tidak melebihi 10^{-9} dan nilai *Q-Factor* yang digunakan sebagai tolak ukur adalah ≥ 6 .

Tabel 3.1 Parameter DWDM

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Input Ports</i>	16	Buah
<i>Frequency</i>	1550	nm
<i>Bandwidth</i>	40	Ghz
<i>Frequency Spacing</i>	0.2	Thz
<i>Power Laser</i>	4	dBm
<i>Bitrate</i>	10	Gbps

Parameter yang digunakan pada sistem DWDM dilakukan agar diketahuinya pengaruh terhadap sistem DWDM tanpa penguat dan dengan menggunakan penguat yang berbeda. Tabel 3.1 menunjukkan parameter sistem DWDM yang digunakan.

Tabel 3.2 Parameter Penguat Fiber Raman Amplifier (FRA)

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Number of Amplifier</i>	1	<i>Quantity</i>
<i>Fiber Length</i>	50	Km
<i>Attenuation</i>	0.2	dB/Km
<i>Effective Interaction Area</i>	72	μm^2
<i>Temperature</i>	300	K
<i>Pump Power</i>	400	mW
<i>Pump Wavelength</i>	1395, 1480, 1497, 1510	nm
<i>Reference Wavelength</i>	1550	nm
<i>Upper Pump Reference</i>	1510	nm

Tabel 3.3 Parameter Penguat Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Number of Amplifier</i>	2	<i>Quantity</i>
Core Radius	2.2	μm
Er Doping Radius	2.2	μm
Length	4	m
Loss at 1550	0.1	dB/Km
Loss at 980	0.15	dB/Km
Pumping	<i>Bidirectional</i>	<i>Type</i>
Forward Pump Power	0.35	W
Backward Pump Power	1	W
Forward Pump Wavelength	980	nm
Forward Pump Wavelength	980	nm

3.3 Skenario Pengujian

1. Pada skenario pertama, simulasi bertujuan untuk mengetahui kinerja dari penguat EDFA pada jarak link yang sudah ditentukan.
2. Pada skenario kedua sama seperti skenario pertama, simulasi bertujuan untuk mengetahui kinerja dari penguat FRA pada jarak link yang sudah ditentukan.
3. Setelah mengetahui kinerja dari masing – masing penguat, maka pada skenario terakhir digabungkannya kedua penguat menjadi HOA. *Hybrid Optical Amplifier* diusulkan untuk memanfaatkan kelebihan dari FRA dan EDFA serta menghilangkan kerugian yang terdapat pada masing – masing penguat.