



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperjualbelikan tanpa izin tertulis dari Universitas Islam Sumatera Utara

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

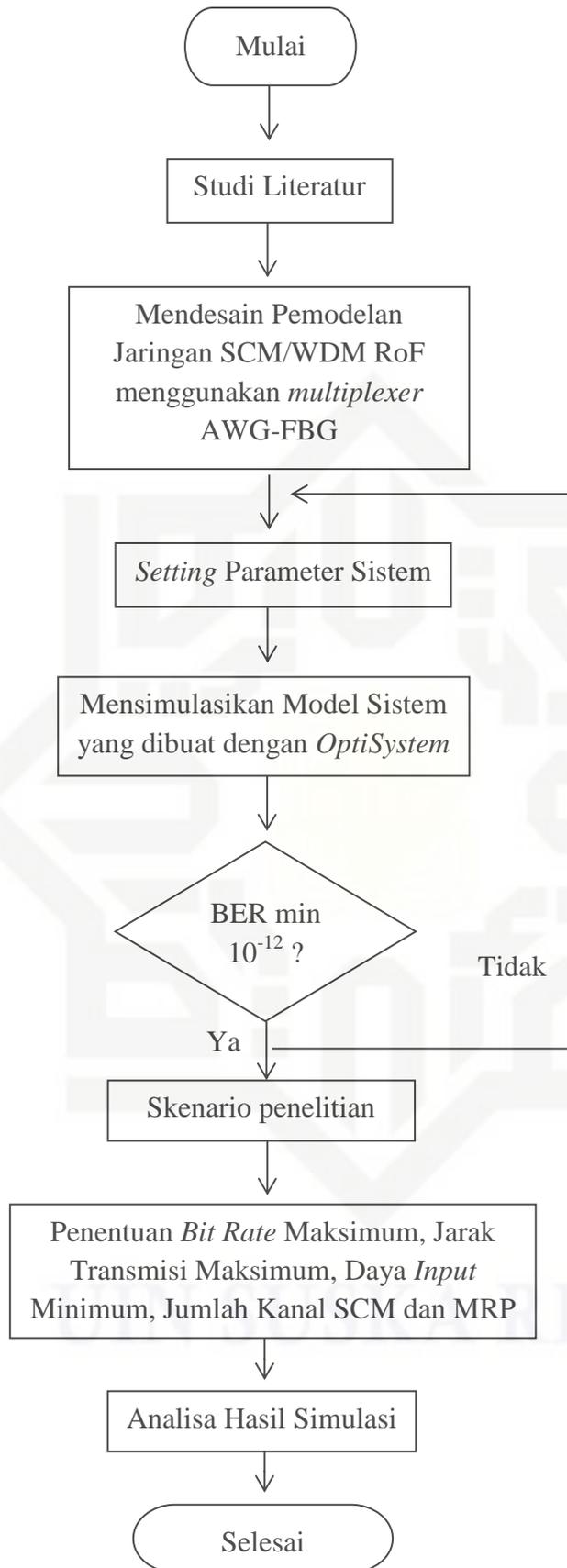
Sistem *Sub Carrier Multiplexing / Wavelength Division Multiplexing* pada *Radio over Fiber* menggunakan *multiplexer Array Waveguide Gratings* dan *filter Fiber Bragg Gratings* dengan modulasi *M-ary PSK* menjadi titik fokus penelitian penulis. Integrasi dari gabungan sistem ini memberikan respon terhadap tuntutan untuk kecepatan data yang tinggi serta mobilitas yang memadai. Dalam penelitian ini, model sistem jaringan komunikasi SCM/WDM RoF dengan *multiplexer AWG* dan *filter FBG* didesain dengan menggunakan *software optisystem*. *Software* ini akan membantu penulis dalam memodelkan dan mensimulasikan jaringan SCM/WDM RoF. *Optisystem* merupakan perangkat lunak yang komprehensif yang memungkinkan *user* untuk mendesain, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik *modern*. Di samping itu, *optisystem* juga dilengkapi dengan *virtual instrument*, sehingga penulis bisa melakukan penelitian tanpa terkendala oleh ketersediaan peralatan.

3.1 Flow Chart Penelitian

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana sistematisasi yang akan dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian ini. Langkah awal penulis dalam memulai penelitian ini adalah *literature review* dengan cara mencari referensi-referensi yang berkaitan dengan materi yang akan dikerjakan dalam penelitian ini. Kemudian setelah didapatkan masalah yang akan dibahas, peneliti melakukan perumusan masalah untuk menentukan judul dan tujuan penelitian. Berdasarkan judul dan tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini, penulis diharapkan mampu *mendesign* model sistem yang akan dibuat terhadap jaringan SCM/WDM *Radio over Fiber* menggunakan *multiplexer AWG* dan *filter FBG* dengan modulasi *M-ary PSK*. Tahap akhir dari pada penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapatkan dari simulasi, sehingga penulis mampu menarik kesimpulan dalam mengerjakan penelitian ini. Berikut adalah *Flow Chart* penelitian yang akan dilakukan :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

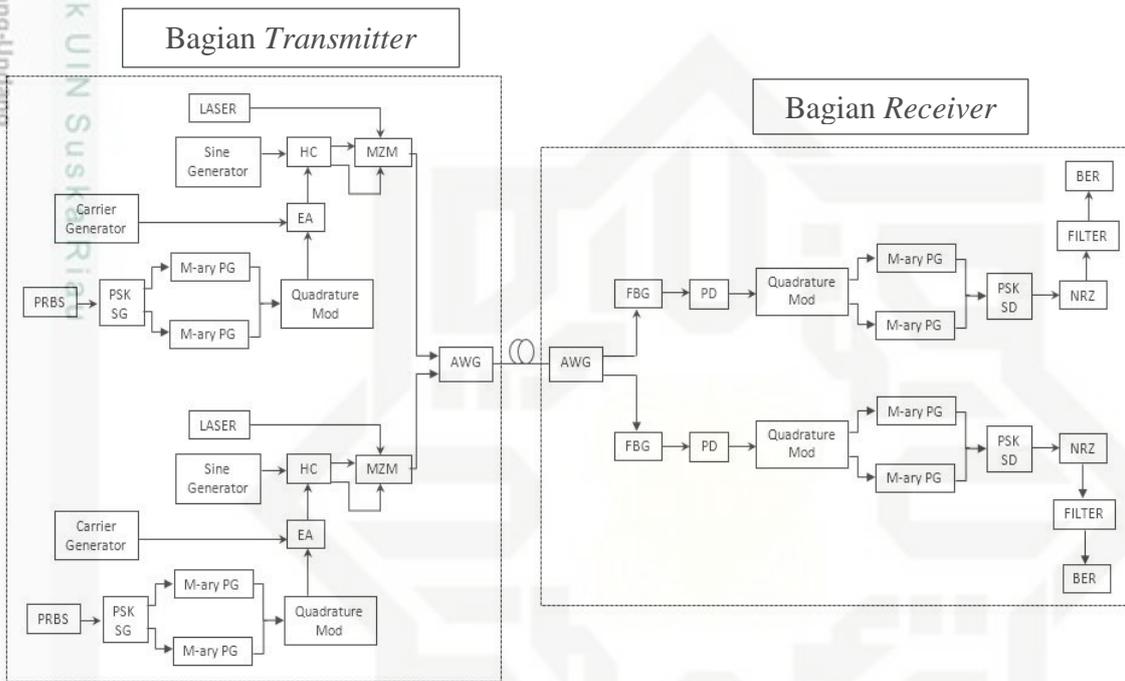
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar.3.1. Flow Chart Penelitian

3.2 Pemodelan Jaringan

Pada penelitian ini dirancang sebuah model sistem pada jaringan SCM/WDM-RoF menggunakan *multiplexer* AWG dan *filter* FBG dengan teknik modulasi *M-ary Phase Shift Keying* (PSK) dengan beberapa orde. Gambar 3.2 merupakan model jaringan SCM/WDM-RoF dengan *multiplexer* AWG dan *filter* FBG Secara umum.



Gambar 3.2. Model Jaringan SCM/WDM-RoF Menggunakan *Multiplexer* AWG dan *Filter* FBG Secara Umum

Keterangan:

1. PRBS (*Pseudo Random Bit sequence*)

PRBS merupakan komponen yang digunakan untuk membangkitkan sinyal informasi berupa sinyal digital

2. NRZ (*Non Return to Zero*)

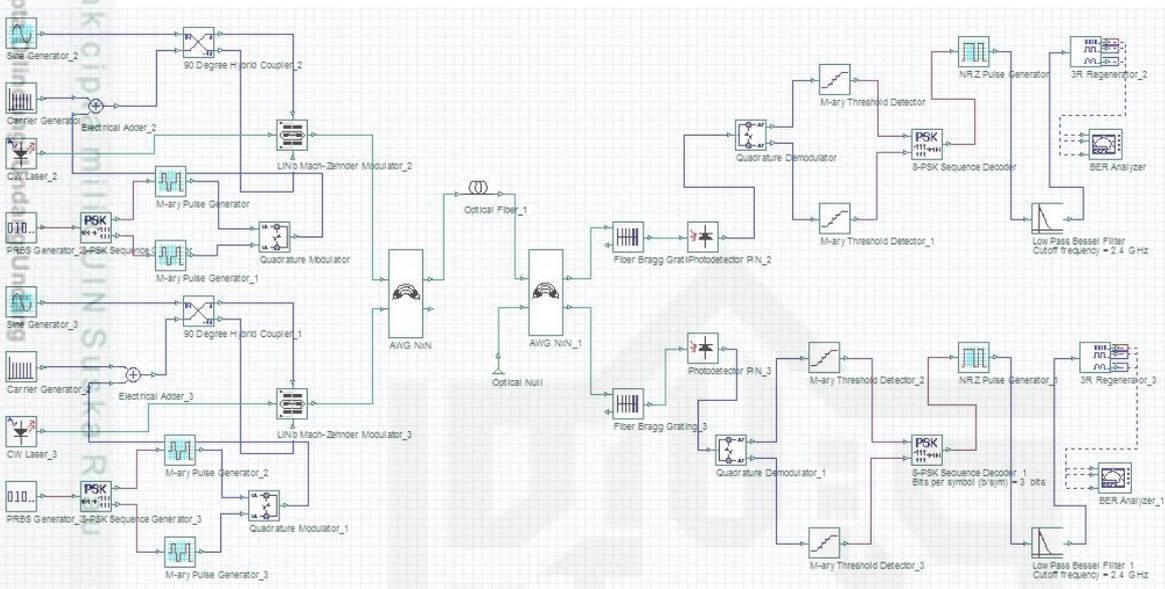
Proses *encoding* dengan menggunakan teknik pengkodean NRZ.

3. PSK *Sequence Generator*

Merupakan komponen yang menerima sinyal informasi digital kemudian untuk diteruskan dan ditumpangkan pada sinyal pembawa.

4. *M-ary pulse generator*
 Digunakan untuk membangkitkan pulsa-pulsa berdasarkan sinyal masukan dan menghasilkan *code M-ary*.
5. *quadrature* modulator
 menerima sinyal keluaran dari *M-ary pulse generator*.
6. CG(*CarrierGenerator*)
 Berfungsi sebagai pembangkit sinyal *carrier* yang akan membawa sinyal informasi ke dalam beberapa kanal frekuensi.
7. EA (*Electrical Adder*)
 Berfungsi menggabungkan sinyal modulasi PSK dan sinyal *carrier* untuk ditransmisikan kedalam modulator eksternal.
8. SG (*Sine Generator*)
 SG memiliki fungsi untuk membangkitkan sinyal sinus elektrik.
9. HC (*Hybrid Coupler*)
 HC digunakan untuk mengkombinasikan sinyal informasi elektrik.
10. LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)
 Penelitian ini akan menggunakan LASER sebagai sumber optik untuk mentransmisikan sinyal ke dalam serat optik.
11. MZM (*Mach Zehnder Modulator*)
 MZM merupakan modulator eksternal yang akan memodulasi sinyal informasi sebelum ditransmisikan kedalam serat optik.
12. FBG (*Fiber Bragg Gratings*)
 FBG berfungsi sebagai filter setelah sinyal digital dimodulasikan dengan cahaya.
13. AWG (*Array Waveguide Gratings*)
 AWG berfungsi sebagai *multiplexing* dan *demultiplexing* yang memiliki jumlah kanal antara *input* dan *output* adalah sama.
14. PD (*Photodetector*)
Photodetector dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah *photodetector* PIN.
15. *M-ary theshold detector*
 Berfungsi sebagai pemroses Sinyal keluaran *photodetector* akan didemodulasi menggunakan *quadrature* demodulator.
16. *BER analyzer*
 digunakan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan dalam pengiriman sinyal

Berikut ini merupakan gambar model Jaringan SCM/WDM-RoF Menggunakan *Multiplexer AWG dan Filter FBG pada software optisystem 13.*



Gambar 3.3. Model Jaringan SCM/WDM RoF menggunakan *Multiplexer AWG dan Filter FBG pada Optisystem*

Secara umum bagian sisi *Transmitter* digunakan sebagai perangkat yang menghubungkan sumber sinyal informasi dengan *multiplexer* yang akan dimultiplekskan agar dapat ditransmisikan melalui media transmisi. *Pseudo Random Bit Sequence (PRBS)* yang akan membangkitkan sinyal informasi digital dan diteruskan *PSK Sequence Generator* yang berfungsi sebagai pembangkit sinyal digital dan ditumpangkan pada sinyal *carrier* (pembawa). Modulator *PSK Sequence Generator* pada *Optisystem* memiliki parameter yang bisa diatur sesuai dengan perancangan yang diinginkan. *PSK sequence generator* terdiri dari 8-PSK (3bit/symbol), 16-PSK (4 bit/symbol), 32-PSK (5 bit/symbol) dan 64-PSK (6 bit/symbol). Kemudian sinyal informasi yang dibangkitkan oleh *PSK sequence generator* disalurkan ke *M-ary pulse generator* untuk dibangkitkan pulsa-pulsa berdasarkan sinyal masukkan dan menghasilkan *code M-ary*. Sinyal keluaran dari *M-ary pulse generator* kemudian diteruskan ke *quadrature modulator*. Sinyal informasi yang telah dimodulasi akan digabungkan oleh *Electrical Adder (EA)* dengan sinyal *carrier* yang dihasilkan oleh *Carrier Generator (CG)*. Sinyal-sinyal akan dikombinasikan dengan menggunakan *Hybrid Coupler (HC)* dan diteruskan ke *Mach Zehnder Modulator (MZM)* yang akan memodulasi sinyal informasi elektrik keluaran HC dengan cahaya yang dihasilkan *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)*. LASER

yang digunakan adalah CW LASER dengan panjang gelombang 1552,52 nm. Sinyal optik keluaran dari MZM akan di-*multiplex*-kan oleh AWG (*mux*) untuk dapat ditransmisikan melalui serat optik.

Media transmisi yang digunakan dalam model sistem ini adalah serat optik dengan jenis *step indeks singlemode*, karena serat optik ini dapat digunakan untuk transmisi data dengan *bit rate* yang tinggi, mempunyai performansi terbaik untuk komunikasi jarak jauh, dan memiliki kapasitas *bandwidth* yang besar.

Bagian sisi *Receiver* merupakan perangkat yang menerima sinyal informasi dari media transmisi. Sinyal digital yang ditransmisikan oleh media optik akan di-*demultiplex*-kan oleh AWG (*demux*) dan di-*filter* oleh FBG. *Photodetector* akan mendeteksi sinyal cahaya dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sinyal keluaran *photodetector* akan didemodulasi menggunakan *quadrature* demodulator dan digunakan *M-ary threshold detector*. Proses didemodulasi untuk mendapatkan sinyal asli yang dikirimkan dan diteruskan ke 3R *Regenerator* agar dapat dianalisa dengan perangkat *analyzer*. *BER analyzer* digunakan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan dalam pengiriman sinyal.

3.3 Parameter Set up Jaringan

Di dalam *software Optisystem* terdapat parameter-parameter *Global* yang biasa digunakan dalam proses simulasi dan analisa seperti yang terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Global* Parameter pada *Optisystem*

Nama	Nilai	Satuan
<i>Bit Rate</i>	1×10^9	bps
<i>Time Window</i>	$0,128 \times 10^{-6}$	s
<i>Sample Rate</i>	$63,99 \times 10^9$	Hz
<i>Sequence Length</i>	128	bit
<i>Sample per Bit</i>	64	
<i>Number of Sample</i>	8192	
<i>Sensitivity</i>	-100	dBm

Pada parameter *global*, untuk nilai *time window*, *sample rate* dan *number of samples* dimana perhitungannya sebagai berikut:

1. $Time\ window = Sequence\ length \times 1/Bit\ rate = 128 \times 1 / 1 \times 10^9 = 0,128 \times 10^{-6} s$
2. $Number\ of\ samples = Sequence\ length \times Samples\ per\ bit = 128 \times 64 = 8192\ sample$
3. $Sample\ rate = Number\ of\ samples / Time\ window = 8192 / 0,128 \times 10^{-6} = 63,99 \times 10^9\ Hz$

Di samping *Global* Parameter, setiap komponen yang terdapat pada model sistem ini juga harus diset parameternya. Frekuensi yang digunakan pada SCM adalah 2540 MHz sampai 2600 MHz dengan jarak frekuensi antar kanal 0,2 MHz. Pengaturan parameter SCM dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Parameter *Carrier Generator*

Nama	SCM 1		SCM 2	
	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
<i>Number of Channel</i>	100-1000		100-1000	
<i>Frequency</i>	2540	MHz	2600	MHz
<i>Frequency Spacing</i>	0,2	MHz	0,2	MHz

Perbedaan dari tabel di atas terletak pada kanal frekuensi pada *carrier generator* antara SCM 1 dan SCM 2. Dimana frekuensi untuk SCM 1 yaitu 2540 MHz dan frekuensi untuk SCM 2 sebesar 2600 MHz dengan jarak frekuensi 0,2 MHz. Sumber optik yang digunakan pada model sistem jaringan ini adalah 2 CW LASER dengan panjang gelombang 1552,32 nm untuk SCM/WDM 1 dan 1552,52 nm untuk SCM/WDM 2. Pengaturan parameter CW Laser dalam rancangan simulasi model jaringan ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.3 Parameter CW LASER

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang Gelombang 1	1552,32	nm
Panjang Gelombang 2	1552,52	nm
Daya	-5 s/d 5	dBm

Pada Tabel 3.3 diatas panjang gelombang dan daya *input* CW LASER berdasarkan standar dari ITU-T G.698.1 WDM (2009). CW LASER menggunakan *channel spacing* 0,2 nm. Jenis serat optik yang digunakan adalah *step index singlemode fiber* dengan pengaturan serat optik sebagai berikut:

Tabel 3.4 Parameter Serat Optik

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Reference Wavelength</i>	1550	nm
Panjang Serat Optik	10-120	Km
Atenuasi	0,2	dB/km
<i>Lower Calculation Limit</i>	1400	nm
<i>Upper Calculation Limit</i>	1700	nm

Model sistem menggunakan AWG sebagai *multiplexer*, dengan konfigurasi sebagai berikut.

Tabel 3.5 Parameter AWG

Nama	Nilai	Satuan
Ukuran	2	Saluran
Konfigurasi	<i>Mux/Dem</i>	-
Panjang Gelombang	1552,32	nm
Lebar Pita	20	GHz
<i>Channel Spacing</i>	0,2	nm

Dalam konfigurasi, pilihan *mux/demux* digunakan tergantung pada fungsi AWG tersebut, jika berfungsi sebagai *multiplexer* maka disetting sebagai *mux*, dan jika digunakan sebagai *demultiplexer* maka disetting menjadi *demux*.

Filter yang digunakan dalam simulasi adalah FBG dengan konfigurasi sebagai berikut:

Tabel 3.6 Parameter FBG

Nama	Nilai	Satuan
Panjang Gelombang	1552,32	nm
<i>Effective Index</i>	1,45	-

Pada model jaringan ini menggunakan *Photodetector* model PIN, dengan konfigurasi sebagai berikut :

Tabel 3.7 Parameter *Photodetector* PIN

Nama	Nilai	Satuan
<i>Reponsitivity</i>	1	A/W
<i>Dark Current</i>	10	nA
<i>Center Frequency</i>	193,1	THz

Seperti yang telah dibatasi pada batasan masalah, teknik modulasi yang akan dianalisa pada penelitian ini adalah teknik modulasi 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK dan 64-PSK. Tabel berikut ini memperlihatkan parameter-parameter modulasi yang diset pada *modulator* dan *demodulator* tersebut.

Tabel 3.8 Parameter *Modulator* dan *Demodulator* Modulasi

Parameter	Nilai	Satuan
8-PSK	3	Bit/Simbol
16-PSK	4	Bit/Simbol
32-PSK	5	Bit/Simbol
64-PSK	6	Bit/Simbol

Tabel 3.8 merupakan parameter *setup* pada komponen *modulator* dan *demodulator* pada modulasi 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK, 64-PSK pada model sistem SCM/WDM RoF.

3.4 Proses Simulasi Model Sistem

Setelah konfigurasi selesai, maka langkah berikutnya adalah melakukan ujicoba terhadap kemampuan jaringan tersebut. Uji coba dilakukan dengan cara *running* simulasi tersebut, jika berjalan dengan baik dan BER sistem memenuhi standar yaitu 10^{-12} maka simulasi berhasil dan penulis dapat menganalisa hasilnya. Dan jika tidak memenuhi standar BER sistem yang telah ditetapkan maka kembali mengatur parameter jaringan dan dilakukan verifikasi ulang simulasi dari awal.

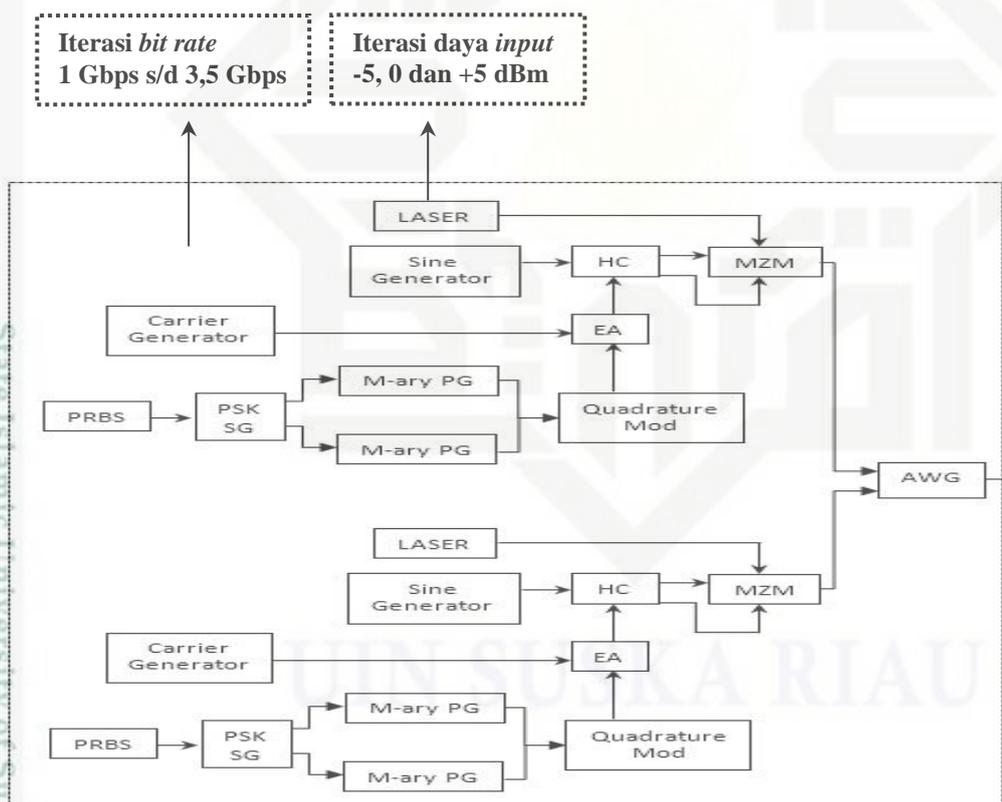
3.5. Skenario Penelitian

Langkah pertama yang akan dilakukan dalam penelitian adalah memverifikasi model sistem yang dibuat dengan melihat besaran parameter *Bit Error Ratio* (BER) pada *receiver*. Setelah konfigurasi selesai, maka selanjutnya dilakukan ujicoba dengan cara

running simulasi tersebut. Jika berjalan dengan baik dan simulasi berhasil, maka penulis dapat menganalisa hasilnya. Jika tidak, maka harus mengatur parameter jaringan dan verifikasi ulang. Model sistem untuk *channel spacing* 0,2 nm pada WDM harus memberikan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} berdasarkan standar ITU-T G.698.1 WDM (2009) dan nilai *Q-Factor* harus memberikan nilai diatas 6 berdasarkan standar (Muchamad Pamungkas, 2015).

3.5.1 Penentuan *Bit Rate* Maksimum

Pengujian dilakukan untuk memperoleh *bit rate* maksimum yang dapat diimplementasikan pada model jaringan ini untuk masing-masing teknik modulasi 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK dan 64-PSK dengan daya input -5, 0 dan +5 dBm untuk masing-masing modulasi. Di bawah ini menampilkan penentuan *bit rate* maksimum



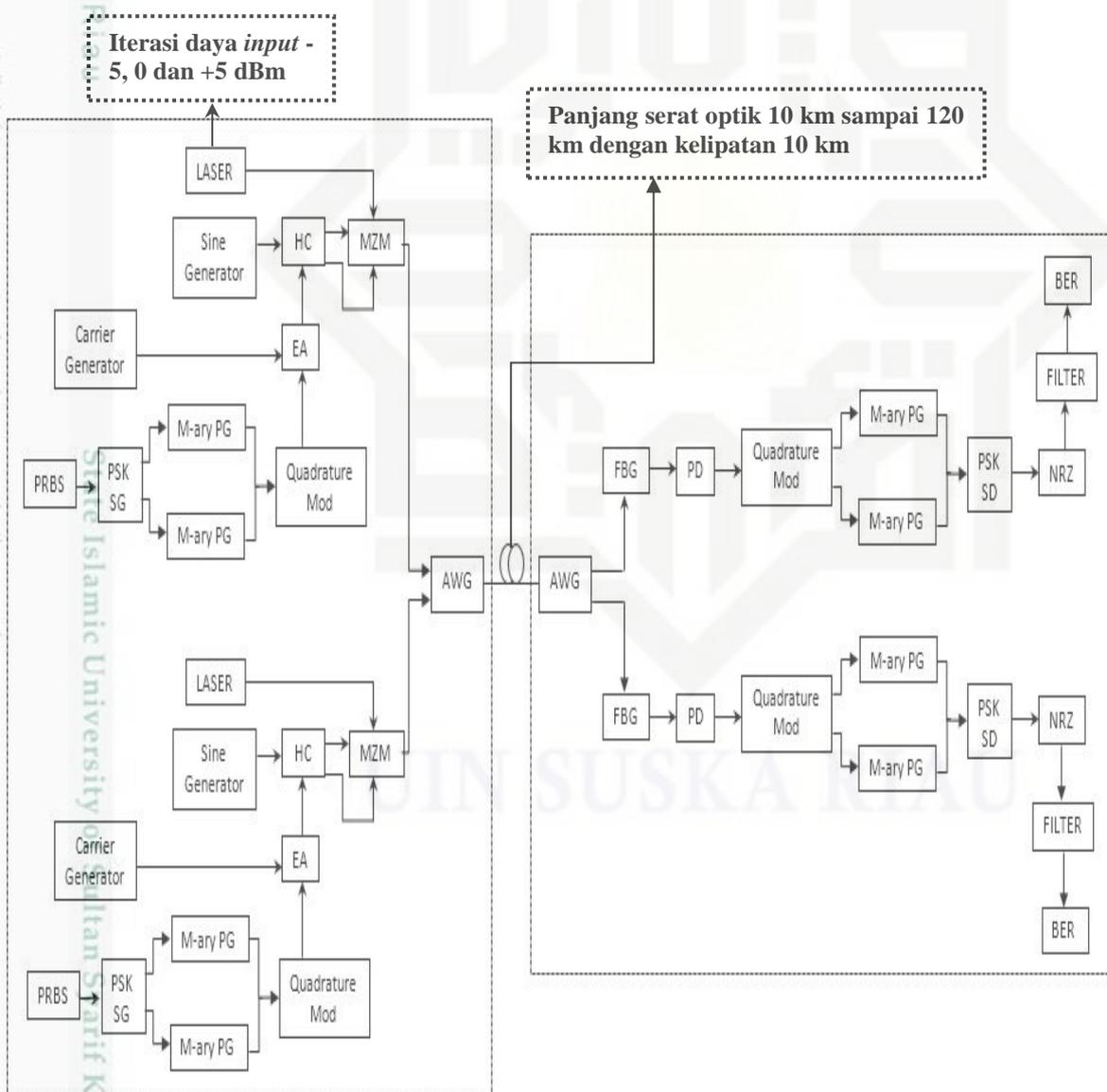
Gambar 3.4 Penentuan *Bit Rate* Maksimum

Gambar 3.4 di atas adalah menentukan *bit rate* maksimum untuk modulasi 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK dan 64-PSK. Pengujian dilakukan terhadap model sistem yang disimulasikan pada jarak 10 km dengan menggunakan *bit rate* 1 Gbps hingga 3,5 Gbps

dengan kelipatan 0,1 Gbps di *Global Parameter* dengan cara klik kiri dua kali di lembar kerja *optisystem* dan daya *input* -5, 0 dan +5 dBm untuk masing- masing modulasi yang di *setting* di CW LASER. Standar pengukuran yang digunakan adalah standar ITU-T G.698.1 WDM (2009) dengan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} .

3.5.2 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum

Pengujian dilakukan untuk menentukan jarak transmisi maksimum yang dapat dicapai pada model jaringan ini untuk masing-masing teknik modulasi 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK dan 64-PSK dengan daya input -5, 0 dan +5 dBm untuk masing-masing modulasi. Berikut gambar penentuan jarak transmisi maksimum.

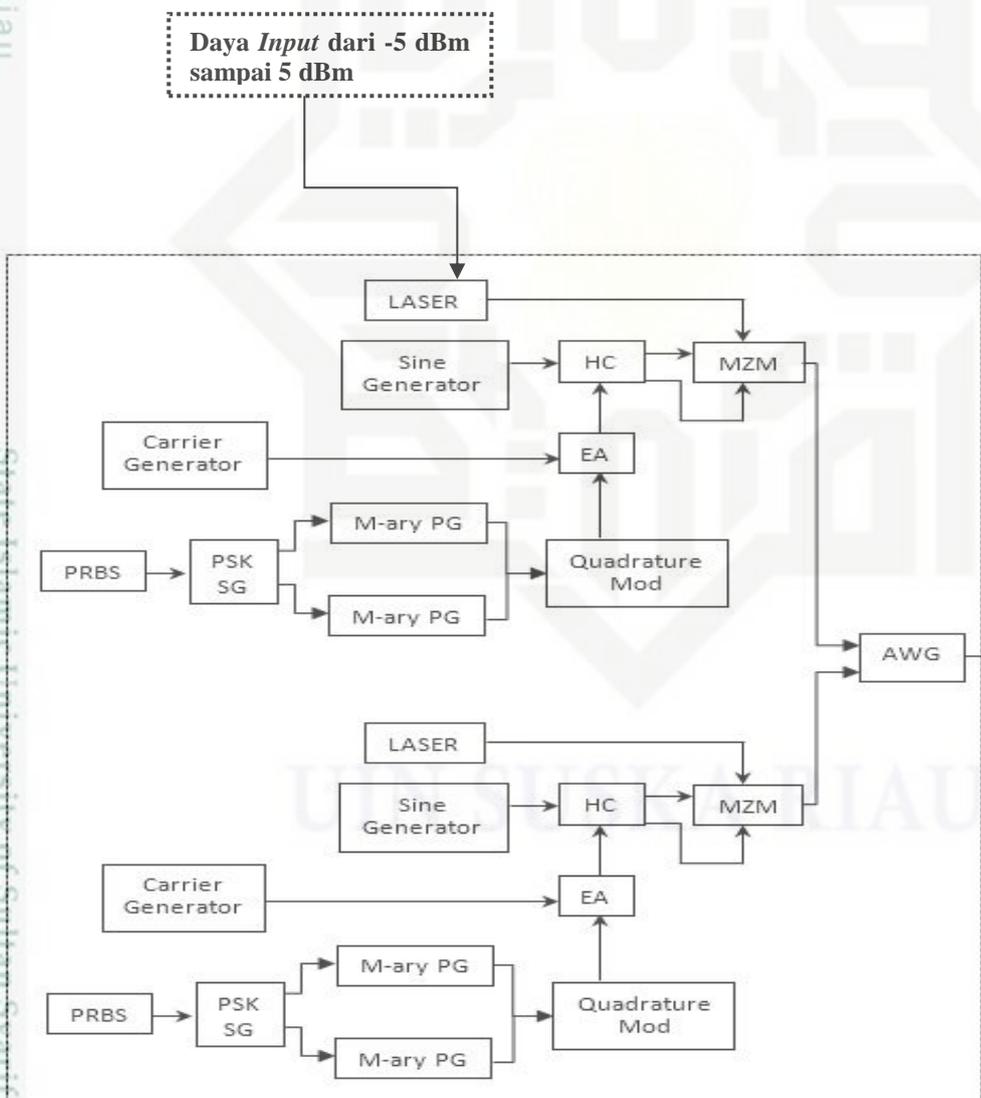


Gambar 3.5 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum

Pada gambar di atas, pengujian dilakukan terhadap *bit error rate* dengan mengatur panjang serat optik dengan panjang 10 km sampai dengan 120 km dengan kelipatan 10 km dan daya *input* -5, 0 dan +5 dBm untuk setiap modulasi yang di *setting* di CW LASER. Standar pengukuran yang digunakan adalah standar ITU-T WDM dengan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} .

3.5.3 Penentuan Daya *Input* Minimum

Pada pengujian ini dilakukan penentuan daya *input* minimum yang dapat dikirim untuk masing-masing modulasi yaitu 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK dan 64-PSK. Berikut gambar penentuan daya *input* minimum.



Gambar 3.6 Penentuan Daya *Input* Minimum

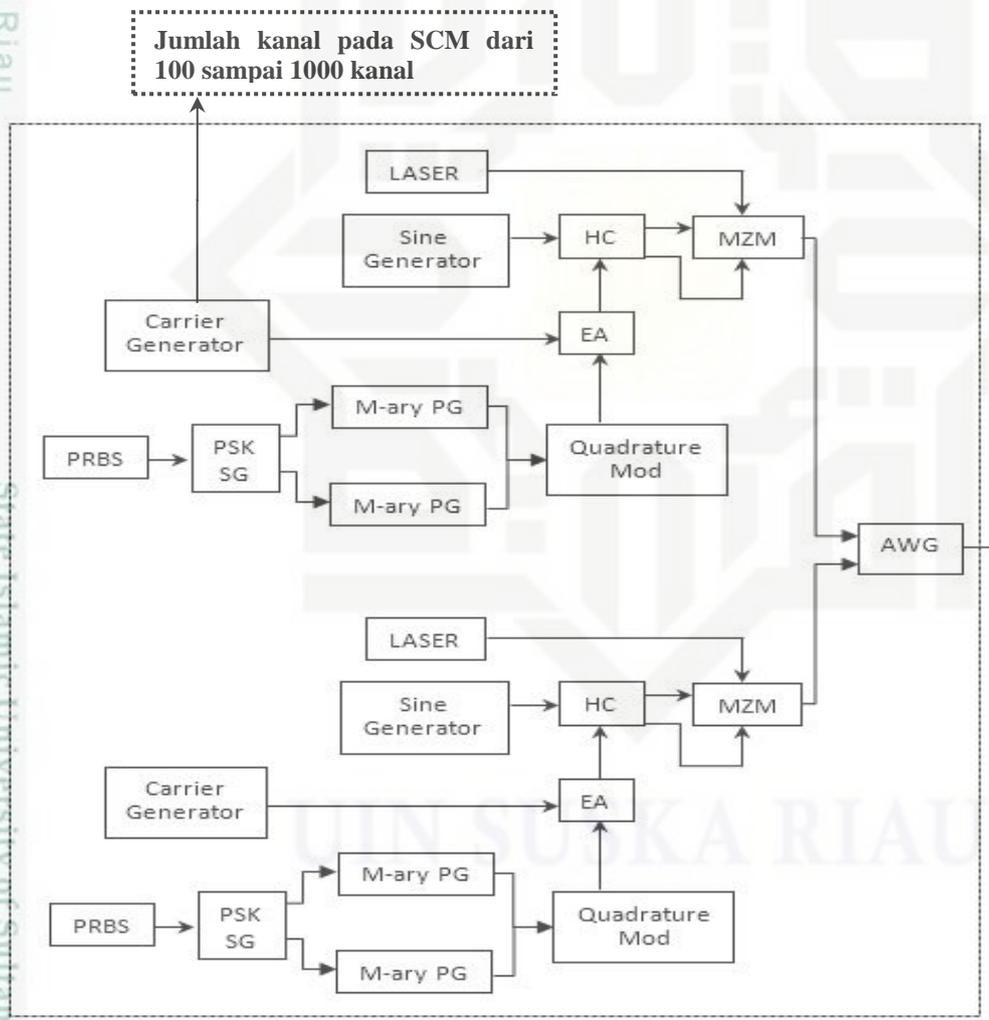
- Hak cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada gambar di atas, pengukuran dilakukan dengan daya *input* dalam CW *Laser* yaitu dari -5 dBm sampai +5 dBm pada jarak 10 km dengan melihat parameter BER dengan standar pengukuran menggunakan standar ITU-T WDM dengan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} .

3.5.4 Penentuan Jumlah Kanal SCM

Menentukan jumlah kanal pada SCM yang dapat dimultiplekskan pada model sistem jaringan ini untuk masing-masing teknik modulasi 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK dan 64-PSK. Gambar penentuan jumlah kanal SCM dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.7 Penentuan jumlah kanal SCM

Pada gambar di atas, penentuan jumlah kanal dimulai dari 100 hingga 1000 kanal pada jarak 10 km, dimana jumlah kanal diset pada *carrier generator*. Pengujian dilakukan

untuk mengetahui jumlah kanal yang dapat dimultiplekskan dengan melihat parameter *bit error rate* (BER) sistem dengan standar pengukuran menggunakan standar ITU-T WDM dengan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} .

3.6. Penentuan *Minimum Required Power* (MRP)

Di dalam sistem komunikasi optik, *Minimum Required Power* (MRP) merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan daya minimum yang dibutuhkan oleh sistem untuk menghasilkan besaran BER. Penentuan nilai MRP sistem ini dilakukan untuk modulasi 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK dan 64-PSK.

3.7. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang didapat maka dapat ditarik kesimpulan dan analisa terhadap performansi dari tiap modulasi-modulasi 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK dan 64-PSK dengan daya input -5, 0 dan +5 dBm pada model jaringan SCM/WDM *Radio over Fiber* menggunakan *multiplexer* AWG dan *filter* FBG.