

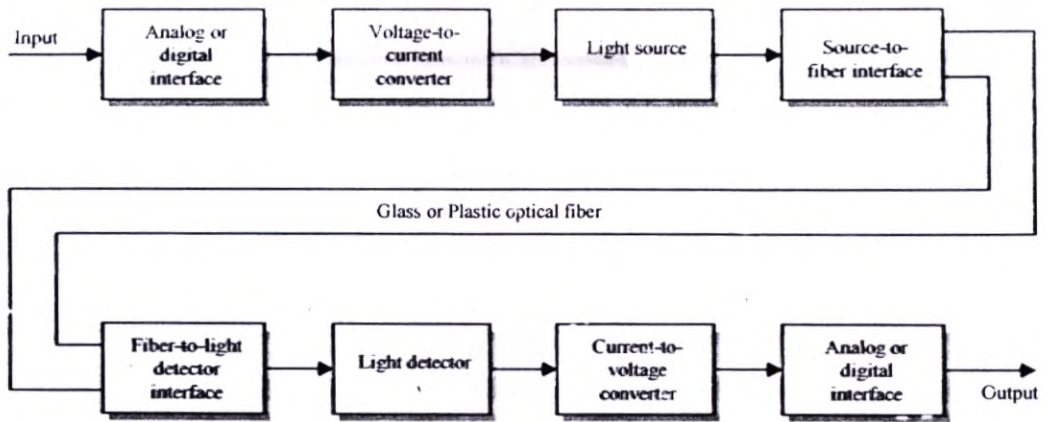
BAB II

JARINGAN LOKAL AKSES FIBER (JARLOKAF)

2.1. Teori Dasar Komunikasi Fiber Optik Sebagai Media Komunikasi

Fiber optik, yang merupakan terjemahan dari kata *fiber optic* merupakan istilah yang belum lama dikenal oleh masyarakat, dan merupakan teknologi yang belum memasyarakat, kecuali di kalangan pendidikan teknik. Padahal fiber optik saat ini merupakan tulang punggung sistem telekomunikasi dunia, termasuk di negara Indonesia.

Fiber optik merupakan salah satu alternatif sebagai media transmisi komunikasi yang cukup handal, karena memiliki keunggulan dibanding media lainnya. Sistem komunikasi fiber optik memanfaatkan cahaya sebagai gelombang pembawa informasi yang akan dikirimkan. Pada bagian pengirim, input yang berupa sinyal analog dirubah kedalam bentuk digital, sedangkan input yang berupa sinyal digital langsung diteruskan, sinyal digital merupakan tegangan ada dan tidak ada (1010....), tegangan tadi dirubah menjadi arus karena yang diperlukan untuk menggerakkan sumber cahaya (LED/LD) adalah arus, lalu cahaya tadi difokuskan untuk dimasukkan ke fiber dengan alat yang terdiri dari lensa-lensa, cahaya yang tadi masuk lalu keluar dan dirubah kembali menjadi arus oleh detektor, kemudian arus dirubah kembali kedalam bentuk tegangan, sesampainya di bagian penerima, sinyal tadi disesuaikan menurut kebutuhan (analog/digital). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Jaringan Komunikasi Fiber Optik

Keunggulan penggunaan fiber optik sebagai media transmisi antara lain:

- a. Lebar pita (*bandwidth*) yang luas, sehingga sanggup menampung informasi yang besar.
- b. Bentuk yang kecil.
- c. Tidak terpengaruh oleh medan listrik dan medan magnetis.
- d. Keamanan informasi.
- e. Karena di dalam fiber optik tidak terdapat sinyal listrik, maka fiber optik terjamin tidak terjadi ledakan ataupun percikan api. Di samping itu, fiber optik tahan terhadap gas beracun, bahan kimia dan air, sehingga cocok ditanam di dalam tanah.
- f. Substain sangat rendah, sehingga memperkecil jumlah sambungan dan jumlah *repeater*.

Disamping memiliki keunggulan, fiber optik juga memiliki kelemahan yang antara lain :

- a. Sulit membuat terminal pada kabel fiber optik

- b. Penyambungan fiber harus menggunakan teknik dan ketelitian yang tinggi.
- c. Mahal bila digunakan untuk aplikasi bandwidth sempit dan jarak dekat.

2.1.1. Konversi Analog ke Digital

Proses perubahan sinyal analog ke sinyal digital (A/D) melalui beberapa tahapan, yaitu:

- *Sampling*

Sampling merupakan langkah pertama dalam proses perubahan sinyal analog menjadi sinyal digital. Dalam proses *sampling* sinyal analog diubah menjadi *sample-sample* terpisah dengan interval waktu yang sama. Pada saat sinyal analog di-*sampling* sejumlah pulsa akan dihasilkan, pulsa tersebut merupakan pulsa termodulasi amplitudo (PAM). Amplitudo tiap pulsa yang berubah-ubah merupakan amplitudo dari setiap sinyal yang di-*sampling*.

Frekuensi *sampling* untuk *sampling* yang periodik adalah jumlah *sample* per unit waktu. Berdasarkan standart CCITT frekuensi *sampling* untuk sinyal suara (300 – 3400 Hz) pada jaringan telepon adalah 8000 kali per detik atau 8000 Hz. Maka interval tiap *sampling* mempunyai periode $1/8000$ Hz atau 125 μ s.

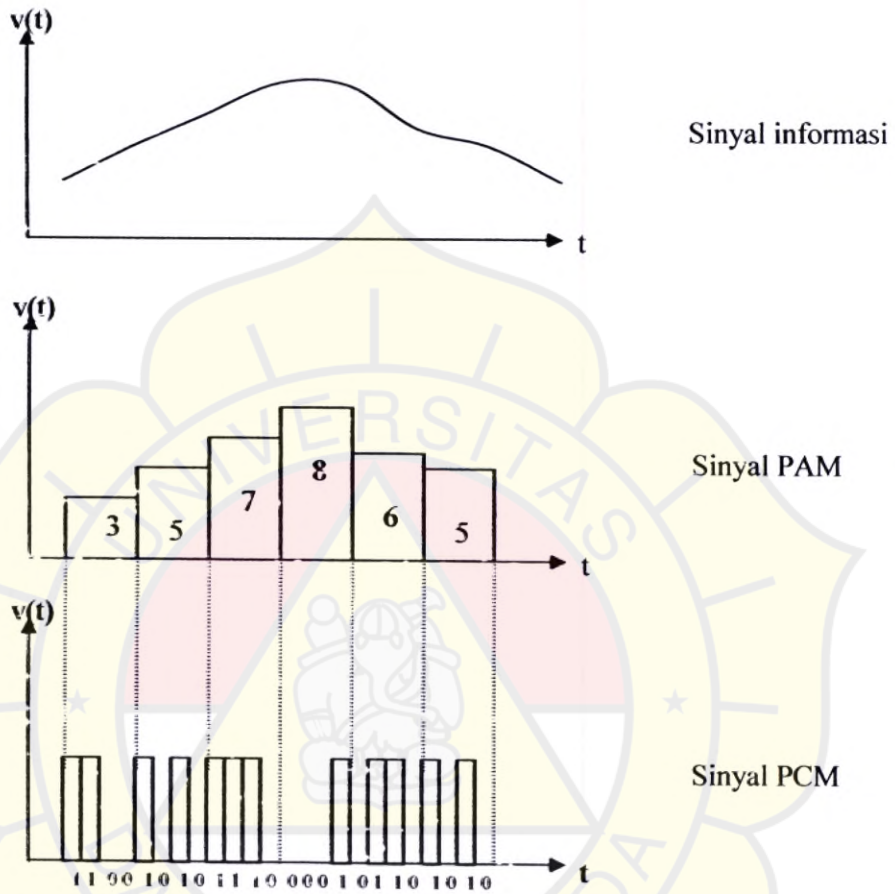
- *Quantizing*

Pada proses ini setiap *sampling* amplitudo gelombang diberikan harga numerik/level kuantum sesuai dengan besar amplitudo.

- *Coding*

Harga numerik dari amplitudo kemudian ditranslasikan menjadi 8 bit biner, dimana bit pertama digunakan sebagai bit tanda positif atau negatif dan 7 bit lain

digunakan untuk *coding amplitudo* sinyal. Setiap 8 bit biner disebut *sample*. Kecepatan *sampling* adalah 8000 *sample* per detik sama dengan 64000 bps.



Gambar 2.2. Proses Pembentukan Sinyal PCM

2.1.2. Sumber Optik

Seperti yang telah diterangkan di atas, bahwa sinyal informasi berupa besaran sinyal elektrik terlebih dahulu diubah menjadi sinyal optik. Hal ini dilakukan oleh suatu perangkat yang dikenal sebagai sumber optik. Sumber optik

pada system transmisi fiber optik berfungsi sebagai pengubah sinyal listrik/elektrik menjadi sinyal optik sebelum ditransmisikan ke media optik. Komponen yang biasanya digunakan sebagai sumber optik adalah *Light Emitting Diode* (LED) ataupun *Laser Diode* (LD).

1. Light Emitting Diode (LED)

LED merupakan diode semikonduktor yang memancarkan cahaya karena mekanisme emisi spontan.

Karakteristik dari LED antara lain:

- Permukaan aktif lebih besar dan sudut beam lebar, sehingga memerlukan serat multimode dengan core lebih lebar.
- Pada suhu ruang beroperasi lebih lama.
- Kurang sensitive terhadap temperature.
- Harga pembuatan dan biaya pemakaian relative murah.
- Daya keluaran optik LED adalah -33 s/d -10 dBm.
- Respon timenya antara 2-50 ns, frekuensi responnya < 500 MHz dan *output power* 1-10 mW.
- Proses modulasi yang diterapkan pada LED adalah modulasi intensitas. Pulsa listrik diwakili dengan kondisi ada arus atau tidak ada arus, secara langsung diubah menjadi pulsa optik atau cahaya.

2. Laser Diode (LD)

Diode Laser merupakan diode semikonduktor yang memancarkan cahaya karena mekanisme emisi terstimulasi.

Karakteristik dari LD antara lain :

- Permukaan aktif lebih kecil dan sudut beam sangat sempit, sehingga sesuai untuk serat *single mode step indeks* dengan rugi-rugi sangat rendah.
- Pada suhu ruang, beroperasi lebih cepat.
- Sangat sensitif terhadap temperatur.
- Harga relatif mahal.
- Daya keluaran optik dari LD adalah -12 s/d +3 dBm.
- Output powernya 1-100 mW dan frekuensi responnya lebih dari 500 MHz.
- Proses modulasi intensitas karena laser tidak linier, maka perlu ditambahkan arus pra tegangan searah (DC) agar dioda laser bekerja pada daerah linier.

2.1.3. Detektor Optik

Pada sisi penerima (*receiver*) sinyal yang semula ditransmisikan pada media optik dalam bentuk sinyal optik diubah kembali ke bentuk semula, yaitu berupa sinyal listrik/elektrik. Perangkat yang merubah sinyal tersebut dinamakan detektor optik. Komponen yang digunakan sebagai detektor optik antara lain adalah PIN/FET (*Positive Intrinsic Negative/Field Effect Transistor*) dan APD (*Avalence Photo Detector*).

1. PIN/FET (*Positive Intrinsic Negative/Field Effect Transistor*)

Karakteristik dari detektor optik ini antara lain:

- Mempunyai arus gelap (*dark current*) kecil
- Frekuensi *cut off* 20-400 MHz
- Daerah aktif 0,2-5 mm²

- Daerah kecil
- Sumber optik yang digunakan LED

2. APD (*Avalence Photo Detector*)

Karakteristik dari detektor optik ini antara lain:

- Mempunyai arus gelap (*dark current*) sangat kecil
- Frekuensi cut off > 500 MHz
- Daerah aktif < 1 mm²
- Gain besar dan daerah besar
- Amplifier : Menguatkan sinyal listrik dari *light detector*
- Sumber optik yang digunakan LD

2.1.4. Struktur Fiber Optik

Struktur fiber optik terdiri dari beberapa bagian, yang antara lain :

a. Inti (*core*)

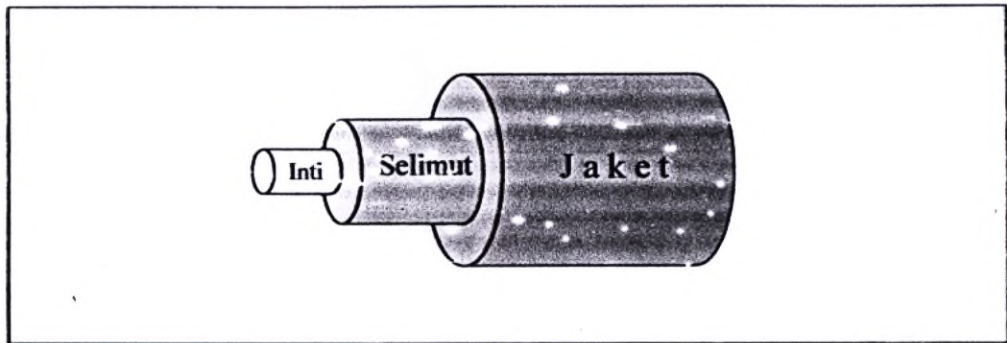
Bagian ini merupakan bagian utama dari fiber optik. Pada bagian ini terjadi suatu perambatan cahaya. Inti fiber optik yang terbuat dari kaca (gelas).

b. Selimut (*cladding*)

Bagian selimut fiber optik adalah bagian yang mengelilingi bagian inti dan memiliki indeks bias yang lebih kecil dari inti.

c. Jaket (*coating*)

Lapisan jaket fiber optik terbuat dari bahan plastik yang digunakan sebagai pelindung bagian inti dan selimut terhadap goresan atau sentuhan secara langsung.



Gambar 2.3. Struktur kabel fiber optik

2.1.5. Jenis-jenis Dalam Fiber Optik

Berdasarkan mode gelombang yang terjadi pada perambatan cahaya, maka fiber optik dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

2.1.5.1. *Singlemode Step Index*

Serat optik *singlemode* adalah serat optik yang hanya merambatkan satu mode cahaya (hanya ada satu lintasan pada bagian pusat fiber optik), untuk lebih jelasnya lihat pada Gambar 2.4. Serat optik ini dikerjakan dengan cara mengurangi diameter inti (*core*) serat optik sehingga hanya akan melewatkan satu mode saja, yaitu sejajar untuk merambat dalam serat optik tersebut.

Keuntungan *single mode*:

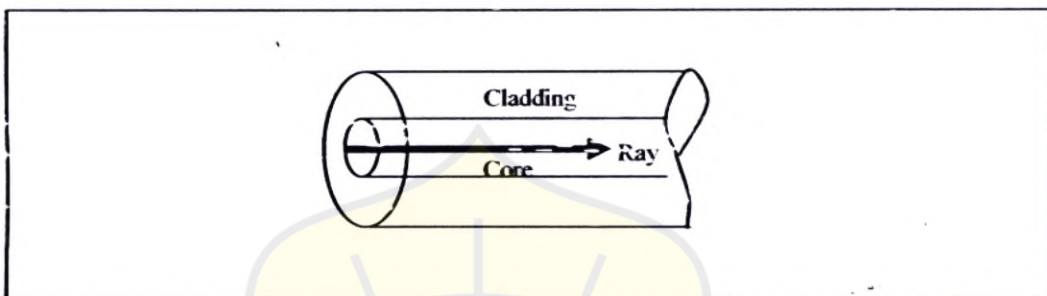
- *Dispersion loss* (rugi-rugi serapan) kecil, karena lintasan sejajar dengan *core*.
- Informasi cepat sampai, karena lintasan cahaya lurus.

Kerugian *single mode*:

- *Coupling* relatif lebih sulit untuk mencapai presisi, karena ukuran *core* yang kecil.

- Memerlukan biaya yang mahal, karena diperlukan sumber cahaya yang mudah diarahkan (seperti laser).

Fiber optik *single mode* sangat baik digunakan untuk menyalurkan informasi dengan jarak yang jauh.



Gambar 2.4. Perambatan cahaya *single mode*

2.1.5.2. Serat Optik *Multimode*

Serat optik *multimode* adalah serat optik yang merambatkan lebih dari satu mode cahaya. Untuk serat optik *multimode* jumlah mode yang ada (*axis*) secara aktual tergantung pada karakteristik serat optik lainnya dan dapat berkurang selama perambatan. Dalam pengaplikasiannya biasanya kabel serat optik *multimode* digunakan untuk komunikasi jarak dekat.

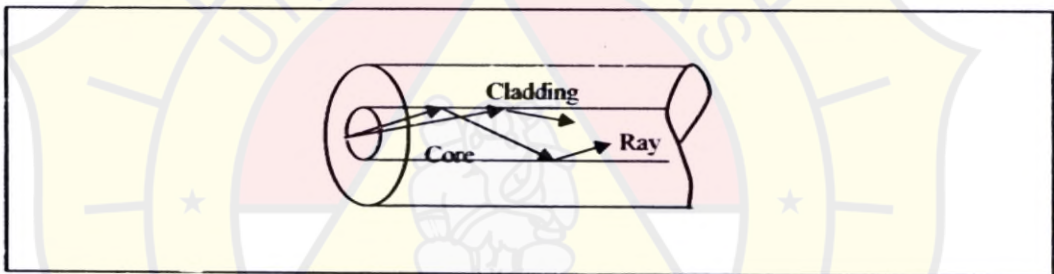
Ada dua jenis kabel serat optik *multimode*, yakni *multimode step-index* dan *multimode graded-index*, keduanya dibedakan oleh profil indeks bias *core* dan *cladding* masing-masing serat optik tersebut.

a. *Multimode Step-Index*

Serat optik *step-index* adalah serat optik yang *core* dan *cladding*-nya memiliki indeks bias yang berbeda tapi seragam disepanjang serat optik tersebut.

Pada daerah batas antara *core* dan *cladding* terdapat perubahan indeks bias. Pembatasan cahaya (*light confinement*) pada serat optik *step-index* disebabkan oleh sifat pemantulan *interface core-cladding*. Hal ini disebabkan oleh indeks bias yang berbeda dari kedua material tersebut. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5, berkas-berkas cahaya dipantulkan pada *interface core-cladding* dan dirambatkan sepanjang serat optik tersebut.

Berkas-berkas cahaya itu merambat dalam serat optik dalam alur-alur yang berbeda-beda. Kerana jarak tempuh dari masing-masing berkas cahaya berbeda maka waktu tiba cahaya-cahaya tersebut di ujung penerima juga akan berbeda-beda. Ini akan menghasilkan pelebaran pulsa yang ditransmisikan terhadap waktu.



Gambar 2.5. Perambatan cahaya *multimode step-index*

Keuntungan *multimode step-index*:

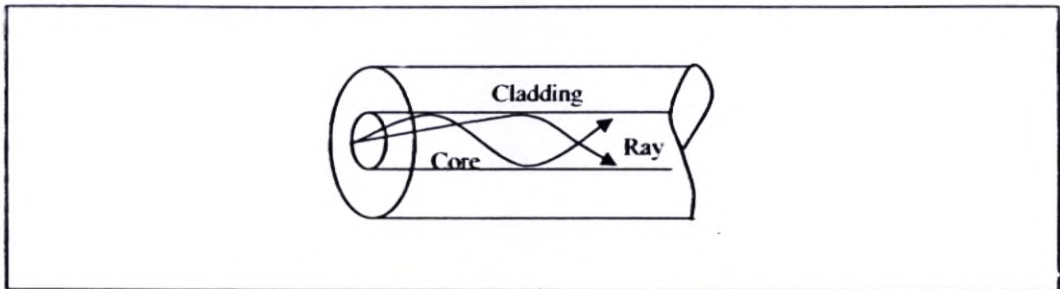
- Memerlukan biaya yang relatif lebih murah, karena lebih mudah dalam proses produksinya.
- Proses penyambungan lebih mudah.
- Mudah memasukkan cahaya ke dalam *core*, sehingga dapat memakai sumber cahaya dari LED (*Light Emitting Diode*).

Kerugian *multimode step-index*:

- Propagasi (rambatan) rendah, karena sumber cahaya di dalam *core* merambat dengan alur yang berbeda-beda.
- Banyak terjadi rugi-rugi atau gangguan akibat terpisahnya cahaya yang memiliki arah yang berbeda-beda.

b. *Multimode Graded-index*

Indeks bias inti serat optik *multimode graded-index* semakin jauh dari pusat akan semakin kecil. Indeks bias *cladding* seragam. Serat optik *multimode graded* ini akan membelokkan cahaya ke dalam sebuah alur bentuk gelombang karena indeks bias *core* berbeda-beda (lihat Gambar 2.6). Bagian lebih luar dari inti memiliki indeks bias yang lebih kecil dibandingkan dengan indeks bias pada pusat inti. Cahaya akan merambat lebih cepat pada material yang memiliki indeks bias yang lebih kecil. Berkas cahaya akan merambat pada jarak yang lebih panjang pada daerah yang lebih jauh dari pusat inti, sehingga memerlukan waktu yang lebih banyak untuk mencapai ujung serat optik (*fiber end*). Tapi karena cahaya merambat lebih cepat di daerah yang lebih jauh dari pusat inti maka waktu yang lebih lama akibat jarak tempuh tersebut secara persial akan terkompensasi oleh kecepatan berkas cahaya itu. Hal ini akan mengurangi jumlah pelebaran pulsa antara berkas cahaya di pusat inti dan berkas cahaya daerah yang lebih luar akibatnya dispersi *multimode* juga akan berkurang. Jadi tipe serat optik ini akan menghasilkan *bandwidth* laju data yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat optik *multimode step-index*.



Gambar 2.6. Perambatan cahaya *multimode graded-index*

Perambatan cahaya menggunakan *multimode graded-index* merupakan suatu penyempurnaan dari *multimode step-index*, sehingga bisa dikatakan *multimode graded-index* dibuat untuk mengurangi kerugian pada *multimode step-index*.

2.1.6. Bandwidth Serat Optik

Bandwidth serat optik adalah kapasitas informasi yang dapat dibawa oleh sebuah serat optik. *Bandwidth* serat optik dibatasi oleh *total dispersion* (*pulse broadening*). Dispersi membatasi kapasitas informasi yang dapat dibawa oleh serat optik karena pulsa-pulsa tersebut telah mengalami distorsi dan pelebaran, *overlapping* (saling tumpang tindih antara satu pulsa dengan pulsa yang lain) sehingga tidak dapat dibedakan lagi diujung penerima. Untuk menjaga bentuk pulsa tersebut maka pulsa-pulsa tersebut harus ditransmisikan dengan frekuensi yang lebih jarang (ini akan mengakibatkan laju data berkurang).

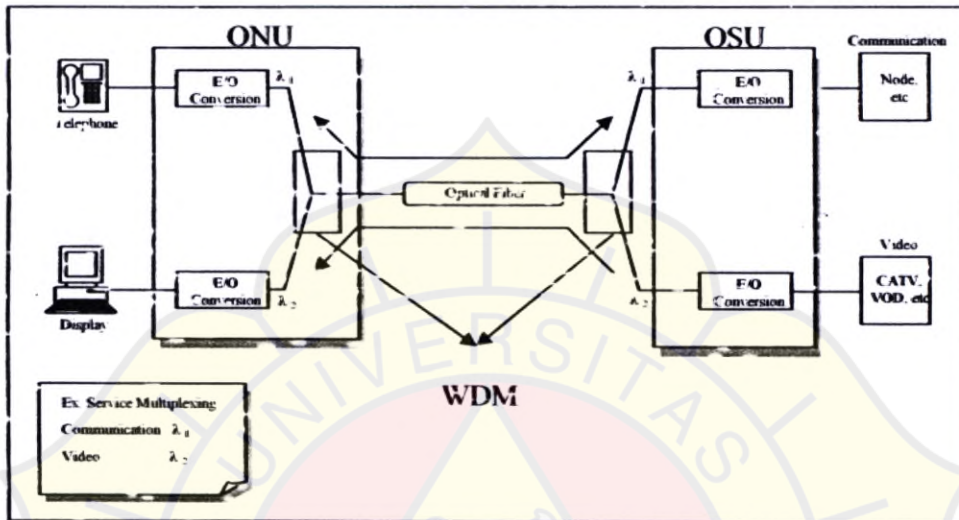
2.2. WDM (*Wavelength Division Multiplexing*)

Berkas – berkas optik dengan panjang gelombang berbeda akan merambat tanpa saling mengganggu (interferensi) antara yang satu dengan yang lainnya. Sehingga dengan menggunakan pembawa – pembawa yang mempunyai panjang gelombang berbeda, beberapa kanal informasi dapat ditransmisikan melalui suatu serat tunggal. Metode ini dinamakan penjamakan pembagian panjang gelombang *Wavelength Division Multiplexing* (WDM), yang memperbesar kapasitas penyaluran informasi suatu serat optik. Pada stasiun penerima, demultiplekser optik memisahkan pembawa-pembawa yang berbeda-beda panjang gelombangnya sebelum pendeteksian cahaya dari masing-masing isyarat (lihat Gambar 2.7).

Umumnya multiplekser / demultiplekser mempunyai serat-serat pada terminal masukan dan terminal keluarannya. Untuk mengganti serat-serat masukan dalam suatu multiplekser dengan sumber-sumber optik secara langsung terpadu dalam piranti. Piranti yang sama dapat berlaku sebagai demultiplekser. Multiplekser menggunakan serat-serat mode tunggal dengan rugi-rugi 6 sampai 7 dB per kanal. Demultiplekser menggunakan serat-serat mode jamak pada terminal-terminal keluaran dan mempunyai diameter relatif lebih besar daripada masukan-masukan dalam multiplekser untuk menghasilkan rugi-rugi yang lebih rendah (<2 dB/kanal). Penjamakan panjang gelombang mempunyai beberapa karakteristik penting yang membedakan dari metode-metode penjamakan lainnya. Karakteristik tersebut antara lain:

- Penjamakan panjang gelombang merupakan piranti pasif secara keseluruhan, sehingga tidak memerlukan suatu daya elektrik.

- Penjamakan panjang gelombang adalah bolak-balik, artinya dengan piranti yang sama dapat berlaku sebagai multiplexer atau demultiplexer.
- Kanai-kanal WDM adalah independen satu dengan yang lainnya.
- Kanal-kanal WDM adalah: sesuai untuk format data.



Gambar 2.7. Aplikasi Wave Division Multiplexing (WDM)

Prinsip kerja sistem WDM berdasarkan dua mekanisme, yaitu dispersi sudut dan rugi-rugi sisipan. WDM adalah merupakan sifat yang penting dari multiplexer / demultiplexer, karena keduanya mempunyai pengaruh secara langsung pada perhitungan daya sistem. Rugi-rugi sisipan adalah penyusutan daya suatu gelombang cahaya yang berjalan dari terminal masukan ke terminal keluaran yang dikehendaki. Dispersi sudut sangat bergantung pada struktur piranti, banyaknya kanal dan spasi antar kanal. Selain itu rugi-rugi sisipan juga masih dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, daya pemancar, pusat bit dan kepekaan penerima.

2.3. Sistem JARLOKAF

Jaringan akses fiber atau *Optical Access Network* atau yang lebih sering disebut dengan JARLOKAF (Jaringan Lokal Akses Fiber), merupakan suatu solusi strategis bagi jaringan pelanggan namun sangat sensitif terhadap jenis teknologi. Pelanggan suatu teknologi JARLOKAF tidak optimum bila diterapkan secara kasus per kasus, baik sisi perencanaan maupun pengoperasian. Keberadaan panduan dan ketepatan pemilihan teknologi sangat mempengaruhi kesuksesan kegiatan operasi dan perawatan, efektifitas investasi serta kemudahan menyediakan jasa-jasa baru.

Teknologi JARLOKAF adalah teknologi yang sedang berkembang sehingga berbagai metode transmisi diungkinkan untuk diterapkan dan relatif masih terbatas jumlah implementasinya dilapangan. Pemilihan teknologi JARLOKAF harus memperhatikan beberapa kriteria antara lain :

- a. Jenis jasa dan kapasitas.
- b. Kemudahan Operation dan Maintenance.
- c. Konfigurasi dan kehandalan sistem (*reliability*).
- d. Kompatibilitas antar muka dan sesuai dengan standard (*compatibility*).
- e. Tidak mudah usang dan dijamin produksinya.
- f. Biaya efektif.
- g. Tahapan pembangunan dan pengembangan dari teknologi JARLOKAF.

2.4. Komponen Sistem JARLOKAF

Secara umum sistem JARLOKAF terdiri dari:

2.4.1. OLT (*Optical Line Terminal*)

OLT adalah perangkat dari sistem JARLOKAF pada sisi sentral yang berfungsi sebagai *interface* bagi sistem JARLOKAF dan dapat dihubungkan minimal dengan 4 ODN. OLT juga berfungsi sebagai HDT (*Host Digital Terminal*), dimana OLT sebagai konsentrasi fungsional menghubungkan OLT dengan sentral melalui TU (*Tributary Unit*). TU merupakan *interface* OLT dengan sisi jaringan yang bersifat spesifik untuk layanan tunggal dan dapat dikonfigurasi untuk suatu layanan atau menyokong dua atau lebih layanan telekomunikasi.

OLT yang dipakai sistem JARLOKAF disebut OSAN (*Optical Subscriber Access Node*) yang merupakan alat konversi optik ke listrik. Sinyal – sinyal saluran optik itu dikonversikan kedalam 2 Mbps sinyal listrik. Pada OLT terdapat COT (*Central Office Terminal*) yang merupakan demultiplexer yang memberikan sejumlah antarmuka pada level 64 Kbps.

Untuk meningkatkan fleksibilitas jaringan, *cross connect* dapat ditempatkan diantara *line equipment* dan sentral. Cross connect beroperasi pada level 64 Kbps.

Jumlah perangkat OLT yang diperlukan dalam suatu jaringan lokal akses fiber optik dapat dicari dengan persamaan 2.1.

$$\text{Jumlah OLT} = \frac{\text{POTS} + \text{Other service}}{\text{Kapasitas OLT}} \quad \text{-----} \quad (2.1)$$

2.4.2. ODN (*Optical Distribution Network*)

ODN adalah infrastruktur distribusi serat optik yang secara garis besar terdiri dari: kabel serat optik, penghubung (*couplers*) dan pembagi atau pemisah (*splitter*) yang membagi atau memisahkan sebuah serat optik secara optis menjadi beberapa arah untuk melayani satu pelanggan atau sekelompok pelanggan. ODN memberikan fasilitas transportasi optik secara fisik antara OLT dan ONU.

ODN terdiri dari satu serat optik untuk hubungan simpleks atau dua serat optik untuk hubungan dupleks yang dihubungkan ke OLT dan pencabangan pada PS (*Passive Splitter*) menuju DS (*Distribution Section*). Setiap serat pada DS menghubungkan ONU tertentu dengan ODN. Setiap ODN dapat mengirimkan sejumlah 64 Kbps saluran dua arah (*bidirectional*) dan dirancang untuk meningkatkan kemampuan sistem saluran digital yang berbeda dengan saluran serat optik yang sama.

Kapasitas ODN menunjukkan jumlah kanal yang dapat disalurkan pada suatu cabang serat optik dengan sistem transmisi tertentu. Kapasitas ODN bervariasi sekitar 200, 480, 960, 800 kanal dan 1920 kanal. Dan jumlah ODN yang mungkin digunakan minimal 4 buah.

2.4.2.1. Konektor dan Sambungan (*splices*)

Pada saluran – saluran transmisi serat optik, setiap serat pada salah satu ujungnya harus berakhir pada pemancar dan ujung yang lainnya pada penerima. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka pada setiap peralatan pemancar dan penerima dilengkapi dengan serat ekor babi (*pig tail*) yang terpasang secara

permanen dengan rugi – rugi yang timbul dibuat seminim mungkin, atau dapat juga dibuat konektor – konektor yang dapat dibongkar pasang sehingga memudahkan pada saat perawatan.

Bila jangkauan serat optik pada sistem cukup panjang dari panjang maksimum serat yang tersedia, maka harus dilakukan penyambungan pada serat tersebut sesuai dengan kebutuhan. Penyambungan juga bisa dilakukan apabila ada bagian serat yang patah.

2.4.2.2. Passive Splitter

Passive Splitter adalah jenis perangkat pasif dalam suatu jaringan serat optik yang berfungsi sebagai pembagi saluran dari satu saluran kabel optik menjadi beberapa saluran kabel fiber optik dan umumnya diletakkan diantara OLT dan ONU.

2.4.2.3. Redaman Maksimum

Faktor yang perlu diperhatikan pada suatu sistem transmisi adalah besarnya faktor redaman (L_0). Faktor redaman ini dipengaruhi oleh komponen – komponen dari ODN yaitu: redaman serat optik yang digunakan, jarak maksimum, jumlah *splices* dan redaman *splices*, jumlah konektor dan redaman konektor, dan redaman *passive splitter*.

$$\text{Total redaman, } L_0 = L_f + N_c \cdot L_c + N_s \cdot L_s + L_{ps} \text{ (dB)} \quad \text{----- (2.2)}$$

Dimana: L = Panjang kabel optik (Km)
 L_f = Redaman fiber (dB/Km)
 N_c = Jumlah konektor
 L_c = Redaman konektor (dB)
 N_s = Jumlah *splice*
 L_s = Redaman *splice* total (dB)
 L_{ps} = Redaman *passive splitter* (dB)

Standar di PT. TELKOM Jakarta Selatan redaman hingga jarak 2 Km sebesar 11 dB.

2.4.3. ONU (*Optical Network Unit*)

ONU merupakan terminal dari jaringan optik dan implementasi antarmuka pada sisi pelanggan dari jaringan akses. ONU terdiri dari power supply dan baterai cadangan, *line equipment*, *service unit (line card)* dan fasilitas uji saluran pelanggan (*control unit*). ONU memiliki alat konversi dari optik ke listrik (*down stream*) dan dari listrik ke optik (*up stream*), alat konversi tersebut dapat mengubah sinyal optik menjadi berbagai pelayanan telekomunikasi (sinyal listrik) untuk pelanggan.

Perhitungan kapasitas ONU mengacu pada jumlah maksimum POTS dalam satu card, yaitu dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$\text{Kapasitas ONU} = \text{POTS} + \text{Jenis Layanan Lain} \dots \dots \dots (2.3)$$

2.5. Service JARLOKAF

Service yang disediakan oleh JARLOKAF diantaranya meliputi:

- POTS (*Plain Old Telephony Service*)
Adalah jenis layanan telekomunikasi yang menggunakan fasilitas saluran telepon dan menyalurkan sinyal suara dengan kecepatan 64 Kbps.
- ISDN BRA (*Basic Rate Acces*)
Adalah service ISDN yang mempunyai kapasitas kanal (2B+D) dimana kanal B sebesar 64 Kbps yang digunakan sebagai kanal informasi dan kanal D sebesar 16 Kbps yang digunakan sebagai signalling maupun data.
- ISDN PRA (*Primary Rate Acces*)
Adalah service ISDN yang mempunyai kapasitas kanal (3B+D) dimana kanal B sebesar 64 Kbps yang digunakan sebagai kanal informasi dan kanal D sebesar 64 Kbps yang digunakan sebagai signalling maupun data.
- 2,048 Mbps *digital lease line*
Saluran sewa digital yang memiliki 30 kanal informasi dan 2 kanal untuk signalling.
- 64 Kbps *digital lease line*
Adalah jenis layanan telekomunikasi yang dilakukan pada saluran sewa digital dengan kapasitas maksimum suara 64 Kbps.
- N x 64 Kbps *digital lease line*
Adalah jenis layanan pada saluran sewa digital dengan kapasitas maksimum N x 64 Kbps, dimana N adalah 2,3,4,.....,30.

Selain service tersebut, JARLOKAF juga dapat mensupport layanan broadcast dan layanan interaktif secara simultan:

- CATV (*Cable TV*)
- VOD (*Video On Demand*)

2.6. Rugi – Rugi

Rugi – rugi secara garis besar disebabkan oleh:

- Rugi – rugi karena serat optik itu sendiri

Rugi – rugi karena serat optik itu sendiri dapat terjadi karena adanya ketidaksesuaian ukuran inti pada saat pembuatan serat optik serta adanya penyerapan.

- Rugi – rugi karena instalasi

Rugi – rugi karena instalasi dapat terjadi karena beberapa sebab, yaitu: kesalahan letak / penjajaran inti pada saat penyambungan, pemotongan ujung serat yang tidak sempurna, adanya kotoran yang masuk pada saat penyambungan serta *fibreg bending* (tekukan serat) yang berlebihan.

- Rugi – rugi karena kondisi lingkungan

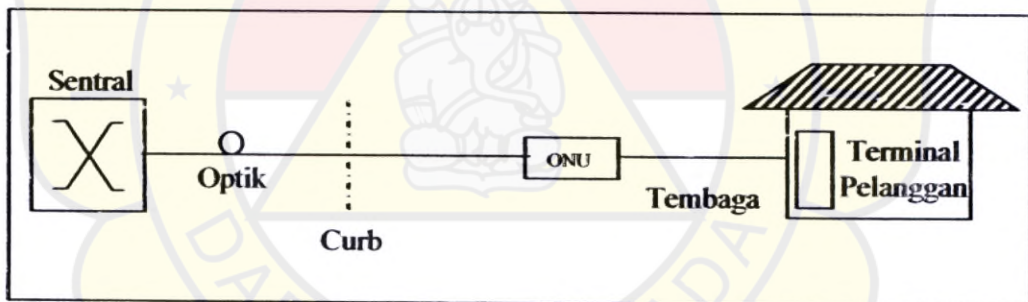
Rugi – rugi karena kondisi lingkungan dapat terjadi karena adanya gas hidrogen yang masuk ke dalam *silica glass* dan perembesan air, sehingga dapat menaikkan *optical loss*.

2.7. Modus Aplikasi

Sistem JARLOKAF paling sedikit memiliki 2 (dua) buah perangkat opto elektronik yaitu 1 (satu) perangkat opto-elektronik disisi sentral dan 1 (satu) perangkat di sisi pelanggan selanjutnya disebut Titik Konversi Optik (TKO). Perbedaan letak TKO menimbulkan modus aplikasi atau arsitektur JARLOKAF berbeda pula yaitu :

a. *Fiber To The Zone* (FTTZ)

TKO terletak di suatu tempat yang berada di luar bangunan, baik didalam kabinet dengan kapasitas besar. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa kilometer. FTTZ umumnya diterapkan pada daerah perumahan yang jaraknya jauh dari sentral atau bila infrastruktur *duct* kabel tembaga. Arsitektur FTTZ dapat dilihat pada Gambar 2.8.

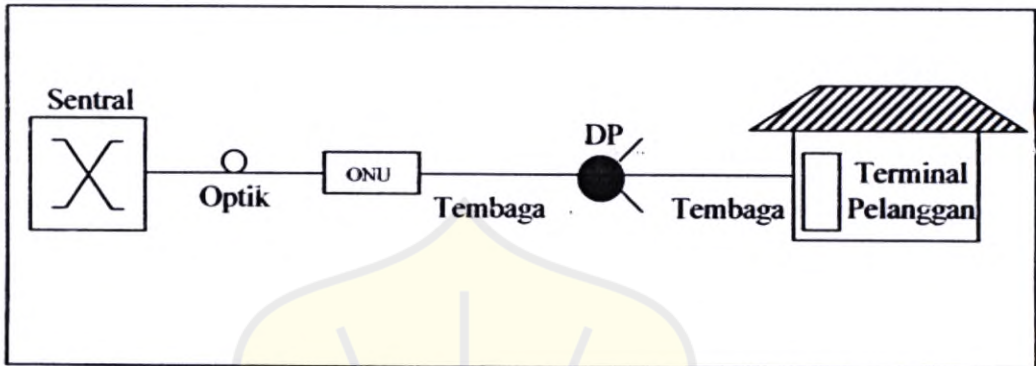


Gambar 2.8. Arsitektur FTTZ

b. *Fiber To The Curb* (FTTC)

TKO terletak di suatu tempat yang berada di luar bangunan, baik didalam kabinet, di atas tiang atau di dalam manhole dengan kapasitas lebih kecil (≤ 120 SST). Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa ratus meter. FTTC dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis yang letaknya

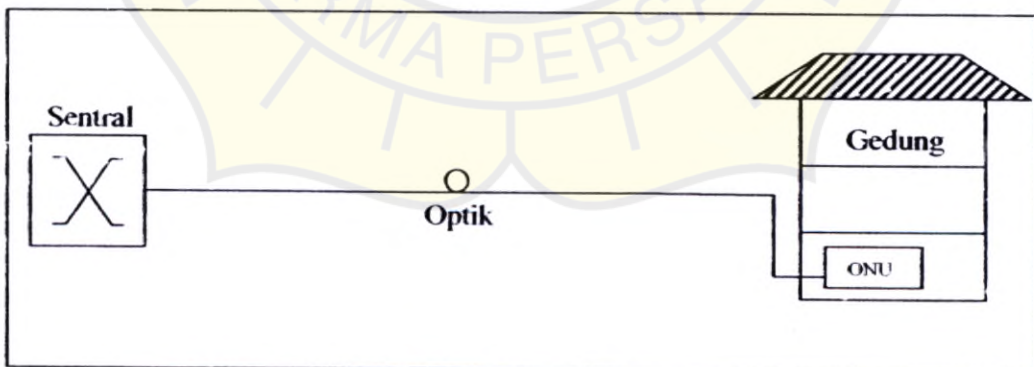
terkumpul di suatu area terbatas namun tidak berbentuk gedung-gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahan yang pada waktu dekat akan menjadi pelanggan jasa hiburan. Arsitektur FTTC dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Arsitektur FTTC

c. *Fiber To The Building* (FTTB)

TKO terletak di dalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi di basement namun juga dimungkinkan diletakkan pada beberapa lantai gedung tersebut. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indor atau IKR. FTTB dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis di gedung-gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahan di apartemen. Arsitektur dapat dilihat pada Gambar 2.10.

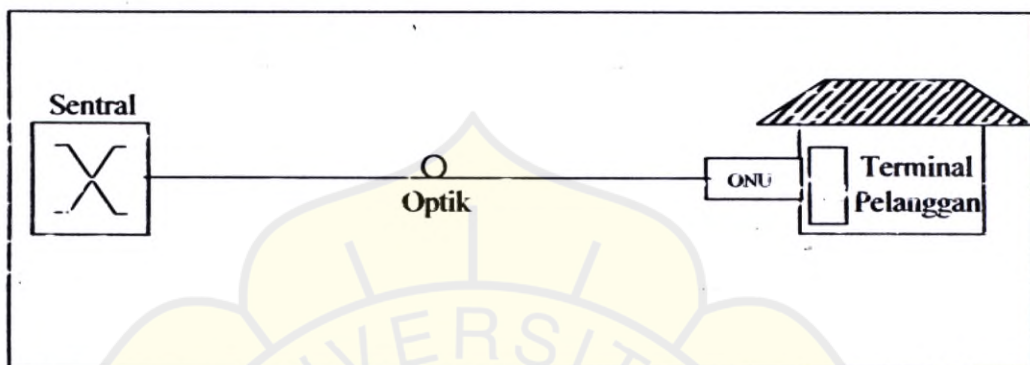


Gambar 2.10. Arsitektur FTTB

d. *Fiber To The Home* (FTTH)

TKO terletak di dalam rumah pelanggan. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indor atau IKR hingga beberapa puluh meter.

Arsitektur FTTH dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Arsitektur FTTH

2.3. Konfigurasi Jaringan

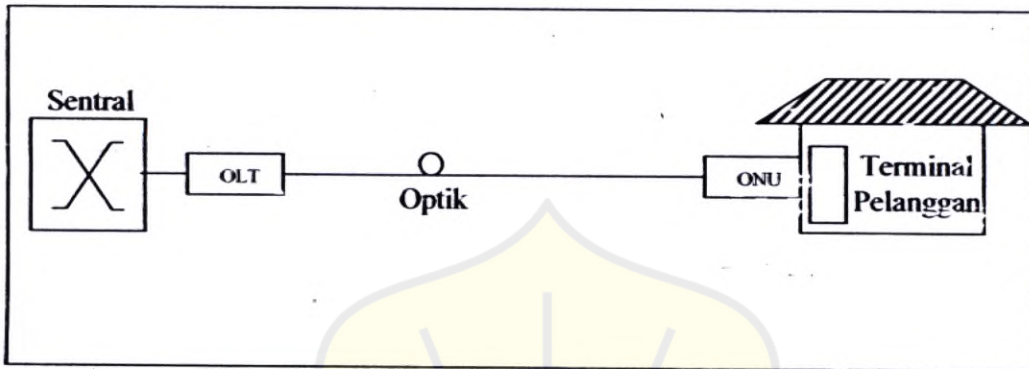
Jarlokaf mempergunakan beberapa konfigurasi jaringan yang digunakan dalam menjalankan teknologi-teknologi standar yang ada di Jarlokaf.

Konfigurasi – konfigurasi jaringan tersebut adalah :

1. Single Star (*Point to point*)

Konfigurasi *Single Star (Point to point)* adalah JARLOKAF yang memiliki satu buah titik star kabel yaitu pada perangkat opto-elektronik di sisi sentral. Keuntungan konfigurasi ini adalah kapasitas (*bandwidth*) yang tinggi, *privacy* dan sederhana. Sedangkan kekurangan konfigurasi ini adalah kurang sesuai bagi pelanggan yang didistribusikan menyebar karena konfigurasi ini diperuntukan bagi pelanggan yang terkonsentrasi. Jenis teknologi JARLOKAF yang dapat menggunakan konfigurasi ini

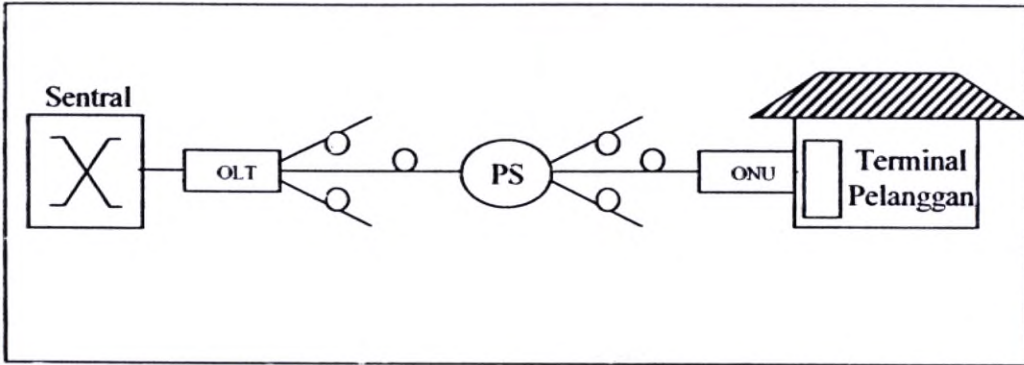
adalah *Digital Loop Carrier (DLC)*. Konfigurasi *Single Star* dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Konfigurasi *Single Star*

2. Double Star

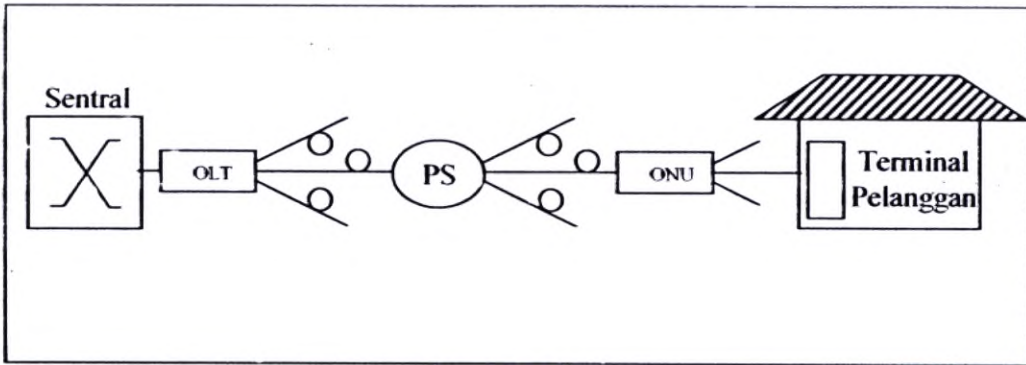
Konfigurasi *Double Star* adalah JARLOKAF yang memiliki lebih dari satu buah titik star kabel serat optik dimana titik star pertama terletak diperangkat opto-elektronik di sisi sentral dan titik star kedua terletak di *Passive Splitter*. Keuntungan konfigurasi ini adalah bahwa kebutuhan kabel serat optik dari sentral lebih sedikit, sehingga investasi awal lebih murah. Sedangkan kekurangan konfigurasi ini adalah adanya perangkat tambahan pada titik *star* kedua baik komponen pasif ataupun perangkat aktif opto-elektronik, sehingga membatasi *privacy* dan membutuhkan perawatan tambahan. Jenis teknologi yang menggunakan konfigurasi ini antara lain adalah yang berdasarkan teknologi PON (*Passive Optical Network*) ataupun AON(*Active Optical Network*). Konfigurasi *Double Star* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Konfigurasi *Double Star*

3. Triple Star

Konfigurasi *Triple Star* adalah JARLOKAF yang memiliki tiga titik star kabel dimana titik star pertama terdapat pada perangkat opto-elektronik di sentral, titik star kedua terletak pada perangkat opto-elektronik di lokasi rumah kabel dan titik star ketiga terletak pada DP. Keunggulan konfigurasi ini adalah harga investasi yang lebih murah karena dapat menggunakan jaringan kabel tembaga yang ada dan bersama perangkat opto-elektronik dan serat optik. Sedangkan kekurangan konfigurasi ini adalah berkurangnya *bandwidth*, *privacy* dan bertambahnya O&M (*Operation and Maintenance*) perangkat opto-elektronik serta tidak mudah berevolusi ke jaringan broadband. Jenis teknologi yang menggunakan konfigurasi ini antara lain adalah yang berdasarkan teknologi PON (*Passive Optical Network*) ataupun AON (*Active Optical Network*). Konfigurasi *Triple Star* dapat dilihat pada Gambar 2.14.

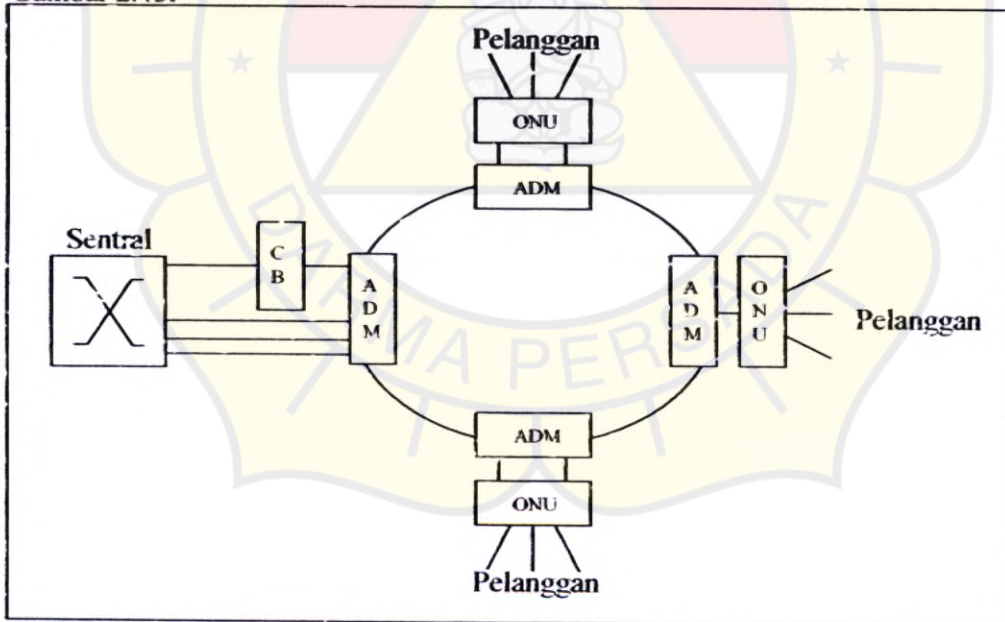


Gambar 2.14. Konfigurasi *Triple Star*

4. Ring dengan SDH

Topologi ring dengan SDH adalah dengan penggunaan perangkat ADM yang bertujuan sebagai proteksi beberapa point sekaligus. Keuntungan topologi ini adalah untuk peningkatan keandalan sistem dan dapat juga menghemat jumlah serat optik yang aktif. Jenis topologi ini memungkinkan untuk menggabungkan topologi single star dan multiple star dengan ring. Topologi Ring dengan SDH dapat dilihat pada

Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Konfigurasi Ring dengan SDH

Dari beberapa konfigurasi jaringan diatas dapat dilihat kekurangan dan kelebihan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Konfigurasi JARLOKAF

KONFIGURASI	KEUNGGULAN	KEKURANGAN
Single Star	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kapasitas kabel tinggi ➤ Privacy terjamin ➤ Sederhana ➤ Mudah berevolusi ke jaringan broadband 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kurang sesuai untuk pelanggan yang menyebar ➤ Secara keseluruhan maial
Double Star	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Jumlah kabel yang digunakan lebih sedikit ➤ Investasi awal lebih murah 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dibutuhkan perangkat tambahan ➤ Keterbatasan privacy
Triple Star	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Investasi awal lebih murah 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bandwidth berkurang ➤ Keterbatasan privacy ➤ Bertambahnya perangkat optoelektronik ➤ Tidak mudah berevolusi ke jaringan broadband
Ring	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Peningkatan kehandalan ➤ Menghemat jumlah serat optik yang aktif 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Penambahan jumlah perangkat aktif di jaringan ➤ Kabel serat optik yang dibutuhkan lebih banyak

2.9. Teknologi JARLOKAF

Dalam JARLOKAF terdapat beberapa teknologi untuk menghubungkan sentral telepon ke pelanggan, yaitu :

1. *Digital Loop Carrier (DLC)*

Teknologi DLC merupakan perangkat yang mengubah sinyal suara keluaran dari sentral (kecepatan 64 kbps) menjadi sinyal berkecepatan 2 Mbps dengan teknologi PCM-30 pada sistem pelanggan. Teknologi ini memiliki dua perangkat utama, yaitu di sisi sentral yang disebut dengan *Central Termination (CT)* dan di sisi pelanggan

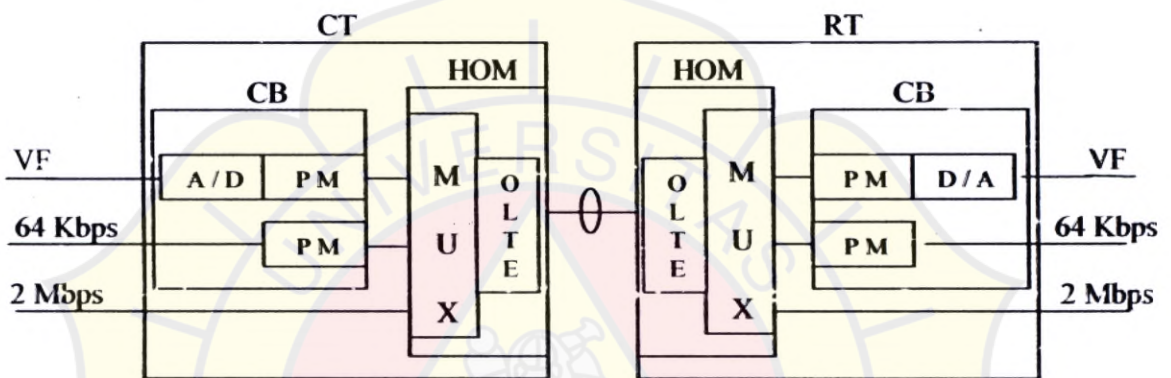
yang disebut *Remote Termination* (RT). Keseluruhan fungsi perangkat dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

a. *Channel Bank*

Yaitu hasil meringkas beberapa buah *multiplexer* yang berkapasitas 30 kanal.

b. *High OrderMux* (HOM)

Yaitu hasil meringkas beberapa multiplexer tingkat tinggi dengan sebuah OLTE yang bersesuaian.



Gambar 2.16. Blok Diagram DLC

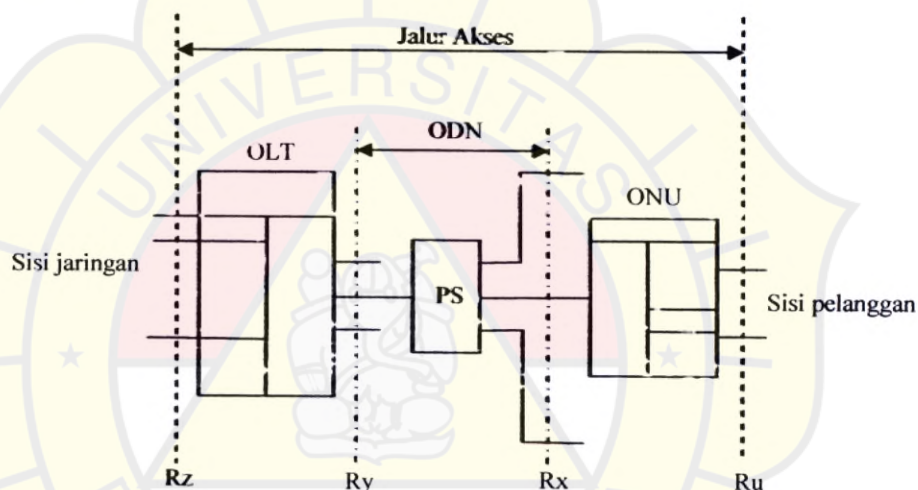
Tabel 2.2 Pembagian sistem DLC

TYPE	KAPASITAS	KECEPATAN BIT
I	120	8 Mbps
II	240	34 Mbps
III	480	34 Mbps
IV	960	140 Mbps

2. *Optical Access Network* (OAN)

OAN merupakan suatu teknologi yang dikembangkan berdasarkan teknologi PON dan mempunyai hubungan point to *multipoint*. Sistem OAN memiliki dua buah perangkat optoelektronik, yaitu *Optical Line Termination* (OLT) yang

biasanya terletak di sisi sentral dan perangkat *Optical Network Unit* (ONU) yang tersebar di dekat lokasi pelanggan. Perangkat OLT biasanya terletak pada suatu perangkat yang dikenal dengan nama OSAN (*Optical Subscriber Access Network*). Pada sistem ini juga terdapat perangkat yang disebut dengan *Passive Splitter* (PS), yaitu suatu perangkat pasif yang berfungsi sebagai pembagi saluran dari satu saluran serat optik menjadi beberapa saluran serat optik. PS ini umumnya diletakkan diantara OLT dan ONU. Sistem OAN dapat memiliki sistem proteksi yang terletak pada bagian OLT ke PS.



Gambar 2.17. Blok Diagram PON / OAN

Tabel 2.3 Perbandingan teknologi PON dan DLC

JARLOKAF	Type	Kapasitas Perangkat		Bit rate
		Di lokasi sentral	Di lokasi pelanggan	
PON	I	800	4	Berbeda setiap pabrikan
	II	800	16	
	III	800	30	
	IV	800	60	
	V	800	120	

DLC	I	120	120	8 Mbps
	II	240	240	34 Mbps
	III	480	480	34 Mbps
	IV	1920	1920	140 Mbps

2.10. Prinsip Dasar *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH)

SDH adalah suatu teknologi jaringan digital yang memiliki struktur transport secara *hierarchy* yang didesain untuk mengangkut muatan – muatan yang disesuaikan dengan tepat pada suatu jaringan transmisi. Teknologi SDH mempunyai kemampuan Add and Drop Multiplexer (ADM) pada 2 Mbps langsung dari dan ke STM-1 (155,520 Mbps) dengan Digital Cross Connect (DCC) yang dapat mengatur dan merutekan link – link Virtual Container (VC-1, VC-2, VC-3 dan VC-4) secara fleksibel yang diatur dengan manajemen jaringan sesuai dengan kebutuhan, selain itu teknologi SDH mempunyai sistem manajemen jaringan tersendiri yang sangat membantu untuk meningkatkan cara kerja jaringan, serta dapat dikendalikan secara terintegrasi dengan sistem penyambungan melalui konsep Terminal Multiplexer (TM). SDH dengan teknologi barunya ini sangatlah tepat untuk komunikasi maju (B-ISDN) dan lebih fleksibilitas dalam menyediakan fasilitas link – link VC-1, VC-2, VC-3 dan VC-4 (drop and insert) sesuai dengan kebutuhan.

2.10.1. Susunan Hierarchy SDH

Synchronous Digital Hierarchy (SDH) merupakan hirarki pemultiplekan yang berbasis pada transmisi sinkron yang telah ditetapkan oleh CCITT (ITU). SDH terdiri dari perangkat *add/drop multiplexer* (ADM) dan *cross connect*.

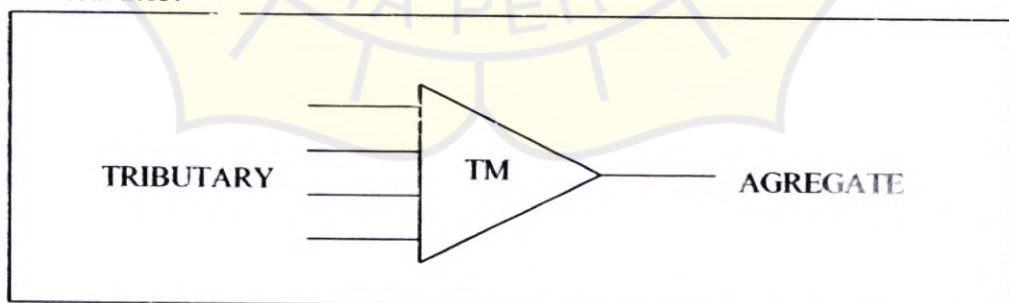
Sistem SDH memiliki tiga tingkatan level, yaitu 1, 4, 16 yang dikenal dengan level *synchronous transport module* (STM) yang masing-masing memiliki kecepatan transmisi 155 Mbit/s, 622 Mbit/s dan 2,5 Gbit/s. SDH dapat dipergunakan untuk transmisi optik kapasitas besar, pengaturan lalu lintas komunikasi dan restorasi jaringan.

SDH memiliki dua keuntungan pokok, yaitu fleksibilitas yang demikian tinggi dalam hal konfigurasi-konfigurasi kanal pada simpul-simpul jaringan dan meningkatkan kemampuan-kemampuan manajemen jaringan baik untuk *payload traffic*-nya maupun elemen-elemen jaringan.

2.10.2. Elemen Jaringan SDH

- *Terminal multiplexer* (TM)

Berfungsi untuk memultiplex sinyal – sinyal *tributary* kedalam sinyal *aggregate*. *Terminal Multiplexer* (TM) merupakan fungsi yang paling dasar dalam system multiplexer. Terminal Multiplexer digunakan untuk membentuk konfigurasi *point to multipoint* pada jaringan. Untuk saat ini TM mampu digunakan sampai dengan hierarchy STM – 16, bentuk TM dapat dilihat pada Gambar 2.13.

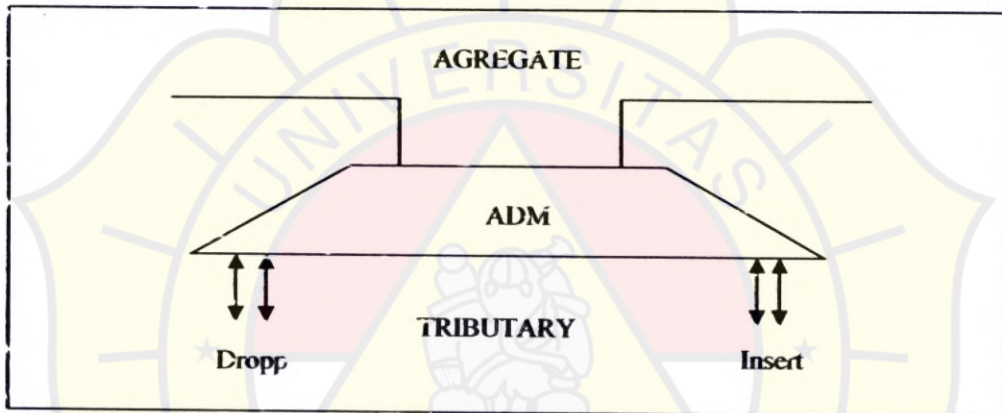


Gambar 2.18. Terminal Multiplexer

- *Add and Drop Multiplexer (ADM)*

ADM berfungsi sebagai terminal Drop/insert selain berfungsi untuk memultiplex sinyal – sinyal Virtual Container (VC) sehingga efisien sekali untuk membentuk sistem jaringan telekomunikasi. ADM mempunyai aggregate ke kiri dan ke kanan.

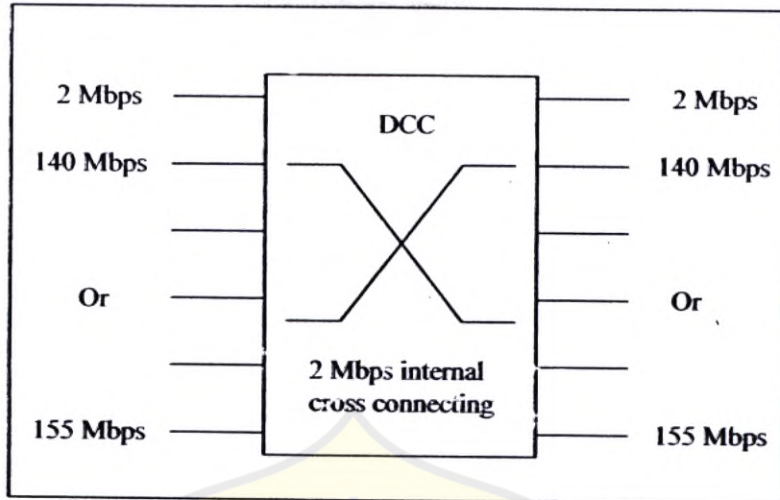
Apabila ADM dan ADM yang lain dihubungkan akan membentuk ring serta mempunyai sistem keamanan yang mampu memberikan proteksi secara otomatis terhadap jaringan jika terjadi gangguan. Gambar 2.14.



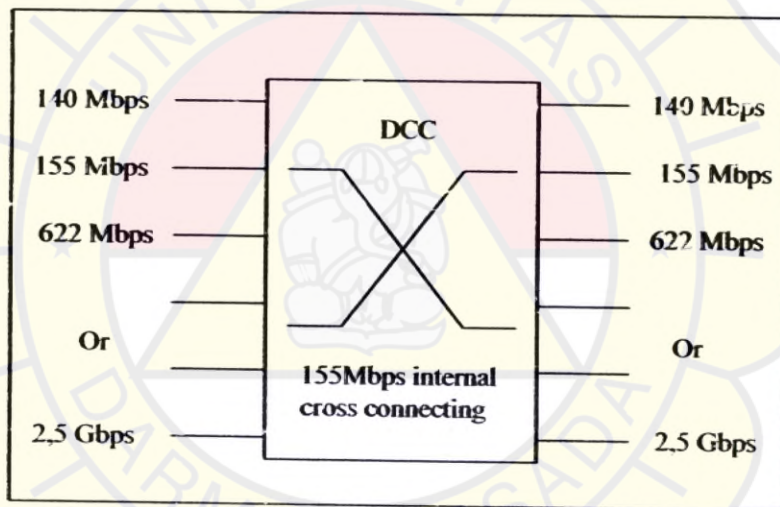
Gambar 2.19. Add and Drop Multiplexer (ADM)

- *Digital Cross Connect (DCC)*

Digital cross connect mempunyai fungsi dasar untuk menswitchkan link – link sesuai dengan arah yang diinginkan. Ada dua macam DCC yaitu: DCC 4/4 dan DCC 4/1. perangkat DCC digunakan untuk menghubungkan dua arah atau lebih ring dengan tujuan memudahkan pembentukan hubungan antara ring.



(a) DCC 4/1 Cross Connect



(b) DCC 4/4 Cross Connect

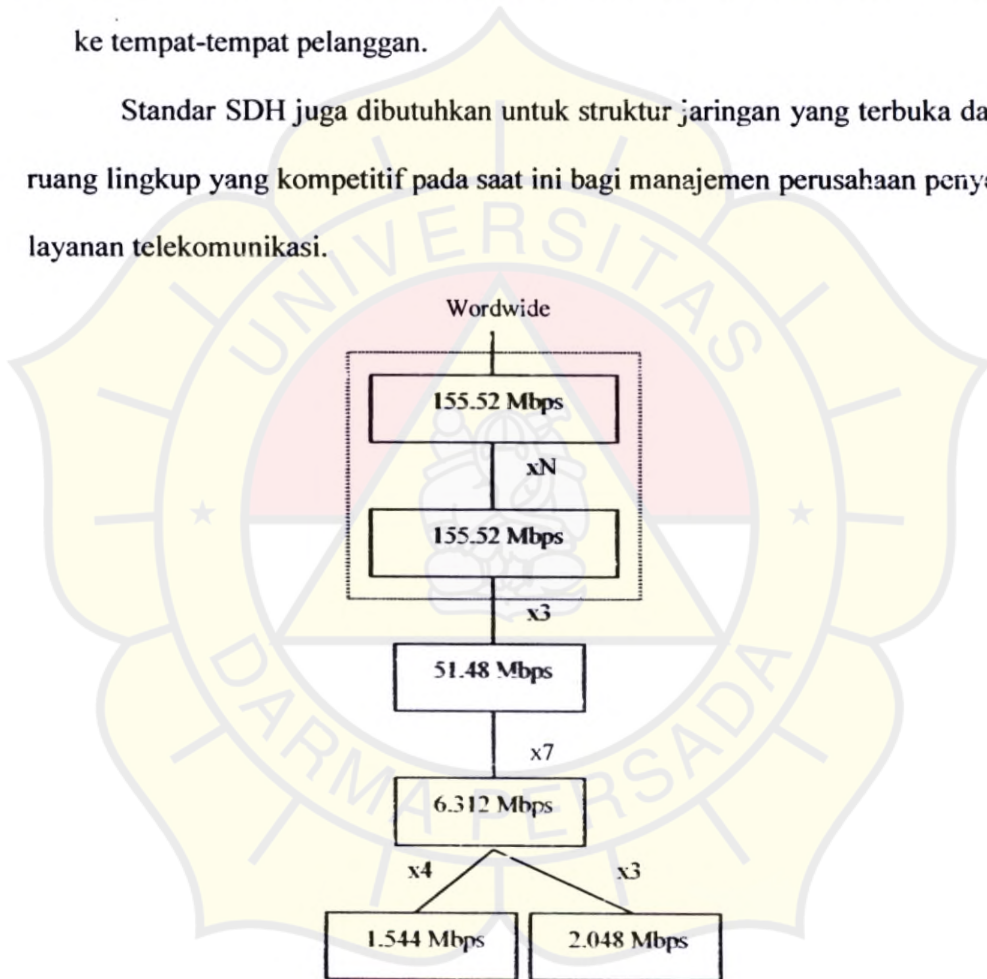
Gambar 2.20. Perangkat DCC

2.10.3. Keunggulan *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH)

Keunggulan yang diberikan oleh SDH diantaranya termasuk :

1. *Self-healing*; yakni pengarah ulang (*rerouting*) lalu lintas komunikasi secara otomatis tanpa interupsi.
2. *Service on demand*; layanan terhadap pengguna.
3. Akses yang fleksibel; management yang fleksibel dari berbagai lebar pita tetap ke tempat-tempat pelanggan.

Standar SDH juga dibutuhkan untuk struktur jaringan yang terbuka dalam ruang lingkup yang kompetitif pada saat ini bagi manajemen perusahaan penyedia layanan telekomunikasi.



Gambar 2.21. Hirarki SDH

2.11. LINK BUDGET

Dalam merancang suatu *link* jaringan fiber optik digunakan perhitungan *link budget* (persamaan 2.4).

Power budget = Total loss

$$P_t - P_r - S_m - P_p = L_o \text{ ----- (2.4)}$$

Dimana :

- P_t = daya yang dipancarkan (*power transmitted*)
- P_r = *receiver sensitivity*
- S_m = *safety margin*
- P_p = *path pinalty*
- L_o = *Total loss*

Dari rumus dan data-data fiber optik dan *interface* optik maka untuk kapasitas pentransmisian STM-1 dan STM-4 dapat dihitung jarak terjauh yang dapat ditempuh sinyal.