

## 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).

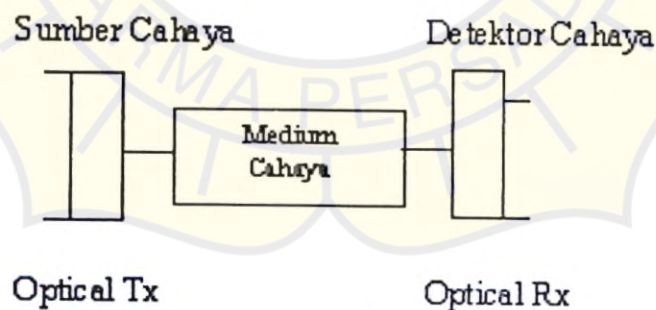
Dampak dari perkembangan Teknologi digital adalah perubahan jaringan analog menjadi jaringan digital baik dalam sistem Switching maupun dalam sistem Transmisinya. Keterpaduan ini akan meningkatkan kualitas dan kuantitas informasi yang dikirim, serta biaya operasi dan pemeliharaan lebih ekonomis. Sebagai 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 serat optik sekitar tahun 1930-an. Pada tahun 1958, giliran orang Inggris yang mengusulkan prototipe serat 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 serat 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 serat optik. 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.

## 2.2 PENGERTIAN SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

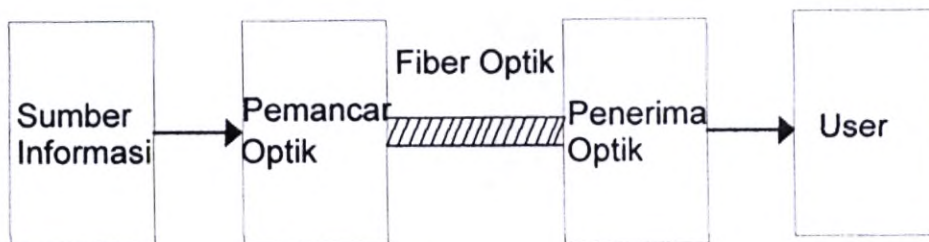
Sistem Komunikasi Serat Optik adalah sistem komunikasi yang dalam pengiriman dan penerimaan sinyal menggunakan sumber optic, detector optic, dan serat optic dengan panjang gelombang cahaya 850 nm, 1.300 nm, dan 1.550 nm.



Gambar 2.1. Sistem komunikasi serat optik



### 2.3. Prinsip Komunikasi Serat Optik



Gambar 2.2. Transmisi optik

Pada fiber 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 emitting 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 Emitting Diode* digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat sekitar 100 meteran karena *Light Emitting Diode* mempunyai daya keluaran cahaya yang kecil. *Light Emitting Diode* lebih mudah



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

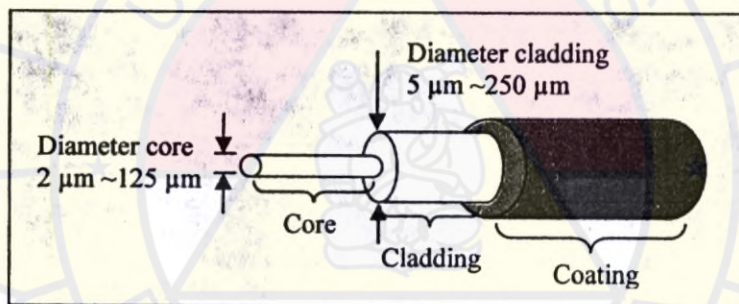
**Tabel 2.1. Perbandingan LED dan Laser**

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.

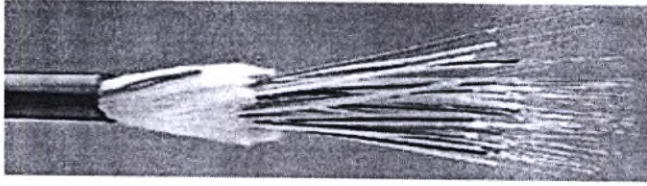


**Gambar 2.3. Struktur Fiber Optik**

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. Spesifikasi Kabel Optik

1. *Fiber Bending* (tekukan serat)

Tekukan serat yang berlebihan (terlalu kecil) dapat mengakibatkan bertambahnya optical loss.

2. *Cable Bending* (tekukan Kabel)

Tekukan kabel pada saat instalasi harus di jaga agar tidak terlalu kecil, karena hal ini dapat merusak serat sehingga menambah optical loss.

3. *Tensile Strength*

*Tensile strength* yang berlebihan dapat merusak kabel atau serat.

4. *Crush*

Crush atau tekanan yang berlebihan dapat mengakibatkan serat retak / patah, sehingga dapat menaikkan *optical loss*

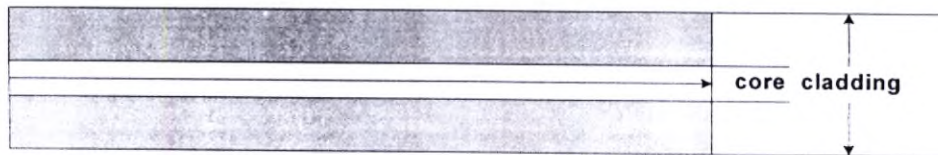
5. *Impact*

*Impact* adalah beban dengan berat tertentu yang dijatuhkan dan mengenai kabel optik. Berat beban yang berlebihan dapat mengakibatkan serat retak / patah, sehingga dapat menaikkan optical loss.

### 2.3.2.2. Karakteristik Komunikasi Fiber Optik

Teknologi fiber optik terbagi atas dua kategori umum, yaitu:

#### 1. Single Mode Step Indeks Fiber



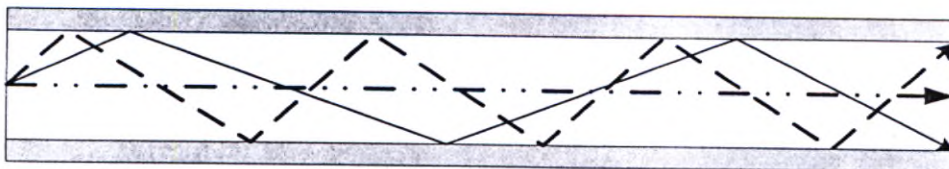
Gambar 2.5. Single-Mode fiber

Susunan serat optik dari type single mode, yaitu :

1. Diameter inti ( *core* ) : 20 ~ 10  $\mu\text{m}$
2. Diameter selimut ( *cladding* ) : 50 ~ 125  $\mu\text{m}$
3. Diameter jaket ( *coating* ) : 250 ~ 1000  $\mu\text{m}$
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

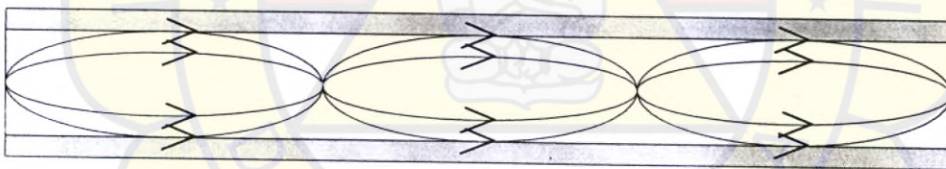


Susunan dari serat optik type Multimode Step Indeks,yaitu :

1. Diameter inti ( *core* ) : 200 ~ 300  $\mu\text{m}$
2. Diameter selimut ( *cladding* ) : 380 ~ 440  $\mu\text{m}$
3. Diameter jaket ( *coating* ) : 250 ~ 1000  $\mu\text{m}$
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 penyambunganya mudah . Sedangkan kelemahanya 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 pemakaianya 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  $n_1$  (  $n_{11}, n_{12}, \text{dst}$  ), 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  $\mu\text{m}$  ( standar 50  $\mu\text{m}$  )
2. Diameter selimut ( *cladding* ) : 100 ~ 150  $\mu\text{m}$  ( standar 125  $\mu\text{m}$  )

3. Diameter jaket ( *coating* ) : 250 ~ 1000  $\mu\text{m}$
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 redamanya 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 modei ST yang berbentuk lingkaran dan konektor SC yang berbentuk persegi. Penggunaan kabel ini harus disesuaikan dengan jenis perangkat yang digunakan.



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 bumbung gelombang*.

#### *Dispersi Material*

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

#### *Dispersi Bumbung 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. Keandalan 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 mendesain satu section dengan panjang lebih dari 100 km, tanpa menggunakan



terminal pengulang ( *Repeater* ). Sehingga pada saat memdisain 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. 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.

### **Konsep Jaringan**

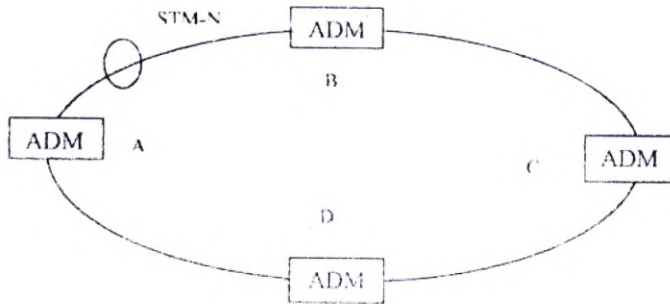
Konfigurasi jaringan dengan topologi ring. Dengan konfigurasi ring ini memungkinkan dilakukan pengembangan jaringan tanpa harus mengubah secara keseluruhan jaringan melainkan hanya menambah ukuran atau kapasitas perangkat SDH sesuai kebutuhan. Keunggulan dari topologi ring adalah memiliki kemampuan "*self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





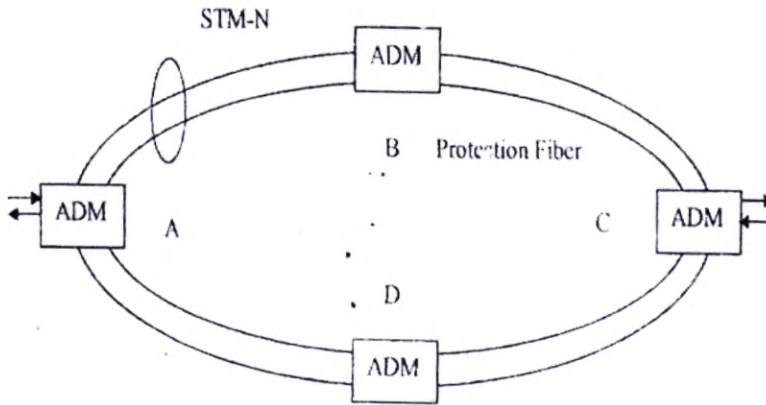
**Gambar 2.9. Unidirectional Ring**

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

- a. Untuk memenuhi kebutuhan proteksi dari demand yang ada
- b. Sinyal/demand ditransmisikan sepanjang ring dalam arah yang sama
- c. Sinyal proteksi ditransmisikan pada kabel fiber yang ditujukan untuk proteksi dalam arah berlawanan.

## 2. *Bidirectional ring* (ring dua arah)

Pada tipe ini arah sinyal untuk pengiriman dan penerimaan dilakukan pada 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**

### 2.5.1 Konsep Perangkat Yang Dipergunakan

Kelebihan sistem SDH ini adalah lebih sedikitnya jumlah perangkat yang dipergunakan dibanding sistem sebelumnya, sebagai contoh pada sistem PDH untuk memultipleks sinyal 2 Mbps menjadi 140 Mbps melalui tiga tingkatan multipleks ( 3 perangkat *Multiplexer* ), sedangkan pada SDH hanya membutuhkan satu perangkat ADM.

Dengan adanya sistem manajemen jaringan terpadu pada sistem SDH memungkinkan untuk mengendalikan semua elemen jaringan, konfigurasi jaringan, proteksi jaringan dari pusat pengendalian manajemen. Dengan demikian terdapat penyederhanaan perangkat dan jaringan sehingga dapat menghemat biaya pengoperasian, pemeliharaan dan pengembangan jaringan.

### 2.5.3. Kapasitas Layanan Penerapan SDH

Jaringan *System Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) merupakan jaringan sinkron digital dimana untuk masing-masing elemennya mempergunakan sinyal detak (*clock*) yang sama, yang berasal dari satu sumber sinyal detak. Kecepatan informasi



dasar dari SDH disebut signal STM-1 (*Synchronous Transport Module Level - 1*) yang mempunyai kecepatan bit sebesar 155,520 Mbps. Untuk perkalian bilangan bulat terhadap kecepatan dasar ini, dihitung yaitu dengan  $155,520 \text{ Mbps} \times N$ . Dimana N merupakan kecepatan-kecepatan transmisinya. (SDH) memiliki tiga tingkatan level, yang lebih dikenal dengan STM-1, STM-4, STM-16 dimana masing-masing STM memiliki kapasitas transmisinya adalah 155,520 Mbps ( $1 \times 63E1$ ), 622,08 Mbps ( $4 \times 63E1$ ), 2.488,32 Mbps ( $16 \times 63E1$ ). Dimana besar E1 adalah 2,048 Mbps. Untuk transmisi SDH kapasitas rendah dan menengah dengan menggunakan media seperti radio dan satelit kecepatan bitnya adalah sebesar 51,84 Mbps.

Pada sistem transmisi, setiap pelanggan mempunyai standar transmisi yang diberikan oleh TELKOM sebesar 384 Kbps (pemakai data dan internet). Jadi pada setiap perangkat yang menggunakan STM-1 dapat menampung pelanggan sebanyak 336 pelanggan. Dibawah ini adalah perhitungan STM-1, STM-4, STM-4, STM-16, dan STM-64 berikut dengan perhitungan kecepatan bit transmisi maksimalnya dan kapasitas maksimalnya yang dapat di tampung oleh tiap-tiap perangkat tersebut.

1. STM-1 :

1 Pelanggan = 384 kbps ( kecepatan transmisi pada tiap pelanggan )

Kapasitas kanal maksimal STM-1 ( $1 \times 63 E1$ ) = 63 (E1)

Kecepatan bit transmisi maksimal ( $1 E1 = 2,048 \text{ Mbps}$ ) =  $63 \times 2,048 \text{ Mbps}$   
 $= 129,024 \text{ Mbps}$

Pelanggan yang dapat ditampung (1 pelanggan = 384 Kbps)

=  $129,024 \text{ Mbps} : 384 \text{ Kbps}$

= 336 pelanggan

## 2. STM-4

1 Pelanggan = 384 kbps ( kecepatan transmisi pada tiap pelanggan )

Kapasitas kanal maksimal STM-4 (4 x 63 E1) = 252 (E1)

Kecepatan bit transmisi maksimal (1 E1 = 2,048 Mbps) = 252 x 2,048 Mbps  
= 516,096 Mbps

Pelanggan yang dapat ditampung (1 pelanggan = 384 Kbps)

= 516,096 Mbps : 384 Kbps

= 1.344 pelanggan

## 3. STM-16

1 Pelanggan = 384 kbps ( kecepatan transmisi pada tiap pelanggan )

Kapasitas kanal maksimal STM-16 (16 x 63 E1) = 1.008 (E1)

Kecepatan bit transmisi maksimal (1 E1 = 2,048 Mbps) = 1.008 x 2,048 Mbps  
= 2.064,384 Mbps

Pelanggan yang dapat ditampung (1 pelanggan = 384 Kbps)

= 2.064,384 Mbps : 384 Kbps

= 5.376 pelanggan

## 4. STM-64

1 Pelanggan = 384 kbps ( kecepatan transmisi pada tiap pelanggan )

Kapasitas kanal maksimal STM-64 (64 x 63 E1) = 4.032 (E1)

Kecepatan bit transmisi maksimal (1 E1 = 2,048 Mbps) = 4.032 x 2,048 Mbps  
= 8.257,536 Mbps

Pelanggan yang dapat ditampung (1 pelanggan = 384 Kbps)

= 8.257,536 Mbps : 384 Kbps



= 21.504 pelanggan

Melalui perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa setiap perangkat mempunyai kapasitas pelanggan yang berbeda, dimana pada STM-1 pelanggan yang dapat ditampung adalah sebesar 336 pelanggan, STM-4 sebesar ( 4 x 336 ) = 1.344 pelanggan, STM-16 sebesar ( 16 x 336 ) = 5.376 pelanggan dan STM-64 sebesar ( 64 x 336 ) = 21.504 pelanggan.

#### 2.5.4. Synchronous Interface ( SI )

Synchronous Interface (SI) biasa disebut sebagai modul CHSD (*Channel High Synchronous Digital*) dalam pembentukan level sinyal pada SDH. Biasanya SI digunakan dalam pembentukan sinyal diatas level sinyal STM – 1. Karena SI sendiri merupakan sebuah modul yang memiliki karakter sebagai STM – 1, yang memiliki kapasitas sebanyak 63 E1. Dalam pembentukan sinyal STM – 1 yang merupakan sinyal dasar dari SDH dengan *bit rate* sebesar 155,52 Mbps, biasanya dibentuk oleh 3 buah modul CHPD (*Channel High Plesiochronous Digital*) atau disebut juga TI (*Tributary Interface*).

Jumlah modul TI yang dibutuhkan dapat diperoleh dari perhitungan:

$$\text{Jumlah modul TI} = \frac{\text{Kapasitas Tributary E1}}{21 \text{ E1}} \longrightarrow \text{berlaku pembulatan angka}$$

$$\text{Total kapasitas Tributary} = \text{Hasil jumlah modul TI atau pembulatannya} \times 21 \text{ E1}$$

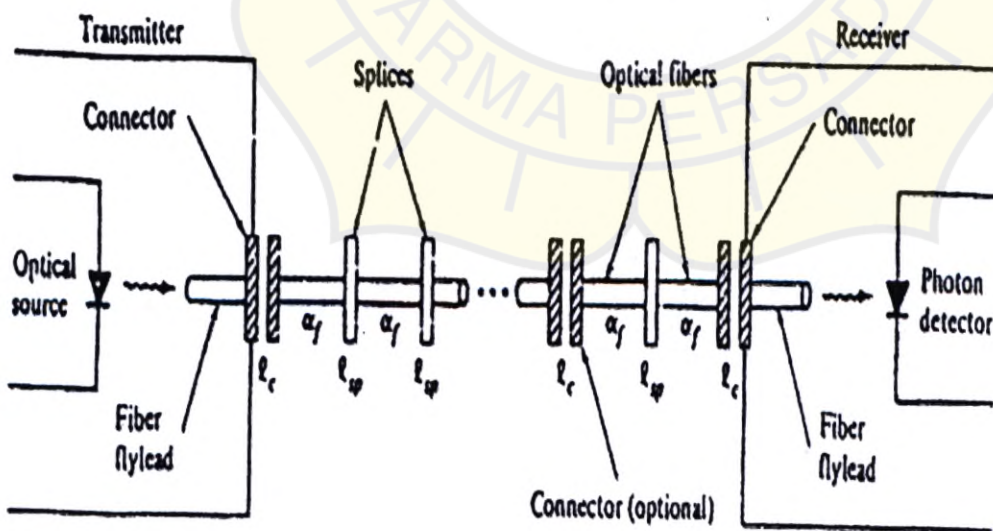
Kemudian langkah selanjutnya menentukan jumlah modul SI, adapun perhitungannya adalah :

$$\text{Jumlah modul SI} = \frac{\text{Jumlah modul TI}}{3}$$

Hasilnya merupakan pembulatan untuk jumlah modul SI terhadap jumlah total modul TI.

## 2.6. Pengertian Link Budget

Link budget adalah estimasi kebutuhan daya yang diperhitungkan untuk memastikan level daya penerimaan lebih besar atau sama dengan level daya *threshold* (daya minimum). Perhitungan *power budget* merupakan aspek penting dalam melakukan analisis sistem komunikasi serat optik. Tujuannya utama perhitungan link budget adalah menentukan jarak maksimum yang dapat dicapai oleh sistem transmisi yang dipilih yaitu fiber optik. Formula dan perhitungan *power link budget* untuk transmisi fiber optik dari *transmitter* sampai dengan *receiver* untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.11. Hubungan dari *Transmitter* ke *Receiver*



### 2.6.2. Prinsip Link Budget

Daya yang ada di penerima harus selalu lebih besar atau sama dengan level daya ambang yang telah dipersyaratkan. Perhitungan link budget berkaitan dengan level-level daya dari perangkat sistem yang digunakan. Jika perhitungan *power link budget* tidak diperhatikan maka akan menyebabkan perangkat tidak bekerja secara optimal.

