

## BAB II

### SISTEM KONFIGURASI SERAT OPTIK PADA PERANGKAT MULDEX

Transmisi Serat Optik adalah merupakan sistem transmisi digital dengan menggunakan media transmisi serat optik. Kemampuan yang dimiliki adalah dapat menyalurkan sinyal dengan laju bit hingga 140 Mbps atau setara dengan 1920 kanal per sistem. Secara umum sistem ini terdiri dari perangkat – perangkat antara lain :

- Serat Optik
- Perangkat Terminal Saluran Optik ( OLTE )
- Perangkat MULDEX ( *Multiplexing / Demultiplexing* )

Untuk menjaga agar dapat memberikan tingkat keandalan yang tinggi dilengkapi dengan APS ( *Automatic Protective Switching system* ). Dengan peralatan ini dimungkinkan untuk mendesain suatu sistem transmisi dengan konfigurasi  $n + 1$ , yaitu  $n$  sistem regular, yang mempunyai 1 sistem proteksi ( cadangan ). Dengan adanya proteksi ini diharapkan apabila terjadi kegagalan atau gangguan pada salah satu dari  $n$  sistem regular, maka sinyal yang terganggu akan segera dialihkan ke sistem cadangan.

#### 2.1 SISTEM KONFIGURASI SERAT OPTIK

Sistem Konfigurasi Serat Optik adalah suatu sistem komunikasi yang dalam pengiriman dan penerimaan sinyal menggunakan Serat Optik dan Detektor Optik dengan panjang gelombang sinar infra merah antara 850 nM hingga 1550 nM yang



dilakukan pada Serat Optik. Pada prinsipnya sistem komunikasi Serat Optik adalah sama untuk setiap tipe sistem komunikasi yaitu terdiri dari *Transmitter* atau *Modulator*, medium transmisi yang berupa serat optik dan *Receiver* atau *Demodulator*.

Pada komunikasi serat optik, sinyal yang di gunakan dalam bentuk sinyal digital, sedangkan penyaluran sinyal melalui serat optik dalam bentuk pulsa cahaya. Pulsa cahaya didapat dari memodulasi sinyal informasi dalam bentuk digital dalam suatu komponen Sumber Optik, proses ini terjadi pada arah kirim. Sedangkan pada arah terima melalui Detektor Optik. Pulsa cahaya diubah kembali dalam bentuk sinyal digital.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.1 : Blok Diagram Sistem Konfigurasi**

Dari Blok diagram Sistem Konfigurasi diatas, dalam arah kirim, input sinyal yang berasal dari perangkat *Multiplex Digital* dihubungkan ke *Digital Distribution Frame* ( DDF ) dan diteruskan ke *Electrical Circuit*. Fungsi *Electrical Circuit* adalah memperbaiki karakteristik dan mengkodekan sinyal yang akan diteruskan ke *Optical Transmitter*.

Pada *Optical Transmitter*, sinyal listrik diubah menjadi sinyal pulsa cahaya yang akan dikirimkan ke stasiun lawan melalui Serat Optik. Sedangkan pada arah

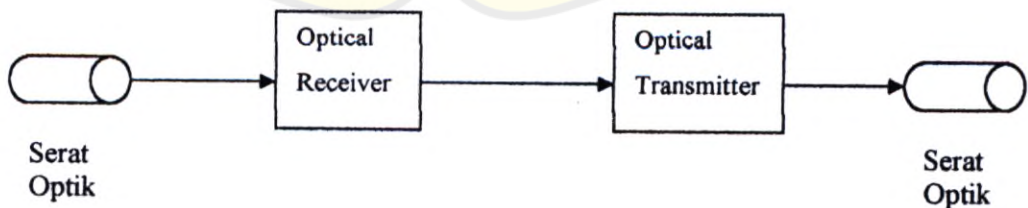


terima, sinyal pulsa cahaya yang diterima dari serat optik akan diubah oleh Detector Optik menjadi sinyal listrik yang akan diteruskan ke *Electrical Circuit*.

Fungsi *Electrical Circuit* pada arah terima sama dengan pada arah kirim. Output sinyal dari *Electrical Circuit* akan diteruskan ke perangkat *Demultiplex* setelah melalui DDF.

Bila jarak antara stasiun kirim dan stasiun penerima berjauhan, maka sinyal pulsa cahaya yang ditransmisikan akan mengalami proses pelemahan yang disebabkan adanya kerugian – kerugian yang timbul selama proses pengiriman sinyal, sesuai dengan panjang dan jenis saluran optik yang digunakan. Untuk mengatasi hal tersebut, pulsa cahaya akan diregenerasikan sesuai dengan keadaan pada saat pengiriman. Proses ini terjadi pada stasiun pengulang (*Regenerative Repeater*).

Fungsi dari stasiun pengulang adalah mengubah sinyal pulsa cahaya menjadi sinyal listrik, dan memperbaiki karakteristik sinyal listrik, kemudian mengubah kembali sinyal listrik menjadi sinyal pulsa cahaya untuk diteruskan ke stasiun berikutnya melalui Serat Optik.



**Gambar 2.2 : Gambar Blok Diagram Stasiun Pengulang**

### 2.1.1 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.

#### 1. Keuntungan :

- a. Mempunyai lebar pita ( *bandwith* ) yang lebar

Frekuensi pembawa optik sekitar  $10^{13}$  hingga  $10^{16}$  Hz. Hal ini mendekati sinar infra merah. Sehubungan bekerja pada daerah frekuensi tinggi, maka jumlah informasi yang dibawa akan lebih banyak.

- b. 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 1300nm yaitu kurang dari 0,2 db/KM

- c. Kebal terhadap gangguan gelombang elektromagnetik

Serat Optik terbuat dari kaca atau plastik adalah merupakan isolator, berarti bebas dari interferensi medan magnet, frekuensi radio dan *noise* listrik.

- d. Dapat menyalurkan informasi digital dengan kecepatan bit yang tinggi

Kemampuan serat optik dalam menyalurkan sinyal frekuensi tinggi, sangat cocok untuk pengiriman sinyal digital pada sistem *multiplex* digital dengan kecepatan dari beberapa Mbps hingga Gbps.

- e. Ukuran dan berat serat optik sangat ringan dan kecil





Diameter dan inti serat dalam ukuran mikro atau sama bahkan lebih kecil dari diameter sehelai rambut manusia, sehingga pemakaian ruang lebih ekonomis.

f. Tidak mengalirkan arus listrik

Terbuat dari kaca atau plastik, sehingga tidak dapat dialiri arus listrik oleh sebab itu terhindar dari terjadinya hubungan pendek (*short circuit*)

g. Sistem dapat diandalkan dan mudah dalam pemeliharaannya

Kehandalan sistem umumnya tinggi dibandingkan dengan sistem konduktor listrik yang konvensional. Komponen optik yang mempunyai umur perangkat yang lama antara 20 hingga 30 tahun dan mengingat redamannya kecil, maka dapat memungkinkan untuk hubungan *long hop*, sehingga tidak banyak menempatkan Terminal Pengulang (*Repeater*).

**2. Kerugian :**

- a. Konstruksi Serat Optik cukup lemah, maka dalam pemakaiannya diperlukan lapisan penguat sebagai proteksi.
- b. Karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan.
- c. Tidak dapat dilewati arus listrik, sehingga tidak dapat memberikan catuan pada pemasangan *repeater*.



## 2.2 PROPAGASI CAHAYA

Di dalam Sistem Komunikasi Serat Optik perlu diketahui mengenai dasar – dasar teori optik di dalam Propagasi Cahaya, diantaranya yaitu :

### 1. Karakteristik Cahaya dalam Hukum Optik

- a. Cahaya merambat lurus dalam suatu medium
- b. Cahaya dapat dianggap sebagai gelombang elektromagnetik
- c. Cahaya dapat dianggap suatu materi (*Photon*)
- d. Pada cahaya yang dipantulkan ke cermin, maka besarnya sudut datang sama dengan besarnya sudut pantul.

### 2. Indeks Bias Cahaya

- a. Kecepatan cahaya tidak konstan dan bergantung pada media perambatannya
- b. Cahaya yang merambat melalui dua media yang berbeda akan mengalami pembelokan arah
- c. Perbandingan kecepatan cahaya diruang hampa terhadap kecepatan perambatan cahaya dalam suatu media disebut *Indeks Bias*

### 3. Sudut Kritis

- a. Cahaya yang merambat jika jatuh pada media permukaan datar dan bening, tidak dibelokkan seluruhnya, tetapi sebagian dipantulkan dan sebagian dibiaskan
- b. Hubungan antara bagian cahaya yang dipantulkan dan cahaya yang dibelokkan bergantung pada indeks bias media dan sudut datang cahaya.
- c. Jika cahaya yang datang dari materi dengan indeks bias kecil ke materi dengan indeks bias besar, maka cahaya tersebut akan selalu dibiaskan





- d. Jika cahaya yang datang dari materi dengan indeks bias besar ke materi dengan indeks bias kecil, maka akan dibiaskan menjauhi garis normal.
- e. Jika besar sudut datang cahaya ( $\theta^1$ ) diperbesar sampai suatu nilai tertentu, maka seluruh cahaya akan dipantulkan secara total. Besarnya sudut datang tersebut disebut Sudut Kritis, hal ini merupakan kondisi ideal untuk mentransmisikan cahaya dalam serat optik.

### 2.2.1. Struktur Serat optik

Serat optik merupakan satu diantara media transmisi fisik yang menyalurkan informasi menggunakan gelombang cahaya. Dalam hal merencanakan penggunaan serat optik pada berbagai aplikasi saluran komunikasi perlu pertimbangan dari pemakaian bermacam – macam serat optik. Struktur dari serat optik terdiri dari suatu inti serat yang transparan dengan indeks bias  $n_1$  dikelilingi oleh lapisan selimut yang transparan dengan indeks bias lebih rendah dari nilai inti yaitu  $n_2$ .

Struktur Serat Optik umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu :

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 – 125  $\mu\text{M}$ . Dalam hal ini tergantung dari jenis serat optiknya.

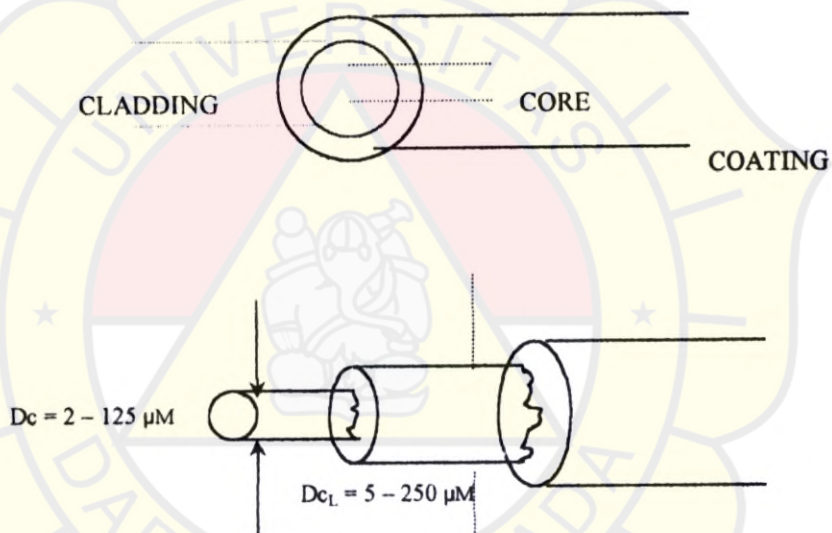
Bagian yang kedua yang dinamakan bagian selimut (*Cladding*), dimana bagian ini mengelilingi bagian inti dan mempunyai indeks bias lebih kecil



dibandingkan dengan bagian inti. Terbuat dari kaca yang berdiameter antara 5 - 250  $\mu\text{M}$ , juga tergantung dari jenis serat optiknya.

Bagian yang ketiga dinamakan jacket ( *Coating* ), dimana bagian ini merupakan pelindung lapisan inti dan selimut yang terbuat dari bahan plastik yang *elastis*.

Struktur Serat Optik dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 2.3 : Struktur Kabel Serat Optik**

Suatu besaran yang penting pada serat optik adalah perbedaan indeks bias relatif antara bahan inti dan lapisan selimut, besaran ini akan berfungsi didalam menentukan kopling cahaya dari sumber optik dan juga menentukan variasi lintasan cahaya yang merambat pada serat optik tersebut. Adanya batasan – batasan dalam karakteristik Serat Optik, maka pengiriman atau pemakaian gelombang



cahaya biasanya digunakan pada daerah dengan panjang gelombang antara 850 nM hingga 1550 nM yang berada pada daerah Infra Merah.

Redaman atau kerugian transmisi pada serat optik merupakan satu dari beberapa faktor penting dalam telekomunikasi. Seperti redaman yang besar pada kanal menentukan jarak transmisi maksimum sebelum perbaikan sinyal. Komunikasi serat optik menjadi sangat menarik jika redaman transmisi lebih rendah dibandingkan dengan kabel tembaga. Usaha mengurangi redaman dengan campuran dari bahan materi yang menghasilkan pengembangan teknik penyulingan endapan uap kaca memberikan redaman serat semakin mengecil.

Perlawanan pada konduktor tembaga menyebabkan hilangnya sebagian energi listrik yang mengalir melalui kabel, begitupun dengan inti dari kabel serat optik menyerap sebagian energi cahaya ini dinyatakan dalam redaman dengan satuan yang digunakan dalam dB/Km.

Pengertian Redaman (dB) digunakan untuk membandingkan dua level / daya yang harus menetapkan panjang gelombang optik sebagai perhitungan daya optik *input*  $P_1$  (mW) dengan daya *output* optik  $P_o$  (mW ).

### 2.2.2. Karakteristik Serat Optik

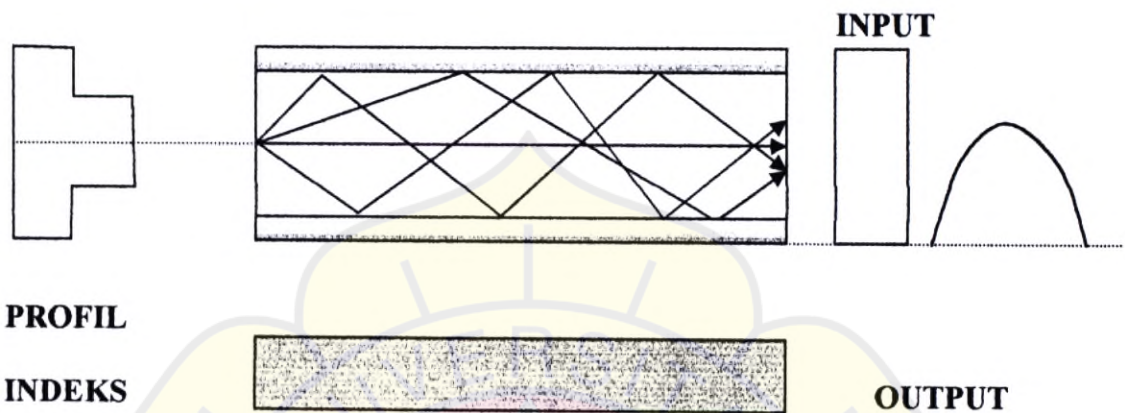
Ditinjau dari indeks Bias dan mode gelombang yang terjadi pada perambatan cahaya, maka serat optik dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu :

#### 1. Multi Mode Step Indeks.

Serat *multimode step indeks* dibuat dari bahan campuran multikomponen kaca atau silika. Serat ini layaknya mempunyai diameter inti dan *Numerical*



Aperture yang besar untuk fasilitas efisiensi kopling pada sumber cahaya seperti LED. Indeks Bias inti besarnya sama pada seluruh Inti serat berharga  $n_1$  dan lebih besar daripada Indeks Bias yang berharga  $n_2$ .



**Gambar 2.9 : Karakteristik Tipe Serat Multimode Step Indeks**

Tampilan karakteristik dari tipe serat dapat dianggap bergantung pada materi yang digunakan dan metode pembuatan yang akan menghasilkan tampilan terbaik. Serat kaca multikomponen dan diberi silika sering dianggap sebagai kaca multikomponen atau kaca dan silika atau silika.

Susunan tipe dari serat kaca *Multimode Step Indeks* yaitu :

- Diameter Inti (*Core*) : 50~250  $\mu\text{M}$
- Diameter Selimut (*Cladding*) : 125~400  $\mu\text{M}$  Diameter Coating/Jaket
- Diameter Jaket (*Coating*) : 250~1.000  $\mu\text{M}$ .
- Numerical Aperture* : 0,16~0,5.
- Redaman : 4~20 dB/Km
- Lebar Pita Frekuensi (bandwidth) : 6~25 MHz





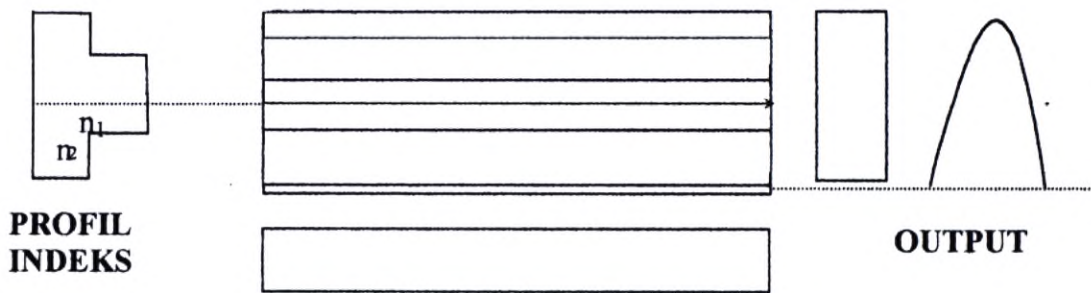
Diameter Inti ( <i>Core</i> )	: 30~60 $\mu\text{M}$ (standar 50 $\mu\text{M}$ )
Diameter Selimut ( <i>Cladding</i> )	: 100~150 $\mu\text{M}$ (standar 125 $\mu\text{M}$ )
Diameter <i>Coating</i> /Jaket	: 250~1.000 $\mu\text{M}$
<i>Numerical Aperture</i>	: 0,2~0,3
Redaman	: 2~10 dB/Km.
Lebar Pita Frekuensi ( <i>bandwidth</i> )	: 150 MHz~2GHz.
Pemakaian	: Jarak menengah, <i>bandwidth</i> menengah hingga besar dan sumber cahaya bisa <i>koheren</i> (LED) dan <i>inkoheren</i> (LASER).

Keuntungan dari serat ini adalah dispersi yang lebih sedikit dan kapasitas lebar pita frekuensi (*Bandwidth*) lebih besar, sedangkan kelemahannya adalah pembuatan lebih sulit dan harganya lebih mahal. Pada serat optik jenis ini redamannya lebih kecil dibandingkan dengan jenis optik *multimode step indeks*. Maka dalam sistem transmisi pemakaiannya digunakan dalam jarak-jarak menengah.

### 3. Single/Mono Mode Step Indeks

Serat *single/mono* juga mempunyai tampang muka *step indeks* dan *graded indeks*, namun keuntungan penggunaan tampang muka *graded indeks* sama sekali tidak seperti pentingnya dalam serat *multimode graded indeks*. Karena itu pada saat ini yang diperdagangkan adalah hampir serat *Singlemode Step Indeks*. Indeks Bias inti besarnya sama pada seluruh inti serat yang berharga  $n_1$  akan tetapi lebih besar daripada indeks bias selimutnya yang berharga  $n_2$ . Meskipun serat *singlemode* mempunyai diameter inti kecil akan tetapi diameter *cladding* besarnya lebih dari 10 kali diameter intinya.





**Gambar 2.6 : Karakteristik Tipe Serat Single Mode Step Indeks**

Susunan tipe dari serat kaca Singlemode Step Indeks yaitu :

Diameter Inti ( <i>Core</i> )	: 2~10 $\mu\text{M}$
Diameter Selimut ( <i>Cladding</i> )	: 50~125 $\mu\text{M}$
Diameter <i>Coating</i> /Jaket	: 250~1.000 $\mu\text{M}$
<i>Numerical Aperture</i>	: 0,08~0,15 (standar 0,1)
Redaman	: 1~5 dB/Km.
Lebar Pita Frekuensi ( <i>bandwidth</i> )	: >500 MHz
Pemakaian	: Jarak jauh, <i>bandwidth</i> lebar dan sumber cahaya koheren (LASER)

Keuntungan dari serat ini adalah pengaruh dispersi sangat kecil dan kapasitas lebar pita frekuensi sangat besar. Sedangkan kelemahannya adalah sulit pembuatannya dan harganya mahal. Pada serat optik jenis ini redamannya sangat kecil dibandingkan dengan jenis serat optik lainnya. Maka dalam sistem transmisi pemakaiannya digunakan dalam jarak-jarak jauh.

### 2.2.3. Sumber Optik

Sumber optik pada sistem transmisi serat optik berfungsi sebagai pengubah besaran sinyal listrik / *elektris* menjadi sinyal cahaya ( *E/O Converter* ). Terdapat





dua jenis sumber optik yaitu LED dan Diode Laser. Pemilihan dari sumber cahaya yang akan digunakan bergantung pada *bit rate* data yang akan ditransmisikan dan pertimbangan ekonomi ( harga dari sumber optik ). Saat ini, untuk sumber optik yang umum digunakan khususnya di PT.TELKOM untuk Sistem Komunikasi Serat Optik adalah Sumber Optik Diode Laser.

Diode laser merupakan diode semikonduktor yang memancarkan cahaya karena mekanisme pancaran / emisi terstimulasi ( *stimulated emission* ). Cahaya yang dipancarkan oleh diode laser bersifat koheren. Diode laser memiliki lebar spektral yang lebih sempit jika dibandingkan dengan LED sehingga dispersi *chromatic* dapat ditekan. Diode laser diterapkan untuk transmisi data dengan *bit rate* tinggi. Daya keluaran optik dari diode laser adalah  $-12$  s/d  $+3$  dBm. Karakteristik arus kemudi – daya optik diode laser tidak linier. Kinerja ( keluaran daya optik, panjang gelombang, umur ) dari diode laser sangat dipengaruhi oleh temperatur operasi.

Pada umumnya modulasi yang diterapkan diode laser adalah modulasi intensitas. Karena diode laser memiliki karakteristik I-Po yang tidak linier, maka perlu ditambahkan arus pra tegangan searah (DC) agar diode dapat bekerja pada daerah linier (daerah operasi laser).

#### 2.2.4. Detektor Optik / Photodetector

*Photo detector* berfungsi mengubah variasi intensitas optik / cahaya menjadi variasi arus listrik. Karena perangkat ini berada diujung depan dari penerima optik maka *photodetector* harus memiliki kinerja yang tinggi. Persyaratan kinerja yang harus dipenuhi oleh photodiode meliputi :



1. Memiliki sensitivitas yang tinggi, memiliki lebar bidang atau kecepatan respon / tanggapan yang cukup untuk mengakomodasi *bit rate* data yang diterima
2. Hanya memberikan *noise* tambahan minimum dan
3. Tidak peka terhadap perubahan suhu.

Pada sistem transmisi serat optik digunakan dua jenis *photodiode* yaitu :

1. Diode PIN / FET (*Positive Intrinsic negatif / Field Effect Transistor*)
2. APD (*Avalanche Photo – Diode*)

*Photodiode* dioperasikan pada prategangan 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 optikal yang diterima disebut **Sensitivitas Optik** dan dinyatakan dalam satuan A/W. Sensitivitas suatu *photodetector* sangat bergantung pada panjang gelombang operasi dan bahan *photodetector*.

### 2.3 PERANGKAT TERMINAL SALURAN OPTIK ( OLTE )

OLTE singkatan dari *Optical Line Terminal Equipment* yang diartikan ke dalam bahasa Indonesia adalah Perangkat Terminal Saluran Optik. Perangkat Terminal Saluran Optik adalah suatu perangkat yang digunakan untuk mengirimkan dan menerima sinyal pulsa optik dengan panjang gelombang antara 850nm~1550 nm yang menggunakan saluran transmisi fisik berupa serat optik.

Secara umum fungsi dari perangkat ini adalah memproses sinyal input digital dengan menggunakan sumber cahaya pada panjang gelombang Infra Merah





antara 850 nM~ 1550nM menjadi sinyal pulsa optik yang diteruskan ke serat optik dan sebaliknya.

### **2.3.1. Uraian Fungsi**

Dari fungsi secara umum dapat diuraikan secara rinci adalah :

1. Mengubah sinyal pulsa listrik menjadi sinyal pulsa optik dan sebaliknya.
2. Menggabungkan / *memultiplexkan* sinyal-sinyal pelayanan ( *overhead* ) bit seperti *supervisory, switching, order wire* dan service bit lainnya dengan sinyal utama menjadi sinyal pulsa optik dan sebaliknya.
3. Memancarkan / mengirim sinyal pulsa optik pada serat dengan panjang gelombang antara 850 nM~ 1550 nM.
4. Memberikan pengamanan bagi perangkat dan petugas pemeliharaan dengan dilengkapi sirkuit *Laser Diode shut-off*.
5. Mempunyai kehandalan sistem dengan dilengkapi *Automatic Protection Switching* untuk perpindahan jika sistem utama jatuh / gangguan.
6. Menyediakan kanal *order wire* untuk koordinasi petugas teknik di antara terminal.
7. Memberikan kemudahan penyelesaian gangguan dengan dilengkapi *bay* dan sistem alarm.

### **2.3.2. Konfigurasi Unit**

Perangkat Terminal Saluran Optik terdiri dari :

#### **1. Unit Sending**



*Unit sending* yang mengirimkan sinyal pulsa optik berisi PCB utama ( *MAIN PCB* ) dan PCB tambahan ( *SUB PCB* ). Main PCB terdiri dari sebuah unit B/U ( *Bipolar / Unipolar* ) Converter, Coder, Modul Diode Laser dan Konektor Optik. Sedangkan Sub PCB berisi sebuah sirkuit *Automatic Power Control* ( APC Cirkuit ).

Unit ini menerima sinyal yang dikirim oleh *Multiplex* dan mengubah kedalam sinyal *Unipolar* (NRZ), kemudian sinyal listrik *Unipolar* tersebut diubah kedalam sinyal pulsa optik oleh Diode Laser dan dikirimkan ke arah lawan melalui Serat Optik.

## 2. Unit Receive

*Unit receive* yang menerima sinyal optik berisi PCB Utama ( *MAIN PCB* ), PCB tambahan ( *SUB PCB* ) dan PCB Tertutup / terpisah. Main PCB terdiri dari sebuah unit U/B Converter, Decoder, dan Konektor Optik. SUB PCB terdiri dari sirkuit *Timing Extraction* dan *Sirkuit Decision*, sedangkan Sub PCB tambahan tertutup terdiri dari modul APD dan sirkuit *Amplifier*.

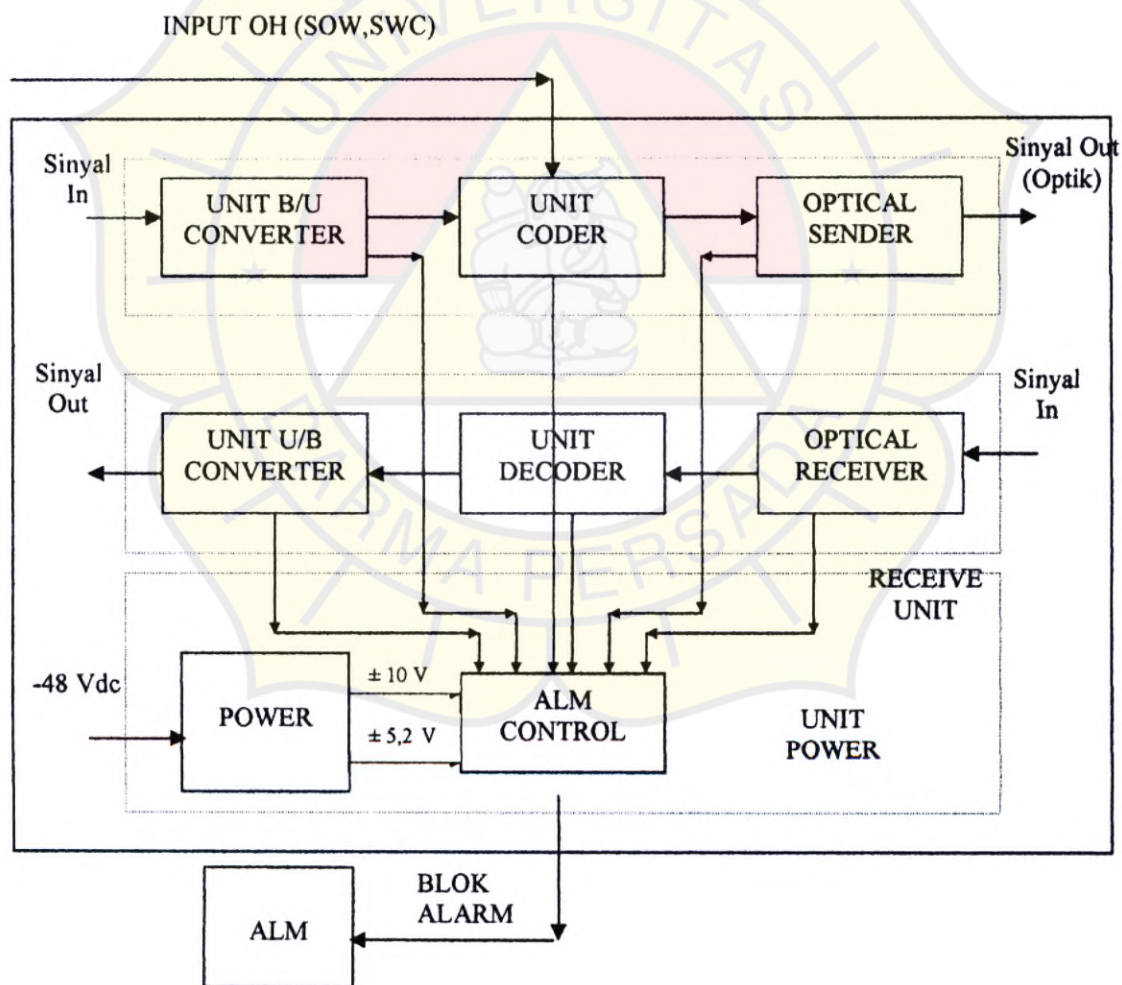
Unit ini menerima sinyal dari serat optik yang dikirim oleh *Unit Sending* dan mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik oleh *Germanium Avalanche Photodiode*. Kemudian sinyal diteruskan ke bagian *decoder*. Pada bagian ini sinyal diubah dari sinyal yang dikodekan menjadi sinyal *Unipolar* (NRZ) setelah melalui proses pemisahan sinyal – sinyal pelayanan, lalu dikirimkan ke bagian U/B Converter untuk diubah menjadi sinyal *Bipolar* yang akan diteruskan ke perangkat *Demultiplex*.





### 3. Unit Power / Alarm

Unit PWR dan ALM yang memberikan catuan dan indikasi alarm berisi PCB utama dan PCB Tambahan. *Main PCB* terdiri dari sirkit catu daya, sedangkan *Sub PCB* terdiri dari sirkit Kontrol Alarm (*ALM CONT*). Unit ini berfungsi memberikan catuan tegangan dc terhadap semua perangkat dalam rak dan memproses sinyal alarm yang akan memberikan indikasi gangguan pada lampu *Diode Laser* yang ada di panel depan.



Gambar 2.7 : Blok Diagram Konfigurasi OLTE

Gambar diatas merupakan Blok Diagram Konfigurasi dari perangkat OLTE. Adapun penjelasan dari gambar tersebut adalah :

**a. Arah Kirim**

Unit ini menerima sinyal input pulsa listrik *Bipolar*, lalu diubah menjadi sinyal *unipolar* oleh unit *B/U Converter*. Kemudian diteruskan ke *unit coder*. Pada unit ini sinyal mengalami proses perubahan kecepatan, perubahan kode saluran dari penggabungan / penyisipan sinyal – sinyal bit pelayanan seperti sinyal SWC untuk kontrol *switching*, sinyal SOW untuk *Supervisory Order Wire* dan sinyal pelayanan yang lainnya.

Sinyal Output dari *unit coder* berupa sinyal *Unipolar* yang dikodekan, kemudian dilalukan ke *Unit Optical Sender*. Pada unit *Optical Sender* sinyal pulsa *unipolar* yang dikodekan diubah menjadi sinyal pulsa optik dengan menggunakan Diode Laser untuk dikirimkan ke arah lawan melalui serat optik dengan panjang gelombang antara 850 nM hingga 1550 nM.

**b. Arah Penerima**

Unit ini menerima sinyal Pulsa Optik, melalui Detektor Optik sinyal Optik diubah menjadi sinyal pulsa listrik lalu diteruskan ke *Unit Decoder*. Pada *Unit Decoder*, sinyal mengalami proses perubahan kode saluran, pemisahan sinyal – sinyal bit pelayanan seperti sinyal SWC untuk kontrol *Switching*, sinyal SOW untuk *Supervisory Order Wire* dan sinyal pelayanan yang lainnya.





Sinyal output dari *Unit Decoder* berupa sinyal pulsa *Unipolar* diteruskan ke *Unit U/B Converter*. Pada unit ini sinyal pulsa *Unipolar* diubah menjadi sinyal pulsa *Bipolar* dengan kecepatan yang sama dan setelah diperbaiki karakteristiknya maka akan dikirimkan ke *Demultiplexer*.

c. **Unit PWR dan ALM**

Unit PWR (*Power*) dan ALM (*Alarm*) ini mencatu daya kesetiap unit, sedangkan sirkuit ALM CONT memberikan indikasi alarm MAJOR dan MINOR jika terjadi gangguan. Pada unit ini tersedia lampu *Diode Laser* yang memberikan indikasi adanya gangguan / perubahan status sinyal dan perangkat.

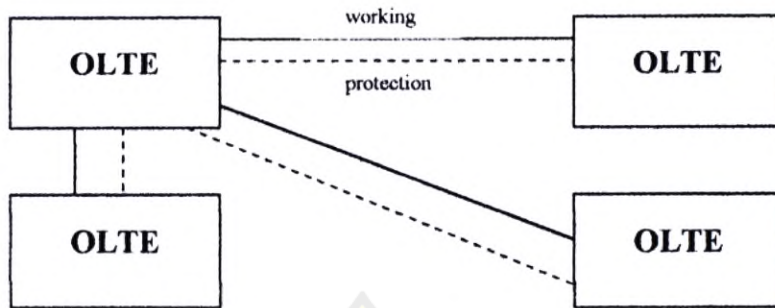
## 2.4 TOPOLOGI JARINGAN SISTEM TRANSMISI MULTIPLEX

Topologi sistem konfigurasi jaringan untuk perangkat *Multiplexing* bila ditinjau dari segi proteksi yang digunakan, diantaranya dapat di bedakan menjadi :

1. **Topologi *Point to Point ( end ) Terminal Application*.**

Topologi *point to point* ini hanya cocok digunakan untuk trafik rendah dan pelanggan yang terkonsentrasi atau tidak menyebar. Kelemahan dari topologi ini adalah tidak adanya proteksi yang cukup untuk *membackup* jalur *working*, khususnya pada perangkat PDH sistem 5+1. Sistem transmisi PDH menggunakan topologi *point to point*, yang mana hubungan pentransmisiannya sinyal dari sumber ke tujuan bila hanya terdapat 2 node di dalam sebuah jaringan. Jika terdapat lebih dari 2 node maka sinyal yang ditransmisikan dari satu sumber ke sumber lainnya melewati sebuah node yang berfungsi sebagai tandem diantara node lainnya.

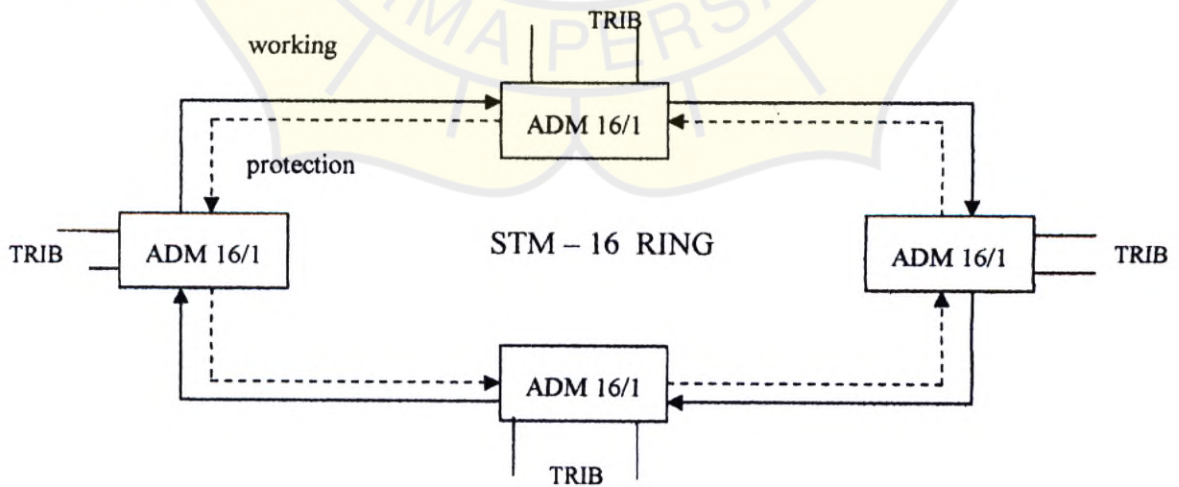




Gambar 2.8 : Konfigurasi Jaringan Point to Point

2. Topologi Ring Terminal Application

Topologi ring ini digunakan pada sistem transmisi SDH, dengan menggunakan sistem proteksi 2 – fiber MS-SPRING ( *Multiplex Section-Shared Protection Ring* ), yang mempunyai pengertian bahwa setiap saluran akan diproteksi dengan satu saluran yang lain pada arah yang berlawanan. Dalam konfigurasi jaringan ring pada sistem SDH menggunakan perangkat ADM ( *Add/Drop Multiplexer*) yang mana ADM ini sangat berperan dalam pembentukan konfigurasi ring pada sistem tranmisi SDH.



Gambar 2.9 : Konfigurasi Jaringan Ring



Gambar diatas merupakan konfigurasi *ring* SDH yang di bentuk oleh perangkat ADM 16/1, yang mana ADM 16/1 ini mampu memberikan jaringan *ring* dengan jumlah *nodes* 2 sampai dengan 16. Adapun sinyal *tributary* dari ADM – 16 ini adalah STM – 1 yang mana ADM – 16 ini sendiri memiliki karakteristik sinyal STM -16 yaitu 16 x STM – 1.

## 2.5 TIME DIVISION MULTIPLEXING ( TDM )

*Multiplexing* adalah suatu cara untuk menggabungkan beberapa kanal suara kedalam satu aliran transmisi. Atau dengan kata lain adalah suatu cara untuk mengefisiensikan penggunaan satu saluran transmisi, sehingga dapat dipakai bersama dengan kanal suara lainnya.

Pada dasarnya, *Time Division Multiplexing* ( TDM ) adalah proses menggabungkan informasi yang berasal dari sejumlah sumber dan mentransmisikan informasi tersebut melalui suatu media transmisi bersama ke satu tujuan. TDM ini membagi – bagi suatu saluran dalam waktu – waktu tertentu untuk kanal – kanal suara yang akan dikirim. TDM ini khusus digunakan untuk suatu sistem transmisi digital. Jadi, sinyal – sinyal analog yang akan digabungkan dengan cara TDM ini haruslah dirubah terlebih dahulu menjadi sinyal digital.

**Digital Multiplexing** adalah proses dimana sejumlah sinyal digital terpisah digabungkan untuk membentuk satu aliran digital tunggal yang mempunyai *bit rate* lebih tinggi. Proses pemisahan aliran digital tunggal menjadi komponen komponennya, yang merupakan proses kebalikan dari digital *multiplexing*, dikenal



dengan istilah *Demultiplexing*. Meskipun penggunaan istilah perangkat *multiplex* sudah mencakup kedua fungsi (*multiplex* dan *demultiplex*), tetapi suatu proposal untuk menggunakan istilah **MULDEX** yang menguraikan kombinasi perangkat *multiplex* dan *demultiplex* sudah diajukan dan sudah digunakan sampai sekarang.

Secara Historis, sistem TDM ini di bedakan menjadi dua :

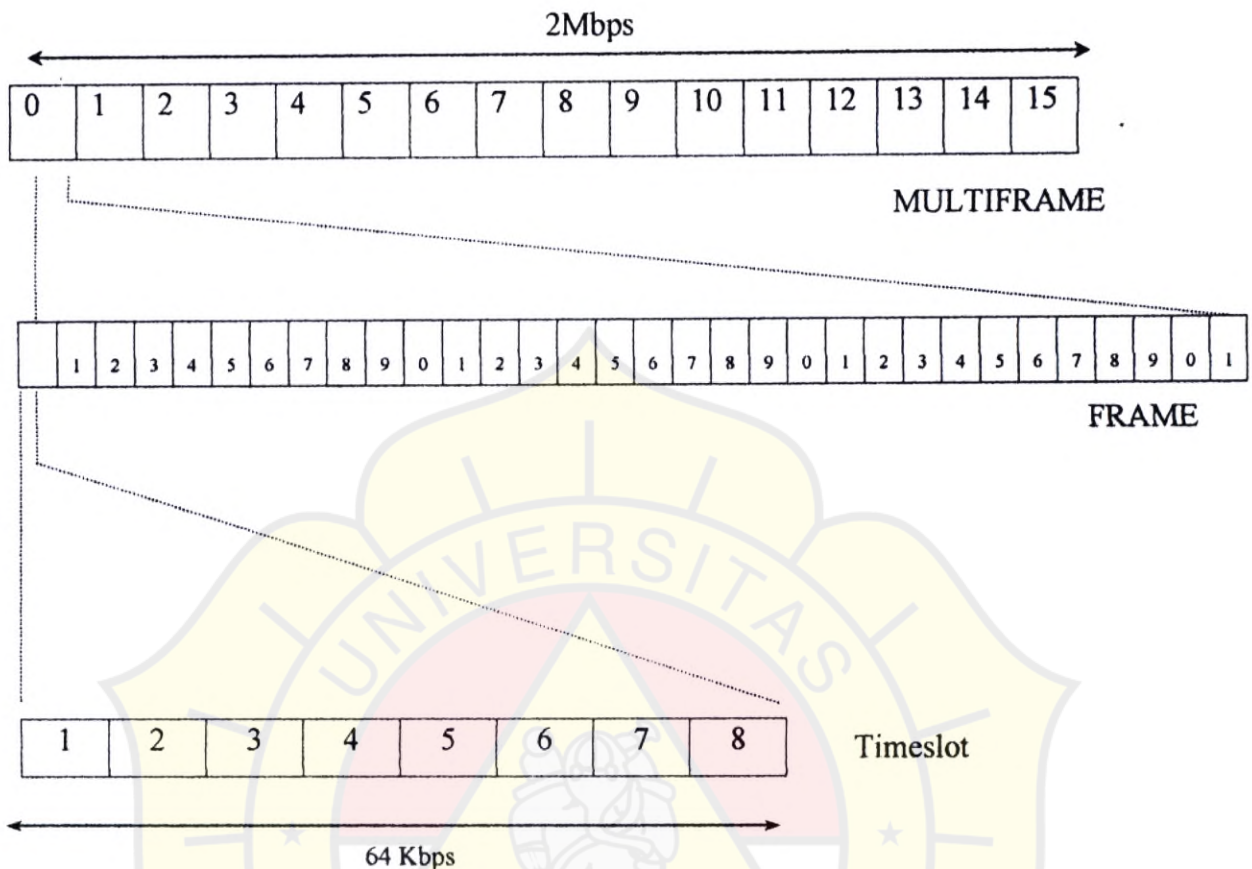
1. **Primary TDM System**, dimana informasi yang akan digabungkan berupa sinyal analog. Harga – harga dari sinyal tersebut berubah secara *continue* dan sebelum proses *multiplexing* biasanya diubah dulu menjadi bentuk sinyal biner melalui apa yang dinamakan teknik PCM ( *Pulse Code Modulation* )

Struktur *frame* 2 Mbit/s seperti pada gambar 2.10, merupakan keluaran dari *multiplexer* ordo pertama ( disebut juga *Primary Multiplexer* ). Empat buah sinyal 2 Mbit/s selanjutnya akan digunakan sebagai input dari *multiplexer* ordo ke dua.

Suatu signal 2 Mbit/s tersusun dari suatu *Multiframe* yang terdiri dari 16 *Frame*. Setiap *frame* dapat dibagi menjadi 32 *Time Slot*. Setiap *Timeslot* dibentuk oleh 8 bit yang mewakili satu kanal dengan kecepatan 64 Kbit/s. Didalam suatu *multiframe* terdapat beberapa *timeslot* khusus yang digunakan untuk sinkronisasi, indikasi *remote alarm* dan informasi sinyaling.







Gambar 2.10 : Struktur Frame Signal 2 Mbps

2. *Plesiochronous ( High Order ) TDM Sistem*, dimana informasi yang akan digabungkan sudah berupa signal biner. *Plesiokron* yang dimaksud disini adalah bahwa sinyal – sinyal informasi ( digital ) yang akan digabungkan tersebut memiliki *bit rate* nominal yang sama, tetapi memungkinkan terjadinya variasi *bit rate* dengan batasan tertentu.

Di dalam Digital *Multiplexing* bila ditinjau dari jenis sinyalnya, MULDEX dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. *Plesiokron Digital Hierarki ( PDH )*
2. *Synchronous Digital Hierarki ( SDH )*

### 2.5.1 Plesiochron Digital Hierarki ( PDH )

*Plesiochron Digital Hierarki ( PDH )* merupakan sistem *multiplex* dengan jenis sinyal *Plesiochron* yang memiliki *bit rate* dasar sebesar 2.048 Kbps ( E1 ). Dimana untuk teknik *multiplexingnya* bit per bit, dan *sinkronisasinya* menggunakan metode *justifikasi positif*. Untuk hubungan antar sentral menggunakan konfigurasi *point to point*, dalam arti proses pengiriman informasi dilakukan dari satu sumber ke satu tujuan. Adapun *penyelerasan phase* menggunakan *buffer memory*. Tiap tahapan ( *orde* ) *multiplex* memiliki struktur *frame* yang berbeda. Pengaksesan signal yang dilakukan melalui prosedur bertingkat. Gambar 2.11 memperlihatkan bentuk *Hierarki* signal *Plesiochron*, serta *standard bit rate* yang dipakai oleh signal *Plesiochron*.

Berikut akan di jelaskan mengenai kelebihan dan kekurangan dari Signal PDH, diantaranya :

#### 1. Kelebihan Signal PDH

- a. Sistem cukup sederhana
- b. Tidak memerlukan signal referensi *clock*
- c. Dengan *multiplexing* bit per bit maka gangguan *jitter* yang ditimbulkan lebih rendah

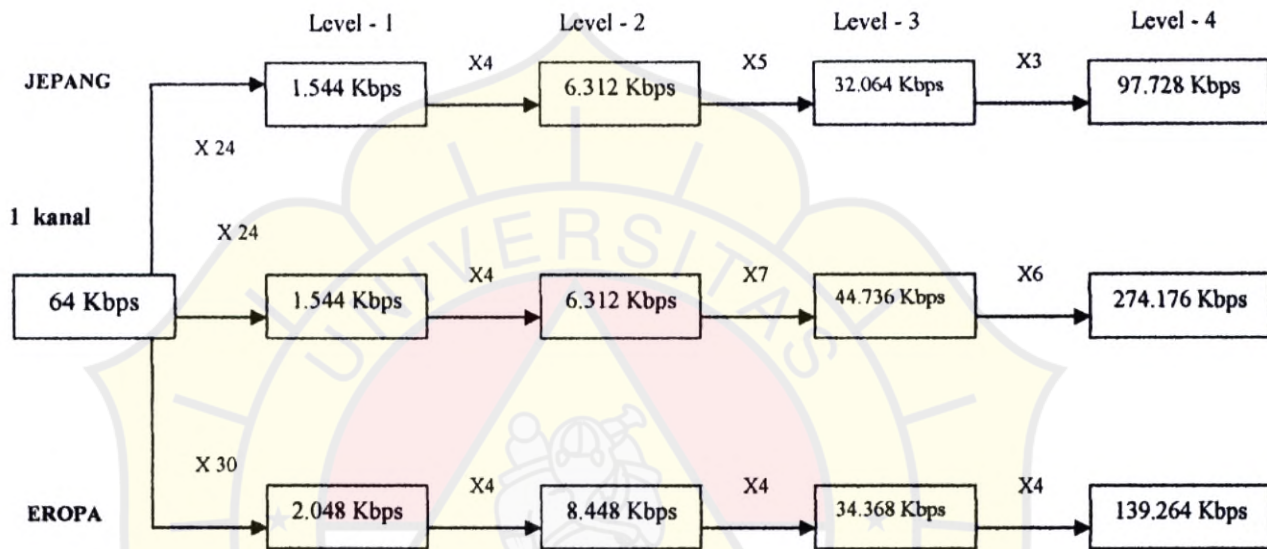
#### 2. Kekurangan Signal PDH

- a. *Hierarki* teknik *Multiplex – Demultiplex* selalu bertingkat. Akses kanal individu dari sinyal orde tinggi harus dilakukan secara bertingkat dengan lengkap
- b. Kapasitas kanal yang dibawa terbatas



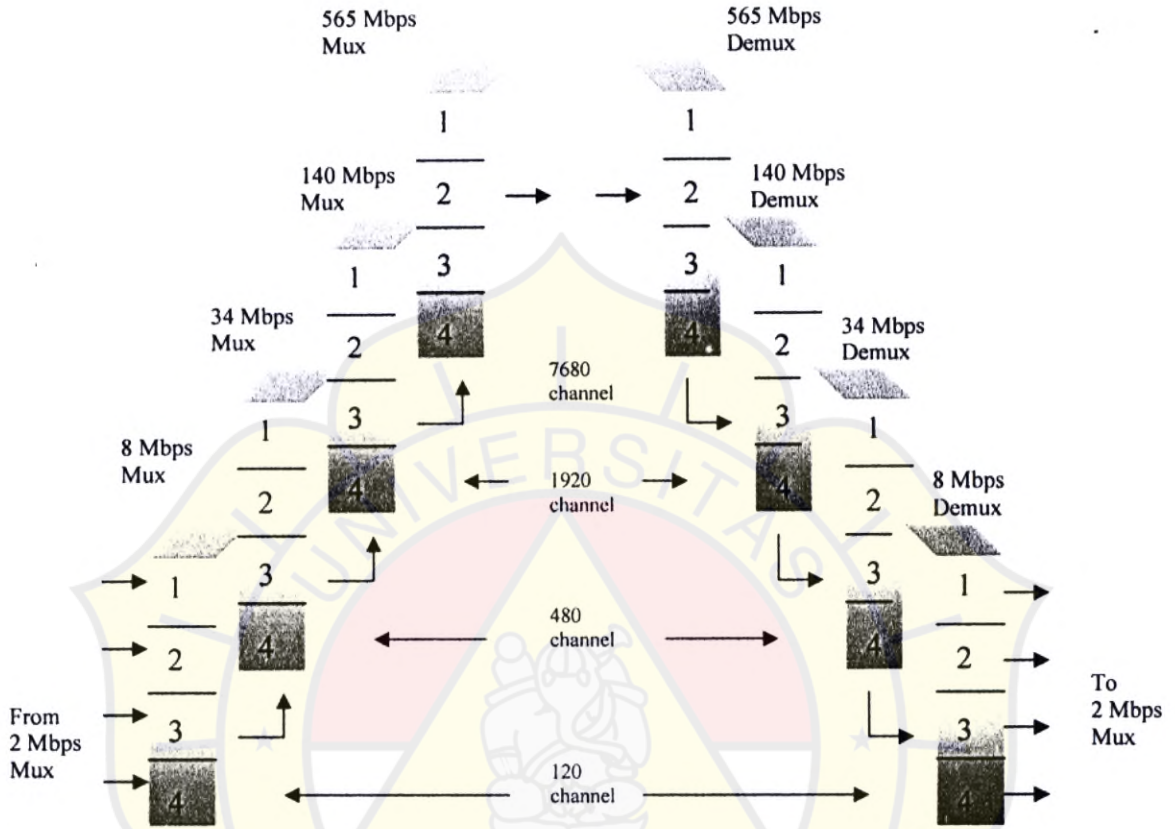


- c. Karena kurangnya *byte overhead* maka kemampuan operasi, administrasi dan pemeliharaan ( OAM ) kurang
- d. Tidak ada standar untuk penggunaan kode saluran optik, maka *integrasi* perangkat antar vendor tidak bisa dilakukan



**Gambar 2.11 : Hirarki Signal Plesiokron**

Sinyal – sinyal dimultiplex dari satu tingkat ke tingkat berikutnya. Masing – masing tingkat berfungsi untuk *multiplexing* 4 – *stream* ( *tributary* ) sinyal menjadi 1 *stream* sinyal dengan kecepatan *bit rate* yang lebih tinggi. Perangkat 2/8 Mb menggabungkan 4 sinyal 2 – Mbps menjadi 1 sinyal 8 Mbps, dan sebaliknya pada *Demultiplex*. Perangkat 8/34 MB berfungsi untuk menggabungkan 4 sinyal 8 – Mbps menjadi 1 sinyal 34 Mbps dan sebaliknya. Sedangkan perangkat 34/140 MB menggabungkan 4 sinyal 34 – Mbps menjadi 1 sinyal 140 Mbps dan sebaliknya. *Interkoneksi* antar perangkat *Multiplex* dilakukan melalui DDF.

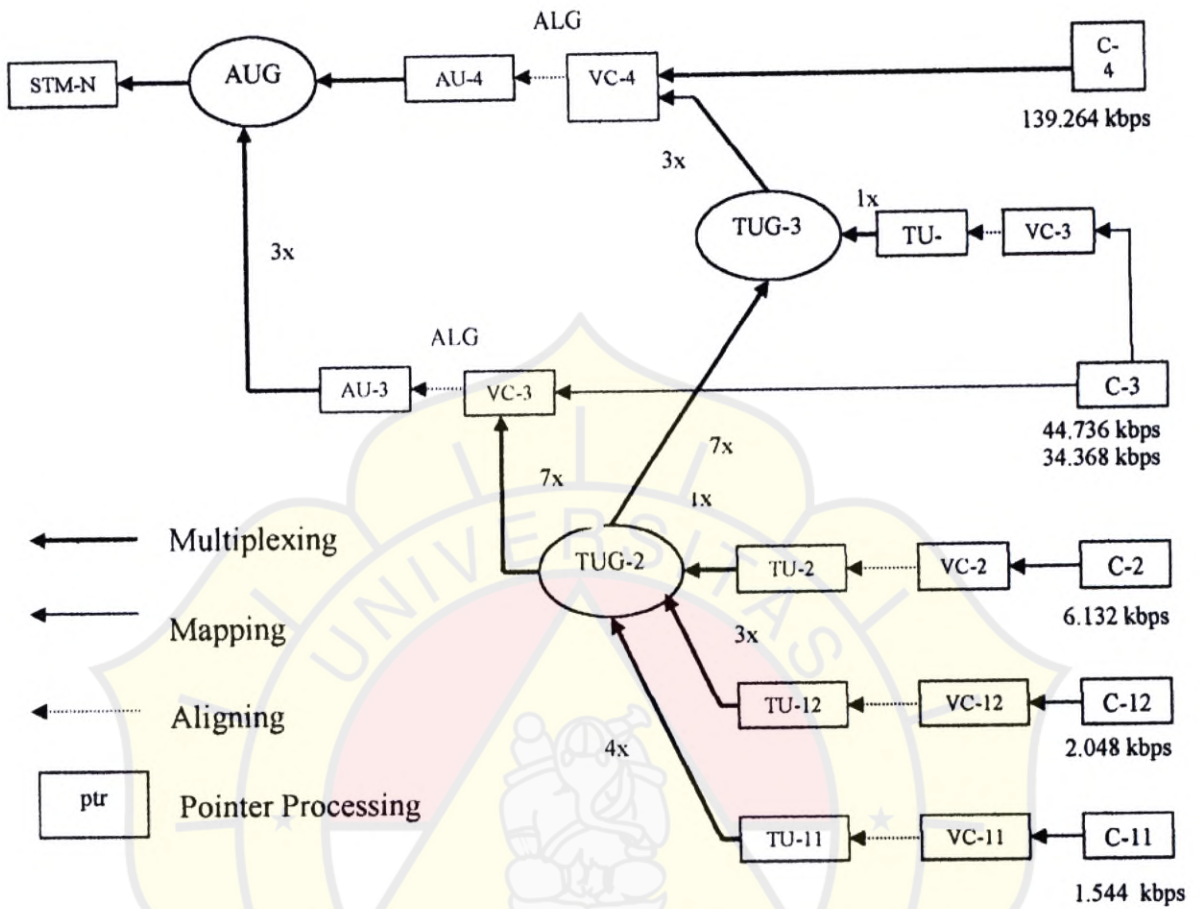


Gambar 2.12 : Hierarki MULDEX Digital Plesiochronous

2.5.2. Synchronous Digital Hierarki ( SDH )

SDH ( *Synchronous Digital Hierarki* ) merupakan sistem *multiplex* yang merupakan generasi setelah *multiplex* PDH ( *Plesiochronous Digital Hierarki* ). Signal dasar dari SDH disebut signal STM – 1 ( *Shynchronous Transport Module Level – 1* ) yang mempunyai kecepatan bit sebesar 155,52 Mbps, dan dapat menampung seluruh signal PDH. Untuk hubungan antar sentral umumnya menggunakan konfigurasi ring, sehingga untuk sistem proteksinya dinilai sangat handal. Gambar 2.16 menunjukkan hirarki pembentukan signal STM – 1.



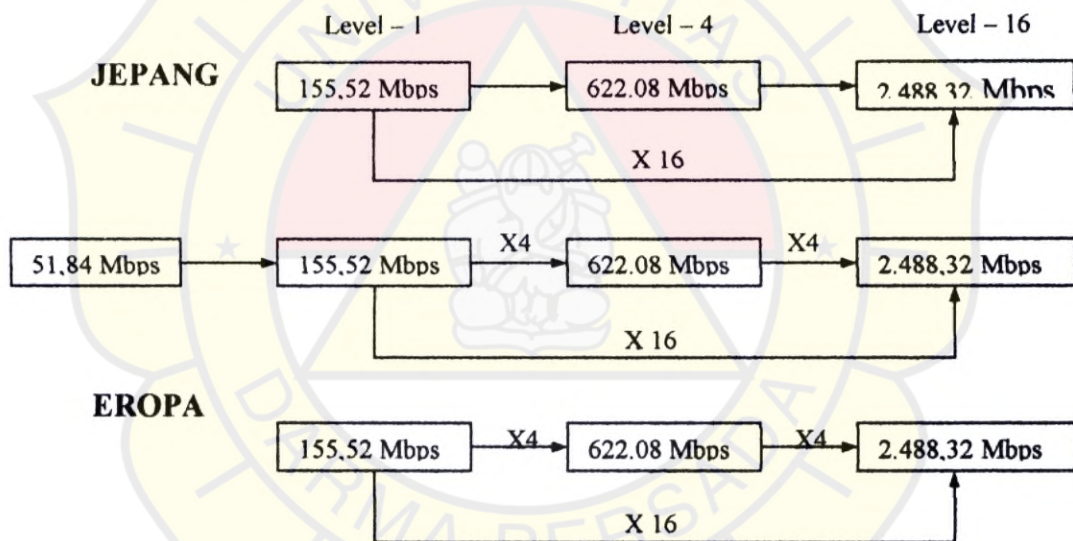


Gambar 2.13 : Pembentukan Signal STM – N

Struktur *multiplex* sinkron dibentuk dari elemen sinyal yang meliputi : *Container* ( C ), *Virtual Container* ( VC ), *Tributary Unit* ( TU ), *Tributary Unit Group* ( TUG ), *Administrative Unit Group* ( AUG ), *Synchronous Transfer Module* ( STM ). Masing – masing *tributary* dari PDH dipetakan kedalam *container* ( C ) yang sesuai dengan bit rate nya. *Container* ditambah *Path Overhead* ( POH ) menjadi VC, kemudian VC ditambah *pointer* membentuk TU, Secara *Byte interleaved* TU dimultiplex menjadi TUG. Untuk menuju ke *order* yang lebih tinggi ( *high order* ), TUG akan menjadi *Administration Unit* ( AU ) dan

beberapa AU dapat disusun secara *byte interleaved* menjadi AUG. AUG ditambah dengan *Section Overhead* (SOH) menjadi sinyal SDH yaitu sinyal STM – 1.

Karakteristik untuk signal SDH diantaranya, teknik *Multiplex* dari signal SDH adalah *byte per byte*. Sinkronisasinya menggunakan metode *Jastifikasi Positif, Negatif, dan Nol*. Adapun penyelarasan *phase* menggunakan teknik *pointer*. Tiap tahapan *Multiplex* memiliki struktur *frame* yang sama, dan pengaksesan signal dapat langsung tanpa melalui prosedur bertingkat. Gambar di bawah memperlihatkan *Hierarki* dan *standard bit rate* pada Sinyal Sinkron



**Gambar 2.14 : Hirarki Signal Sinkron**

Adapun beberapa penjelasan mengenai kelebihan dan kekurangan dari signal SDH diantaranya yaitu :

### 1. Kelebihan Signal SDH

- Dengan menggunakan teknik pointer maka proses *multiplex* / *demultiplex* akan lebih mudah





- b. Sinyal masukan dengan kecepatan bit rendah dapat langsung dirubah menjadi kecepatan bit tinggi
- c. Karena banyaknya *byte overhead* maka kemampuan operasi, administrasi, dan pemeliharaan ( OAM ) cukup memadai, bahkan untuk keperluan yang akan datang
- d. Kapasitas kanal yang dibawa cukup besar.
- e. Dapat mentransmisikan semua signal PDH

## 2. Kelemahan Signal SDH

- a. Karena semua perintah dilakukan dengan *software*, maka perlu keahlian khusus / pengetahuan khusus.
- b. Dalam 1 sistem STM – 1 hanya dapat menampung 63 x 2,048 Mbps
- c. Teknik *multiplex byte per byte* akan menimbulkan *jitter* yang lebih tinggi dibandingkan dengan system PDH
- d. Memerlukan signal *referensi clock*
- e. Banyaknya *byte overhead* yang belum dimanfaatkan

## 2.6 DASAR – DASAR PERHITUNGAN DALAM KONTINGENSI

Pembahasan dasar – dasar perhitungan yang dilakukan dalam melakukan sebuah kontingensi adalah perhitungan terhadap pendekatan *Power Link Budget*, untuk menentukan apakah jalur tersebut memenuhi prosedur untuk kontingensi.

### 2.6.1. Power Budget ( Anggaran daya )

Untuk dapat menentukan panjang kabel serat optik yang dibutuhkan dalam suatu sistem transmisi serat optik dapat dilakukan dengan pendekatan terhadap



perhitungan *Power Budget*. *Power budget* adalah metode perhitungan untuk mencari panjang rentang maksimum untuk menjamin target laju bit dalam kondisi yang paling buruk sistem masih dapat berfungsi dengan baik. Dari ketersediaan daya keluaran pengirim dan sensitivitas dari penerima optik cenderung mendekati total dari rugi – rugi yang terjadi selama pengiriman. Rugi – rugi itu diantaranya redaman dari kabel serat optik, rugi – rugi sambungan antar kabel dan rugi – rugi dari penyambungan yang terdapat pada sisi kirim dan sisi penerima. Untuk rugi yang tak terdeteksi dapat menambahkan *margin sistem* yang nilainya berkisar 4 sampai 10 dB.

#### 2.6.2. Parameter – Parameter Terhadap Analisa Power Link Budget

Syarat awal dalam melakukan sebuah kontingensi adalah terdapatnya *spare* terhadap jalur Fiber Optik untuk ruas yang akan dilalui jalur kontingensi. Untuk mengetahui apakah *link* yang akan digunakan sebagai *link* kontingensi itu masih memenuhi persyaratan teknis, maka perlu dievaluasi dengan pendekatan *Link Power Budget*. Pada *Link Power Budget*, panjang gelombang yang akan di *transmit* terlebih dahulu ditentukan, kemudian memilih komponen komponen yang beroperasi pada batas ini. Untuk jarak yang pendek ( 2 – 10 ) Km, maka daerah operasi pada panjang gelombang 800-900 nm sedangkan untuk jarak yang relatif jauh (>10 Km ) beroperasi pada panjang gelombang 1300-1550 nm, hal ini agar pelemahan dan *dispersinya* rendah.

Kemudian melihat jarak (  $L$  ) ( Km ) antar STO terhadap *link* yang akan dilakukan kontingensi, sehingga dapat terlihat ada berapa sambungan Fiber





Optiknya, sehingga rugi – rugi dari pada sambungan (  $S_L$  ) ( dB ) dapat dihitung sebagai syarat dalam menentukan *Power Link Budget*. Untuk sambungan ( *Splicing* ), terjadi setiap jarak 2 Km, dihitung dari titik awal. Kemudian syarat lain yang merupakan parameter – parameter terhadap Analisa *Power Link Budget* diantaranya;

1. Menentukan besarnya *Power Optikal* (  $P_s$  ) pada *Transmitter* ( dBm )
2. Menentukan besarnya *Sensitivitas Receiver* (  $P_r$  ) ( dBm )
3. Menentukan besarnya redaman yang di hasilkan dari konektor (  $C_L$  ) ( dB )
4. Menentukan besarnya rugi – rugi dari kabel serat optik yang digunakan (  $\alpha$  ) ( dB / Km )
5. Menentukan besarnya *MARGIN Sistem* (  $M_s$  ) ( dB ) yang nilainya berkisar antara 4 – 10 dB.
6. Menghitung besarnya *Total loss* (  $P_T$  ) ( dB ) yang terjadi, dari rugi – rugi yang dihasilkan oleh redaman kabel, redaman konektor, redaman sambungan dan *Margin Sistem*. Apabila  $PS$  adalah power optikal yang timbul pada saat akhir fiber menerima sumber cahaya, dan jika  $PR$  adalah sensitivitas dari receiver, maka :

$$PT = PS - PR = m lc + \alpha L + nS_L + Ms$$

(2 – 1)

dimana  $lc$  adalah rugi-rugi konektor,  $\alpha$  adalah pelemahan fiber (dB/km),  $L$  adalah jarak transmisi dan  $Ms$  adalah harga dari sistem batas. Untuk  $m$  adalah banyaknya



konektor di OLTE, dan  $n$  adalah banyaknya jumlah sambungan (*splicing*) pada jalur kontingensi.

Dari Rumus  $PT = PS - PR$ , maka dapat di tentukan besarnya Rx nominal apakah sesuai dengan standard sensitivitas margin untuk Rx dengan perhitungan

$$PR = PS - PT \quad (2 - 2)$$

Adapun syarat untuk Rx nominal adalah jika sensitivitas margin berkisar antara -12 dB s/d - 37 dBm. Bila ternyata redaman Rx yang dihasilkan kurang dari *Sensitivitas Margin*, maka perlu di tambahkan *fix Attenuator* untuk menambahkan redaman, agar sesuai dengan *standard* yang di tentukan.

Perhitungan yang digunakan dalam menentukan berapa besar Redaman *Attenuator* ( $R_A$ ) yang diperlukan adalah :

$$R_A = P_R - \text{Sensitivitas Margin} \quad (2 - 3)$$

