

BAB II

APLIKASI DIGITAL SUBSCRIBER ACCESS MULTIPLEXER PADA TEKNOLOGI DIGITAL SUBSCRIBER LINE

2.1. Struktur Jaringan

Jaringan merupakan suatu media untuk menyalurkan informasi yang telah dirubah menjadi getaran listrik, terbuat dari bahan yang mempunyai daya hantar listrik yang baik misalnya: logam mulia (Na, Mg, Al, Ar), tembaga (Cu), besi (Fe). Adapun jaringan terdiri dari beberapa jenis, antara lain: jaringan lokal dan junction.

2.1.1. Jaringan Lokal

Pada jaringan lokal terdapat jaringan langganan yang menghubungkan sejumlah pesawat telepon ke sentral telepon. Untuk mengetahui bentuknya dapat kita lihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.1. Jaringan Lokal Akses

Keterangan:

a. Main Distribution Frame (MDF)

Main Distribution Frame (MDF) atau sering di sebut rangka pembagi utama (RPU) biasanya berlokasi dalam satu bangunan dengan sentral telepon. MDF terdiri dari beberapa terminal yang berfungsi sebagai terminal akhir dari kabel, dari sentral dan sebagai awal terminasi dari kabel primer.

b. Rumah Kabel (RK)

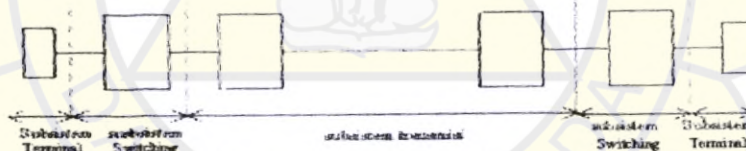
RK sering juga disebut juga dengan *Croee Conection Point (CCP)* merupakan terminal sekunder. RK dapat disebut sebagai titik hubung yang fleksibel antara kabel primer dan kabel sekunder. Di samping itu RK juga mempunyai fungsi sebagai titik inspeksi dalam rangka pemeliharaan. Kapasitas RK ada yang 800 pairs, 1600 pairs dan 2400 pairs.

c. **Distribution Point (DP)**

Sering disebut dengan kotak pembagi (KP), merupakan terminal kabel yang berkapasitas 10 pair atau 20 pair namun ada juga yang lebih. Bersamaan dengan bandwidth yang lebih besar.

2.1.2. Sistem Transmisi Antar STO (Junction)

Sistem transmisi merupakan subsistem dari suatu sistem telekomunikasi. Ada tiga subsistem utama yang membentuk sistem telekomunikasi, yaitu: subsistem terminal, subsistem switching (sentral), dan subsistem transmisi. Secara umum konfigurasi dari sistem telekomunikasi, seperti yang terlihat pada gambar 2.2. dibawah ini.



Gambar 2.2. Jaringan Antar STO

Subsistem terminal dapat berupa: pesawat telepon, pesawat teleprinter, terminal komputer, dll.

Fungsi dari peralatan terminal adalah untuk mengubah informasi yang akan di kirim menjadi sinyal-sinyal listrik dengan karakteristik tertentu. Proses ini terjadi pada sisi pengirim. Pada sisi penerima sinyal-sinyal listrik tersebut akan di ubah kembali menjadi bentuk aslinya.

2.2. Teknologi Jaringan Akses

Jaringan akses adalah suatu media, dapat berupa kabel tembaga, kabel optik atau radio yang dipasang / ditarik dan dipergunakan untuk menghubungkan pesawat-pesawat pelanggan dengan sentral lokal yang bersangkutan.

PT. TELKOM membagi jaringan lokal akses kedalam tiga kelompok besar, yaitu: jaringan lokal akses tembaga (JARLOKAT), jaringan lokal akses fiber optik (JARLOKAF) dan jaringan lokal akses radio (JARLOKAR).

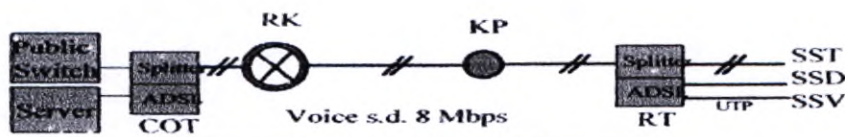
Teknologi yang berkembang di jaringan akses saat ini, antara lain:

- Teknologi berbasis JARLOKAT, misalnya: ISDN, xDSL.
- Teknologi berbasis JARLOKAF, misalnya: PON, AON, DLC.
- Teknologi berbasis JARLOKAR, misalnya: PHS, DECT, WLAN.
- Teknologi *Hybrid*, misalnya: HFC, DLC, remote DSLAM dan MSOAN.

Sesuai dengan pembagian tersebut, maka jaringan yang akan dibahas disini hanya seputar jaringan lokal akses tembaga dan jaringan lokal akses fiber serta teknologi *hybrid* yang mana saat ini digunakan untuk teknologi xDSL dalam perangkat *Digital Subscriber Line Access Multiplexer* (DSLAM).

2.2.1. Jaringan Lokal Akses Tembaga (JARLOKAT)

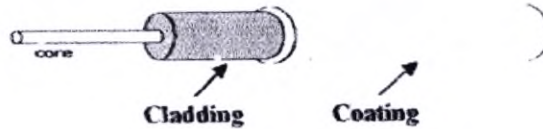
Jaringan lokal akses tembaga adalah suatu jaringan kabel telepon dari bahan tembaga yang dipasang / ditarik dan dipergunakan untuk menghubungkan pesawat-pesawat pelanggan dengan sentral lokal yang bersangkutan, seperti yang terlihat pada gambar 2.3. dibawah ini.



Gambar 2.3. Konfigurasi Jarlokot tidak murni

2.2.2. Jaringan Lokal Akses Fiber (JARLOKAF)

Sekarang ini banyak kabel yang digunakan pada jaringan akses menggunakan fiber G.652, namun inovasi teknologi fiber masih diharapkan dalam waktu dekat.



Gambar 2.4. Struktur Fiber Optik

Pada gambar 2.4. diatas dapat dilihat sebuah struktur fiber optik, dimana bagian terluar dari fiber optik dinamakan *coating* yang berfungsi sebagai jaket atau pembungkus luar pelindung dari *cladding*. Sedangkan *cladding* berfungsi sebagai pelindung atau selimut dalam yang melindungi inti optik (*core*) dan *core* sendiri berfungsi sebagai jalur transmisi cahaya.

2.2.2.1. Konfigurasi Jaringan Lokal Akses Fiber

Dalam JARLOKAF terdapat beberapa teknologi untuk menghubungkan sentral telepon ke pelanggan, yaitu: *Digital Loop Carrier* (DLC), *Optical Access Network* (OAN) dan *Passive Optical Network* (PON).

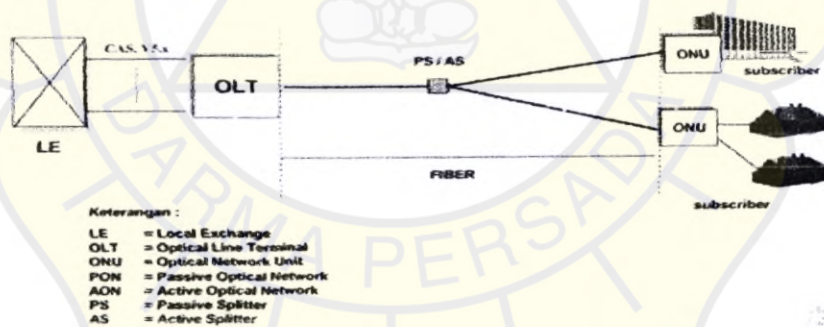
Teknologi DLC merupakan perangkat yang mengubah sinyal suara keluaran dari sentral (kecepatan 64 kbps) menjadi sinyal berkecepatan 2 Mbps dengan teknologi PCM 30 pada sistem pelanggan. Teknologi ini memiliki dua perangkat utama, yaitu: di sisi sentral yang disebut *Central Terminal* (CT) dan di sisi pelanggan yang disebut *Remote Terminal* (RT), seperti yang terlihat pada gambar 2.5. dibawah ini.



Gambar 2.5. Konfigurasi Umum DLC

Keseluruhan fungsi perangkat yang dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu: *Chanell Bank (CB)* dan *High Order Multiplexer (HOM)*. *Chanell Bank (CB)* adalah hasil meringkas beberapa buah multiplexer yang berkapasitas 30 kanal. *High Order Multiplexer (HOM)* adalah hasil meringkas beberapa multiplexer tingkat tinggi dengan sebuah OLTE yang bersesuaian.

OAN merupakan suatu teknologi yang dikembangkan berdasarkan teknologi PON dan mempunyai hubungan *point to multipoint*. Sistem OAN memiliki 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. Perangkat OLT biasanya terletak pada suatu perangkat yang dikenal dengan nama *Optical Subscriber Access Network (OSAN)*. Pada sistem ini juga terdapat perangkat yang disebut dengan *Passive Splitter (PS)*, yaitu: suatu perangkat pasif yang berfungsi sebagai pembagi saluran serat optik. PS ini umumnya diletakkan di antara OLT dan ONU. Sistem OAN dapat memiliki sistem proteksi yang terletak pada bagian OLT ke PS.



Gambar 2.6. Konfigurasi Umum OAN/PON

PON merupakan sistem jarlokaf yang memiliki topologi jaringan *point to point*. Untuk membentuk jaringan *point to multipoint* digunakan komponen pencabang pasif (*passive splitter*). Jaringan optik PON dapat digunakan bersama-sama atau integrasi untuk jaringan distribusi maupun *broadcast (CATV)*. Media

transmisi optik ini menyediakan link transmisi multipoint yang menghubungkan OSAN ke ONU, seperti yang terlihat pada gambar 2.6. diatas.

Tabel 2.1. Perbandingan teknologi PON, AON dan DLC

No.	TEKNOLOGI	KONFIGURASI DASAR	TIPE JENIS JASA	KETERANGAN
1	Digital Loop Carrier (DLC)	Point to Point		
	a. DLC konvensional		IS-A	Banyak digunakan didunia
	b. Next Generation DLC		IS-A dan IS-B	Relatif Baru
2	Passive Optical Network (PON)	Point to Multipoint	IS-A dan IS-B	Mulai dioperasikan secara komersial tahun 1974
		Pencabangan sinyal optik pasif	DS	Konfigurasi sama, perangkat berbeda
3	Active Optical Network (AON)	Point to Multipoint melalui perangkat pencabangan aktif	IS-A dan IS-B	Belum banyak digunakan

2.2.2.2. Komponen Sistem Jaringan Lokal Akses Fiber (JARLOKAF)

Secara umum sistem JARLOKAF terdiri dari: *Optical Line Terminal (OLT)*, *Optical Distribution Network (ODN)* dan *Optical Network Unit (ONU)*.

OLT adalah perangkat dari sistem JARLOKAF pada sisi sentral yang berfungsi sebagai interface bagi sistem JARLOKAF dan dapat dihubungkan minimal dengan 4 ODN. OLT yang di pakai sistem JARLOKAF disebut *Optical Subscriber Access Node (OSAN)* yang merupakan alat konversi optik ke listrik. Sinyal-sinyal saluran optik itu dikonversikan kedalam 2 Mbps sinyal listrik. Pada OLT terdapat *Central Office Terminal (COT)* yang merupakan demultiplekser yang memberikan sejumlah antar muka pada level 64kbps. 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.

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

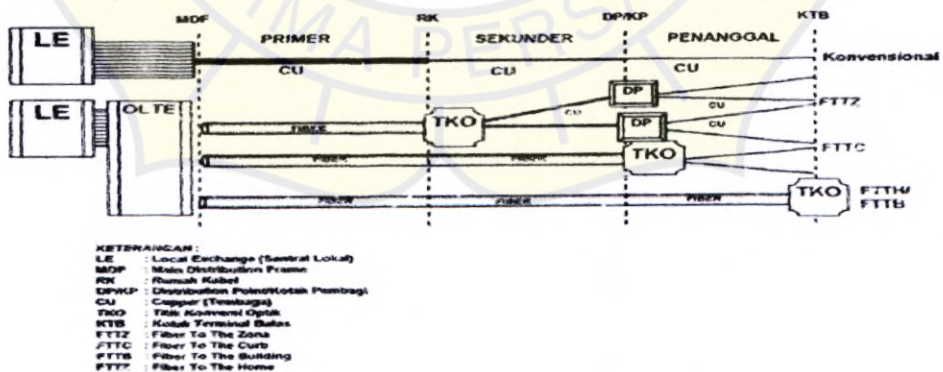
ODN adalah infrastruktur distribusi serat optik yang secara garis besar terdiri dari: kabel serat optik, penghubung (*couplers*) dan pembagi atau pemisah (*splitter*) yang membagi atau memisahkan sebuah serat optik secara optis menjadi beberapa arah untuk melayani satu pelanggan atau sekelompok pelanggan. Kapasitas ODN menunjukkan jumlah kanal yang dapat disalurkan pada suatu cabang serat optik dengan sistem transmisi tertentu. Kapasitas ODN bervariasi sekitar 200, 480, 800, 960 kanal dan 1920 kanal dan jumlah ODN yang mungkin digunakan minimal 4 buah.

ONU merupakan terminal dari jaringan optik dan implementasi antar muka pada sisi pelanggan dari jaringan akses. Perhitungan kapasitas ONU mengacu pada jumlah maksimum POTS dalam satu card, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$\text{Kapasitas ONU} = \text{POTS} + \text{Jenis layanan Lain} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.2})$$

2.2.2.3. Modus Aplikasi

Modus aplikasi dari JARLOKAF tergantung pada letak TKO dimana ditempatkan, seperti terlihat pada gambar 2.7. dibawah ini.



Gambar 2.7. Modus Aplikasi Jartokaf

Ada beberapa jenis modus aplikasi pada JARLOKAF seperti yang terlihat pada gambar 2.7. diatas, yaitu : *Fiber To The Building* (FTTB), *Fiber To The Zone* (FTTZ), *Fiber To The Curb* (FTTC) dan *Fiber To The Home* (FTTH).

FTTB dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis di gedung-gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahan di apartement. TKO terletak didalam gedung, biasanya ditempatkan di basement.

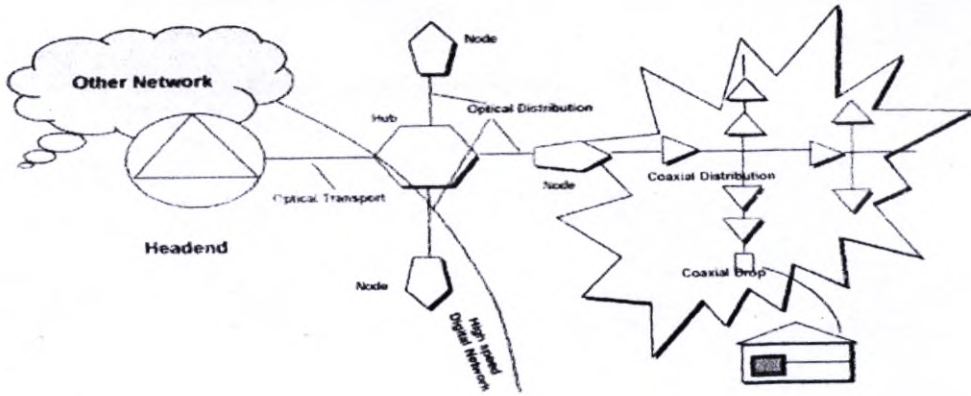
FTTZ dapat dianalogikan sebagai pengganti rumah kabel (RK). TKO ditempatkan diluar bangunan (*outdoor*) baik didalam kabinet atau di manhole. Terminal pelanggan terhubung ke TKO lewat kabel tembaga hingga 1 ~ 3 km.

FTTC dapat dianalogikan sebagai pengganti kotak pembagi (KP). TKO ditempatkan diluar bangunan baik didalam kabinet, diatas tiang atau di dalam manhole. Terminal pelanggan terhubung ke TKO lewat kabel tembaga antara 0,2-0,5 Km.

FTTH dapat dianalogikan sebagai pengganti terminal block. TKO ditempatkan di rumah pelanggan. Terminal pelanggan terhubung ke TKO lewat kabel tembaga indoor (IKR) hingga beberapa puluh meter.

2.2.3. Jaringan Lokal Akses Hybrid Fiber Coax (HFC)

Jaringan lokal akses *Hybrid Fiber Coax* (HFC) adalah jaringan akses yang menghubungkan pesawat pelanggan multi media bisa berupa suara, data dan terutama video atau TV kabel dengan sentral telepon, dengan memasang kombinasi kabel fiber dengan coaxial, seperti terlihat pada gambar 2.8. di bawah ini.



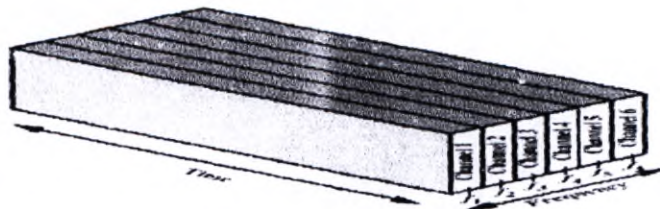
Gambar 2.8. Konfigurasi Jaringan HFC

2.3. Teknik Multiplexing

Teknik multiplexing merupakan cara mengefisienkan saluran agar dapat memuat banyak kanal. Teknik multiplexing yang digunakan dewasa ini diklasifikasikan menjadi dua sistem, yaitu: *Frekuensi Division Multiplexing* (FDM) dan *Time Division Multiplexing* (TDM).

2.3.1 Frequency Division Multiplexing (FDM)

Frequency Division Multiplexing (FDM) adalah penggabungan kanal suara dengan cara membagi frekuensi transmisi menjadi bagian yang sama besar untuk masing-masing kanal dengan modulasi sinyal pembawa yang berlainan frekuensinya seperti yang terlihat pada gambar 2.9, dibawah ini. FDM dimungkinkan jika bandwidth media transmisi jauh lebih besar daripada *required* BW sinyal yang akan dikirim, contoh: sistem siaran televisi, CATV, AMPS analog. Pada gambar 2.9, dibawah ini terlihat ada 6 sumber sinyal input mux, kemudian masing-masing di modulasi menjadi frekuensi berbeda (f_1, \dots, f_6).



Gambar 2.9. Frekuensi Division Multiplexing Diagram

Untuk menghindari interferensi, antar kanal dipisahkan oleh *guard band* (menjadi bagian dari spektrum yang tak terpakai). Teknik FDM digunakan di seluruh dunia dengan standart tertentu yang banyak dipakai adalah 12 saluran suara 4000 Hz (3000 Hz untuk pelanggan, ditambah dua peta penjaga yang masing-masing 500 Hz) yang dimultiplex menjadi pita-pita mulai 60 – 108 KHz. Sebagai contoh menggunakan *frequency division multiplexing*, antara lain: *broadcast radio and television, cable television*, sistem AMPS *cellular phone* dan teknologi ADSL.

2.3.2. Time Divison Multiplexing (TDM)

Time Division Multiplexing (TDM) dimungkinkan apabila data rate yang dapat dicapai oleh media transmisi lebih besar dari pada data rate sinyal digital yang akan dikirim. *Time division multiplexing* memerlukan sinkronisasi waktu bagi slot-slotnya yang diperlukan oleh stasiun referensi. Untuk stasiun dalam jumlah kecil dan tetap penentuan slot dapat diatur terlebih dahulu dan tidak pernah berubah seperti pada gambar 2.10. dibawah ini.



Gambar 2.10. Time Division Multiplexing Diagram

Teknik *time division multiplexing* saat ini banyak digunakan pada teknologi, antara lain: *Plesiochronous Digital Hierarchy* (PDH), *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) dan *Asynchronous Transfer Mode* (ATM).

PDH adalah *multiplex plesiochronous* atau hampir sinkron, *bit by bit multiplexing* dan setiap level multiplex mempunyai format frame tersendiri, berdasarkan standar ITU-T G.702. Sumber data biasanya sinkronus (dalam

beberapa 10 detik (ppm) dari keadaan biasa. Teknologi ini memiliki kelemahan, antara lain: setiap data rate baru dalam kesatuan membutuhkan multiplexing yang baru, membuat proses multiplexing menjadi rumit dikarenakan *bit stuffing* dan *stripping* serta rentan terhadap kesalahan transmisi.

SDH merupakan hirarki pemultiplekan yang berbasis pada transmisi sinkron yang telah ditetapkan oleh CCITT (ITU-T). SDH terdiri dari: perangkat *add/drop multiplexer* (ADM) dan *Digital Cross Connect* (DCC). Sistem SDH memiliki tingkatan level, yaitu: 1, 4, 16 dan 64 yang dikenal dengan *level Synchronous Transport Mode* (STM) yang masing-masing memiliki kecepatan transmisi 155 Mbps, 622 Mbps, 2.5 Gbps dan 10 Gbps. SDH dapat dipergunakan untuk transmisi optik kapasitas besar, pengaturan lalu lintas komunikasi dan restorasi jaringan. Teknologi ini memiliki keunggulan, antara lain: proses multiplexing relatif lebih mudah tidak bertingkat seperti dalam PDH dan dengan mudah dapat membenahi jaringan karena berbentuk sebuah ring.

Tabel 2.2. Perbandingan Karakteristik antara PDH dengan SDH

No.	KARAKTERISTIK	PDH	SDH
1	Jenis Sinyal	Pleisiokron	Sinkron
2	Bit rate dasar	1,544Mbps (USA dan Japan) 2,048Mbps (Eropa)	155,52Mbps
3	Teknik Multiplexing	bit per bit	byte per byte
4	Metode Sinkronisasi	Justifikasi Positif	Justifikasi Positif, Nol dan Negatve
5	Penyelarasan Phase	menggunakan buffer memory	menggunakan teknik pointer
6	Tiap Tahapan (orde) Multiplex	memiliki struktur frame yang berbeda	memiliki struktur frame yang sama
7	Pengaksesan Sinyal	melalui prosedur bertingkat	Langsung tanpa harus melalui prosedur bertingkat

Seperti yang terlihat pada tabel 2.2. diatas bahwa teknologi PDH mempunyai kelemahan dan perbedaan dengan teknologi SDH. Teknologi SDH dianggap lebih baik dibandingkan PDH. Hal ini, karena semua data rate rendah dan yang ada pada PDH dapat ditampung oleh SDH tanpa perlu dilakukan proses bertingkat.

ATM adalah suatu teknologi packet switching berkecepatan tinggi. ATM merupakan model transfer yang digunakan dalam implementasi B-ISDN yang telah distandarisasikan melalui CCITT (ITU) series I.

2.4. Teknologi Switching

Teknologi switching saat ini banyak sekali beberapa diantaranya merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya. Teknologi yang saat ini masih banyak digunakan, antara lain: *circuit switching*, *packet switching*, *protocol X.25*, *frame relay* dan *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*.

2.4.1. Circuit Switching

Pada circuit switching dilakukan pembentukan jalur komunikasi (sirkuit / circuit) sebelum informasi dikirimkan (*call setup*). Setelah *call setup*, jaringan transparan terhadap pengguna, dimana tidak ada *processing delay* di node yang ada hanya delay propagasi. Saluran komunikasi (sirkuit) digunakan secara dedicated selama panggilan berlangsung (*even when channel is idle*). Sumber dan tujuan harus mengirim dan menerima pada laju data yang sama. Setelah panggilan diputuskan, link dapat digunakan oleh panggilan yang lain. Efisien untuk trafik yang memerlukan *delay* dan *jitter* yang rendah serta prosentase idle yang rendah (misalnya: voice). Tidak efisien untuk *bursty* data. Pembebanan (*charges*) biasanya berdasarkan waktu koneksi dan jarak. Digunakan pada PSTN, contoh: *sirkuit switching*, antara lain: *multirate circuit switching* dan *fast circuit switching*.

Multirate circuit switching berfungsi untuk menanggulangi ketidakfleksibelan (penggunaan hanya satu bit rate) pada *circuit switching*. Menggunakan format TDM yang sama seperti pada *circuit switching* murni dengan laju kanal dasar yang tetap, namun satu koneksi dapat menggunakan lebih dari satu kanal

dasar. Kelemahan *multirate circuit switching* adalah tidak *fleksibel* dan ketidakmampuan menangani *bursty source* secara efisien.

Fast circuit switching merupakan pengembangan konsep *circuit switching* untuk menangani source yang *fluktuatif* dan *bursty*. *Resources* dialokasikan jika akan ada informasi yang akan dikirimkan lalu dilepaskan kembali bila informasi telah selesai dikirimkan. Pada saat *call setup*, user meminta koneksi dengan bandwidth yang diperlukan. Kelemahan *fast circuit switching* adalah kerumitan perencanaan dan pengendalian.

2.4.2. Packet Switching

Setiap blok data disebut *message* (misalnya: file ASCII, file postscript, sebuah halaman *web*, *file audio* dsb). Pada *packet switching*, *message* dipotong-potong ke dalam paket-paket oleh sumber sebelum dikirimkan ke jaringan. Di jaringan, paket-paket tersebut akan melalui link komunikasi dan switch. Pada input setiap link, paket disimpan lalu diteruskan (*stored and forwarded*). Dalam setiap *switch* terdapat *buffers* (tempat untuk mengantri). *Delay* antrian bersifat *variable* dan tergantung pada kondisi jaringan dan tidak ada penggunaan sirkuit yang *dedicated*. Pada datagram *packet switching* setiap paket yang berasal dari suatu *message* yang sama diperlakukan sebagai entitas yang *self contained* (tidak ada hubungan dengan paket yang lain). Paket-paket datagram dikirimkan ke jaringan tanpa ada jaminan bahwa paket sampai dengan terurut. Untuk menanggulangi hal ini, pada penerima harus ada perangkat yang dapat mengurutkan paket. Datagram tidak menggunakan *acknowledgments*. Pengarahan aliran datagram menuju penerima, dilakukan secara *on the fly* dengan mempertimbangkan jalur yang harus ditempuh setiap paket.

2.4.3. Protocol X.25

Standar internasional untuk akses jaringan dengan penyakelaran paket (*packet switching*) yang pertama muncul adalah X.25, yang direkomendasikan oleh CCITT (sekarang ITU-T) pada tahun 1976. *Frame relay* yang muncul setelah X.25 ternyata jauh lebih efektif daripada X.25, karena X.25 kerjanya menjadi lambat karena adanya koreksi dan deteksi kesalahan. Deskripsi yang menunjukkan pemrosesan langkah-langkah untuk *error recovery* (pemulihan akibat adanya kesalahan) dan *frame non-informasi* untuk X.25 akan jauh lebih rumit.

2.4.3.1. Format Paket X.25

Untuk *virtual circuit* yang menggunakan nomor urut 15 bit, *header* dimulai oleh oktet identifikasi protokol dengan pola 00110000. Header selalu berisi nomor *virtual circuit* 12 bit yang dibagi dalam 2 (dua) kelompok, yaitu: nomor grup 4 bit dan nomor kanal 8 bit. Data / informasi kontrol dikirimkan dengan format khusus yang digunakan untuk pembangunan, pemeliharaan, dan pemutusan hubungan *virtual circuit*. Sebagai contoh paket *call request* meliputi field tambahan, antara lain: panjang alamat DTE sumber (4 bit), panjang alamat DTE tujuan (4 bit), alamat-alamat DTE (variabel) alamat lengkap DTE sumber dan tujuan serta fasilitas lain terdiri atas kode fasilitas 8-bit dan kode parameter 8-bit.

2.4.4. Frame Relay

Frame relay adalah suatu teknologi berkecepatan tinggi yang beroperasi dalam *Wide Area Network* (WAN). Sistem pengiriman datanya adalah dengan membagi-bagi informasi dalam bentuk paket / frame dalam ukuran yang variabel. Teknologi *frame relay* berbasis *connection oriented*. *Frame relay* pada awalnya

relay tidak menentukan bagaimana data dikirimkan antara perangkat frame relay. Frame relay menyediakan suatu cara untuk merubah banyak logical data pada satu fisik link transmisi (*point to multipoint*).

Tabel 2.3. Perbandingan antara TDM, X.25 dan Frame Relay

	TDM	X.25	FRAME RELAY
Time Slot Switching	YES	NO	NO
Statistical (Virtual Circuit) Multiplexing Port Sharing	NO	YES	YES
High Speed	NO	YES	YES
Delay	VERY LOW	HIGH	LOW

Seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.3 diatas, dimana masing-masing teknologi memiliki perbedaan, diantaranya: pada TDM slot switching berbentuk time slot sedangkan untuk X.25 dan frame relay tidak, waktu delay pada frame relay dan TDM cukup kecil bila dibandingkan dengan X.25 yang cukup besar dan untuk kecepatan pengiriman pada X.25 dan frame relay jauh lebih baik dibandingkan dengan TDM.

Teknologi frame relay mengeliminasi fungsi layer 3 mengenai *networking*. Hanya sebagian fungsi dari Layer 2 tentang "*core aspect*" yang digunakan. *Core aspect* ini mengindikasikan bahwa frame relay hanya bekerja untuk mengecek ada tidaknya error free pada frame yang dikirimkan. Frame relay tidak menghendaki adanya *retransmission* jika ditemukan adanya *error*, jadi hanya sebatas *error checking*. Protokol pada layer atas yang akan menentukan perlu tidaknya adanya *retransmission* karena diharapkan layer atas yang lebih intelligent mampu memberikan layanan recovery.

2.4.4.1. Jaringan Frame Relay

Frame relay memiliki bentuk jaringan yang lebih kokoh dibandingkan teknologi sebelumnya seperti yang terlihat pada gambar 2.11. dibawah ini.

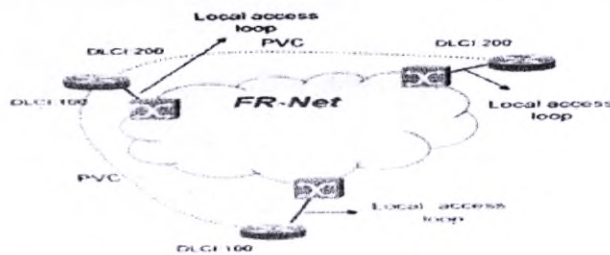
merupakan bagian dalam penelitian ISDN, dan dalam perkembangannya frame relay bahkan lebih merupakan turunan dari X.25 dengan berbagai kelebihan. frame relay mulai diimplementasikan pada tahun 1990 dengan banyak mengadopsi teknologi X.25 dan TDM. Pada dasarnya merupakan kombinasi dari teknologi TDM dan X.25.

Frame relay service merupakan data-only service. Service ini hanya diperuntukkan untuk *bursty* data trafik, dan tidak menyediakan fasilitas untuk time-sensitive real-time trafik seperti video atau suara. Dua term penting yang perlu diketahui customer adalah *Committed Information Rate* (CIR), yaitu: jaminan data rata-rata yang dikontrak, dan *Committed Burst Size* (CBS, juga dinotasikan dengan B_c), jumlah bit maksimum yang dapat ditransfer selama interval waktu T . Relasi antara besaran-besaran tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.3.

$$T = \frac{B_c}{CIR} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.3)}$$

Sebagai contoh, CIR 128 kbps dan CBS 512 kilobits, T adalah 512 dibagi 128 yaitu 4 detik. Ini berarti jaringan dijamin untuk transfer data 512 kilobit pada selang waktu 4 detik. Jika terjadi *congestion* pada jaringan, pelanggan dijamin mendapatkan performansi sesuai dengan CIR dan CBS yang dipesan. Jika pada jaringan tidak terjadi *congestion*, pelanggan dapat melakukan transfer data hingga $B_c + B_e$ bytes per detik. Pada contoh di atas, dengan CBS 512 kbps dan CBS 256 kb, diperbolehkan transfer data 768 kb ketika jaringan tidak congested.

Frame Relay merupakan standard ITU-T dan ANSI yang menentukan proses pengiriman data diatas publik data network. Frame relay menentukan proses interkoneksi antara CPE (DTE) dan perangkat frame relay (DC). Frame



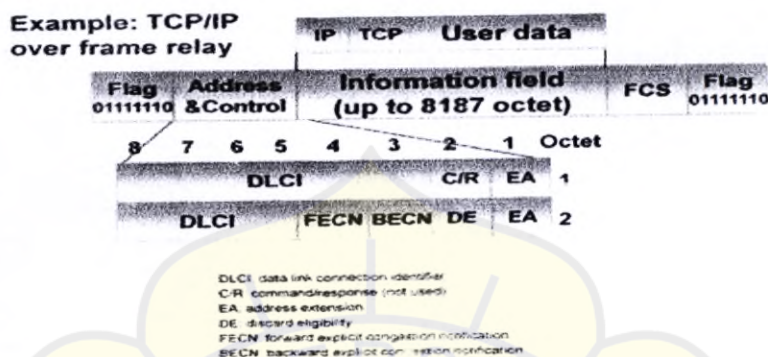
Gambar 2.11. Bentuk Jaringan Frame Relay

Seperti yang terlihat pada gambar 2.11. diatas jaringan frame relay memiliki beberapa bagian, dimana masing-masing bagian memiliki fungsi tertentu dan membentuk satu kesatuan. Bagian-bagian itu, antara lain: *local access rate (port speed)* berfungsi untuk menentukan kecepatan data melintas dari dan ke network, *Virtual Circuit (VC)* yang merupakan *sirkuit logic* yang dibuat untuk menghubungkan 2 perangkat network, dimana bisa berupa PVC atau SVC, *Data Link Connection Identifier (DLCI)* digunakan sebagai penomoran untuk mengidentifikasi sirkuit logic antara CPE dan FR, *Committed Information Rate (CIR)* yang merupakan kecepatan dalam bps yang dijamin dalam layanan frame relay untuk mengirimkan data, *Local Management Interface (LMI)* merupakan standar signaling antara CPE dan perangkat FR untuk maintaining status koneksinya, *Forward Explicit Congestion Notification (FECN)* adalah paket yang dikirim FR ke *destination device* menyatakan adanya network congestion dan *Backward Explicit Congestion Notification (BECN)* merupakan paket yang dikirim FR ke *source device* menyatakan adanya *network congestion*.

2.4.4.2. Arsitektur Frame Relay

Frame relay menerapkan panjang frame yang variabel pada informasikan yang akan dikirimkan. Overhead hanya 2 byte sedangkan payloadnya bisa mencapai sekitar 8187 bytes, dengan demikian utilitas pengiriman akan sangat tinggi dibanding dengan teknologi lain. Header pada frame

relay adalah 16 bit, yang terbagi atas: 10 bit DLCI, 1 bit command response, 2 bit extension bit, 1 bit FECN, 1 bit BECN dan 1 bit discard eligible. Panjang header ini tidak berubah atas besar kecilnya payload seperti yang terlihat dalam gambar 2.12. dibawah ini. Frame relay terdiri dari 2 komponen, yaitu: komponen fisik dan komponen logik.



Gambar 2.12. Arsitektur Frame Relay

Komponen fisik ini dapat berupa suatu perangkat jaringan, dimana terbagi atas 3 (tiga) bagian, antara lain: *Frame Relay Assemblers Disassemblers* (FRAD), circuit akses dan port frame relay.

Frame Relay Assemblers Disassemblers (FRAD) merupakan suatu perangkat pada umumnya *router* yang dapat mengkonversi data yang ditransfer dalam bentuk data paket frame relay dan selanjutnya mentransfer data tersebut ke port yang telah ditentukan melalui lokal line yang terkoneksi pada router tersebut. Circuit akses merupakan lokal akses dengan jangkauan bandwidth mulai dari 0 sampai dengan 2 Mbps yang menghubungkan FRAD dengan port frame relay di sisi provider. Port frame relay adalah port yang secara fisik dihubungkan pada lokal akses untuk menerima dan mengirim data ke FRAD.

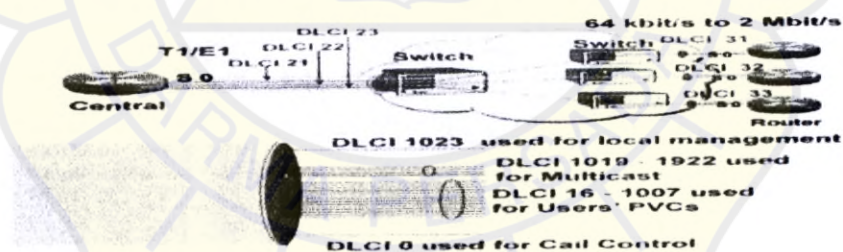
Komponen logik ini dapat berupa suatu sistem jaringan yang tidak dapat dilihat bentuk fisiknya. Pada frame relay memiliki 2 (dua) bagian antara lain: *Data Link Connection Identifier* (DLCI) dan *Committed Information Rate* (CIR).

DLCI merupakan identifier untuk tiap *virtual circuit* yang akan dibangun. *Committed Information Rate (CIR)* berfungsi untuk menjamin besar bandwidth ketika *trunk backbone* mengalami *congestion*.

Frame relay bekerja dengan menyisipkan virtual circuit untuk setiap path data yang akan dilewatkan. Path data pada *frame relay dicreate* dapat dilakukan dengan 2 cara, antara lain: *Permanent Virtual Circuit (PVC)* dan *Switched Virtual Circuit (SVC)*. Dalam satu fisik yang sama dimungkinkan untuk membuat lebih dari satu VC. Tiap VC akan mempunyai 2 sub komponen, yaitu:

- Setiap VC dikelola melalui data link connection identifier (DLCI) yang selanjutnya DLCI ini juga harus dikonfigure di sisi FRAD.
- Untuk menentukan berapa besar bandwidth yang akan dilewatkan dan dijamin, maka setiap VC mempunyai *committed information rate (CIR)*.

Satu DLCI digunakan untuk tiap VC, dimana dalam DLCI data dikirimkan ke jaringan dengan 3 (tiga) langkah antara lain: check FCS tujuannya jika ada kesalahan hapus frame, check DLCI dengan mengarahkan frame ke tujuan yang dimaksud dan langkah terakhir kirimkan frame ke tujuan.



Gambar 2.13. Bentuk VC dan DLCI

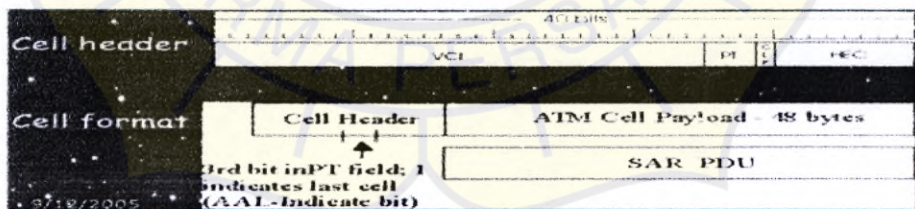
Dalam tiap DLCI akan disisipkan *Committed Information Rate (CIR)*, yaitu: besarnya bandwidth yang dijamin oleh provider untuk dilewatkan dalam jaringan. Selain CIR ini, bandwidth lain yang bisa diperhitungkan adalah *burst committed rate* dan *Excess Information Rate (EIR)*, seperti terlihat pada gambar 2.13. Protokol frame relay dapat beroperasi dengan jenis teknologi lain sehingga akan

menghasilkan beberapa layanan, antara lain: TCP/IP *over frame relay* dan *frame relay over ATM* atau sebaliknya.

2.4.5. Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Teknologi *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) saat ini memasuki operasional pelayanan secara penuh dan merupakan satu teknologi yang menjadi dasar pembuatan jaringan-jaringan yang baru. ATM menyediakan teknologinya untuk membangun jaringan yang cocok bagi kebutuhan konsumen mereka, kombinasi kemampuan, pengaturan dan kapasitas untuk membawa jalur lain seperti frame relay atau X.25 dan segala protokol seperti *Internet Protocol* (IP). ATM memiliki karakteristik umum, antara lain: seluruh informasi yang akan ditransfer akan dibagi menjadi slot-slot dengan ukuran tetap yang disebut cell, tidak menggunakan *proteksi error* dan *flow control*, *proteksi error* dapat diabaikan, beroperasi pada *connection oriented mode*, terjadi pengurangan fungsi header dan panjang field informasi dalam satu cell relatif kecil.

Pada ATM seluruh informasi yang akan ditransfer akan dibagi menjadi slot-slot dengan ukuran tetap yang disebut cell, seperti yang terlihat pada gambar 2.14. dibawah ini. Ukuran cell pada ATM adalah 53 octet (1 octet =8 bits), yang terdiri dari: 48 octet untuk field informasi, dan 5 octet untuk header.



Gambar 2.14. Bentuk Cell format dan Cell header

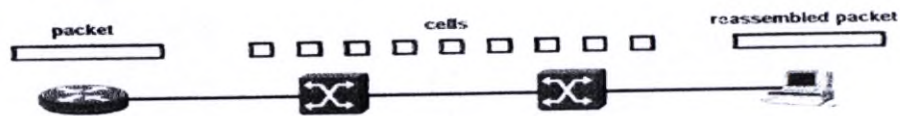
Pada basis link demi link tidak menggunakan *proteksi error* dan *flow control*. Pada ATM *proteksi error* dapat diabaikan karena didasarkan saat ini link demi link dalam network memiliki kualitas yang sangat tinggi, sehingga memiliki

BER yang sangat kecil dan *error control* cukup dilakukan *end to end* saja. *Flow control* juga tidak dilakukan dalam ATM network karena dengan pengaturan alokasi *resource* dan *dimensioning queue* yang tepat maka kejadian *queue overflow* yang menyebabkan paket loss dapat ditekan. Sehingga probabilitas packet loss antara 10^{-8} sampai dengan 10^{-12} dapat dicapai.

ATM beroperasi pada *connection oriented mode*. Sebelum informasi ditransfer dari terminal ke network, sebuah *fase setup logical / virtual connection* harus dilakukan untuk menyediakan *resource* diperlukan. Jika *resource* tersedia tidak mencukupi maka *connection* dari terminal akan dibatalkan. Jika fase transfer informasi telah selesai, maka *resource* yang telah digunakan akan dibebaskan kembali. Dengan menggunakan *connection oriented* ini akan memungkinkan network untuk menjamin packet loss yang seminim mungkin.

Pengurangan fungsi header dilakukan untuk menjamin pemrosesan yang cepat dalam network, maka ATM header hanya memiliki fungsi yang sangat terbatas. Fungsi utama dari header adalah untuk identifikasi *virtual connection* (*Virtual Connection Identifier / VCI*) yang dipilih pada saat dilakukan call setup dan menjamin *routing* yang tepat untuk setiap paket didalam network serta memungkinkan multiplexing dari *virtual connection-virtual connection* berbeda melalui satu link tunggal. Selain fungsi VCI, sejumlah fungsi lain yang sangat terbatas juga dilakukan oleh header, terutama terkait dengan fungsi pemeliharaan. Karena fungsi header dibatasi, maka implementasi header processing dalam ATM node sangat mudah / sederhana dan dapat dilakukan pada kecepatan yang sangat tinggi (150 Mbps sampai 2.5 Gbps) dan hal ini akan menyebabkan *processing delay* dan *queuing delay* yang rendah.

Panjang field informasi dalam satu cell relatif kecil. Hal ini dilakukan untuk mengurangi ukuran buffer internal dalam switching node, dan untuk membatasi *quering delay* yang terjadi pada *buffer* tersebut. *Buffer* yang kecil akan menjamin *delay* dan *delay jitter* rendah, hal ini diperlukan untuk keperluan *service-service real time*.



Gambar 2.15. Pengiriman data dengan teknologi ATM

Pada gambar 2.15 diatas dapat dilihat sebuah pengiriman data paket dari sentral ke pelanggan (user), dimana dalam sistem pengiriman data paket di ubah menjadi beberapa cell.

2.5. Protokol

Protokol adalah suatu aturan yang harus disepakati antara dua buah perangkat jaringan, sehingga terbentuk suatu komunikasi yang menghasilkan pertukaran informasi yang baik. Pada tugas akhir ini hanya menjelaskan tentang ATM dan TCP/IP karena protokol ini yang digunakan pada DSLAM Alcatel dan DSLAM Huawei.

2.5.1. Asynchronous Transfer Mode (ATM)

ATM akan diterima secara luas dan memiliki pengaruh banyak terhadap standard-standard yang ada saat ini. Kecepatan ATM cocok dan dapat dipetakan dengan baik ke kecepatan *Synchronous Optical Network* (SONET) yang digunakan oleh banyak perusahaan telepon. ATM juga mampu diintegrasikan ke LAN dan WAN dengan protokol tunggal. Ini menghemat waktu dan biaya. ATM juga menyediakan *Quality of Service* (QoS) dengan menjamin adanya prioritas bagi tipe lalu lintas tertentu bila dibutuhkan. Delay bagi aplikasi yang sensitif

terhadap keterlambatan, seperti: audio dan video dimimalisasi karena sel ATM memiliki panjang 48 byte dan biasanya memiliki sebuah header 5 byte yang diletakkan sebelumnya (AAL5), dan ini akan semakin meningkatkan kecepatan.

Aplikasi ATM di sisi konsumen, meliputi: bidang hiburan, telecommputing, home shopping, katalog dan multimedia on line, electronic mail, sistem multi messaging, aplikasi multimedia interaktif, dan games. Aplikasi ATM di sisi pelayanan umum adalah sebagai media belajar jarak jauh, perpustakaan video, training melalui video, videoconferencing, dan lain-lain. Aplikasi di sisi pasar komersial, meliputi : LAN, WAN, telemedicine, distributed data access, large file transfer, electronic publishing, financial reporting, integrated voice, terminal to mainframe computing, video and data multiplexing, CD room server, inventory control system, dan lain-lain.

2.5.1.1. Fungsi Layer Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Layer ATM mempunyai beberapa fungsi seperti terlihat dalam tabel 2.4. dibawah ini.

Tabel 2.4. Implementasi Layer ATM

Convergence	CS	AAL
Segmentation & Reassembly	SAR	
Generic Flow control		
Cell VPI/VCI Translation		ATM
Cell Multiplex & Demultiplex		
Cell Rate Decoupling		
HEC Header Seq. Generation		
Cell Delineation	TC	PHY
Transmission Frame Adaptation		
Transmission Frame Generation		
Bit Timing	PM	
Physical Medium		

CS : Convergence Sublayer

TC : Transmission Convergence

AAL : ATM Adaptation Layer

SAR : Segmentation & Reassembly

PM : Physical Medium

2.5.1.2. Physical Layer

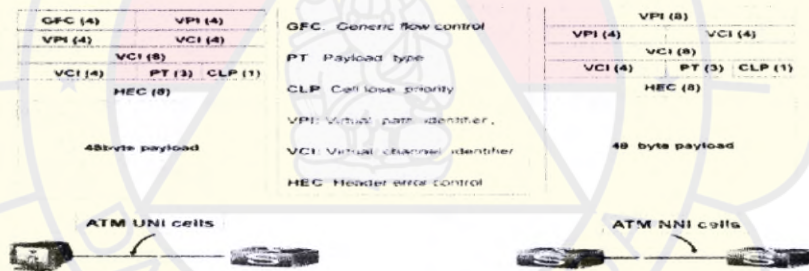
Physical layer merupakan layer awal dalam protokol ATM, dimana dibagi menjadi dua sublayer, yaitu: *Physical Medium* (PM) sublayer dan *Transmission Convergence* (TC) sublayer.

Physical Medium (PM) sublayer merupakan sublayer yang terendah dan hanya meliputi: fungsi-fungsi yang bergantung pada media fisik yang ada (misalnya optical, electrical,...). PM sublayer menyediakan kemampuan transmisi bit, meliputi: bit alignment, line coding, dan jika perlu konversi electrical/optical. Media yang biasanya sering digunakan adalah fiber optik, coaxial dan twisted pair cable. Fungsi-fungsi bit timing dalam PM sublayer adalah membangkitkan dan rekonstruksi bit timing yang cocok dengan media yang digunakan, penyisipan dan pemisahan informasi bit timing, dan fungsi line coding jika dibutuhkan.

Transmission Convergence (TC) sublayer melakukan lima fungsi, yaitu:

1. Membangkitkan dan melakukan recovery frame transmisi.
2. Melakukan adaptasi terhadap *cell flow* sesuai dengan struktur *payload* dari sistem transmisi yang digunakan pada arah kirim dan pemisahan *cell flow* dari frame transmisi dilakukan pada arah sebaliknya. Frame transmisi yang digunakan dapat memanfaatkan sistem transmisi, antara lain: *Plesiochromous Digital Hierarchy* (PDH) sesuai dengan G.703, *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) sesuai dengan G.709 dan berbasis cell. Cell-cell tersebut ditempatkan dalam sistem transmisi dengan mengacu pada metode *mapping* yang telah distandardisasi. Sebagai tambahan, ATM Forum juga menambahkan *Fiber Distributed Data Interface* (FDDI) sebagai option untuk *user network interface*.

3. Melakukan suatu mekanisme yang memungkinkan receiver untuk memulihkan kembali (*recover*) batas-batas cell (*cell boundaries*).
4. Membangkitkan HEC *sequence* yang dilakukan pada arah kirim. HEC *sequence* disisipkan dalam salah satu field pada header ATM cell. Pada sisi terima, nilai HEC dihitung kembali dan dibandingkan dengan nilai yang diterima, jika memungkinkan maka error pada header akan dapat dikoreksi.
5. Melakukan mekanisme pada arah kirim dengan menyisipkan idle cell untuk mengadaptasi rate dari ATM cell ke kapasitas payload dari sistem transmisi. Pada arah terima fungsi *cell rate decoupling* akan menghilangkan seluruh idle cell yang ada sehingga hanya assigned cell dan unassigned cell saja yang diteruskan ke ATM layer.



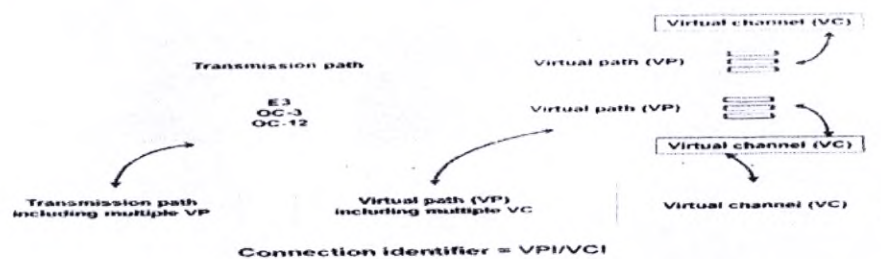
Gambar 2.16. Struktur ATM Cell

2.5.1.3. ATM Layer

ATM layer merupakan layer diatas physical layer yang memiliki karakteristik yang independent terhadap media fisik yang digunakan. ATM layer melakukan fungsi-fungsi utama sebagai berikut:

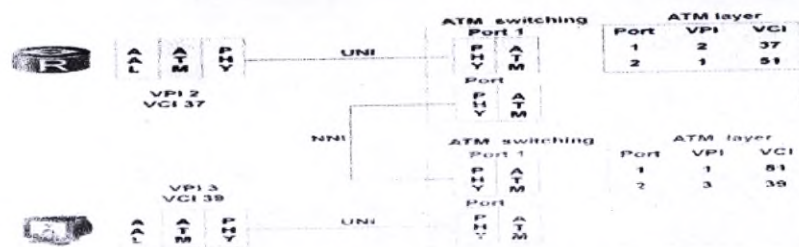
- a) Cell multiplexing / demultiplexing, pada arah kirim cell-cell dari *Virtual Path (VP)* dan *Virtual Channel (VC)* individual akan dimultiplexing menghasilkan suatu cell stream. Pada sisi terima fungsi cell demultiplexing

akan memisahkan cell stream yang diterima menjadi *cell flow individual* ke VP dan VC terkait seperti yang terlihat dalam gambar 2.22. dibawah ini.



Gambar 2.17. Bagan Virtual Path (VP) dan Virtual Channel (VC)

- b) Translasi *VP Identifier (VPI)* dan *VCI* dilakukan di ATM switching node. Didalam VP node nilai dari VPI field dari setiap incoming cell akan ditranslasikan ke nilai VPI yang baru untuk outgoing cell. Pada VC switch baik nilai VPI maupun VCI akan ditranslasikan ke nilai VPI dan VCI yang baru.
- c) Pembangkitan / pemisahan cell header, fungsi ini diterapkan pada titik-titik terminasi dari ATM layer. Pada arah kirim, field informasi yang telah diterima dari AAL ditambahkan ATM cell header (kecuali field HEC) dan nilai VPI serta VCI dari cell header dapat diperoleh dengan melakukan translasi dari *Service Access Point (SAP) identifier*. Pada arah terima, fungsi pemisahan cell header akan memisahkan cell header, dan hanya filed informasi saja yang diteruskan ke AAL.
- d) *Generic Flow Control (GFC)*, fungsi GFC hanya digunakan pada BISDN *User Network Interface (UNI)* saja. GFC digunakan untuk mendukung kontrol dari ATM trafik flow dalam satu customer network dan dapat digunakan untuk mengurangi kondisi-kondisi overload pada UNI. Informasi GFC ditumpangkan dalam *assigned cell* dan *unassigned cell*.



Gambar 2.18. Bagan ATM Cell Switching

2.5.1.4. ATM Adaptation Layer (AAL)

AAL terdapat diantara ATM layer dan higher layer. Fungsi dasar dari AAL adalah untuk menambah service yang akan disediakan oleh ATM layer sehingga dapat memenuhi level yang diminta oleh higher layer. Fungsi-fungsi yang dilakukan didalam AAL bergantung pada permintaan / keperluan dari higher layer. Fungsi AAL dibagi menjadi dua sublayer, yaitu: *Segmentation and Reassembly (SAR) Sublayer and Convergence sublayer (CS)*.

Segmentation and Reassembly (SAR) sublayer mempunyai fungsi utama, yaitu: melakukan segmentasi dari informasi higher layer ke suatu ukuran yang cocok untuk payload dari ATM cell (48 octet) dari suatu virtual connection. Pada operasi sebaliknya SAR melakukan perakitan kembali (*reassembly*) pada isi dari cell-cell dari suatu virtual connection menjadi unit-unit data yang akan diteruskan ke higher layer.

Convergence Sublayer (CS) melakukan fungsi-fungsi, seperti: identifikasi pesan (*message identification*), *time / lock recovery*, dan yang lainnya. Untuk beberapa jenis AAL, CS juga mendukung transport data melalui ATM. Untuk itu CS dibagi lagi menjadi 2 (dua), antara lain: *Common Part Convergence Sublayer (CPCS)* dan *Service Specific Convergence Sublayer (SSCS)*.

Untuk beberapa aplikasi yang cukup hanya menggunakan ATM service saja maka tidak diperlukan SAR dan CS, sehingga protocol AAL dalam hal ini

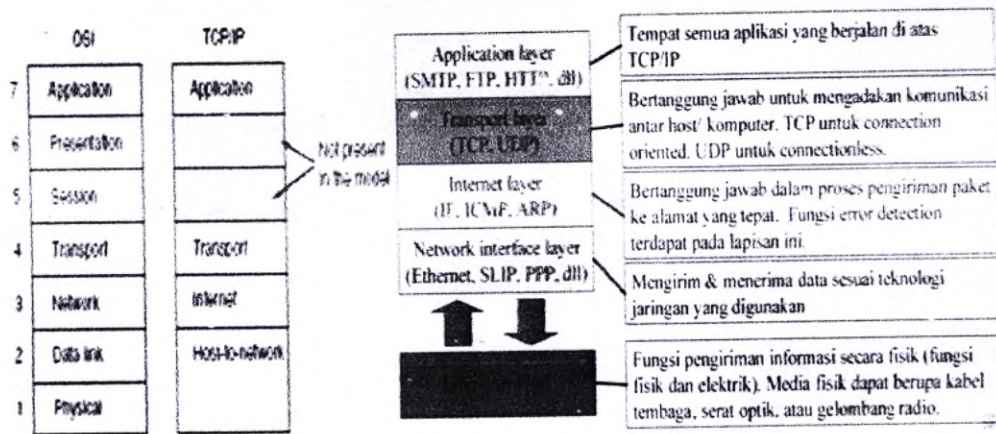
akan kosong. *AAL Service Data Unit (SDU)* dikirimkan dari satu *AAL-SAP* ke *AAL-SAP* yang lainnya melalui *ATM network*. Pemakai *AAL* akan memiliki kemampuan untuk memilih *AAL* yang sesuai dengan *Quality of Service (QoS)* yang diperlukan untuk mengirimkan *AAL-SDU*. Untuk menentukan spesifikasi kelas tersebut maka service dikelompokkan menurut tiga parameter dasar, yaitu : relasi waktu antara sumber (*source*) dan tujuan (*destination*) dan biasa disebut *real time service*, bit rate misalnya: *CBR*, *VBR* dan connection mode yaitu *connection oriented* dan *connectionless oriented* seperti terlihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Tipe Service ATM

Service type	Application
CBR: Constant Bit Rate	Voice, constant bit video and circuit emulation
Rt-VBR: Real time Variable Bit Rate	Audio and variable bit video
nrt-VBR: Non-Real time Variable Bit Rate	Data packet transmission, terminal conference and file transmission
UBR: Unspecified Bit Rate	LAN emulation, IP over ATM and non-specific flow services

2.5.2. Internet Protokol (IP)

Internet Protocol (IP) adalah sebuah network layer (layer 3) yang *constrain* informasi pengalamatan dan sejumlah kontrol informasi yang memungkinkan sebuah paket data dialamatkan. *IP* adalah termasuk dokumentasi dalam *Request For Comment (RFC) 791* dan sebuah *primary-layer* dalam suite di internet protokol. Pada gambar 2.19. dibawah ini terlihat bahwa *OSI layer* maupun *TCP/IP* memiliki persamaan dan juga perbedaan. Pada *TCP/IP* terbagi menjadi 5 (lima) layer, antara lain: jaringan fisik, network interface layer, internet layer, transport layer dan application layer. Dimana setiap layer memiliki tugas masing-masing seperti yang terlihat pada gambar 2.19. dibawah ini.

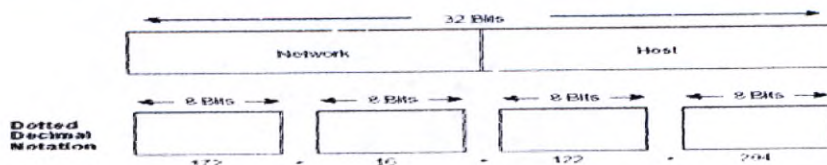


Gambar 2.19. Model OSI dan TCP/IP Layer

2.5.2.1. Internet Protokol (IP) Layer

Internet protokol didesain untuk interkoneksi sistem komunikasi komputer pada jaringan packet switched. Secara umum protokol ini bertugas untuk menangani pendeteksian kesalahan pada saat transfer data. Untuk komunikasi datanya, internet protokol mengimplementasikan dua fungsi dasar yaitu addressing dan fragmentasi. Dalam sebuah IP mempunyai beberapa tipe informasi, yaitu: *version*, *IP Header Length (IHL)*, *type of service*, *total length*, *identification*, *flags*, *fragment offset*, *time to life*, *protocol*, *header checksum*, *source address*, *options*, dan data.

IP address format (32-bit IP address) adalah pengelompokan delapan bits dalam satu waktu, separate oleh dots, dan mempresentasikan dalam format decimal, seperti terlihat pada gambar 2.20. dibawah ini. Beberapa bit dalam octet adalah sebuah binary dengan panjang (128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1), seperti terlihat pada gambar 2.21. dibawah ini.



Gambar 2.20. IP Address Format

Subnet Mask Bits

1	0	0	0	0	0	0	0	=	128
1	1	0	0	0	0	0	0	=	192
1	1	1	0	0	0	0	0	=	224
1	1	1	1	0	0	0	0	=	240
1	1	1	1	1	0	0	0	=	248
1	1	1	1	1	1	0	0	=	252
1	1	1	1	1	1	1	0	=	254
1	1	1	1	1	1	1	1	=	255

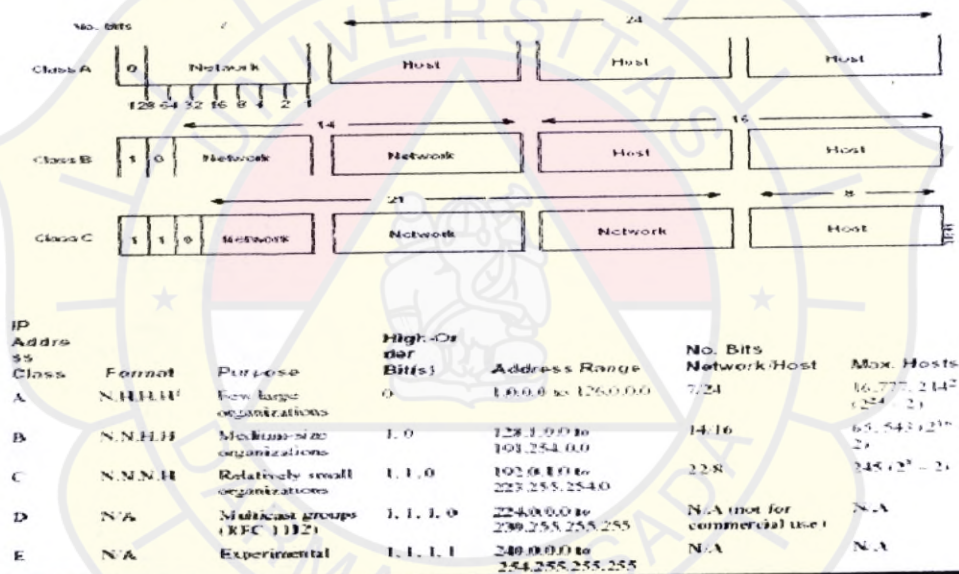
Bit-bit untuk subnet menggunakan bit host orde tinggi.

Committed 2/11



Gambar 2.21. Pembagian Subnet Mask Bits

IP address classes membagi lima perbedaan kelas pengalamatan A, B, C, D dan E. Hanya kelas A, B, dan C yang sering digunakan dalam penggunaan komersial, seperti terlihat pada gambar 2.22. dibawah ini.



1. N = Network number, H = Host number.

2. One address is reserved for the broadcast address, and one address is reserved for the network.

Gambar 2.22. IP Address Classes

Class dari address tidaklah mudah untuk menjelaskan octet pertama dari address dan mapping untuk nilai suatu jangkauan class pada gambar 2.22. di atas. Pada sebuah IP Address 172.24.12.8 sebagai contoh, octet pertama adalah 172, karena 172 falls bersama 128 dan 191, 172.24.12.8 adalah address Class B.

IP subnet addressing, dimana IP network terbagi ke dalam jaringan yang lebih kecil (subnetwork/subnet). Subnetting membuat administrasi jaringan menjadi beberapa bagian, termasuk *extra flexibility*, efisiensi dalam penggunaan address jaringan, dan capability untuk broadcast trafik. Subnet mask di gunakan untuk memisahkan antara nomor jaringan dan nomor host. Sebuah subnet mask address menggunakan format dan teknik representasi yang sama dengan IP address. Pada subnet mask dilakukan penjumlahan (logical AND) antara IP address dan subnet mask. Default dari subnet mask untuk sebuah address class B tidak ada subnetting 255.255.0.0, di mana subnet mask untuk class B address 171.24.12.8 merupakan spesifik 8 bits subnettingnya ialah 255.255.255.0. kondisi untuk 8 bits dari subnetting ini atau $2^8 - 2$ (1 untuk network address dan 1 untuk broadcast address) = 254 subnets memungkinkan, dengan $2^8 - 2 = 254$ hosts persubnet.

2.5.2.2. Address Resolution Protocol (ARP)

ARP bertugas untuk menterjemahkan IP address ke alamat ethernet. Proses ini dilakukan hanya untuk datagram yang dikirim host karena pada saat inilah host menambahkan header ethernet pada datagram, agar dua PC dalam jaringan dapat berkomunikasi mereka harus mengetahui address physical machine (MAC). Untuk membroadcast ARP, sebuah host dapat menemukan secara dynamically sebuah layer MAC address koresponden untuk particular IP network layer address. Setelah menerima sebuah layer address MAC, IP decives akan membuat sebuah ARP cache untuk menyimpan sementara acquires IP to MAC pengalamatan address. Jika sebuah device tidak merespon bersama sebuah *specified time frame*, maka di dalam entry cache akan dihapus.

2.5.2.3. Internet Control Message Protocol (ICMP)

ICMP adalah protokol yang bertugas mengirimkan pesan-pesan kesalahan dan kondisi lain yang memerlukan perhatian khusus, pesan atau paket ICMP dikirim jika terjadi masalah pada layer IP dan layer di atasnya (TCP/UDP). ICMP sebuah network layer internet protokol yang akan membuat message packet melaporkan adanya error dan informasi lainnya yang akan mengembalikan paket IP address ke sumbernya.

2.5.2.4. Transmission Control Protocol (TCP)

TCP merupakan salah satu protokol yang berada pada lapis transport. Konsep dasar cara kerja TCP adalah mengirim dan menerima segment-segment informasi dengan panjang dan data bervariasi pada suatu datagram internet. TCP menjamin reliabilitas hubungan komunikasi karena melakukan perbaikan terhadap data yang rusak, hilang atau kesalahan kirim. Data dikirim dalam sesi urutan paket tetapi penanganan datanya mengalami keterlambatan.

2.5.2.5. User Datagram Protocol (UDP)

UDP merupakan protokol transport yang sederhana. Berbeda dengan TCP yang *connection oriented*, UDP bersifat *connectionless*, dalam UDP tidak ada *sequencing* (pengukuran kembali) paket yang datang. *Acknowledgement* terhadap paket yang datang, atau *retransmisi* jika paket mengalami masalah di tengah jalan. Kemiripan UDP dengan TCP ada pada penggunaan port number. Sebagaimana digunakan pada TCP, UDP menggunakan port number ini untuk membedakan pengiriman datagram ke beberapa aplikasi berbeda yang terletak pada komputer yang sama. Karena sifatnya di atas tadi, maka UDP digunakan oleh aplikasi-aplikasi yang secara periodik melakukan aktivitas tertentu (misalnya: *query routing table* pada jaringan lokal).

2.5.2.6. File Transport Protocol (FTP)

FTP memungkinkan pengiriman paket maupun data secara aman antara client (sisi yang menginisiasi transfer) dan server (*remote host*). Client FTP menghubungi server FTP pada port 21, menggunakan TCP sebagai protokol transport dan kemudian port 20 juga akan dibuka untuk pertukaran data.

2.5.2.7. Hyper Transport Transfer Protocol (HTTP)

HTTP merupakan protokol untuk aplikasi web yang menggunakan TCP dengan port server 80 dan menggunakan komunikasi 2 arah dengan model clientserver, dimana client untuk browser yang melakukan request dan menerima objek web dan server untuk web server yang mengirimkan objek sebagai respon terhadap request client.

2.6. Teknologi x-Digital Subscriber Line (x-DSL)

Teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan bandwidth pada jaringan akses pelanggan, dimana menggunakan infrastruktur akses yang sudah ada. Umumnya mampu digunakan pada jarak 5-6 km. Teknologi DSL melakukan pemisahan kanal suara dan data pada jaringan kabel yang sama.

2.6.1. Dasar Teknologi x-Digital Subscriber Line (x-DSL)

x-DSL mampu membawa informasi suara dan data (termasuk gambar/video), untuk data dengan kecepatan bervariasi (128Kbps s/d 8 Mbps). x-DSL menyediakan bandwidth frekuensi secara dedicated (*no-share bandwidth*).

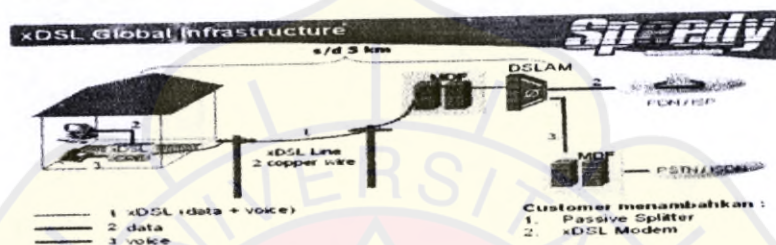
2.6.1.1. Bandwidth

Bandwidth frekuensi dengan tipe teknologi x-DSL tertentu dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu: band frekuensi rendah (0 s/d 4 KHz) untuk

menyalurkan suara (*voice*) dan band frekuensi tinggi (38 KHz s/d 1,1 MHz) untuk menyalurkan data.

2.6.1.2. Konfigurasi Digital Subscriber Line (DSL)

Adapun konfigurasi dari teknologi DSL dapat dilihat seperti gambar 2.23. dibawah ini, dimana sentral memberikan layanan xDSL, data dan voice ke pelanggan dengan media transmisi fiber optik dan coaxial serta disisi pelanggan perlu ditambahkan *passive splitter* untuk memisahkan layanan data dengan voice dan xDSL modem bagi yang ingin berlangganan layanan xDSL ini.



Gambar 2.23. Konfigurasi DSL

2.6.1.3. Layanan dan Operasional

Di tinjau dari aspek layanan dan operasional x-DSL dapat dikategorikan sebagai berikut, antara lain: mempunyai bit rate yang tinggi (*asymmetric* dan *symmetric*), dapat melayani multi media akses (suara, data dan video) secara simultan, menggunakan aplikasi mode IP dan ATM, memanfaatkan jaringan tembaga (saluran telepon eksisting / yang telah terpasang), mudah dipasang dan langsung dapat dipakai dan x-DSL mudah di instalasi.

Selain itu teknologi x-DSL memiliki beberapa kelebihan, antara lain: menggunakan infrastruktur (kabel pair) eksisting, layanan dapat seketika diberikan kepada setiap pelanggan yang telah mempunyai sambungan telepon baik perumahan maupun bisnis / perkantoran, tidak perlu mengupgrade sentral seperti layanan ISDN, karena trafik DSL tidak masuk ke sentral, layanan baru yang diberikan tidak mengganggu layanan telepon eksisting (ADSL) dan mampu

memberikan kanal akses digital kecepatan tinggi secara dedicated untuk setiap pelanggan (128 Kbps - 8 Mbps).

Tabel 2.6. Macam-macam tipe x-DSL

Type xDSL	Sifat transmisi	# Pairs	Jarak Max (km)	Maximum Bitrate	
				Downstream	Upstream
ADSL -G 992.1 (G.dmt)	Asymmetric	1	5.4	8 Mbps	540 Kbps
ADSL Lite -G 992.2 (G.lite)	Asymmetric	1	5.4	1.5 Mbps	512 Kbps
ADSL2 (ADSL2.dmt) -G 992.3	Asymmetric	1	6	16 Mbps	800 Kbps
ADSL2+ -G 992.5	Asymmetric	1	3	24 Mbps	800 Kbps
HDSL -G 991.1	Symmetric	1, 2, 3	3.6	2 Mbps	2 Mbps
HDSL2	Symmetric	1	3.6	2 Mbps	2 Mbps
SDSL	Symmetric	1	6.5	2.3 Mbps	2.3 Mbps
SHDSL -G 991.2 (G.shdsl)	Symmetric	1, 2	6.5	192 Kbps - 2.32 Mbps	192 Kbps - 2.32 Mbps
IDS	Symmetric	1	5.5	144 Kbps	144 k
VDSL -G 993.1 (G.vdsl)	Asymmetric / Symmetric	1	1	52 Mbps	6 Mbps
REDSL2	Asymmetric	1	6	1.5 Mbps	512 Kbps
RADSL	Asymmetric	1	5.4	7 Mbps	1 Mbps

2.6.2. Tipe x-Digital Subscriber Line (x-DSL)

Seperti yang terlihat pada tabel 2.6. diatas teknologi xDSL mempunyai beberapa tipe, tetapi yang akan dibahas pada tugas akhir ini, antara lain: HDSL, SDSL, G.SHDSL, IDS, VDSL dan ADSL.

2.6.2.1. High Bit-Rate Digital Subscriber Line (HDSL)

HDSL adalah teknologi modem digital yang merupakan pengembangan teknologi *Pulse Code Modulation-30* (PCM-30) berbasis kecepatan 2 Mbps. HDSL memiliki karakteristik, antara lain : kecepatan akses data mencapai 1,5 Mbps atau 2 Mbps, jumlah pair kabel yang digunakan 2 atau 3 pair kabel, transmission rate simetrik, kode saluran berupa 2B1Q dan interface yang digunakan G.703, V.35, X-21, dll. Jangkauan HDSL terbagi menjadi tiga sesuai dengan diameter kabel yang digunakan, antara lain: 4 km untuk kabel berdiameter 0.4 mm, 6 km untuk kabel berdiameter 0.6 mm dan 8 km untuk kabel berdiameter 0.8 mm.

2.6.2.2. Symetric Digital Subscriber Line (SDSL)

SDSL disebut pula *symmetric DSL* dikarenakan sifat transmisi SDSL yang mempunyai mode transmisi simetrik, kecepatan downstream dan upstream sama besar 2 Mbps. SDSL memiliki karakteristik, antara lain: kecepatan akses data sebesar 2 Mbps, jumlah pair kabel yang digunakan 1 pair kabel, transmission rate berupa simetrik (*downstream* dan *upstream* = 2 Mbps), multi rate (*adjustable rate*) dan interface berupa ethernet.

2.6.2.3. G.SHDSL

G.SHDSL merupakan pengembangan dari teknologi HDSL dan SDSL dan sama-sama memiliki sifat simetrik. GSHDSL memiliki karakteristik, antara lain: kecepatan akses data sebesar 2 Mbps, jumlah pair kabel yang digunakan 1 pair kabel, transmission rate berupa simetrik (*downstream* dan *upstream* = 2 Mbps), rate adaptive (HDSL tidak rate adaptive) dan interface yang dipakai ethernet.

2.6.2.4. ISDN Digital Subscriber Line (IDSL)

IDSL adalah perangkat aktif di jaringan akses pelanggan yang dipergunakan untuk mendukung implementasi layanan multimedia pada jaringan yang mempunyai fasilitas *Integrated Service Digital Network* (ISDN). IDSL memiliki karakteristik, antara lain: menggunakan 1 pair kabel, kecepatan transmisi simetrik 128 Kbps (2B + D) dan 1984 Kbps (30 B + D), frekuensi band yang digunakan adalah 10 KHz – 50 KHz, line code yang dipakai 2B1Q, memerlukan *call set-up* untuk membangun hubungan dan aplikasi digunakan untuk komunikasi data dan voice.

2.6.2.5. Very High Bit Rate Digital Subscriber Line (VDSL)

VDSL adalah perangkat aktif di jaringan akses pelanggan yang dipergunakan untuk mendukung implementasi layanan multimedia pada jaringan

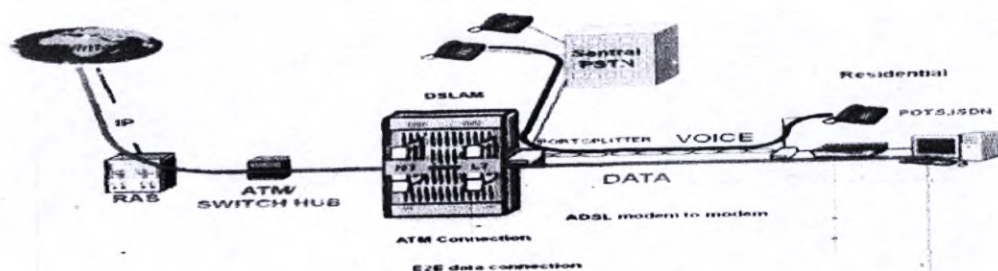
broadband dengan menggunakan satu pair kabel tembaga. Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dengan menggunakan VDSL, antara lain: menggunakan kabel tembaga eksisting atau kabel tembaga baru, menghemat investasi penggelaran jaringan baru, cepat dalam proses instalasi, mendukung transmisi data berkecepatan tinggi hingga 52 Mb/s untuk downstream dan 6,4Mb/s arah upstream dan dapat disambungkan ke jaringan telekomunikasi yang ada, misalnya: jaringan optik di terminasi di tingkat distribution area untuk selanjutnya disambungkan ke end user menggunakan teknologi VDSL. Jenis layanan yang dapat di support oleh VDSL meliputi: *Video On Demand* (VOD), permainan (games), *interactive education*, penyaluran berita-berita elektronik dan disamping itu ada pelanggan-pelanggan tertentu yang menginginkan dua buah "setup boxes" untuk mendapatkan layanan-layanan dari sentral telepon maupun layanan dari perusahaan TV kabel.

VDSL memiliki karakteristik, antara lain: kecepatan akses sampai dengan 52 Mbps, jumlah pair kabel yang dipakai 1 pair kabel, kode saluran CAP/QAM, simetrik dan atau asimetrik (tergantung vendor), mode asimetrik 52 Mbps/6,4 Mbps, 26 Mbps/3,2Mbps dan 13 Mbps/1,6 Mbps (downstream/upstream), mode simetrik sampai dengan 25 Mb/s (*upstream = downstream*), VDSL dapat digunakan bersama-sama dengan FTTC (OAN) dan merupakan pengembangan dari HDSL dan ADSL dan hanya digunakan untuk jarak pendek.

2.6.2.6. Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)

ADSL adalah teknologi akses, yang memungkinkan terjadinya komunikasi data, voice dan video secara bersamaan, menggunakan media jaringan akses kabel tembaga 1 pair. Pada gambar 2.24. dibawah ini dapat terlihat bahwa ADSL bekerja dengan memisahkan layanan data dengan voice

menggunakan *splitter*, dimana pada sentral terdapat DSLAM untuk mengirimkan layanan data dan sentral PSTN untuk layanan *voice*.



Gambar 2.24. Konfigurasi dan cara kerja ADSL

Karakteristik ADSL, antara lain: disebut asimetrik karena rate / kecepatan transmisi dari sentral ke pelanggan (*downstream*) tidak sama dengan rate transmisi dari arah pelanggan ke sentral (*upstream*), aplikasi ini digunakan untuk menyalurkan layanan broadband, ADSL dapat mensupport pengiriman data dari 1,5 sampai 9 Mbps saat menerima data atau lebih dikenal dengan *downstream rate* dan dari 16 sampai 640 Kbps saat mengirim data atau lebih dikenal dengan *upstream rate* seperti terlihat pada tabel 2.7. dibawah ini, sering dikenal dengan sebutan *last-mile technology* karena teknologi ini hanya digunakan untuk koneksi dari *Sentral Telephone Otomatis* (STO) ke perumahan dan perkantoran, bukan di antara sentral-sentral telepon dan ADSL membutuhkan modem khusus ADSL.

Tabel 2.7. Karakteristik kecepatan ADSL terhadap jarak

Data Rate	Wire Gauge	Distance	Wire Size	Distance
1.5 or 2 Mbps	24 AWG	18,000 ft	0.5 mm	5.5 km
1.5 or 2 Mbps	26 AWG	15,000 ft	0.4 mm	4.6 km
6.1 Mbps	24 AWG	12,000 ft	0.5 mm	3.7 km
6.1 Mbps	26 AWG	9,000 ft	0.4 mm	2.7 km

Selain itu ADSL memiliki keuntungan, antara lain: simultan artinya ADSL memberikan kemampuan internet dan voice / fax secara simultan, dimana anda dapat surfing internet dan menggunakan telepon atau fax pada saat

bersamaan, stabil artinya kecepatan koneksi lebih stabil karena masing-masing pemakai ADSL mempunyai jalur tersendiri hingga ke peralatan multiplexer di sisi telkom atau kecepatan tidak terpengaruh oleh penambahan jumlah pelanggan yang akses bersamaan, optimal artinya berbagai aplikasi multimedia masa depan akan dapat dinikmati dengan kualitas serta kenyamanan yang optimal, tersedia artinya ADSL dapat menggunakan saluran telepon yang ada (akses tembaga) dan terakhir cepat dalam proses instalasi.

Pada ADSL terdapat standard pembagian frekuensi, antara lain: *Carrierless Amplitude Phase (CAP)* dan *Discrete Multi Tone (DMT)*.

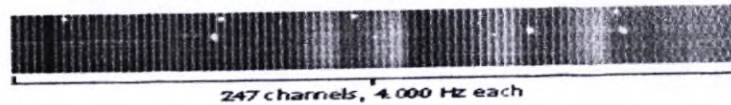
Pada CAP, suara percakapan dibawa pada frekuensi 0 sampai 4.000 Hz. Kanal *upstream* dibawa pada frekuensi 25.000 sampai 160.000 Hz. Kanal *downstream* mulai dari 240.000 Hz dan seterusnya, maksimum sampai kurang lebih 1.500.000 Hz. Pemisahan frekuensi dimaksudkan untuk meminimalkan kemungkinan interferensi antar kanal, seperti terlihat pada gambar 2.25. dibawah ini.



Gambar 2.25. Spektrum Frekuensi ADSL dengan Standar CAP

Pada DMT, juga membagi sinyal menjadi beberapa kanal terpisah tetapi tidak menggunakan dua kanal untuk *upstream* dan *downstream* data. Sebaliknya, DMT membagi data menjadi 247 kanal terpisah, masing-masing selebar 4.000 hz, seperti terlihat pada gambar 2.26. dibawah ini. Setiap kanal dimonitor dan bila kualitasnya terganggu, sinyalnya dipindahkan ke kanal lain. Sistem ini secara konstan memindahkan sinyal diantara kanal-kanal, selalu mencari kanal terbaik

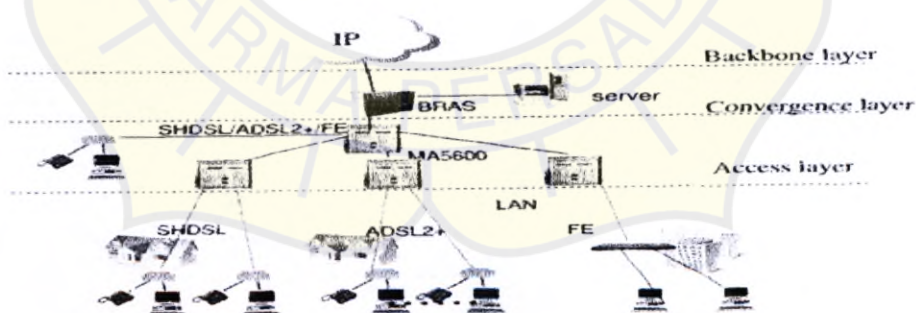
untuk mengirim dan menerima data. Beberapa kanal bawah digunakan sebagai kanal dua arah untuk *upstream* dan *downstream*. Ini membuat DMT lebih rumit untuk diterapkan namun memberikan fleksibilitas yang tinggi terhadap jaringan dengan kualitas yang bervariasi.



Gambar 2.26. Spektrum Frekuensi ADSL dengan Standar DMT

2.7. Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)

DSLAM adalah piranti dalam jaringan komputer, yang diletakkan di kantor sentral telepon yang menerima sinyal dari koneksi banyak pelanggan *Digital Subscriber Line* (DSL) / sambungan telepon, kemudian meneruskan ke backbone berkecepatan tinggi menggunakan teknik multiplexing. DSLAM merupakan perangkat xDSL yang berupa card module yang berisi banyak modem disisi sentral (COT) dengan kapasitas besar dan dapat memuat berbagai variant sistem xDSL dalam satu sistemnya (ADSL, SDSL, G.Lite, G.SHDSL, dll), seperti terlihat pada gambar 2.27. dibawah ini.

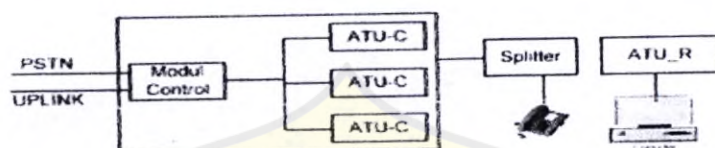


Gambar 2.27. Konfigurasi Jaringan Tipe Aplikasi

2.7.1. Fungsi Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)

DSLAM berfungsi untuk mengolah sinyal digital agar dapat

mengoptimalkan bandwidth *twisted pair* untuk melewati data dengan kecepatan tinggi. DSLAM dilengkapi dengan POTS *splitter* untuk memisahkan alokasi kanal data dan suara. DSLAM terdiri dari: splitter, dimana low pass filter untuk melewati band suara dan high pass filter untuk melewati band ADSL dan modul-modul pelanggan dapat berupa modul ADSL, SDSL, VDSL, dll. Untuk layanan *speedy* digunakan modul ADSL.



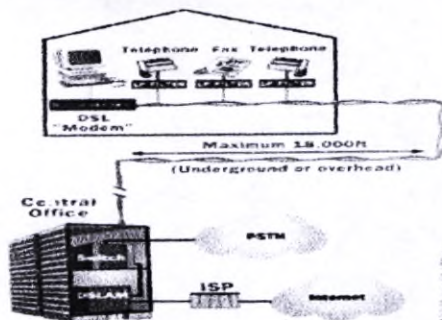
Gambar 2.28. Bagan dari DSLAM

Fungsi DSLAM, antara lain: sebagai filter voice dan data, sebagai modulator dan demodulator DSL dan sebagai multiplexer, seperti terlihat pada gambar 2.28. diatas.

2.7.2. Cara Kerja Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)

Prinsip kerja DSLAM adalah dengan memisahkan frekuensi sinyal suara dari trafik kecepatan tinggi, serta mengontrol dan merutekan trafik digital subscriber line (xDSL) antara perangkat end user, seperti router, modem, network interface card dengan jaringan penyedia layanan.

Koneksi menggunakan DSLAM ini dibagi dalam 2 sisi, yaitu: sisi pelanggan, dimana jalur telepon pelanggan terhubung dengan sisi sentral (trunk side) dan DSLAM terhubung dengan *backbone Internet Service Provider (ISP)*. Pada sisi pelanggan, setiap line dikonfigurasi untuk menyuplai koneksi data via DSL ke sisi CPE (modem pelanggan). Koneksi pelanggan selalu menggunakan standard ATM over DSL, yang berarti data frame dari ethernet (PC) pelanggan diletakkan di cell ATM kemudian dialirkan via DSL disalurkan telepon ke DSLAM di trunk sentral, seperti terlihat pada gambar 2.29. dibawah ini.



Gambar 2.29. Cara Kerja DSLAM

2.7.3. Teknologi Jaringan

Teknologi jaringan yang digunakan saat ini pada perangkat DSLAM ada 2 (dua) buah, antara lain: DSLAM berbasis ATM switch dan DSLAM berbasis metro ring.

2.7.3.1. Teknologi Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switch

Jaringan ATM switch merupakan awal munculnya jaringan untuk layanan *multicast*, dimana pada jaringan ini layanan-layanan dengan bandwidth besar dapat dialirkan ke pelanggan.



Gambar 2.30. Arsitektur Jaringan ATM Switch

Pada gambar 2.30. diatas ini dengan menggunakan jaringan ATM dan pada sisi sentral dipakai perangkat ATM switch aliran data dari *Internet Service Provider (ISP)* berupa layanan akan dihubungkan ke pelanggan. Pada DSLAM yang berbasiskan ATM switch mempunyai beberapa kelemahan, antara lain: keterbatasan sambungan yang dapat dilakukan sehingga bersifat boros dalam pemakaian perangkat hal ini disebabkan oleh jumlah kapasitas sambungan yang dapat ditampung oleh perangkat DSLAM itu sendiri hanya sebanyak 384 ssl.

Kemudian dari ATM switch menuju *Broadband Remote Access Server (BRAS)* hanya menggunakan *single line*. artinya jika terjadi *kongesti* (putus) pada jaringan tersebut tidak ada line lain yang dapat menopang line tersebut.

2.7.3.2. Teknologi Metro Ethernet (ME)

Metro ethernet merupakan suatu perkembangan teknologi, dimana sebelumnya ethernet hanya digunakan dalam LAN. Saat ini teknologi ethernet dapat menjangkau *Wide Area Network (WAN)* di kota besar atau metropolitan. Jaringan metro ethernet yang saat ini sudah beroperasi di Indonesia, menggunakan kabel serat optik dan mempunyai kapasitas 1000 Mbps atau 1 Gbps.



Gambar 2.31. Arsitektur Jaringan Metro Ring

Pada gambar 2.31. diatas dengan menggunakan jaringan *Internet Protocol (IP)* dan pada sisi sentral dipakai perangkat *ethernet aggregator switch* aliran data dari *Internet Service Provider (ISP)* berupa layanan akan dihubungkan ke pelanggan. Pada DSLAM yang berbasiskan metro ring mempunyai beberapa keunggulan yang dapat menutupi kelemahan pada DSLAM berbasis ATM switch, antara lain: *scalability* atau kapasitas yang besar, *easy to use* atau mudah dipakai, *flexible* atau kemudahan untuk upgrade kapasitas bandwidth dan *quality of service* atau kualitas layanan.

Scalability atau kapasitas yang besar artinya dengan teknologi ethernet dan serat optik saat ini memungkinkan komunikasi data mencapai kecepatan

10.000 Mbps atau 10 Gbps dalam jangkauan 50 km. Untuk jangkauan di atas 50 km dapat digunakan repeater.

Easy to use atau mudah dipakai artinya selain *interface ethernet* yang *plug and play*, sangat mudah ditemukan di setiap komputer atau notebook, dan relatif harganya cukup murah dibandingkan *interface leased line* biasa (teknologi TDM) yang masih memerlukan modem dan router untuk diintegrasikan ke jaringan LAN.

Flexible atau kemudahan untuk upgrade kapasitas bandwidth artinya dengan menggunakan fitur setting pembatas kecepatan atau rate limit, memungkinkan kita untuk mengecilkan bandwidth atau memperbesar bandwidth tanpa harus mengganti kabel sampai dengan kapasitas maksimal jenis kabel tersebut.

Quality of Service atau kualitas layanan artinya dengan semakin banyaknya jaringan metro ethernet yang terpasang di dunia, membuktikan bahwa teknologi metro ethernet sudah sangat handal bahkan untuk layanannya dapat dikatakan sebagai carrier grade atau kelas perusahaan telekomunikasi yang besar. Waktu instalasi yang sangat cepat, sehingga bila *Point Of Presence (POP)* sudah terpasang di lokasi gedung tersebut, maka instalasi dapat dilakukan dengan waktu yang sangat singkat.

2.7.4. Jenis-jenis DSLAM

DSLAM dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya: berdasarkan kapasitas, lokasi dan aplikasi. Pada DSLAM berdasarkan kapasitas terbagi menjadi 4 (empat) jenis, antara lain: *high dencity (stand alone)* digunakan untuk 1000-2000 pelanggan, mini DSLAM digunakan untuk 100-200 pelanggan, compact dimana untuk 1 unit dapat menampung 24 pelanggan dan modular.

Untuk DSLAM berdasarkan lokasi terbagi menjadi 2 (dua), diantaranya: indoor dan outdoor. Pada indoor DSLAM ditempatkan di dalam gedung, contohnya: pada STO Telkom, HRB, mall, apartement, hotel, dan lain-lain. Sedangkan outdoor DSLAM ditempatkan di luar gedung yang menggunakan cabinet sendiri, perlu catuan listrik dan biasanya diletakkan di samping rumah kabel (RK). DSLAM berdasarkan aplikasi, diantaranya: ATM DSLAM berdasarkan rute dan IP DSLAM berdasarkan alamat-alamat.

2.7.5. Konfigurasi DSLAM

Ada 4 macam konfigurasi DSLAM, diantaranya: *cascade*, *daisy chain* (*subtending*), *star* dan *mix*. *Cascade* adalah hubungan antara perangkat DSLAM dengan DSLAM lainnya yang masih dalam 1 produk, dimana antarmukanya sama dengan antarmuka ke jaringan *backbone*, seperti: STM-1, n x EI IMA, GE atau FE. *Daisy chain* (*subtending*) adalah konfigurasi *cascade* DSLAM secara serial, dimana suatu DSLAM terhubung kesatu DSLAM berikutnya dan seterusnya. *Star* adalah konfigurasi *cascade* DSLAM model bintang, dimana suatu DSLAM dapat terhubung ke beberapa DSLAM lainnya. *Mix* adalah konfigurasi *cascade* DSLAM model bintang dan *subtending*, dimana suatu DSLAM dapat terhubung ke beberapa DSLAM baik serial dan parallel.

2.7.6. Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menentukan performansi Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)

Adapun parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan performansi DSLAM, antara lain: *throughput*, kecepatan *upstream* dan *downstream*, *Signal to Noise Ratio* (SNR), *attenuation* (dB) dan *output power*. *Throughput* yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. Hal ini sangat bergantung pada ketersediaan bandwidth pada jaringan. Kecepatan

upstream dan *downstream*, yaitu kecepatan saat melakukan *upload* dan *download*. *Signal to Noise Ratio* (SNR), yaitu perbandingan puncak sinyal dengan noise yang diukur. Nilai SNR dipengaruhi oleh kekuatan sinyal dan besarnya noise. *Attenuation* (dB), yaitu besarnya faktor redaman kabel. Dengan begitu, semakin kecil nilai line attenuation maka akan semakin baik. *Output power*, yaitu besarnya power yang dihasilkan dari suatu perangkat.

2.7.7. **Komponen Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)**

Komponen yang terdapat pada DSLAM, antara lain: *backbone interface*, *Line Interface Module* (LIM), *Network Management System* (NMS) dan *POTS splitter*. *Backbone interface* sebagai gerbang menuju jaringan ATM sebagai jaringan keluar yang lebih besar. Yang dimaksud dengan *backbone interface* adalah antarmuka antara DSLAM dengan jaringan *backbone*. Jaringan *backbone* dapat diartikan sebagai jaringan penghubung antar ATM *switch*. Biasanya antarmuka yang digunakan pada *backbone interface* adalah OC-1, OC-3, STS-1, STS-3 dan STM-1. *Line Interface Module* (LIM) sebagai modem ADSL yang akan menuju ke modem di sisi pelanggan. LIM merupakan modul penggabungan antara modul ATU-C dan *POTS splitter*. Setiap rak dilengkapi dengan sistem manajemen jaringan (NMS) yang memadai untuk mengetahui performansi perangkat dan status jaringan. Perangkat manajemen jaringan terhubung ke DSLAM dengan memanfaatkan jaringan ATM dengan alokasi *Virtual Path* (VP) dan *Virtual Channel* (VC) tertentu. Dikarenakan sebagian besar negara di Asia termasuk Indonesia mengacu sistem standarisasi Eropa maka antarmuka ini menggunakan standard ETSI untuk 155 Mbps (STM-1) seperti pada jaringan *backbone* umumnya. *POTS splitter* yang berfungsi untuk memisahkan layanan telepon dan data.