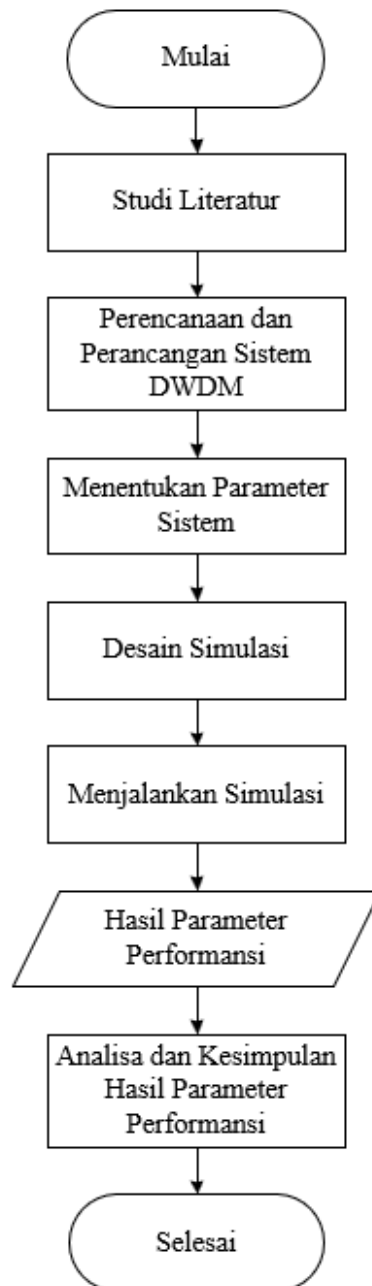


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 ALUR PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan tentang alur penelitian yang dilakukan dalam pembuatan model sistem. Alur penelitian dirancang agar proses selanjutnya lebih terstruktur dan terorganisir, seperti terlihat pada Gambar 3.1:



Gambar 3.1 Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 merupakan *flowchart* yang menjelaskan tentang alur penelitian dari sistem yang dibuat. Alur pertama dalam penelitian ini yaitu melakukan studi literatur dengan membaca dan menganalisa dari referensi-referensi yang memiliki hubungan dengan topik penelitian, yang digunakan sebagai bahan dan acuan dalam melakukan penelitian, dan dengan sumber-sumber yang digunakan seperti media internet, jurnal, buku, skripsi yang sudah pernah dilakukan, serta berbagai sumber lainnya.

Kemudian dilakukan perencanaan dan perancangan terhadap sistem yang akan dibuat. Setelah nya menentukan nilai untuk parameter-parameter yang digunakan pada sistem, kemudian dibuatlah desain simulasi pada Optisystem sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Saat hasil dari simulasi telah didapatkan, maka dilakukan analisis pada sistem yang telah dibangun, serta analisa terhadap perbandingan hasil pengujian performansi. Hasil dari uji perbandingan parameter performansi tersebut dapat melihat penggunaan penguat ideal pada jarak yang berbeda.

3.2 ALAT DAN BAHAN

Dalam pembuatan sistem untuk simulasi terhadap sistem RoF, diperlukan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

3.2.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan laptop, yang digunakan untuk menjalankan *software*. Laptop merupakan *hardware* yang digunakan untuk mengolah data berupa rancang sistem, dimana dari sistem tersebut akan menerima data berupa *output* sebagai hasil dari penelitian berupa informasi berupa diagram, nilai dari beberapa parameter pengukuran.

3.2.2 Perangkat Lunak (*Software*)

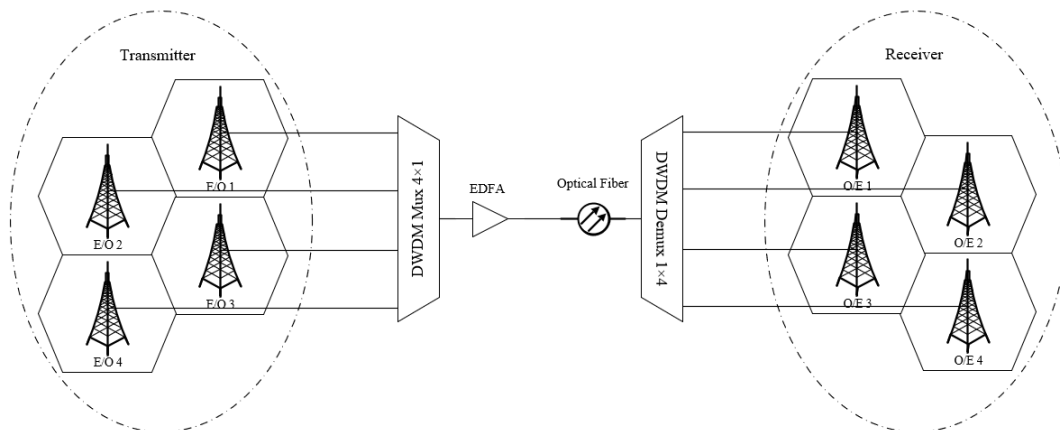
Tabel 3.1 Perangkat Lunak (*Software*)

No	Nama <i>Software</i>	Fungsi
1	<i>Windows</i> 11	Sistem Operasi
2	OptiSystem 21	Untuk menjalankan simulasi dari sistem yang telah di rancang

Berdasarkan Tabel 3.1 yang merupakan perangkat lunak yang digunakan, yaitu *windows 11* sebagai sistem operasi yang digunakan. Kemudian *software* optisystem yang digunakan sebagai media simulasi terhadap sistem yang di rancang.

3.3 PERANCANGAN SISTEM

Rancang sistem DWDM-RoF dari penelitian ini seperti yang tergambar pada skematik sistem di Gambar 3.2 dan implementasi dari skematik tersebut yang akan di rancang dan disimulasikan pada optisystem.



Gambar 3.2 Skematik Sistem DWDM-RoF

Berdasarkan Gambar 2.2 dari RoF *link* pada sisi *transmitter* merupakan bagian RF *up-converter* yang menghasilkan sinyal RF, yang juga melakukan modulasi sinyal dengan menggunakan modulasi amplitudo dan komponen E/O *converter* dengan ke empatnya memiliki perbedaan frekuensi dengan spasi kanal 100 GHz pada penggunaan laser yang digunakan sebagai sumber frekuensi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik yang sesuai dengan panjang gelombang yang berbeda untuk setiap kanal. Kemudian sinyal yang melalui beberapa kanal dari sistem tersebut digabungkan menjadi serat optik tunggal dengan menggunakan teknik yang ditambahkan pada sistem RoF yang dirancang yaitu menggunakan teknik *multiplexing* DWDM dengan digunakan empat *port* input.

Kemudian pada media transmisi pada bagian *optical link* dengan menggunakan fiber optik, dan menggunakan penguat tambahan di transmisinya untuk memperkuat sinyal optik yaitu penguat EDFA. Sinyal optik tersebut dipecah kembali menjadi 4 jalur seperti inputnya dengan menggunakan teknik

demultiplexing DWDM, dan masuk pada sisi *receiver*, merupakan bagian O/E *converter* dengan menggunakan komponen *photodiode* yang digunakan untuk merubah kembali sinyal optik menjadi sinyal listrik dan bagian RF *down-converter* yang akan melakukan demodulasi sinyal.

Sistem yang dirancang tersebut dengan spesifikasi sistem yang dibuat berdasarkan parameter-parameter yang diatur pada sistem yang di data pada Tabel 3.2.

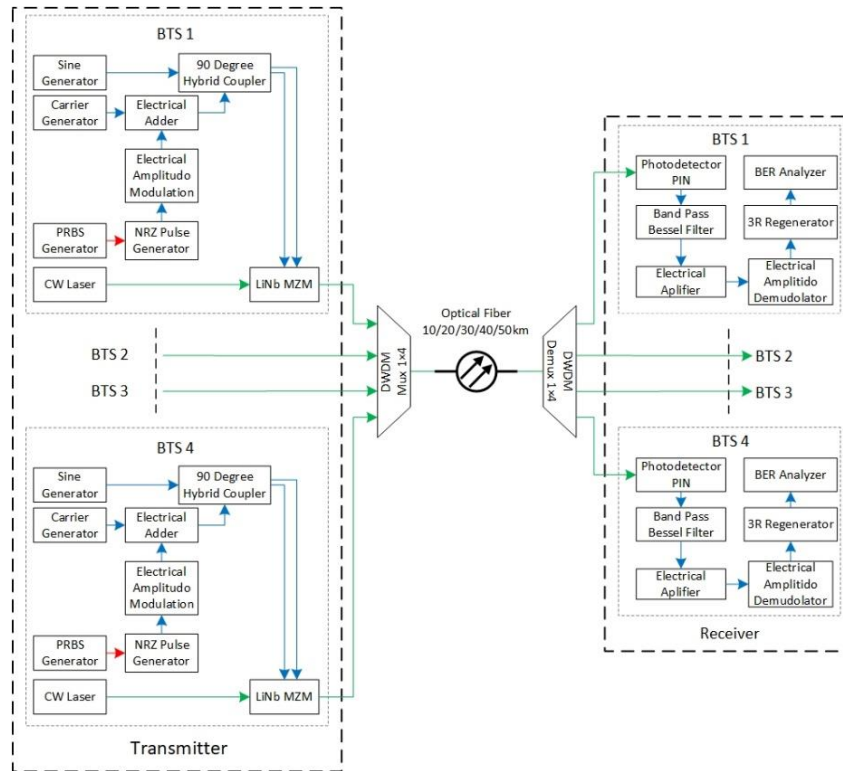
Tabel 3.2 Parameter Spesifikasi Sistem

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Global Parameter</i>		
<i>Bit Rate</i>	1×10^9	Bit/s
<i>Sequence Length</i>	128	Bit
<i>Samples per Bit</i>	64	
<i>Laser Source</i>		
Frekuensi	193.1 – 193.4	THz
Daya Input	6	dBm
<i>Modulator AM</i>		
Frekuensi	1.7	GHz
<i>Demodulator AM</i>		
Frekuensi	1.7	GHz
<i>Phase</i>	0/30/45/60/90/.../300/315/330/360	deg
<i>EDFA</i>		
Gain	10/20/30	dB
Power	10	dBm
<i>Fiber Optic</i>		
<i>Reference Wavelength</i>	1550	nm
<i>Attenuation</i>	0.2	dB/km
<i>Fiber Length</i>	30, 40, 50	km
<i>Dense Wavelength Divison Multiplexing</i>		
<i>Bandwidth</i>	100	GHz
<i>Channels</i>	4	
Frekuensi	193.1 – 193.4	THz
<i>Photodetector PIN</i>		
<i>Center Frequency 1</i>	193.1	THz
<i>Center Frequency 2</i>	193.2	THz
<i>Center Frequency 3</i>	193.3	THz
<i>Center Frequency 4</i>	193.4	THz

3.4 METODE PENGUJIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa hasil dari nilai BER dan *Q-factor*, untuk melihat performansi dari penggunaan penguat terhadap sistem RoF

yang dirancang. Tahapan penelitian dimulai dengan perangkaian sistem dengan menggunakan *software* OptiSystem berdasarkan skematik Gambar 3.2 dari sistem yang dirancang, dan dilakukan pengujian.



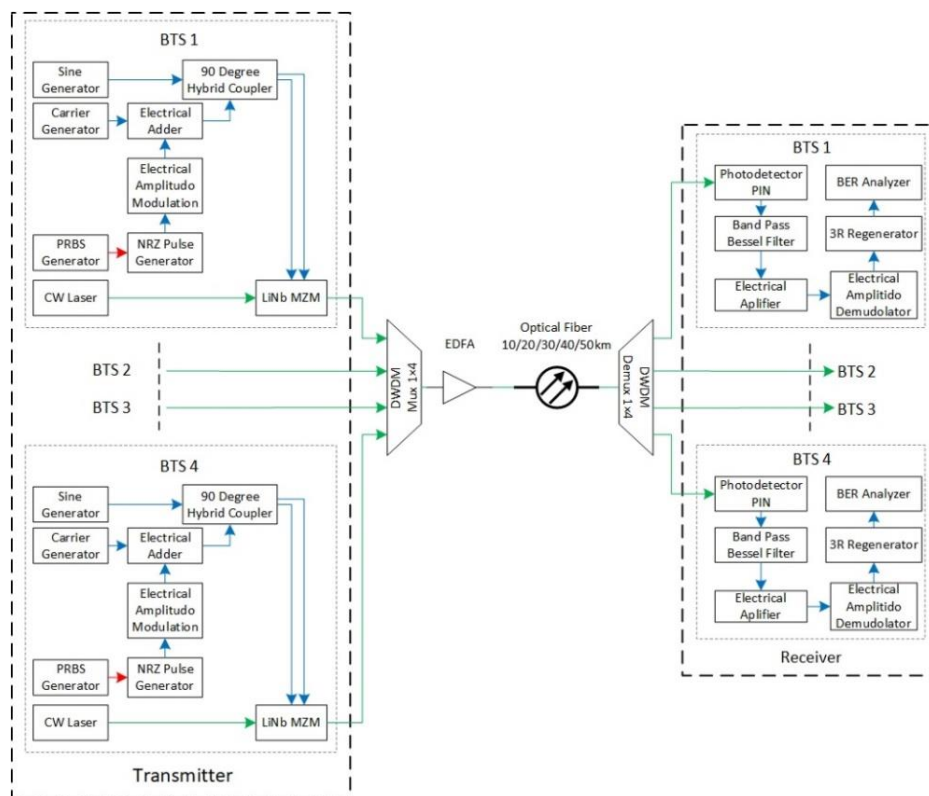
Gambar 3.3 Sistem Tanpa Penguat

Pada Gambar 3.3 merupakan kondisi sistem tanpa penguatan, dimana hasil *output* sistem yang semakin jauh untuk transmisi akan membuat sistem yang kurang maksimal. Berdasarkan skematik sistem, pengujian dari sistem ini dilakukan dengan beberapa skema yang dibentuk dari beberapa parameter yang diubah terhadap penggunaan penguat ideal berdasarkan hasil BER dan *Q-Factor*. Skema yang tergambar, dimana pada penelitian Febrizal Ujang, et.al [9] dari penerapan sistem RoF tidak berdasarkan penerapan implementasi langsung terhadap jaringan seluler. Skema pada penelitian tersebut dengan penggunaan komponen pada sisi *transmitter* yaitu dari sinyal pulsa NRZ langsung di modulasi menjadi sinyal optik pada modulator MZM. Sehingga skema pada penelitian ini yaitu pada sisi *transmitter* yang menghasilkan sinyal RF dengan menggunakan *electrical adder* untuk menggabungkan sinyal pembawa dari *carrier generator* dengan sinyal pulsa NRZ yang di modulasi dengan menggunakan *electrical amplitudo modulation*, dan digabungkan dengan sinyal sinusoidal dari *sine generator* dengan menggunakan

hybrid coupler, kemudian melalui modulator LiNb MZM dimana terjadi mekanisme E/O *up-conversion* saat sinyal tersebut diubah menjadi sinyal optik dengan menggunakan laser sebagai sumber frekuensi untuk modulasi. Kemudian pada sisi *receiver* saat melewati komponen *photodetector* PIN terjadi mekanisme O/E *down-conversion* untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik, dan sinyal akan didemodulasi pada *electrical amplitudo* demodulator. Hasil dari pengujian yaitu BER dan *Q-Factor* dengan menggunakan BER *analyzer*.

3.4.1 Skema 1 (*Booster Amplifier*)

Pada Gambar 3.4 menunjukkan skema dari pengujian pertama yang akan dilakukan, dimana implementasi dari penguat yaitu sebagai *booster amplifier*.



Gambar 3.4 Skema Pengujian Pertama

Berdasarkan skema pengujian, dengan berdasarkan variasi dari panjang kabel fiber, dimana dari setiap pengujian pada perubahan panjang kabel fiber dilakukan penyesuaian gain dari penguat untuk melihat penggunaan dari gain yang sesuai untuk sistem tersebut dan penyesuaian fasa pada sisi *receiver* di demodulator AM untuk *output*-nya. Fasa tersebut mempengaruhi *output* yang dikeluarkan, jika *output* pada *port* pertama dengan fasa 0° tidak muncul maka fasa disesuaikan

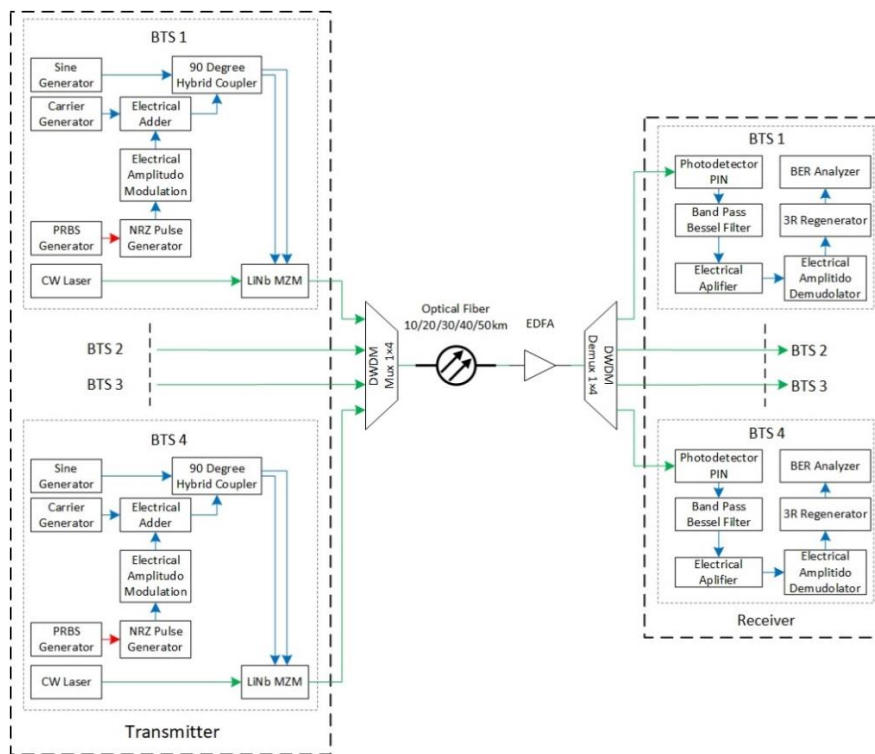
dengan nilai yang lain, begitu juga dengan *output* di *port* lainnya. Pengujian dari skema *booster* tersebut dilakukan terhadap skenario seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Skenario Pengujian Pertama

Posisi Penguat	Gain Penguat (dB)	Panjang Kabel (km)
<i>Booster Amplifier</i>	10	30
	20	
	30	
	10	40
	20	
	30	
	10	50
	20	
	30	

3.4.2 Skema 2 (Pre-Amplifier)

Pada Gambar 3.5 menunjukkan skema dari pengujian kedua yang akan dilakukan, dimana implementasi dari penguat yaitu sebagai *pre-amplifier*.



Gambar 3.5 Skema Pengujian Kedua

Berdasarkan skema pengujian, dengan berdasarkan variasi dari panjang kabel fiber, dimana dari setiap pengujian pada perubahan panjang kabel fiber dilakukan penyesuaian gain dari penguat untuk melihat penggunaan dari gain yang sesuai untuk sistem tersebut dan penyesuaian fasa pada sisi *receiver* di demodulator AM untuk *output*-nya. Fasa tersebut mempengaruhi *output* yang dikeluarkan, jika

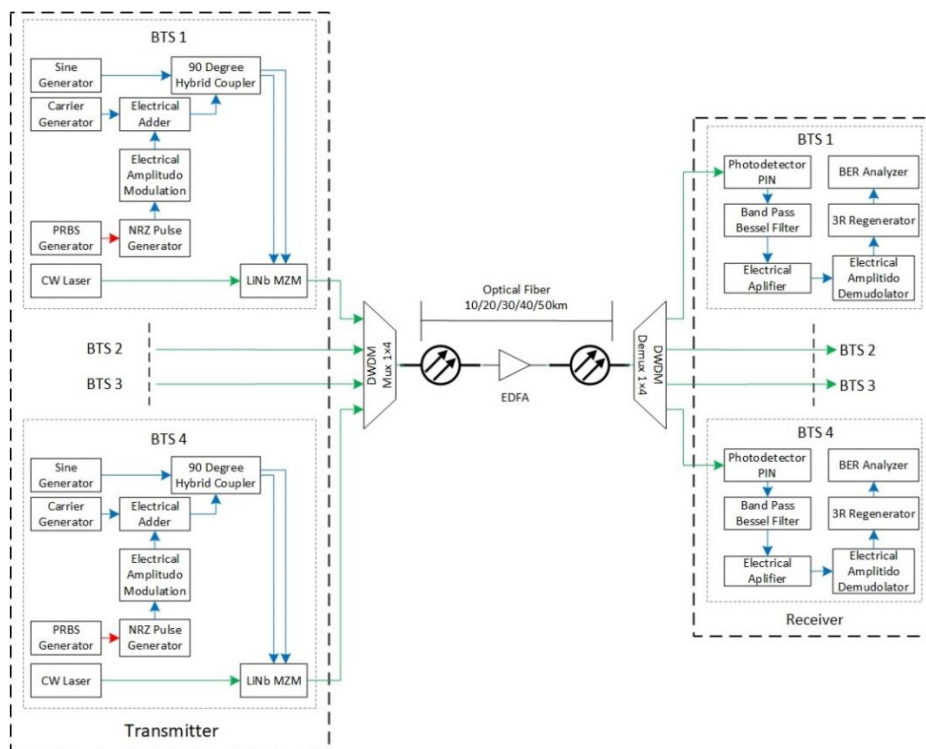
output pada port pertama dengan fasa 0° tidak muncul maka fasa disesuaikan dengan nilai yang lain, begitu juga dengan output di port lainnya. Pengujian dari skema *pre-amplifier* tersebut dilakukan terhadap skenario seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Skemario Pengujian Kedua

Posisi Penguat	Gain Penguat (dB)	Panjang Kabel (km)
<i>Pre-Amplifier</i>	10	30
	20	
	30	
	10	40
	20	
	30	
	10	50
	20	
	30	

3.4.3 Skema 3 (*In-Line Amplifier*)

Pada Gambar 3.6 menunjukkan skema dari pengujian ketiga yang akan dilakukan, dimana implementasi dari penguat yaitu sebagai *in-line amplifier*.



Gambar 3.6 Skema Pengujian Ketiga

Berdasarkan skema pengujian, dengan berdasarkan variasi dari panjang kabel fiber, dimana dari setiap pengujian pada perubahan panjang kabel fiber dilakukan penyesuaian gain dari penguat untuk melihat penggunaan dari gain yang sesuai untuk sistem tersebut dan penyesuaian fasa pada sisi *receiver* di demodulator

AM untuk *output*-nya. Fasa tersebut mempengaruhi *output* yang dikeluarkan, jika *output* pada *port* pertama dengan fasa 0° tidak muncul maka fasa disesuaikan dengan nilai yang lain, begitu juga dengan *output* di *port* lainnya. Pengujian dari skema *in-line amplifier* tersebut dilakukan terhadap skenario seperti pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Skemario Pengujian Ketiga

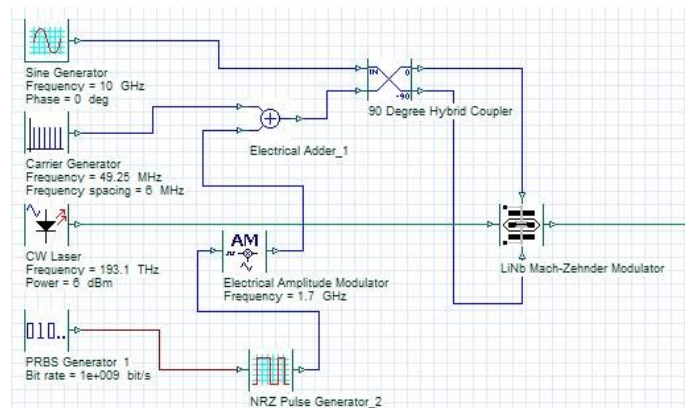
Posisi Penguat	Gain Penguat (dB)	Panjang Kabel (km)
<i>In Line-Amplifier</i>	10	15-15
	20	
	30	
	10	20-20
	20	
	30	
	10	25-25
	20	
	30	

3.5 DESAIN SIMULASI

Berdasarkan skema pengujian yang tergambar pada Gambar 3.4, Gambar 3.5, dan Gambar 3.6, dibuat desain sistem yang akan disimulasikan pada Optisystem. Desain sistem ini konfigurasi dari *transmitter*, media transmisi, dan *receiver* yang akan digunakan untuk melakukan simulasi berdasarkan parameter-parameter yang ditentukan.

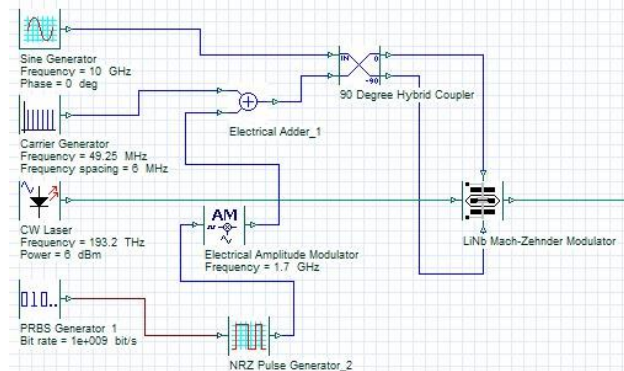
3.5.1 Transmitter

Pada sisi *transmitter* terdapat 4 kanal, dimana komponen-komponen pada sisi *transmitter* memiliki nilai parameter yang sama, kecuali frekuensi yang digunakan pada komponen laser sebagai sumber cahaya untuk modulasi, dengan frekuensi dimulai dari 193.1 THz dan *spacing* yang digunakan 100 GHz.



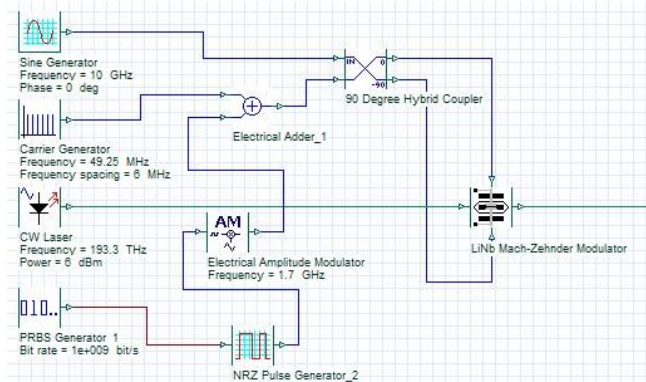
Gambar 3.7 Kanal 1 Sisi Transmitter Pada Optisystem

Gambar 3.7 merupakan kanal pertama dari sisi *transmitter* dengan frekuensi yang digunakan pada laser yaitu 193.1 THz.



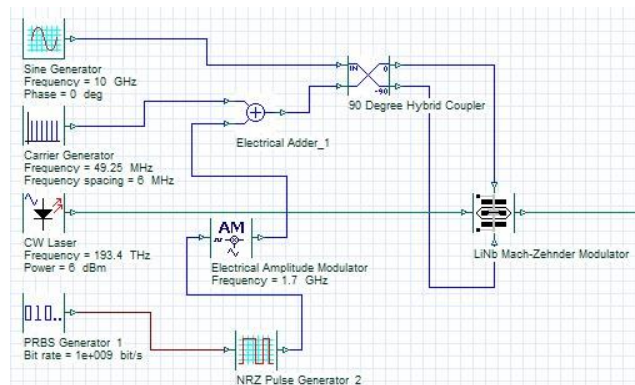
Gambar 3.8 Kanal 2 Sisi Transmitter Pada Optisystem

Gambar 3.8 merupakan kanal pertama dari sisi *transmitter* dengan frekuensi yang digunakan pada laser yaitu 193.2 THz.



Gambar 3.9 Kanal 3 Sisi Transmitter Pada Optisystem

Gambar 3.9 merupakan kanal pertama dari sisi *transmitter* dengan frekuensi yang digunakan pada laser yaitu 193.3 THz.

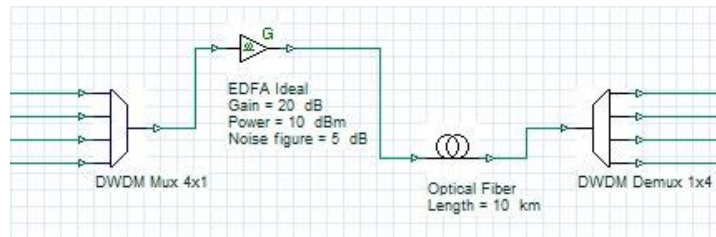


Gambar 3.10 Kanal 4 Sisi Transmitter Pada Optisystem

Gambar 3.10 merupakan kanal pertama dari sisi *transmitter* dengan frekuensi yang digunakan pada laser yaitu 193.4 THz.

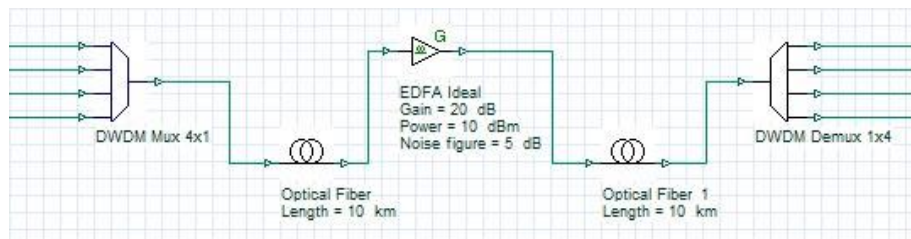
3.5.2 Media Transmisi

Pada sisi transmisi merupakan transmisi yang menggunakan fiber optik. Setelah dari *transmitter*, dilakukan *multiplexing* dengan menggunakan teknik DWDM. Sistem yang dibuat yaitu dengan menggunakan *amplifier* pada sisi transmisi, dimana digunakan implementasi posisi dari *amplifier* tersebut, dari *booster*, *pre*, dan *in-line amplifier*.



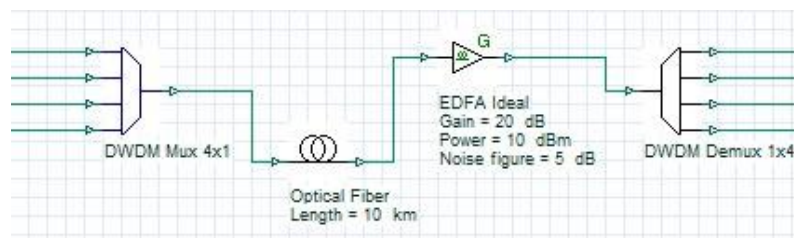
Gambar 3.11 Sisi Media Transmisi Implementasi *Booster* Pada Optisystem

Gambar 3.11 merupakan sisi media transmisi dengan penggunaan implementasi pada posisi penguatnya yaitu *booster amplifier* yang diletakkan pada sisi setelah *transmitter*.



Gambar 3.12 Sisi Media Transmisi Implementasi *In-Line* Pada Optisystem

Gambar 3.12 merupakan sisi media transmisi dengan penggunaan implementasi pada posisi penguatnya yaitu *in-line amplifier* yang diletakkan di antara kabel fiber.

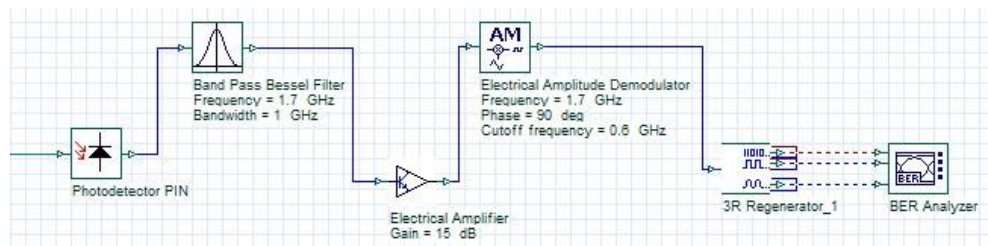


Gambar 3.13 Sisi Media Transmisi Implementasi *Pre-Amplifier* Pada Optisystem

Gambar 3.13 merupakan sisi media transmisi dengan penggunaan implementasi pada posisi penguatnya yaitu *pre-amplifier* yang diletakkan pada sisi sebelum *receiver*.

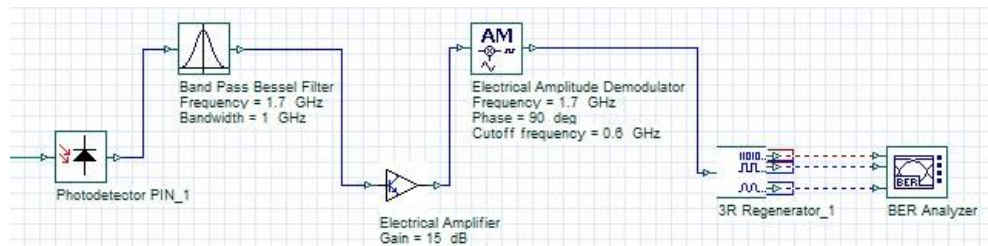
3.5.3 Receiver

Pada sisi *receiver* ini terdapat 4 kanal sesuai dengan sisi *transmitter* nya, nilai dari parameternya berbeda pada komponen *photodetector* yaitu penggunaan frekuensi nya sama seperti pada sisi *transmitter* dengan frekuensi dari 193.1 THz dengan *spacing* 100 GHz, dan komponen demodulator untuk nilai fasa, yang di atur manual. Desain sisi *recevier* ini seperti yang tergambarakan pada Gambar 3.14 sampai Gambar 3.17.



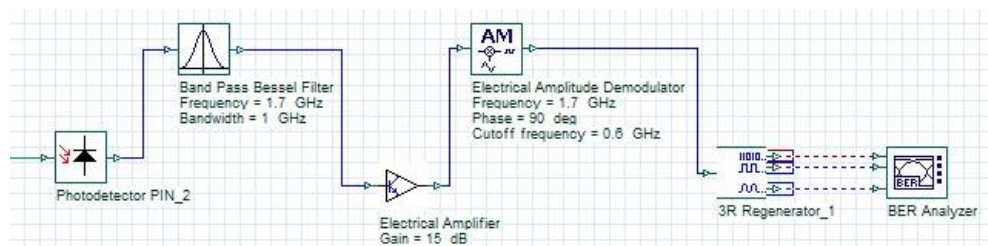
Gambar 3.14 Kanal 1 Sisi Receiver Pada Optisystem

Gambar 3.14 merupakan kanal pertama dari sisi *receiver* dengan perubahan fasa pada *electrical amplitude demodulator* di semua skema, dimana berubah setiap panjang kabel yang berbeda yaitu saat panjang 30 km dengan fasa 180°, saat 40 km dengan fasa 270°, dan saat 50 km dengan fasa 0°.



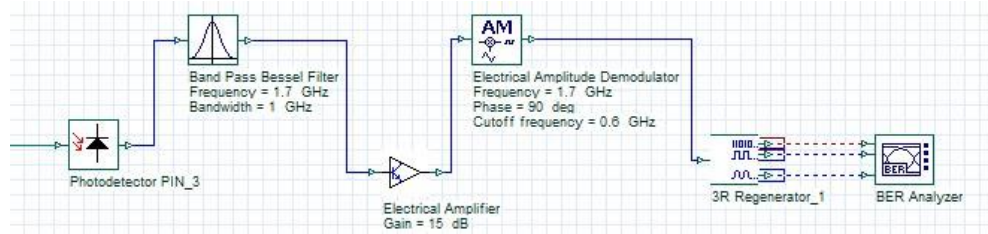
Gambar 3.15 Kanal 2 Sisi Receiver Pada Optisystem

Gambar 3.15 merupakan kanal pertama dari sisi *receiver* dengan perubahan fasa pada *electrical amplitude demodulator* di semua skema, dimana berubah setiap panjang kabel yang berbeda yaitu saat panjang 30 km dengan fasa 45°, saat 40 km dengan fasa 210°, dan saat 50 km dengan fasa 30°.



Gambar 3.16 Kanal 3 Sisi Receiver Pada Optisystem

Gambar 3.16 merupakan kanal pertama dari sisi *receiver* dengan perubahan fasa pada *electrical amplitude demodulator* di semua skema, dimana berubah setiap panjang kabel yang berbeda yaitu saat panjang 30 km dengan fasa 270° , saat 40 km dengan fasa 225° , dan saat 50 km dengan fasa 90° .



Gambar 3.17 Kanal 4 Sisi Receiver Pada Optisystem

Gambar 3.17 merupakan kanal pertama dari sisi *receiver* dengan perubahan fasa pada *electrical amplitude demodulator* di semua skema, dimana berubah setiap panjang kabel yang berbeda yaitu saat panjang 30 km dengan fasa 180° , saat 40 km dengan fasa 180° , dan saat 50 km dengan fasa 180° .