

BAB II

KONSEP SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

2.1. Teknologi Fiber Optik

Perkembangan Teknologi dalam bidang Telekomunikasi memungkinkan penyediaan sarana Telekomunikasi dalam biaya relatif rendah, mutu pelayanan yang tinggi, cepat, aman, mempunyai kapasitas yang besar dalam menyalurkan informasi.

Seiring dengan perkembangan Telekomunikasi digital maka kemampuan sistem transmisi dengan menggunakan Teknologi fiber optik semakin dikembangkan dengan cepat, sehingga dapat menggeser penggunaan sistem transmisi konvensional dimasa mendatang, terutama untuk media transmisi jarak jauh (long distance circuit).

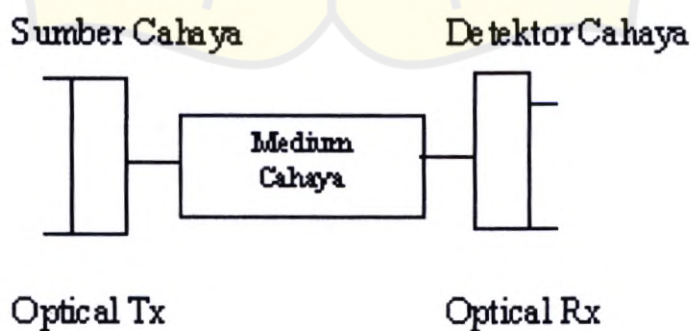
Dampak dari perkembangann Teknologi digital adalah perubahan jaringan analog menjadi jaringan digital baik dalam sistem Switching maupun dalam sistem Transmisinya. Katerpaduan ini akan meningkatkan kualitas dan kuantitas informasi yang dikirim, serta biaya operasi dan pemeliharaan lebih ekonomis. Sebagai sarana transmisi dalam jaringan digital, fiber Optik berperan sebagai pemandu gelombang cahaya fiber optik dari bahan gelas atau silika dengan ukuran kecil dan sangat ringan, dapat melakukan informasi dalam jumlah besar dengan rugi-rugi relatif rendah.

Fiber optik adalah sebagian kecil dari perjalanan sejarah penemuan manusia yang seolah tanpa batas. Ketika Thomas A. Edison menemukan lampu pijar, ia dikatakan telah berhasil "menangkap petir". Kini manusia tak cuma berhasil menangkap, tapi mengendalikan cahaya. Ini hanya mungkin terlaksana dengan serat optik. Gagasan menyalurkan cahaya lewat gelas sebenarnya sudah dikenal sejak zaman

Yunani kuno. Berdasarkan pengamatan selama berabad-abad, para fisikawan Jerman mengawali eksperimen transmisi cahaya melalui bahan gelas yang bernama fiber optik sekitar tahun 1930-an. Pada tahun 1958, giliran orang Inggris yang mengusulkan prototipe fiber optik yang sampai sekarang dipakai, yaitu gelas inti dibungkus bahan gelas lain. Kemudian orang Jepang juga ikut mengukir prestasi. Pada awal tahun 1960-an, mereka berhasil membuat sejenis fiber optik untuk mentransmisikan gambar, walaupun baru sejauh 1 m. Kemudian ada yang mencoba mentransmisikan cahaya dengan rangkaian lensa sebagai pemandu cahaya, lalu rangkaian cermin, kemudian gas, dan akhirnya sistem pemandu gelombang fiber optik. Tahun 80-an, bendera lomba industri fiber optik benar-benar sudah berkibar. Nama-nama besar di dunia pengembangan fiber optik bermunculan. Charles K. Kao diakui dunia sebagai salah seorang perintis utama. Dari Jepang muncul Yasuharu Suematsu.

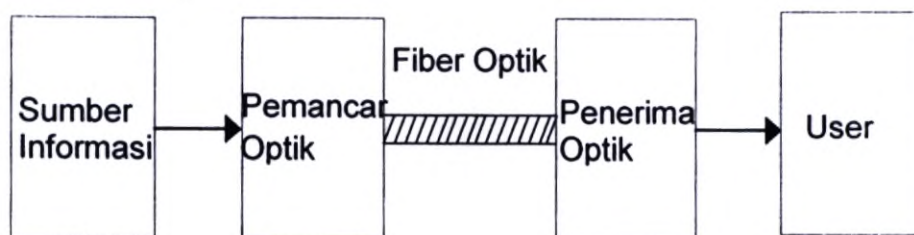
2.2. Pengertian Sistem Komunikasi Serat Optik

Sistem Komunikasi Serat Optik adalah sistem komunikasi yang dalam pengiriman dan penerimaan sinyal menggunakan sumber optic, detector optic, dan serat optic dengan panjang gelombang cahaya 850 nm, 1.300 nm, dan 1.550 nm.



Gambar 2.1. Sistem komunikasi serat optik

2.3. Prinsip Komunikasi Serat Optik



Gambar 2.2. Transmisi optik

Pada serat optik gelombang cahayalah yang bertugas membawa sinyal informasi. Pertama-tama microphone merubah sinyal suara menjadi sinyal listrik. Kemudian sinyal listrik ini dibawa oleh gelombang pembawa cahaya melalui serat optik dari pengirim (*transmitter*) menuju alat penerima (*receiver*) yang terletak pada ujung lainnya dari serat. Modulasi gelombang cahaya ini dapat dilakukan dengan merubah sinyal listrik termodulasi menjadi gelombang cahaya pada *transmitter* dan kemudian merubahnya kembali menjadi sinyal listrik pada *receiver*. Pada *receiver* sinyal listrik dapat dirubah kembali menjadi gelombang suara. Dalam perjalanannya dari *transmitter* menuju ke *receiver* akan terjadi redaman cahaya di sepanjang kabel serat optik dan konektor-konektornya (sambungan). Karena itu bila jarak ini terlalu jauh akan diperlukan sebuah atau beberapa repeater yang bertugas untuk memperkuat gelombang cahaya yang telah mengalami redaman.

Jadi pada prinsipnya terdapat 3 (tiga) komponen utama yang memegang peranan penting dalam sistem serat optik yaitu :

1. Pemancar Optik (*Optical transmitter*)
 - a. Diperlukan sumber cahaya sebagai pembawa informasi.
 - b. Berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik.
2. Fiber Optik
 - a. Berupa *fiber* gelas dengan diameter atau ukuran yang sangat kecil

- b. Berfungsi sebagai media transmisinya.
3. Penerima Optik (*Optical receiver*)
- a. Diperlukan detector cahaya yang akan mendeteksi energi cahaya optik.
 - b. Berfungsi untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik.

2.3.1. Pemancar Optik (*Optical transmitter*)

Transmitter terdiri dari 2 bagian yaitu :

- a. Rangkaian elektrik berfungsi untuk mengkonversi sinyal digital menjadi sinyal analog, selanjutnya data tersebut ditumpangkan kedalam sinyal gelombang optik yang telah termodulasi
- b. Sumber gelombang optik berupa sinar *Laser Diode* (LD) dan LED (*light emmiting diode*) yang pemakaiannya disesuaikan dengan sistem komunikasi yang diperlukan.
 - 1) *Laser Diode* dapat digunakan untuk sistem komunikasi optik yang sangat jauh karena *Laser Diode* mempunyai karakteristik yang handal yaitu dapat memancarkan daya dengan intensitas yang tinggi, stabil, konstan pada bit rate berapapun dan merambat dengan kecepatan sangat tinggi, sehingga dapat menempuh jarak sangat jauh ribuan kilometer dengan kecepatan ratusan GigaByte. Pembuatannya sangat sukar karena memerlukan spesifikasi tertentu sehingga harganya pun mahal. Jadi *Laser Diode* tidak ekonomis dan tidak efisien jika digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat dan pada trafik kurang padat.
 - 2) *Light Emmiting Diode* digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat sekitar 100 meteran karena *Light Emmiting Diode* mempunyai daya keluaran cahaya yang kecil. *Light Emmiting Diode* lebih mudah

pembuatannya sehingga harganya pun lebih murah. Jadi *Light Emitting Diode* ekonomis dan efisien jika digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat.

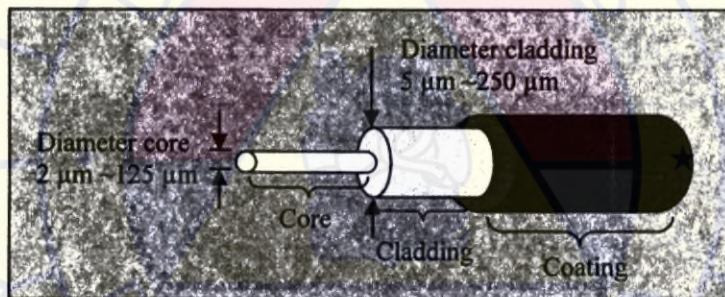
Tabel 2.1. Perbandingan LED dan Laser

Karakteristik	LED	LASER DIODE
Spektrum keluaran	Tidak koheren	Koheren
Daya Optik keluaran	Lebih rendah (0,4-4,0 mW)	Lebih tinggi (1,5-8,0 mW)
Kestabilan operasi terhadap temperatur	Lebih stabil	Kurang stabil
Penguatan cahaya	Tidak ada	Ada
Arah pancaran cahaya	Kurang terarah	Sangat terarah
Arus pacu	Kecil	Besar
Rongga resonansi optik	Tidak ada	Ada
Disipasi panas	Kecil	Besar
Harga	Lebih murah	Lebih mahal
Kemudahan penggunaan	Lebih mudah	Lebih sulit
NA	Lebih tinggi	Lebih rendah
Kecepatan (rise time)	Lebih lambat (2 – 10 ns)	Lebih cepat (0,3 – 0,7 ns)
Lifetime	Lebih lama	Cukup lama
Kompatibilitas dengan SMF	Tidak	Ya
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

2.3.2. Fiber Optik

Serat optik terdiri dari tiga bagian utama yaitu :

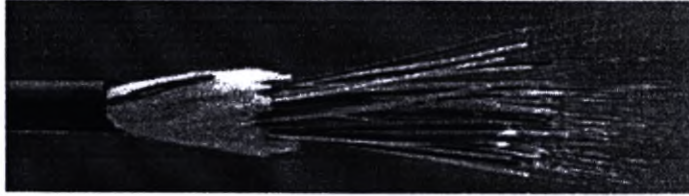
- 1) *Core* adalah kaca tipis yang merupakan bagian inti dari fiber optic yang dimana pengiriman sinar dilakukan, memiliki ukuran $2\ \mu\text{m} - 125\ \mu\text{m}$ dan terbuat dari gelas halus.
- 2) *Cladding* adalah materi yang mengelilingi inti yang berfungsi memantulkan sinar kembali ke dalam inti, memiliki ukuran $2\ \mu\text{m} - 125\ \mu\text{m}$ dan terbuat dari gelas halus.
- 3) *Buffer Coating* adalah plastik pelapis yang melindungi fiber dari kerusakan, terbuat dari plastik.



Gambar 2.3. Struktur Fiber Optik

Sebuah kabel serat optik dibuat sekecil-kecilnya (*mikroskopis*) agar tak 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* hingga 96 *core*. Satu *core* serat optik yang terlihat oleh mata kita adalah

masih berupa lapisan pelindungnya (*coated*), sedangkan kacanya sendiri yang menjadi inti transmisi data berukuran *mikroskopis*, tak terlihat oleh mata.



Gambar 2.4. Kabel Optik

2.3.2.1. Rugi-Rugi Kabel Optik

1. Absorption Losses

Yaitu rugi-rugi yang ditimbulkan oleh kabel serat optik, dimana cahaya yang merambat pada core, sebagian diserap oleh core dan diubah menjadi panas. Besarnya rugi-rugi ini tergantung dari bahan core.

2. Material or Rayleigh scattering Losses

Yaitu rugi-rugi yang ditimbulkan pada proses pembuatan dimana pada sepanjang kabel menghasilkan core yang tidak seragam baik ukuran maupun indeks biasnya, sehingga sebagian arah sinyal bisa keluar dari arah yang ditentukan. Besarnya rugi-rugi ini tergantung dari tingkat keseragaman kabel (teknologi manufacture)

3. Chromatic or wavelength dispersion Losses

Rugi-rugi ini terjadi pada kabel serat optik, tetapi penyebabnya adalah sumber cahayanya. Pada sumber cahaya LED cahaya memiliki spektrum panjang gelombang yang lebar, sehingga cahaya terdiri dari banyak panjang gelombang, yang artinya kecepatannya juga berbeda-beda. Hal ini mengakibatkan dispersi daya penerimaan pada sisi penerima. Chromatic or wavelength dispersion loss

ini tergantung sumber cahaya, sumber cahaya LD akan lebih kecil dibandingkan dengan LED.

4. Modal dispersion

Yaitu rugi-rugi yang dikarenakan tipe kabel serat optik khususnya pada tipe multimode. Pada serat optik tipe multimode step indeks, sinyal cahaya tidak 100 % dipantulkan oleh cladding ke core tetapi sebagian diserap pada cladding, terutama pada sudut datang yang mendekati sudut kritis. Modal dispersion pada kabel serat optik multimode graded indeks lebih kecil dibandingkan dengan step indeks.

5. Bending Loss

Yaitu rugi-rugi pada kabel serat optik karena pembengkokan (bending) sehingga terjadi perubahan arah cahaya. Pada dasarnya terdapat 2 tipe bending yaitu microbends dan constant radius bend. Microbend merupakan kerutan akibat perbedaan pemuaian karena temperatur bahan core dan cladding yang sifatnya tidak kontinyu. Sedangkan constant radius bend adalah pembengkokan kabel baik yang dikehendaki pada instalasi maupun tidak.

2.3.2.2. Karakteristik Komunikasi Fiber Optik

Teknologi fiber optik terbagi atas dua kategori umum, yaitu:

1. Single Mode Step Indeks Fiber



Gambar 2.5. Single-Mode fiber

Susunan serat optik dari type single mode, yaitu :

1. Diameter inti (*core*) : 20 ~ 10 μm
2. Diameter selimut (*cladding*) : 50 ~ 125 μm
3. Diameter jaket (*coating*) : 250 ~ 1000 μm
4. *Numerical Aperture* : 0,08 ~ 0,15
5. Redaman : 0,2 ~ 0,5 dB/km
6. Lebar pita frekuensi (*bandwith*) : > 150 Mhz

Keuntungan dari serat optik ini adalah pengaruh dispersi sangat kecil dan kapasitas lebar pita frekuensi sangat besar. Sedangkan kelemahannya adalah sulit pembuatannya juga menjadikan harganya lebih mahal. Dalam sistem transmisi pemakaiannya digunakan pada jarak – jarak jauh. Sehingga pada saat ini serat optik type single mode lebih banyak digunakan dari pada jenis lainnya.

2.a. Multi-mode step index fiber



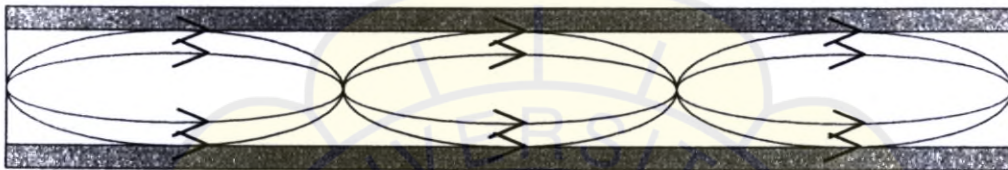
Gambar 2.6. Multi-Mode Step Index Fiber

Susunan dari serat optik type Multimode Step Indeks,yaitu :

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

Keuntungan dari serat optik ini adalah pembuatan dan penyambungannya mudah . Sedangkan kelemahannya adalah terjadi banyak dispersi dan kapasitas lebar pita frekuensi (*bandwidth*) kecil. Pada serat optik jenis ini redamannya masih terlalu besar dibandingkan dengan jenis serat optik lainnya. Maka dalam sistem transmisi pemakaiannya dipakai pada jarak – jarak pendek.

2.b. Multi-Mode Graded Index Fiber



Gambar 2.7. Multi-Mode Graded Index Fiber

Indeks bias inti besarnya tidak sama (bertingkat – tingkat), indeks bias semakin mengecil mendekati lapisan luar yang berharga n_1 (n_{11}, n_{12}, \dots), akan tetapi lebih besar dari pada indeks bias selimutnya yang berharga n_2 .

Susunan serat optik type multimode grade indeks yaitu :

1. Diameter inti (*core*) : 50 ~ 100 μm (standar 50 μm)
2. Diameter selimut (*cladding*) : 100 ~ 150 μm (standar 125 μm)
3. Diameter jaket (*coating*) : 250 ~ 1000 μm
4. *Numerical Aperture* : 0,2 ~ 0,3
5. Redaman : 0,3 ~ 3,5 dB/km
6. Lebar pita frekuensi (*bandwith*) : 150 Mhz~ 2 Ghz

Keuntungan dari serat optik ini adalah dispersi yang lebih sedikit dan kapasitas lebar pita frekuensi (*bandwidth*) yang lebih besar. Sedangkan kelemahannya adalah pembuatan lebih sulit menjadikan harganya lebih mahal. Serat optik jenis ini

redamannya lebih kecil dibandingkan dengan serat optik multimode step indeks.,maka pemakaiannya digunakan dalam jarak – jarak menengah.

2.3.2.3.Redaman dan *Dispersi*

Permasalahan redaman dan dispersi mempunyai hubungan yang erat dengan penentuan jenis kabel optik yang akan digunakan dalam perencanaan jaringan transmisi SDH. Hal ini juga berkaitan dengan penentuan panjang gelombang yang digunakan pada tiap-tiap kabel optik.

a. Redaman

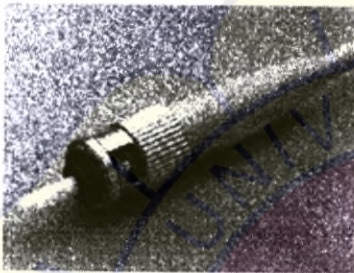
Menurut rekomendasi ITU-T G.0653E, kabel serat optik harus mempunyai koefisien redaman 0.5 dB/km untuk panjang gelombang 1310 nm dan 0.4 dB/km untuk panjang gelombang 1550 nm. Tapi besarnya koefisien ini bukan merupakan nilai yang mutlak, karena harus mempertimbangkan proses pabrikasi, desain & komposisi fiber, dan desain kabel. Redaman pada komunikasi serat optik dapat juga terjadi akibat penyambungan serat optik.

Penyambungan serat optik :

1. *Splice* :
 - a. Sambungan yang sifatnya permanen
 - b. Digunakan untuk menyambungkan dua buah serat optik yang patah atau disambung untuk perpanjangan serat.
 - c. Teknik metode lebur (*fusion splice*) , dilakukan dengan meleburkan ujung-ujung dari serat optik yang akan disambungkan dengan menggunakan laser.
2. Konektor :
 - a. Sambungan yang sifatnya tidak permanen

- b. Menyambungkan serat optik dengan perangkat agar mudah dilepas dan dipasang lagi
- c. Menggunakan alat yang disebut konektor

Konektor kabel fiber optick terdiri dari dua jenis-konektor model ST yang berbentuk lingkaran dan konektor SC yang berbentuk persegi. Penggunaan kabel ini harus disesuaikan dengan jenis perangkat yang digunakan.



ST Konektor



SC Konektor

Gambar 2.8. Jenis-Jenis Konektor

b. Dispersi

Dispersi adalah peristiwa pelebaran pulsa 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. Salah satu dispersi yang paling dominan dalam jaringan optik adalah *dispersi kromatis*.

Dispersi kromatis merupakan bermacam-macam pulsa yang terisi dalam serat yang membuat kecepatan tiba di penerima akan berbeda-beda walaupun waktu pancar bersamaan. Dispersi ini merupakan kombinasi dari *dispersi material* dan *dispersi bumbuh gelombang*.

Dispersi Material

Dispersi ini terjadi karena indeks bias serat optik bervariasi dan berpengaruh pada lebar pulsa yang akan dipancarkan serta panjang serat optik itu sendiri.

Dispersi Bubungan Gelombang (waveguide)

Dispersi ini disebabkan oleh struktur geometri dari serat optik itu sendiri. Hal ini terjadi karena ketidak linieran dari konstanta propagasi terhadap frekuensi. Kecepatan transmisi sinyal digital maksimum pada suatu sistem komunikasi serat optik pada dasarnya tergantung kepada kemampuan komponen-komponen pemancar optik, kabel serat optik dan penerima optik.

2.3.3. Penerima 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 penerima optik sehingga memerlukan kinerja yang tinggi. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh *photo diode* meliputi :

- a) Memiliki sensitivitas tinggi
- b) Mempunyai *bandwidth* yang lebar dan respon time yang cepat
- c) Hanya memberikan tambahan *noise* yang kecil
- d) Tidak peka terhadap perubahan suhu

Pada sistem transmisi serat optik digunakan dua jenis photodetector yaitu :

1. 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.

2. APD (*Avalanche Photo-Diode*)

Untuk komunikasi jarak jauh digunakan detektor APD yang dapat bekerja pada panjang gelombang 1300 nm, 1500 nm serta 1550 nm dengan kualitas yang baik. Artinya detektor APD mempunyai *response* yang tinggi terhadap sinar *Laser Diode* sebagai pembawa gelombang optik informasi.

Pada perangkat Fujitsu yang digunakan adalah piranti APD karena memiliki ketanggapan yang lebih baik dari *photodetector* PIN .

2.4. Keuntungan dan Kerugian Sistem Komunikasi Serat Optik

Dari Sistem Komunikasi Serat Optik, sesuai dengan karakteristiknya dapat dilihat keuntungan dan kerugian dibandingkan dengan sistem transmisi lainnya ;

Keuntungan :

1. Mempunyai bandwidth / lebar pita frekuensi yang lebar Frekuensi pembawa serat optik $10^{13} \sim 10^{16}$ Hz , hal ini mendekati sinar infra merah. Bekerja pada daerah frekuensi tinggi, maka jumlah informasi yang dibawa akan lebih banyak.
2. Redaman sangat rendah

Perkembangan serat optik saat ini telah menghasilkan produksi dengan redaman yang sangat rendah dibandingkan dengan kabel yang terbuat dari

tembaga. Terutama pada frekuensi yang mempunyai panjang gelombang sekitar 1300 nm yaitu kurang dari 0,2 dB/Km.

3. Kebal terhadap gelombang elektromagnetik
Serat optik terbuat dari kaca atau plastik, sehingga bebas dari interferensi medan magnet, frekuensi radio, dan noise listrik.
4. Dapat menyalurkan informasi digital dengan kecepatan yang tinggi
Kemampuan serat optik dalam menyalurkan sinyal frekuensi tinggi, sangat cocok untuk pengiriman sinyal digital pada sistem multipleks digital dengan kecepatan dari beberapa Mb/s hingga Gb/s.
5. Ukuran dan berat serat optik kecil dan ringan
Diameter inti serat dengan ukuran mikro meter atau lebih kecil dari diameter sehelai rambut manusia, sehingga pemakaian ruangan lebih ekonomis.
6. Tidak mengalirkan arus listrik
Terbuat dari kaca atau plastik, sehingga tidak dapat dialiri arus listrik sehingga terhindar dari terjadinya hubungan pendek arus listrik (*short circuit*).
7. Sistem dapat diandalkan dan mudah dalam pemeliharaan
Kehandalan sistem umumnya tinggi dibandingkan dengan sistem konduktor listrik yang konvensional. Komponen optik yang mempunyai umur perangkat yang lama 20 ~ 30 tahun.
8. Serat optik memiliki redaman kecil, maka dapat dimungkinkan untuk mendisain satu section dengan panjang lebih dari 100 km, tanpa menggunakan terminal pengulang (*Repeater*). Sehingga pada saat mendisain hubungan long hop tanpa banyak menggunakan *repeater*.
9. Tidak dapat disadap, sehingga keamanan komunikasi data terjamin.

Kerugian :

1. Kontruksi serat optik cukup lemah, maka 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.
4. Interface serat optik jauh lebih mahal dibandingkan dengan interface elektrik.
5. Serat optik merupakan teknologi yang masih asing yang memerlukan ketrampilan tinggi dalam teknik pemeliharaan dan penyambungannya.
6. Intensitas energi cahaya yang dipancarkan pemancar optik dapat merusak retina mata secara permanen jika pada saat instalasi tidak dilakukan dengan hati – hati.

2.5. DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*)

2.5.1 Konsep Dasar DWDM

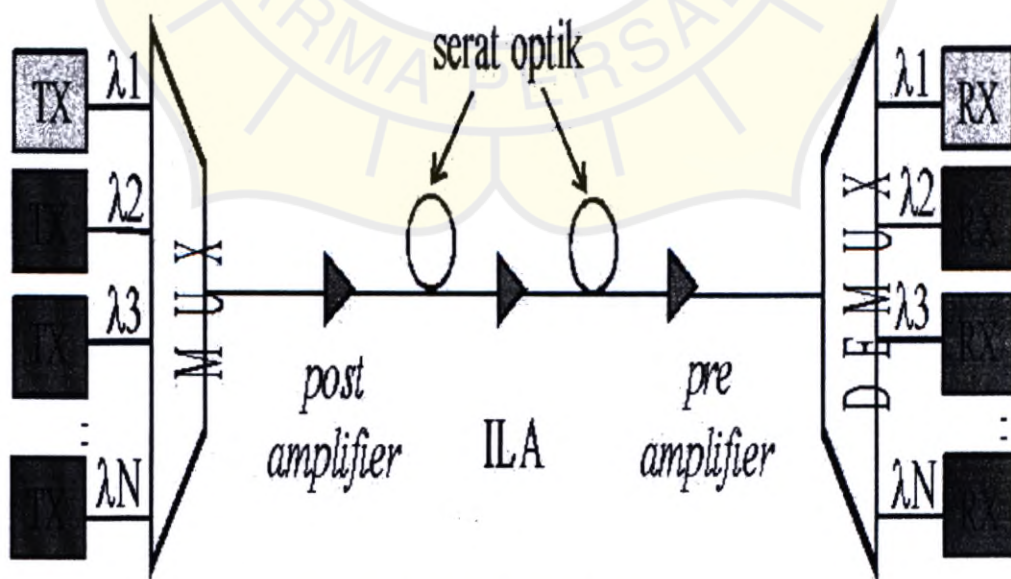
Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) adalah suatu metoda untuk menyisipkan sejumlah kanal atau panjang gelombang melalui satu fiber optic, masukan sistem, masukan sistem DWDM berupa trafik yang memiliki format data dan pesat bit yang berbeda dihubungkan dengan laser DWDM. Laser tersebut akan mengubah masing-masing sinyal informasi dan memancarkan dalam panjang gelombang yang berbeda-beda $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \dots, \lambda_N$.

Kemudian masing-masing panjang gelombang tersebut dimasukkan ke dalam MUX (*multiplexer*), dan keluaran disuntikkan ke dalam sehelai fiber optik.

Selanjutnya keluaran MUX ini akan ditransmisikan sepanjang jaringan serat. Untuk mengantisipasi pelemahan sinyal, maka diperlukan penguatan sinyal sepanjang jalur transmisi. Sebelum ditransmisikan sinyal ini diperkuat terlebih dahulu dengan menggunakan penguat akhir (*postamplifier*) untuk mencapai tingkat daya sinyal yang cukup.

ILA digunakan untuk menguatkan sinyal sepanjang saluran transmisi. Sedangkan penguat awal (*pre-amplifier*) digunakan untuk menguatkan sinyal sebelum dideteksi. DEMUX (*demultiplexer*) digunakan pada ujung penerima untuk memisahkan panjang gelombang-panjang gelombang, yang selanjutnya akan dideteksi menggunakan *fotodetektor*. *Multiplexing* serentak kanal masukan dan demultiplexing kanal keluaran dapat dilakukan oleh komponen yang sama, yaitu *demultiplexer*.

Sistem DWDM memiliki lapisan fotonika utama yang bertanggung jawab untuk melewati data optis melalui jaringan, dengan beberapa prinsip dasar, yaitu spasi kanal, arah aliran sinyal, dan pelacakan sinyal.



Gambar 2.9 sistem DWDM

2.5.2 Komponen sistem *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM)

Komponen sistem *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) terdiri dari :

- 1) *Optical Transmitter* (Laser)
- 2) *DWDM Multiplexer*.
- 3) *Optical Cable*.
- 4) *Optical Amplifier*.
- 5) *DWDM Demultiplexer*.
- 6) *Optical Receiver* (Detector).

Fungsi masing-masing bagian diatas adalah sbb. :

1) *Optical Transmitter* (Laser).

Sistem DWDM menggunakan resolusi yang tinggi, atau band yang sempit, dan laser mengirimkan pada band panjang gelombang 1550 nm; dengan 2 keuntungan sebagai berikut :

- a. Memperkecil kehilangan daya optik, selama perjalanan sinyal pada kabel serat optik dari pengirim ke penerima.
- b. Memungkinkan digunakannya penguat optik untuk memperbesar daya optik pada jarak tempuh yang lebih jauh lagi.

Laser dikirimkan dengan band yang sempit ini penting, untuk memungkinkan spasi antar kanal menjadi dekat, dan sekaligus untuk memperkecil efek-efek lain dari sinyal, misalnya *dispersi chromatic*.

2) *DWDM Multiplexer*.

DWDM Multiplexer berfungsi untuk menggabungkan sinyal-sinyal transmit yang mempunyai panjang gelombang berbeda-beda menjadi satu, untuk kemudian

diteruskan ke satu satu *optical fiber*. Untuk keperluan *multiplexing* ini beberapa teknologi digunakan, termasuk “filter-filter dielektrik thin-film” dan beberapa tipe “*optical grating*”.

Beberapa *multiplex* dibuat dari “*completely passive devices*”; artinya tidak memerlukan catuan listrik. *Multiplex optical pasiv* bekerja sebagaimana prisma dengan presisi yang sangat tinggi untuk menggabungkan beberapa sinyal individual. *Multiplex* ada yang mempunyai kemampuan untuk transmit dan receive pada satu *single fiber*, yang dikenal dengan “*be-directional transmission*”.

3) *Optical Cable*.

Berfungsi untuk menyalurkan sinyal gabungan beberapa panjang gelombang, yang datang dari DWDM *Multiplexer*.

4) *Optical Amplifier*.

Berfungsi untuk menguatkan sinyal optik yang sudah mulai melemah karena redaman sepanjang dalam perjalanan didalam kabel serat optik. Satu *optical amplifier* dapat menguatkan beberapa sinyal optik secara bersamaan.

Sebelum dikembangkan *optical amplifier*, untuk menguatkan sinyal optik yang mulai melemah dilakukan dengan jalan meregenerasi sinyal tersebut secara elektrik; yaitu dengan jalan mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik terlebih dahulu kemudian di regenerasi dan diubah kembali menjadi sinyal optik dan dipancarkan ke stasiun tujuan. Pada cara ini, setiap panjang gelombang mempunyai regeneratornya sendiri-sendiri.

5) *DWDM Demultiplexer*.

DWDM *Demultiplexer* berfungsi untuk memisahkan satu sinyal gabungan beberapa lamda yang datang dari kabel serat optik, menjadi beberapa sinyal dengan

lamda yang *independent*. Untuk keperluan *demultiplexing* ini beberapa teknologi digunakan, termasuk “filter-filter dielektrik thin-film” dan beberapa tipe “*optical grating*”.

Beberapa demultiplex dibuat dari “*completely passive devices*”; artinya tidak memerlukan catuan listrik. *Demultiplex optical pasiv* bekerja sebagaimana prisma dengan presisi yang sangat tinggi untuk memisahkan gabungan beberapa sinyal menjadi sinyal dengan lamda yang individual. Biasanya fungsi *multiplex* dan *demultiplex* terletak dalam satu *device*.

6) *Optical Receiver (Detector)*.

Berfungsi untuk mendeteksi sinyal dengan gelombang cahaya yang datang dari DWDM *demultiplexing*, untuk kemudian mengubah dari sinyal dengan daya optik (cahaya) menjadi sinyal dengan daya listrik.

Optical receiver biasanya berupa “*wideband device*”; yaitu dengan tujuan agar dapat mendeteksi sinyal cahaya yang melebihi lebar ring relatif dari panjang gelombang, misalnya antara 1280 -1580 nm.

2.5.3 Kelebihan Teknologi DWDM

Kelebihan teknologi DWDM adalah transparan terhadap berbagai trafik. Kanal informasi masing-masing panjang gelombang dapat digunakan untuk melewati trafik dengan format data dan pesat bit yang berbeda. Ketransparanan sistem DWDM dan kemampuan *add/drop* akan memudahkan penyedia layanan untuk melakukan penambahan dan atau pemisahan trafik.

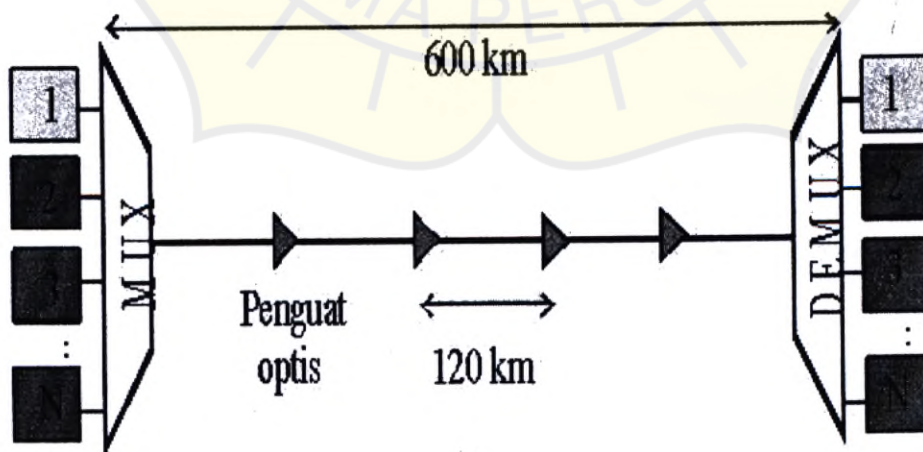
Berkaitan dengan ketransparanan sistem DWDM, dikenal ada dua sistem yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup. Elemen jaringan DWDM sistem terbuka memungkinkan penjamak SONET/SDH, *switch* IP dan ATM disambungkan secara

langsung pada jaringan DWDM. Sedangkan pada sistem tertutup, switch IP dan atau ATM tidak dapat secara langsung dihubungkan ke jaringan DWDM, namun memerlukan perantara penjamak SONET/SDH yang berasal dari *vendor* yang sama dengan *vendor* perangkat DWDM yang digunakan.

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. ITU-T kemudian menggunakan spasi frekuensi sebagai standar penentuan spasi kanal.

Tabel 2.2 Konversi spasi lamda ke spasi frekuensi ($\lambda=1550 \text{ nm}$)

Spasi Lamda (nm)	Spasi Frekuensi (GHz)
0,4	50
0,8	100
1	120
1,6	200
2	250



Gambar 2.10 Teknologi DWDM.

Penggunaan penguat lebih efisien. DWDM menggunakan penguat optis yang dapat menguatkan beberapa panjang gelombang sekaligus dengan interval penguatan yang lebih jauh, sehingga penguat optis yang digunakan pada DWDM lebih sedikit dibandingkan pembangkit-ulang yang digunakan pada teknologi serat optis konvensional.

Penguat optis yang digunakan dalam teknologi DWDM adalah EDFA. EDFA merupakan serat optis dari bahan silika (SiO_2) dengan intinya (*core*) telah dikotori dengan bahan Erbium (Er^{3+}), termasuk ke dalam golongan *Rare-Earth Doped-Fibre Amplifier*.

Berikut ini adalah beberapa keunggulan yang dimiliki oleh EDFA, sehingga dapat mendukung teknologi DWDM:

- a. Faktor peroleh EDFA sangat tinggi.

EDFA pada tahap eksperimen memiliki gain sebesar 40 dB, sedangkan perangkat EDFA komersial mempunyai gain 20-30 dB dengan memompa energi sebesar 10 mW.

- b. *Bandwidth lebar.*

Ion Erbium melepaskan foton dengan interval panjang gelombang 1.530-1.560 nm atau sama dengan *bandwidth* sebesar 3 THz. Pada interval tersebut redaman yang terjadi pada serat optis hanya berkisar 0,2 dB/km, sehingga EDFA dapat memperkuat puluhan sinyal dengan panjang gelombang yang berbeda secara bersamaan.

- c. *Noise figure* EDFA sangat kecil.

Noise figure merupakan perbandingan antara S/N_{in} dengan S/N_{out} , sehingga untuk transmisi jarak-jauh akan menghasilkan akumulasi derau optis, namun

dengan adanya tapis optis pada perangkat EDFA maka *noise figure* yang muncul sangat kecil.

d. Daya keluaran yang besar.

Daya keluaran pada EDFA meningkat seiring dengan meningkatnya daya diode laser (*optical pump*).

e. Kemudahan instalasi.

EDFA mudah diinstalasi karena EDFA juga berbentuk serat.

Biaya pemasangan, pemeliharaan dan pengembangan lebih efisien. Hal ini akibat arsitektur jaringan DWDM lebih sederhana dibandingkan arsitektur jaringan serat optis konvensional.

2.6. Sistem Komunikasi Serat Optik Menggunakan SDH

Sistem SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) adalah standart teknologi dalam transmisi fiber optik dan merupakan sistem *multiplex* yang merupakan generasi setelah multiplex PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*). Dalam penerapan sistem SDH pada jaringan sistem komunikasi serat optik, didasari pada dua konsep penting, yaitu konsep jaringan dan konsep perangkat yang dipergunakan dalam membangun jaringan. Pada kedua konsep inilah letak kelebihan utama yang terdapat pada sistem SDH.

2.6.1. Konsep Jaringan

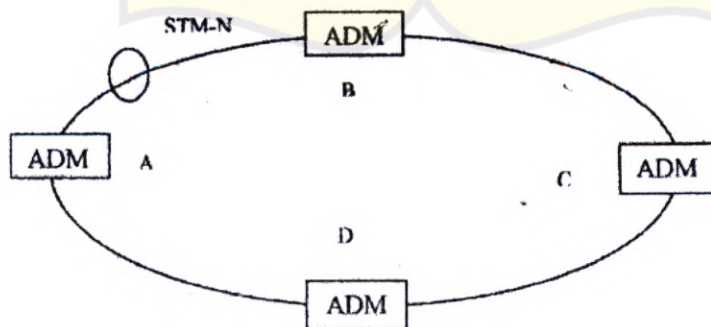
Konfigurasi jaringan dengan topologi ring. Dengan konfigurasi ring ini memungkinkan dilakukan pengembangan jaringan tanpa harus mengubah secara keseluruhan jaringan melainkan hanya menambah ukuran atau kapasitas perangkat SDH sesuai kebutuhan. Keunggulan dari topologi ring adalah memiliki kemampuan

“*self healing ring*” yaitu kemampuan untuk mendeteksi kerusakan yang terjadi pada suatu jalur dan secara otomatis beralih menggunakan rute proteksi.

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

1. *Unidirectional ring* (ring satu arah)

Pada tipe 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 dengan prioritas rendah. *Unidirectional ring* biasanya digunakan pada jaringan dengan trafik yang berpusat pada satu node. Diagram sistem dengan unidirectional ring dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.11. Unidirectional Ring

2.7.1 Rugi-rugi Transmisi

Level rugi-rugi serat optik yang diperbolehkan sudah ditentukan untuk masing-masing sistem telekomunikasi, seperti terlihat pada contoh tabel di bawah ini.

Tabel 2.3 Level Rugi-Rugi Serat Optik

	1310 nm	1550 nm
1. Transmission loss	29,5 db	29,5 db
2. Sistem margin	3,0 db	3,0 db
3. FDP loss	1,0 db	1,0 db
4. Line loss	25,5 db	25,5 db
5. Pemeliharaan margin	2,5 db	2,5 db

Rugi-rugi transmisi atau *Transmission loss* terlihat pada gambar di atas

$$\text{Transmission loss} = \text{Intra Office Loss} + \text{Line Loss}$$

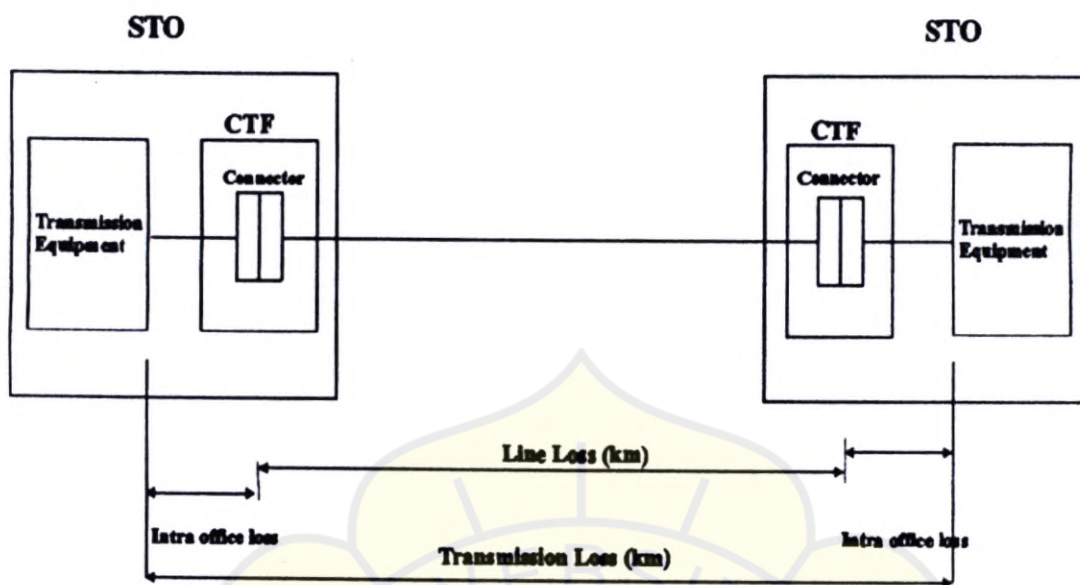
$$\text{Intra Office loss} = \text{Margin sistem} + \text{FDP Loss}$$

$$\text{FDP loss} = \text{Optik Jumper Cord} + \text{Connector Loss}$$

$$\text{Line loss} = \text{Cable Loss} + \text{Splicing Loss} + \text{Maintenance Margin}$$

Dalam pelaksanaan uji akhir kabel optik dimaksudkan untuk mengukur besarnya *line loss*, yaitu total *loss cable link* yang merupakan penjumlahan dari *cable loss*, *splicing loss* dan *connector loss*.

Demikian juga setiap sambungan harus diukur nilai *loss*-nya apakah masih di bawah standar nilai *splicing loss* yang diperbolehkan.



Gambar 2.13 *Transmission Loss*