

BAB II

SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

2.1. Teknologi Serat Optik

Perkembangan teknologi telekomunikasi memungkinkan penyediaan sarana telekomunikasi dalam biaya relatif rendah, mutu pelayanan tinggi, cepat, aman, dan juga kapasitas besar dalam menyalurkan informasi. Seiring dengan perkembangan telekomunikasi yang cepat maka kemampuan sistem transmisi dengan menggunakan teknologi serat optik semakin dikembangkan, sehingga dapat menggeser penggunaan sistem transmisi konvensional dimasa mendatang, terutama untuk transmisi jarak jauh.

Dampak dari perkembangann teknologi ini adalah perubahan jaringan analog menjadi jaringan digital baik dalam sistem switching maupun dalam sistem transmisinya. Hal ini akan meningkatkan kualitas dan kuantitas informasi yang dikirim, serta biaya operasi dan pemeliharaan lebih ekonomis. Sebagai sarana transmisi dalam jaringan digital, serat optik berperan sebagai pemandu gelombang cahaya. Serat optik dari bahan gelas atau silika dengan ukuran kecil dan sangat ringan dapat mengirimkan informasi dalam jumlah besar dengan rugi-rugi relatif rendah.

Penggunaan cahaya sebagai pembawa informasi sebenarnya sudah banyak digunakan sejak zaman dahulu, baru sekitar tahun 1930-an para ilmuwan Jerman mengawali eksperimen untuk mentransmisikan cahaya melalui bahan yang bernama serat optik.

Perkembangan selanjutnya adalah ketika para ilmuawan inggris pada tahun 1958 mengusulkan prototipe serat optik yang sampai sekarang dipakai yaitu yang terdiri atas gelas inti yang dibungkus oleh gelas lainnya. Sekitar awal tahun 1960-an perubahan fantastis terjadi di Asia yaitu ketika para ilmuwan Jepang berhasil membuat jenis serat optik yang mampu mentransmisikan gambar.

Di lain pihak para ilmuwan selain mencoba untuk memandu cahaya melewati gelas (serat optik) namun juga mencoba untuk "menjinakkan" cahaya. Kerja keras itupun berhasil ketika sekitar 1959 laser ditemukan. Laser beroperasi pada daerah frekuensi tampak sekitar 10¹⁴ Hertz- 15 Hertz atau ratusan ribu kali frekuensi gelombang mikro.

Pada awalnya peralatan penghasil sinar laser masih serba besar dan merepotkan. Selain tidak efisien, ia baru dapat berfungsi pada suhu sangat rendah. Laser juga belum terpancar lurus. Pada kondisi cahaya sangat cerah pun, pancarannya gampang meliuk-liuk mengikuti kepadatan atmosfer. Waktu itu, sebuah pancaran laser dalam jarak 1 km, bisa tiba di tujuan akhir pada banyak titik dengan simpangan jarak hingga hitungan meter. Sekitar tahun 60-an ditemukan serat optik yang kemurniannya sangat tinggi, kurang dari 1 bagian dalam sejuta. Dalam bahasa sehari-hari artinya serat yang sangat bening dan tidak menghantar listrik ini sedemikian murninya, sehingga konon, seandainya air laut itu semurni serat optik, dengan pencahayaan cukup kita dapat menonton lalu-lalangnya penghuni dasar Samudera Pasifik.

Seperti halnya laser, serat optik pun harus melalui tahap-tahap pengembangan awal. Sebagaimana medium transmisi cahaya, ia sangat tidak efisien. Hingga tahun 1968 atau berselang dua tahun setelah serat optik pertama kali diramalkan akan menjadi pemandu cahaya, tingkat atenuasi (kehilangan)-nya masih 20 dB/km. Melalui pengembangan dalam teknologi material, serat optik mengalami pemurnian, dehidran dan lain-lain. Secara perlahan tapi pasti atenuasinya mencapai tingkat di bawah 1 dB/km.

Tahun 80-an, bendera lomba industri serat optik benar-benar sudah berkibar. Nama-nama besar di dunia pengembangan serat optik bermunculan. Charles K. Kao diakui dunia sebagai salah seorang perintis utama. Dari Jepang muncul Yasuharu Suematsu. Raksasa-raksasa elektronik macam ITT atau STL jelas punya banyak sekali peranan dalam mendalami riset-riset serat optik.

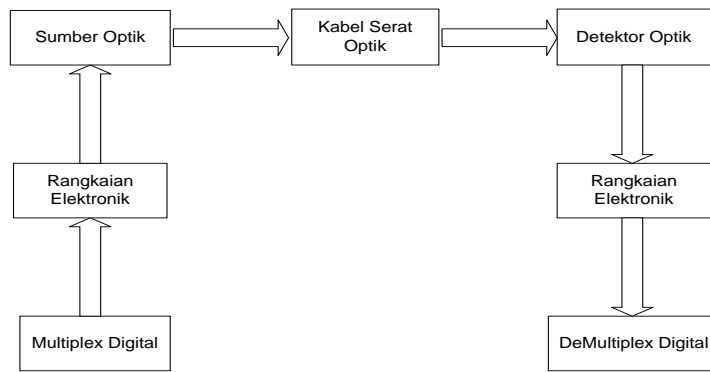
2.2. Pengertian Sistem Komunikasi Serat Optik

Sistem Komunikasi Serat Optik adalah suatu sistem Komunikasi yang menggunakan Kabel Serat Optik sebagai media transmisinya yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dan tingkat keandalan yang tinggi, berbeda dengan media transmisi lainnya serat optik tidak menggunakan gelombang *elektromagnetik*/listrik sebagai gelombang pembawanya melainkan menggunakan sumber optik, *detector optik*, dan serat optik dengan panjang gelombang cahaya 850nm, 1.300nm, dan 1550nm.

2.3. Prinsip kerja Sistem Komunikasi Serat Optik

Berbeda dengan sistem transmisi yang menggunakan gelombang elektromagnetik, pada sistem transmisi serat optik yang bertugas membawa sinyal informasi adalah gelombang cahaya. Berikut ini adalah proses yang terjadi pada sistem transmisi serat optik dengan sinyal yang ditransmisikan berupa sinyal suara. Pertama-tama mikrofon mengubah sinyal suara menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik ini kemudian dibawa oleh gelombang cahaya melalui serat optik dari pengirim (*transmitter*) menuju alat penerima (*receiver*) yang terletak pada ujung lain dari serat. Sinyal listrik termodulasi diubah menjadi gelombang cahaya pada *transmitter* dan kemudian diubah kembali menjadi sinyal listrik pada *receiver*. Pada *receiver* sinyal listrik diubah menjadi gelombang suara. Tugas untuk mengubah sinyal listrik ke gelombang cahaya atau sebaliknya dapat dilakukan dengan menggunakan komponen elektronik yang dikenal dengan nama *Optoelectronic* pada setiap ujung serat optik.

Prinsip kerja transmisi pada serat optik dapat dilihat pada blok diagram pada gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Blok diagram prinsip kerja transmisi pada serat optik[10]

Berikut ini penjelasan dari blok diagram di atas :

- pada arah kirim, input sinyal yang berasal dari perangkat *multiplex digital* akan diteruskan ke rangkaian elektronik untuk menjalani perbaikan karakteristik dan mengubah kode sinyal yang masuk tersebut menjadi *binary*;
- selanjutnya sinyal *binary* tersebut diteruskan ke rangkaian sumber optik, dimana dalam rangkaian ini sinyal *binary* dengan daya listrik akan diubah menjadi sinyal dengan daya optik;
- dari sumber optik, kemudian sinyal akan diteruskan ke detektor optik melalui kabel serat optik;
- pada arah terima, sinyal dengan daya optik yang diterima dari sumber optik melalui kabel serat optik akan diubah menjadi sinyal dengan daya listrik;
- selanjutnya sinyal dengan daya listrik tersebut diteruskan ke rangkaian elektronik untuk didekodekan kembali ke sinyal;
- dari rangkaian elektronik, sinyal tersebut diteruskan ke *demultiplex digital*.

Dalam perjalanan dari *transmitter* menuju ke *receiver* akan terjadi redaman/rugi cahaya di sepanjang kabel serat optik dan konektor-konektornya. Oleh sebab itu, bila jarak antara *transmitter* dan *receiver* ini terlalu jauh akan diperlukan sebuah atau beberapa perangkat pengulang (*regenerative repeater*) yang bertugas untuk memperkuat gelombang cahaya yang telah mengalami redaman.

2.3.1. Pemancar Optik (*Optical transmitter*)

Transmitter terdiri dari 2 bagian yaitu :

- *Rangkaian elektrik* berfungsi untuk mengkonversi dari sinyal digital menjadi sinyal analog, selanjutnya data tersebut disisipkan ke dalam sinyal gelombang optik yang telah termodulasi
- *Sumber gelombang optik* berupa sinar Laser Diode (LD) dan LED (*light emitting diode*) yang pemakaiannya disesuaikan dengan sistem komunikasi yang diperlukan.

a.) *Laser Diode (LD)* dapat digunakan untuk sistem komunikasi optik yang sangat jauh seperti Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL) dan Sistem Komunikasi Fiber Optik (SKSO), oleh karena laser LD memiliki karakteristik yang handal, dimana dapat memancarkan daya dengan intensitas yang tinggi, stabil, hampir monokromatis, terfokus, dan merambat dengan kecepatan sangat tinggi sehingga dapat menempuh jarak sangat jauh. Pembuatannya sangat sulit karena memerlukan spesifikasi tertentu sehingga harganya pun mahal. Jadi LD tidak ekonomis dan tidak efisien jika digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat dan pada trafik kurang padat.

b.) *Light Emitting Diode (LED)* digunakan untuk sistem komunikasi jarak sedang dan dekat agar sistem dapat ekonomis dan efektif, karena *Light Emitting Diode* lebih mudah pembuatannya, sehingga harganya pun lebih murah.

Tabel 2.1 Perbandingan LED dan Laser[1]

Karakteristik	LED	LASER DIODE
Spektrum keluaran	Tidak koheren	Koheren
Daya Optik keluaran	Lebih rendah (0,4-4,0mW)	Lebih tinggi (1,5-8,0mW)
Kestabilan operasi terhadap temperatur	Lebih stabil	Kurang stabil
Penguatan cahaya	Tidak ada	Ada
Arah pancaran cahaya	Kurang terarah	Sangat terarah
Arus pacu	Kecil	Besar
Disipasi panas	Kecil	Besar
Harga	Lebih murah	Lebih mahal
Kemudahan penggunaan	Lebih mudah	Lebih sulit
Kecepatan (rise time)	Lebih lambat (2 - 10 ns)	Lebih cepat (0,3 - 0,7 ns)
Panjang gelombang	800-850, 1300 nm	800-850, 1300, 1500 nm
Lebar pita (nm)	30-60 ($\lambda = 800-850$ nm) 50-150 ($\lambda=1300$)	1-2 ($\lambda = 800-850$ nm) 2-5 ($\lambda = 1300$ nm) 2-10 ($\lambda = 1500$ nm)
Daya ke serat	0,03 - 0,15 mW	0,4 - 3,0 mW
Frekuensi modulasi	0,08 - 0,3 Ghz	2 - 3 GHz
Kepekaan	-	Elektrostatik

2.3.2. Repeater

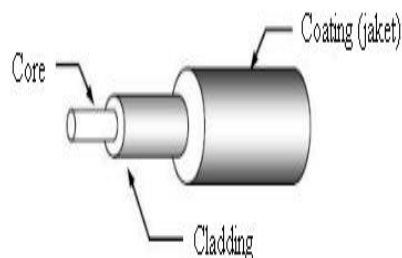
Berfungsi untuk menguatkan kembali pulsa-pulsa cahaya yang dikirimkan. Untuk hubungan yang sangat jauh, pulsa cahaya yang dikirimkan akan mengalami *loss* yang besar sehingga apabila diteruskan tidak dapat dideteksi oleh *photodetector*, maka untuk itu diperlukan *repeater*. Pada umumnya digunakan untuk komunikasi serat optik antar kota yang membutuhkan *repeater* setiap 50 km. *Repeater* terlebih dahulu mengubah pulsa cahaya menjadi listrik kemudian sinyal listrik tersebut diperkuat dan baru diubah kembali menjadi pulsa cahaya untuk dikirimkan.

2.3.3. Detektor Optik

Photodetector berfungsi mengubah variasi intensitas optik/cahaya menjadi variasi arus listrik. Photodiode dioperasikan pada pra-tegangan balik. Cahaya yang diterima akan diubah menjadi arus listrik, pada tahanan RL arus tersebut diubah menjadi besaran tegangan. Perbandingan arus yang dihasilkan *photodetector* terhadap daya optical yang diterima disebut sensitivitas optik. Sensitivitas suatu *photodetector* sangat bergantung pada panjang gelombang operasi dan bahan *photodetector*.

2.4. Serat Optik

Serat optik terbuat dari bahan dielektrik yang berbentuk seperti kaca (*glass*). Didalam serat inilah energi listrik diubah menjadi cahaya yang akan ditransmisikan sehingga dapat diterima di ujung unit penerima (*receiver*) melalui *transducer*. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat struktur dasar kabel serat optik.



Gambar 2.2 Struktur Dasar Kabel Serat Optik [2]

Struktur serat optik terdiri dari:

1. Inti (*core*)

Bagian yang paling utama dinamakan bagian inti (*core*), dimana

gelombang cahaya yang dikirimkan akan merambat dan mempunyai indeks bias lebih besar dari lapisan kedua. Terbuat dari kaca (*glass*) yang berdiameter antara $2\mu\text{m}$ - $125\mu\text{m}$, dalam hal ini tergantung dari jenis serat optiknya.

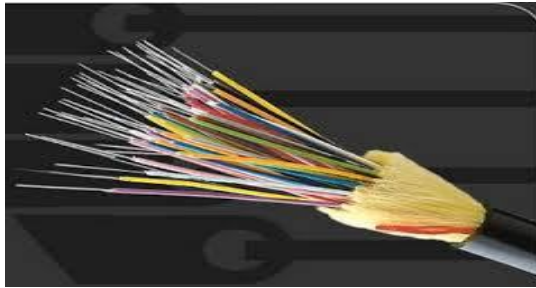
2. *Cladding*

Cladding berfungsi sebagai cermin yaitu memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya. Dengan adanya *cladding* ini 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*. Diameter *cladding* antara $5\mu\text{m}$ - $250\mu\text{m}$, hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core* (yaitu mempengaruhi besarnya sudut kritis).

3. Jaket (*coating*)

Coating berfungsi sebagai pelindung mekanis pada serat optik dan identifikasi warna terbuat dari bahan plastik. Berfungsi untuk melindungi serat optik dari kerusakan.

Sebuah kabel serat optik dibuat sekecil-kecilnya (*mikroskopis*) agar tidak mudah patah/retak, tentunya dengan perlindungan khusus sehingga besaran wujud kabel akhirnya tetap mudah dipasang. Satu kabel serat optik disebut sebagai *core*. Untuk satu sambungan/ link komunikasi serat optik dibutuhkan dua *core*, satu sebagai *transmitter* dan satu lagi sebagai *receiver*. Variasi kabel yang dijual sangat beragam sesuai kebutuhan, ada kabel 4 *core*, 6 *core*, 8 *core*, 12 *core*, 16 *core*, 24 *core*, 36 *core*, 48 *core*, 72 *core* hingga 96 *core*. Satu *core* serat optik yang terlihat oleh mata kita adalah masih berupa lapisan perlindungannya (*coated*) sedangkan kacanya sendiri menjadi inti transmisi data berukuran *mikroskopis* yang tak terlihat oleh mata. Berikut gambar kabel optik yang terlihat pada gambar 2.3.



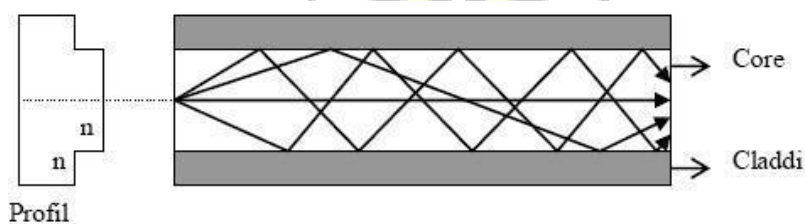
Gambar 2.3 Kabel Serat Optik [13]

Karakteristik Komunikasi Serat Optik

Serat optik terdiri dari beberapa jenis, yaitu :

1) *Multimode Step Index fiber*

Pada jenis *multimode step index fiber* ini, diameter *core* lebih besar dari diameter *cladding*. Dampak dari besarnya diameter *core* menyebabkan rugi-rugi dispersi waktu *transmit*-nya besar. Penambahan presentase bahan *silica* pada waktu pembuatan tidak terlalu berpengaruh dalam menekan rugi-rugi dispersi waktu pengiriman. Gambar 2.4 menunjukkan perambatan gelombang dalam serat optik *multimode step index*.



Gambar 2.4 Perambatan Gelombang pada *Multimode Step Index* [2]

Multimode Step Index mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- Indeks bias inti konstan.
- Ukuran inti besar (50mm) dan dilapisi *cladding* yang sangat tipis.

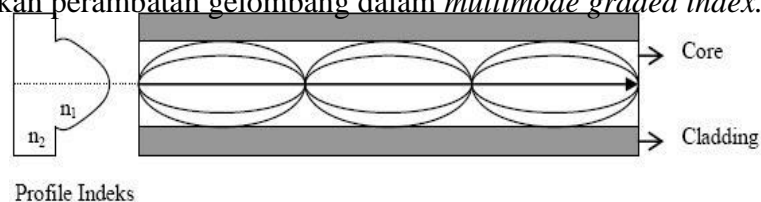
- Penyambungan kabel lebih mudah karena memiliki inti yang besar.
- Sering terjadi dispersi.
- Hanya digunakan untuk jarak pendek dan transmisi data *bit rate* rendah.

Susunan serat optik dari type multimode Step Indeks, yaitu :

- Diameter inti (*core*) : 200-300 μm
- Diameter selimut (*cladding*) : 380-440 μm
- Diameter jaket (*coating*) : 250-1000 μm
- *Numerical Aperture* : 0,16-0,5
- Redaman : 4-6dB/km
- Lebar pta frekuensi (*bandwith*) : 4-6Mhz

2) Multimode Graded Index

Pada jenis serat optik *multimode graded index* ini. *Core* terdiri dari sejumlah lapisan gelas yang memiliki indeks bias yang berbeda, indeks bias tertinggi terdapat pada pusat *core* dan berangsur-angsur turun sampai ke batas *core-cladding*. Akibatnya dispersi waktu berbagai mode cahaya yang merambat berkurang sehingga cahaya akan tiba pada waktu yang bersamaan. Gambar 2.5 menunjukkan perambatan gelombang dalam *multimode graded index*.



Gambar 2.5 Perambatan Gelombang pada Multimode Graded Index [2]

Multimode Graded Index mempunyai karakteristik sebagai berikut :

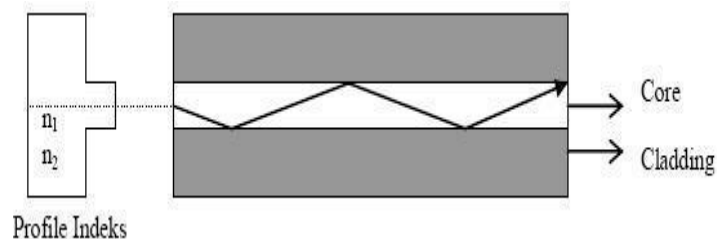
- Cahaya merambat karena difraksi yang terjadi pada *core* sehingga rambatan cahaya sejajar dengan sumbu serat.
- Dispersi minimum sehingga baik jika digunakan untuk jarak menengah
- Ukuran diameter *core* antara 30 μm – 60 μm . lebih kecil dari *multimodestep Index* dan dibuat dari bahan *silica glass*.
- Harganya lebih mahal dari serat optik *Multimode Step Index* karena proses pembuatannya lebih sulit.

Susunan serat optik type *Multimode Grade Indeks* yaitu :

- Diameter inti (*core*) :50-100 μm (standar 50 μm)
- Diameter selimut (*cladding*) :100-150 μm (standard 125 μm)
- Diameter jaket (*coating*) :250-1000 μm
- *Numerical Aperture* : 0,2-0,3
- Redaman :0,3-3,5 dB/km
- Lebar pita frekuensi(*bandwidth*) :150 MHz-2Ghz

3) *Single mode Step Index*

Pada jenis *single mode step index*. Baik *core* maupun *cladding*-nya dibuat dari bahan *silica glass*. Ukuran *core* yang jauh lebih kecil dari *cladding* dibuat demikian agar rugi-rugi transmisi berkurang akibat *fading*. Seperti ditunjukkan gambar 2.6.



Gambar 2.6 Perambatan Gelombang pada *Single mode Step Index* [2]

Singlemode Step Index mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- Serat optik *Singlemode Step Index* memiliki diameter *core* yang sangat kecil dibandingkan ukuran *cladding*-nya.
- Ukuran diameter *core* antara $2\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$.
- Cahaya hanya merambat dalam satu mode saja yaitu sejajar dengan sumbu serat optik.
- Memiliki redaman yang sangat kecil.
- Memiliki *bandwidth* yang lebar.
- Digunakan untuk transmisi data dengan *bit rate* tinggi.
- Dapat digunakan untuk transmisi jarak dekat, menengah dan jauh.

Susunan dari serat optik type *Singlemode*, yaitu :

- Diameter inti (*core*) : $20\text{-}10\ \mu\text{m}$
- Diameter selimut (*cladding*) : $50\text{-}125\ \mu\text{m}$
- Diameter jaket (*coating*) : $250\text{-}1000\ \mu\text{m}$
- *Numerical Aperture* : $0,08\text{-}0,15$
- Redaman : $0,2\text{-}0,5\text{dB/km}$
- Lebar pita frekuensi (*bandwith*) : $>150\text{Mhz}$

2.5. Redaman Serat Optik

Tahanan dari konduktor tembaga menyebabkan hilangnya sebagian dari energi listrik yang mengalir dari suatu kabel. *Core* dari kabel serat optik menyerap sebagian dari energi cahaya. Hal ini dinyatakan dalam redaman kabel. Satuan yang digunakan untuk redaman serat optik adalah dB/km. redaman tergantung dari

beberapa keadaan. Tetapi yang utama adalah bahwa redaman tergantung pada panjang gelombang dari cahaya yang digunakan.

Menurut rekomendasi *Fiber Optic Association EIA/TIA 568*, kabel serat optik harus mempunyai koefisien redaman 0,5 dB/km untuk panjang gelombang 1310 nm dan 0,4 dB/km untuk panjang gelombang 1550 nm. Tapi besarnya koefisien ini bukan merupakan nilai yang mutlak, karena harus mempertimbangkan proses pabrikasi, desain & komposisi fiber, dan desain kabel.

2.5.1. Faktor Intrinsik

Ada beberapa faktor *intrinsik* dari serat optik yang menyebabkan redaman, yaitu:

1. *Absorption* (penyerapan), peristiwa ini terjadi akibat ketidak murnian bahan fiber optik yang digunakan. Bila cahaya menabrak sebuah partikel dari unsur yang tidak murni maka sebagian dari cahaya tersebut akan terserap.
2. *Scattering* (penghamburan) terjadi akibat adanya berkas cahaya yang merambat dalam materi dipancarkan/dihamburkan ke segala arah dikarenakan struktur materi yang tidak murni. Biasanya *scattering* ini terjadi pada lokasi-lokasi tertentu saja di dalam bahan, dan ukuran daerah yang terkena pengaruh perubahan efek terpecahnya cahaya sangat kecil, yaitu kurang dari satu panjang gelombang cahaya.
3. *Microbending* (pembengkokan pada saat pembuatan serat optik)
Pada umumnya timbul di dalam proses manufaktur. Penyebab yang biasa dijumpai adalah perbedaan laju pemuaian (dan penyusutan) antara serat optik dan lapisan-lapisan pelindung luarnya (jaket). Ketika kabel serat optik menjadi terlalu dingin, lapisan jaket maupun bagian inti/mantel akan mengalami penyusutan dan memendek sehingga dapat bergeser dari posisi relatifnya semula dan menimbulkan lekukan-lekukan yang disebut *microbend*.

2.5.2. Faktor Ekstrinsik

Ada beberapa faktor *ekstrinsik* dari serat optik yang menyebabkan redaman, yaitu:

1. *Fresnel Reflection* terjadi karena ada celah udara sehingga cahaya harus melewati dua *interface* yang memantulkan sebagian karena perubahan index bias dari inti ke udara dan inti lagi.
2. *Mode Coupling* terjadi karena adanya sambungan antara sumber/detector optik dengan serat optik. *Macrobending*, lekukan tajam pada sebuah kabel serat optik dapat menyebabkan timbulnya rugi daya yang cukup serius, dan lebih jauh lagi kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis (pecahnya serat optik). Rugi daya yang ditimbulkan dengan melengkungkan sepotong pendek serat optik boleh jadi lebih besar dari rugi daya total yang timbul pada seluruh kabel serat optik sepanjang 1 km yang dipasang secara normal.

2.5.3 Redaman Penyambungan

Redaman pada komunikasi serat optik dapat terjadi akibat penyambungan serat optik di lapangan :

1. *Splice* :

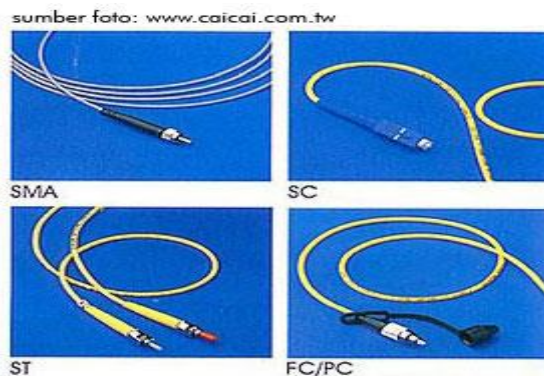
- Sambungan yang sifatnya permanen
- Digunakan untuk menyambungkan dua buah serat optik yang patah atau disambung untuk perpanjangan serat.
- Teknik metode *lebur* (*fusion splice*), dilakukan dengan meleburkan ujung-ujung dari serat optik yang akan disambung dengan laser.

2. Konektor

Konektor adalah sebuah alat mekanik yang menjulang pada ujung sebuah fiber optik, sumber cahaya, dan penerima sinyal. Hal itu juga memungkinkan untuk menggabungkan dengan alat yang serupa. Pemancar (*transmitter*) mengirimkan informasi secara jelas dari fiber optik melalui sebuah konektor. Konektor harus

menyalakan dan mengumpulkan cahaya, mudah dipasang maupun dilepaskan dari peralatan. Konektor juga berfungsi untuk menyambung atau memutuskan koneksi. Ada beberapa jenis konektor yang sering digunakan dalam teknologi fiber optik

- **Biconic:** Salah satu konektor yang kali pertama muncul dalam komunikasi fiber optik. Saat ini sangat jarang digunakan.
- **D4:** Konektor ini hampir mirip dengan FC hanya berbeda ukurannya saja. Perbedaannya sekitar 2 mm pada bagian *ferrule*-nya.
- **FC:** Digunakan untuk kabel *single mode* dengan akurasi yang sangat tinggi dalam menghubungkan kabel dengan *transmitter* maupun *receiver*. Konektor ini menggunakan sistem drat ulir dengan posisi yang bisa diatur, sehingga ketika dipasangkan ke perangkat, akurasinya tidak akan mudah berubah.
- **SC:** Digunakan untuk kabel *single mode* dan bisa dicopot pasang. Konektor ini tidak terlalu mahal, simpel, dan dapat diatur secara manual akurasinya dengan perangkat.
- **SMA:** Konektor ini merupakan pendahulu dari konektor ST yang sama-sama menggunakan penutup dan pelindung. Namun seiring dengan berkembangnya ST konektor, maka konektor ini sudah tidak berkembang lagi penggunaannya.
- **ST:** Bentuknya seperti bayonet berkunci hampir mirip dengan konektor BNC. Sangat umum digunakan baik untuk multi mode maupun single mode kabel. Sangat mudah digunakan baik dipasang maupun dicabut.



Gambar 2.7 Jenis- jenis Konektor Serat Optik [1]

Sifat-sifat konektor :

- Sambungan yang sifatnya tidak permanen
- Menyambungkan serat optik dengan perangkat agar mudah dilepas dan dipasang lagi
- Menggunakan latyang disebut konektor

Konektor kabel optik terdiri dari empat jenis konektor model SC dan FC yang dapat disesuaikan dengan jenis perangkat yang digunakan.

2.5.4 Dispersi

Dispersi adalah pelebaran pulsa yang terjadi ketika sinyal merambat melaluisepanjang serat optik yang disebabkan oleh keterbatasan material dan efek linear seperti polarisasi, material dan lainnya. Faktor dispersi ini akan mempengaruhi kualitas sinyal yang akan ditransmisikan dalam jaringan. *Dispersi* akan menyebabkan pulsa-pulsa cahaya memuai dan menjadi lebih lebar, sehingga pada akhirnya mengakibatkan pulsa-pulsa tersebut saling tumpang tindih dengan satu sama lain. Jenis *dispersi* pada serat optik yang disebabkan oleh mekanisme yang berbeda, yaitu:

a. *Dispersi* Intermodal

Cahaya dari sumber masuk ke dalam serat optik *multimode* dirambat dalam beberapa mode. Setiap mode ada yang merambat sejajar sumbu inti dan ada pula yang merambat zig-zag. Dengan demikian jarak yang ditempuh oleh tiap mode akan berbeda-beda. *Dispersi* intermodal disebut juga pelebaran pulsa.

b. *Dispersi* Kromatik

Dispersi material terjadi karena indeks bias bervariasi sebagai fungsi panjanggelombang optik. Salah satu dispersi yang paling dominan dalam jaringan optik adalah dispersi kromatik. Akibat pengaruh *dispersi* kromatik maka digunakan DCF (*Dispersion Compensating Fiber*) sebagai pengkompensasi

akumulasi *dispersi*. DCF merupakan serat optik dengan panjang tertentu yang dibuat dari material yang memiliki koefisien *dispersi* kromatik yang khusus pada panjang gelombang operasinya. Koefisien *dispersi* kromatik ini bernilai negatif dan bernilai lebih besar per unit panjangnya dibandingkan dengan koefisien *dispersi* dari serat optik yang digunakan sistem. Dengan karakteristik ini, maka panjang DCF yang cukup pendek dapat mengkompensasi akumulasi *dispersi* kromatik pada serat optik yang digunakan sistem.

c. *Dispersi* Bumbung Gelombang (*Waveguide Dispersion*)

Dispersi ini terjadi akibat dari karakteristik perambatan mode sebagai fungsiperbandingan antara jari-jari inti serat dan panjang gelombang.

d. *Dispersi* Mode Polarisasi

Penyebab utamanya adalah ketidaksimetrisan bentuk serat optik akibat adanya tekanan saat pengkabelan, ataupun saat instalasi. *Dispersi* mode *polarisasi* pun akan meningkat dengan bertambahnya usia kabel optik.

2.6 Penerimaan Optik (*Optical Receiver*)

Dalam sistem komunikasi serat optik pada sisi penerima yang terpenting adalah detektor optik. Fungsi dari suatu detektor optik adalah mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik. Perangkat ini berada di ujung depan dari penerimaan optik sehingga memerlukan kinerja yang tinggi, Persyaratan yang harus dipenuhi oleh photodiode meliputi :

- ◆ Memiliki sensitivitas yang tinggi
- ◆ Mempunyai bandwidth yang lebar dan respon time yang cepat
- ◆ Hanya memberikan tambahan *noise* yang kecil
- ◆ Tidak peka terhadap suhu

Pada sistem transmisi serat optik digunakan dua jenis photodetector yaitu:

a) Diode PIN (*Positive Intrinsic Negative*)

Untuk komunikasi jarak pendek lebih efisien jika menggunakan detektor Diode PIN, karena PIN baik digunakan untuk bit rate rendah dan sensitivitasnya tinggi untuk LED.

b) APD (*Avalanche Photo-Diode*)

Untuk komunikasi jarak jauh digunakan detektor APD yang dapat bekerja pada panjang gelombang 1330nm dan 1500 nm dengan kualitas yang baik, Artinya detektor APD mempunyai respons yang tinggi terhadap sinar *Laser Diode* sebagai pe,bawa gelombang optik informasi. Pada perangkat Fujitsu yang digunakan dalam piranti APD karena memiliki ketanggapan yang lebih baik dari *photodetector* PIN.

2.7 Keuntungan dan Kerugian Serat Optik

Adapun keuntungan dari kabel serat optik, yaitu:

1. Mempunyai lebar pita frekuensi (*bandwith* yang lebar).Frekuensi pembawa optik bekerja pada daerah frekuensi yang tinggi yaitu sekitar 10^{13} Hz sampai dengan 10^{16} Hz, sehingga informasi yang dibawa akan menjadi banyak.
2. Redaman sangat rendah dibandingkan dengan kabel yang terbuat dari tembaga, terutama pada frekuensi yang mempunyai panjang gelombang sekitar 1300 nm yaitu 0,2 dB/km.
3. Kebal terhadap gangguan gelombang *electromagnet* .*Fiber optik* terbuat dari kaca atau plastik yang merupakan isolator, berarti bebas dari interferensi medan magnet, frekuensi radio dan gangguan listrik.
4. Dapat menyalurkan informasi digital dengan kecepatan tinggi. Kemampuan *fiber optik* dalam menyalurkan sinyal frekuensi tinggi, sangat cocok untuk pengiriman sinyal digital pada sistem *multipleks* digital dengan kecepatan beberapa Mbit/s hingga Gbit/s

5. Ukuran dan berat fiber optik kecil dan ringan. Diameter inti fiber optik berukuran *micro* sehingga pemakaian ruangan lebih ekonomis.
6. Tidak mengalirkan arus listrik. Terbuat dari kaca atau plastik sehingga tidak dapat dialiri arus listrik (terhindar dari terjadinya hubungan pendek)
7. Sistem dapat diandalkan (20 – 30 tahun) dan mudah pemeliharaannya.

Adapun kerugian yang terdapat pada kabel serat optik, yaitu:

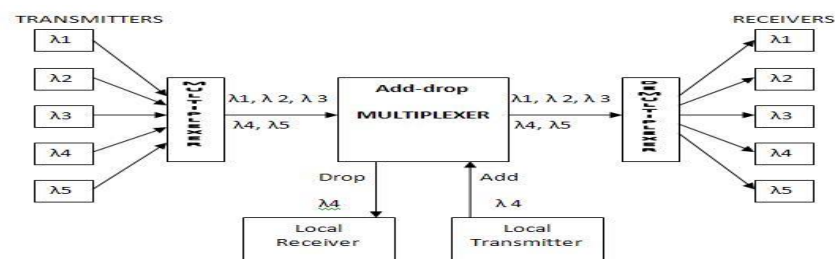
1. Konstruksi fiber optik lemah sehingga dalam pemakaiannya diperlukan lapisan penguat sebagai proteksi.
2. Karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan
3. Tidak dapat dialiri arus listrik, sehingga tidak dapat memberikan catuan pada pemasangan *repeater*.

2.8 DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*)

Pengertian DWDM *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) merupakan suatu teknik transmisi yang memanfaatkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda sebagai kanal-kanal informasi, sehingga setelah dilakukan proses *multiplexing* seluruh panjang gelombang tersebut dapat ditransmisikan melalui sebuah serat optik. Gambar Prinsip dasar system DWDM Teknologi DWDM adalah teknologi dengan memanfaatkan sistem SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) yang sudah ada (solusi terintegrasi) dengan *memultiplekskan* sumber-sumber sinyal yang ada.

Menurut definisi, teknologi DWDM dinyatakan sebagai suatu teknologi jaringan transport yang memiliki kemampuan untuk membawa sejumlah panjang gelombang (4, 8, 16, 32, dan seterusnya) dalam satu fiber tunggal. Artinya, apabila dalam satu fiber itu dipakai empat gelombang, maka kecepatan transmisinya menjadi 4x10 Gbs (kecepatan awal dengan menggunakan teknologi SDH). Teknologi DWDM beroperasi dalam sinyal dan domain optik dan memberikan fleksibilitas yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan akan kapasitas

transmisi yang besar dalam jaringan. Kemampuannya dalam hal ini diyakini banyak orang akan terus berkembang yang ditandai dengan semakin banyaknya jumlah panjang gelombang yang mampu untuk ditransmisikan dalam satu fiber. Pada perkembangan selanjutnya, teknologi DWDM ini tidak saja dipergunakan pada jaringan utama (*backbone*), melainkan juga pada jaringan akses di kota-kota metropolitan di seluruh dunia, seperti halnya New York yang memiliki distrik bisnis yang terpusat. Alasan utama yang mendorong penggunaan DWDM pada jaringan akses ini tentu saja kemampuan sehelai serat optik yang sudah mampu mengakomodasikan puluhan bahkan ratusan panjang-gelombang. Sehingga, setiap perusahaan penyewa dapat memiliki 'jaringan' masing-masing.



Gambar 2.8 Sistem *Wavelength Division Multiplexing* [4]

Pada sisi kanan terdapat 5 sinyal yang dipisahkan dalam sebuah demultiplexer dan dirutekan ke setiap penerima masing – masing. *Receiver* bersifat *color-blind* dalam merespon secara sama untuk semua panjang gelombang. *Receiver* dapat mendeteksi semua panjang gelombang yang masuk. Ini artinya, bahwa sinyal – sinyal tersebut harus benar – benar terpisah pada bagian *multiplexer*, karena jika terjadi perbedaan panjang gelombang antar 2 atau lebih yang masuk, maka pada keluaran *receiver* akan dianggap sebagai sebuah *noise*. Sebagai contoh, jika λ_4 masuk pada *receiver* 5, maka *receiver* secara bersamaan akan memasukkan λ_4 pada kanal 5 sebagai λ_5 . Ini menyebabkan terjadinya interferensi dengan sinyal λ_5 yang asli. *Add - drop* multiplexer ialah sebuah multiplexer yang berfungsi untuk mengeluarkan 1 atau lebih panjang gelombang dari gabungan transmisi sinyal optik. *Add - drop* multiplexer dapat melakukan *drop* ke suatu lokasi tujuan. Ia juga dapat melakukan *add* sinyal tersebut, sehingga dapat ditransmisikan kembali pada *midpoint station*. Pada

Gambar 2.7 dapat kita lihat penambahan sinyal λ_4 setelah sinyal tersebut di-drop terlebih dahulu.

Pada teknologi DWDM, terdapat beberapa komponen utama yang harus ada untuk mengoperasikan DWDM dan agar sesuai dengan standart channel ITU sehingga teknologi ini dapat diaplikasikan pada beberapa jaringan optic seperti SONET dan yang lainnya. Komponen-komponennya adalah sbb:

1. *Transmitter* yaitu komponen yang menjembatani antara sumber sinyal informasi dengan multiplexer pada system DWDM. Sinyal dari transmitter ini akan dimultipleks untuk dapat ditransmisikan.
2. *Receiver* yaitu komponen yang menerima sinyal informasi dari *demultiplekser* untuk dapat dipilah berdasarkan macam-macam informasi.
3. *DWDM terminal multiplexer*, Terminal mux sebenarnya terdiri dari transponder converting wavelength untuk setiap signal panjang gelombang tertentu yang akan dibawa. Transponder converting wavelength menerima sinyal input optic (sebagai contoh dari system SONET atau yang lainnya), mengubah sinyal tersebut menjadi sinyal optic dan mengirimkan kembali sinyal tersebut menggunakan pita laser 1550 nm. Terminal mux juga terdiri dari multiplexer optikal yang mengubah sinyal 550 nm dan menempatkannya pada suatu fiber SMF-28.
4. *Intermediate optical terminal (amplifier)*, Komponen ini merupakan amplifier jarak jauh yang menguatkan sinyal dengan banyak panjang gelombang yang ditransfer sampai sejauh 140 km atau lebih. Diagnostik optikal dan telemetry dimasukkan di sekitar daerah amplifier ini untuk mendeteksi adanya kerusakan dan pelemahan pada fiber. Pada proses pengiriman sinyal informasi pasti terdapat atenuasi dan dispersi pada sinyal informasi yang dapat melemahkan sinyal. Oleh karena itu harus dikuatkan. Sistem yang biasa dipakai pada fiber amplifier ini adalah system EDFA, namun karena bandwidth dari EDFA ini sangat kecil yaitu 30 nm (1530 nm-1560 nm), namun minimum atenuasi terletak pada 1500 nm sampai 1600 nm. Kemudian digunakan DBFA (*Dual Band Fiber Amplifier*) dengan bandwidth 1528 nm to 1610 nm. Kedua jenis

amplifier ini termasuk jenis EBFA (*Extended Band Filter Amplifier*) dengan penguatan yang tinggi, saturasi yang lambat dan noise yang rendah. Teknologi amplifier optic yang lain adalah system Raman Amplifier yang merupakan pengembangan dari system EDFA.

5. *DWDM terminal demux*, Terminal ini mengubah sinyal dengan banyak panjang gelombang menjadi sinyal dengan hanya 1 panjang gelombang dan mengeluarkannya ke dalam beberapa fiber yang berbeda untuk masing-masing client untuk dideteksi. Sebenarnya demultiplexing ini beritndak pasif, kecuali untuk beberapa telemetry seperti system yang dapat menerima sinyal 1550 nm.
6. *Optikal supervisory channel*, Ini merupakan tambahan panjang gelombang yang selalu ada di antara 1510 nm-1310 nm. OSC membawa informasi optik multi wavelength sama halnya dengan kondisi jarak jauh pada terminal optic atau daerah EDFA. Jadi OSC selalu ditempatkan pada daerah intermediate amplifier yang menerima informasi sebelum dikirimkan kembali.

2.9 Sistem Komunikasi Serat Optik Menggunakan SDH

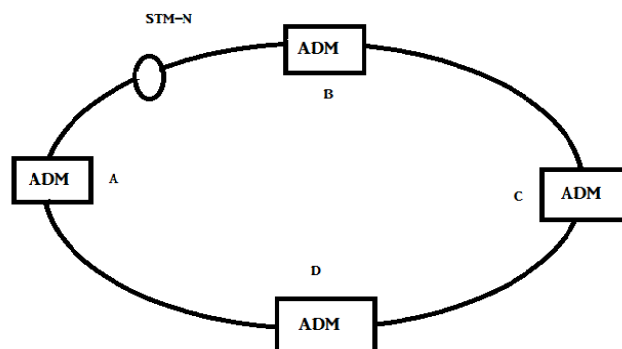
SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) merupakan suatu struktur transport digital yang beroperasi dengan pengaturan yang tepat terhadap payload dan mengirimnya melalui jaringan transmisi sinkron. Sebelum SDH, hirarki digital yang paling umum digunakan adalah *Plesiochronous Digital Hierarchy* (PDH), di dunia ada tiga macam versi PDH yaitu versi Amerika, Eropa dan Jepang, ketiga versi tersebut tidak kompatibel satu dengan yang lainnya, sehingga untuk mengatasi hal tersebut maka munculah teknologi sinkron yang baru yaitu SDH. Selain itu keterbatasan PDH untuk menyediakan kanal yang besar turut pula melatar belakangi munculnya teknologi SDH yang mampu mengirimkan sinyal informasi dengan kecepatan dan fleksibilitas yang cukup tinggi. Selain itu SDH memiliki struktur yang lebih sederhana dari pada PDH. Dalam SDH, tributary Amerika Utara dan Eropa hanya melalui satu tahapan pemultipleksan, sedangkan dalam PDH pemultipleksan asinkron digunakan saat suatu tributary *dimultipleks* ke dalam suatu tributary yang laju bitnya lebih tinggi.

Konfigurasi jaringan dengan topologi Ring memungkinkan dilakukan pengembangan jaringan tanpa harus merubah secara keseluruhan jaringan melainkan hanya menambah ukuran atau kapasitas perangkat SDH sesuai kebutuhan. Keunggulan dari topologi Ring adalah memiliki kemampuan “self healing ring” yaitu kemampuan untuk mendeteksi kerusakan yang terjadi pada suatu jalur dan secara otomatis beralih menggunakan rute proteksi.

Mekanisme self healding protection pada trafik yang tidak dapat diterapkan dengan memasang duplikasi circuit baord. Sedangkan untuk daerah trafik yang padat agar dapat mendapatkan keamanan yang baik, pada kabel digunakan sistem proteksi dengan rute yang berlawanan tau smama dengan rute ring utama. Mekanisme self healing protection terdiri dari dua kategori, yaitu :

1. *Unidirectional ring* (Ring satu Arah)

Pada tipe jalur ini, jalur trafik arah pengiriman sinyal dengan arah penerimaan sinyal dilakukan pada arah yang sama pada fiber yang aktif. Fiber proteksi bisa digunakan untuk duplikasi trafik atau untuk mengangkut trafik prioritas rendah. *Unidirectional Ring* biasanya digunakan pada jaringan dengan trafik yang berpusat pada satu node. Diagram sistem dengan unidirectional ring dapat terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Unidirectional Ring*[2]

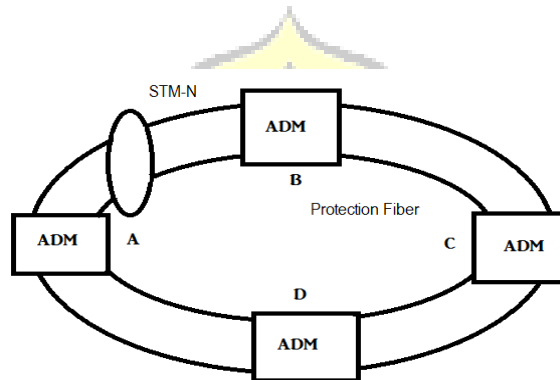
Struktur ini menggunakan perangkat Add/Drop Multiplexer dan mempertimbangkan hal-hal berikut :

- ◆ Untuk memenuhi kebutuhan proteksi dari demand yang ada

- ◆ Sinyal/ demand ditransmisikan sepanjang ring dalam arah yang sama
- ◆ Sinyal proteksi ditransmisikan pada kabel fiber optik yang ditunjukkan untuk proteksi dalam arah berlawanan

2. *Bidirectional Ring* (ring dua arah)

Pada tipe ini arah sinyal untuk pengiriman dan penerimaan dilakukan kedua fiber dengan arah ring yang berbeda/ berlawanan. Akibatnya, setengah dari bandwidth yang tersedia harus dicadangkan untuk sistem proteksi, yang dimanfaatkan apabila terjadi kerusakan. Bidirectional Ring cocok digunakan pada jaringan dengan kondisi trafik yang seimbang antara terminal-terminalnya. Konfigurasi ring bidirectional ring dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.10 *Bidirectional Ring*[2]

2.10 Teknik Penyambungan Serat Optik

Dalam Sistem Komunikasi Serat Optik teknik penyambungan Kabel Optik terdiri dari 2 cara yaitu dengan Metode Penyambungan Fusi (*Fusion Splicing*) dan Metode Penyambungan Manual (*Mechanical Splicing*).

2.10.1 Metode Penyambungan Fusi (*Fusion splicing*)

Teknik Penyambungan Serat Optik Dengan Metode Penyambungan Fusi (*Fusion splicing*) adalah penyambungan serat optik yang dilakukan dengan cara

melakukan pemanasan pada ujung sambungan dan menggunakan lelehannya sebagai perekatnya sehingga terbentuk suatu sambungan koninu. Teknik Penyambungan Serat Optik Dengan Metode Penyambungan Fusi (*Fusion splicing*) merupakan suatu teknik penyambungan serat optik untuk menyambung dua fiber secara permanen dan rugi-rugi penyambungan yang didapat pun kecil karena penyambungan menggunakan suatu alat yaitu *fusion splicer*. Proses ini jauh lebih baik bila dibandingkan dengan menggunakan konektor maupun teknik mekanik, karena redaman yang dihasilkan bisa sampai 0 dB. Sedangkan bila menggunakan konektor masih menimbulkan redaman meskipun proses penyambungannya dilakukan dengan baik. Sedangkan penyambungan teknik mekanik sifat nya hanya semi permanen dan besar redaman yang dihasilkan bersifat sedang.

2.10.2 Penyambungan Mechanic (*Mechanical splicing*)

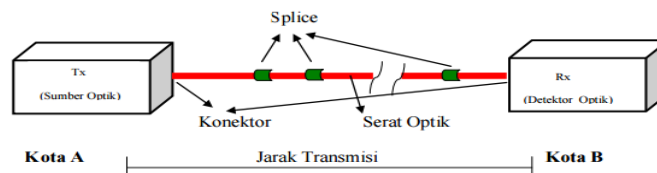
Teknik Penyambungan Serat Optik dengan metode penyambungan Mechanic (*Mechanical splicing*) adalah metode penyambungan yang tidak secara permanen bergabung, hanya agar cahaya yang melewati serat optic yang putus bisa berjalann dengan baik.Serat optic digunakan untuk mengirimkan data dalam bidang Telekomunikasi dan jaringan computer.

Mechanical Splicing cara yang cepat dan efektif dalam penyambungan serat optic sehingga informasi dapat lewat tanpa gangguan antara satu serat optic dan serat optic lainnya. Ini adalah allternatif dari *fusion splicing*, *fusion splicing* ini sangat rumit dan membutuhkan orang – orang yang terampil beda dengan *mechanical splicing* sangat mudah dan orang awam langsung bisa menggunakan *mechanical splicing*.

Penyambungan ini dilakukan karena beberapa sebab diantaranya karena kabel serat optic mengalami kerusakan seperti karena tercangkul (kabel bawah tanah), terkena tali layangan dan petir (kabel udara) atau terkena jangkar (kabel bawah laut) dan alasan–alasan lainnya sehingga membutuhkan penyambungan kabel serat optik(*splicing*).

2.11 *Link Power Budget*

Pertimbangan lain yang paling penting untuk sistem transmisi optik adalah *link power budget*. Dengan mengurangi seluruh redaman optik sistem daya yang dikirimkan oleh *transmitter*, perencanaan sistem serat optik memastikan bahwa sistem mempunyai daya yang cukup untuk mengemudikan *receiver* pada level yang diinginkan. Link point- to point dan parameter-nya dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Link Point To Point dan Parameter-Parameternya* [4]

Terlihat pada gambar 2.11 adalah penggambaran *link budget* point to point antara sumber optik di bagian pengirim (*transmitter*) dengan *Detektor optik* di bagian penerima (*receiver*). Diantara link pengirim dan penerima terdapat konektor ujung di masing-masing sebelum perangkat penerima dan pengirim optik. Kemudian tergantung panjang kabel yang disebut jarak transmisi yang memiliki sambungan optik tiap titiknya. Pada *link power budget*, diantara konektor, *splice*, dan jarak kabel optik dapat memengaruhi besarnya daya penerima pada *detektor optik* di bagian penerima (*receiver*).

Perhitungan Teoritis berdasarkan Standar

Berdasarkan rumus dalam analisis penurunan daya, ada 2 rumus untuk menganalisis penurunan daya pada penerima yaitu pertama menghitung terlebih dahulu total dari *loss* kabel (*fiber*), *loss* konektor dan *loss splice*-nya. Kemudian menghitung daya penerimaan (*receiver*) berdasarkan daya pengirim (*transmitter*), total *loss* dan margin yang digunakan untuk mengkompensasi nilai redaman pada kabel serat optik [5].

- **Perhitungan Redaman**

$$a_f \text{ (dB)} = \text{PanjangKabel(Km)} \times \text{Loss Kabel (dB)}$$

$$a_c \text{ (dB)} = \text{JumlahKonektor} \times \text{Loss konektor(dB)}$$

$\alpha_s(\text{dB}) = \text{Jarak Kabel} \times \text{Loss Sambungan (dB)}$

$\text{Loss/km} = \alpha_f/L \text{ (dB)}$

$\Sigma \text{loss} = (\alpha_f + \alpha_c + \alpha_s) \dots \dots \dots (2.1)$

• **Perhitungan Link Power Budget**

$P_{R_x} = P_{T_x} - (\Sigma \text{loss} + \text{Margin}) \dots \dots \dots (2.2)$

Dimana :

P_S = Loss daya Total (Σ total) yang diperbolehkan pada sistem.

$P(R_x)$ = Daya pada *Receiver*(dBm)

$P(T_x)$ = Daya *Transmitter* pada perangkat(dBm)

Σ_{loss} =Jumlah loss yang terjadi di sepanjang kabel serat optik(dB)

Margin = nilai yang digunakan untuk mengkompensasi redaman yang terjadi pada kabel serat optik (dB)

