

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian mengenai “ANALISIS PERFORMANSI BER PADA JARINGAN OPTIK *DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING* MENGGUNAKAN PENGUAT *HYBRID* RAMAN EDFA” [5] melakukan simulasi dan analisis menggunakan *software optisystem* dan membandingkan nilai *Bit Error Rate* (BER) yang paling baik yaitu  $BER < 10^9$ , dimana spektrum *gain* penguat FRA dan EDFA saling melengkapi satu sama lain. Dengan menggabungkan kedua penguat tersebut menjadi *Hybrid Optical Amplifier* (HOA) sehingga saling melengkapi. Hasil yang diperoleh dari simulasi sistem konfigurasi paling optimal yaitu konfigurasi HOA FRA-EDFA secara *parallel in line* pada jarak 210 km.

Penelitian mengenai “ANALISIS KARAKTERISTIK *GAIN HYBRID OPTICAL AMPLIFIER* (FRA-EDFA) PADA SISTEM DWDM” [6] memanfaatkan keunggulan dari EDFA dan FRA untuk mendapatkan nilai *gain* yang besar sekitar 30 – 36 dB pada rentang 1530 – 1610 nm. Lalu dengan menambahkan *GFF bandwidth* yang didapatkan adalah 96 nm pada rentang panjang gelombang 1528 – 1624 nm dengan *gain* sebesar 29,78 dB.

Penelitian mengenai “*Performance Analysis of Hybrid Optical Amplifier in Long-Haul Ultra-Dense Wavelength Division Multiplexing System*” [7] dimana penguat *hybrid* adalah teknologi yang menjanjikan dan memberi kinerja yang lebih baik karena dapat menangani jaringan dengan lalu lintas. Optimalisasi penguat *hybrid* membuat spektrum *gain* hampir sama intensitas perkuatan dengan menurunkan kerataan *gain* sebesar 4,3 dB hingga 0,01 dB dengan penguatan rata-rata sekitar 25,7 dB yang memiliki rentang bandwidth 75 nm sepanjang 1530-1605 nm.

Penelitian “ANALISIS PENGUAT EDFA DAN SOA PADA SISTEM TRANSMISI DWDM DENGAN *OPTISYSTEM 14*” [8] yang

melakukan analisis penguat EDFA dan *Semiconductor Optical Amplifier* (SOA) yang merupakan salah satu *optical amplifier*. Berdasarkan hasil analisis *link power budget* yang telah dilakukan penguat yang baik digunakan adalah mengkombinasikan EDFA *booster* dan EDFA sisi *inline* dengan hasil pada *range*  $10^{-19} \sim 10^{-32}$ . EDFA memiliki optimasi yang lebih stabil daripada *amplifier* SOA.

Penelitian tentang “OPTIMALISASI *BIT ERROR RATE* JARINGAN OPTIK HYBRID PADA SISTEM DWDM BERBASIS SOLITON” [9] dimana BER berfungsi membaca ada berapa banyak kesalahan pada sisi penerima setiap detik. Melalui hasil simulasi pada penelitian ini *Inline-Preamplifier* BER memiliki nilai terbaik  $8,97 \times 10^{-23}$  sedangkan *Booster-Preamplifier* memiliki nilai  $2,93 \times 10^{-22}$ . Untuk mendapatkan hasil yang optimal *Inline-Preamplifier* BER layak untuk serat optik sepanjang 20 km sampai dengan 60 km dibandingkan *Booster-Preamplifier* yang hanya sampai 20 km serat optiknya untuk bekerja secara optimal BER.

Penelitian mengenai “*Performance evaluation of dynamically flattened gain L-Band RAMAN-EDFA-Raman hybrid optical amplifier for super dense wavelength division multiplexing system*” [10] membahas evaluasi kinerja (SD-WDM) sistem sehubungan dengan *flat gain*. RAMAN-EDFA-RAMAN (HOA) adalah *backbone* dari sistem tersebut. Selanjutnya, model ini telah menyelidiki efek dalam hal *L-Band Flattened gain, output power, crosstalk* dan BER dengan spasi kanal 50 GHz. *Flat gain* lebih besar dari 14 dB diperoleh pada 5mW dan melaporkan kinerja yang buruk sebesar 7 mW dan 17 mW dengan kisaran 188-192 THz. Gain variasi <2,7 dB telah diperoleh, dengan daya keluaran tertinggi juga diperoleh pada masing-masing 5 mW, 7 mW dan 17 mW.

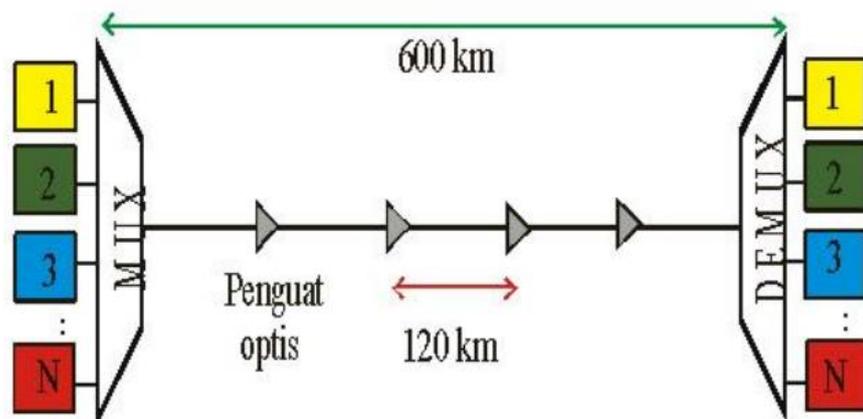
## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 *Dense Wavelength Division Multiplexing*

*Dense Wavelength Division Multiplexing* merupakan WDM yang dikembangkan untuk jarak *transmisi* jauh, untuk dapat mengimplementasikan pada jaringan telekomunikasi jarak jauh

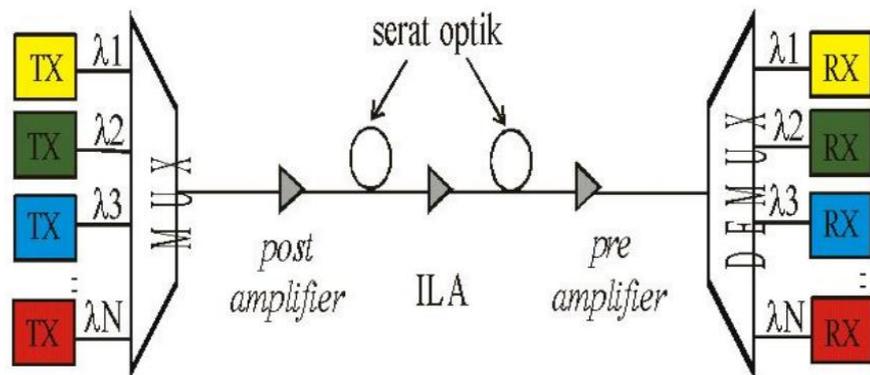
(*long haul*) yang lebih dari 80 km . DWDM sebagai teknologi yang mempunyai jarak antar panjang gelombang lebih kecil, sehingga memberikan sebuah solusi yang lebih baik dalam penggunaan jaringan serat optik yang telah terpasang untuk memperoleh keefektifan *bandwidth* dengan jarak yang panjang. [11]

Teknologi DWDM sendiri menggunakan teknik *multiplexing* yang mentransmisikan beberapa saluran optik yang menyediakan kapasitas *bandwidth* yang besar untuk memenuhi kebutuhan aplikasi *broadband* yang semakin meningkat terutama untuk jaringan *backbone*. Penentu dari panjang gelombang yang berada dalam jangkauan DWDM yang sesuai dengan ketentuan ITU-T yakni, pada *range* panjang gelombang 1530 nm – 1565 nm dalam daerah kerja (*region*) *C-Band*. [12]



Gambar 2.1 Teknologi DWDM [13]

Pada Gambar 2.1 jaringan DWDM terdiri dari beberapa kanal, yang diwakilkan oleh *transmitter*. Sinyal yang masuk berupa sinyal elektrik, sinyal tersebut diubah menjadi sinyal optik oleh sumber optik. Sinyal keluaran optik berupa sinyal optik yang mempunyai panjang gelombang tertentu. Sinyal optik dari tiap kanal akan menuju *multiplexer* untuk digabungkan dan dikirimkan oleh serat optik. Pada *demultiplexer*, sinyal optik tersebut akan dipisahkan menjadi beberapa kanal dan dikeluarkan pada sisi penerima (*receiver*). Pada sisi *receiver*, sinyal optik akan dikonversi kembali menjadi sinyal elektrik oleh detektor optik. [12]



Gambar 2.2 Sistem DWDM [13]

Sistem DWDM baik itu secara *single* atau *hybrid* dengan jenis spesifikasi dan skema penguat yang berbeda – beda. Pada Gambar 2.2 memperlihatkan dua skema yakni *post amplifier* dan *pre amplifier*.

Walaupun demikian besarnya daya pada sumber daya optik mesti dibatasi karena serat optik yang dipergunakan akan mengalami ke *non-linear*. Apabila jumlah total daya dari serat optik tersebut melebihi dari suatu ambang, maka besar nilai akan bergantung pada jenis ke *non-linear*an. Hal tersebut dapat diatasi dengan menggunakan spasi antar kanal. [2]

Terdapat komponen – komponen utama teknologi DWDM yakni sebagai berikut;

1) Laser Optik (*Transmitter*) dan Detektor Optik (*Receiver*)

*Transmitter* merupakan komponen yang berupa laser optik digunakan sebagai sumber daya sinyal informasi dengan multiplekser pada system DWDM. Sinyal dari *transmitter* ini akan demultipleks untuk dapat ditransmisikan. *Receiver* yaitu komponen yang mendeteksi dan menerima sinyal cahaya yang berdasarkan macam-macam informasi.

2) *Intermediate optical terminal (amplifier)*.

Pada proses pengiriman sinyal informasi pasti terdapat gangguan seperti *atenuasi* yang dapat melemahkan sinyal. Komponen yang dapat mengatasinya ialah *amplifier*, *amplifier* dapat meminimalkan efek rugi daya dan pelamahan pada saat

pengiriman sinyal cahaya pada serat optik. Dengan begitu DWDM memungkinkan mengirim sinyal dengan sangat cepat

3) Tapis Optik untuk multipleks (*add*) dan demultipleks (*drop*)

Terminal mux sebenarnya terdiri dari *transponder converting wavelength* untuk setiap *signal* panjang gelombang tertentu yang akan dibawa. Mux menggabungkan beberapa sinyal untuk dikirim pada serat optik. Sedangkan terminal demux mengubah sinyal dengan banyak panjang gelombang menjadi sinyal dengan satu panjang gelombang, yang mengeluarkannya ke dalam beberapa *fiber* yang berbeda. Sebenarnya *demultiplexing* bersifat pasif, kecuali untuk beberapa *telemetry*. [11]

4) *Optikal Supervisory Channel*

*Optikal supervisory channel* adalah pembawa informasi pernyataan kerja DWDM, termasuk informasi manajemen jaringan, layanan dan pemantauan. OSC selalu ditempatkan pada daerah *intermediate amplifier*, dikarenakan *Optikal supervisory channel* dapat membawa suara dan data antar situs untuk memantau dan mengendalikan semua spesifikasi dalam sistem. [2]

Seiring meningkatnya kebutuhan transmisi data, dikembangkan DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) yang mampu mentransmisikan lebih dari 400 panjang gelombang dalam satu serat optik. Inti perbaikan yang dimiliki oleh teknologi DWDM terletak pada jenis filter, serat optik dan *amplifier*. [14]

### 2.2.2 **Sistem Ultra-Dense Wavelength Division Multiplexing**

U-DWDM sebagai sistem komunikasi serat optik sendiri memanfaatkan cahaya sebagai gelombang pembawa informasi yang mengalami pelemahan sinyal sepanjang saluran transmisi optik akibat adanya *atenuasi*. *Atenuasi* adalah suatu pelemahan sinyal informasi dari serat optik yang disebabkan oleh faktor utama yaitu absorpsi dan hamburan (*scattering*). [15] Sistem *Ultra-Dense*

*Wavelength Division Multiplexing* merupakan rancangan dari sistem transmisi yang berkapasitas besar dan jarak jauh, sistem tersebut mampu menyederhanakan arsitektur jaringan. [16]

Dengan *system Ultra-Dense Wavelength Division Multiplexing*, dapat mengurangi penggunaan perangkat *optoelektronik regenerative* dan memberikan kapasitas besar pada *bandwidth*. U-DWDM mengecilkan saluran jarak antara saluran WDM untuk mengurangi *band* penjaga dan meningkatkan efisiensi spektral, sehingga dapat menurunkan biaya operasi dengan pemeliharaan yang cukup menjanjikan. [15] Untuk mengoptimalkan sistem U-DWDM dibutuhkan suatu *optical amplifier* untuk mengatasi hal tersebut, dengan *optical amplifier* jaringan dapat memaksimalkan sinyal dengan kapasitas besar pada panjangnya saluran optik. [16]

### **2.2.3 FRA-EDFA**

*Fiber Raman Amplifier* (FRA) merupakan penguat optik yang relatif matang. Dalam FRA, sinyal optik diperkuat karena *Stimulated Raman Scattering* (SRS). SRS adalah efek ketidaklinieran pada transmisi serat optis yang menghasilkan penguatan sinyal jika gelombang pompa optis yang mempunyai panjang gelombang dan daya tertentu ditransmisikan melalui serat. Prinsip kerja FRA berdasarkan SRS yaitu, saat mengalami proses penghamburan gelombang elektromagnetik oleh ion atau senyawa molekul dari keadaan sumber gelombang yang lebih rendah ke keadaan yang lebih tinggi. Sumber daya yang cukup besar pada keadaan yang lebih rendah yang merangsang hamburan dapat terjadi jika sinyal data dengan keadaan panjang gelombang yang lebih tinggi dikalikan dan diperkuat oleh Raman dari sumbernya. [17]

Dalam FRA, sinyal diperkuat pada panjang gelombang yang diberikan oleh perbedaan frekuensi antara pompa dan frekuensi stokes, sehingga dengan memilih panjang gelombang pompa, gain pada panjang gelombang berapa pun dapat diperoleh. FRA juga

memiliki kelebihan seperti, dapat memungkinkan operasi *broadband*, dapat menghasilkan daya rata-rata yang lebih rendah dalam satu rentang sehingga bagus untuk *crosstalk* yang lebih rendah dan FRA juga dapat digunakan untuk memperpanjang EDFA. Namun FRA juga memiliki kekurangan seperti, diperlukan kontrol *gain* yang canggih, kebutuhan daya pompa yang tinggi dan laser daya pompa yang tinggi. [17]

*Erbium-Doped Fiber Amplifier* (EDFA) berfungsi menguatkan sinyal *optic* menggunakan laser pompa yang sudah terdoping erbium ke dalam serat *optic*, yang mengakibatkan pita dari energi rendah akan berpindah ke energi yang lebih tinggi. Komponen EDFA terbuat dari Erbium-Doped Fiber (EDF), lampu pompa, skrup *optic*, isolator *optic*, filter *optic*, dan komponen lainnya. Diantara komponen tersebut, sebuah jejak kotoran dalam bentuk *trivalent erbium ion* dimasukkan ke dalam inti silika *fiber optic* untuk menggantikan properti *optic* tersebut dan mengizinkan amplifikasi sinyal. [18]

Prinsip kerja EDFA yaitu dengan menggunakan laser pemompa, yang dimana biasanya memiliki panjang gelombang sekitar 980 nm dan terkadang bisa sampai dengan 1450. Kemudian dipompakan ke dalam serat optik yang terdoping Erbium dan muatan-muatan pada EDF akan mengalami perpindahan dari pita energi rendah ke level pita energi yang lebih tinggi. Sinyal optik yang melewati serat optik terdoping Erbium tersebut dengan energy fotonnya akan berfungsi sebagai perangsang sehingga muatan-muatan pada EDF akan melepaskan energinya dan saat itu dihasilkan emisi yang bersifat koheren sehingga terjadi penguatan secara optik. Hasil penguatan ini, sinyal lebih kuat hingga 50 kali atau 17dB saat meninggalkan EDFA. [18]

#### **2.2.4 Hybrid Optical Amplifier**

*Amplifier hybrid* digunakan untuk mengoptimalkan *gain* bandwidth sistem berbasis WDM. Optimalisasi penguat *hybrid*

(FRA-EDFA) membuat spektrum *gain* hampir sama intensitas penguatannya. *Hybrid Optical Amplifier* (HOA) adalah penguat yang mampu menangani jaringan dengan beban besar dan langsung dapat digunakan tanpa melakukan konversi ke elektrik terlebih dahulu. [19]

*Amplifier hybrid* memiliki fungsi *gain flattened* dan *gain clamped* secara bersamaan, penggunaan *gain flattening filter* (GFF) seperti, filter dielektrik film tipis, filter sinusoidal, *chirped fiber bragg gratings*, filter *acousto-optic* merdu. Kombinasi penguat FRA dan EDFA menghadirkan kinerja yang lebih baik daripada sistem hanya EDFA konvensional atau FRA konvensional. *Hybrid* dapat memiliki manfaat dari EDFA dan FRA, karenanya beberapa upaya telah dilakukan untuk menawarkan konstruksi yang efisien untuk *Hybrid Optical Amplifier*. [20]