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.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Arrayed Waveguide Grating (AWG) merupakan teknik *multiplexer* dan *demultiplexer* dengan jumlah kanal yang sangat besar dan rugi-rugi yang relatif kecil. AWG mampu me-*multiplexing* sejumlah besar panjang gelombang menjadi serat optik tunggal, sehingga meningkatkan kapasitas transmisi jaringan optik jarak jauh. Oplink (2012) melakukan penelitian tentang AWG sebagai *multiplexer* dan *demultiplexer*, dimana penelitiannya menunjukan bahwa AWG memiliki *insertion loss* dan *crosstalk* yang kecil.

Penelitian juga dilakukan oleh Afif Saifuddin (2013) yang menganalisa performansi AWG pada jaringan *Wavelength Division Multiplexing-Gigabit Passive Optical Network* (WDM-GPON) dengan memperhatikan parameter *Bit Error Rate* (BER). Hasil penelitian menunjukan performansi BER untuk sistem yang menggunakan *multiplexer* AWG lebih baik dari pada penggunaan *multiplexer* WDM sehingga *multiplexer* AWG dapat diimplementasikan untuk jarak jauh.

Penggunaan filter juga dapat mempengaruhi performansi jaringan DWDM. Ini dibuktikan oleh penelitian Edita Rosana Widasari (2012) yang meneliti tentang penerapan *Optical Add Drop Multiplexer* mengunakan filter *Fiber Brag Gratings* (FBG). Edita melakukan penelitian pada jaringan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM). Hasil penelitian yang dilakukan menunjukan perangkat OADM dengan menggunakan filter FBG memiliki *crosstalk* yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan perangkat AWG.

Erwin Zahroni (2014) melakukan penelitian tentang *Arrayed Waveguide Grating* menggunakan filter FBG pada jaringan DWDM. Pengujian dilakukan dengan menggunakan FBG pada sisi *receiver, transmitter* dan *receiver/transmitter*. Hasil penelitiannya menunjukan performansi filter pada sisi *receiver* lebih baik dibandingkan sisi *transmitter*.

Dari beberapa penelitian terdahulu, belum ada peneliti yang melakukan penelitian terhadap performansi AWG menggunakan filter FBG pada suatu jaringan yang menggabungkan antara sistem komunikasi serat optik dan sistem komunikasi radio atau *Radio over Fiber* (RoF). Arief Marwanto (2008) hanya melakukan penelitian pada jaringan SCM/WDM-RoF dengan menggunakan WDM *multiplexer*. Penelitian yang dilakukan memberikan hasil bahwa *Signal to Noise Ratio* (SNR) maupun *Bit Error Rate* (BER)

menunjukan performansi jaringan yang cukup bagus pada jaringan RoF. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk meneliti tentang performansi AWG sebagai pengganti WDM *multiplexer* menggunakan filter FBG pada jaringan *Radio over Fiber*.

2.2 Serat Optik

Serat optik adalah media transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang beroperasi pada frekuensi optik atau cahaya. Serat optik berbentuk silinder dan menyalurkan energi gelombang elektromagnetik dalam bentuk cahaya di dalam permukaannya dan mengarahkan cahaya pada sumbu axisnya. Struktur dasar dari serat optik tersusun atas *core*, *cladding* dan *coatting* (Rika S, 2013; Dipo S, 2015).

1. *Core* (Inti serat optik)

   Core berfungsi untuk menentukan cahaya merambat dari satu ujung ke ujung lainnya. Core terbuat dari bahan kuarsa dengan kualitas sangat tinggi. Selain itu,ada juga yang terbuat dari hasil campuran silika dan kaca. Sebagai inti, core juga tempat merambatnya cahaya pada serat optik. Memiliki diameter 8 µm - 50 µm. Core terbuat dari SiO2, selain itu juga terdiri dari bahan kimia yaitu GeO2 untuk meningkatkan indeks bias dari inti serat.

2. *Cladding*

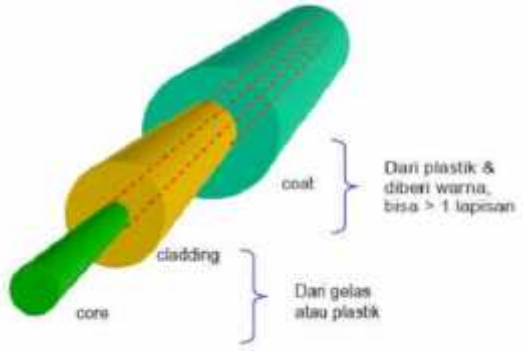
   Cladding berfungsi sebagai cermin untuk memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya. Dengan adanya cladding cahaya dapat merambat dalam *core* serat optik. Cladding terbuat dari bahan gelas dengan indeks bias yang lebih kecil dari *core*. *Cladding* merupakan selubung dari *core* dengan diameter *cladding* umumnnya 125µm . Indeks bias pada *cladding* lebih kecil dibandingkan indeks bias pada inti.

3. *Coating* (Jaket)

   Coating berfungsi sebagai pelindung mekanis pada serat optik dan identitas kode warna. Terbuat dari bahan plastik dan memiliki diameter 250 µm.

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



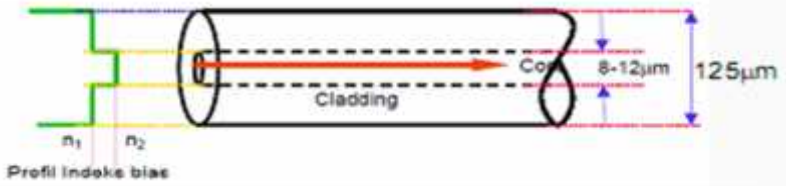
Gambar 2.1. Struktur Serat Optik

(Rika S, 2013; Dipo S, 2015)

Berdasarkan cara perambatannya, jenis-jenis serat optik terbagi menjadi 3 yaitu (Rika S, 2013; Dipo S, 2015) :

1. *Step Index Singlemode*

Step index singlemode ini merupakan jenis serat optik yang hanya mempunyai satu jenis perambatan cahaya, yaitu merambat lurus (sejajar dengan sumbu utama serat optik). Diameter *core step index singlemode* sangat kecil yaitu 8-12 µm. Jenis serat optik ini memiliki bit rate yang besar.



Gambar 2.1. Serat Optik *Step Indexs Singlemode*

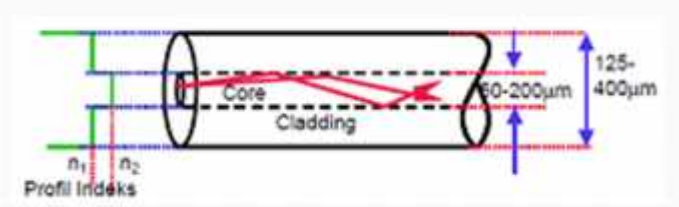
(Rika S, 2013; Dipo S, 2015)

2. *Step Index Multimode*

Jenis kabel *step index multimode* ini merupakan jenis serat optik yang mempunyai *index bias* konstan sehingga terjadi berbagai jenis perambatan cahaya. Pada *step index multimode*, diameter *core* besar dan dilapisi *cladding* yang tipis. Serat optik jenis ini memiliki *bit rate* rendah, serta memiliki dispersi yang besar karena mempunyai banyak perambatan cahaya sehingga terjadi pelebaran informasi pada penerimaannya.

Keuntungan dari serat optik jenis ini adalah memudahkan dalam penyambungan karena mempunyai *core* yang besar.

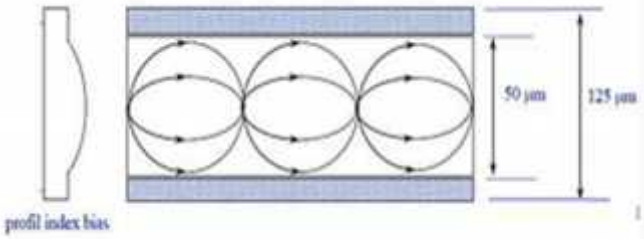
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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 2.3 Serat Optik *Step Indexs Multimode*
(Rika S, 2013; Dipo S, 2015)

3. *Graded Index Multimode*

Serat optik *graded index multimode* ini mempunyai *core* yang terdiri dari sejumlah lapisan gelas yang memiliki *indeks bias* yang berbeda, dan *indeks bias* tertinggi terdapat pada pusat *core*. Dengan *indeks bias* yang berbeda tersebut mengakibatkan dispersi waktu dengan berbagai mode cahaya yang merambat berkurang karena cahaya akan tiba pada waktu yang bersamaaan walaupun terjadi banyak lintasan propagasi.



Gambar 2.4. Serat Optik *Graded Index Multimode*
(Rika S, 2013; Dipo S, 2015)

2.3 *Multiplexing*

Multiplexing adalah teknik mengirimkan beberapa informasi dengan menggunakan satu saluran yang sama. Tujuan utamanya adalah menghemat jumlah saluran fisik, misalnya kabel, pemancar dan penerima (*transceiver*) atau kabel optik (Sri, 2015).

Aplikasi *multiplexing* yang umum digunakan adalah dalam komunikasi *long haul* dengan utama pada jaringan *long haul* berupa gelombang mikro, koaksial atau serat optik yang berkapasitas tinggi. Jalur ini dapat memuat transmisi data dalam jumlah besar secara simultan dengan menggunakan teknik *multiplexing*.

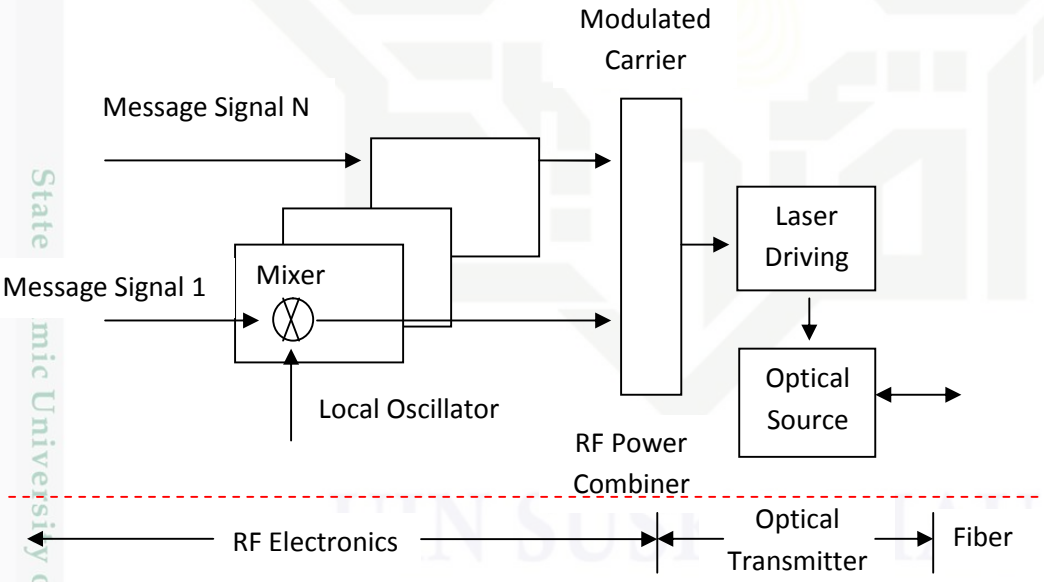
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Gambar 2.5. Prinsip Dasar Sistem WDM (Yolanda, 2014)

2.3.1 *Sub Carrier Multiplexing* (SCM)

Sub Carrier Multiplexing merupakan teknik *multiplexing* yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal digital dengan menggunakan frekuensi berbeda-beda dalam domain *Radio Frekuensi* (RF). Sinyal RF yang temodulasi kemudian disalurkan melalui serat optik. Sistem ini membantu memberikan efisiensi dalam kapasitas bandwith dan daya transmisi (Muchrizzam, 2012).

Berikut adalah skema *Sub Carrier Multiplexing.*



Gambar 2.6. Skema Diagram pada *Sub Carrier Multiplexing*
(Ajay Kumar, 2012)

Sinyal informasi yang dikirim terdiri dari beberapa kanal. kemudian dikonversi ke dalam sinyal RF dan kemudian dimodulasi oleh mudulasi *carrier*. Selanjutnya sumber optik akan mengubah sinyal tersebut menjadi sinyal cahaya yang akan ditransmisikan kedalam serat optik.

Dalam sistem *sub carrier multiplexing* digunakan suatu modulator untuk memodulasi sinyal *carrier* tersebut. Ada 2 macam modulator sistem komunikasi optik, yaitu modulator *internal* dan modulator *eksternal*.

Modulator *internal* memodulasi cahaya di dalam perangkat sumber cahayanya, sedangkan modulator *eksternal* memodulasi cahaya di luar sumber cahaya. Ada tiga jenis modulator *eksternal* yaitu modulator elektro optik, modulator magneto optik, dan modulator akusto optik.

Salah satu contoh dari modulator elektro optik adalah *Mach Zender Modulator* (MZM). *Mach Zender Modulator* sering digunakan oleh sistem manufaktur karena memiliki karakteristik *insertion loss* yang kecil dan memiliki karakteristik *on/off*. Perangkat optik ini memanfaatkan efek dari elektro optik untuk memanipulasikan perbedaan fasa optik diantara 2 percabangan *inferometer* untuk menghasilkan efek *switch on/off*.

Mach Zender Modulator merupakan perangkat optik yang bekerja dengan cara mempengaruhi berkas cahaya yang melintas dengan menggunakan medan elektromagnetik tertentu yang dihasilkan oleh pulsa-pulsa elektrik, dengan kata lain modulator ini bekerja berdasarkan prinsip perpaduan 2 berkas cahaya koheren yang menghasilkan pola garis-garis cahaya (*fringe*) sesuai dengan beda fasa antara 2 berkas cahaya tersebut (Muchrizzam, 2012; Sri, 2015).

2.3.2 *Wavelength Division Multiplexing* (WDM)

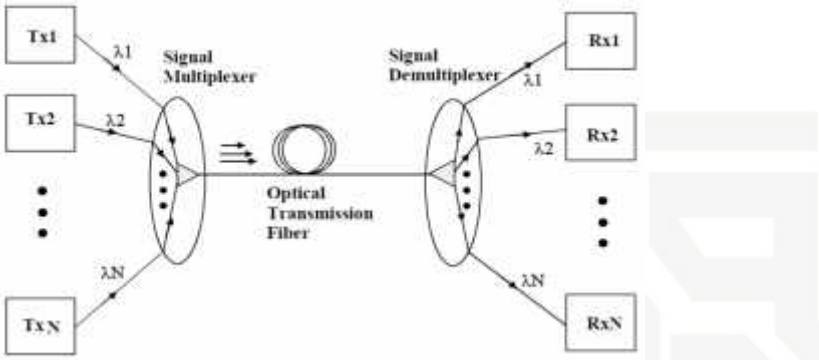
Teknologi WDM merupakan teknologi jaringan *transport* yang mampu menyalurkan berbagai jenis trafik seperti data, suara dan video dengan menggunakan panjang gelombang berbeda dalam satu serat tunggal secara bersamaan (Firman, 2009). Jaringan WDM dapat digunakan untuk aplikasi jarak jauh (*long haul*) maupun jarak dekat (*short haul*).

Konsep ini pertama kali dipublikasikan pada tahun 1970, dan pada tahun 1978 sistem WDM telah terealisasi di laboratorium. Sistem WDM pertama hanya menggabungkan 2 buah sinyal dalam sehelai serat optik yang masing-masing berkapasitas 2,5 Gbps sampai 5 Gbps. Namun penggunaan WDM menimbulkan permasalahan baru, yaitu ke-nonlinieran serat optik dan efek dispersi yang menyebabkan terbatasnya jumlah panjang-gelombang yang hanya 2-8 buah pada saat itu.

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Pada perkembangan selanjutnya, jumlah panjang-gelombang yang dapat diakomodasikan oleh satu helai serat optik bertambah hingga mencapai puluhan buah dengan kapasitas untuk masing-masing panjang gelombang mencapai 10 Gbps. Dengan perkembangan jaringan WDM yang semakin popular memungkinkan untuk mengembangkan kapasitas jaringan tanpa harus menambah jumlah fiber. Pengembangannya dapat dilakukan dengan hanya meningkatkan *multiplexers* dan *demultiplexers* yang digunakan.



Gambar 2.7. Konsep Transmisi WDM (Firman, 2009)

Gambar 2.7 di atas melihatkan salah satu contohnya, jika setiap sinyal cahaya membawa *data rate* 10 Gbps, kemudian digabungkan dengan N sinyal cahaya kedalam satu serat yang sama akan mengakibatkan meningkatnya total *data rate* sebanyak N kali lipat.

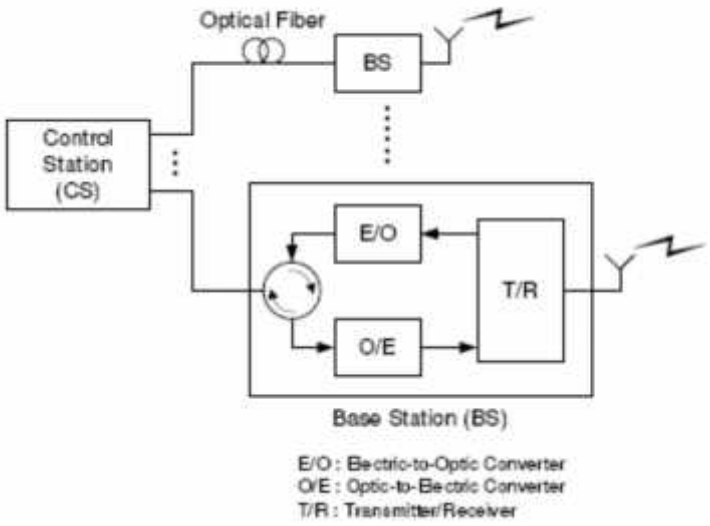
2.4 *Radio over Fiber* (RoF)

Radio over Fiber (RoF) merupakan suatu proses pengiriman sinyal radio melalui melalui serat optik untuk pengiriman data yang lebih cepat. Dengan menggunakan kabel serat optik sebagai media perantara, maka akan diperoleh kecepatan transmisi yang lebih besar dibandingkan ketika dilakukan transmisi secara langsung. RoF dapat meningkatkan performansi *Bit Error Rate* dan *bandwidth* sistem (Ajay kumar, 2012).

Sistem RoF terdiri dari *Central Site* (CS) dan *Remote Site* (RS) yang dihubungkan oleh sebuah jaringaan serat optik. Jika di jaringan GSM, maka CS bisa menjadi *Mobile Switching Center* (MSC) dan RS adalah *Base Station* (BS).

RoF bekerja berdasarkan prinsip penggabungan antara sistem komunikasi serat optik dan sistem komunikasi nirkabel. Tujuannya agar pengguna dapat menikmati performansi jaringan yang lebih bagus dari pada jaringan nirkabel tetapi tidak semahal pada insalasi kebel serat optik. Penerapan RoF memungkinkan tercakupnya seluruh *coverage area* yang

semestinya dapat dijangkau oleh jaringan nirkabel. Dengan adanya *link radio over fiber*, maka kualitas sinyal dan performansi yang diterima oleh pengguna akan lebih baik (Muchrizam, 2012).



Gambar 2.8. Sistem *Radio Over Fiber* Secara Umum

(Setyadi, 2012; Sri, 2015)

Sinyal yang datang kemudian dikonversi ke sinyal *Intermediate Frekuensi* (IF) dan ditransmisikan melalui kabel optik ke *base station* (BS).

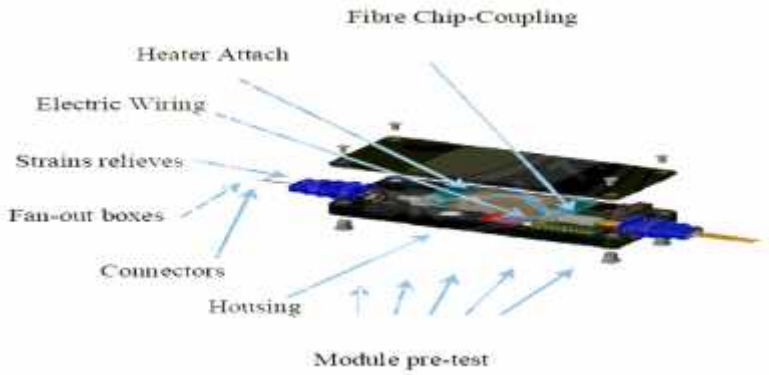
Kelebihan yang dimiliki *Radio over Fiber*, diantaranya (Wikipedia, 2015):

1. Menggabungkan alat pengkonversi AM ke FM menjadi alat sederhana, berkualitas tinggi, dan hanya dengan satu proses saja.
2. Kapasitas *bandwidth* yang besar.
3. Dapat menghasilkan frekuensi *sub carrier microwave* sampai dengan 100 Ghz.
4. Menghindari penggunaan alat pengkonversi dengan harga mahal.
5. Mengurangi kontaminasi *noise* dan meningkatkan kualitas pelayanan.
6. Meningkatkan komunikasi nirkabel dan kapasitas data.

2.5 *Arrayed Waveguide Gratings* (AWG)

Arrayed Waveguide Gratings (AWG) merupakan revolusi dari sistem telekomunikasi. AWG membuat blok–blok untuk penanganan sistem yang rumit seperti; *optical attenuator* (VOA), *thermo-optic switch,* DWDM *channel monitor, dynamic gain equalizer,* dan lain–lain. Modul AWG dapat dilihat pada gambar berikut :

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU



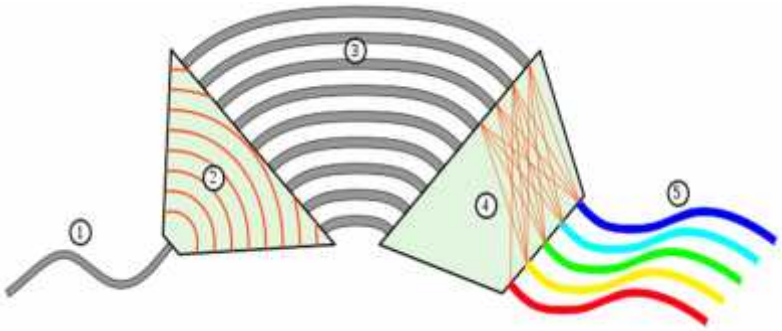
Gambar 2.9. Modul *Arrayed Waveguide Gratings* (Rifqi, 2009)

Sistem DWDM mampu untuk melakukan *multiplexing* dan *demultiplexing* yang terangkum dalam sistem AWG. *Multiplekser* AWG dikenal dengan nama *Wavelength Division Multiplexer* (WDM) dan *demultiplekser* AWG dikenal dengan sebutan *Wavelength Division Demultiplexer* (WDDM). Sinyal optik dibangkitkan oleh diode laser (LDS) menjadi panjang gelombang monokromatik dengan panjang gelombang $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_N,$ (tanpa sebuah standar rentang panjang gelombang) dan keluar sebanyak N serat ke dalam sebuah WDM.

Sinyal input dalam WDM dikombinasikan menjadi sebuah sinyal output polikromatik, proses ini dikenal dengan nama *multiplexing.* Serat optik dapat melakukan *multiplexing* dengan *bandwidth* yang sangat besar. Pada saat *multiplexing* sinyal polikromatik dijadikan sebuah sinyal tunggal untu ditransmisikan melalui serat optik. Pada WDM *demux* sinyal polikromatik tersebut dipisahkan kembali menjadi panjang gelombang tunggal yang bersesuaian, dan diindetifikasi sebagai serial pada kanal, proses ini dikenal dengan nama *demultiplexing.* Panjang gelombang tersebut distandarisasikan oleh *International Telecomunication Union* (ITU) untuk jaringan DWDM.

Prinsip kerja dari *Arrayed Waveguide Gratings* (AWG) yaitu dapat melakukan *multiplexing* dan *demultiplexing* pada beberapa panjang gelombang menjadi serat optik tunggal, sehingga dapat meningkatkan kapasitas transmisi jaringan optik untuk jarak jauh.

UIN SUSKA RIAU
1. Dilarang menguup 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.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.10. Prinsip Kerja AWG, dari (1) ke (5) adalah Demultiplexer, dan dari (5) ke (1) adalah Multiplexer (Wikipedia, 2015).

Cahaya propagasi pada masukan *waveguide* di difrasikan pada *slab* pertama dan digabungkan dalam *arrayed waveguide. Array waveguide* dirancang untuk panjang gelombang yang berbeda–beda antara *array waveguide* yang berdekatan, oleh karena itu perubahan fasa akan terjadi di cabang *arrayed.* Selisih antara panjang *array waveguide* seharusnya konstan pada *array* yang bersesuaian. Jika masukan panjang gelombang diatur dari pusat panjang gelombang, maka fasa akan berubah dalam cabang *array.* Karena panjang gelombang berbeda pada *waveguide* yang berdekatan, fasa berubah meningkat secara linier dari masukan ke keluaran *array waveguide* yang menyebabkan sorotan cahaya berlawanan dengan titik fokusnya pada *slab* kedua dari *slab* pertama.

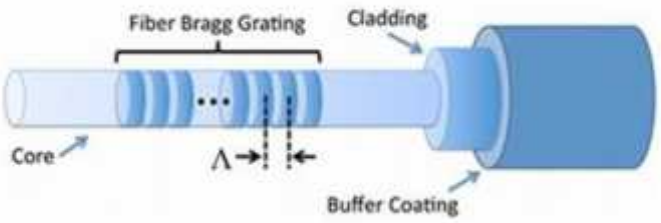
2.6 *Fiber Bragg Grating* (FBG)

Fiber Bragg Grating (FBG) merupakan suatu jenis reflektor (*bragg*) yang terdistribusi dalam bentuk segmen-segmen dalam serat optik. FBG memantulkan beberapa panjang gelombang cahaya tertentu dan meneruskan sisanya, dimana hal ini dapat terjadi karena adanya penambahan suatu variasi periodik terhadap indeks bias inti serat optik. Salah satu jenis FBG paling banyak digunakan adalah *uniform* FBG. *Uniform* FBG dapat berfungsi sebagai *reflection filter*, *narrow-band transmission*, *broadband mirror*, dan *bandpass filter* bergantung pada panjang kisi dan modulasi indeks bias pada FBG tersebut (Tamas Fachryto, 2014).

Setiap *uniform* FBG dapat ditentukan panjang gelombang *bragg* yang berbeda-beda, sehingga dapat digunakan untuk *multiplexing* WDM baik diletakkan pada sisi laser maupun pada sisi *demultiplexer*. Pemberian tekanan pada FBG akan menghasilkan pergeseran panjang gelombang *bragg* sehingga akan mempengaruhi panjang gelombang yang akan ditransmisikan (Tamas Fachryto, 2014).

UIN SUSKA RIAU
1. Dilarang menggunakan 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.
Undang
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

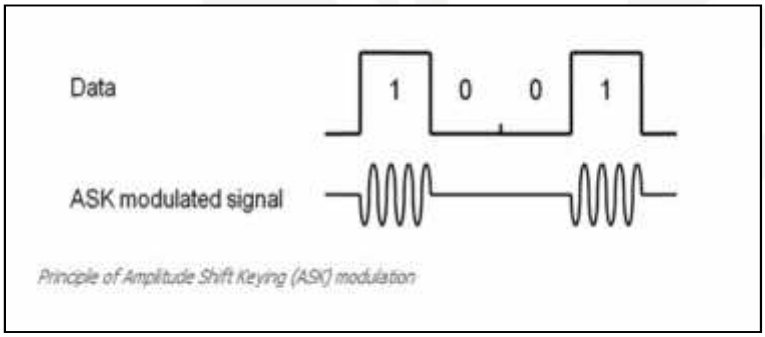
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.11. *Fiber Bragg Grating* pada Serat Optik
(Edita Rosana W, 2013)

2.7 Modulasi Amplitudo Shift Keying (ASK)

Modulasi *Amplitude Shift Keying* (ASK) atau pengiriman sinyal berdasarkan penggeseran amplitudo, merupakan suatu metode modulasi dengan mengubah-ubah amplitudo. Dalam proses modulasi ini kemunculan frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada atau tidaknya sinyal informasi digital. Keuntungan yang diperoleh dari metode ini adalah *bit per baud* (kecepatan digital) lebih besar. Sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap sinyal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman atau distorsi lainnya. Oleh sebab itu metode ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk jarak dekat saja.



Gambar 2.12. Modulasi *Amplitude Shift Keying*
(Sonny fadli, 2014)

Pada sistem ASK, biner 1 direpresentasikan dengan mentransmisikan sinyal pembawa sinusoidal dengan amplitudo maksimum A dan frekuensi f, dimana kedua besaran tersebut konstan, selama durasi bit T_b detik. Amplitudo frekuensi pembawa akan berubah sesuai dengan logik sinyal informasi. Sedangkan biner 0 direpresentasikan dengan tanpa mengirimkan sinyal pembawa tersebut selama durasi bit T_b detik atau disebut *On Off Keying* (OOK).

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Secara matematis dapat dilihat pada rumus berikut :

$$S_1\ t\ =\ A\cos\ \ 2\pi ft \quad (2.1)$$

$$S_0\ t\ =\ 0 \quad (2.2)$$

dimana:

$S_1(t)$ = Sinyal keluaran untuk bit 1

$S_0(t)$ = Sinyal keluaran untuk bit 0

A = Amplitudo

f = Frekuensi *carrier*

2.8 Spasi Kanal

Spasi kanal merupakan jarak frekuensi minimum antar panjang gelombang yang memisahkan antara dua sinyal yang ditransmisikan agar tidak terjadi interferensi. Semakin kecil jarak antar kanal maka akan semakin besar jumlah panjang gelombang yang dapat ditampung. Spasi kanal menentukan sistem performansi dari teknologi DWDM.

Faktor yang mengendalikan besar kanal spasi adalah *bandwidth* pada penguat optik dan kemampuan penerima mengidentifikasi dua set panjang gelombang yang lebih rendah dalam spasi kanal. Kedua faktor tersebut membatasi jumlah panjang gelombang yang melewati penguat. Saat ini terdapat dua pilihan untuk melakukan standarisasi kanal, yaitu menggunakan spasi lamda atau spasi frekuensi.

Hubungan antara spasi lamda dan spasi frekuensi adalah:

$$af \approx\ -\frac{c}{a^2}a^a \quad (2.3)$$

Dimana :

Δf = spasi frekuensi (GHz)

$\Delta\lambda$ = spasi lamda (nm)

λ = panjang gelombang daerah operasi (nm)

C = $3x10^8$ m/s

Konversi spasi lamda ke spasi frekuensi (dan sebaliknya) akan menghasilkan nilai yang kurang presisi, sehingga sistem DWDM dengan satuan yang berbeda akan mengalami kesulitan dalam berkomunikasi. *International Telecommunication Union Telecommunication Sector* (ITU-T) kemudian menggunakan spasi frekuensi sebagai standar penentuan kanal spasi (Afif Saifuddin, 2013).

UIN SUSKA RIAU
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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.9 *Bit Error Rate* (BER)

Parameter performansi yang paling umum untuk jaringan digital adalah *Bit Error Rate*, yang biasa disingkat sebagai BER. BER didefinisikan sebagai jumlah kemungkinan kesalahan bit N_E yang terjadi selama suatu interval waktu tertentu, dibagi dengan jumlah bit N_T dikirim selama selang waktu tersebut. Hal ini dinyatakan dalam bentuk persamaan yaitu :

$$BER = \frac{N_E}{N_T} \tag{2.4}$$

2.10 *Crosstalk*

Crosstalk merupakan suatu gangguan ketika sinyal dari satu saluran tiba di tempat lain maka akan menjadi *noise* di saluran lain. *Crosstalk* dapat pada kanal yang besebelahan yang beroperasi pada panjang gelombang yang berbeda (*interchannel crosstalk*) dan sinyal interferensi mempunyai panjang gelombang yang sama dengan sinyal yang diinginkan (*intrachannel crosstalk*). Untuk perhitungan *crosstalk* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma^2 = M.b^2\ Rd^2.Ps^2\{2\varepsilon_{adj} + (N-3)\ \varepsilon_{nonadj} + X_{switch}\} \tag{2.5}$$

Dimana :

M : Jumlah saluran *input*

b : Perbandingan tinggi puncak suatu sinyal

N : Kanal keluaran

Rd : Detektor Respon

Ps : Daya Input Sinyal

ε_{adj}: *Crosstalk* efektif kanal yang berdekatan

ε_{nonad} : *Crosstalk* efektif kanal yang tidak berdekatan

Xswitch : Nilai *Crosstalk* (dalam satuan linier) pada suatu *optical switch*