

BAB II DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada jurnal penelitian Fahmi [4] pada tahun 2018 melakukan penelitian yang berjudul “*Performance Comparasion od Dispersion Compensation Schemes Using of DCF in DWDM Optical Network*” membahas tentang perbandingan skema DCF yang cocok digunakan pada jaringan DWDM yang menggunakan 16 saluran dengan *bit rate* 40 Gbps tiap salurannya, saluran 200 GHz dan dengan kabel optik sepanjang 300 km. Kemudian mendapatkan kesimpulan bahwa nilai *Q-factor* dari *pra-compensation*, *post compensation*, dan *symmetrical compensation* tidak memenuhi standar ITU-T yang memiliki nilai *Q-factor* lebih dari nilai 7,20. Namun ketika nilai *symmetrical compensation* diberikan daya input sebesar 0 dBm, 2 dBm, 4 dBm, 6 dBm, 8 dBm, dan 10 dBm, dapat memberikan dampak positif. Skema *symmetrical compensation* lebih baik atau optimal dibandingkan dengan skema yang lain.

Pada jurnal penelitian Achmad Wildan Almaiz [5] melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Kabel *Dispersion Compensating Fiber* (DCF) Pada Link Sistem Komunikasi Optik Long Haul Dengan Skema Berbeda” yang membahas mengenai cara untuk mengoptimalkan jaringan optik dengan jarak mencapai 1000 km dan data *rate* pada 10 Gbps sebagai pembanding. Skema yang digunakan ada 3 yaitu simulasi tanpa DCF, kemudian simulasi DCF dengan 3 skema, dan terakhir SM dan DCF yang dipasang secara paralel. Kemudian skema tersebut didukung oleh penguat *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) sebesar 22 dB. Ketika melakukan percobaan skema yang pertama yaitu skema tanpa DCF menghasilkan nilai *Q-factor* yang sangat besar dan nilai maksimal terdapat pada jarak 100 km, sedangkan pada skema *post compensation* mendapatkan nilai maksimal pada jarak 400 km, pada skema *pre compensation* mendapatkan nilai maksimal pada jarak 600 km, pada skema *mix compensation* menghasilkan nilai maksimal pada jarak 600 km, dan pada skema *paralel compensation* mendapatkan nilai maksimal pada jarak 400 km.

Pada jurnal penelitian Ade Rizki Ginanjar [6] melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Dan Simulasi Pengaruh *Dispersion Compensation Fiber* Pada Link Optik Berdasarkan Jarak Dan *Bit Rate*” yang membahas mengenai perhitungan *pre compensation* dan *post*

compensation pada *Dispersion Compensating Fiber* (DCF) menggunakan jarak 150 km, 500 km dan 1000 km dengan *bit rate* 10 Gbps dan 40 Gbps dan menggunakan multiplexing DWDM dengan menggunakan DCF skema *mix compensation*. Hasil yang dicari pada penelitian ini adalah nilai *Q-factor*, dan setelah melakukan penelitian pada jarak 1000 km dengan *bit rate* 10 Gbps dan 40 Gbps mendapatkan nilai *Q-factor* sebesar 0. Nilai *Q-factor* pada *bit rate* 10 Gbps maksimal hanya hanya sampai jarak 500 km, sedangkan pada *bit rate* 40 Gbps hanya sampai jarak 80 km saja.

Jurnal penelitian Ario Adi Prabowo [7] yang melakukan penelitian yang berjudul “Analisis dan Perancangan Migrasi Jaringan DWDM *backbone* Jakarta-Surabaya PT Telkom Indonesia” yang meneliti tentang jaringan *backbone* Telkom Jakarta – Surabaya yang merupakan jaringan berkapasitas besar, dimana jaringan tersebut memiliki peran yang penting dalam kegiatan komunikasi antar kota. Pada jurnal tersebut yang dianalisis adalah link SKSO *backbone* Jawa, yang menggunakan teknologi DWDM dengan kapasitas 40 Gbps yang akan dilakukan perencanaan ulang menjadi 100 Gbps. Parameter yang digunakan yaitu *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, Dan *Optical Signal Noise Ratio*. Setelah melakukan penelitian tersebut mendapatkan hasil *Dispersion Compensation Module* (DCM) merupakan kebutuhan yang mutlak untuk menekan angka dispersi sehingga toleransi dispersi dapat terpenuhi, dan memerlukan sebuah penguat *line amplifier*. Penguat *line amplifier* digunakan karena bisa mengatur besarnya sesuai kebutuhan, memiliki range 20-30 dB.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Sistem Komunikasi Serat Optik

Sistem komunikasi serat optik secara umum terdiri dari beberapa bagian, diantaranya memiliki *transmitter*, kanal komunikasi berupa serat optik, dan optikal *receiver*. Optikal *transmitter* berfungsi mengubah sinyal elektrik ke sinyal optik. Terdiri dari beberapa bagian diantaranya, sumber optik, modulator dan *channel coupler*. *Light Emitting Diodes* (LED) adalah salah satu contoh sumber dari sinyal optik. Modulator berfungsi untuk memvariasikan arus injeksi dari sumber optik, kemudian ketika sinyal optik yang telah difokuskan oleh *channel coupler* kedalam serat optik dengan efisiensi yang tinggi. Optikal *receiver* berfungsi untuk mengubah sinyal optik kedalam bentuk sinyal elektrik. Terdiri dari *coupler* yang berguna untuk memfokuskan sinyal optik kedalam *photodetector*. Kemudian *photodetector* mengubah menjadi sinyal elektrik

untuk diterima oleh demodulator, demodulator ini merupakan sebuah circuit yang mengidentifikasi bit sebagai 1 atau 0. Tentunya harus menggunakan format modulasi yang sama dengan yang digunakan oleh modulator agar data yang didapatkan tidak salah [5].

Serat optik terdiri dari tiga bagian utama yaitu, inti (*core*) yang berfungsi sebagai penyalur gelombang, ketika mengirimkan data berupa gelombang cahaya tentu memerlukan media dan media yang dilewati adalah inti dari serat optik (*core*). Selimut (*cladding*) yang berfungsi untuk memperkecil rugi-rugi yang ada dipermukaan dan mengarahkan gelombang cahaya kedalam *core*. Jaket (*coating*) berfungsi untuk melindungi *core* dan *cladding* dari pengaruh luar seperti tekanan, gesekan, maupun benturan dari luar yang dapat merusak *core* maupun *cladding* [2]. Keuntungan dari menggunakan serat optik, yaitu :

1. Potensi *bandwidth* yang besar, pada frekuensi *carrier* optik rentang 10¹³ Hz sampai 10¹⁶ Hz menawarkan potensi *bandwidth* yang lebih besar, jika dibandingkan dengan kabel tembaga yang hanya sekitar 20 Mhz [5].
2. Ringan dan berukuran kecil, selain memiliki bandwith besar kabel optik juga memiliki ukuran kabel yang kecil terutama pada bagian intinya hanya berukuran seperti sehelai rambut [5].
3. Ketahanan terhadap interferensi elektromagnetik, serat optik tidak akan terpengaruh oleh gelombang elektromagnetik dikarenakan serat optik terbuat dari serat kaca yang tidak dapat menyalurkan gelombang elektromagnetik [5].
4. Rugi-rugi transmisi yang rendah, sampai saat ini rugi-rugi yang terjadi pada serat optik sebesar 0,15 dB/km dimana nilai tersebut lebih kecil dibandingkan media transmisi manapun [5].
5. Keamanan sinyal yang tinggi, cahaya dari serat optik tidak beradiasi terhadap objek diluar sehingga tingkat keamanan sinyal sangat tinggi [5].

Terdapat juga kekurangan pada komunikasi jaringan serat optik, yaitu:

1. Kontruksi kabel serat optik cukup lemah, sehingga diperlukannya lapisan penguat sebagai proteksi [2].
2. Karakter transmisi bisa jadi berubah, dikarenakan terjadi tekanan yang berlebihan dari luar [2].
3. Tidak bisa dialiri listrik, sehingga tidak dapat memberikan catuan pada repeater [2].

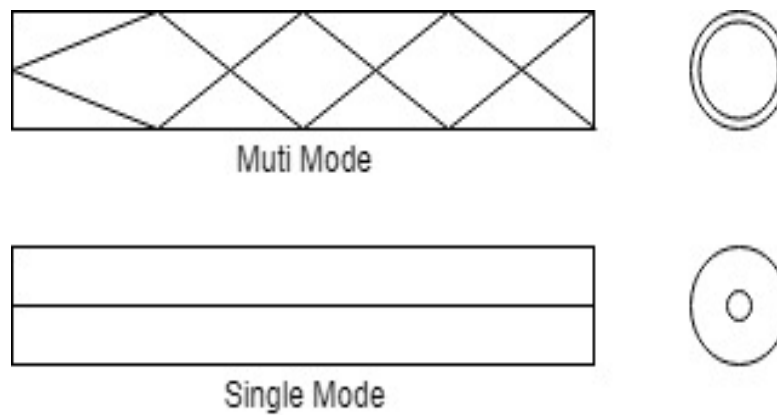
2.2.2 Jenis Serat Optik Berdasarkan Jumlah Mode Yang Digunakan

1. Serat Optik Single Mode

Ukuran serat optik *single mode* sangat kecil pada bagaian diameternya saja sekitar 8-10 μm , serat optik *single mode* hanya merambatkan satu *mode* karena ukuran inti mendekati ukuran panjang gelombang sehingga gelombang yang lewat tidak mengalami pembiasan sehingga serat optik *single mode* bisa mengirimkan data lebih jauh dengan kapasitas yang besar dan kecepatan yang tinggi. Untuk mendapatkan performa yang baik pada kabel ini biasanya selongsong yang digunakan sekitar 15 kali dari ukuran inti (sekitar 125 μm) [2].

2. Serat Optik *Multi Mode*

Sesuai dengan namanya serat optik *multi mode* dapat merambatkan lebih dari satu *mode* bahkan dapat merambatkan lebih dari 100 *mode*. Jumlah *mode* yang merambat bergantung pada ukuran inti dan *numerical aperture*. Ukuran inti dan NA biasanya sekitar 50-100 μm dan 0,20 – 0,229 μm . Keuntungan dari inti dan NA yang besar bisa berupa cahaya yang diumpankan keserat optik *multi mode* jadi lebih mudah, dan koneksi antar serat juga lebih mudah. Serat optik *multi mode* biasa digunakan pada jarak dekat saja kurang lebih jarak maksimalnya adalah 1 km [2].



Gambar 2. 1 Perbandingan Serat Optik Multimode Dan Single Mode.

Manufaktur serat optik mengatur serat, NA dan *profil indeks bias* dari serat optik *multi mode* untuk memaksimalkan bandwidth, serat optik *multi mode* dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. *Step Index*

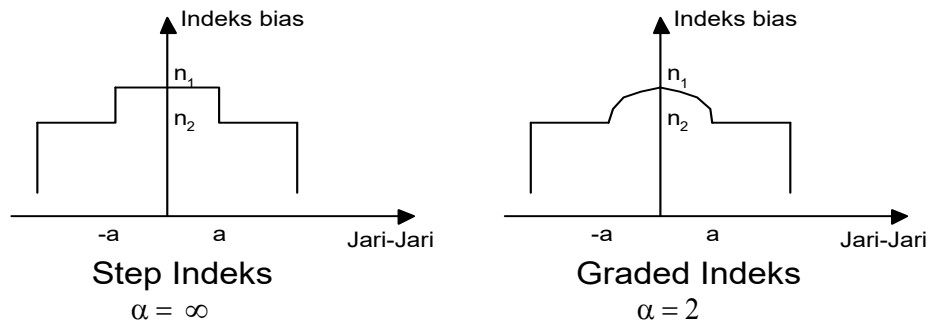
Jika perbedaan indeks bias inti dan kulit dibuat drastis disebut serat optik *step indek* selisih antara indeks bias kulit dan inti disimpulkan dengan Δ dimana [2]:

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2.1).$$

Ket: Δ = selisih antara *indeks bias* kulit dan inti.

2. Graded indeks

Jika perbedaan indeks bias inti dan kulit dibuat secara perlahan-lahan disebut *graded indeks* bagaimana turunnya nilai bias dari inti ke kulit ditentukan oleh *indeks* profil α .



Gambar 2. 2 Perubahan index bias pada serat optik.

2.2.3 Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)

Didalam sistem telekomunikasi memiliki keterbatasan utama yang menjadi hal umum yaitu spektrum dan bandwidth. Tetapi dengan adanya keterbatasan bukan berarti berdampak buruk pada bidang telekomunikasi, seperti komunikasi serat optik yang menggunakan cahaya sebagai media pengiriman data. Hal menarik dari penggunaan cahaya pada sistem komunikasi serat optik yaitu memiliki fakta, dimana semakin tinggi frekuensi dari gelombang pembawa, maka bandwidth atau kapasitas transmisinya akan makin besar. Maka dari penjelasan tersebut suatu sistem komunikasi serat optik dengan panjang 1550 nm termasuk termasuk cahaya tak tampak, secara teori memiliki bandwidth sebesar $1,93 \times 10^{14}$ Hz (19,3 Thz) [5]. *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) termasuk dalam teknik perkembangan yang ada di *multiplexing* WDM, yaitu banyaknya sinyal optik yang memiliki panjang gelombang berbeda-beda kemudian ditransmisikan secara bersama melalui serat optik [6], namun ada juga faktor yang menyebabkan terlahirnya DWDM dimana pertumbuhan trafik pada jaringan *backbone* mengalami percepatan yang tinggi sehingga kapasitas pada jaringan tersebut menjadi cepat terisi. Hal itu yang menjadi dasar pemikiran untuk merubah jaringan yang ada kemudian membuat jaringan yang baru [5].

Menurut ITU-T Rec G-694.1 standar panjang yang diperbolehkan berisar dari 12,5 GHz samapai 1000 GHz. Prinsi kerja DWDM sebenarnya sama dengan multiplexing yang ada pada WDM, panjang gelombang yang umumnya digunakan adalah 1330 nm dan 1550 nm. Cara kerja dari DWDM yaitu inputan yang berupa trafik dengan format data dan laju bit yang berbeda kemudian dihubungkan dengan laser DWDM. Kemudian dari laser itu akan mengubah masing-

masing sinyal informasi dan memancarkan dengan panjang gelombang yang berbeda. Kemudian dari panjang gelombang yang didapat, dimasukkan dan menjadi inputan untuk multiplexer kemudian keluar dari multiplexer dimasukkan dalam *single fiber* [6].

DWDM adalah teknik yang menggabungkan sinyal cahaya dan panjang gelombang sebagai kanal informasi, dengan media transmisi yang digunakan yaitu serat optik. Prinsip kerja yang dimiliki DWDM yaitu dengan mempersempit spasi pada kanal, sehingga dapat mentransmisikan beberapa panjang gelombang yang berbeda-beda dalam satu media transmisi. Implementasi sistem DWDM dapat diterapkan untuk jarak jauh (Long Haul) [4].

Pada DWDM memiliki dua perangkat yang berfungsi untuk menggabungkan kanal dan juga berfungsi memisahkan kanal kembali seperti semula. Perangkat yang berfungsi untuk menggabungkan kanal adalah *multiplexer*, dan yang berfungsi untuk memisahkan kanal kembali adalah *demultiplexer*.

2.2.4 Dispersi

Pada jaringan kabel optik, ketika sinyal ditransmisikan dapat mengalami kerusakan salah satu penyebabnya ialah dispersi. Perbedaan yang dialami mengakibatkan perbedaan waktu pada tujuannya, sehingga dapat mempengaruhi pelebaran pulsa[4]. Dispersi adalah pelebaran pulsa cahaya pada saat ditransmisikan di sepanjang saluran serat optik. Pulsa yang melebar akan menyebabkan penumpukan yang menyebabkan tidak bisa dibedakannya pada input penerima. Pelebaran pulsa disebabkan oleh dua faktor yaitu dispersi intramodal (*singlemode dispersion*) dan dispersi intermodal (*multimode dispersion*). Dispersi intramodal/kromatik disebabkan karena adanya perbedaan indeks bias pada serat optik yang menyebabkan pulsa melebar dan saling tumpang tindih. Sedangkan untuk dispersi intermodal disebabkan karena pulsa yang berbeda memiliki kecepatan yang berbeda, sehingga ada waktu tunda antara tiap pulsa pada sisi penerima. Dispersi inilah yang berdampak sebagai pembatas pada lebar *bandwidth* maksimum yang bisa dicapai agar masing-masing simbol dapat dibedakan [1].

2.2.4.1 Dispersi pada Serat Optik Single-Mode

Dispersi pada serat optik *single-mode* adalah efek *intramodal* yang terjadi di serat optik disebabkan karena adanya dispersi material, dispersi pandu gelombang (*waveguide*), dan dispersi polarisasi (*polarization-mode*). Dispersi *intramodal* adalah satu-satunya dispersi yang terjadi pada

jaringan optik *single-mode*. Sehingga serat optik *single-mode* memiliki dispersi yang lebih minimum dibanding dengan *multi-mode* [4].

2.2.4.2 Dispersi Material

Dispersi ini disebabkan karena variasi pada indeks bias sebagai fungsi yang tidak sesuai pada panjang gelombang. Kecepatan sebagai fungsi indeks bias, maka komponen yang ada pada sinyal akan melewati serat optik dengan kecepatan yang berbeda-beda dan dapat menyebabkan perubahan bentuk pada pulsa[4].

2.2.4.3 Dispersi Pandu Gelombang

Dispersi pandu gelombang terjadi akibat cahaya yang diterima oleh detector tidak melalui inti seutuhnya, tetapi sebagian cahaya merambat melalui kulit. Hal ini merupakan hasil dari konstanta propagasi (β) merupakan fungsi dari panjang gelombang yang menyebabkan munculnya satu atau lebih keterbatasan pada serat optik. Tanpa keterbatasan ini, serat optik menjadi media homogen sehingga dispersi pandu gelombang menjadi hilang [6].

2.2.4.4 Dispersi Polarisasi

Pada serat optik sirkular yang sempurna mendukung dua mode fundamental polarisasi orthogonal dimana kedua mode ini mengidentifikasi konstanta propagasi dikarenakan dispersi mode polarisasi tidak muncul. Tetapi serat optik hasil pabrikan memiliki perbedaan kecil yang konstan. Dikarenakan propagasi dari dua mode tersebut memiliki bentuk inti yang sedikit ellips. Kemunculan dua mode fundamental mengakibatkan penyebaran pulsa, dari fenomena tersebutlah dikenal dengan dispersi mode polarisasi [6].

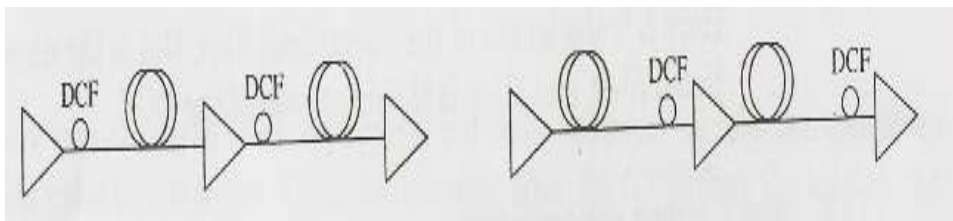
2.2.5 Dispersion Compensating Fiber (DCF)

Dispersion Compensating Fiber (DCF) adalah salah satu jenis serat optik yang mengalami proses modifikasi pada bagian dispersinya sehingga dapat menghasilkan dispersi negatif yang besar. Nilai dispersi yang didapat digunakan untuk mengkomposisikan dispersi yang terjadi pada jaringan kabel *single mode fiber* (L) kemudian menambahkan DCF dengan panjang tertentu (I) [6]. Jika terjadi kasus sinyal optik berjalan melalui kabel *single mode* maka sinyal itu akan mengalami proses dispersi melalui panjang L, dimana D adalah dispersi persatuan panjang. DCF deralisasi dengan memotong fiber optik yang dengan panjang I dan menghasilkan dispersi

negatif yang besar D , pada panjang gelombang operasi dengan cara itulah DI menghasilkan DL [4]. Panjang dari DCF didapatkan dari persamaan [5]:

$$I = D / D' L \quad (2.4).$$

DCF biasa digunakan dengan cara menyisipkannya kedalam link kabel serat optik. Penyisipan dapat dilakukan sebelum atau biasa disebut *post compensation*, dan bisa juga sesudahnya atau bisa disebut *pre compensation* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Dalam keadaan sistem yang nyata ataupun dalam uji coba dan simulasi *post compensation* dan *pre compensation* termasuk solusi terbaik untuk mengatasi dispersi.



Gambar 2. 3 Pre Compensation Dan Post Compansation DCF.

DCF termasuk jenis kompensator yang digunakan untuk menangani permasalahan yang ada pada dispersi, dikarenakan dispersi memiliki nilai negatif. Seperti halnya jenis serat yang ada transmisi, nilai dispersi yang ada bersifat *continuous* dan dapat dimanipulasi. Untuk menentukan nilai dispersi dapat diperoleh dengan persamaan berikut [4]:

$$0 = DTF LTF + DDCF LDCF \quad (2.5).$$

DTF merupakan nilai dispersi positif ($ps/nm \times km$) di bagian transmisi, LTF merupakan panjang serat transmisi (km), lalu DDCF adalah nilai dispersi negative pada bagian DCF ($ps/nm \times km$), dan LDCF adalah panjang dari jaringan serat DCF (km). Pada serat optik *single mode* memiliki nilai mempunyai nilai dispersi yang memiliki nilai positif, namun pada DCF mempunyai karakteristik bernilai negatif dengan panjang serat yang sudah di konfigurasi, sehingga mendapatkan nilai dispersi bernilai nol (0) [4].

Disebabkan nilai dispersi pada DCF bersifat *continue*, hal tersebut tidak begitu mempengaruhi bandwidth dan jumlah kanal yang kemudian akan digunakan. Terdapat beberapa keuntungan dari penggunaan kompensasi dispersi jenis serat yang digunakan DCF antara lain :

1. Merupakan solusi untuk kompensasi dispersi pada jaringan broadband.
2. Dapat mempertahankan nilai dari dispersi yang konstan pada wilayah tertentu.

3. Mampu mengkonfigurasi nilai dispersi dengan cara merubah panjang serat DCF yang digunakan.
4. Menawarkan perangkat pasif dengan nilai dispersi yang tetap.

Untuk menentukan panjang pada serat DCF yang akan digunakan untuk dispersi pada serat transmisi, dapat ditentukan dengan cara menggunakan persamaan untuk menentukan panjang, yaitu [4]:

$$L_{DCF} = \frac{D_{TF}}{D_{DCF}} L_{TF} \quad (2.6).$$

DTF adalah nilai dispersi yang ada pada serat transmisi (ps/nm×km), kemudian DDCF adalah nilai dispersi yang ada pada DCF (ps/nm×km), dan LTF (km) adalah panjang kabel transmisi yang akan dikompensasi. Tetapi untuk kompensasi dispersi pada penggunaan panjang gelombang multikanal, sangat diperlukan kompensasi dispersi pada sistem multikanal tersebut [4].

2.2.6 Sumber Pengirim (Transmitter)

Sumber pengiriman adalah komponen yang terdapat pada sisi pengirim berguna sebagai sumber cahaya pada sistem serat optik. Terdapat dua jenis sumber pengiriman yaitu [1]:

1. *Light Emitting Diode* (LED) merupakan sumber cahaya yang digunakan untuk serat jenis multimode karena memiliki spectrum yang lebih lebar sehingga cocok digunakan untuk komunikasi jarak dekat.
2. *Injection Laser Diode* (ILD) merupakan sumber cahaya yang digunakan untuk serat jenis singlemode karena memiliki spektrum yang lebih sempit sehingga sangat cocok untuk digunakan pada sistem transmisi serat optik pada jarak jauh.
3. *Continuous Wave Laser* (CW Laser) merupakan salah satu contoh sumber cahaya jenis laser yang memiliki spektrum sempit sehingga untuk karena implementasinya dapat digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat dan jarak jauh.

2.2.7 Skema Modulasi Yang Digunakan

Terdapat beberapa skema modulasi yang digunakan pada perancangan *optysystem*, yaitu :

1. *Pseudo-Random Bit Sequence Generator*

Pseudo-Random Bit Sequence Generator adalah sebuah alat yang mengirimkan data *bit random* yang akan dihasilkan pada rangkaian. *Pseudo-Random Bit Sequence Generator* berfungsi untuk mengirim bit generator pulsa ke NRZ [8] [8].

2. *Optical Spectrum Analyzer*

Optical Spectrum Analyzer berfungsi untuk menampilkan hasil dari sinyal optik yang sudah termodulasi dalam bentuk domain frekuensi [8].

3. *Optical Time Domain Visualizer*

Optical Time Domain Visualizer berfungsi untuk menampilkan hasil sinyal optik yang sudah termodulasi dalam bentuk domain waktu [8].

2.2.8 Mach-Zender Modulator

Mach-Zender Modulator adalah jenis modulator yang digunakan dibagian modulasi *eksternal*. Prinsipkerja dari modulator tersebut adalah dengan memanfaatkan sinyal masukan elektrik dari generator yang ada, kemudian berinteraksi dengan modulator sehingga dapat merubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik, kemudian dimodulasi pada sinyal pembawa sumber optik [4].

2.2.9 Line Coding

Line coding adalah suatu proses pengkodean sinyal dengan mamakai simbol bit 0 dan bit 1. *Line coding* yang ada pada sistem komunikasi serat optik termasuk pada bit-bit informasi yang ditransmisikan, terdapat *line coding* yang sering digunakan yaitu:

1. *Return Zero (RZ)*

Proses pengkodean sinyal RZ dipersentasikan dengan periode setengah bit 1 dan untuk bit 0 dipersentasikan dengan periode mati atau tidak adanya sinyal yang ditransmisikan [4].

2. *Nano Return Zero (NRZ)*

Proses pengkodean sinyal NRZ dipersentasikan dengan periode satu bit penuh untuk nilai bit dan persentasi kosong untuk nilai bit 0 [4].

2.2.10 Sumber Penerima (Receiver)

Sumber penerima adalah komponen yang berada pada sisi penerima yang berfungsi untuk mendeteksi sinyal optik yang diterima kemudian mengubahnya kesiyal elektrik. Terdapat dua jenis detektor yang ada pada sistem komunikasi optik, yaitu [4]:

1. *Positive Intrinsic Negative (PIN)*

Terdiri dari lapisan semikonduktor yang berfungsi untuk penyerapan foton. Tegangan yang digunakan berkisar antara 8-10 volt, detektor ini cocok digunakan untuk transmisi jarak dekat.

2. *Avalanched Photodiode* (APD)

Mempunyai kelebihan memperbanyak elektron serta memiliki tingkat *sensitivitas* yang tinggi, detektor jenis ini cocok digunakan untuk transmisi jarak jauh.

2.2.11 *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA)

Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas jaringan optik. EDFA termasuk dalam optikal amplifier yang bisa bekerja pada panjang gelombang 1550 nm serta memiliki medium aktif yaitu serat silika yang diberi unsur *erbium* (Er). EDFA adalah salah satu perangkat yang digunakan pada jaringan optik jarak jauh. Penguatan yang dilakukan oleh EDFA didasarkan pada proses emisi tersimulasi yang merupakan prinsip dasar dari sumber optik yaitu laser [9].

Keuntungan yang didapat dari EDFA, yaitu [9]:

- a. *High gain* (~ 50 dB).
- b. *High output power* (> 100 mW).
- c. *Low noise figure* (~ 4 dB).
- d. *Less gain variation*.
- e. *Wide band operation* baik untuk *Wavelength Division Multiplexing* (WDM).
- f. *Low insertion loss*.
- g. *Cross talk immunity* di dalam sistem *multichannel*.
- h. *Low power* untuk *pumping source*.

2.2.12 Parameter Kinerja

Terdapat beberapa parameter yang digunakan pada penelitian yaitu:

1. *Q-Factor*

Q-Factor merupakan faktor penentu yang dapat menentukan baik atau tidaknya kualitas sinyal pada sistem kinerja *optisystem*. Dalam sistem komunikasi serat optik khususnya pada DWDM ukuran *Q-factor* yang baik minimal bernilai 7 atau 10^{-12} pada BER [1].

2. *Bit Error Rate* (BER)

Bit Error Rate (BER) adalah rasio perbandingan dari nilai bit yang rusak dengan nilai keseluruhan dari bit yang dikirimkan. BER melakukan pengujian dengan cara menghitung berapa banyak jumlah bit rusak yang terletak pada transmisi sinyal penerima [10].

3. *Signal Noise Ratio* (SNR)

Signal to noise ratio (SNR) adalah besarnya rasio/perbandingan antara daya sinyal utama dan daya noise/derau yang mengganggu sinyal utama [11].

4. Distorsi

Distorsi adalah suatu sinyal yang mengalami kecacatan atau sinyal yang bisa disebut rusak. Kecacatan yang terjadi terdapat pada amplitudo dan cara memperbaikinya dengan menggunakan sebuah filter harmonik *prototipe* [12].

5. *Jitter*

Jitter adalah jumlah rata-rata variasi perbedaan waktu kedatangan paket satu dengan yang lainnya. Jitter juga disebut sebagai variasi penundaan dari satu paket dengan paket yang lainnya. Jitter juga menggunakan satuan miliseconds [13].

