



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada pembahasan bab ini, yang akan dijelaskan adalah langkah-langkah pemodelan simulasi jaringan yakni dalam hal merancang model sistem menggunakan *software optisystem 15*. Langkah ini dibuat agar memudahkan penulis dalam memodelkan teknologi NG-PON2 dalam sistem TWDM-PON. *Software optisystem 15* dilengkapi dengan peralatan virtual, sehingga memudahkan penulis dalam melakukan pengukuran tanpa terkendala keterbatasan peralatan pada penelitian ini.

3.1 *Flow Chart Tahapan Penelitian*

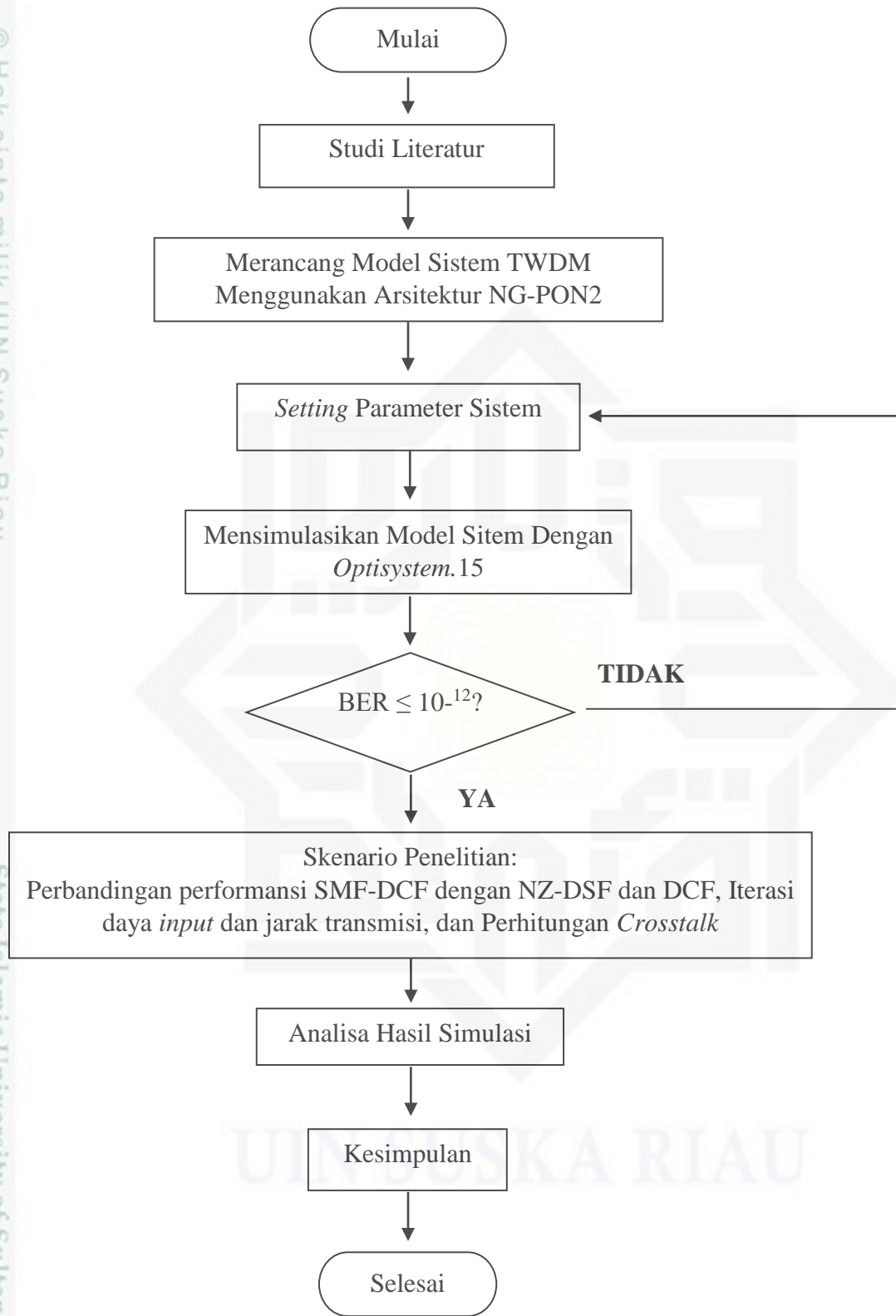
Pada sub bab ini akan dibahas tentang bagaimana tahap yang dilakukan penulis dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini. Langkah pertama dalam pelaksanaan penelitian ini adalah melakukan *literature review* pada jurnal-jurnal nasional maupun internasional guna mendapatkan topik yang akan diteliti oleh penulis. Selanjutnya setelah mendapatkan topik, penulis mengumpulkan referensi-referensi penelitian yang berkaitan dengan topik yang akan diteliti, untuk menentukan judul dan tujuan penelitian. Berdasarkan judul dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, penulis mulai merancang model sistem yang akan diteliti yakni pada teknologi NG-PON2 menggunakan sistem *multiplexing TWDM* dengan menentukan parameter dasar pada *link* optik seperti jenis serat optik, panjang gelombang, jarak transmisi, dan modulasi yang digunakan. Model sistem tersebut disimulasikan dengan *software optisystem 15*.

Setelah model sistem berhasil disimulasikan, kemudian dilanjutkan dengan analisa apakah sistem tersebut memenuhi standar minimum BER komunikasi optik berdasarkan standar ITU-T G.989 *series* utuk teknologi NG-PON, yakni ditunjukkan dengan nilai minimum *Bit Error Rate* sebesar 10^{-12} [23]. Tahap selanjutnya yaitu menarik kesimpulan tentang performansi model sistem pada teknologi NG-PON2 menggunakan sistem *multiplexing TWDM*.

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 Tahapan Penelitian



3.2 Model Sistem TWDM-PON pada Teknologi NG-PON2 menggunakan Serat NZ-DSF dan DCF

Pada penelitian ini dirancang sebuah model sistem TWDM-PON pada teknologi NG-PON2 dengan serat NZ-DSF dan DCF menggunakan *software Optisystem 15*. Berikut ini akan dijelaskan fungsi dari komponen-komponen yang digunakan dalam merancang model sistem pada *software Optisystem 15*.

Adapun komponen-komponen dan fungsinya sebagai berikut.

1. *Pseudo Random Bit Sequence (PRBS)*

PRBS merupakan komponen yang membangkitkan sinyal informasi berupa sinyal digital.

2. CW LASER

Merupakan sumber optik yang mentransmisikan sinyal ke dalam serat optik.

3. *Optical Pulse Generator*

Merupakan format modulasi yang menggunakan teknik pengkodean NRZ.

4. MZM

Mach Zender Modulator (MZM) berguna sebagai modulator yang memodulasi sinyal informasi, sebelum ditransmisikan kedalam kanal serat optik.

5. *Connector*

Digunakan sebagai penghubung satu *item* dengan *item* lain.

6. WDM MUX

Merupakan komponen yang menggabungkan informasi dalam beberapa panjang gelombang, dan menyalurkan dalam satu kanal serat optik

7. *Passive Splitter*

Merupakan komponen pasif yang bertugas sebagai pembagi jaringan.

8. *Optical Fiber*

Merupakan komponen serat optik. Dalam sistem ini digunakan serat optik NZ-DSF dan DCF. Yang membedakan antara dua fiber ini, yaitu nilai dispersinya.

9. *Photodetector (PD)*

Komponen detektor optik yang digunakan adalah PIN.

10. *BER analyzer*

Digunakan untuk mengetahui banyaknya tingkat kesalahan bit dalam sistem.



Model perancangan sistem TWDM-PON kombinasi serat NZ-DSF dan DCF ini, memiliki beberapa bagian utama, yaitu bagian *transmitter* berupa OLT, bagian kanal transmisi dan bagian *receiver* berupa ONU. Sesuai dengan rekomendasi ITU-T G.989, proses yang terjadi di bagian *transmitter* adalah pengiriman sinyal informasi menggunakan 4 OLT oleh sumber optik CW LASER, dengan panjang gelombang 1596-1598 nm atau setara dengan 187,8-187,5 THz [23]. Kemudian dilakukan pembangkitan sinyal digital oleh PRBS. Sinyal digital yang telah dibangkitkan ditumpangkan ke sinyal *carrier*. Kemudian diteruskan menuju proses modulasi, dengan tipe pengkodean NRZ. Sinyal dimodulasi dengan modulator optik yaitu *Mach Zender*, kemudian sinyal di *multiplexing* lalu ditransmisikan ke dalam kanal optik untuk diproses dibagian kanal transmisi.

Pada bagian kanal transmisi, medium transmisi yang digunakan dalam model sistem ini yaitu serat optik NZ-DSF dan DCF, karena serat optik ini cocok digunakan untuk transmisi jarak jauh. Setelah sinyal ditransmisikan, sinyal optik masuk kedalam kanal optik kemudian dilakukan percabangan menggunakan komponen *passive splitter* dengan total *split* rasio minimum 1:64. Setelah dicabangkan, sinyal diteruskan dan diproses dibagian *receiver*. Pada bagian *receiver*, terjadi proses pengembalian sinyal optik menjadi sinyal elektrik seperti semula oleh *photodetector*. Setelah itu sinyal keluaran diteruskan ke 3R *Regenerator* dan BER *analyzer*, untuk dilakukan perhitungan banyaknya tingkat kesalahan bit/ *bit error* dalam sistem tersebut. Pada Gambar 3.2 dibawah ini, diperlihatkan perancangan model sistem TWDM-PON menggunakan serat NZ-DSF dan DCF dalam teknologi NG-PON2.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

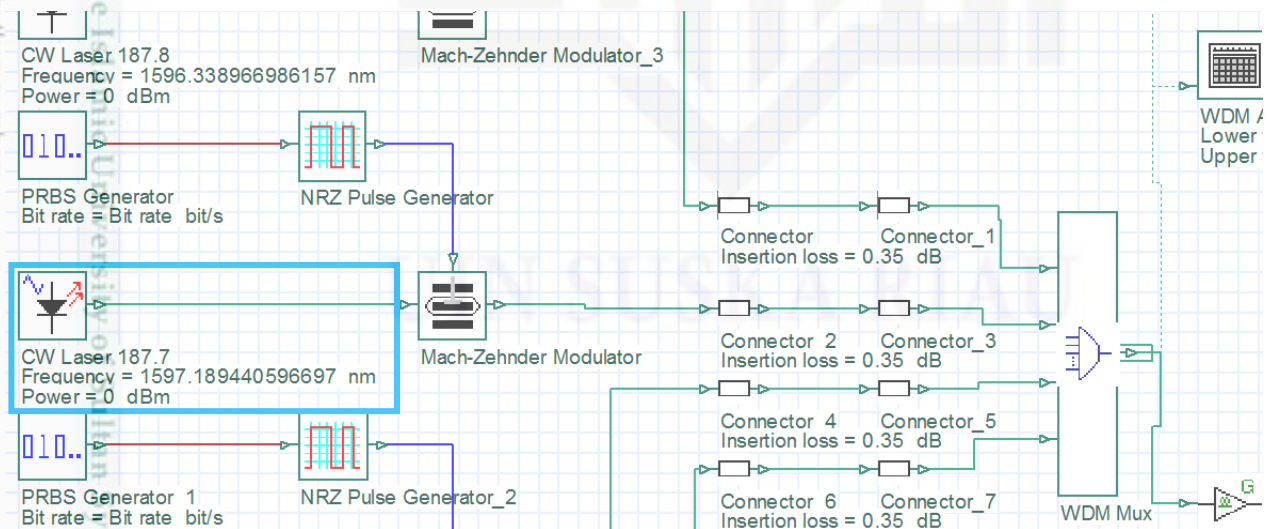
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis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

Bagian OLT merupakan bagian utama yang melakukan pengiriman informasi dari sentral ke pelanggan. Sesuai dengan rekomendasi ITU-T G.989 series, pada sisi transmitter terdapat 4 OLT dengan panjang gelombang berkisar 1596-1598 nm atau setara 187,8-187,5 THz dengan bit rate downstream 10 Gb/s, sehingga menghasilkan 40 Gb/s. Daya pancar OLT yang digunakan adalah daya pancar minimum sesuai ketentuan ITU-T yaitu berkisar 3 s.d 11 dBm. Channel spacing yang digunakan adalah 100 GHz atau setara dengan 0,8 nm. Format modulasi yang digunakan adalah NRZ. Adapun panjang gelombang yang digunakan dalam tugas akhir ini ditunjukkan pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Panjang Gelombang [6] [23]

Kanal	Panjang Gelombang (nm)	Frekuensi (THz)
1	1596,34	187,8
2	1597,19	187,7
3	1598,04	187,6
4	1599,89	187,5

Pada Gambar 3.3 dibawah ini, diperlihatkan perancangan model sistem TWDM-PON menggunakan serat NZ-DSF dan DCF dalam teknologi NG-PON2 pada bagian OLT.



Gambar 3.3 Model Sistem pada Bagian OLT



Setelah selesai dengan bagian OLT, lanjut pada bagian kanal transmisi. Pada bagian kanal transmisi terjadi proses penghubungan antara sentral ke pelanggan menggunakan *Optical Distribution Network* (ODN). Pada bagian ODN ini dilakukan pembagian jaringan menggunakan *passive splitter* dengan total *split* rasio 64 ONU. Mengacu pada standar umum PT. Telekomunikasi Indonesia (TELKOM), Tbk [21] dimana TELKOM menetapkan untuk teknologi NG-PON, *split* sampai ke 64 *home passs*. Dalam model sistem ini, *splitter* pertama diletakkan 1:4 di OLT, 1:2 di ODC dan *splitter* 1:8 di ODP. Jenis kabel serat optik utama yang digunakan adalah NZ-DSF ITU-T G.655 dan dikombinasikan dengan DCF sebagai kompensator dispersi. Ketentuan jarak transmisi untuk aplikasi *short haul*, yaitu dengan jarak transmisi maksimumnya 40 km. Untuk jarak transmisi pada aplikasi *long haul*, jarak transmisi maksimumnya yaitu 80 km. Untuk jarak transmisi pada aplikasi *ultra long haul*, jarak tranmisi maksimumnya yaitu 120 km. Dan untuk jarak transmisi pada aplikasi *extra long haul*, jarak transmisi maksimumnya yaitu 160 km [14]. Parameter pada kanal transmisi ditunjukkan dalam Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Parameter pada Kanal Transmisi [9] [21]

No	Parameter	Nilai
1	<i>Attenuation</i> NZ-DSF	0,35 dB/km
2	<i>Dispersion</i> NZ-DSF	5,8 ps/nm.km
3	<i>Attenuation</i> DCF	0,6 dB/km
3	<i>Dispersion</i> DCF	-80 ps/nm.km
4	<i>Attenuation</i> Konektor SC/UPC	0,35 dB/km
5	<i>Attenuation Splitter</i> 1:2	3,7 dB/km
6	<i>Attenuation Splitter</i> 1:4	7,25 dB/km
7	<i>Attenuation Splitter</i> 1:8	10,38 dB/km
8	EDFA	12,9 dB

Setelah menentukan parameter-parameter yang digunakan pada kanal transmisi, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan jarak DCF untuk setiap jarak transmisi. Dengan persamaan yang telah diterakan pada Bab II, yaitu:

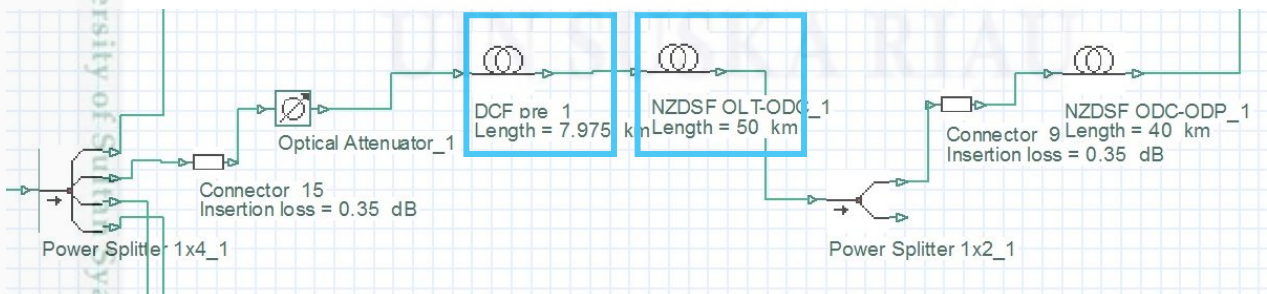
$$(D_{NZDSF} \times L_{NZDSF}) + (D_{DCF} \times L_{DCF}) = 0$$

Setelah melakukan perhitungan, hasil perhitungan jarak DCF untuk setiap jarak transmisi ditampilkan dalam Tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.4 Jarak DCF untuk Setiap Jarak Transmisi

NO	NZ-DSF	DCF
1	40	2,9
2	50	3,625
3	60	4,35
4	70	5,075
5	80	5,8
6	90	6,525
7	100	7,25
8	110	7,975
9	120	8,7
10	130	9,425
11	140	10,15
12	150	10,875
13	160	11,6

Adapun pada Gambar 3.4 dibawah ini, diperlihatkan perancangan model sistem TWDM-PON menggunakan serat NZ-DSF dan DCF dalam teknologi NG-PON2 pada bagian Kanal Transmisi.



Gambar 3.4 Model Sistem pada Bagian Kanal Transmisi



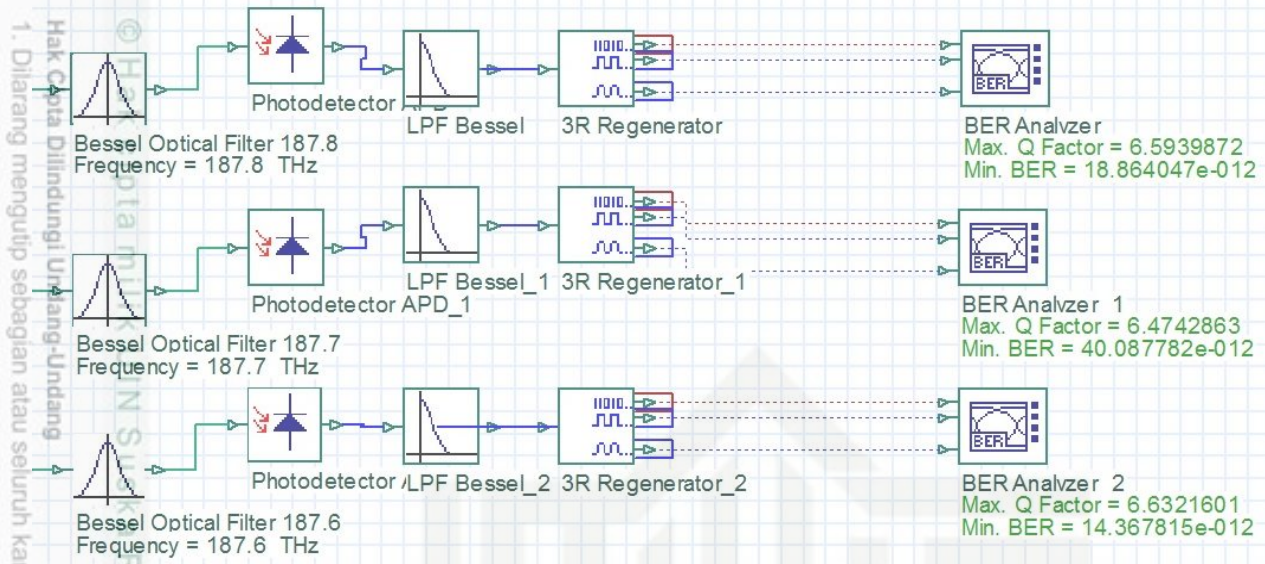
Setelah sinyal optik diproses didalam kanal transmisi, sinyal diteruskan sampai pada bagian *receiver* yaitu ONU yang melewati *photodetector*. *Photodetector* mendeteksi sinyal optik kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik seperti semula. Setelah itu sinyal diteruskan kedalam *low pass filter* (LPF) yang berfungsi memfilter sinyal informasi yang diinginkan. Sinyal tersebut diukur menggunakan BER *analyzer*, sehingga kesalahan atau bit *error* pada sinyal yang diterima dapat terukur. Adapun parameter *receiver* ditunjukkan pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Parameter pada *Receiver Optical Network Unit* (ONU) [6]

No	Parameter	Nilai dan Satuan
1	<i>Photodetector</i>	APD
2	<i>Bandwidth</i>	2,5 GHz
3	<i>Filter Type</i>	Bessel
4	<i>Sensitivity</i>	-28 dBm
5	<i>Temperature</i>	298°K

Pada Gambar 3.5 dibawah ini, diperlihatkan perancangan model sistem TWDM-PON menggunakan serat NZ-DSF dan DCF dalam teknologi NG-PON2 pada bagian *receiver/ONU*.

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 3.5 Model Sistem pada Bagian ONU

3.4 Simulasi Model Sistem

Setelah selesai dengan *set up* parameter jaringan, selanjutnya adalah melakukan uji coba simulasi terhadap model sistem yang dirancang. Simulasi sistem dilakukan dengan *software Optisystem 15*. Hal ini dilakukan untuk melihat baik atau buruknya kualitas performansi yang dihasilkan sistem tersebut. Sistem dapat dikatakan bekerja baik, dengan melihat apakah sistem tersebut memenuhi standar minimum BER pada ITU-T G.989 *series* yaitu 10^{-12} . Jika simulasi berhasil, langkah selanjutnya adalah menganalisa hasilnya. Namun jika tidak memenuhi standar minimum BER tersebut, maka dilakukan verifikasi terhadap parameter masukan sesuai dengan standar ITU-T, kemudian sistem disimulasikan ulang.

3.5 Skenario Penelitian

Setelah sistem jaringan bekerja baik sesuai dengan standar keberhasilan, maka selanjutnya dilakukan skenario penelitian. Dalam penelitian ini terdapat tiga skenario penelitian, skenario pertama adalah melakukan perbandingan performansi sistem TWDM-PON pada penelitian sebelumnya yang menggunakan SMF-DCF sebagai media transmisi, dengan performansi sistem NZ-DSF dan DCF yang penulis lakukan pada Tugas Akhir ini. Setelah itu dilanjutkan skenario kedua, yakni dengan iterasi daya *input* dalam rentang 3 s.d 11 dBm sesuai dengan rentang daya yang ditetapkan dalam ITU-T G.989 *series* dengan iterasi



jarak transmisi 40 s.d 160 Km, untuk mendapatkan jarak transmisi maksimum yang dapat dicapai oleh sistem NZ-DSF dan DCF. Dan skenario ketiga adalah melakukan perhitungan *crosstalk* pada sistem.

3.5.1 Perbandingan Performansi SMF-DCF dengan NZ-DSF dan DCF

Pada skenario ini akan dilakukan perbandingan performansi sistem TWDM-PON pada penelitian sebelumnya yang menggunakan SMF-DCF sebagai media transmisi, dengan performansi sistem NZ-DSF dan DCF yang penulis lakukan pada teknologi NG-PON2. Setelah dibandingkan, kemudian dilakukan analisis perbandingan hasil terhadap kedua performansi tersebut untuk melihat mana diantara kedua sistem tersebut yang lebih unggul untuk diterapkan pada teknologi NG-PON2.

3.5.2 Iterasi Daya *Input* dan Jarak Transmisi Sistem

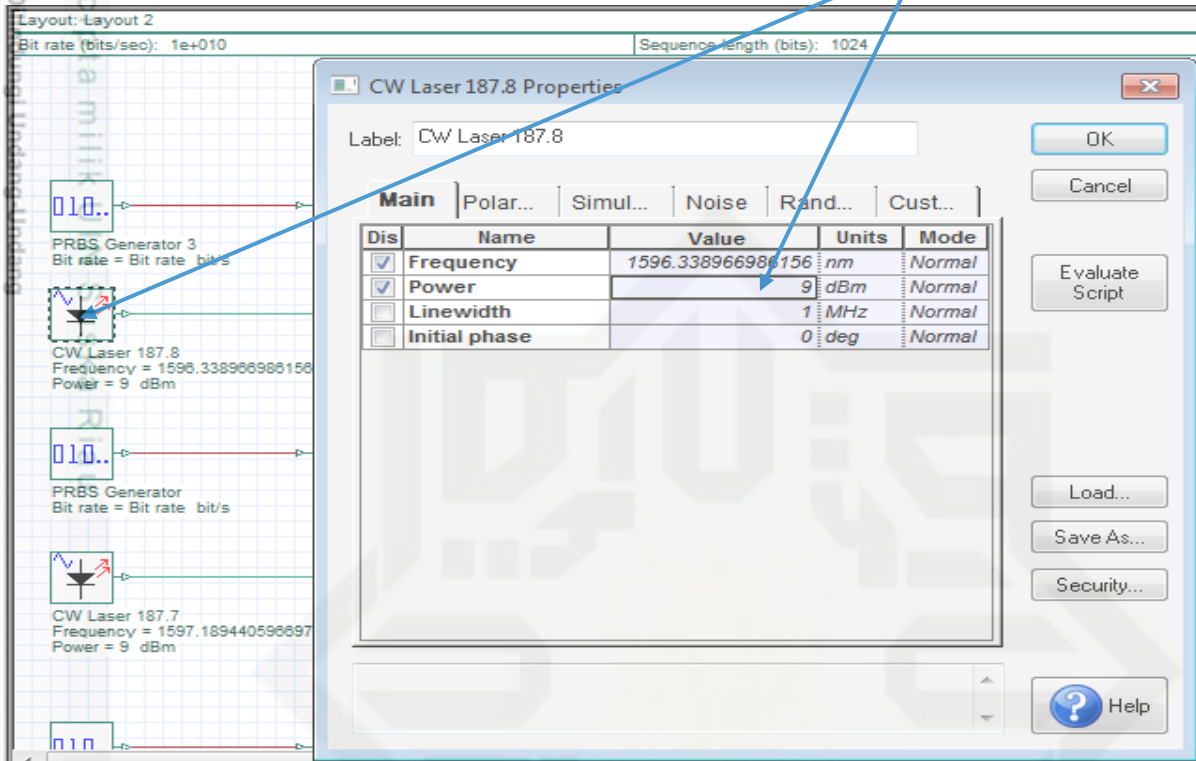
Pada skenario penelitian ini dilakukan perubahan atau iterasi daya *input* sistem dalam rentang 3 s.d 11 dBm dengan iterasi jarak transmisi 40 s.d 160 Km. Berikut gambaran iterasi daya *input* sistem pada Gambar 3.6 dan gambaran iterasi jarak transmisi pada Gambar 3.7 di bawah ini.

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.



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Iterasi daya *input* pada sumber optik dalam rentang 3 s.d 11 dBm.

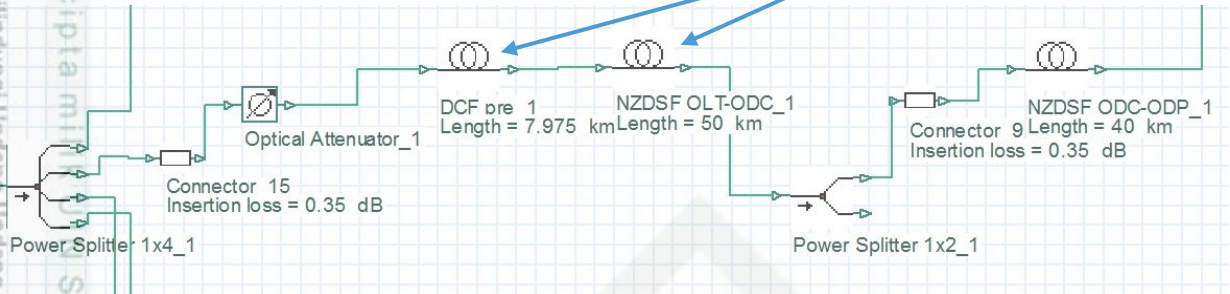


Gambar 3.6 Iterasi Daya *Input*

Kemudian dilakukan perubahan atau iterasi terhadap jarak transmisi sistem yaitu pada serat NZ-DSF, mulai dari 40 Km sampai dengan jarak transmisi 160 Km. Setiap perubahan jarak pada NZ-DSF, maka nilai untuk kompensator DCF juga berubah sesuai dengan hasil perhitungan DCF untuk setiap jarak.

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.

Iterasi jarak transmisi dari panjang 40 s.d 160 Km



Gambar 3.7 Iterasi Jarak Transmisi

Indikator keberhasilan dalam mensimulasikan sistem pada skenario ini yaitu dengan melihat nilai BER disisi ONU. Sistem berjalan dengan baik apabila setelah disimulasikan dengan mengubah daya *input* dalam rentang 3 s.d 11 dBm dan mengubah jarak transmisi dalam rentang 40 s.d 160 Km, BER sistem pada *receiver* masih memenuhi standar minimum BER pada NG-PON2 yakni 10^{-12} .

3.5.3 Perhitungan Crosstalk

Pada skenario ini akan dilakukan perhitungan nilai *crosstalk* terhadap daya *input* berdasarkan saluran *input* dan *output*. Perhitungan *crosstalk* menggunakan rumus yang telah dicantumkan sebelumnya di BAB II, dimana batas nilai minimum *crosstalk* yang diizinkan adalah -40 dBm [20].

Untuk perhitungan nilai *crosstalk* pada masing-masing saluran, diambil asumsi dari penelitian Yolanda Margareth pada tahun 2014, dimana perbandingan tinggi puncak suatu sinyal (b) yaitu $b = 1$ dBm, namun harus dikonversikan terlebih dahulu kedalam satuan *watt* yaitu 0,001258925. Kemudian, nilai $R_d = 0,85$, $E_{adj} = 0,5$, $E_{nonadj} = 0,5$ dan $X_{switch} = 0,01$.