

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Dody Kurniawan pada tahun 2007 yang berjudul “Perencanaan Sistem Komunikasi Kabel Laut Link Sangatta (Kalimantan) – Towale (Sulawesi)” peneliti membahas link Sangatta – Towale dengan menggunakan penguat *erbium doped fiber amplifier* (EDFA). Parameter performansi yang dianalisis yaitu *power link budget*, *rise time budget*, catu daya. Hasilnya menunjukkan nilai yang didapat dari *power link budget* didapatkan daya terima sebesar -26,74 dbm, *rise time budget* sebesar 61,096 ps, serta catu daya sebesar 409,284 volt. Pada simulasi didapatkan hasil daya terima sebesar -14,157. Dari hasil perhitungan *power link budget* dan *rise time budget*, perancangan ini telah memenuhi persyaratan level daya terima dan laju bit minimum yang diperlukan. Dari hasil simulasi, parameter kualitas jaringan berupa BER, SNR dan *Q-Factor* telah memenuhi syarat minimum sehingga perancangan SKKL Sangatta-Towale ini bisa dikatakan layak [4].

Penelitian yang dilakukan Aldi Wilman pada tahun 2009 yang berjudul “Analisis Perbandingan Karakteristik Penguat Optik Antara EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) Dan ROA (*Raman Optical Amplifier*) Pada Sistem Komunikasi Serat Optik” pada penelitian ini meneliti tentang besarnya gain, daya ASE dan *noise figure* yang dihasilkan penguat optik berdasarkan parameter daya pompa, panjang gelombang, daya *input* dan panjang serat penguat optik, serta berapa nilai PCE (*Power Conversion Efficiency*) penguat optik. Dari hasilnya adalah penguat EDFA lebih baik dibandingkan penguat ROA karena pada daya input 0,5 mW dan daya pompa 0,16 w, penguat EDFA akibat pengaruh ASE menghasilkan gain 31,39 dB lebih baik 21,38 dB dibandingkan penguat ROA [3].

Penelitian Ahyadan Weka Pratomo pada tahun 2016 yang berjudul “Perencanaan Optical Amplifier Pada Jaringan Palapa Ring Untuk Link Ambon (Maluku)-Sorong (Papua)” pada penelitian ini dilakukan penempatan *optical amplifier* dan analisis *link power budget* dan *bit error rate* dengan menggunakan beberapa skema. Skema 1 *Raman Optical Amplifier* (ROA) ditempatkan pada jarak 128 km dari titik labuh di Ambon dan sorong. Sedangkan ROA diberi jarak 127 km. di skema 2 jarak ROA menggunakan jarak maksimal system tanpa

menggunakan penguat yaitu 128km. Pada skema 3 ini penempatan ROA berbeda dengan skema 2. Hal ini bertujuan untuk mengurangi redaman yang dihasilkan oleh *splice* antar perangkat dengan jarak 100 km antar ROA. Hasil dari penelitian ini pada skema 1 daya terima pada *receiver* hanya -53,9 dBm dan nilai BER dan *Qfactor* tersebut adalah 0,129. Skema 2 digunakan ROA maka yang dibutuhkan lebih banyak dari skema 1 yaitu 4 buah ROA, sehingga pada skema ini daya terima pada *receiver* -24,1 dBm dengan nilai BER yang didapat dengan nilai *Qfactor* tersebut adalah $0,67 \cdot 10^{-4}$. Pada skema 3 ini, diperoleh daya terima di *receiver* sebesar -23,7 dBm dan nilai BER yang didapat dengan nilai *Qfactor* tersebut adalah $4,718 \cdot 10^{-5}$. Dengan nilai *link power budget* dan nilai BER, skema 3 yang lebih baik diantara skema 1 dan 2 [5].

Penelitian Sri Utami, Dodi Zulherman dan Fauza Khair pada tahun 2018 yang berjudul “Analisis Perbandingan Penguat Optik *Erbium Doped Fiber Amplifier* (EDFA) dan *Raman Optical Amplifier* (ROA) pada CWDM Nonlinier”, meneliti tentang perbandingan *link* serat optik CWDM dengan menggunakan penguat EDFA dan ROA. Dengan menggunakan panjang *link* 60 km, jumlah kanal 8 buah, spasi kanal 20 nm. Dengan menggunakan penguat ROA mendapatkan nilai BER dan Q-Faktor yang memenuhi standar pada daya -8 dBm hingga 6 dBm dan pada penguat EDFA pada daya -8 dBm hingga 0 dBm tidak memenuhi standar, namun pada daya 2 dBm hingga 6 dBm telah memenuhi standar [6].

Sedangkan penelitian Pugar Athma Praja pada tahun 2017 yang berjudul “Analisis Performansi *Hybrid Optical Amplifier* Pada Sistem *Long Haul Ultra-Dense Wavelength Division Multiplexing*” meneliti tentang uji performansi dengan konfigurasi sistem pada *link* transmisi sejauh 255 km dengan menggunakan penguat *hybrid optical amplifier* (Raman-EDFA). Diperoleh dengan meningkatkan daya pompa pada penguat raman dapat meningkatkan gain secara signifikan pada *range* Panjang gelombang tinggi sekitar 1600nm. Pada penguat EDFA, dimana peningkatan daya pompa pada penguat EDFA akan meningkatkan gain secara signifikan pada *range* Panjang gelombang rendah 1530nm. Hasil yang didapat sistem *long haul* U-DWDM dengan konfigurasi penguat *hybrid* yang disusun secara seri dengan spesifikasi pada penelitian hanya efektif pada jarak maksimal 205 km

berdasarkan nilai *Q-factor* dan BER. Penelitian ini menggunakan dua parameter yaitu *Q-factor* dan BER [7].

2.2 FIBER OPTIK

Fiber Optik adalah saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dan lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah dari sinar laser atau LED. Kabel ini berdiameter lebih kurang 120 mikrometer. Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara, karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi *fiber optik* sangat tinggi sehingga sangat baik digunakan sebagai saluran komunikasi [8].

2.2.1 Kelebihan & kekurangan fiber optik

Adapun dalam melakukan proses pengiriman menggunakan fiber optik terdapat kelebihan dan kekurangan. Untuk kelebihan dari Fiber Optik sebagai berikut:

1. Bandwidth sangat besar dengan kecepatan transmisi mencapai gigabit-per detik dan menghantarkan informasi jarak jauh tanpa pengulangan
2. Biaya pemasangan dan pengoperasian yang rendah serta tingkat keamanan yang lebih tinggi
3. Ukuran kecil dan ringan, sehingga hemat pemakaian ruang
4. Kebal terhadap gangguan elektromagnetik dan gangguan gelombang radio
5. Tidak ada tenaga listrik dan percikan api
6. Tidak berkarat

Sementara untuk kekurangan dari media transmisi fiber optik adalah sebagai berikut:

1. Beberapa faktor membatasi efektivitas kabel FO. Selain instalasinya yang mahal, sistem ini mungkin sinyalnya kurang kuat, hal ini disebabkan karena faktor fisik ataupun material.
2. Dispersi dapat mempengaruhi volume informasi yang dapat diakomodasi.
3. Tidak seperti halnya dengan kawat atau plastik, fiber juga lebih sulit untuk disambung.

4. Sambungan akhir dari kabel fiber harus benar-benar akurat untuk menghindari transmisi yang tidak jelas.
5. Komponen FO mahal dan membutuhkan biaya ekstra dalam pengaplikasian yang lebih spesifik [8].

2.2.2 Komponen fiber optik

Sebuah sistem komunikasi tentu tidak hanya didukung oleh satu dua komponen atau perangkat saja. Di dalamnya pasti terdapat banyak sekali paduan komponen yang saling bekerja sama satu dengan yang lainnya. Perpaduan dan kerja sama tersebut akan menghasilkan banyak sekali manfaat bagi berlangsungnya transfer informasi. Dengan demikian, jadilah sebuah sistem komunikasi. Di dalamnya terdapat proses modulasi agar sinyal-sinyal informasi yang sebenarnya dapat dimungkinkan dibawa melalui udara. Dan setibanya di lokasi tujuan, proses demodulasi akan terjadi untuk membuka informasi aslinya kembali. Jika berjalan dalam jarak yang jauh maka penguat sinyal pasti dibutuhkan. Proses komunikasi pada sistem fiber optik juga mengalami hal yang sama seperti sistem komunikasi yang lainnya. Lima komponen utama dalam sistem komunikasi fiber optik adalah sebagai berikut:

1. Cahaya pembawa informasi

Ini adalah sumber asal-muasal terjadinya sistem komunikasi fiber optik. Cahaya, komponen alam yang memiliki banyak kelebihan ini dimanfaatkan dengan begitu pintarnya untuk membawa data dengan kecepatan dan bandwidth yang sangat tinggi. Semua kelebihan dari cahaya seakan-akan dimanfaatkan di sini. Cahaya yang berkecepatan tinggi, cahaya yang kebal terhadap gangguan-gangguan, cahaya yang mampu berjalan jauh, semuanya akan Anda rasakan dengan menggunakan media fiber optik ini.

2. *Optical Transmitter* (Pemancar)

Optical transmitter merupakan sebuah komponen yang bertugas untuk mengirimkan sinyal-sinyal cahaya ke dalam media pembawanya. Di dalam komponen ini terjadi proses mengubah sinyal-sinyal elektronik analog maupun digital menjadi sebuah bentuk sinyal-sinyal cahaya. Sinyal inilah yang kemudian bertugas sebagai sinyal korespondensi untuk data Anda. *Optical transmitter* secara fisik sangat dekat dengan media fiber optik pada penggunaannya. Dan bahkan

optical transmitter dilengkapi dengan sebuah lensa yang akan memfokuskan cahaya ke dalam media fiber optik tersebut. Sumber cahaya dari komponen ini bisa bermacam-macam.

Sumber cahaya yang biasanya digunakan adalah *Light Emitting Diode* (LED) atau solid state laser dioda. Sumber cahaya yang menggunakan LED lebih sedikit mengonsumsi daya daripada laser. Namun sebagai konsekuensinya, sinar yang dipancarkan oleh LED tidak dapat menempuh jarak sejauh laser.

3. Kabel Fiber Optik

Komponen inilah yang merupakan pemeran utama dalam sistem ini. Kabel fiber optik biasanya terdiri dari satu atau lebih fiber optik yang akan bertugas untuk memandu cahaya-cahaya tadi dari lokasi asalnya hingga sampai ke tujuan. Kabel fiber optik secara konstruksi hampir menyerupai kabel listrik, hanya saja ada sedikit tambahan proteksi untuk melindungi transmisi cahaya. Biasanya kabel fiber optik juga bisa disambung, namun dengan proses yang sangat rumit. Proses penyambungan kabel ini sering disebut dengan istilah *splicing*.

4. *Optical regenerator/amplifier/repeater*

Optical regenerator atau dalam bahasa Indonesianya penguat sinyal cahaya, sebenarnya merupakan komponen yang tidak perlu ada ketika Anda menggunakan media fiber optik dalam jarak dekat saja.

Sinyal cahaya yang Anda kirimkan baru akan mengalami degradasi dalam jarak kurang lebih 1 km. Maka dari itu, jika Anda memang bermain dalam jarak jauh, komponen ini menjadi komponen utama juga. Biasanya *optical generator* disambungkan di tengah-tengah media fiber optik untuk lebih menguatkan sinyal-sinyal yang lemah.

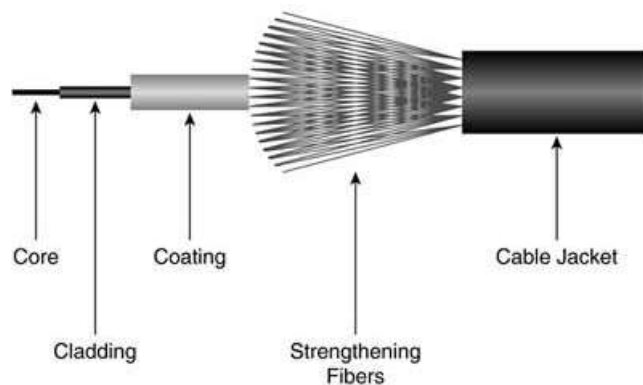
5. *Optical receiver* (penerima)

Optical receiver memiliki tugas untuk menangkap semua cahaya yang dikirimkan oleh *optical transmitter*. Setelah cahaya ditangkap dari media fiber optik, maka sinyal ini akan didecode menjadi sinyal-sinyal digital yang tidak lain adalah informasi yang dikirimkan. Setelah di-decode, sinyal listrik digital tadi dikirimkan ke sistem pemrosesnya misalnya televisi, perangkat komputer, telepon, dan banyak lagi perangkat digital lainnya. Biasanya *optical receiver* ini adalah

berupa sensor cahaya seperti *photocell* atau *photodiode* yang sangat peka dan sensitif terhadap perubahan cahaya [8].

2.2.3 Struktur Fiber Optik

Secara umum struktur fiber optik dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah:



Gambar 2.1 Struktur Fiber Optik [9].

a. *Core* (inti kabel)

Core berfungsi untuk menyalurkan cahaya dari satu ujung ke ujung lainnya. *Core* yaitu elemen pertama dari fiber optik yang merupakan konduktor sebenarnya yaitu sebuah batang silinder terbuat dari bahan dielektrik (bahan silika (SiO_2), biasanya diberi *dopping* dengan *germanium oksida* (GeO_2) atau *fosfor penta oksida* (P_2O_5) untuk menaikkan indeks biasnya) yang tidak menghantarkan listrik. Inti memiliki diameter antara 3 – 200 μm . Ketebalan dari *core* merupakan hal yang penting, karena menentukan karakteristik dari kabel. *Core* (inti) dari serat optik terbuat dari material kristal kaca kelas tinggi.

b. *Cladding* (selubung)

Cladding berfungsi sebagai cermin yaitu memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya. *Cladding* yaitu lapisan selimut/selubung yang dilapiskan pada *core* yang memiliki diameter antara 125 – 250 μm . *Cladding* juga terbuat dari gelas tetapi indeks biasnya lebih kecil dari indeks bias *core*. Hubungan antara kedua indeks dibuat kritis karena untuk memungkinkan terjadinya pemantulan total dari berkas cahaya yang merambat berada di bawah sudut kritis sewaktu dilewatkan sepanjang serat optik.

c. *Coating* (pelindung)

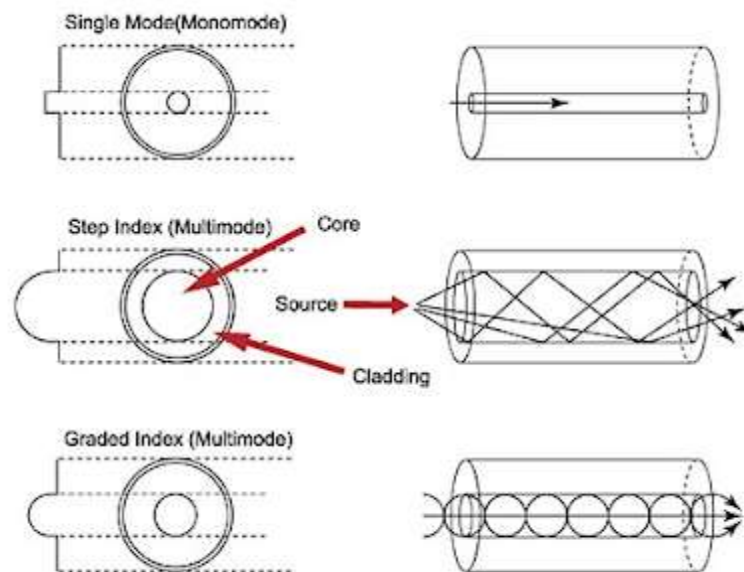
Coating berfungsi sebagai pelindung mekanis yang melindungi serat optik dari kerusakan dan sebagai pengkodean warna pada serat optik. *Coating* yaitu bagian pelindung lapisan inti dan selimut yang terbuat dari bahan plastik elastis yang berfungsi untuk melindungi serat optik dari tekanan luar.

d. Jaket Kabel

Jaket kabel berfungsi sebagai pelindung keseluruhan bagian dalam kabel serat optik serta didalamnya terdapat tanda pengenal dan terbuat dari bahan plastik elastis [9].

2.2.4 Jenis Fiber Optik

Terdapat dua jenis fiber optik, yaitu *Single Mode* dan *Multimode* seperti pada gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Jenis Fiber Optik [9].

a. *Single Mode*

Serat optik *single mode* memiliki *core* yang kecil dan memiliki hanya satu jalur cahaya. Perbedaan antara indeks bias *core* dan *cladding* sangat kecil. SMF memiliki kapasitas yang lebih besar untuk mentransmisikan informasi karena dapat mempertahankan akurasi jumlah cahaya untuk jarak tempuh yang lebih besar dan tidak menunjukkan penyebaran cahaya yang disebabkan oleh beberapa mode. Atenuasi serat SMF juga lebih rendah bila dibandingkan dengan MMF. Kekurangan

dari serat jenis ini adalah diameter *core* yang kecil yang membuat menyambungkan cahaya ke dalam *core* lebih sulit, pembangunan yang sulit dan biaya yang relatif mahal.

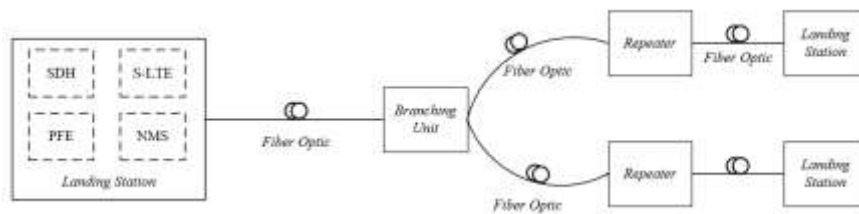
b. Multimode

Multimode fiber memiliki diameter *core* dan indeks bias relatif lebih besar daripada *single mode* fiber dan memungkinkan sejumlah besar cahaya melewatinya. Ukuran *core* kabel multimode secara umum adalah berkisar antara 50 sampai dengan 100 mikrometer. Biasanya ukuran NA yang terdapat di dalam kabel multimode pada umumnya adalah berkisar antara 0,20 hingga 0,29. NA atau numerical aperture adalah ukuran kemampuan sebuah serat untuk menangkap cahaya, juga dipakai untuk mendefinisikan *acceptance cone* dari sebuah serat optik [9].

2.3 KONFIGURASI KABEL LAUT

Kabel laut merupakan kabel yang diletakan didasar laut yang menghubungkan *landing station* satu dengan *landing station* yang lainnya. Kabel laut pertama yaitu pada tahun 1850-an melintasi selat Inggris, Irlandia, Belgia, Belanda dan Denmark yang dimana pada saat itu menggunakan kawat tembaga sebagai medianya untuk mengirimkan data berupa telegraf. Kabel laut di Indonesia pada tahun 1988 menghubungkan Jawa-Bali-Makassar, 1892 menghubungkan Medan-Aceh, 1897 menghubungkan Bali Lombok dan Sabang, sampai tahun 1921 hampir seluruh wilayah di Indonesia terpasang kabel laut yang diperuntukan untuk menghubungkan Pulau-pulau yang ada di Indonesia.

Penggelaran kabel laut dilakukan oleh kapal kabel (*cableship*) yang dirancang khusus untuk menggelar kabel laut. *Cableship* memiliki keistimewaan, karena tidak dapat menggelar pada lokasi air dangkal, maka untuk area air dangkal biasanya menggunakan *Barge Cable* yang mampu sampai pada kedalaman air 1 meter. Pada tahun 2003, kabel laut telah menghubungkan seluruh benua dunia kecuali Antartika. Seperti gambar 2.3 dibawah:



Gambar 2.3 Konfigurasi Kabel Bawah Laut [1].

2.3.1 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Synchronous Digital Hierarchy merupakan teknik *multiplexing* untuk sinyal digital dengan menggunakan struktur multiplexing sinkron.

Multiplexing sinkron digunakan untuk menyatukan berbagai hirarki digital yang telah ada dan membentuk hirarki digital baru yang mendukung berbagai layanan sinyal berkecepatan rendah dan sinyal kecepatan tinggi sehingga jaringan dapat dikembangkan dari jaringan komunikasi *plesiochronous* atau *plesinchronous digital hierarchy*.

2.3.2 PFE (Power Feeding Equipment)

PFE adalah perangkat penunjang yang terdapat pada kabel laut yang berfungsi untuk menyalurkan arus listrik melalui lapisan konduktor pada fiber optik dengan tujuan untuk memberikan catu daya ke *repeater* atau *branching unit* yang berada dilaut.

2.3.3 S-LTE (Submarine Line Terminal Equipment)

S-LTE merupakan perangkat yang bertanggung jawab dengan transmisi yang akan dikirimkan pada SKKL, seluruh data yang akan dikirimkan di proses pada perangkat tersebut.

2.3.4 Branching Unit (BU)

Branching Unit (BU) merupakan peralatan yang digunakan untuk menghubungkan lebih dari tiga titik pendaratan dengan hanya satu kabel bawah laut. Penempatan dua *Branching Unit* pada kabel yang sama memperlebar jumlah titik pendaratan yang dapat dijangkau dengan kabel laut yang sama [1].



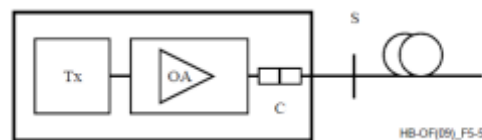
Gambar 2.4 Branching Unit [1].

2.3.5 Repeater/Amplifier

Repeater berfungsi untuk memperpanjang jarak yang dicakup oleh suatu jaringan. Pada transmisi serat optik jarak jauh pada umumnya memerlukan *repeater* untuk meminimalisir daya sinyal optik yang hilang dikarenakan jarak yang cukup jauh. *Optical amplifier* dibagi menjadi dua yaitu *amplifier transmitter* dan *optical amplifier receiver* [10].

a. *Optical Amplifier Transmitter*

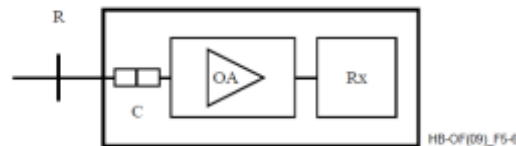
Merupakan *subsystem optical amplifier* yang penguat daya diintegrasikan dengan pemancar laser, yang menghasilkan pemancar berkekuatan tinggi.



Gambar 2.5 *Optical Amplifier Transmitter* [10].

b. *Optical Amplifier Receiver*

Merupakan *subsystem optical amplifier* dimana *pre-amplifier* terintegrasi dengan penerima optik, menghasilkan sensitivitas tinggi yang diterima.



Gambar 2.6 *Optical Amplifier Receiver* [10].

2.4 INDONESIA GLOBAL GATEWAY (IGG)

Indonesia Global Gateway (IGG) merupakan sebuah sistem komunikasi kabel laut milik PT. Telekomunikasi Indonesia dan bekerja sama dengan perusahaan NEC untuk menghubungkan pulau Sumatra, Batam, Jawa, Bali, Kalimantan dan

Sulawesi dengan Singapura. IGG memiliki kapasitas 100 Gbps x 80 *wavelengths* x 4 fiber pairs dan memiliki jarak tempuh 5.300 km yang akan menghubungkan Manado, Tarakan, Balikpapan, Makassar, Bali, Madura, Jakarta, Batam dan Dumai dengan Singapura. Selain menghubungkan kota besar di Indonesia, IGG juga dirancang untuk menyambungkan sistem kabel laut internasional, yaitu titik jung Dumai dengan Eropa dan titik ujung Manado dengan pantai barat Amerika [11].



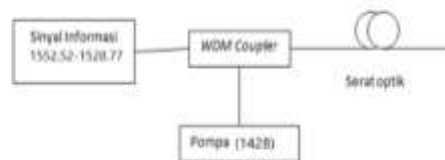
Gambar 2.7 Peta Indonesia Global Gateway (IGG) [12].

2.5 RAMAN OPTICAL AMPLIFIER (ROA)

Penguat ROA sebagai penguat optik canggih yang meningkatkan sinyal dengan merangsang hamburan *Raman*. Untuk memenuhi kebutuhan jaringan masa depan, itu dapat memberikan keuntungan pada panjang gelombang apapun. Saat ini, ada dua jenis amplifier *Raman* tersedia di pasaran. Salah satunya adalah amplifier *Raman Lumped* yang selalu menggunakan *Dispersions Compensation Fiber* (DCF) atau serat nonlinier tinggi sebagai media penguatan. Seratnya relatif pendek, umumnya dalam jarak 10 km. Yang lainnya adalah *amplifier Raman* yang didistribusikan. Media penguatannya adalah serat biasa, yang jauh lebih panjang, umumnya puluhan kilometer. Ketika *Raman* bekerja, laser pompa dapat digabungkan ke dalam serat transmisi dalam arah yang sama dengan sinyal (*contra-directional pumping*) atau di kedua arah. Kemudian sinyal dan pompa laser akan berinteraksi secara nonlinier dalam serat optik untuk amplifikasi sinyal. Secara

umum, pompa *contra-directional pumping* lebih umum karena transfer kebisingan dari pompa ke sinyal berkurang [3].

Penguat *raman* memanfaatkan sebuah ke nonlinieran serat optik, yaitu hamburan *raman* (*Raman Scattering*). Hamburan raman yang terjadi akibat injeksi *Laser* akan menguatkan sinyal yang dikirimkan, peristiwa ini sering disebut dengan hamburan raman tersimulasi (*Stimulated Raman Scattering*), hal inilah yang menjadi dasar penguatan raman



Gambar 2.8 Blok Diagram Penguat ROA [3].

Pada gambar diatas merupakan blok diagram dari penguat ROA. Terlihat bahwa penguat sinyal informasi dilakukan oleh pompa *Laser* dengan menggunakan *WDM Coupler* sebagai penggabung antara gelombang informasi dengan gelombang pompa. Penguatan maksimum akan diperoleh bila beda/selisih frekuensi antara pompa *Laser* dan sinyal masukan sebesar 13 THz. Dimana frekuensi sinyal pompa lebih besar dari pada frekuensi sinyal atau panjang gelombang pompa dengan panjang gelombang sinyal selisih 100nm dengan panjang gelombang pompa lebih kecil. Data pompa dapat menguatkan sinyal input karena terdapat proses hamburan raman (*Raman Scattering*) [3].

2.6 DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING (DWDM)

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan teknik transmisi dengan memanfaatkan cahaya dengan variasi panjang gelombang yang berbeda-beda yang digunakan sebagai kanal informasi, kemudian dilakukan proses *multiplexing* untuk ditransmisikan melalui serat optik secara bersamaan.

Teknologi DWDM beroperasi pada sinyal dan domain optik dan memberikan fleksibilitas yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan akan kapasitas transmisi yang besar dalam jaringan. Penggunaan teknologi DWDM menawarkan kemudahan dalam hal peningkatan kapasitas transmisi dalam suatu sistem komunikasi serat optik. Hal ini dimungkinkan karena setiap sumber data memiliki

sumber optiknya masing-masing, yang kemudian digabungkan ke dalam serat optik [2].

2.6.1 Komponen DWDM

Pada rancangan rangkaian DWDM terdapat komponen-komponen yang digunakan yaitu :

1. *Transmitter*

Transmitter berfungsi untuk menghubungkan *multiplexer* menggunakan sumber sinyal pada sistem DWDM.

2. *Receiver*

Receiver berfungsi untuk menyatukan berbagai macam informasi dari *demultiplexer*.

3. *Optical Multiplexer*

Multiplexer (MUX) adalah perangkat pasif dan mampu melakukan *multiplexing* beberapa sinyal cahaya dan tidak memperkuat sinyal.

4. *Optical Demultiplexer*

Demultiplexer berfungsi untuk mendemultiplikasi kembali kanal panjang gelombang menjadi seperti semula.

5. *Raman Optical Amplifier (ROA)*

Penguat Raman bekerja pada prinsip hamburan Raman (*Raman Scattering*). Penguat ini tidak menggunakan medium/serat khusus melakukan penguatan tetapi hanya menggunakan media transmisinya.

6. *Single Mode Fiber (SMF)*

SMF adalah serat yang paling banyak digunakan dan diperkenalkan pada tahun 1986. serat optik yang merambat pada satu cahaya yang merambat melalui inti serat optik, *singlemode fiber* digunakan pada komunikasi jarak jauh.

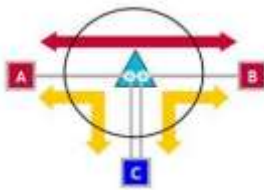
2.6.2 Spasi kanal

Spasi kanal merupakan jarak minimum antar panjang gelombang agar tidak terjadi interferensi. Standarisasi spasi kanal perlu dilakukan agar sistem DWDM dari berbagai *vendor* yang berbeda dapat saling berkomunikasi. Spasi kanal menentukan system performansi dari DWDM. Standar spasi kanal dari ITU adalah 50GHz sampai 100GHz. Jika panjang gelombang operasi berbanding terbalik dengan frekuensi, hubungan bedanya dikenal dalam panjang gelombang masing-

masing sinyal. Faktor yang mengendalikan besar spasi kanal adalah *bandwidth* pada penguat optis dan kemampuan penerima mengidentifikasi dua set panjang gelombang yang lebih rendah dalam spasi kanal. Kedua faktor itulah yang membatasi jumlah panjang gelombang yang melewati penguat [2].

2.6.3 Optical Add/Drop Multiplexing (OADM)

Optical Add/Drop Multiplexing merupakan *fiber connectivity* yang memanfaatkan pembagian *wavelength* dalam satu fiber pair. OADM merupakan suatu perangkat pada teknologi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) yang digunakan untuk menggabungkan dan merutekan saluran yang berbeda ke serat optik tunggal [11].



Gambar 2.9 Konfigurasi OADM BU [11].

2.7 PARAMETER PERFORMANSI

2.7.1 Power Link Budget (PLB)

Power link budget merupakan daya nilai total redaman yang diizinkan pada suatu jaringan optik dari sisi transmitter/pengirim ke penerima (*receiver*). Nilai tersebut diperoleh dari redaman kabel, penguatan amplifier, dan margin system. *Power link budget* digunakan untuk syarat agar perencanaan tidak melebihi ambang batas dari daya yang dibutuhkan [11].

2.7.2 Q-Factor

Q-Factor merupakan parameter yang menentukan baik atau tidaknya kualitas dari sinyal optik dalam suatu jaringan. *Q-Factor* digunakan untuk mengevaluasi dari pengaruh polarisasi serta dispersi. Pelemahan dapat disebabkan akibat dari fungsi analogis sisi transmitter dan receiver, nilai standar pada Q-factor yaitu bernilai 6.

2.7.3 BER (Bit Error Rate)

BER (*Bit Error Rate*) merupakan nilai kesalahan pada *bit* yang terjadi pada saat proses pengiriman pada media transmisi, standar untuk nilai BER yaitu 10^{-9} [13].