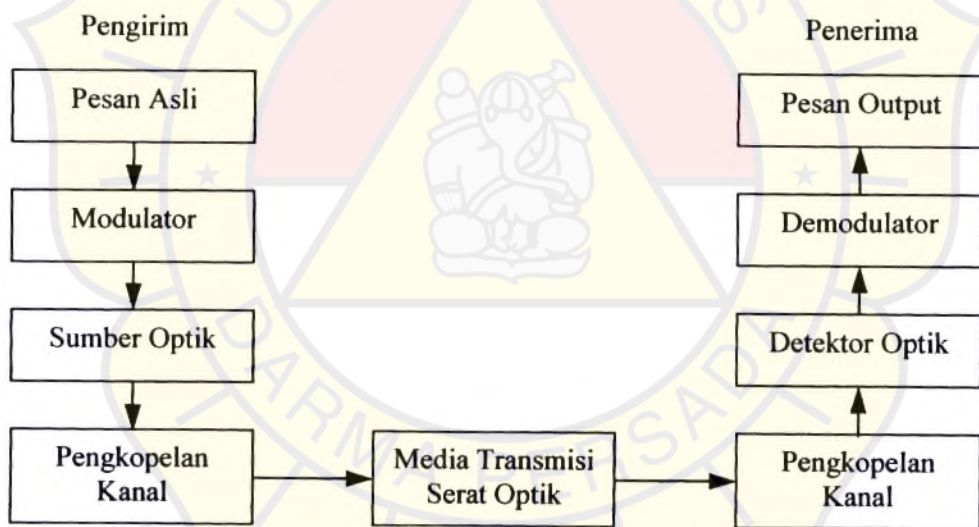


BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Sistem Komunikasi Serat Optik

Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO) adalah sistem komunikasi yang dalam pengiriman dan penerimaan sinyal informasinya menggunakan sumber optik dan detektor optik dengan media transmisi serat optik. Adapun diagram blok sistem komunikasi serat optik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Blok Diagram Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO)

a. Pesan Asli

Pesan asli atau informasi yang dikirim berbentuk suara, gambar atau data. Pesan asli terlebih dahulu diubah ke dalam sinyal elektrik oleh suatu *transducer* sebelum ditransmisikan untuk komunikasi optik.

b. Modulator

Modulator mempunyai fungsi utama yaitu mengubah pesan dalam kode elektrik ke dalam format yang sesuai, dan menyatakan kode tersebut ke dalam gelombang yang dibangkitkan oleh sumber pembawa.

c. Sumber Optik

Informasi berbentuk sinyal elektrik akan dimodulasikan dengan gelombang pembawa berupa cahaya yang dihasilkan oleh sebuah sumber optik. Ada dua jenis sumber optik yang sering digunakan yaitu LED (*Light Emitting Diode*) dan LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*).

d. Pengkopelan Kanal (*Input*)

Pengkopel berfungsi untuk memberikan daya dari pengirim ke kanal informasi.

e. Media Transmisi

Dalam Sistem Komunikasi Serat Optik, media transmisi menggunakan serat optik. Ada beberapa jenis serat optik yang digunakan dalam SKSO yaitu *Single Mode Step Index* (SMSI), *Multi Mode Step Index* (MMSI) dan *Multi Mode Graded Index* (MMGI), di mana pemilihan untuk setiap jenisnya disesuaikan dengan perencanaan sistem yang digunakan.

f. Pengkopelan Kanal (*Output*)

Pengkopelan kanal pada penerima akan memberikan daya dari kanal informasi ke detektor optik.

g. Detektor Optik

Detektor optik atau *photodetector* berfungsi sebagai pengubah kode informasi yang berupa gelombang cahaya menjadi gelombang elektrik. Detektor yang digunakan dalam komunikasi serat optik yaitu detektor PIN atau APD.

h. Demodulator (Pemroses sinyal)

Memproses dan memisahkan sinyal yang berupa gelombang elektrik dari pembawanya, kode elektrik tersebut diubah menjadi isyarat aslinya oleh suatu *transducer*.

i. Pesan Output

Berupa pesan asli atau informasi yang dikirimkan semula berbentuk suara, gambar atau data.

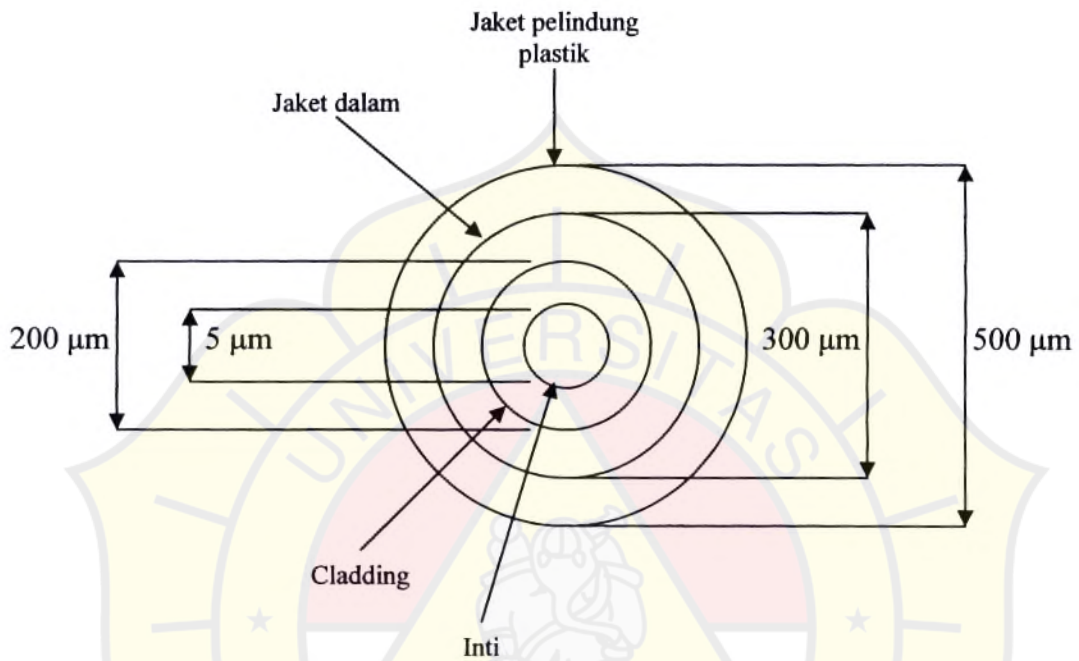
2.2 Serat Optik

Komunikasi dengan menggunakan cahaya dan menyalurkan melalui serat optik memiliki sejumlah keunggulan sebagai berikut:

- a. Lebar pita (*bandwith*) sistem komunikasi serat optik lebih besar sehingga memberikan peningkatan kapasitas informasi yang cukup drastis.
- b. Mampu menyalurkan sinyal digital dan data dengan kecepatan tinggi.
- c. Ringan dan lebih kecil dibandingkan kabel tembaga.
- d. Bersifat isolator listrik (tidak menghantar listrik).
- e. Attenuasi atau loss transmisi yang rendah.
- f. Tingkat keamanan sinyal sangat tinggi.
- j. Tidak dipengaruhi interferensi elektromagnetik.

2.2.1 Bagian Serat Optik

Serat optik terdiri dari tiga bagian utama yaitu *core*, *cladding* dan *coating* (*jacket*).



Gambar 2.2. Struktur Serat Optik

a. Core

Core merupakan bagian paling utama dalam serat optik, karena pada bagian ini informasi berupa pulsa cahaya ditransmisikan. *Core* berukuran diameter antara $5 - 200\ \mu\text{m}$. Besar kecilnya diameter *core* merupakan hal penting yang menentukan karakteristik serat optik. *Core* terbuat dari bahan kuarsa atau silika yang sangat berkualitas dan bebas air. *Core* mempunyai indeks bias lebih besar daripada indeks bias *cladding*.

b. *Cladding*

Cladding merupakan pelapis *core* dan mempunyai bahan dasar yang sama dengan *core* tetapi dibuat sedemikian rupa sehingga mempunyai indeks bias yang lebih kecil daripada *core*. Dengan membuat perbedaan indeks bias ini sampai pada batas yang kritis, maka pada sudut datang tertentu akan terjadi pemantulan dalam total (*total internal reflection*). Dengan demikian cahaya akan selalu merambat dalam *core* sampai pada ujung serat. Diameter *cladding* berkisar antara 5 – 300 μm .

c. *Coating (Jacket)*

Berfungsi sebagai pelindung *core* dan *cladding* dari tekanan fisik. *Coating* terbuat dari plastik yang sangat berkualitas. Diameternya kurang lebih mencapai 500 μm .

2.2.2 Jenis Serat Optik

Jenis serat optik ditentukan dari cara pembuatan dan banyaknya mode cahaya. Mode cahaya adalah lintasan cahaya yang merambat dalam serat optik. Saat ini terdapat tiga jenis serat optik:

1) *Single Mode Step Index (SMSI)*

Serat optik jenis ini hanya memiliki satu mode penjalaran yang sejajar dengan sumbu serat.

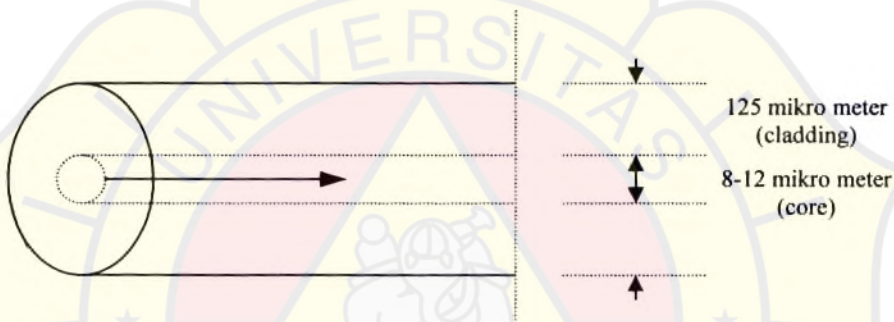
Keuntungan:

- a. Bandwithnya lebar
- b. Kompatibel dengan sumber optik LASER

- c. Tidak terjadi dispersi
- d. Kualitas sinyal info bagus atau terjaga sampai ujung terima
- e. Cocok untuk jarak yang jauh
- f. Harganya relatif murah

Kerugian:

- a. Sulit dalam mengkopel daya ke serat karena jari-jarinya kecil
- b. Sulit dalam penyambungan



Gambar 2.3. Karakteristik Single Mode Step Index (SMSI)

2) Multi Mode Step Index (MMSI)

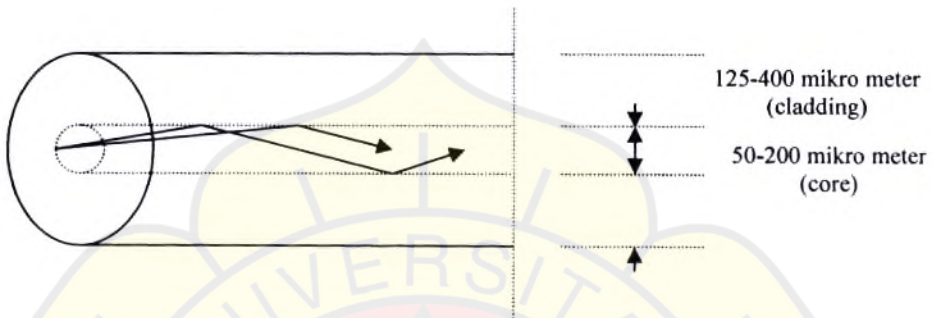
MMSI dibuat dengan index bias *core* yang relatif konstan sepanjang serat. Oleh karena itu MMSI mengalami tiga tipe dispersi yaitu dispersi modal, material dan *waveguide*.

Keuntungan:

- a. Mudah dalam mengkopel daya ke serat karena jari-jarinya cukup besar
- b. Mudah dalam penyambungan
- c. Kompatibel dengan sumber optik LED
- d. Digunakan untuk jarak pendek dan bit rate yang rendah

Kerugian:

- a. Rentan terhadap dispersi karena banyak modus yang berbeda dalam pulsa optik dan memiliki kecepatan penjalaran yang berbeda pula tiba di ujung serat optik sehingga mengalami pelebaran pulsa



Gambar 2.4. Karakteristik Multi Mode Step Index (MMSI)

3) Multi Mode Graded Index (MMGI)

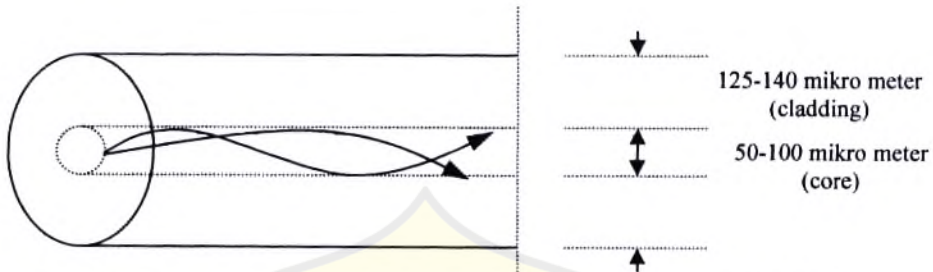
Graded Index memiliki *core* yang indeks biasnya bertahap. Indeks bias terbesar ada pada sumbu *core* dan berkurang sampai pada batas *core – cladding*. Cahaya yang merambat melalui lintasan terluar memiliki laju lebih cepat dibandingkan lintasan didalam. MMGI dirancang demikian untuk mengurangi dispersi modal.

Keuntungan:

- a. Mudah dalam mengkopel daya ke serat karena jari-jarinya cukup besar
- b. Mudah dalam penyambungan
- c. Dapat mengurangi dispersi
- d. Bandwithnya lebar
- e. Cocok untuk jarak jauh

Kerugian:

- a. Harganya mahal



Gambar 2.5. Karakteristik Multi Mode Graded Index (MMGI)

2.2.3 Redaman Serat Optik

Karakteristik serat optik sangat menentukan jarak maksimal antara titik transmisi dengan titik dimana sinyal harus dideteksi. Sistem desain beroperasi pada berbagai jarak (berbeda-beda), karenanya sinyal output optik dari sistem telah disesuaikan guna melengkapai sifat-sifat serat.

Faktor-faktor yang membatasi penggunaan serat optik ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Redaman dari karakteristik fisik serat, yaitu:
 - a. *Scattering* (penghamburan) disebabkan oleh dua hal yaitu hamburan Rayleigh dan Microbending. Hamburan Rayleigh disebabkan karena struktur gelas yang tidak rata memindahkan sebagian berkas cahaya yang merambat langsung dalam serat. Microbending disebabkan karena tekanan mekanis saat penarikan sehingga bila ada mode cahaya datang dengan sudut datang yang kecil berubah menjadi sudut yang besar.

- b. *Absorption* (penyerapan) timbul karena kehadiran ketidakmurnian ion OH, FE, Cu, dan Cr dalam serat optik.
 - c. Dispersi yaitu terjadinya pelebaran pulsa sinyal input yang diterima detektor optik. Ada tiga macam dispersi pada serat optik yaitu dispersi antar-mode (*intermodal dispersion*), dispersi bahan atau material (*chromatic dispersion*), dan dispersi pandu gelombang (*waveguide dispersion*). Pada dispersi intermodal pulsa cahaya dirambatkan dalam berbagai mode, setiap mode menempuh alur zig-zag sehingga alur yang ditempuh mempunyai panjang total berbeda serta waktu tempuh yang berbeda pula. Pada dispersi bahan apabila pada ujung serat diberikan cahaya dari sumber cahaya *non monokromatis*, maka pulsa cahaya yang dipancarkan mengandung beberapa komponen panjang gelombang berbeda-beda akibatnya terjadi beberapa indeks bias. Adapun dispersi pandu gelombang terjadi karena akibat dari karakteristik perambatan mode sebagai fungsi perbandingan antara jari-jari inti serat dari fungsi panjang gelombang.
2. Redaman karena sejumlah sambungan (*splicing*).
 3. Redaman karena sejumlah konektor optik.

2.2.4 Penguatan Optik

Perkembangan teknologi transmisi telekomunikasi tidak luput dari beberapa permasalahan. Salah satu permasalahan yang ada adalah masalah jarak komunikasi yang dapat ditinjau.

Repeater dengan sistem penguatan optik membawa kemajuan besar, karena mempunyai kelebihan yang lebih banyak dibandingkan sistem sebelumnya yaitu *repeater konvensional*. Dengan demikian penggunaan penguat optik tersebut akan meningkatkan kemampuan sistem dalam mencapai jarak yang lebih jauh di antara pengulangannya. Ada dua jenis penguat optik yaitu:

1. *Repeater Konvensional*

Yang diperkuat oleh *repeater* ini adalah sinyal elektrik. Di dalam *repeater* ini sinyal optik diubah ke sinyal elektrik kemudian dilakukan proses penguatan, kemudian setelah itu sinyal elektrik itu diubah lagi ke sinyal optik dan ditransmisikan kembali. Kelemahan *repeater* ini adalah adanya proses transformasi yang menyebabkan *delay time* dan penggunaan komponen-komponen aktif yang menimbulkan *noise*.

2. *Repeater dengan Optical Amplifier*

Repeater ini menggunakan penguat optik sehingga penguatan dilakukan pada level optik. Prinsip penguatan ini menggunakan teknologi *Erbium Doped Fiber Amplifier*. Kehandalan *repeater* ini adalah:

- a. *Repeater* yang digunakan lebih sedikit.
- b. Kecepatannya lebih besar.
- c. Kapasitas transmisi lebih besar.

2.3 Time Division Multiplexing (TDM)

Multiplexing adalah suatu cara untuk menggabungkan beberapa kanal suara ke dalam satu aliran transmisi. Atau dengan kata lain adalah suatu cara

untuk mengefisienkan penggunaan satu saluran transmisi, sehingga dapat dipakai bersama dengan kanal suara lainnya.

Multiplex Pembagi Waktu atau TDM (*Time Division Multiplexing*) dapat diartikan adanya suatu dimensi waktu tertentu yang lebar (*Time Frame*) dibagi menjadi beberapa celah waktu yang lebih sempit (*Time Slot*) yang akan diduduki oleh tiap-tiap *kanal* suara (telepon), sehingga dapat dikirimkan secara bersamaan dengan tanpa mengganggu satu sama lainnya. TDM khusus digunakan untuk suatu sistem transmisi digital. Sehingga signal analog yang akan digabungkan dengan cara TDM ini haruslah dirubah terlebih dahulu menjadi signal digital.

2.3.1 Digital Multiplexing

Digital Multiplexing adalah proses di mana sejumlah signal digital terpisah digabungkan untuk membentuk satu aliran digital tunggal yang mempunyai bit rate lebih tinggi.

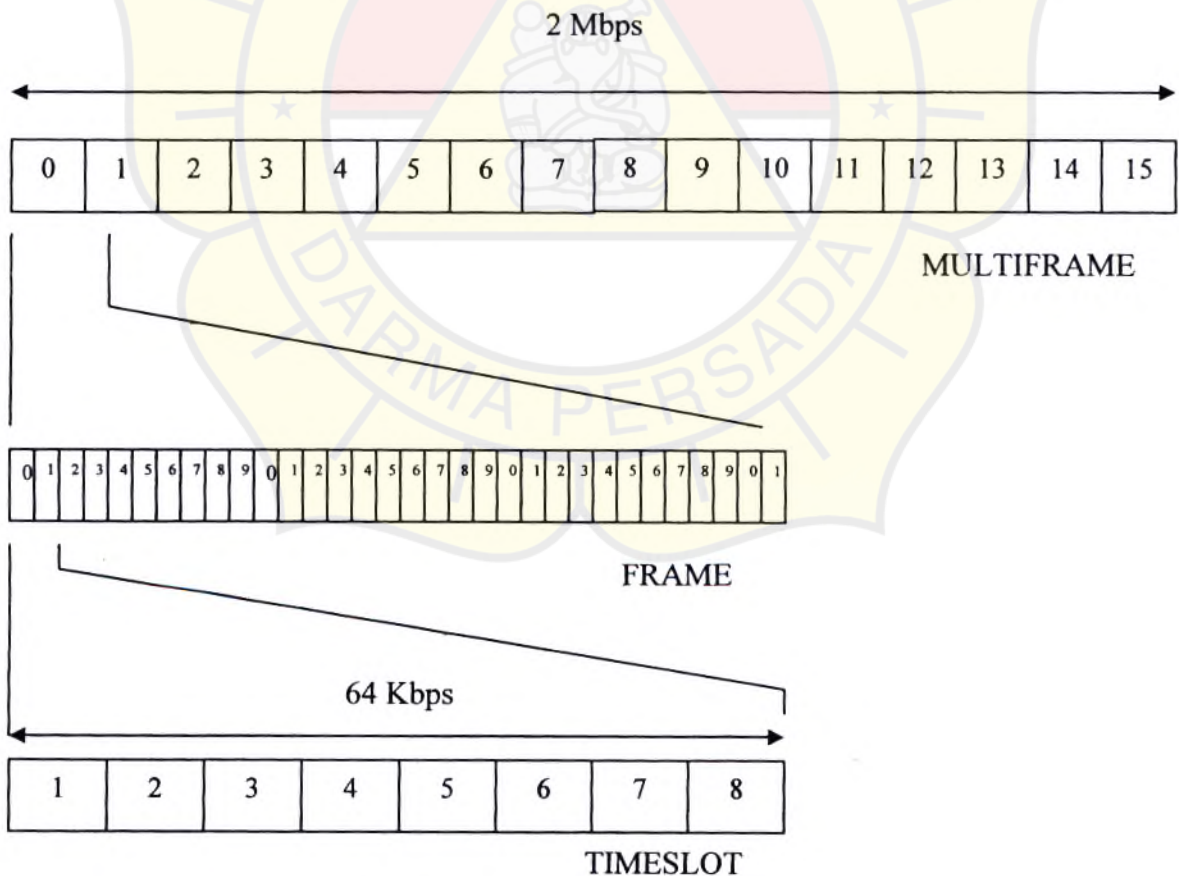
Proses pemisahan aliran digital tunggal menjadi komponen-komponennya yang merupakan proses kebalikan dari digital multiplexing, dikenal dengan istilah Demultiplexing. Tetapi biasanya dalam satu perangkat multiplex sudah mencakup kedua fungsi tersebut (multiplex dan demultiplex).

Sistem TDM dapat dibedakan menjadi dua:

1. *Primary TDM System*, di mana informasi yang akan digabungkan berupa signal analog. Harga-harga dari signal tersebut berubah secara continue dan sebelum proses multiplexing biasanya diubah terlebih dahulu menjadi bentuk

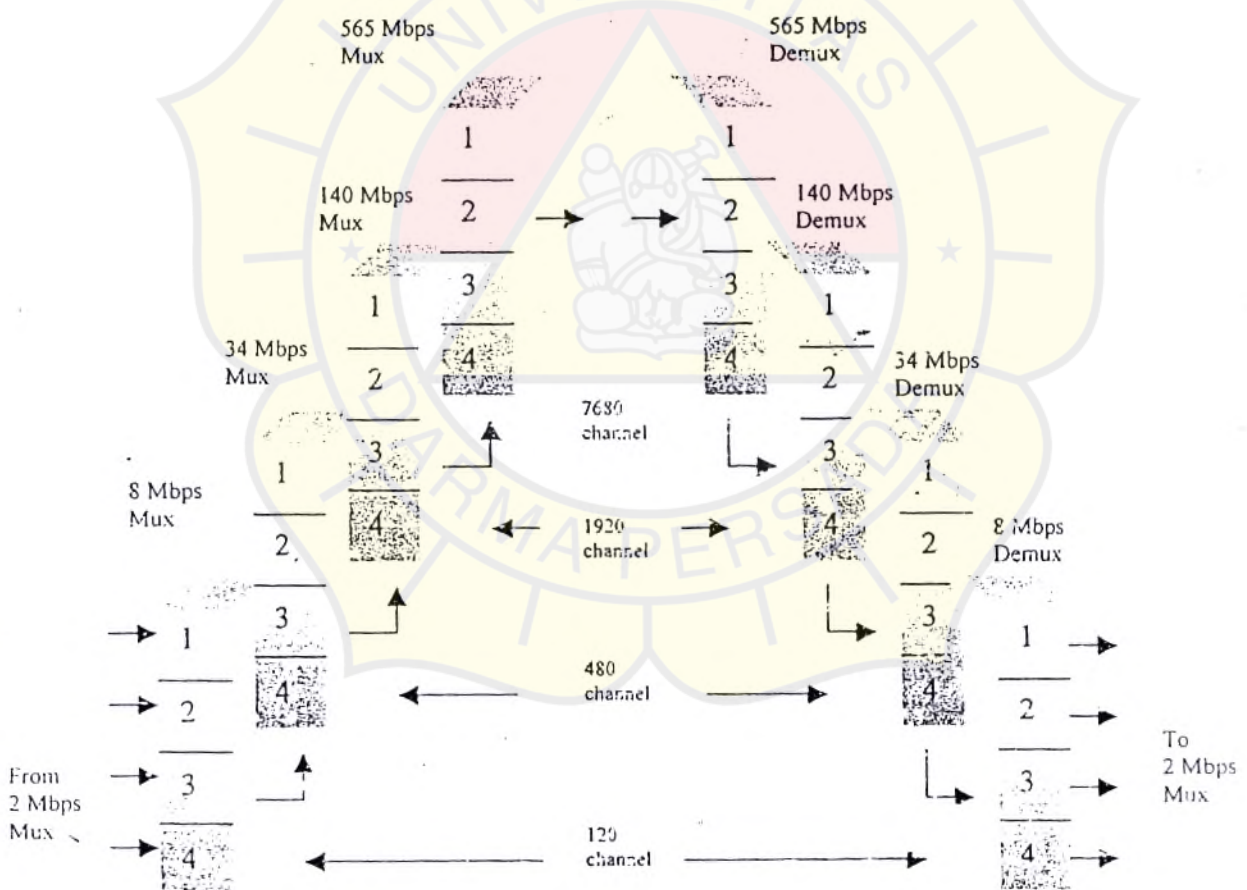
signal biner melalui apa yang dinamakan teknik PCM (*Pulse Code Modulation*).

Struktur frame 2 Mbit/s seperti pada gambar 2.6 merupakan keluaran dari multiplexer ordo pertama (disebut juga *Primary Multiplexer*). Empat buah signal 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 time slot dibentuk oleh 8 bit yang mewakili satu kanal dengan kecepatan 64 Kbit/s. Di dalam suatu multiframe terdapat beberapa time slot khusus yang digunakan untuk sinkronisasi, indikasi remote alarm dan informasi signaling.



Gambar 2.6 Struktur Frame 2 Mbps

2. *Plesiochronous (High Order) TDM Sistem*, di mana informasi yang akan digabungkan sudah berupa signal biner. Plesiochron yang dimaksud di sini adalah bahwa signal-signal informasi (digital) yang akan digabungkan tersebut memiliki bit rate nominal yang sama, tetapi memungkinkan terjadinya variasi bit rate dengan batasan tertentu. Gambar di bawah ini memperlihatkan hierarki dari MULDEX digital plesiochron sebagaimana yang telah direkomendasikan oleh CCITT.



Gambar 2.7. Hierarki MULDEX Digital Plesiochron

2.3.2 Jenis-Jenis MULDEX

Di dalam Digital Multiplexing bila ditinjau dari jenis signalnya, MULDEX dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: *Plesiokron Digital Hierarki* (PDH) dan *Synchronous Digital Hierarki* (SDH). Berikut ini merupakan penjelasan dari *Synchronous Digital Hierarki* (SDH).

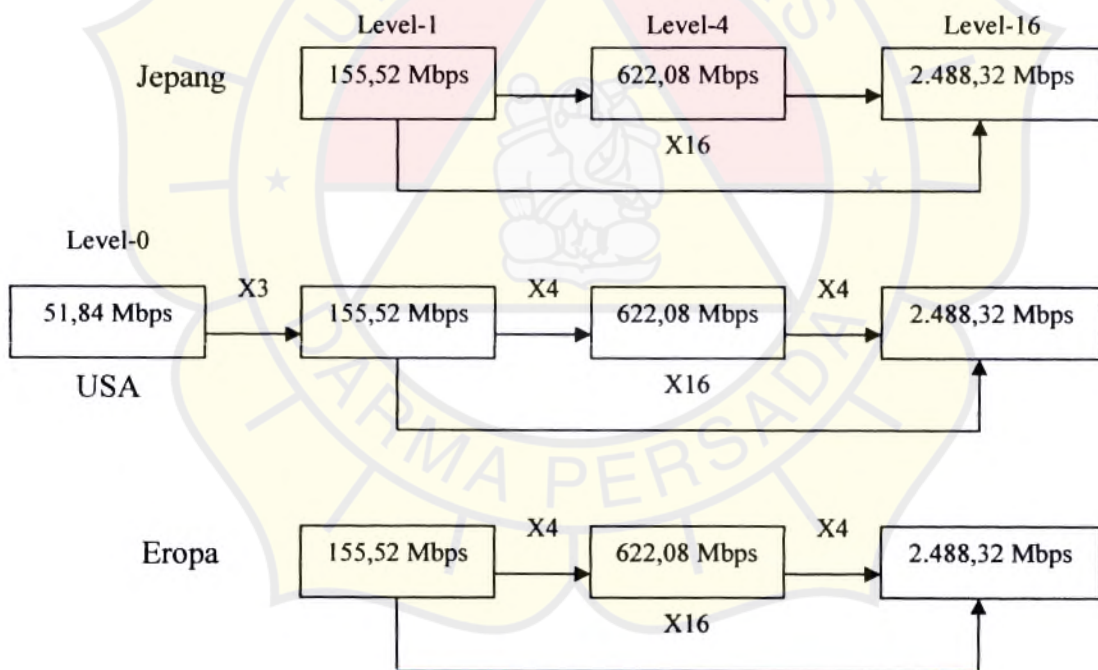
Karakteristik untuk signal SDH diantaranya, teknik multiplex dari signal SDH adalah byte per byte. Sinkronisasinya menggunakan metode Jastifikasi Positif, Negatif dan Nol. Adapun penyelarasan phase menggunakan teknik pointer. Tiap tahapan Multiplex memiliki struktur frame yang sama dan pengaksesan signal dapat langsung tanpa melalui prosedur bertingkat. Gambar 2.9 memperlihatkan Hierarkidan standar bit rate pada signal sinkron.

Ada beberapa kelebihan dan kekurangan dari signal *Synchronous Digital Hierarki* (SDH), diantaranya adalah:

- a. Kelebihan Signal SDH
 - Dengan menggunakan teknik pointer maka teknik multiplex-demultiplex akan lebih mudah.
 - Signal masukan dengan kecepatan bit rendah dapat langsung dirubah menjadi kecepatan bit tinggi.
 - Karena banyaknya byte overhead maka kemampuan operasi, administrasi dan pemeliharaan (OAM) cukup memadai, bahkan untuk keperluan akan datang.
 - Kapasitas kanal yang dibawa cukup besar.
 - Dapat mentransmisikan semua signal PDH.

b. Kelemahan Signal SDH

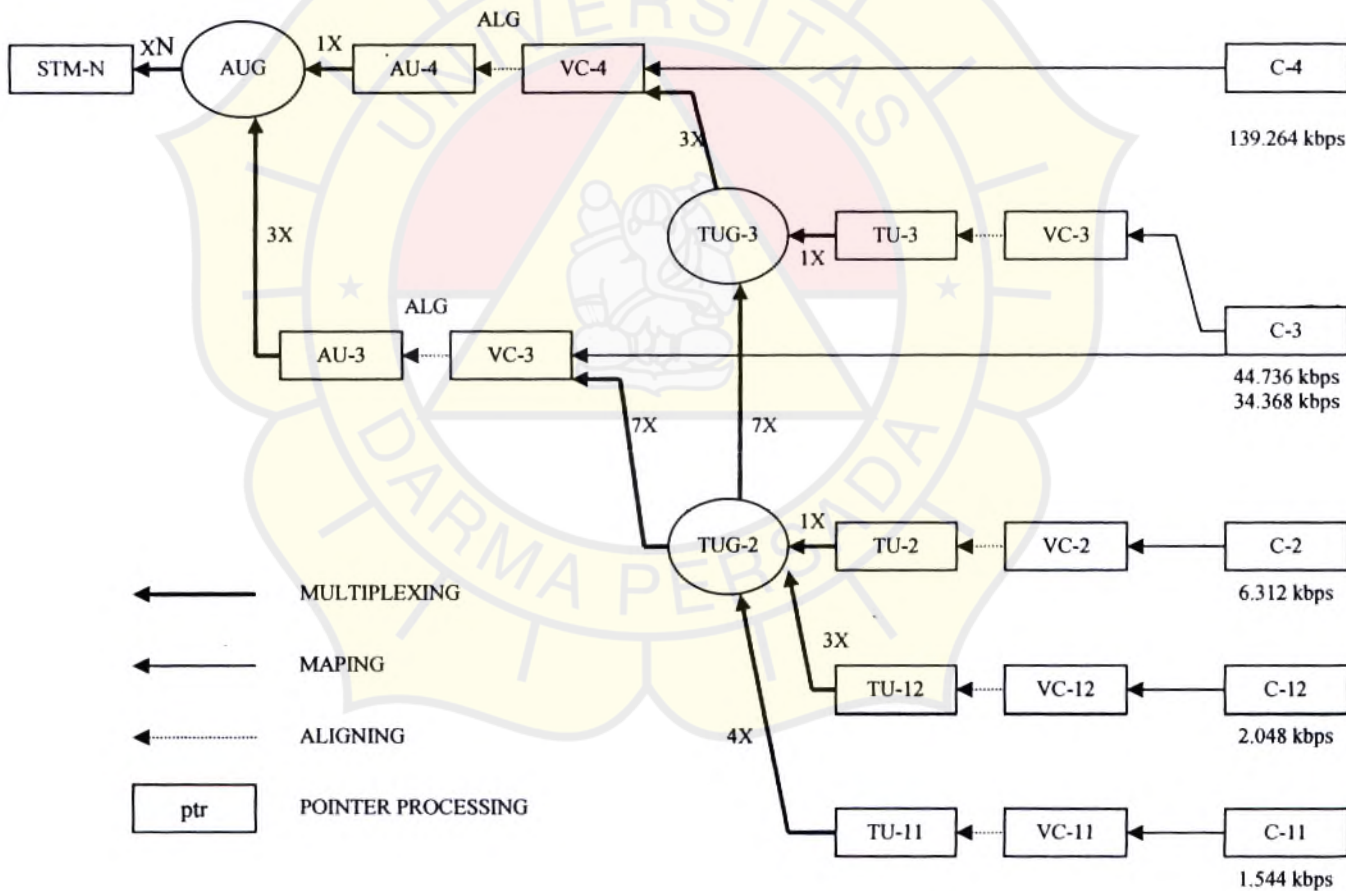
- Karena semua perintah dilakukan dengan software, maka perlu keahlian khusus.
- Dalam satu sistem STM-1 hanya dapat menampung 63×2.048 Mbps.
- Teknik multiplex byte per byte akan menimbulkan jitter yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem PDH.
- Memerlukan signal referensi clock.
- Banyaknya byte overhead yang belum dimanfaatkan.



Gambar 2.8 Hirarki Signal Sinkron

2.4 Pembentukan Signal STM Pada SDH

SDH merupakan generasi sistem multiplex yang merupakan generasi setelah sistem multiplex PDH. Signal dasar dari SDH disebut signal STM-1 (*Synchronous Transport Module Level-1*) yang mempunyai kecepatan bit sebesar 155,52 Mbps dan dapat menampung seluruh signal PDH. Gambar di bawah ini menunjukkan hirarki signal SDH mulai dari signal awal yang diproses hingga terbentuknya signal STM-N.



Gambar 2.9 Pembentukan Signal STM-N

2.4.1 Container dan Virtual Container

Container adalah ukuran sebuah frame di dalam sistem SDH, berfungsi untuk menampung byte-byte informasi signal digital baik sinkron maupun asinkron, dalam jumlah yang telah ditetapkan. Durasi waktu yang dimiliki sebesar 125 μ s. Container berisi bit-bit informasi, overhead, justification, opportunity dan justification control.

Virtual container (payload) yaitu suatu struktur informasi berupa container yang telah diberi byte-byte path overhead (POH). POH berfungsi sebagai penjaga kualitas signal informasi untuk penyambungan di tingkat path, dengan durasi waktu tetap sebesar 125 μ s. Virtual container berisi byte-byte POH, bit-bit informasi, stuffing, overhead, justification opportunity dan justification control.

Virtual container terdiri dari dua jenis, yaitu: Low Order Virtual Container dan High Order Virtual Container.

Tabel 2.1 Kapasitas Container Secara Lengkap

Container Size (bytes) Bit Rate (kbps)	C 11 25 1.600	C 12 34 2.176	C 2 106 6.784	C 3 756 48.384	C 4 2.340 149.760
Virtual Container Size (bytes) Bit Rate (kbps)	VC 11 26 1.644	VC 12 35 2.240	VC 2 107 6.848	VC 3 765 48.960	VC 4 2.349 150.336
Tributary Unit Size (bytes) Bit Rate (kbps)	TU 11 27 1.728	TU 12 36 2.304	TU 2 108 6.912	TU 3 768 49.152	
Tributary Unit Group Size (bytes) Bit Rate (kbps)			TUG 2 108 6.912	TU 3 774 49.536	
Administrative Unit Size (bytes) Bit Rate (kbps)				AU 3 786 50.304	AU 4 2.358 150.912
Tributary Unit Group Size (bytes) Bit Rate (kbps)					AUG 2.358 150.912

2.4.2 Container Mapping

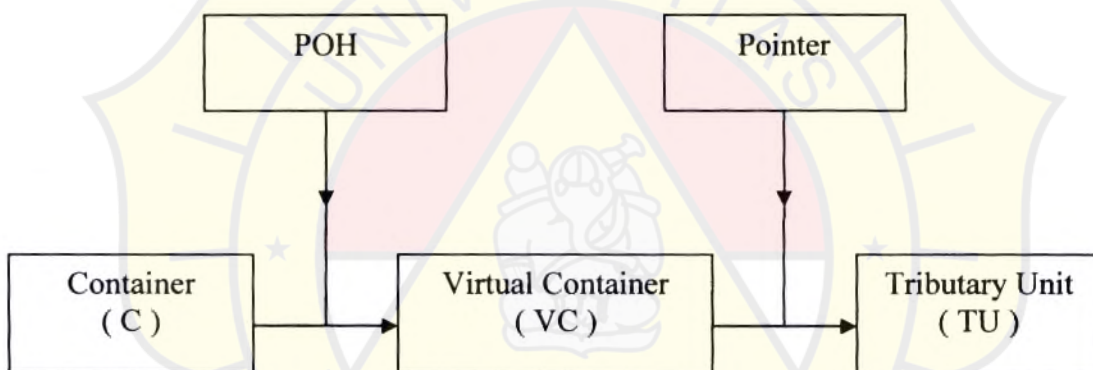
Di dalam Container Mapping terjadi proses pembentukan Tributary Unit (TU). Gambar di bawah menjelaskan mengenai pembentukan Tributary Unit, di mana pada Low Order dalam pengirimannya dibutuhkan multiframe (4 frame).

TU-11 dibentuk dari C-11 + 1 byte POH + 1 byte pointer = 27 byte

TU-12 dibentuk dari C-12 + 1 byte POH + 1 byte pointer = 36 byte

TU-2 dibentuk dari C-2 + 1 byte POH + 1 byte pointer = 108 byte

TU-3 dibentuk dari C-3 + 9 byte POH + 3 byte pointer = 768 byte



Gambar 2.10 Pembentukan Signal Tributary Unit (TU)

Container Mapping memiliki beberapa mode ditinjau dari pointer yang akan digunakan, yaitu:

1. Mode Floating

Pointer digunakan untuk menunjukkan titik awal mulainya *payload* (*Virtual Container*) dalam Tributary Unit atau Administrasi Unit. Keuntungannya antara lain:

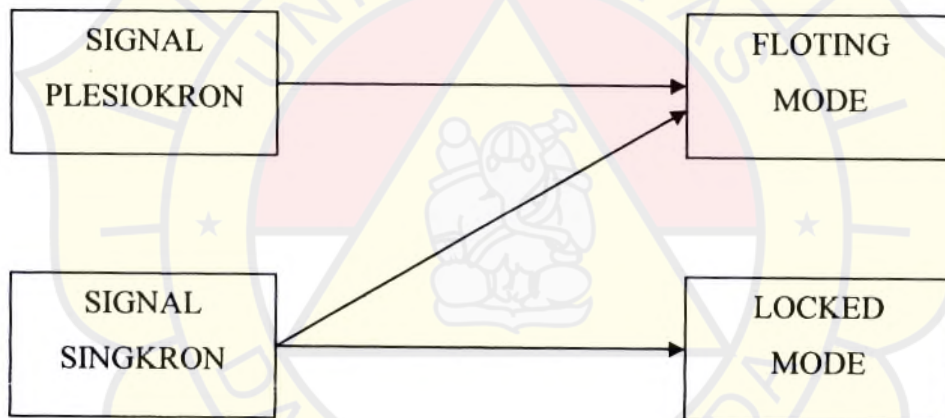
- a. Meminimalkan Buffer Payload dan kelambatan waktu.

- b. Dapat digunakan untuk signal Plesioskron dan Sinkron.

2. Mode Locked

Pointer tidak digunakan, akan tetapi posisi *payload (Virtual Container)* secara langsung ditetapkan atau dikunci pada Tributary Unit. Keuntungannya antara lain:

- a. Mudah untuk operasi Cross Connect.
- b. Time slot informasi ditempatkan secara pasti pada posisinya dalam *payload (Virtual Container)*.



Gambar 2.11 Struktur Mapping Mode

2.4.3 Pointer dan Overhead

Pointer sangat berperan penting dalam pembentukan signal Tributary Unit, karena pointer yang melakukan sinkronisasi blok informasi di dalam suatu frame. Di mana tugas pointer diantaranya:

- a. Melakukan sinkronisasi blok informasi di dalam suatu frame.
- b. Melakukan sinkronisasi dari frame yang kecil ke frame yang besar.

- c. Posisi VC di dalam frame yang lebih besar ditunjukkan dengan pointer. Di mana letak byte-byte pointer di dalam suatu frame adalah tetap dan berisikan alamat (address) dari byte pertama VC (byte POH yang pertama).

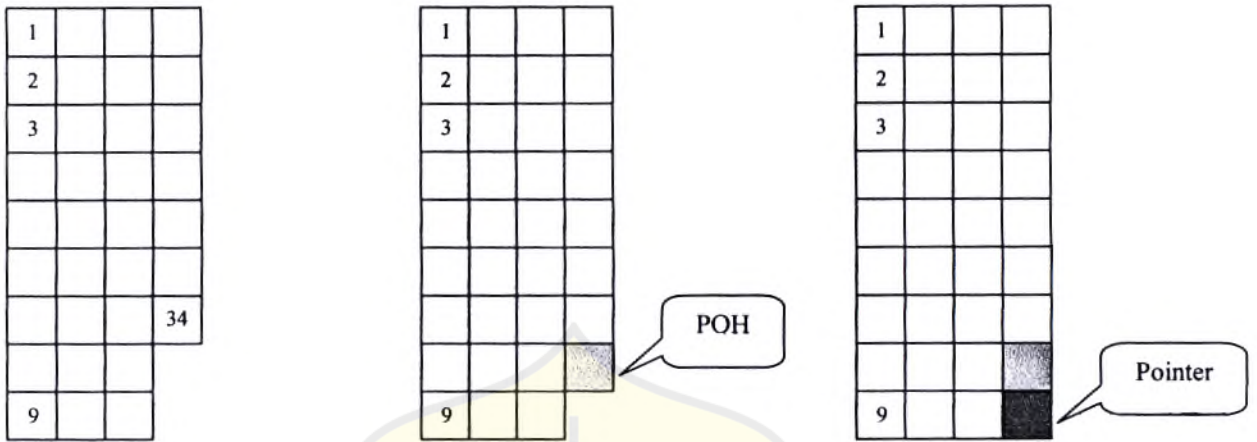
Pointer dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

- a. Low Order Pointer: Pointer TU-11, TU-12, TU-2
 - Low Order VC ditambah pointer → Tributary Unit
- b. High Order Pointer: Pointer TU-3, AU-3 dan AU-4
 - High Order VC ditambah pointer → Administration Unit

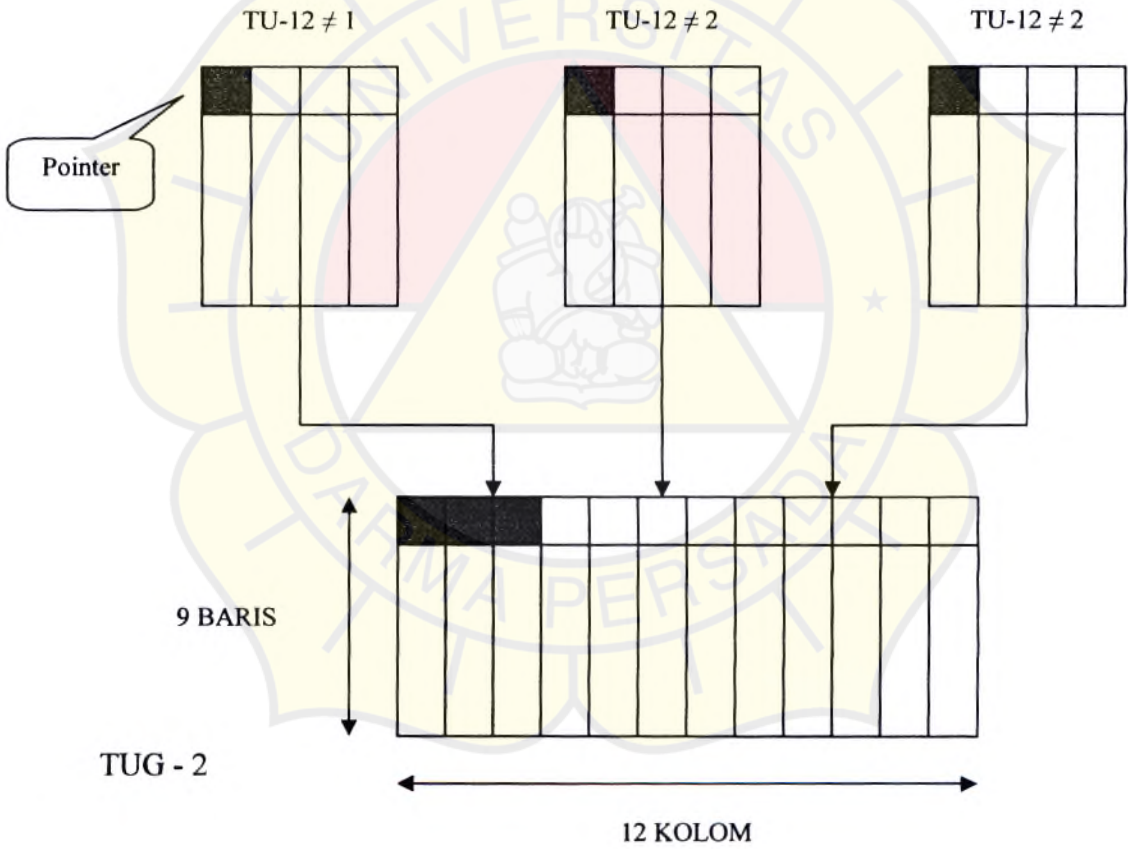
Overhead sangat berperan penting dalam proses pembentukan frame, karena overhead mengawasi proses transmisi signal informasi dari pengirim sampai dengan penerima (*General Monitoring*). Memonitor jika terjadi kesalahan (*Error Monitoring*). Overhead juga melokalisasi terjadinya error (*Section dan Path*), melakukan fungsi *Maintenance* dan melakukan *controlling*.

Overhead dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. Path Overhead (POH)
 - Low Order POH
 - High Order POH
- b. Section Overhead (SOH)
 - Multiplexer section overhead (MSOH)
 - Regenerator section overhead (RSOH)



Gambar (a)



Gambar (b)

Gambar 2.12 Signal 2,0 Mbps yang telah diberi POH dan Pointer

(a) Pembentukan Signal TU-12

(b) Pembentukan Signal TUG-2 dari TU-12

Gambar (a) di atas menjelaskan tentang signal 2 Mbps sebagai low order yang ditambah dengan pointer dan POH, sehingga terbentuk Tributary Unit (TU) yang berjumlah 4 kolom dan 9 baris. Pada gambar (b), penggabungan dari 3 TU menghasilkan signal (Tributary Unit Group-2) TUG-2 yang berjumlah 12 kolom dan 9 baris.

2.5 Sistem Jaringan Lokal Akses Fiber

Sistem akses didefinisikan sebagai suatu metoda dan fasilitas yang memungkinkan pelanggan jasa telekomunikasi dapat terhubung dengan sentral local yang melayani lokasi pelanggan, sistem akses ini lebih dikenal sebagai jaringan lokal akses pelanggan. Sistem akses berperan sebagai hubungan fisik juga hubungan fungsional antara perangkat, baik yang berada di pelanggan maupun yang ada di sentral.

Metode akses yang telah dikembangkan berdasarkan pada teknologi akses tertentu, salah satunya adalah teknologi akses serat optik

Suatu jaringan lokal atau disebut juga suatu jaringan akses merupakan bagian dari jaringan telekomunikasi terpasang dari sentral lokal sampai ke pelanggan. Jadi dapat disimpulkan secara umum bahwa sistem akses dapat digunakan untuk membangun suatu jaringan akses, namun dalam pembangunan

diperlukan suatu perancangan yang matang dan hati-hati sebelum penggunaannya.

Hal-hal yang perlu dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan jaringan akses adalah:

- Pelayanan yang harus disediakan jenisnya tidak selalu sama untuk seluruh pelanggan.
- Adanya beberapa perbedaan kondisi secara fisik antara tempat pelanggan dengan sentral lokal, yaitu misalnya berupa adanya jarak yang bervariasi, perbedaan kondisi permukaan, hingga pada klasifikasi daerah penduduk
- Adanya kemungkinan terjadi perubahan yang disebabkan oleh adanya pembangunan.

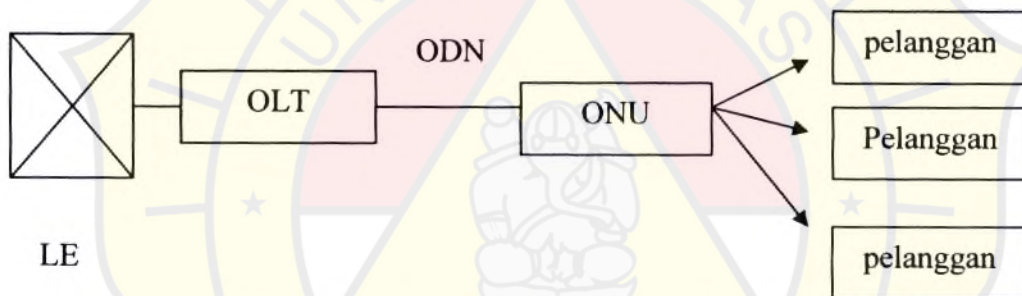
Didasarkan pada alasan-alasan tersebut, maka pemilihan jaringan akses tidak hanya didasarkan pada kondisi saat ini saja, akan tetapi dapat mempertimbangkan perkembangan teknologi di masa yang akan datang, dengan perkembangan baik dari sisi pelanggan maupun pada pembangunan dan perkembangan pelayanan di bidang telekomunikasi. Untuk itu pemilihan jaringan lokal akses fiber optik menjadi pemilihan yang utama dalam pembangunan jaringan akses pelanggan.

Jaringan akses serat optik (JARLOKAF) merupakan pengembangan dari jaringan akses tembaga. Saat ini sebagian besar jaringan akses di Indonesia masih menggunakan kabel tembaga. Keunggulan sistem JARLOKAF sangat menonjol terhadap jaringan akses tembaga diantaranya dalam hal jenis jasa, kualitas informasi dan fleksibilitas jaringan. Dan perbedaan mendasar antara

JARLOKAF dengan jaringan akses tembaga adalah digunakannya perangkat konversi sinyal optik ke elektrik dan sebaliknya pada sisi sentral maupun pelanggan karena informasi yang dikirimkan dalam bentuk pulsa cahaya.

2.6 Komponen Sistem Jaringan Lokal Akses Fiber Optik (JARLOKAF)

Secara umum sistem JARLOKAF terdiri dari perangkat OLT (*Optical Line Terminal*) yang dihubungkan dengan sentral local, perangkat ODN dan perangkat ONU.



Gambar 2.13 Blok diagram dasar JARLOKAF

Service yang disupport oleh JARLOKAF diantaranya meliputi :

- POTS (*Plain Old Thelephony Service*) :

Adalah jenis layanan telekomunikasi yang menggunakan fasilitas saluran telepon dan menyalurkan sinyal suara.

- ISDN *Basic Rate Acces* (BRA) :

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 digunakan sebagai signalling maupun data.

- ISDN *Primary Rate Acces* (PRA) :
Service ISDN yang mempunyai kapasitas kanal (30B+D) di mana kanal B sebesar 64 Kbps yang digunakan sebagai informasi, dan kanal D sebesar 64 Kbps digunakan sebagai *signalling* maupun data.
- 2,048 Mbps *Digital Lease Line* :
Saluran sewa digital yang memiliki 30 kanal informasi dan 2 kanal untuk signaling.
- 64 Kbps *digital lease line* :
Adalah jenis layanan telekomunikasi yang dilakukan pada saluran sewa digital dengan kapasitas maksimum suara.
- N x 64 Kbps *lease line* :
Adalah jenis layanan pada saluran sewa digital dengan kapasitas maksimum N x 64 Kbps dimana N adalah 2, 3, 4, ..., 30.
- 2w / 4w analog lease line.
Selain *service* tersebut JARLOKAF juga dapat mensupport layanan broadcast interaktif secara simultan;
- CATV (*Cable TV*)
- *Vidio On Demand* (VOD)

2.6.1 *Optical Line Terminal* (OLT)

OLT adalah perangkat dari sistem JARLOKAF pada sisi sentral yang berfungsi sebagai interface bagi sistem JARLOKAF dan dapat dihubungkan minimal dengan 4 buah ODN. OLT juga berfungsi sebagai *HDT* (*Host Digital*

Terminal), dimana OLT sebagai konsentrasi fungsional menghubungkan OLT dengan sentral melalui TU (*Tributary Unit*). TU merupakan antar muka (*interface*) OLT dengan sisi jaringan yang bersifat spesifik untuk layanan tunggal dan dapat dikonfigurasi untuk sesuatu layanan atau menyokong dua atau lebih layanan telekomunikasi.

OLT yang dipakai system JARLOKAF disebut OSAN (*Optical Subscriber Acces Node*) yang merupakan alat konversi optik 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 antar muka pada level 64 Kbps.

Untuk meningkatkan fleksibilitas jaringan, *cross connect* dapat ditempatkan diantara line *equipment* dan sentral. *Cross connect* beroperasi 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 perhitungan berikut :

$$\frac{\text{POTS} + \text{Other service}}{\text{Kapasitas OLT}} \dots\dots\dots(2.6.1)$$

2.6.2 *Optical Distribution Network (ODN)*

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 kelompok 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 *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 didesain untuk meningkatkan kemampuan sistem saluran digital yang berbeda dengan saluran serat optik yang sama.

Kapasitas ODN menunjukkan jumlah kanal yang dapat disalurkan pada satu 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.

2.6.3 Optical Network Unit (ONU)

ONU merupakan terminal dari jaringan optik dan implementasi antar muka 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 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.

ONU berdasarkan kapasitasnya dapat dibedakan menjadi beberapa jenis ONU, diantaranya yaitu :

- ONU – 4 : Merupakan satu modul yang dapat berisi untuk 4 POTS atau 2 BRA. ONU ini biasanya digunakan untuk aplikasi FTTH.
- ONU – 16 : Merupakan perangkat yang menyediakan 4 slot untuk penempatan SU (*subscriber unit*). Kapasitas 1 slot maksimum 4 POTS atau gabungan dari layanan lain yang mempunyai kapasitas yang ekuivalen. Biasanya digunakan untuk aplikasi FTTC.
- ONU – 32 : Merupakan perangkat yang menyediakan 8 slot untuk penempatan SU. Kapasitas maksimum 1 slot untuk 4 POTS atau ekuivalennya, biasanya digunakan untuk aplikasi FTTC atau FTTB.
- ONU -160 : Merupakan perangkat yang menyediakan 40 slot untuk penempatan SU. Kapasitas 1 slot maksimum 4 POTS atau gabungan dari layanan lain yang mempunyai kapasitas yang ekuivalen, biasanya digunakan untuk aplikasi FTTB.
- ONU – 1200 : Merupakan perangkat yang dapat menyediakan maksimal 1200 POTS. Tipe ini cocok untuk layanan *broadband*, digunakan untuk aplikasi FTTB.

Berikut ini beberapa contoh kombinasi jumlah dan jenis service yang disediakan oleh ONU – 16 dan ONU – 32 :

Tabel 2.2 Kombinasi Jumlah dan Jenis Service ONU – 16

Service	Kombinasi jumlah pelanggan untuk tiap jenis service									
POTS	16	12	12	8	8	8	8	8	4	4
ISDN BRA	-	2	-	4	-	2	-	-	6	-
ISDN PRA	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
2 MBPS LL	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
64 KBPS LL	-	-	2	-	4	2	-	-	-	6

Tabel 2.3 Kombinasi Jumlah dan Jenis Service ONU – 32

Service	Kombinasi jumlah pelanggan untuk tiap jenis service									
POTS	32	28	28	28	28	24	24	24	24	24
ISDN BRA	-	2	-	-	-	4	-	2	2	2
ISDN PRA	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
2 MBPS LL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
64 KBPS LL	-	-	2	-	-	-	4	2	-	-

Penentuan jumlah dan kapasitas ONU dalam suatu jaringan lokal akses fiber optik dapat dicari sesuai desain.

Kapasitas ONU terhadap jumlah layanan yang diminta adalah sebagai berikut:

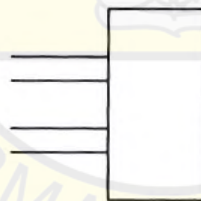
POTS = 4 *sirkuit/ card*

BRA = 2 *sirkuit/ card*

2 Mbps LL = 1 *sirkuit/ card*

64 Kbps LL = 2 *sirkuit/ card*

Pay Phone = 4 *sirkuit/ card*



1 card

Gambar 2.14 Card

Perhitungan kapasitas ONU mengacu pada jumlah maksimum POTS dalam satu card

$$\text{Kapasitas ONU} = \text{POTS} + \text{Jenis Layanan Lain} \dots\dots\dots(2.6.3)$$

2.7 Konfigurasi dan Teknologi Pada Jarlokaf

Konfigurasi dasar jaringan yang dapat dipergunakan pada Jaringan lokal akses fiber (Jarlokaf) adalah:

1. Konfigurasi *Single Star*

Konfigurasi *single star* hanya memiliki satu titik *star* pada sisi sentral.

Teknologi Jarlokaf yang dapat menggunakan konfigurasi ini adalah DLC.

2. Konfigurasi *Triple Star*

Konfigurasi ini memiliki tiga titik *star*. Contoh teknologi yang digunakan adalah DLC.

3. Konfigurasi *Multiple Star*

Konfigurasi ini memiliki lebih dari satu titik *star* pada kabel serat optik.

Teknologi yang dapat digunakan adalah OAN atau PON.

4. Kombinasi dengan Ring

Kombinasi dengan ring digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem.

Kombinasi ring dapat berupa penerapan ring kabel atau ring SDH dan dapat menggunakan teknologi DLC maupun OAN.

Untuk menentukan teknologi dalam Jarlokaf terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya:

- a. Klasifikasi pelanggan, pelanggan akan dikelompokkan sebagai pelanggan perumahan, bisnis, industri dan fasilitas umum.
- b. Letak geografis, yaitu terkonsentrasi atau tersebar.
- c. Kebutuhan jumlah satuan sambungan, kebutuhan ini akan sangat berpengaruh terhadap kapasitas perangkat yang akan digunakan.

d. Kebutuhan jenis service dan kemampuan teknologi, hal ini akan mempengaruhi pemilihan jenis teknologi. Kebutuhan jenis service harus disesuaikan dengan waktu perencanaan.

Teknologi yang dapat diterapkan dalam Jaringan Lokal Akses Fiber (Jarlokaf) sampai saat ini antara lain *Digital Loop Carrier* (DLC), dan *Passive Optical Network* (PON).

Tabel 2.4 Perbandingan Konfigurasi Single, Double, Triple Star dan Ring

KONFIGURASI	KEUNGGULAN	KELEMAHAN
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 menyebar • Secara keseluruhan mahal
Double Star	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah kabel yang 	<ul style="list-style-type: none"> • Dibutuhkan perangkat
Triple Star	<ul style="list-style-type: none"> • Investasi lebih murah 	<ul style="list-style-type: none"> • Bandwidth berkurang • Bertambahnya perangkat opto elektronik
Ring	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan keandalan • Menghemat jumlah serat optik yang aktif 	<ul style="list-style-type: none"> • Penambahan jumlah perangkat aktif di jaringan

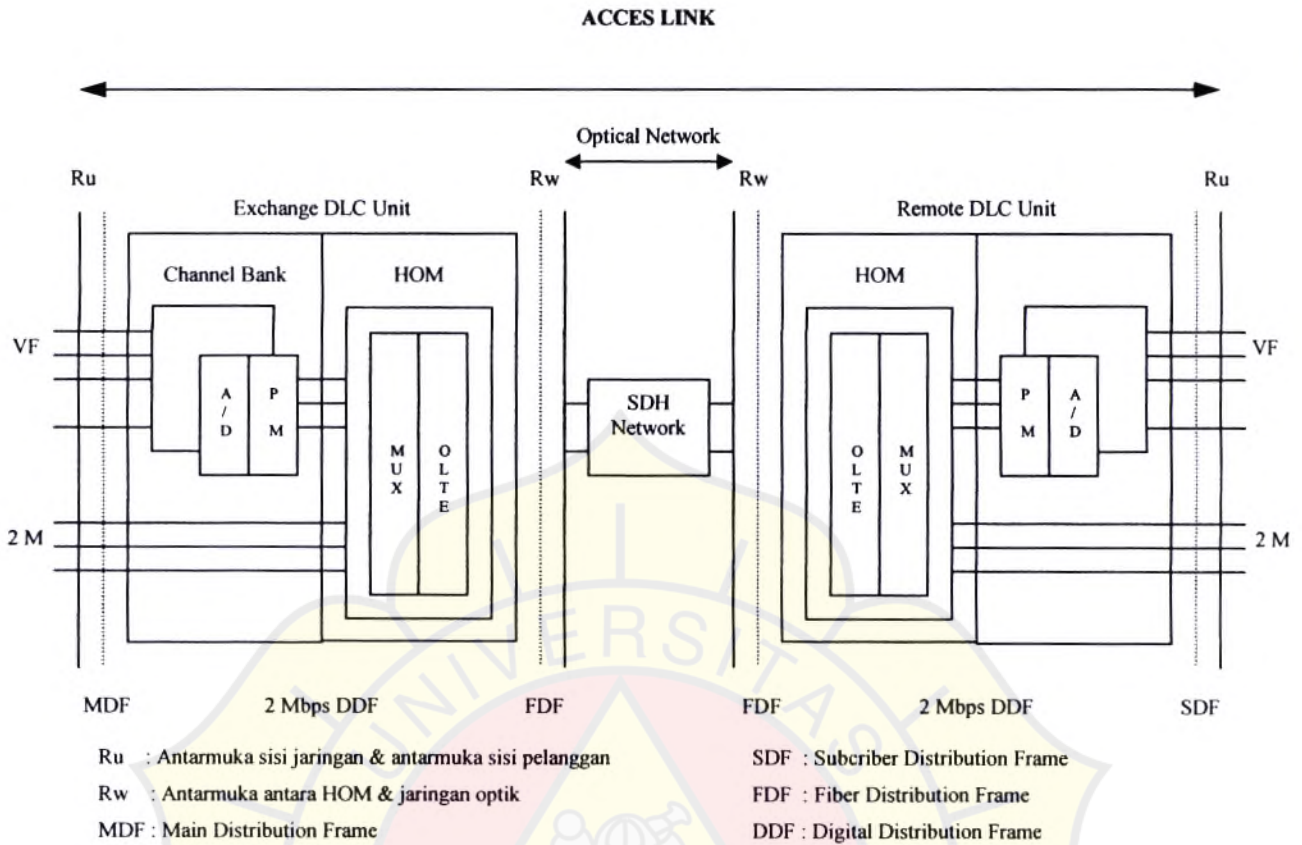
2.7.1 *Digital Loop Carrier* (DLC)

Teknologi DLC merupakan teknologi dari Jarlokaf yang memiliki hubungan *point to point*. Teknologi DLC merupakan hasil teknologi PCM-30 pada sistem jaringan pelanggan. Teknologi ini mempunyai dua perangkat utama

yaitu *Central Terminal* (CT) pada sisi sentral dan *Remote Terminal* (RT) pada sisi pelanggan. DLC merupakan perangkat yang memultiplexing sinyal keluaran dari sentral dengan kecepatan 64 Kbps menjadi sinyal dengan kecepatan 2 Mbps di sisi pelanggan.

Konfigurasi DLC terdiri dari:

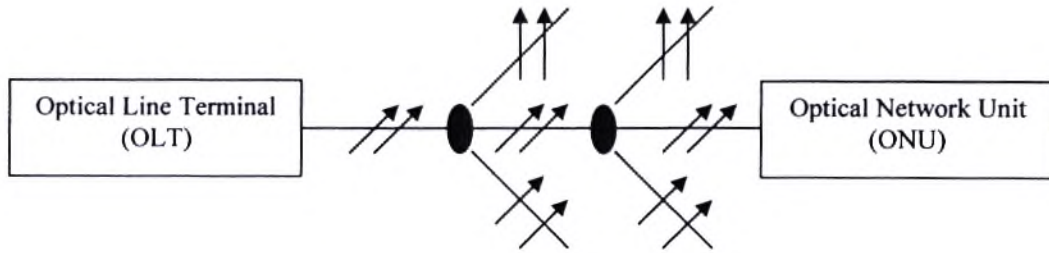
1. Pada sisi sentral (*Exchange DLC unit*) terdiri dari:
 - a. Perangkat DLC mengandung konverter analog ke digital dan orde pertama *multiplexer / Primary Multiplexer* (PM).
 - b. *Multiplexer* orde tinggi / *High Order Multiplexer* (HOM) menyediakan antarmuka di sisi sentral yang berfungsi untuk memultiplexing sinyal keluaran dari perangkat DLC dan mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik.
2. Pada sisi pelanggan (*Remote DLC Unit*) terdiri dari:
 - a. Perangkat DLC mengandung konverter digital ke analog dan orde pertama *multiplexer / Primary Multiplexer* (PM).
 - b. *Multiplexer* orde tinggi / *High Order Multiplexer* (HOM) menyediakan antarmuka di sisi pelanggan yang berfungsi mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik oleh OLTE dan melakukan demultiplexing ke sinyal 2 Mbps.



Gambar 2.15 Konfigurasi Perangkat DLC

2.7.2 Passive Optical Network (PON)

PON adalah teknologi dari jaringan lokal akses fiber yang memiliki hubungan *point to multipoint* (satu titik ke banyak titik). PON adalah bentuk khusus dari FTTC atau FTTH yang mengandung perangkat optik pasif dalam jaringan distribusi optik. Perangkat optik pasif yang dipakai yaitu konektor, *passive splitter* dan kabel optik itu sendiri. Dengan *passive splitter* kabel optik dapat dipecah menjadi beberapa kabel optik lagi, dengan kualitas informasi yang sama tanpa adanya fungsi addressing dan filtering. Dalam PON terdapat tiga komponen utama yaitu *Optical Line Terminal (OLT)*, *Optical Distribution Network (ODN)* dan *Optical Network Unit (ONU)*.



Gambar 2.16 Topologi Passive Optical Network

OLT berfungsi untuk melakukan konversi dari sinyal listrik menjadi sinyal optik dan sebaliknya. Dalam sebuah OLT bisa terdiri atas beberapa ODN. Sedangkan ONU berfungsi untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik dan sebaliknya dari sinyal listrik menjadi sinyal optik.

2.7.3 *Optical Access Network (OAN)*

Sistem OAN dikembangkan berdasarkan teknologi PON dengan maksud untuk menggunakan secara bersama perangkat opto-elektronik oleh beberapa pelanggan sehingga harganya dapat ditanggung bersama.

Sistem OAN menggunakan teknik transmisi yang berbeda dengan PDH maupun SDH dan memanfaatkan pembagi sinyal optik pasif untuk memperoleh jumlah percabangan yang diinginkan.

Sistem OAN memiliki 2 (dua) buah perangkat opto-elektronik yaitu *Optical Line Termination (OLT)* yang biasanya terletak di sisi sentral dan perangkat *Optical Network Unit (ONU)*, yang tersebar di dekat lokasi pelanggan.

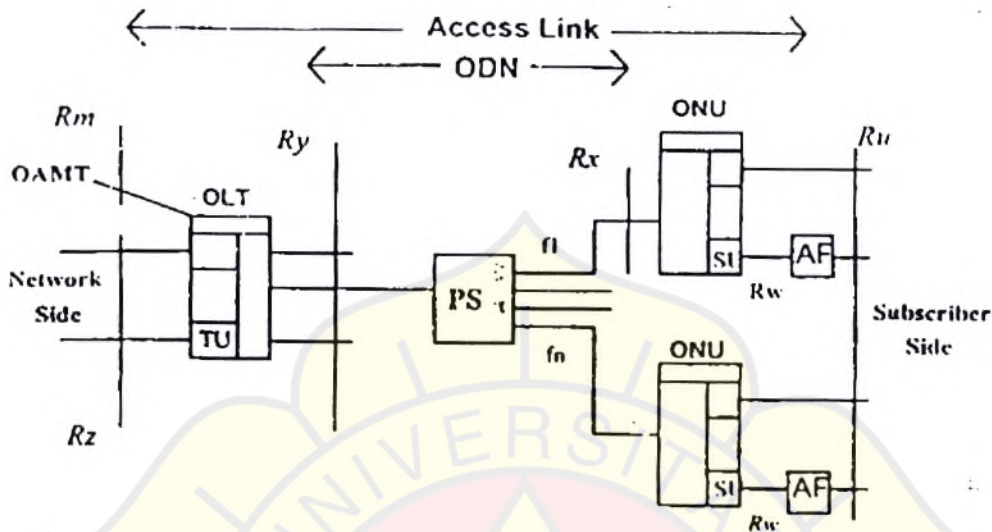
Hubungan kabel serat optik pada OAN adalah titik ke banyak titik (*point to multipoint*) yang ditunjukkan pada gambar 2.15. Hal ini berarti satu perangkat OLT dapat melayani beberapa perangkat ONU. Sistem OAN dapat memiliki sistem proteksi pada bagian OLT ke PS namun sistem ini biasanya memiliki tingkat kehandalan perangkat yang tinggi (≥ 18 tahun). Pada saat ini sistem Jarlokaf yang direkomendasikan menggunakan 2 serat optik dan sistem transmisi *simplex*. Sistem OAN dapat dikombinasikan dengan SDH untuk meningkatkan kehandalan sistem.

Sistem OAN dirancang memiliki antarmuka 2 Mbits/s ke arah sentral yaitu antarmuka V5.x. Apabila sentral belum memiliki antara V5.x disisi sentral diperlukan sebuah perangkat tambahan sebagai Demultiplexer. Pada kasus ini, penyisipan perangkat CB akan menjadi alternatif yang praktis.

Sistem OAN ini akan semakin ekonomis bila digunakan juga untuk menyalurkan jasa TV Cable (CATV) dan *Broadband Service* dan secara *co-located* yaitu menggunakan kabel serat optik yang sama namun perangkat OLT dan ONU yang berbeda.

Sistem OAN mengenal tiga batasan kapasitas yaitu kapasitas ONU, *Optical Distribution Network* (ODN) dan OLT. Kapasitas ONU dan OLT menunjukkan jumlah kanal yang dapat ditangani oleh perangkat yang bersangkutan. Sedangkan kapasitas ODN/PON menunjukkan jumlah kanal yang dapat disalurkan pada suatu cabang serat optik dengan sistem transmisi tertentu. Kapasitas ONU yang umum adalah 4, 16, 32, 64 dan 128 kanal. Kapasitas ODN bervariasi disekitar 200 kanal dan versi selanjutnya sekitar 480-800 kanal. Jumlah

ODN yang mungkin digunakan minimal 4 buah. Sedangkan kapasitas OLT setidaknya 800 kanal.

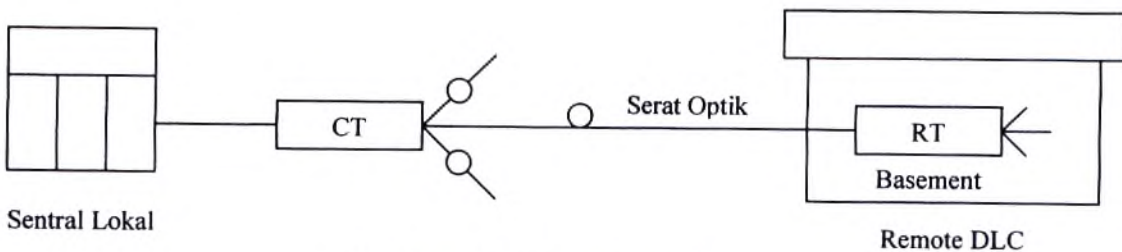


Gambar 2.17 Konfigurasi Optical Access Network

2.8 Modus Aplikasi Pada Jarlokaf

2.8.1 Fiber To The Building (FTTB)

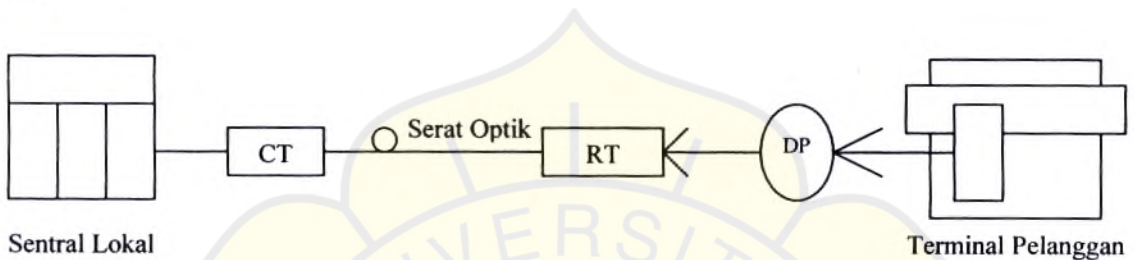
TKO terletak didalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi basement. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indoor. FTTB dapat dianalogikan dengan Daerah Catu Langsung (DLC) pada jaringan akses tembaga.



Gambar 2.18 Struktur FTTB

2.8.2 *Fiber To The Zone (FTTZ)*

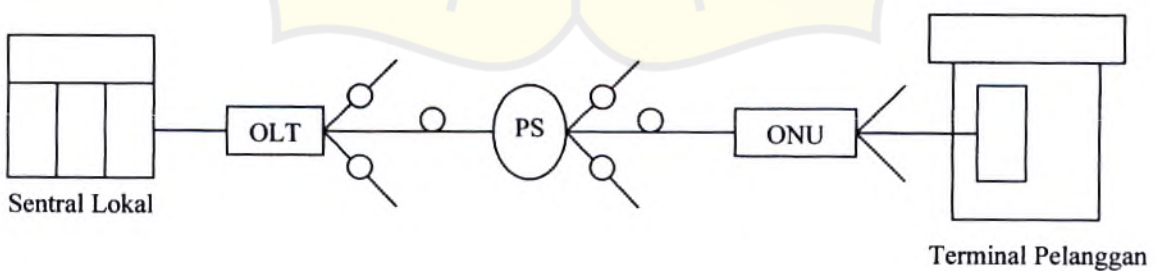
TKO terletak disuatu tempat diluar bangunan, baik didalam kabinet maupun manhole. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa kilometer. FTTZ dapat dianalogikan sebagai pengganti RK.



Gambar 2.19 Struktur FTTZ

2.8.3 *Fiber To The Curb (FTTC)*

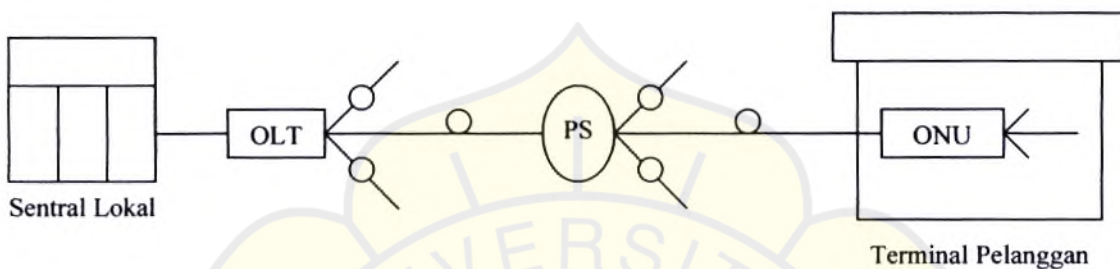
TKO terletak di suatu tempat diluar bangunan, baik didalam kabinet, diatas tiang maupun manhole. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa ratus meter. FTTC dapat dianalogikan sebagai pengganti KP.



Gambar 2.20 Struktur FTTC

2.8.4 *Fiber To The Home (FTTH)*

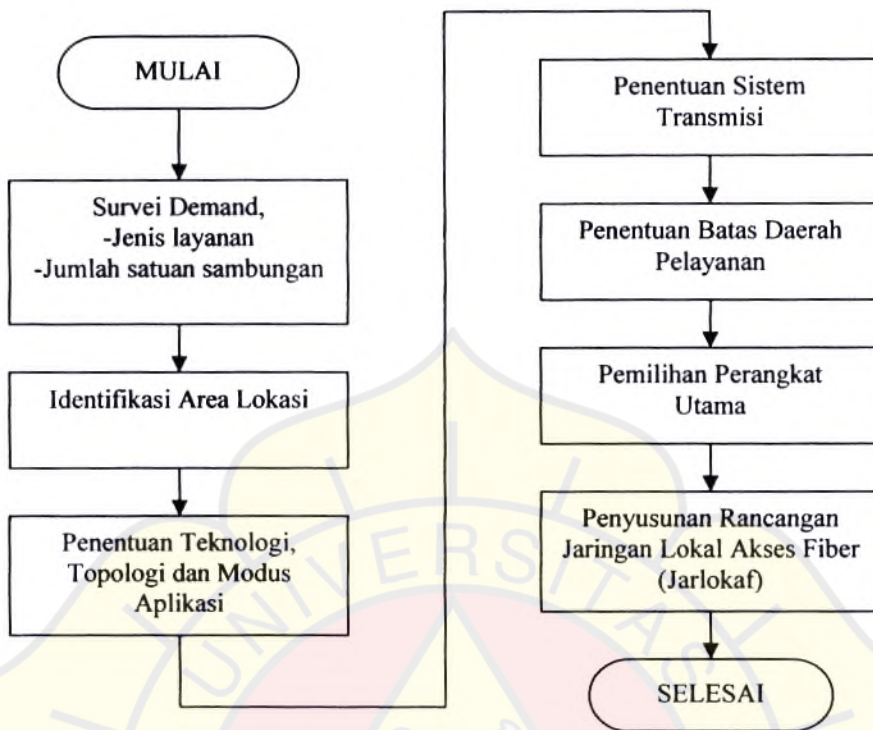
TKO terletak di rumah pelanggan. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indoor atau IKR hingga beberapa puluh meter. FTTH dapat dianalogikan sebagai pengganti Terminal Blok (TB).



Gambar 2.21 Struktur FTTH

2.9 Tahapan Perencanaan Jarlokaf

Untuk mendesain jaringan akses diperlukan suatu prosedur kerja atau perencanaan. Dengan demikian, yang harus diusahakan adalah melakukan perencanaan dengan efektif serta meminimalkan tingkat kesalahan. Perencanaan Jarlokaf dilakukan dalam beberapa tahapan. Tahapan-tahapan ini dibuat sebagai pedoman dalam perencanaan sebuah jaringan berbasis optik, agar dihasilkan sebuah desain jaringan yang ekonomis, mudah dilaksanakan, efisien dan mempunyai kemampuan penyediaan komunikasi yang dapat diandalkan. Tahapan perencanaan ini terbagi dalam beberapa langkah, perencanaan yang berupa analisis sampai pada perencanaan aplikasi di lapangan. Kegiatan perencanaan Jarlokaf dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.22 Diagram Alir Perencanaan Jarlokaf

2.9.1 Survei Demand (Kebutuhan Jenis Layanan)

Survei demand (kebutuhan jasa telekomunikasi) merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan Jarlokaf. Pendataan secara akurat akan menentukan keberhasilan perencanaan jaringan yang akan dilakukan.

Teknologi Jarlokaf mempunyai kemampuan untuk menangani jenis layanan yang beragam. Karena setiap pelanggan dapat memilih dan mempunyai lebih dari satu layanan, maka perlu dilakukan survei kebutuhan jenis layanan agar sistem yang akan dipasang sesuai dengan kebutuhan.

2.9.2 Penentuan Teknologi, Topologi, dan Modus Aplikasi

Dalam penentuan teknologi, topologi dan modus aplikasi ini terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya:

- a. Klasifikasi Pelanggan, pelanggan akan dikelompokkan sebagai pelanggan perumahan, bisnis, industri dan fasilitas umum.
- b. Letak Geografis, yaitu terkonsentrasi atau tersebar.
- c. Kebutuhan Jumlah Satuan Sambungan, kebutuhan ini akan sangat berpengaruh terhadap kapasitas perangkat yang akan digunakan.
- d. Kebutuhan Jenis Service dan Kemampuan Teknologi, hal ini akan mempengaruhi pemilihan jenis teknologi. Kebutuhan jenis service harus disesuaikan dengan waktu perencanaan.

2.9.3 Pemilihan dan Penempatan Perangkat Utama

Pemilihan perangkat dilakukan sesuai dengan pertimbangan kebutuhan, baik itu *demand* telepon maupun teknologi Jarlokaf yang akan diterapkan. Sedangkan penempatan perangkat dilakukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

2.9.3.1 Lokasi CT

Peletakan CT harus diatur sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan ekonomis dan teknis, antara lain:

1. Sedekat mungkin dengan sistem catu daya
2. Pengkondisian suhu ruangan dimana perangkat diletakan

3. Tersedianya perlengkapan operasi dan pemeliharaan yang baik

2.9.3.2 Lokasi RT

Peletakan RT harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Panjang kabel penanggal untuk menjangkau *demand* dalam daerah pelayanan RT tersebut relatif pendek.
2. Peletakan RT terutama sedapat mungkin berada ditengah-tengah daerah pelayanan untuk mendapatkan jangkauan yang optimum.
3. Untuk aplikasi gedung bertingkat, perangkat RT dapat diletakkan pada *basement* (diruangan perangkat telekomunikasi) maupun di tiap-tiap lantai dengan mempertimbangkan kemudahan dalam penyediaan *power supply*, instalasi, operasi dan pemeliharaan.
4. Letak RT harus aman dari gangguan.

2.9.4 Penyusunan Rancangan Rinci

Penyusunan rancangan rinci dilakukan dengan penggambaran rute jaringan berdasarkan penentuan tempat yang tepat untuk penempatan perangkat, jarak antara sentral dengan pelanggan, jumlah dan kapasitas perangkat yang digunakan, jumlah panjang kabel optik serta kebutuhan jumlah *core* yang digunakan dalam perencanaan Jarlokaf.