

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN**

Penelitian ini menggunakan suatu pemodelan untuk menganalisis pengaruh dan efek dari peletakan posisi *Dispersion Compensating Fiber* (DCF) dan variasi penggunaan nilai *bit rate* pada sistem jaringan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM). Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *hardware* dan *software*.

##### **3.1.1 Perangkat Keras (*Hardware*)**

Perangkat keras yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan sebuah laptop dengan spesifikasi sistem operasi *Windows 11* (64-bit), prosesor *AMD RYZEN 3 4300U @2.70 GHz*, RAM sebesar 8 GB, dan penyimpanan SSD berkapasitas 512 GB.

##### **3.1.2 Perangkat Lunak (*Software*)**

###### **A. *Optisystem***

*Optisystem* merupakan *software* yang digunakan untuk simulasi dan mendesain jaringan pada sistem komunikasi serat optik. Pada *optisystem*, sangat mendukung untuk perancangan serta simulasi jaringan komunikasi optik, mulai dari sentral sampai dengan *end user*. Perangkat yang mendukung untuk desain dan simulasi perancangan sistem komunikasi optik tersedia pada *library optisystem*. Selain mendukung dalam perencanaan dan desain sistem komunikasi serat optik, *optisystem* juga bisa untuk melakukan pengujian ataupun pengukuran parameter – parameter uji kelayakan jaringan optik. Maka dalam penelitian ini, dengan menggunakan perangkat lunak *optisystem* penelitian dapat dilakukan dalam bentuk simulasi dan tanpa adanya pembangunan sistem yang *real* untuk mengetahui hasil atau kualitas dari sistem jaringan yang dibuat.

###### **B. *Microsoft Excel***

*Microsoft Excel* digunakan untuk menganalisis data yang dihasilkan dari pengujian sistem jaringan yang telah dibuat. Dalam hal ini, data yang telah

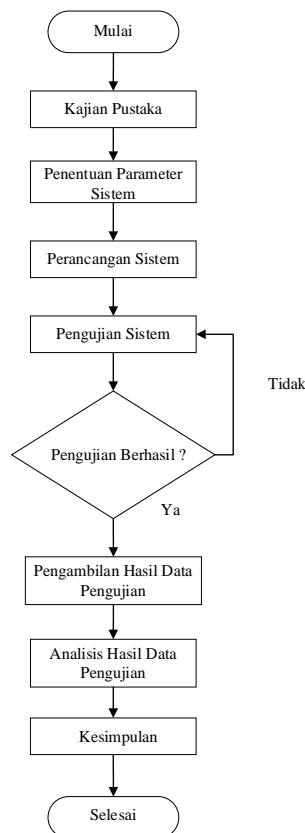
diperoleh akan dikelompokkan berdasarkan jenis parameter yang diamati untuk mempermudah analisis.

### C. *Matlab*

*Software Matlab* digunakan untuk pembuatan diagram grafik dari hasil data pada *Microsoft Excel*. *Matlab* memiliki kemampuan untuk menyajikan grafik yang menggambarkan banyak data dalam satu visualisasi grafik. Pembuatan grafik ini berguna untuk melakukan analisis dan merumuskan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## 3.2 ALUR PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahap, dimulai dari kajian pustaka sebagai langkah awal, kemudian tahap penentuan parameter yang akan digunakan, tahap perancangan dan implementasi sistem menggunakan *optisystem*, dan tahap pengujian sistem. Langkah terakhir melibatkan analisis hasil dan penarikan kesimpulan berdasarkan data yang dihasilkan dari simulasi dan pengujian sistem yang telah dirancang. Untuk alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian**

Pada Gambar 3.1 merupakan penggambaran dari alur penelitian yang akan dilakukan. Sebelum penelitian ini dibuat, diperlukan kajian pustaka yang ada sebelumnya tentang penggunaan DCF pada jaringan DWDM, tujuannya adalah untuk melakukan pencarian kelemahan serta kekurangan yang bisa digunakan untuk pengembangan dan analisis untuk penelitian selanjutnya, selain itu juga kajian pustaka tersebut bisa digunakan untuk acuan selama penelitian. Dalam kajian pustaka ini, tujuan utamanya adalah untuk melakukan perbedaan penelitian seperti pada bagian metode, simulasi, parameter, dan analisis dari perancangan sistem.

Dalam penentuan parameter yang akan digunakan dalam sistem yang akan dirancang, menggunakan standarisasi yang ada. Dalam perancangan ini, acuan standarisasi yang digunakan berasal dari ITU-T dan juga acuan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Selain parameter untuk perancangan, ada juga parameter yang akan dianalisis yakni parameter BER dan *Q-Factor*.

Tahap perancangan sistem yang dilakukan adalah melakukan simulasi peletakan DCF pada jaringan DWDM pada *software optisystem*. Dalam perancangan sistem ini, dimulai dari perancangan perangkat *transmitter*, *bitrate*, *link* optik, hingga *receiver*. Parameter yang digunakan dalam perangkat – perangkat tersebut, menggunakan data dari tahap penentuan parameter sebelumnya.

Setelah tahap perancangan sistem selesai, berikutnya adalah proses untuk pengujian sistem. Tahap menjalankan simulasi ini dilakukan untuk mendapatkan hasil data untuk dianalisis. Jika dalam proses menjalankan simulasi ini terdapat masalah atau hasil yang didapatkan tidak sesuai, maka harus dilakukan pengujian ulang sistem. Jika hasil data yang ditampilkan sudah sesuai, maka akan dilanjutkan dengan pengambilan dan analisis hasil data pengujian.

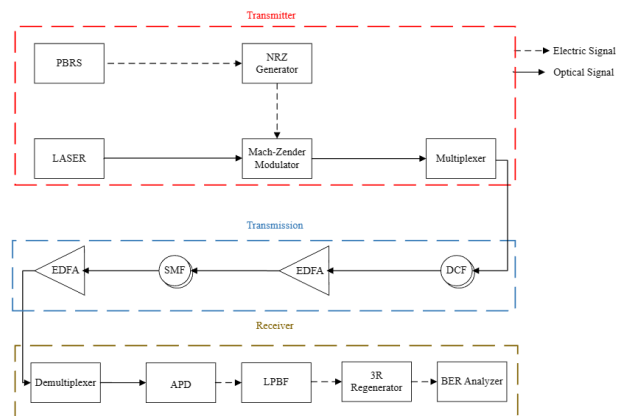
Hasil data dari pengujian dalam penelitian diambil apabila sistem yang dirancang dan diuji telah berjalan dengan baik. Dalam pengambilan hasil data pengujian ini, data yang diambil dari pengujian sistem adalah nilai dari parameter BER, dan parameter *Q-Factor*.

Tahap analisis hasil data pengujian dilakukan apabila hasil yang didapat dari pengujian sistem sesuai dengan standar. Dalam hal ini data yang didapat dan akan dianalisis adalah nilai dari BER dan *Q-Factor*. Kedua parameter tersebut nantinya akan digunakan untuk melihat apa saja efek dari peletakan dan penggunaan DCF

dan penggunaan variasi nilai *bit rate* pada jaringan DWDM. Dengan analisis tersebut maka bisa ditarik kesimpulan, apa saja pengaruh serta performansi yang dihasilkan dari sistem yang telah dibuat.

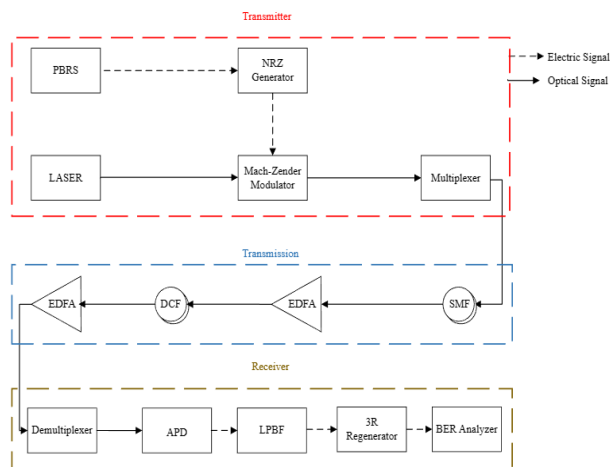
### 3.3 BLOK DIAGRAM SISTEM

Dalam penelitian ini, untuk peletakan DCF menggunakan tiga skema peletakan posisi pada jaringan DWDM, dengan rancangan skema yang dapat dilihat pada gambar 3.2 sampai 3.4.



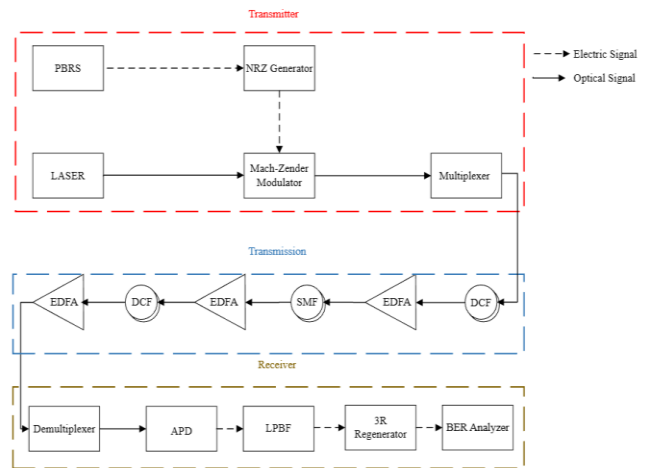
**Gambar 3.2 Skema *Pre-Compensation***

Gambar 3.2 merupakan konfigurasi dari skema *Pre-Compensation* yang akan dirancang dalam simulasi, dalam gambar terlihat bahwa serat DCF diletakkan sesudah keluar dari perangkat *multiplexer*, hal ini agar dispersi yang keluar dari sistem *transmitter* bisa dikompensasi terlebih dahulu sebelum ditransmisikan ke serat utama (SMF). Untuk skema *Post-Compensation* dapat dilihat pada gambar 3.3.



**Gambar 3.3 Skema *Post-Compensation***

Gambar 3.3 merupakan konfigurasi dari skema *Post-Compensation* yang akan dirancang dalam simulasi, dalam gambar terlihat bahwa serat DCF diletakan sesudah keluar dari serat utama SMF, hal ini agar dispersi yang keluar dari sistem transmisi optik bisa dikompensasi terlebih dahulu sebelum masuk ke *receiver* (penerima). Sedangkan untuk skema *Post-Compensation* dapat dilihat pada gambar 3.4.



**Gambar 3.4 Skema Symmetrical Compensation**

Gambar 3.4 merupakan konfigurasi dari skema *Pre-Compensation* yang akan dirancang dalam simulasi, dalam gambar terlihat bahwa serat DCF diletakan sesudah keluar dari perangkat *multiplexer*, hal ini agar dispersi yang keluar dari sistem *transmitter* bisa dikompensasi terlebih dahulu sebelum ditransmisikan ke serat utama (SMF).

Pada gambar 3.2 sampai dengan pada gambar 3.4 merupakan blok diagram yang menjelaskan tentang sistem DWDM - DCF yang akan digunakan dalam penelitian ini, skema DCF yang digambarkan menggunakan skema *Pre*, *Post* dan *Symmetrical Compensation*. Dari skema tersebut terdapat beberapa perangkat di beberapa blok *transmitter*, *transmission*, dan *receiver*. Setiap perangkat memiliki spesifikasi masing – masing, mulai dari sumber cahaya hingga ke perangkat penerima.

### 3.3.1 Spesifikasi Blok Transmitter

Pada gambar 3.2 hingga 3.4 blok diagram skema tersebut, terdapat beberapa bagian, yang pertama adalah bagian *transmitter* atau pengirim, dalam bagian tersebut terdapat beberapa perangkat atau komponen yang digunakan, untuk spesifikasi yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Spesifikasi Blok Transmitter**

<b>Perangkat</b>	<b>Parameter</b>	<b>Nilai / Jenis</b>	<b>Satuan</b>
<i>WDM multiplexer</i>	<i>Number of input port</i>	8	
	<i>Channel spacing</i>	100	Ghz
	<i>Frequency</i>	193,1-193,8	THz
	<i>Daya / power</i>	10	dBm
	<i>Line Coding</i>	NRZ	
	<i>Modulator</i>	<i>Mach-Zender Modulator</i>	
	<i>Bit rate</i>	2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, 15	Gbps
	<i>Sequence Length</i>	128	bits
	<i>Sample Per Bit</i>	64	

Pada tabel 3.1 tercantum perangkat serta spesifikasi yang akan digunakan dalam simulasi penelitian ini, seperti sumber optik atau sumber pemancar yang digunakan adalah *CW Laser*. Kemudian ada *Pseudo Random Bit Sequence (PRBS)*, merupakan suatu komponen atau perangkat yang digunakan sebagai penghasil bit informasi dalam bentuk sinyal elektrik untuk dikirimkan.

Teknik pengkodean NRZ digunakan pada perangkat *NRZ Generator*. Kedua komponen tersebut memiliki fungsi untuk mengubah sinyal yang dihasilkan dari PRBS tadi untuk dikonversikan ke dalam bentuk bit. Setelah itu ada perangkat *Mach Zhender Modulator*, perangkat ini digunakan untuk melakukan modulasi dan merubah sinyal elektrik yang berbentuk bit untuk dikonversikan ke dalam bentuk sinyal optik. Setelah mengalami proses modulasi, sinyal - sinyal yang berasal dari 8 kanal dengan spasi kanal 100 GHz (0,8 nm) akan digabungkan menggunakan perangkat *multiplexer*. Setelah penggabungan, sinyal-sinyal tersebut siap untuk ditransmisikan melalui media transmisi serat optik. Dengan variasi laju data (*bit rate*) bervariasi yakni 2,5 Gbps, 5 Gbps, 7,5 Gbps, 10 Gbps, 12,5 Gbps, dan 15 Gbps.

Pada penelitian ini menggunakan teknik pengkodean atau *line coding* jenis *Non-Return-to-Zero (NRZ)*, tujuan dari penggunaan *line coding* jenis ini karena NRZ merupakan salah satu metode *line coding* yang umum digunakan dalam komunikasi serat optik, dalam pemilihan *line coding* ini, terdapat beberapa alasan

lainnya, yakni pengkodean NRZ merupakan metode yang sederhana dalam mereperesntasikan data, sinyal dikirimkan dengan mempertahankan tingkat tegangan yang sama selama satu periode bit (1 atau 0), tanpa adanya perubahan tengah periode (*return to zero*). Hal ini membuatnya mudah diimplementasikan dan dapat meminimalkan kompleksitas sistem selain itu, pada format NRZ, mendukung kecepatan transmisi yang tinggi karena sinyal dapat berubah pada setiap periode bit, memberikan potensi untuk mentransmisikan lebih banyak data dalam waktu yang lebih singkat

### 3.3.2 Spesifikasi Blok Media Transmisi

Pada bagian sistem media transmisi ini, jarak atau panjang serat sejauh 150 Km, dengan menggunakan SMF, serat DCF dan berbagai perangkat yang lain, Untuk serat SMF yang digunakan memiliki nilai dispersi sebesar 17 ps/nm×km, *dispersion slope* 0,08 ps/nm<sup>2</sup>×km, dan nilai redaman sebesar 0,25 dB. Sedangkan untuk serat DCF memiliki nilai dispersi sebesar -85 ps/nm×km, *dispersion slope* - 0.3 ps/nm<sup>2</sup>×km, dan nilai redaman sebesar 0,26 dB. Dari parameter tersebut, untuk spesifikasi menghitung panjang DCF maka digunakan persamaan 2.2:

$$D_{TF} \times L_{TF} + D_{DCF} \times L_{DCF} = 0$$

$$17 \times 150 + (-85) \times L_{DCF} = 0$$

$$2550 + (-85) \times L_{DCF} = 0$$

$$L_{DCF} = \frac{2550}{85}$$

$$L_{DCF} = 30 \text{ Km}$$

Jadi, dalam simulasi ini panjang serat DCF yang digunakan sepanjang 30 Km. Untuk spesifikasi lengkap dari penggunaan perangkat yang akan digunakan dalam simulasi dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Spesifikasi Blok Media Transmisi**

Perangkat	Parameter	Nilai	Satuan
<i>Single Mode Fiber</i> (SMF)	Panjang	150	Km
	Redaman	0,2	dB
	Dispersi	17	ps/nm×km
	<i>Dispersion slope</i>	0,08	ps/nm <sup>2</sup> ×km
	Panjang	30	Km

Perangkat	Parameter	Nilai	Satuan
<i>Dispersion Compensating Fiber (DCF)</i>	Redaman	0,26	dB
	Dispersi	-85	ps/nm×km
	<i>Dispersion slope</i>	-0,3	ps/nm <sup>2</sup> ×km
<i>Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)</i>	Gain	10 dan 20	dB
	<i>Noise figure</i>	4	dB

Pada tabel 3.2 dapat dijelaskan bahwa, untuk variasi atau skema peletakan *Dispersion Compensating Fiber (DCF)*, perbandingan dilakukan antara *Pre*, *Post*, dan *Symmetrical Compensation*. Pada skema *Pre-Compensation*, perangkat disusun sebelum serat SMF, untuk skema *Post-Compensation*, serat DCF diletakkan setelah serat SMF. Terakhir, pada skema *Symmetrical Compensation*, serat DCF ditempatkan sebelum dan sesudah serat SMF atau di kedua sisi serat SMF.

### 3.3.3 Spesifikasi Blok Penerima

Pada bagian penerima (*receiver*), sinyal yang telah ditransmisikan akan diterima oleh *demultiplexer*. Untuk penjelasan spesifikasi dari blok penerima atau *receiver* dapat dilihat pada tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Spesifikasi Blok Receiver**

Perangkat	Parameter	Nilai / Jenis	Satuan
<i>WDM demultiplexer</i>	<i>Number of input port</i>	8	
	<i>Channel spacing</i>	100	Ghz
	<i>Frequency</i>	193,1-193,8	THz
	<i>Photodetector</i>	APD	
	<i>Cutoff Frequency</i>	0,75*Bit rate	Hz

Fungsi *demultiplexer* adalah berguna untuk menerima dan memecah atau membagi sinyal yang diterima ke tujuannya pada tiap kanal masing – masing dan diterima oleh perangkat *Photodetector*. Perangkat ini berguna untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik. Sinyal yang telah diubah tadi kemudian akan difilter menggunakan perangkat *Low Pass Bessel Filter (LPBF)* yang berguna untuk menyaring *noise* pada sinyal yang telah diterima tadi, dan perangkat *3R*



*Regenerator* berguna untuk merubah sinyal agar bisa ditampilkan pada perangkat *BER Analyzer*. Untuk perangkat *BER Analyzer*, berfungsi untuk menampilkan hasil unjuk kerja sistem dari parameter nilai BER dan *Q-Factor*.

### 3.4 PARAMETER PENELITIAN

Dalam penelitian ini, merancang sistem DWDM dengan penggunaan jumlah kanal sebanyak 8 kanal, yang dikombinasikan dengan penggunaan DCF dengan skema *Pre*, *Post*, dan *Symmetrical Compensation*. Menggunakan variasi *bit rate* sebesar 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, dan 15 Gbps. dengan melakukan penelitian ini, diharapkan mampu menganalisis serta membandingkan hasil yang terbaik dalam sistem DWDM yang menggunakan beberapa skema DCF pada parameter *Bit Error Rate* (BER) dan *Q-Factor* yang disimulasikan menggunakan *software Optisystem*. Untuk penjelasan dari parameter analisis yang akan digunakan sebagai berikut :

1. *Bit Error Rate* (BER)

*Bit Error Rate* (BER) adalah suatu rasio perbandingan dari bit yang *error* dari jumlah total bit yang dikirimkan. Dalam sistem komunikasi serat optik, ketika terjadi pentransmisian data dari *transmitter* ke *receiver* dalam bentuk bit biasanya akan terdapat *error*, yakni dari total bit yang dikirimkan dari *transmitter*, biasanya akan mengalami *error* atau rusak ketika sudah sampai di *receiver*, maka dari itu perlu diamati parameter *error* yang terjadi saat proses transmisi data. Standar pengukuran yang digunakan adalah *International Telecommunication Union* (ITU-T) dengan nomor *recommendation* G.959.1, dengan nilai BER maksimum  $10^{-12}$ , yang artinya sistem dapat berjalan dengan baik apabila memiliki nilai Log BER kurang dari atau lebih kecil dari -12 [33].

2. *Q-Factor*

Parameter *Q-Factor* merupakan suatu parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas dari sistem yang ada pada sistem komunikasi serat optik. Standar parameter *Q-Factor* yang digunakan dalam komunikasi serat optik adalah *International Telecommunication Union* (ITU-T) pada nomor *recommendation* O.201 dengan nilai *Q-Factor* minimal 7, atau bisa diartikan jika lebih dari angka 7 maka dapat dikatakan baik atau bagus [32].

### 3.5 SKENARIO PENELITIAN

Penelitian ini digunakan untuk menganalisis kinerja sistem khususnya pada jaringan DWDM dengan penggunaan variasi peletakan DCF untuk mengatasi dispersi, serta variasi laju data (*bit rate*) untuk mengetahui apa saja pengaruhnya dalam sistem DWDM. Dalam pemodelan sistem yang dirancang, menggunakan 8 kanal DWDM dengan variasi laju data (*bit rate*) sebesar 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, dan 15 Gbps, dengan spasi kanal 100 Ghz dan teknik pengkodean NRZ. Penggunaan sumber optik Pada sisi pengirim (*transmitter*), sistem menggunakan sumber cahaya *Continuous Wave Laser* (CW Laser), sedangkan pada sisi penerima (*receiver*), digunakan detektor optik *Avalanche Photodiode* (APD). Jarak transmisi yang digunakan sejauh 150 km menggunakan media transmisi serat optik dimana di dalamnya terdapat SMF, DCF dan penguat EDFA. Penelitian ini untuk pengujiannya dilakukan menggunakan daya sebesar 10 dBm yang disimulasikan menggunakan *software OptiSystem*. Selain menggunakan *software Optisystem*, digunakan juga *software Matlab* untuk menampilkan grafik dari hasil data yang didapatkan. Penjelasan dari skenario penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.4.

**Tabel 3.4 Skenario Penelitian**

<b>Parameter</b>	<b>Nilai/Jenis</b>
<i>Bit rate</i>	2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, dan 15 Gbps
Skema DCF	<i>Pre, Post, Symmetrical Compensation</i>

Melalui penelitian ini, harapannya adalah mendapatkan hasil kinerja sistem yang memenuhi standar dari berbagai skema yang telah dirancang, sehingga dapat dianalisis dan ditentukan mana yang terbaik performansinya. Terutama pada parameter BER dan *Q-Factor*. Nilai dari BER dan *Q-Factor* yang didapat pada pengujian sistem ini, harus sesuai dengan standar yang berlaku, dimana untuk nilai BER maksimal adalah lebih kecil atau kurang dari  $10^{-12}$ , dan untuk nilai *Q-Factor* adalah  $> 7$ .