

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Gamantyo H (2012) yang berjudul “Kinerja Sistem Komunikasi (*Free Space Optic*) FSO menggunakan *Cell-site Diversity* di Daerah Tropis”. Di dalam penelitiannya penggunaan FSO di daerah tropis memiliki kendala yang cukup serius yaitu intensitas curah hujan yang dapat mempengaruhi kinerja dari FSO. Semakin tinggi intensitas curah hujan, maka nilai redaman hujan semakin besar. Cara mengatasi dampak redaman hujan tersebut, maka digunakannya teknik *cell-site diversity* dengan *selection combining*. Hasil dari penerapan menunjukkan bahwa adanya peningkatan kualitas FSO, dalam hal ini bernilai SNR. *Cell-site diversity* dengan *selection combining* adalah teknik sederhana yang dilakukan untuk mengatasi fading akibat pengaruh redaman hujan.

Kemudian pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Samir A.Al-Gailani (2014) yang berjudul tentang “Penggabungan WDM/Multi Beam *Free Space Optic* di cuaca tropis”. Hasil penelitian ini dijelaskan bahwa *channel spacing* yang digunakan adalah 0,8 nm (100 GHz) dan 16 kanal saluran. Penggabungan WDM-Multi beam FSO ini memiliki daya penerima, jarak jauh, dan skalabilitas yang meningkat dan redaman hujan yang dicapai sebesar 19 dB/km sehingga jarak yang dapat ditempuh maksimum 1090 m. Jaringan WDM/Multi beam kedepannya bisa menjadi kandidat yang baik sehingga tanpa memerlukan transceiver FSO yang baru. Untuk kedepannya penelitian ini bisa dilanjutkan mencapai 32 kanal saluran.

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Ananonim (2009), Tari Tivanny (2015) melakukan penelitian kelebihan DWDM sehingga mampu diimplementasikan pada jaringan telekomunikasi jarak jauh (*long haul*) dan penghematan biaya (*long cost*) dalam pembangunan infrastruktur jaringan serat optik. *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* adalah suatu teknologi jaringan transport yang memanfaatkan cahaya dari serat optik dengan panjang gelombang yang berbeda-beda untuk ditransmisikan melalui kanal-kanal informasi dalam satu fiber tunggal. Jumlah panjang gelombang yang dapat ditransmisikan dalam jaringan pada satu fiber terus berkembang (4, 8, 16, 32, dan seterusnya) ( K. Cheung dkk, 1990).

Kemudian penelitian A. Muthamaniccam (2016) melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Penggabungan WDM/FSO dengan kondisi cuaca berbeda”. Hasil penelitian ini digunakan 4 kanal saluran, masing-masing jarak 20 nm dan channel spacing 0,8 nm. Yang diteliti dari penelitian ini adalah rata-rata jarak dari sistem WDM/FSO menggunakan penguat yaitu EDFA. Sistem ini memiliki nilai atenuasi sebesar 850 nm, 1310 nm, dan 1550 nm, nilai atenuasi ini digunakan untuk menentukan kondisi atmosfer, apabila kondisi itu berkurang maka jarak yang dapat dicapai menjadi 0,64 km dengan nilai BER. Sistem DWDM ini lebih tinggi dibandingkan CWDM.

Keerth Babu B (2017) melakukan penelitian yang berjudul “DWDM FSO pada Kondisi Cuaca yang Cerah”. Hasil penelitian ini DWDM kerjanya sudah dapat dianalisis berdasarkan diagram mata, kualitas faktor dan lain-lain. Penelitian ini menggunakan 16 kanal saluran, *channel spacing* 0,8 nm, *bit rate* dan daya yang digunakan sebesar 5 Gbps dan 26,98 dBm. Akibat dari gangguan atmosfer, sinyal terdistorsi pada *receiver*. Untuk mengurangi efek pada atmosfer pada sinyal optik dibutuhkan teknik yang baru. Sehingga penggabungan sistem FSO ini dapat meningkatkan efisiensi pada kondisi cuaca yang cerah.

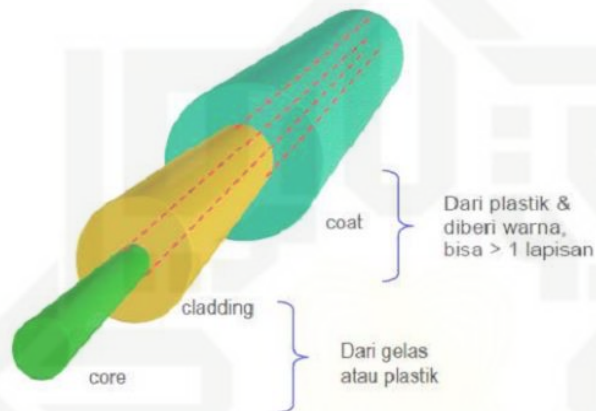
## 2.2 Sistem Komunikasi Serat Optik

Sistem komunikasi serat optik secara umum memiliki konsep sistem yang berbeda-beda. Tetapi pada dasarnya setiap sistem komunikasi terdiri dari pengirim (*transmitter*), dan penerima (*receiver*). Pengirim yang bertugas untuk mengelola dan mengirimkan informasi yang akan dikirim melalui media transmisi. Media transmisi berfungsi untuk melewatkan informasi dari pengirim dan penerima. Penerima berfungsi untuk menerjemahkan informasi yang dibawa media transmisi sehingga informasi yang didapat sesuai dengan informasi asli. Perbedaan pada setiap jenis sistem komunikasi terletak pada media transmisi yang digunakan. Media transmisi terdiri dari kabel tembaga, serat optik dan udara (Quong Dai Huong, 2015).

Sistem komunikasi serat optik menggunakan sinyal-sinyal informasi dalam bentuk energi cahaya yang disalurkan melalui serat optik. Sinyal informasi yang dikirimkan tersebut, berupa sinyal audio, video ataupun dalam bentuk sinyal elektrik dan kemudian diubah menjadi sinyal optik sebelum ditransmisikan melalui serat optik (Sri Mayati, 2015)

### 2.2.1 Serat Optik

Serat optik adalah media transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik, dengan media pembawa adalah cahaya. Serat optik ini mampu menghantarkan data dengan waktu yang sangat cepat dan data yang sangat besar. Struktur serat optik terdiri dari 3 lapisan diantaranya *core* (inti), *cladding* (kulit), dan *coating* (mantel) atau *buffer* (pelindung) (Zulfadli, 2016). Berikut ini adalah gambar struktur serat optik yang dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Struktur Serat Optik  
 ( Sumber: Zulfadli, 2016)

Berdasarkan materi pembentukannya, serat optik dibagi menjadi tiga kelompok (Zulfadli, 2016) yaitu :

1. *Core* dan *cladding* terbuat dari gelas  
 Jenis serat optik ini mempunyai perbedaan yang sangat kecil diantaranya indeks bias *core* dan *cladding*. Bahan dasar serat gelas adalah *silicia* ( $SiO_2$ ) dengan indeks bias yaitu 1,44 pada panjang gelombang 850 nm. *Silicia fiber* merupakan jenis serat optik *singlemode* dimana *singlemode* ini mempunyai redaman yang kecil, dan dispersi kecil, sehingga efek nonlinieritas yang dihasilkan oleh serat optik *singlemode* sangat kecil ( Zulfadli, 2016)
2. *Core* terbuat dari gelas dan *cladding* terbuat dari plastik (*Plastic Cladded Silica*)  
 Perbedaan indeks bias *core* dan *cladding*-nya besar. Bahan untuk *core* adalah quartz, sedangkan bahan untuk *cladding* adalah bahan resin silikon dengan indeks bias yaitu 1,40 pada panjang gelombang 850 nm dan bahan teflon FEP dengan indeks bias 1,338.

### 3. Core dan cladding terbuat dari plastik

Core terbuat dari bahan polysterene dengan indeks bias 1,6 dan cladding dari bahan *methylmethacrylate* dengan indeks bias 1,49.

Berdasarkan karakteristik dan mode lintasannya, serat optik dibagi menjadi 2 jenis yaitu (Zulfadli, 2016 dan Rika Susanti, 2013):

#### 2.2.1 Singlemode

*Singlemode* mempunyai kelebihan dimana kapasitas *bandwidth*nya lebih besar dan jarak yang dijangkaunya lebih jauh. Selain itu serat optik *singlemode* mempunyai redaman besar, dispersi dan efek nonlinieritas (Zulfadli, 2016)

#### 2.2.2 Multimode

*Multimode* memiliki diameter *core* (inti) 50 mm, multimode digunakan untuk jaringan telekomunikasi lokal dan jarak pendek dan mengesah dengan botrate yang rendah.

Kelebihan serat optik adalah sebagai salah satu media transmisi yang dapat dihandlkan yaitu sebagai berikut (Zulfadli, 2016 dan Rika Susanti, 2013):

1. Rugi-rugi trasnmisi rendah dan *bandwidth* besar.
2. Ukuran kecil dan ringan.
3. Tahan terhadap *interferensi* dan *crosstalk*.
4. Serat optik bersifat *isolator* listrik / non-penghantar.
5. Tingkat keamanan yang tinggi dan tidak mudah disadap.

#### 2.2.2 Photodetector

*Photodetector* merupakan perangkat penerimaan sinyal cahaya pada sistem komunikasi serat optik. Perancangan dan pemilihan perangkat sangat berpengaruh dalam analisis sensitivitas dari besarnya daya optik minimum yang dapat terdeteksi oleh *photodetector*. Ada beberapa jenis-jenis photodetector yaitu *Positive Intrinsic Negative* (PIN) dan *Avalanched Photo Diode* (APD) (Muchrizam, 2012):

1. Untuk komunikasi jarak jauh digunakan photodetector APD yang dapat bekerja pada panjang gelombang 1300 nm, 1500 nm serta 1550 nm dengan kualitas terbaik. APD ini mempunyai respon dan sentivitas yang tinggi terhadap LASER sebagai pembawa gelombang optik informasi.

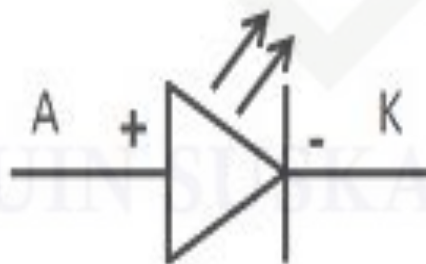
2. Untuk komunikasi jarak pendek lebih efisien menggunakan detektor PIN diode, karena PIN ini sangat baik digunakan untuk *bit rate* rendah dan sensitivitasnya tinggi untuk sistem yang menggunakan LED sebagai sumber optiknya.
3. Detektor PIN bereaksi baik pada bit rate rendah tetapi sensitivitasnya kurang ketika bit rate nya dinaikkan.
4. Detektor penerima APD lebih sensitiv pada *bit rate* yang tinggi. Untuk transmisi jarak jauh digunakan daya pancar yang lebih besar dan sensitifitasnya tinggi. Sistem komunikasi jarak jauh menggunakan LASER sebagai sumber cahaya dan APD sebagai penerima. Sedangkan untuk tranmisi jarak dekat cukup menggunakan LED sebagai sumber optik dan PIN sebagai detektor penerima.

### 2.2.3 Sumber Optik

Ada dua jenis sumber optik yang dapat digunakan, yakni (*Light Emiting Diode*) LED dan (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) LASER (Zulfadli, 2016).

#### 1. LED (*Light Emitting Diode*)

LED merupakan suatu semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju (Zulfadli, 2016 dan Deddy W, 2012). LED memiliki lebar spektral (spectral width) 30-50 nm dan panjang gelombang 850 nm 50-150 nm pada panjang gelombang 1300 nm (Rika Susanti, 2012)



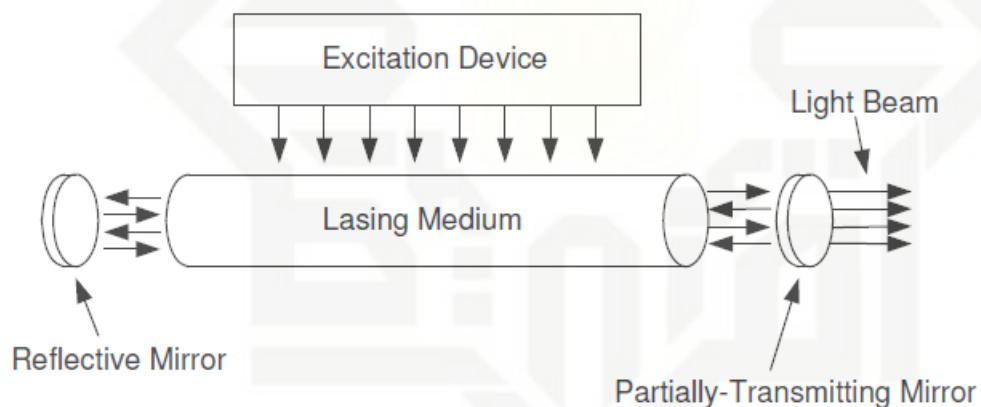
Gambar 2.2. Simbol LED  
 (Sumber: Aulia Satria, 2016)

## 2. LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)

Laser merupakan sumber optik yang koheren, laser monomode (*single mode*) digunakan sebagai sistem komunikasi jarak jauh. Perkembangan *laser monomode* yakni (Zulfadli, 2016) :

- CW : *Countinues Wave Laser*
- DFB : *Distributed Feedback Laser*
- DBR : *Distributed Bragg Reflector Laser*
- DR : *Distributed Reflector Laser*
- SEL : *Surface Emitting Laser.*

Laser mempunyai daya keluaran optik sebesar -12 s.d +3 dBm. Laser diterapkan untuk transmisi data dengan bit rate yang tinggi, kinerja laser dapat dilihat dari aspek keluaran daya optik, panjang gelombang, serta umur sistem yang sangat dipengaruhi oleh temperature operasi (Rika Susanti, 2012)



Gambar 2.3 Struktur Dasar Laser

(Sumber: Aulia Satria, 2016)

### 2.3 Multiplexing

*Multiplexing* adalah teknik pengiriman beberapa informasi dengan menggunakan satu saluran yang sama. Tujuan utamanya untuk menghemat jumlah saluran fisik, seperti kabel, pemancar dan penerima (transceiver) atau kabel optik (Sri Mayanti, 2015 dan Aulia Satria, 2016). Salah satu contoh aplikasi multiplexing adalah *long haul*, dengan media utama pada jaringan *long haul* berupa gelombang mikro, koaksial atau serat optik

yang berkapasitas tinggi. Jalur ini dapat memuat transmisi data dalam jumlah besar dan secara simultan dengan menggunakan teknik *multiplexing*.



Gambar 2.4. Prinsip Dasar Multiplexing  
(Sumber: Sri Mayanti, 2015)

### 2.3.1 Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)

DWDM adalah teknik multiplexing yang memiliki kemampuan untuk membawa sejumlah panjang gelombang (2, 4, 8, 16, 32, dan seterusnya) dalam satu serat optik tunggal (Zulfadli, 2016). Ada beberapa faktor yang menjadi landasan pemilihan teknologi DWDM ini, yakni :

1. Menurunkan biaya instalansi awal, karena implementasi DWDM kemungkinan besar tidak perlu menggelar *fiber* yang baru, cukup menggunakan fiber eksisting (sesuai ITU-T G.652 atau ITU-T G 656) dan mengintegrasikan perangkat SDH eksisting dengan perangkat DWDM.
2. Bisa dipakai untuk memenuhi *demand* yang berkembang, dimana teknologi DWDM tersebut mampu melakukan penambahan kapasitas dengan orde  $n \times 2,5 \text{ Gbps}$  atau  $n \times 10 \text{ Gbps}$  ( $n =$  bilangan bulat).
3. Dapat mengakomodasikan layanan baru (proses *rekonfigurasi* dan *transparency*). Karena sifat dari operasi teknologi DWDM yang terbuka terhadap protokol dan format sinyal (mengakomodasi format frame SDH)

### 2.3.2 Keunggulan DWDM

Secara umum keunggulan teknologi DWDM, yakni (Gilang A, 2006, Zulfadli, 2016):

1. Dapat mengimplementasikan pada jaringan telekomunikasi jarak jauh (*long haul*) baik untuk sistem *point-to-point* maupun *ring* topologi.

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.

2. Lebih fleksibel untuk mengantisipasi pertumbuhan trafik yang tidak terprediksi.
3. Sangat transparan pada *bit rate* dan jaringan protokol.
4. Bisa diterapkan pada daerah dengan perkembangan kebutuhan *bandwidth* yang sangat cepat.

### 2.3.3 Teknik Operasional DWDM

Pada dasarnya perkembangan dari teknologi WDM dimana media transmisi dari suatu tempat ke tempat yang lain. DWDM dapat membantu mengirim informasi dalam jumlah yang banyak dan kemudian ditransmisikan melalui media transmisi serat optik. Sinyal informasi yang dikirimkan awalnya diubah menjadi panjang gelombang yang sesuai pada kabel serat optik kemudian dimultiplexikan pada satu serat optik. Teknologi DWDM ini, pada satu kabel serat optik dan tersedia beberapa panjang gelombang yang berbeda pada media transmisi yang disebut dengan kanal (Zulfadli, 2016).

### 2.3.4 Komponen DWDM

Teknologi DWDM adalah teknologi yang didalamnya terdapat beberapa komponen utama. Komponen ini harus dioperasikan dan sudah sesuai dengan standar tchannel ITU, sehingga teknologi DWDM ini bisa diaplikasikan pada beberapa jaringan optik (Zulfadli, 2016). Berikut ini adalah beberapa komponen-komponen yang terdapat pada DWDM :

1. *Transmitter* yakni komponen yang menjembatani antara sumber sinyal informasi dengan *multiplexer* pada *system* DWDM. Sinyal transmitter ini akan dimultipleks agar dapat ditransmisikan.
2. *Receiver* yakni sinyal informasi yang menerima dari demultiplexer untuk dapat dipindah berdasarkan macam-macam informasi.
3. Terminal DWDM *multiplexer*. Sebenarnya terminal ini terdiri dari *transponder converting wavelength* untuk setiap signal pada panjang gelombang tertentu yang akan dibawa. *Transponder converting wavelength* yakni menerima sinyal input optik (sebagai contoh dari sistem SONET atau yang lainnya), mengubah sinyal tersebut menjadi sinyal optik dan dapat mengirimkan kembali pada



sinyal tersebut menggunakan pita laser 1550 nm. Multiplexer ini juga terdiri dari *multiplexer* optikal yang dapat mengubah sinyal 550 nm dan menempatkannya pada suatu fiber SMF-28.

4. Komponen *Intermediate optical terminal (amplifier)* merupakan jarak amplifier yang jauh dan menguatkan sinyal dengan banyak panjang gelombang yang dikirim sampai sejauh 140 km atau lebih. Diagnostik optikal dan *telemetry* dimasukkan di sekitar daerah amplifier ini berfungsi untuk mendeteksi adanya kerusakan dan pelemahan pada serat optik. Proses pengiriman sinyal informasi ini terdapat atenuasi dan dispersi pada sinyal informasi yang dapat melemahkan sinyal, oleh karena itu sinyal harus dikuatkan.
5. Terminal DWDM *demultiplexer* berfungsi untuk mengubah sinyal dengan banyak panjang gelombang menjadi sinyal dengan hanya 1 panjang gelombang dan dikeluarkannya ke dalam beberapa serat optik yang berbeda untuk masing-masing client untuk dideteksi.

#### 2.4 *Free Space Optic (FSO)*

*Free Space Optic (FSO)* merupakan sebuah teknologi yang menggunakan propagasi cahaya dalam ruang bebas. Salah satu teknik yang menyebarkan cahaya diruang bebas adalah udara, ruang angkasa, atau sama dengan transmisi data nirkabel untuk jaringan telekomunikasi dan komputer. Pada saat ini FSO mampu mencapai komunikasi data, suara dan video sebesar 2,5 Gbps melalui udara. Kinerja FSO ini dapat dilihat dari hujan, kabut dan salju. Dimana FSO menggunakan cahaya, yakni LED dan Laser.

#### 2.5 *Channel Spacing (Spasi Kanal)*

Spasi kanal merupakan jarak minimum antar panjang gelombang agar tidak terjadi inferensi. Biasanya standar *channel spacing* dari ITU adalah 50 GHz sampai 100 GHz (Gilang Andika, 2006, Zulfadli, 2016). *Channel spacing* adalah sistem frekuensi minimum yang memisahkan 2 sinyal yang dimultipleksikan. Bisa juga disebut sebagai perbedaan panjang gelombang diantara 2 sinyal yang diransmisikan. Salah satunya yang membedakan yakni *amplifieroptic* dan kemampuan *receiver* yang menjadi penentu dari *spacing* pada 2 gelombang yang berdekatan. Standar ITU-T G.694.1 (2012). Pada sistem DWDM

direkomendasikan menggunakan beberapa *channel spacing* yaitu 0,1 nm, 0,2 nm, 0,4 nm, 0,8 nm hingga mencapai 1,6 nm (Irfan Nurdianto, 2014, Zulfadli, 2016).

Saat ini terdapat dua pilihan untuk melakukan standarisasi kanal, yaitu menggunakan spasi lamda atau spasi frekuensi. Hubungan antara spasi lamda daan spasi frekuensi adalah sebagai berikut ( Sudarmillah, 2010, Gusmawandi, 2016) :

$$\Delta f \approx -\frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda \quad \dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- $\Delta f$  = spasi frekuensi (GHz)
- $\Delta \lambda$  = spasi lamda (nm)
- $\lambda$  = panjang gelombang daerah operasi (nm)
- C = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

Dimaksud dengan konversi lamda ke spasi frekuensi (dan sebaliknya) akan menghasilkan nilai yang kurang presisi, sehingga sistem DWDM dengan satuan yang berbeda akan mengalami kesulitan untuk berkomunikasi. ITU-T juga menggunakan spasi frekuensi sebagai standar penentuan kanal spasi (Sudarmilah, 2010, Gusmawandi, 2016).

### 2.6 Bit Error Rate (BER)

Parameter performansi untuk jaringan digital adalah Bit Error Rate (BER). BER didefinisikan sebagai jumlah kesalahan bit  $N_E$  yang terjadi selama suatu interval waktu tertentu, dibagi dengan jumlah bit total  $N_T$  d kirim dalam selang waktu tersebut. Hal ini dapat ditulis dalam sistematis sebagai berikut (Gusmawandi, 2016):

$$BER = \frac{N_E}{N_T} \quad \dots\dots (2.2)$$