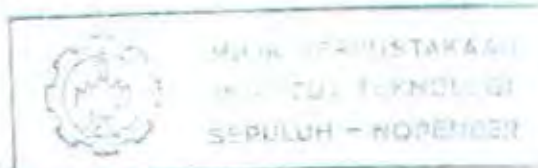


3100098010170

SISTEM KOMUNIKASI DAN LAYANAN MULTIMEDIA MENGUNAKAN JARINGAN SERAT OPTIK DAN ATM

TUGAS AKHIR



Disusun oleh :

KETUT GEDE BUDIARTA

NRP. 2292.100.124

RSE
621.382 75
Bud
5-1
1997



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terbit	13 Nov 97
Terdapat di	14
No. Agenda Perp.	7419

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1997**

**SISTEM KOMUNIKASI DAN LAYANAN MULTIMEDIA
MENGUNAKAN JARINGAN SERAT OPTIK DAN ATM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

**Mengetahui / Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



Ir. HANG SUHARTO, M.Sc.

NIP. 130 520 753

**SURABAYA
FEBRUARI, 1997**

ABSTRAK

Hampir setiap jaringan dalam dunia komunikasi saat ini hanya menyediakan layanan yang bersifat spesifik saja, seperti jaringan telepon, video dan jaringan komunikasi data. Sementara itu layanan jasa komunikasi semakin menuntut adanya perubahan kearah peningkatan kualitas dan keragaman jenis layanan yang dapat ditawarkan melalui suatu jaringan. Sehingga dimasa depan, jaringan komunikasi dituntut untuk dapat mengirimkan informasi dengan super cepat serta dapat menggabungkan berbagai macam jaringan yang telah ada. Melihat kebutuhan komunikasi di atas, diajukanlah sebuah ide tentang sistem komunikasi yang menggunakan jaringan serat optik dan ATM yang dapat menyediakan layanan multimedia dan dapat menyalurkan informasi dengan cepat.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai sistem komunikasi dan layanan multimedia yang menggunakan jaringan serat optik dan ATM sebagai penunjangnya. Sistem komunikasi multimedia berbasis ATM yang akan dibahas adalah suatu jaringan terintegrasi yang mempunyai kemampuan menyediakan jaringan broadband untuk aplikasi multimedia masa depan, serta dapat menggabungkan jaringan broadband akses kabel, jaringan akses tanpa kabel (wireless) dan jaringan transport regional.

Aplikasi multimedia menyatukan berbagai media seperti audio, video, image, grafik, teks dan data. Layanan yang dapat tersedia melalui jaringan ini adalah layanan komunikasi broadband seperti *community antenna TV* (CATV), *video on demand* (VOD), *home shopping*, *TV conferencing*, *distance learning* serta komunikasi data kecepatan tinggi dan lain-lain.

Permasalahan yang dihadapi dalam menerapkan aplikasi multimedia pada jaringan adalah terbatasnya bandwidth serta kecepatan transmisi pada jaringan yang ada pada saat ini. Disamping itu juga diperlukan sistem switching dan transmisi kecepatan tinggi, reliabilitas tinggi dan BER yang rendah.

Penggunaan kabel serat optik sebagai media transmisi merupakan pilihan yang tepat bagi sistem komunikasi masa depan karena keunggulan-keunggulan yang dimilikinya. Dan ATM (Asynchronous Transfer Mode) telah direkomendasikan oleh CCITT sebagai alat transport bagi BISDN (Broadband Integrated Service Digital Network) yang dirancang untuk menyediakan layanan trafik multimedia, karena kecepatan transmisi ATM dapat mencapai 155 Mbit/s. ATM merupakan teknik switching dengan orientasi paket dan multipleksing yang menggunakan sel-sel dengan ukuran tetap (53 byte) yang disebut dengan ATM cell.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Hyang Widhi Wasa, Tuhan yang Esa, Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul :

SISTEM KOMUNIKASI DAN LAYANAN MULTIMEDIA MENGUNAKAN JARINGAN SERAT OPTIK DAN ATM

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada bidang studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan beban kredit 6 SKS (Satuan Kredit Semester).

Harapan penulis tidak lain adalah semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca dan diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam rangka turut serta memikul tanggung jawab pembangunan bagi bangsa dan negara.

Surabaya, September 1997

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, penulis secara tulus dan rendah hati menyampaikan banyak terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada

1. Bapak Ir. Hang Suharto, MSc, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Teguh Yuwono, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan persetujuan.
3. Bapak Ir. M. Aries Purnomo, selaku koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi yang telah memberikan persetujuan.
4. Bapak Ir. Harris Pirngadi, selaku Dosen Wali tahap Madya yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama studi.
5. Bapak Ir. Faisal Gunawan, selaku Dosen Wali tahap Sarjana yang juga telah memberikan bimbingan selama studi.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro ITS yang telah banyak memberikan bekal ilmu dan segenap karyawan Jurusan Teknik Elektro ITS yang secara tidak langsung juga telah membantu penulis dalam melaksanakan studi.
7. Kakak-kakak di Cendrawasih V Jakarta : Edi, Suci dan Roni yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman di Asrama Bali, Bandung yang juga telah memberikan bantuan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
9. Ayah, ibu, kakak-kakak tercinta dan Putu tersayang yang telah membantu, memberikan doa dan motivasi.

10. Seluruh sahabat suka dan duka penulis selama tinggal di Sutorejo Selatan Q-1 yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Rekan-rekan seperti Kompyang, Oka, Wis, Saputra, Belong dan teman-teman yang lain yang juga ikut memberikan sumbangan bantuan baik berupa fisik maupun pikiran.
12. Kru B-301 yang juga telah memberikan semangat dan bantuan selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Serta pihak-pihak lainnya yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Metodologi	4
1.5 Sistematika Pembahasan	4
1.6 Tujuan dan Relevansi	5
BAB II SISTEM KOMUNIKASI DAN JARINGAN SERAT OPTIK	6
2.1 Umum	6
2.2 Serat Optik	8
2.2.1 Struktur Dasar Serat Optik	10
2.2.2 Jenis Serat Optik	11
2.3 Sumber Optik	12
2.3.1 Light Emitting Diode (LED)	14
2.3.2 Laser Diode	19
2.4 Detektor Optik	21
2.5 Rugi-rugi Sistem Transmisi Serat Optik	22
2.5.1 Rugi-rugi Internal	23
2.5.2 Rugi-rugi Eksternal	24
2.6 Jaringan Lokal Akses Serat Optik	26
2.6.1 Fibre In The Loop (FITL)	27
2.6.2 Digital Loop Carrier (DLC)	27
2.6.2.1 Konfigurasi DLC	27
2.6.3 Passive Optical Network (PON)	31
2.6.3.1 Konfigurasi PON	33
2.6.4 Aplikasi FITL	36
2.6.4.1 FTTC (Fibre To The Curb)	36
2.6.4.2 FTTB (Fiber To The Building)	36
2.6.4.3 FTTH (Fiber To The Home)	37

BAB III ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM)	39
3.1 Umum	39
3.2 Prinsip Dasar Asynchronous Transfer Mode	39
3.2.1 Virtual Channel dan Virtual Path	42
3.2.2 Struktur Sel ATM	43
3.2.3 Signalling	47
3.2.4 Routing	48
3.2.5 Quality of Service (QoS)	49
3.2.6 Prinsip Operasi dan Pemeliharaan	49
3.3 Karakteristik ATM	53
3.4 Layer Pada ATM	55
3.4.1 Physical Layer	58
3.4.1.1 Physical Medium Sublayer	58
3.4.1.2 Transmission Convergence Sublayer	58
3.4.2 ATM Layer	63
3.4.3 ATM Adaptation Layer	63
3.4.3.1 Kelas Layanan AAL	64
3.4.3.2 Struktur AAL	65
3.4.3.3 Tipe AAL	68
3.5 Switching ATM Sel	79
 BAB IV SISTEM KOMUNIKASI MULTIMEDIA	 83
4.1 Umum	83
4.2 Klasifikasi Layanan Multimedia	85
4.3 Jaringan Multimedia	87
4.3.1 Local Area Networks (LAN)	87
4.3.1.1 Ethernet	88
4.3.1.2 Fibre Distributed Data Interface (FDDI)	89
4.3.1.3 Dedicated Connection dengan Switched Bus	89
4.3.1.4 PBX	90
4.3.1.5 ATM	91
4.3.2 Metropolitan Area Networks (MAN)	91
4.3.2.1 Distributed Queue Dual Bus (DQDB)	92
4.3.2.2 Penyambungan MAN ke Jaringan ATM	94
4.3.3 Wide Area Networks (WAN)	95
4.3.3.1 PSTN	95
4.3.3.2 ISDN	96
4.3.3.3 Broadband ISDN : ATM	97
4.4 Perbandingan dari Beberapa Jaringan Akses	99
4.5 Sistem Komunikasi Multimedia	101
4.5.1 Subsistem Aplikasi	104
4.5.1.1 Session Management	104
4.5.2 Subsistem Transport	107
4.5.2.1 Kebutuhan	107
4.5.2.2 Transport Layer	109

4.5.3 Konsep dan Arsitektur	115
4.5.4 Fungsi Dasar BAU dan Jaringan Berbasis ADS	118
4.5.5 Fungsi Yang Didukung Layanan BAU	121
4.5.5.1 Mendukung Layanan CATV	121
4.5.5.2 Mendukung Layanan Komunikasi Data High-Speed.....	123
4.5.6 Jaringan Akses Tanpa Kabel	124
4.5.7 Jaringan Transport Regional	127
4.5.8 Seamless Networking.....	129
4.6 Sinkronisasi.....	130
4.6.1 Reference Model untuk Sinkronisasi Multimedia.....	131
4.6.2 Metode Spesifikasi Sinkronisasi Multimedia.....	133
4.7 Aplikasi dan Keuntungan Multimedia	135
BAB V PENUTUP	139
5.1 Kesimpulan.....	139
5.2 Saran	140
DAFTAR PUSTAKA	141
LAMPIRAN A : PROPOSAL TUGAS AKHIR	143
LAMPIRAN B : DAFTAR RIWAYAT HIDUP	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	DIAGRAM BLOK SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK	7
Gambar 2.2	SKEMA STRUKTUR SERAT OPTIK TUNGGAL	10
Gambar 2.3	STRUKTUR SERAT OPTIK MAJEMUK (JAMAK)	11
Gambar 2.4	PROFILE INDEKS DAN PROPAGASI CAHAYA PADA BERBAGAI JENIS SERAT OPTIK	13
Gambar 2.5	SKEMA HIGH RADIASI SURFACE LED	15
Gambar 2.6	SKEMA EDGE-EMITTING DOUBLE-HETROJUNCTION LED	16
Gambar 2.7	STRUKTUR SUPERLUMINESCENT LED ALGAAS CONTACT STRIPE	17
Gambar 2.8	STRUKTUR PLANAR LED	18
Gambar 2.9	STRUKTUR DOME LED	18
Gambar 2.10	FABRY-PEROT RESONATOR CAVITY	19
Gambar 2.11	SKEMA DIAGRAM FITL	28
Gambar 2.12	KONFIGURASI UMUM DLC	29
Gambar 2.13	KONFIGURASI UMUM DOUBLE STAR	31
Gambar 2.14	KONFIGURASI UMUM PON/OAN	33
Gambar 2.15	APLIKASI FIBER IN THE LOOP	37
Gambar 2.16	APLIKASI FIBER OPTIK	38
Gambar 3.1	STRUKTUR JARINGAN ATM	40
Gambar 3.2	KONFIGURASI USER NETWORK INTERFACE B-ISDN	41
Gambar 3.3	ATM CONNECTION RELATIONSHIP	43
Gambar 3.4	STRUKTUR SEL ATM	44
Gambar 3.5	STRUKTUR HEADER SEL ATM PADA UNI DAN NNI	44
Gambar 3.6	SAMBUNGAN VC DAN VP PADA ATM	48
Gambar 3.7	HIRARKI LEVEL OAM	51
Gambar 3.8	MODEL REFERENSI PROTOKOL B-ISDN	56
Gambar 3.9	FUNGSI DARI SUBLAYER PROTOCOL REFERENCE MODEL	57
Gambar 3.10	STRUKTUR FRAME TRANSMISI SDH	59
Gambar 3.11	ALGORITMA HEADER ERROR CONTROL	61
Gambar 3.12	STATE DIAGRAM PROSES PENGENALAN SEL	62
Gambar 3.13	PARAMETER DAN KELAS LAYANAN PADA AAL	65
Gambar 3.14	STRUKTUR SUBLAYER PADA AAL 3/4 DAN AAL-5	66
Gambar 3.15	FORMAT SAR-PDU UNTUK AAL TYPE 1	69
Gambar 3.16	FORMAT SAR-PDU UNTUK AAL TYPE 2	70
Gambar 3.17	OPERASI PADA AAL - 3/4	73
Gambar 3.18	FORMAT SAR-PDU UNTUK AAL TYPE 3/4	75
Gambar 3.19	FORMAT CPCS-PDU UNTUK AAL TYPE 3/4	76
Gambar 3.20	OPERASI PADA AAL-5	78
Gambar 3.21	FORMAT CPCS-PDU UNTUK AAL TYPE 5	78
Gambar 3.22	PRINSIP SWITCHING ATM	82

Gambar 4.1	DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS	93
Gambar 4.2	BROADBAND ACCESS NETWORK	100
Gambar 4.3	CAKUPAN LAYANAN DARI TIAP SISTEM AKSES	102
Gambar 4.4	ARSITEKTUR SESSION CONTROL	106
Gambar 4.5	KONSEP DASAR SISTEM KOMUNIKASI MULTIMEDIA BERBASIS ATM.....	116
Gambar 4.6	KONFIGURASI JARINGAN SISTEM KOMUNIKASI MULTIMEDIA.....	116
Gambar 4.7	JARINGAN SINGLE STAR DAN ACTIVE DOUBLE STAR	119
Gambar 4.8	TIPE MULTICASTING	121
Gambar 4.9	LAYANAN TELEPON MOBILE MELALUI ATM.....	125
Gambar 4.10	EVOLUSI KEARAH LINGKUNGAN MULTI-IP	127
Gambar 4.11	JARINGAN RING ATM UNTUK JARINGAN TRANSPORT REGIONAL	128
Gambar 4.12	MODEL REFERENSI SINKRONISASI EMPAT LAYER.....	131

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Perbandingan antara PIN dan APD	22
Tabel 4-1 Layanan-layanan Multimedia.....	85
Tabel 4-2 Kapasitas layanan komunikasi wide area di Eropa	95
Tabel 4-3 Ikhtisar Model Referensi Sinkronisasi Layer	134

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini informasi memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Setiap hari dan setiap saat manusia hidup dikelilingi oleh informasi, seperti buku-buku, surat kabar, televisi, radio dan lain-lain, sehingga dapat dikatakan manusia tidak dapat hidup tanpa adanya informasi. Informasi itu sendiri sangat penting artinya bagi manusia, baik untuk diri sendiri, perusahaan, masyarakat, maupun negara. Bahkan ada semacam pepatah yang mengatakan bahwa orang yang menguasai informasi akan menjadi orang yang sukses. Karena itulah diusahakan agar informasi tersebut dapat tersebar dan diketahui secepat mungkin.

Penyebaran informasi tersebut tidak terlepas dari pentingnya peranan sistem komunikasi yang mengirimkan data-data informasi dari suatu tempat ke tempat lain, baik itu dalam suatu negara atau suatu belahan dunia ke belahan dunia yang lain. Sistem komunikasi dewasa ini umumnya hanya digunakan untuk mengirimkan data-data yang berupa karakter (text), grafik, gambar dan animasi.

Karena tuntutan jaman yang semakin maju, maka diperlukan suatu sistem komunikasi yang dapat mengirimkan audio, video dan media lainnya disamping layanan yang telah ada sekarang ini. Tuntutan akan kemajuan dalam sistem komunikasi ini ditunjang karena aktivitas manusia yang semakin kompleks, kebutuhan

untuk dapat berkomunikasi dengan cepat, dimana saja dan kapan saja, efisiensi waktu, biaya dan lain-lain. Sebagai contoh, seseorang yang telah bekerja dan ingin mengikuti training tentang suatu pekerjaan, dia tidak perlu meninggalkan pekerjaannya untuk datang ke tempat training yang mungkin jaraknya beratus-ratus mil. Dengan menggunakan *video conference*, dia dapat mengikuti training tersebut dari tempat asalnya, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya yang digunakan untuk training tersebut dan juga dapat tetap bekerja bila waktunya memungkinkan.

Disamping itu jaringan komunikasi masa depan juga dituntut untuk dapat mengirimkan informasi dengan super cepat serta dapat menggabungkan berbagai macam jaringan yang telah ada.

Melihat kebutuhan komunikasi di atas, diajukanlah sebuah ide tentang sistem komunikasi yang menggunakan jaringan serat optik dan ATM yang menyediakan layanan multimedia dan dapat menyalurkan informasi dengan cepat. Sistem komunikasi multimedia berbasis ATM yang akan dibahas adalah suatu jaringan terintegrasi yang mempunyai kemampuan menyediakan jaringan broadband untuk aplikasi multimedia masa depan. Sistem komunikasi multimedia tersebut menggabungkan jaringan broadband akses kabel, jaringan akses tanpa kabel (*wireless*) dan jaringan transport regional.

Layanan yang tersedia melalui jaringan ini adalah layanan komunikasi broadband seperti *Community antenna TV (CATV)*, *video on demand (VOD)*, *home shopping*, *TV conferencing*, *distance learning* dan komunikasi data kecepatan tinggi.

1.2 Permasalahan

Dewasa ini kebanyakan aplikasi multimedia masih berjalan pada sistem single-user, biasanya berbasis pada personal komputer (PC) yang berdiri sendiri. Persoalan baru ditemui pada saat membangun aplikasi multimedia dan meletakkan beberapa aplikasi dalam jaringan.

Seperti kita lihat, tipe-tipe data multimedia mempunyai ukuran yang besar, walaupun setelah dikompres. Sehingga dalam pengirimannya diperlukan bandwidth yang besar. Juga sering diperlukan sinkronisasi dari data-data yang dikirim. Misalnya data pada *videoconferencing* atau playback dari video clip, dimana data audio dan videonya saling berhubungan. Disamping itu masalah yang ditemui saat menerapkan multimedia pada jaringan adalah diperlukannya sistem switching dan transmisi kecepatan tinggi, reliabilitas tinggi dan BER yang rendah. Karena pada pengiriman audio dan video secara kontinyu, terutama pada aplikasi real-time seperti *conferencing*, bila terjadi beberapa gangguan dalam transmisi seperti kehilangan paket yang cukup besar atau delay yang terlalu besar, akibatnya akan sangat dirasakan oleh pembicara dan pendengar, sehingga akan mengganggu jalannya komunikasi.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembahasan akan dibatasi pada sifat-sifat serat optik, keunggulan, serta jaringannya yang dapat digunakan untuk menunjang sistem komunikasi multimedia. Disamping itu, juga akan dibahas tentang ATM yang dapat menunjang sistem komunikasi multimedia yang diinginkan dimasa depan. Kemudian pada bab terakhir

akan dibahas tentang sistem komunikasi multimedia, komponen-komponen yang berkaitan, sistem jaringan, sistem operasi, sinkronisasi dan aplikasinya.

1.4 Metodologi

Metodologi yang akan digunakan adalah studi literatur yang membahas tentang fiber optik, ATM, ISDN. Juga literatur tentang sistem komunikasi multimedia yang membahas tentang sifat-sifat, keunggulan, bentuk jaringan serta prospeknya di masa datang.

1.5 Sistematika Pembahasan

Adapun sistematika pembahasan adalah sebagai berikut:

- **BAB I : Pendahuluan**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang penulisan, permasalahan, pembatasan masalah, metodologi, sistematika pembahasan serta tujuan dan relevansi penulisan.

- **BAB II : Serat Optik**

Pada bab ini akan dibahas tentang serat optik, macam-macam serat optik, sumber optik, jaringan serat optik, rugi-rugi yang terjadi di dalam propagasi serta optik serta keunggulannya dibanding media transmisi lainnya.

- **BAB III : ATM**

Bab ini akan membahas mengenai ATM (Asynchronous Transfer Mode), keunggulan, karakteristik dan arsitekturnya sehingga

merupakan pilihan yang sesuai untuk teknologi informasi masa depan.

- **BAB IV : Layanan Multimedia Melalui Serat Optik dan ATM**

Dalam bab ini akan dibahas tentang jaringan yang terintegrasi ke dalam jaringan multimedia, sifat-sifat, sistem operasi, bentuk-bentuk dan sistem jaringan, sinkronisasi, peralatan-peralatan yang digunakan dalam jaringan tersebut serta aplikasinya.

- **BAB V : Kesimpulan dan penutup**

1.6 Tujuan dan Relevansi

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengkaji penggunaan kabel serat optik dan ATM dalam menunjang teknologi informasi dan komunikasi multimedia. Selain itu, agar para pembaca mendapatkan informasi tentang gambaran dari sistem informasi dan komunikasi di masa datang, serta mengetahui peralatan yang menunjang dari sistem informasi dan komunikasi tersebut.

Relevansi dari tugas akhir ini adalah agar nantinya sistem komunikasi yang ada di Indonesia ini dapat berkembang sesuai dengan tuntutan jaman yaitu dapat menyediakan layanan sistem komunikasi broadband atau sistem komunikasi multimedia, sehingga Indonesia tidak kalah dengan negara-negara lain dalam teknologi informasi. Disamping itu dengan adanya layanan komunikasi broadband, diharapkan dapat mempercepat jalannya pembangunan.

BAB II

SISTEM KOMUNIKASI DAN JARINGAN

SERAT OPTIK

2.1 Umum

Dewasa ini penggunaan kabel serat optik sebagai media transmisi semakin meningkat dan merupakan pilihan yang tepat. Hal itu terjadi karena adanya perkembangan layanan di sisi pelanggan yang menuntut kecepatan tinggi serta bandwidth yang lebih lebar. Disamping itu juga karena kemampuan kabel serat optik tidak perlu diragukan lagi fleksibilitas dan kemampuannya serta pengembangannya di masa datang.

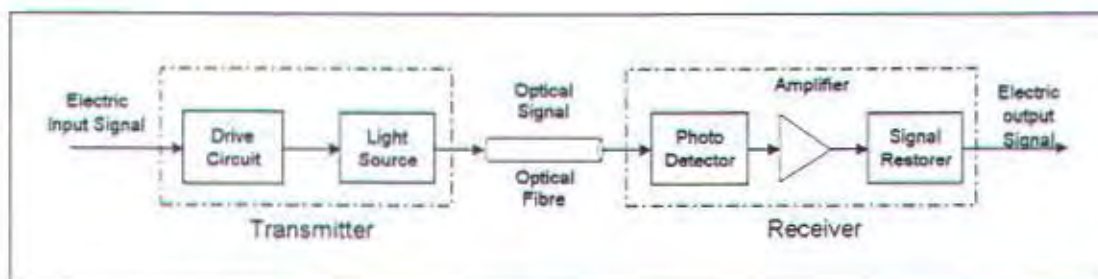
Sistem komunikasi serat optik mentransmisikan sinyal informasi dalam bentuk cahaya melalui media serat optik. Panjang gelombang cahaya yang biasa digunakan pada sistem komunikasi optik saat ini adalah 850 nm, 1300 nm dan 1550 nm. Panjang gelombang tersebut merupakan hasil yang terbaik dari sifat/karakteristik redaman pada serat optik dari bahan semikonduktor yang digunakan untuk *transmitter* dan *receiver* optik saat ini. Adapun blok diagram sederhana dari sistem komunikasi serat optik dapat dilihat pada gambar 2.1.

Secara umum sistem komunikasi serat optik terdiri atas tiga bagian, yaitu :

- *Sumber optik di sisi pengirim*. Pada bagian ini, sinyal informasi yang akan dikirim yang masih berupa sinyal listrik diubah menjadi sinyal cahaya atau sinyal optik

oleh sumber optik. Sumber optik yang digunakan pada sistem komunikasi serat optik dapat berupa Laser atau LED. Sumber optik mengubah variasi arus yang masuk menjadi daya output cahaya yang sesuai secara linier. Setelah sinyal listrik tersebut diubah menjadi sinyal optik, kemudian sinyal tersebut dimasukkan ke dalam serat optik untuk ditransmisikan.

- *Serat optik sebagai media transmisi.* Instalasi kabel serat optik dapat dilakukan di udara, dalam *duct*, di bawah laut, atau langsung ditanam di dalam tanah. Dalam penyaluran informasi dari pengirim ke penerima, sinyal akan mengalami redaman dan distorsi karena adanya hamburan, penyerapan dan dispersi.
- *Detektor optik di sisi penerima.* Pada bagian ini sinyal cahaya diubah kembali menjadi sinyal listrik oleh photodetector untuk mendapatkan kembali informasi yang dikirim pada sisi pengirim. Photodetector mengkonversi langsung daya sinyal optik yang diterima menjadi sinyal listrik. Semikonduktor PIN dan avalanche photodiode (APD) merupakan dua photodetector yang terpenting yang digunakan pada komunikasi serat optik.



Gambar 2.1¹⁾

DIAGRAM BLOK SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

¹⁾ Gerd Keiser, "OPTICAL FIBER COMMUNICATION", Mc Graw Hill Book Company, 1983, hal 5

2.2 Serat Optik

Digunakannya serat optik sebagai solusi dari kebutuhan media transmisi dewasa ini tidak lepas dari keunggulan-keunggulan yang dimiliki serat optik sebagai media transmisi dibandingkan dengan media transmisi lainnya. Keunggulan-keunggulan tersebut antara lain :

- **Bandwidth yang sangat besar.** Frekuensi carrier optik mempunyai range dari 10^{13} sampai 10^{16} Hz (umumnya sekitar 10^{14} Hz atau 10^5 GHz). Sehingga mempunyai bandwidth transmisi yang jauh lebih besar daripada sistem kabel metal (misalnya : bandwidth kabel coaxial sekitar 500 MHz) ataupun sistem gelombang radio milimeter (misalnya : sistem-sistem sekarang beroperasi dengan bandwidth modulasi sekitar 700 MHz).
- **Ukuran yang kecil dan ringan.** Fiber optik mempunyai ukuran diameter yang sangat kecil dimana tidak lebih besar dari ukuran rambut manusia. Karena itu, walaupun fiber ditutupi dengan lapisan pelindung, tetap jauh lebih kecil dan lebih ringan daripada kabel yang sejenis.
- **Tahan terhadap interferensi dan crosstalk.** Fiber optik terbuat dari gelas atau plastik polymer dan membentuk dielektrik waveguide. Karena itu, fiber optik bebas dari interferensi elektromagnetik (EMI), interferensi radio (RFI) atau transien penyambungan yang menghasilkan pulsa elektromagnetik (EMP). Karena itu, operasi dari komunikasi fiber optik tidak akan terpengaruh oleh noise listrik dan tidak memerlukan suatu perisai/pembungkus khusus untuk menghindari EMI.
- **Keamanan signal.** Tidak seperti pada kabel tembaga, sinyal optik yang ditransmisikan melalui serat optik tidak dapat ditentukan tanpa melakukan

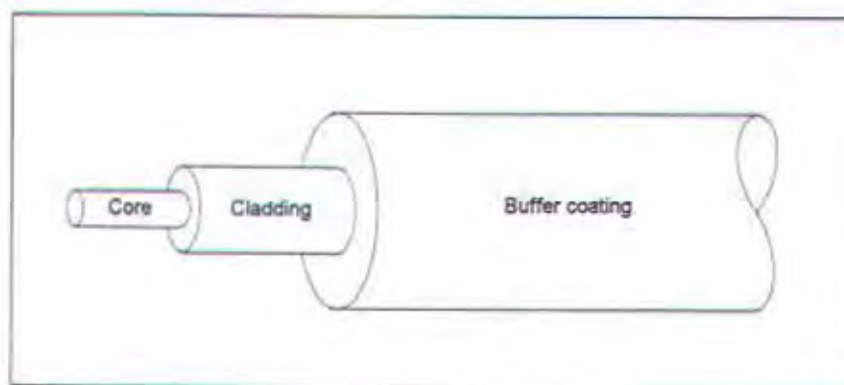
gangguan pada fiber tersebut (misalnya, tanpa mengambil daya optik dari fiber). Karena itu, segala usaha yang dilakukan untuk mendapatkan sinyal informasi yang ditransmisikan dapat terdeteksi.

- **Loss transmisi yang rendah.** Karena lossnya yang sangat rendah, saluran transmisi fiber optik hanya memerlukan sedikit repeater, sehingga mengurangi biaya dan kompleksitas peralatan.
- **Fleksibilitas yang tinggi.** Kabel serat optik dapat dibengkokkan dengan radius yang sangat kecil atau dipilin tanpa kerusakan. Melihat dari ukuran dan beratnya, maka kabel fiber optik ini sangat mudah dalam penyimpanan, pengangkutan, penanganan dan instalasi.
- **Reliabilitas dan kemudahan pemeliharaan.** Karena kabel fiber optik memerlukan sedikit repeater untuk mentransmisikan sinyal informasi, maka reliabilitas dari sistem akan meningkat. Disamping itu reliabilitas dari komponen akan tetap bertahan dengan perkiraan lifetime sekitar 20-30 tahun. Kedua hal ini menyebabkan biaya dan waktu pemeliharaan menjadi berkurang.
- **Potensial dalam biaya yang rendah.** Fiber optik umumnya terbuat dari gelas, dimana gelas itu sendiri terbuat dari pasir yang bukan merupakan barang yang langka. Sehingga serat optik sangat potensial untuk membangun jaringan komunikasi dengan biaya yang rendah. Sayangnya, hal seperti itu belum didapatkan pada semua bagian komponen yang berhubungan dengan komunikasi serat optik. Contohnya, biaya yang diperlukan untuk pembuatan laser semikonduktor dan photodiode dengan keandalan tinggi, masih cukup tinggi.

2.2.1 Struktur Dasar Serat Optik

Serat optik terdiri atas tiga bagian, yaitu : *core* (inti), *cladding* (selubung) dan jaket yang melindungi dua bagian dalamnya, seperti pada gambar 2.2

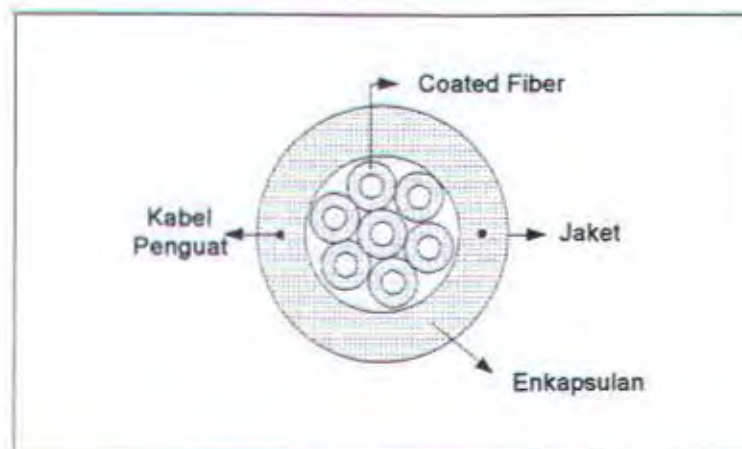
Kabel serat optik sebagai media transmisi fisik, merupakan penghantar yang bentuknya seperti benang memanjang, yang di dalamnya terdapat suatu daerah yang berfungsi untuk mengarahkan sinar / gelombang elektromagnetik, disebut core dengan indeks bias n_1 . Core dikelilingi oleh suatu bahan dielektrik dari kaca atau plastik yang disebut dengan cladding yang mempunyai indeks bias n_2 , dimana cladding mempunyai indeks bias yang lebih kecil dari n_1 . Cladding ini berguna untuk mengurangi kerugian karena hamburan yang disebabkan oleh diskontinuitas dielektrik pada permukaan core, menambah kekuatan mekanik pada serat optik dan juga berguna untuk melindungi core dari kotoran-kotoran yang terdapat di sekeliling core.



Gambar 2.2²⁾

SKEMA STRUKTUR SERAT OPTIK TUNGGAL

²⁾ Ibid, hal. 20



Gambar 2.3³⁾

STRUKTUR SERAT OPTIK MAJEMUK (JAMAK)

Cahaya dapat dipropagasikan pada serat optik dengan cara refleksi (pemantulan) maupun refraksi (pembiasan). Pemantulan dapat terjadi karena indeks bias inti (core) lebih besar dari indeks bias cladding. Sehingga kalau sinar datang melebihi sudut kritis, sinar akan dipantulkan kembali.

2.2.2 Jenis Serat Optik

Pada saat ini terdapat tiga jenis serat optik berdasarkan pada bahan dan profile indeksnya. Bahan-bahan yang biasanya digunakan pada pembuatan serat optik adalah kaca, plastik atau campuran dari keduanya. Sedangkan profil indeks dari serat optik akan memberikan gambaran tentang indeks refraksi pada inti kabel. Tipe dari profil indeks dikenal ada dua yaitu step indeks dan graded indeks

1. *Single Mode Fibre*. Pada single mode fibre, baik cladding maupun core terbuat dari bahan *silica glass*. Jenis serat optik ini hanya dapat melalukan satu mode saja.

³⁾ A.R. Soeroso, et al., "KABEL SERAT OPTIK, APLIKASI MASA KINI DAN MASA DATANG", Seminar dua hari Kabel Serat Optik, Jakarta, Oktober, 1993, hal. 7

2. *Multi Mode Step Indeks Fibre.*

Pada umumnya multi mode step indeks fibre dapat dibuat dengan bahan sebagai berikut:

- a. Core dari *silica glass (silica glass cladding)*
- b. Core dari *silica plastic (plastic cladding)*
- c. Core dari multi komponen gelas (*multi component glass cladding*)

Jenis serat optik ini dapat melakukan banyak mode dan mempunyai profile dimana indeks bias core lebih besar secara tiba-tiba daripada indeks bias cladding, sehingga perubahan indeks refraksi pada permukaan antara inti dan cladding besar.

- *Multi Mode Graded Indeks Fibre.*

Multi mode graded indeks fibre dibuat dengan menggunakan bahan multi component glass atau silica glass. Seperti multi mode step indeks, jenis serat optik ini juga dapat melakukan banyak mode. Jenis serat optik ini mempunyai profile indeks dimana indeks bias pada intinya akan terdistribusi pada arah radial dari sumbu inti, sehingga perubahan indeks refraksinya halus. Pada inti indeks refraksinya besar dan semakin keluar semakin kecil secara perlahan-lahan.

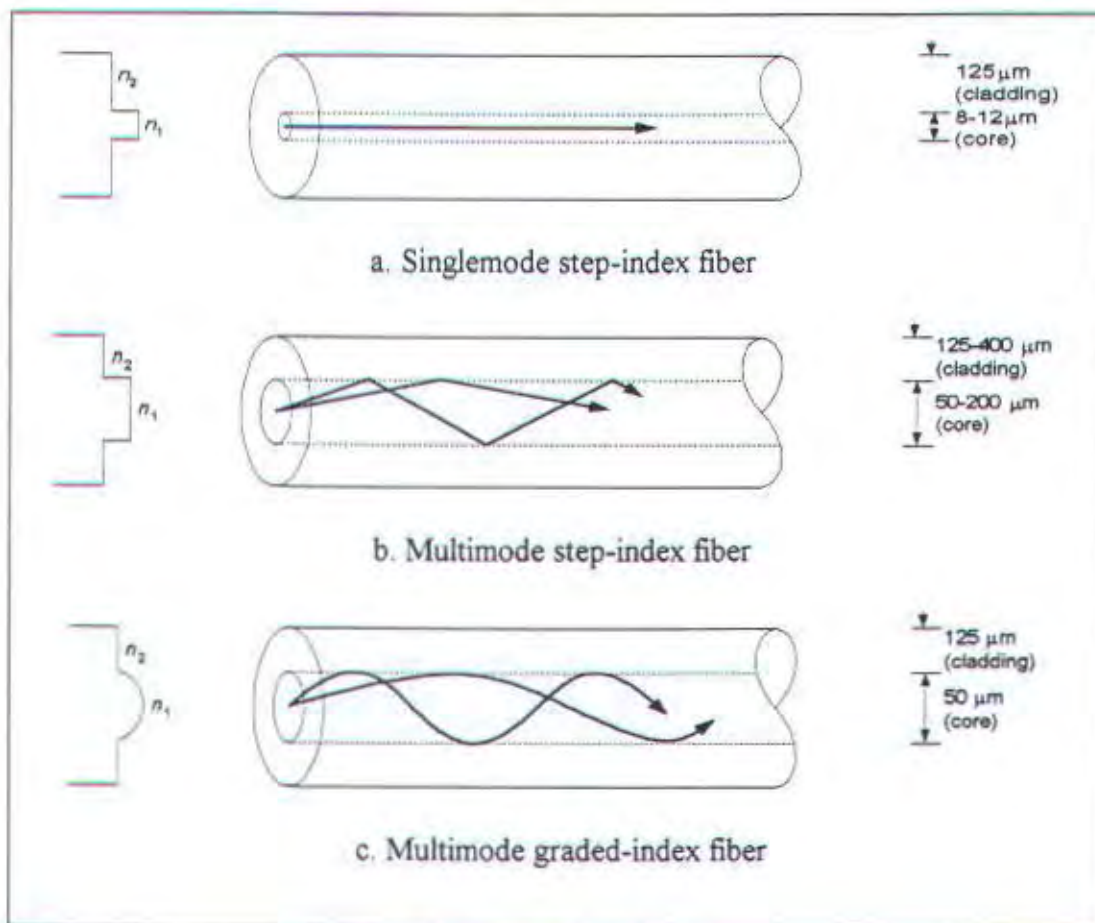
Gambar 2.4 memperlihatkan mode propagasi dan profile indeks dari masing-masing jenis serat optik.

2.3 Sumber Optik

Sumber optik berfungsi sebagai transducer yang berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik pada bagian pengirim. Sumber optik mempunyai

peranan penting dalam sistem komunikasi serat optik, oleh karena itu harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain :

- Cahaya yang dihasilkan harus sedekat mungkin bersifat monokromatis (berfrekuensi tunggal).
- Mengeluarkan cahaya yang berintensitas tinggi, sehingga dapat memancarkan daya optik sebanyak mungkin ke dalam serat.



Gambar 2.4⁴⁾

PROFILE INDEKS DAN PROPAGASI CAHAYA PADA BERBAGAI JENIS SERAT OPTIK

⁴⁾ Gerd Keiser, Op-cit, hal 21

- Dapat dimodulasi dengan mudah secara analog maupun digital.
- Peralatan ini harus dapat bekerja pada daerah panjang gelombang 0,8 μm sampai 0,9 μm atau 1,3 μm sampai 1,6 μm karena pada daerah ini kerugian-kerugian yang terjadi pada serat optik rendah.
- Ukuran sumber optik harus kecil dan sesuai dengan serat optik, ringkas dan mudah digandengkan dengan serat optik, sehingga tidak terjadi kerugian yang berlebihan akibat penggandengan.

Ada 2 komponen yang biasanya digunakan sebagai sumber optik pada sistem komunikasi serat optik, yaitu :

- *Light-Emitting Diode (LED)*.
- *Injection Laser Diode (ILD)*.

2.3.1 Light Emitting Diode (LED)

LED merupakan perangkat yang memancarkan spektrum cahaya kontinu dengan lebar spektrum 50 nm. Pada umumnya digunakan pada serat optik dengan diameter core yang besar seperti multi mode step indeks dan hanya digunakan untuk komunikasi serat optik jarak pendek dan beroperasi dengan laju bit yang rendah.

Cahaya yang dihasilkan oleh LED tidak bersifat monokromatik (terdiri dari beberapa cahaya) dan daya yang dihasilkan relatif kecil. Sehingga LED sesuai digunakan untuk komunikasi serat optik jarak dekat (dibawah 10 km).

LED dapat dimodulasikan pada kecepatan-kecepatan tinggi, walaupun daya optiknya berkurang pada bit rate meningkat.

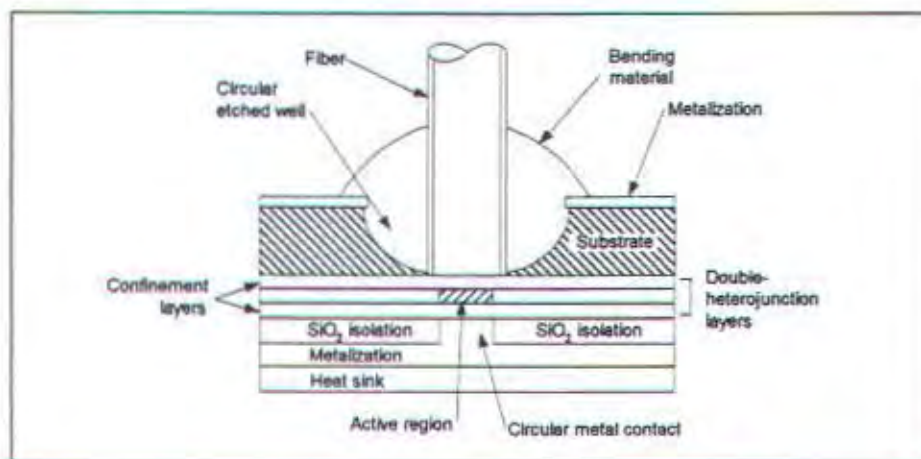
Terdapat lima tipe besar struktur LED, yaitu :

- *Surface Emitter LED (SLED).*

Pada surface emitter, bagian datar dari daerah light-emitting yang aktif di orientasikan secara *perpendicular* ke arah *axis* dari fiber seperti ditunjukkan pada gambar 2.5. Pada konfigurasi ini sebuah lubang ditanam melalui *device substrate*, dimana sebuah fiber kemudian di semen untuk memperoleh sinar emisi. Daerah aktif lingkaran pada surface emitter nominalnya berdiameter 50 μm dan mempunyai ketebalan 2,5 μm .

- *Edge Emitter LED (ELED).*

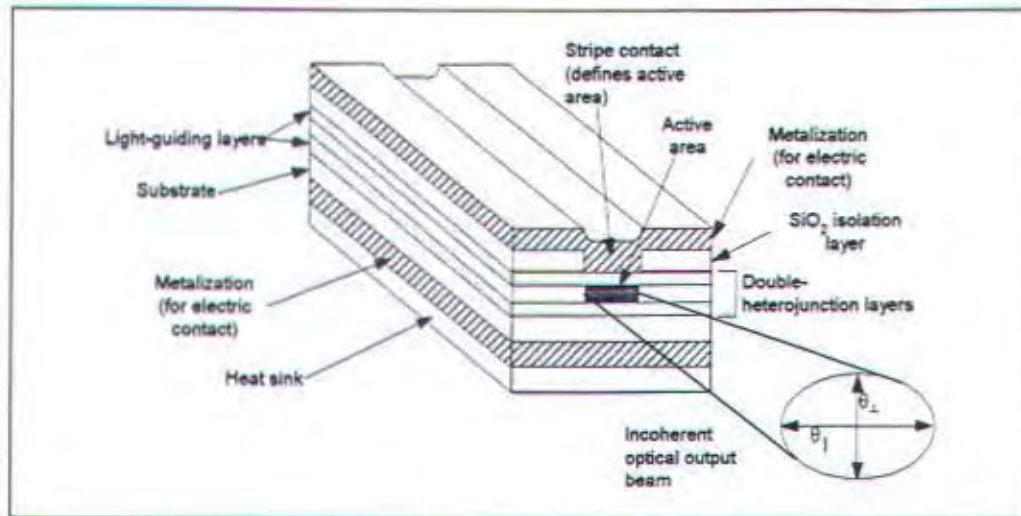
Edge emitter ditunjukkan oleh gambar 2.6, dimana terdiri dari daerah sambungan aktif, yang merupakan sumber cahaya inkoheren dan dua *guiding layer*. Kedua *guiding layer* tersebut mempunyai indeks refraktif yang lebih rendah dari daerah aktif, tapi lebih tinggi dari materi yang mengelilinginya.



Gambar 2.5⁵⁾

SKEMA HIGH RADIASI SURFACE LED

⁵⁾ Ibid, hal 83

Gambar 2.6⁶⁾

SKEMA EDGE-EMITTING DOUBLE-HETROJUNCTION LED

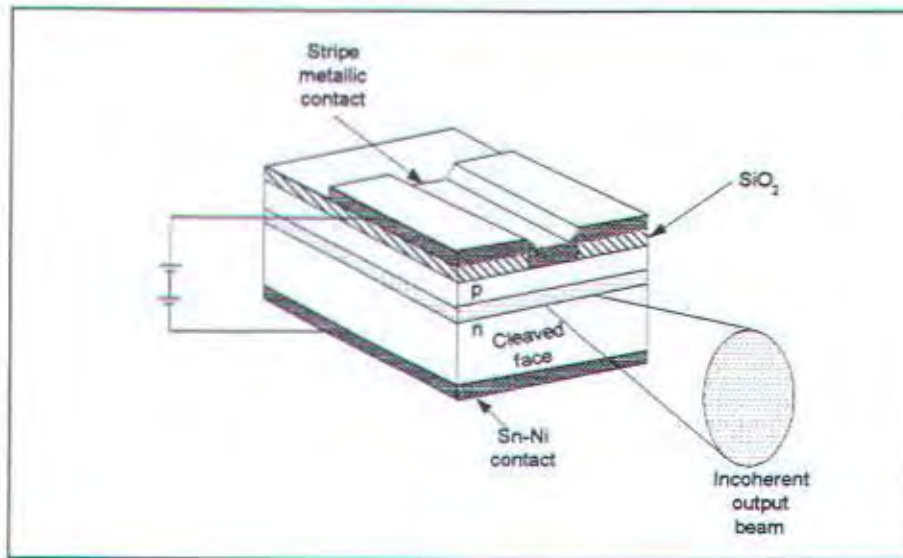
Struktur ini membentuk kanal waveguide yang langsung memancarkan radiasi optik ke arah inti fiber. Untuk menyesuaikan dengan fiber core (50 sampai 100 μm), strip kontak untuk edge emitter harus mempunyai lebar 50 sampai 70 μm . Panjang dari daerah aktif biasanya mempunyai daerah dari 100 sampai 150 μm . Pola emisi dari edge emitter lebih *directional* dari surface emitter.

- *Superluminescent LED (SLD).*

Geometri device ketiga ini telah menyediakan keunggulan yang berarti daripada SLED dan ELED untuk aplikasi komunikasi. Keunggulan dari tipe SLD ini adalah:

- daya output yang tinggi
- output beam yang directional
- lebar line yang sempit

⁶⁾ Ibid

Gambar 2.7⁷⁾

STRUKTUR SUPERLUMINESCENT LED ALGAAS CONTACT STRIPE

Gambar 2.7 menunjukkan konstruksi SLD. Dapat dilihat bahwa dalam kedua gambar tersebut mirip sekali dengan ELED atau injection laser yang akan dibahas pada subbab berikutnya. Akibatnya, SLD mempunyai sifat cahaya yang dibatasi oleh ELED dan injection laser.

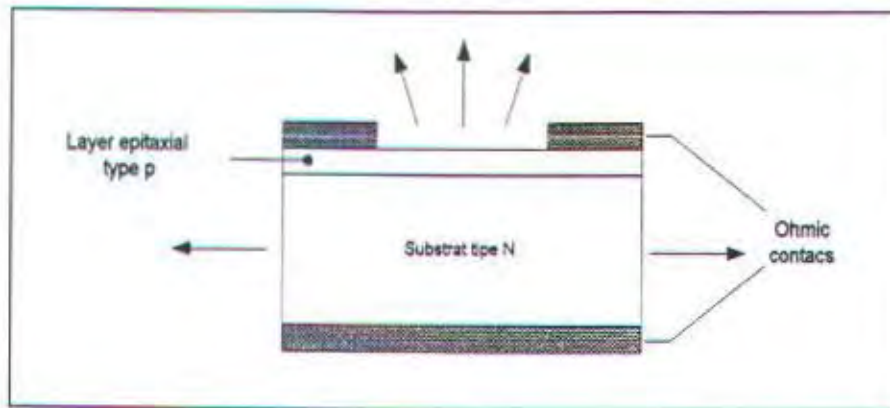
- *Planar LED.*

Planar LED merupakan struktur yang paling sederhana yang mungkin dan difabrikasi dengan proses *epitaxial* phase uap atau cair kepada seluruh permukaan dari substrat GaAs. Planar LED ditunjukkan oleh gambar 2.8. Arus maju mengalir melalui junction, memberikan emisi spontan Lambertian dan device memancarkan cahaya dari semua permukaan. Bagaimanapun, jumlah cahaya yang keluar dari struktur terbatas tergantung dari refleksi internal total, sehingga radiasinya rendah.

⁷⁾ Senior John M, "OPTICAL FIBER COMMUNICATION", 2nd Edition, Prentice Hall International Inc, 1992, hal. 394

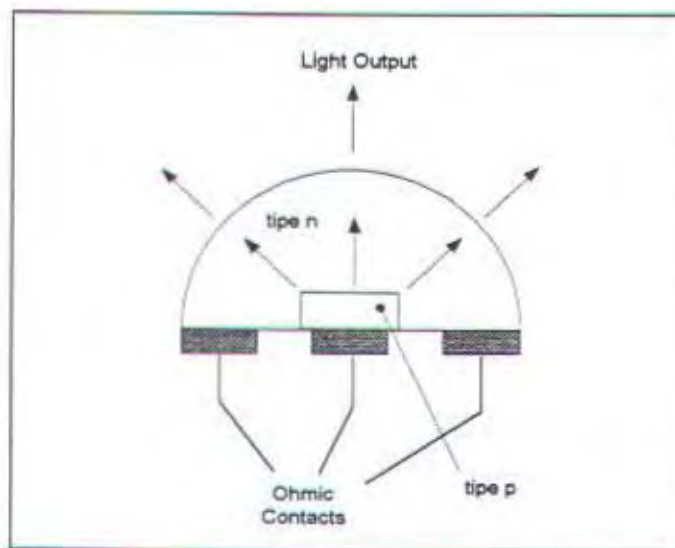
- *Dome LED.*

Struktur LED tipe Dome, ditunjukkan oleh gambar 2.9. Sejumlah bagian GaAs tipe n dibentuk disekeliling daerah tipe p.



Gambar 2.8⁸⁾

STRUKTUR PLANAR LED



Gambar 2.9⁹⁾

STRUKTUR DOME LED

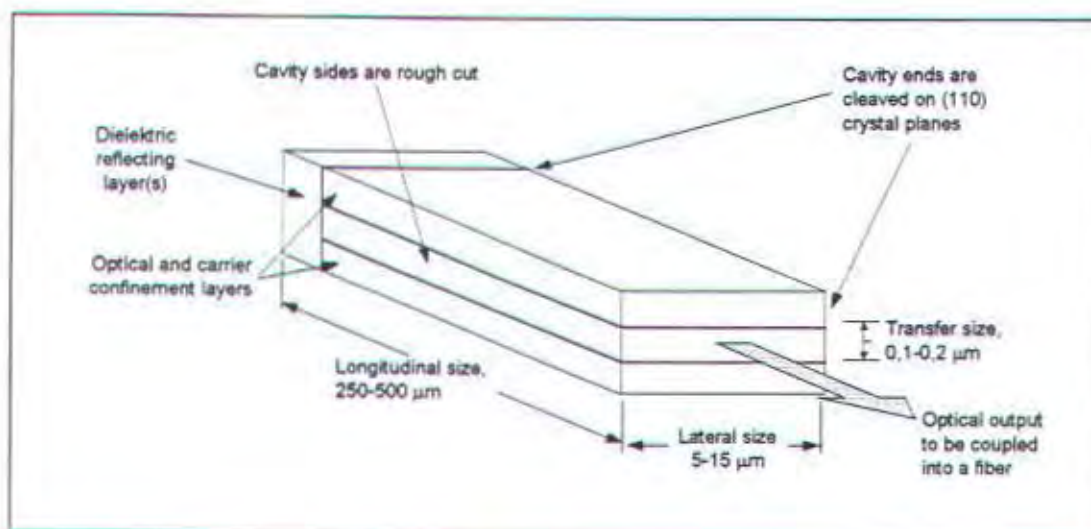
⁸⁾ Ibid, hal 386

⁹⁾ Ibid

Diameter dome dipilih untuk memaksimalkan jumlah emisi internal yang mencapai permukaan dengan sudut kritis dari interface udara GaAs. Karena itu, device ini mempunyai efisiensi power eksternal yang lebih tinggi dari planar LED. Struktur geometrinya harus jauh lebih besar dari daerah rekombinasi aktif, yang memberikan daerah emisi efektif yang lebih besar dan itu mengurangi radiasi.

2.3.2 Laser Diode

LASER merupakan perangkat yang lebih kompleks dari LED dan dapat memancarkan cahaya yang lebih kuat (dapat mempunyai daya 10-100 kali lebih besar) daripada LED. LASER sangat efisien untuk serat optik yang berdiameter core kecil (100-250 μm) seperti single mode step indeks. Struktur salah satu tipe Laser Diode ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10¹⁰⁾

FABRY-PEROT RESONATOR CAVITY

¹⁰⁾ Gerd Keiser, Op-cit, hal 96

Cara kerja LASER terjadi pada sambungan diode semikonduktor jenis yang sama dengan yang digunakan pada LED, tapi sudah mengalami perkembangan yang lebih lanjut dengan adanya rangkaian umpan balik. Cahaya yang dihasilkan oleh LASER mendekati koheren, karena spektrum yang dihasilkan sempit, sehingga dapat menghasilkan cahaya dengan mode tunggal.

Perbedaan antara LED dan LASER adalah sebagai berikut :

- a. **Radiasi.** Radiasi pada LASER relatif sempit, sedangkan radiasi dan spektrum pada LED lebih lebar. Faktor ini mempengaruhi jumlah daya yang dapat dikopel ke dalam serat optik, sedangkan pengaruh dispersi kromatik berhubungan dengan jumlah informasi yang dapat dikirim melalui serat optik
- b. **Kecepatan.** Stimulasi emisi LASER menghasilkan respon *rise time* dan *fall time* yang lebih cepat dibandingkan dengan respon yang dicapai pada LED
- c. **Linearitas.** LED mempunyai karakteristik dimana daya outputnya sebagai fungsi arus input adalah linear, sedangkan pada LASER di bawah arus ambang tidak linear dan baru menunjukkan karakteristik yang linear di atas arus ambang.
- d. **Sifat koheren.** LED memancarkan cahaya yang kurang koheren, sehingga sesuai untuk sistem komunikasi jarak pendek ataupun panjang sampai sekitar 100 km dengan saluran digital dan bandwidth yang lebar. Sedangkan LASER sesuai untuk serat optik mode tunggal dan untuk jarak jauh karena mempunyai cahaya yang koheren dan daya kopel yang tinggi. Tetapi harga laser relatif mahal, memerlukan rangkaian umpan balik untuk menstabilkan daya outputnya.

2.4 Detektor Optik

Detektor optik berfungsi sebagai transducer yang akan mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik pada penerima. Detektor optik dalam sistem komunikasi serat optik harus memiliki persyaratan sebagai berikut :

- Mempunyai efisiensi kuantum yang tinggi, sehingga semua foton yang diserap dapat diubah menjadi elektron bebas. Dengan demikian semua sinyal optik yang masuk dapat diubah menjadi sinyal listrik.
- Mempunyai lebar bidang yang besar, sehingga didapatkan respon frekuensi yang baik. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi redaman.
- Mempunyai respon spektrum yang baik, sehingga meningkatkan kemampuan transducer untuk menyerap foton secara bergantian pada range frekuensi yang lebar.
- Mempunyai keandalan yang tinggi dan karakteristik yang tidak terpengaruh oleh keadaan luar.

Ada dua macam detektor yang umum digunakan, yaitu :

- *PIN (Positive Intrinsic Negative).*

Biasanya digunakan untuk sistem yang sensitivitasnya tidak terlalu tinggi, tegangan catu yang dibutuhkan relatif rendah dan paling banyak digunakan pada sistem komunikasi serat optik. Bahan-bahan fotodiode PIN yang sering digunakan antara lain Germanium (Ge), Silikon (Si) dan Indium-Galium Arsenid (InGaAs).

- *APD (Avalanche Photo Diode).*

Biasanya digunakan pada sistem yang mempunyai sensitivitas yang tinggi dan tegangan catu yang lebih tinggi. APD merupakan detector yang mempunyai

penguatan dalam (internal gain). Adanya penguatan dalam ini membuat APD mempunyai ketanggapan yang lebih baik dibanding dengan PIN.

Tabel 2.1 menunjukkan perbandingan antara PIN dan APD untuk berbagai jenis bahan yang digunakan untuk detektor optik.

Tabel 2-1¹¹⁾

Perbandingan antara PIN dan APD

Parameter	Unit	Silicon		Germanium		InGaAs	
		PIN	APD	PIN	APD	PIN	APD
Wavelength Range	nm	400 - 1100		800 - 1800		900 - 1700	
Peak	nm	900	830	1550	1300	1300 (1550)	1300 (1550)
Responsivity							
Chip	R	0.6	77 - 130	0.65 - 0.7	3 - 28	0.63 - 0.8 (0.75-0.97)	
Coupled	R	0.35 - 0.55	50 - 120	0.5 - 0.65	2.5 - 25	0.5 - 0.7 (0.6 - 0.8)	
Quantum efficiency	%	65 - 90	77	50 - 55	55 - 75	60 - 70	60 - 70
Gain	G	1	150 - 250	1	5 - 40	1	10 - 30
Excess noise factor	x	-	0.3 - 0.5	-	0.95 - 1	-	0.7
K_{ex}	k	-	0.02 - 0.08	-	0.7 - 1	-	0.3 - 0.5
Bias voltage	-V	45 - 100	220	6 - 10	20 - 35	5	< 30
Capacitance	pF	1.2 - 3	1.3 - 2	2 - 5	2 - 5	0.5 - 2	0.5
Rise time	ns	0.5 - 1	0.1 - 2	0.1 - 0.5	0.5 - 0.8	0.06 - 0.5	0.1 - 0.5

2.5 Rugi-rugi Sistem Transmisi Serat Optik

Rugi-rugi serat optik merupakan ukuran yang menyatakan berapa besar redaman yang timbul pada serat optik tersebut terhadap gelombang sinar yang ditransmisikan, sehingga makin kecil rugi-rugi serat optik, maka makin jauh sinyal informasi yang dapat ditransmisikan.

¹¹⁾ Edward A. Lacy, "FIBER OPTICS", Second Edition, Prentice Hall International Inc., New Jersey, 1993, hal. 159

Rugi-rugi serat optik dapat dibagi berdasarkan dari mana rugi-rugi tersebut ditimbulkan, yaitu :

- Rugi-rugi internal.
- Rugi-rugi eksternal, yaitu rugi-rugi yang timbul pada saat menggunakan serat optik sebagai media transmisi.

2.5.1 Rugi-rugi Internal

Rugi-rugi internal adalah rugi-rugi yang disebabkan oleh bahan serat optik itu sendiri yang dapat dibedakan menjadi :

1. Rugi-rugi penyebaran (*Rayleigh Scattering Loss*).

Selama proses pembuatan serat optik, terjadi ketidakseragaman mikroskopis bahan serta indeks bias yang mengakibatkan cahaya yang masuk ke dalam serat optik akan dipantulkan dan dibiaskan secara parsial, sehingga mengakibatkan terjadinya hamburan.

2. Rugi-rugi penyerapan (*Absorbtion Loss*).

Sebab utama rugi penyerapan adalah adanya material-material (kotoran) yang tidak dikehendaki dalam serat optik, terutama dalam serat multi komponen. Pemberian campuran (*dopping*) pada serat dimaksudkan untuk mendapatkan indeks bias yang dikehendaki namun ini juga menyebabkan terjadinya penyerapan energi. Salah satu cara untuk memperkecil rugi tersebut adalah dengan teknik pengendapan uap kimia (*Chemical Vapor Deposition*), dimana dengan diendapkannya ion-ion kotoran, maka redamannya dapat diperkecil.

3. Rugi-rugi karena Dispersi.

Rugi-rugi karena dispersi dibedakan menjadi :

- a. *Dispersi Intermodal*. Dispersi intermodal adalah dispersi yang disebabkan oleh perbedaan mode pemandu gelombang pada kecepatan yang berbeda, yang kemudian menyebabkan distorsi pada sinyal cahaya yang ditransmisikan. Dispersi ini hanya terjadi pada multi mode fibre dan tidak terjadi pada single mode fibre.
- b. *Dispersi Chromatic*. Cahaya yang masuk ke dalam serat terdiri dari berbagai warna yang merambat dengan kecepatan yang berbeda, yang menyebabkan terjadinya pelebaran pulsa cahaya pada ujung serat. Efek ini dikenal dengan dispersi chromatic (Chromatic-Dispersion). Dispersi ini hanya terjadi pada single mode fibre.

2.5.2 Rugi-rugi Eksternal

Rugi-rugi eksternal atau rugi-rugi yang disebabkan oleh penggunaan serat optik sebagai media komunikasi dapat dikelompokkan menjadi :

1. Rugi-rugi karena pembengkokan (*Bending Losses*).

Rugi-rugi ini terjadi pada saat sinar melalui serat optik yang dilengkungkan, dimana sudut sinar datang lebih kecil daripada sudut kritis sehingga sinar itu tidak dipantulkan sempurna tapi dibiaskan keluar.

- a. *Pembengkokan mikro (micro bending)*. Pembengkokan mikro dapat timbul bila fibre berulang-ulang digulung menjadi fibre majemuk (multi fibre cable) atau bila digulung pada kelos-kelos untuk memudahkan pengangkutannya.

b. *Pembengkokan radius konstan*. Rugi-rugi ini terjadi karena bengkokan-bengkokan kecil tersebut bekerja sebagai scattering facets yang menyebabkan penggandengan ragam.

2. Rugi-rugi penggandengan ragam.

Rugi-rugi ini terjadi karena adanya cacat-cacat kecil pada core atau pada interface inti pelapis, seperti misalnya variasi kecil pada diameter inti, bentuk penampang atau gelembung-gelembung dalam gelas, dapat menyebabkan digandengnya energi kedalam salah satu dari ragam-ragam bocor. Rugi-rugi ini akan terbagi secara rata sepanjang fibre. Sumber lain penggandengan ragam adalah sambungan-sambungan yang dibentuk dengan kurang sempurna atau konektor-konektor yang penyetelannya kurang sempurna. Rugi ini dapat dibuat minimum dengan mengurangi banyaknya sambungan konektor sepanjang fiber.

3. Rugi-rugi Penyambungan.

Rugi-rugi ini timbul karena adanya dua serat optik yang disambungkan. Hal ini dimungkinkan karena dimensi serat optik yang demikian kecilnya, sehingga penyambungan menjadi tidak tepat. Sehingga sinar optik dari serat optik ke serat optik lainnya tidak dapat dirambatkan seluruhnya. Redaman atau losses yang disebabkan oleh konektor maksimum 0.5 dB

Ada beberapa kesalahan dalam penyambungan yang dapat menimbulkan splicing losses, yaitu :

- Bila sambungan kedua serat optik membentuk sudut
- Bila sumbu kedua serat tidak sejajar

- Bila kedua sumbu berimpit namun masih ada celah diantara keduanya
- Bila terdapat perbedaan ukuran antara kedua serat optik yang disambung

4. Rugi Kopling (*Coupling Losses*).

Rugi ini timbul pada saat serat optik dikopling/disambung dengan sumber cahaya atau photo detektor. Hal ini terjadi karena tidak seluruh energi yang diradiasikan oleh sumber optik dapat disalurkan ke dalam serat optik.

2.6 Jaringan Lokal Akses Serat Optik

Jaringan lokal adalah jaringan yang menghubungkan langsung pelanggan ke sentral, yang merupakan jaringan yang dipengaruhi langsung oleh perkembangan jenis-jenis jasa baru. Ditinjau dari lebar pita frekuensinya, jenis-jenis jasa baru tersebut umumnya membutuhkan lebar pita frekuensi yang lebar, sehingga evolusi pada sistem dan media transmisi di jaringan lokal tersebut perlu dilakukan. Disamping itu, meningkatnya jumlah pelanggan, baik di daerah rural maupun urban telah menuntut sistem di jaringan lokal menjadi lebih baik, sederhana dan fleksibel.

Pemikiran untuk mencari alternatif sistem yang mempunyai fleksibilitas tinggi terhadap pemasangan sambungan baru kemudian dikembangkan dengan mencari alternatif media transmisi yang mempunyai kapasitas lebih besar dibandingkan kabel tembaga.

Kabel serat optik yang dikenal dengan kapasitas besar, kemudian dilirik agar dapat dipakai pada jaringan lokal. Teknologi jaringan lokal dengan media serat optik ini disebut sebagai *Fibre In The Loop* (FITL).

2.6.1 Fibre In The Loop (FITL)

Pada dasarnya arsitektur FITL terdiri atas dua buah konfigurasi jaringan akses serat optik yaitu *star* dan *double star*. Jaringan akses serat optik *star* disebut juga *Digital Loop Carrier (DLC)*, sedangkan jaringan akses *double star* terdiri atas dua yaitu *Passive Optical Network (PON)* dan *Active Optical Network (AON)*. Diagram skema FITL dapat dilihat pada gambar 2.11.

Dalam penerapannya saat ini, ada dua jenis Jaringan Lokal Akses Serat Optik yang dipakai, yaitu DLC dan PON. Secara umum, DLC merupakan sistem yang lebih mapan dalam arti dapat lebih menjamin kompatibilitas antar perangkat dari beberapa *vendor* dibandingkan PON.

2.6.2 Digital Loop Carrier (DLC)

Digital Loop Carrier adalah suatu jaringan lokal akses serat optik yang memiliki topologi point to point (optical star dari sisi sentral ke sisi pelanggan) dan umumnya berbasis teknologi PDH.

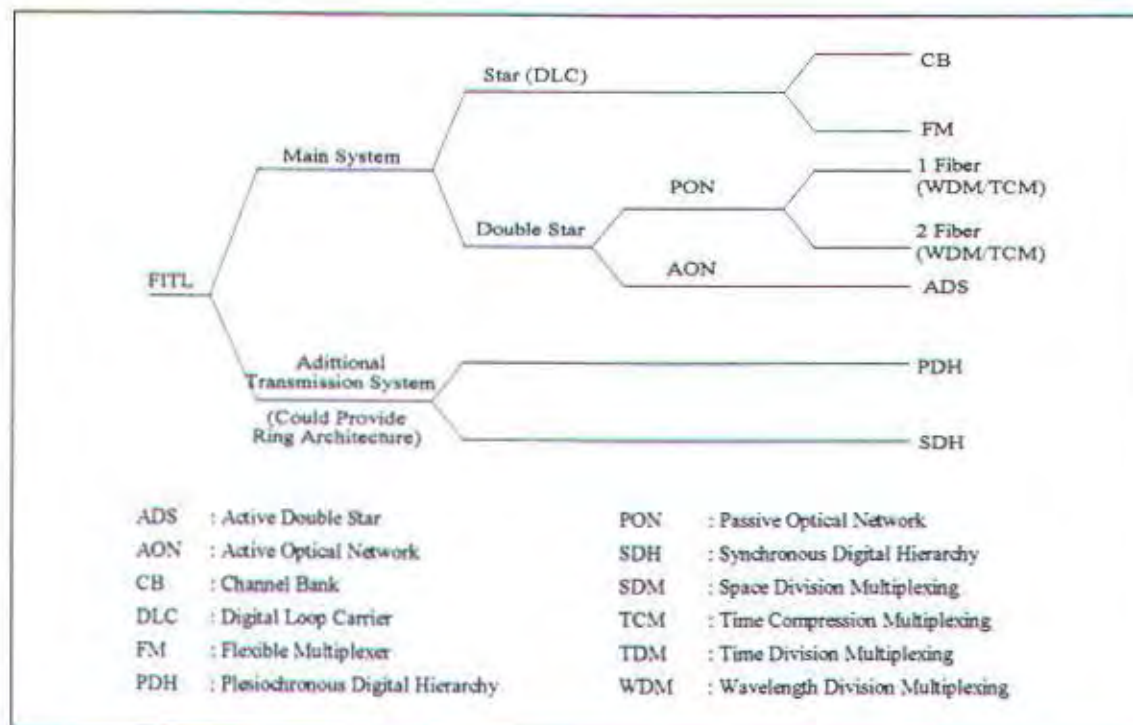
Keunggulan sistem DLC yaitu dapat dipakai untuk meningkatkan jumlah jasa telekomunikasi, fleksibel untuk memenuhi penambahan kebutuhan, dapat menangani jasa ISDN, kualitas pelayanan yang lebih baik, dilengkapi sistem manajemen jaringan dan lebih mudah evolusi ke jasa pita lebar.

2.6.2.1 Konfigurasi DLC

Teknologi DLC digunakan untuk menghubungkan sentral lokal ke beberapa pelanggan dalam daerah pelayanan urban, suburban dan rural. Teknologi ini

merupakan hasil perbaikan sistem PCM-30, yaitu meringkas beberapa buah perangkat multiplexer 30 kanal (2 Mbit/s).

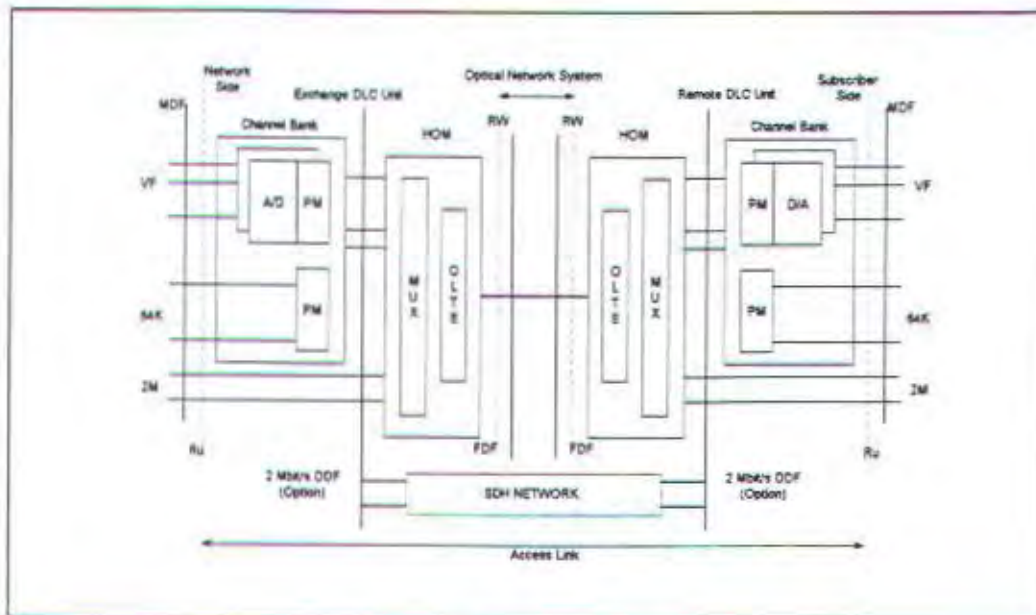
Sistem ini ditunjang oleh dua bagian yaitu : *High Order Multiplexer* (HOM) dan *Primary Multiplexer* (PM). Konfigurasi umum DLC dilihat pada gambar 2.12. Sistem terdiri atas sepasang unit DLC yaitu *Exchange DLC Unit* yang diletakkan dekat dengan sentral lokal dan *Remote Unit* yang diletakkan dekat dengan pelanggan. Jarak jangkau minimum antara unit Remote DLC dengan terminal pelanggan adalah 300 m.



Gambar 2.11¹²⁾

SKEMA DIAGRAM FITL

¹²⁾ Suryatin Setiawan, "TOWARD FUTURE PHYSICAL ACCESS NETWORK", BPPT 18 January 1995, hal 4.

Gambar 2.12¹³⁾

KONFIGURASI UMUM DLC

Selain level *Plesiochronous Digital Hierarchy* (PDH), DLC juga memiliki konfigurasi ring dengan level *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) dengan jumlah perangkat di sisi sentral sama dengan jumlah perangkat DLC yang terhubung dengan ring tersebut.

Karena sinyal keluaran dari peralatan DLC merupakan sinyal elektrik, sedangkan sinyal yang melalui serat optik adalah sinyal optik, maka diperlukan pengubahan sinyal elektrik ke sinyal optik. Pengubahan sinyal ini dilakukan pada perangkat OLTE (Optical Line Termination Equipment) dalam HOM (High Order Multiplexer).

Exchange DLC Unit dan Remote DLC Unit masing-masing terdiri atas Channel Bank dan High Order Multiplexer.

¹³⁾ PT Telekomunikasi Indonesia, "DIGITAL LOOP CARRIER SYSTEM REQUIREMENT", Juli 1994, hal. 2

Channel Bank tersusun atas komponen-komponen dengan fungsi masing-masing :

1. Komponen inti (*Core shell*)

- fungsi antarmuka ke HOM
- fungsi multipleksing transmisi
- fungsi multiplexer pelanggan dan multiplexer layanan.

2. Komponen layanan (*Service shell*)

- fungsi antarmuka layanan

3. Komponen pendukung (*common shell*)

- fungsi Operation, Administration and Maintenance (OAM)
- fungsi catu daya dan baterai cadangan
- fungsi perlindungan listrik

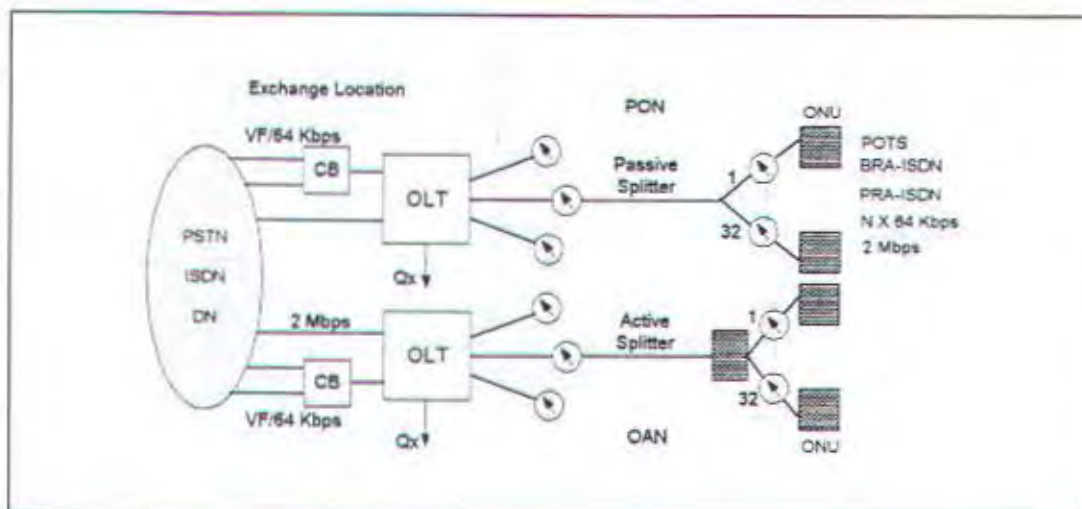
HOM memiliki laju bit input 2 Mbit/s elektrik, sedangkan laju bit outputnya dapat 8 Mbit/s, 34 Mbit/s dan 140 Mbit/s atau bahkan dapat pula 155 Mbit/s. HOM antara sisi sentral dan sisi pelanggan dihubungkan melalui Optical Network dengan transmisi kecepatan tinggi. HOM tersusun atas komponen-komponen :

- Multiplexer/demultiplexer unit
- Subsistem uji internal
- Optical Line Termination Equipment (OLTE)
- Unit alarm dan pemeliharaan
- Antarmuka external yang menghubungkan ke OAMT
- Unit catu daya
- Proteksi switching

2.6.3 Passive Optical Network (PON)

Ide utama dari teknologi ini adalah membagi harga peralatan opto-electronic diantara pelanggan dan memungkinkan untuk memberikan konfigurasi fiber tertutup pada pelanggan. Sistem ini mempunyai satu peralatan besar pada lokasi sentral dan peralatan kecil pada pelanggan. Sistem ini mempunyai dua titik star optical. Star yang pertama adalah peralatan yang terletak di sentral dan lokasi yang kedua adalah peralatan yang terletak antara sentral dan pelanggan.

Passive Optical Network (PON) adalah jaringan akses pelanggan dengan menggunakan media fiber optik, bertopologi jaringan double star dan menggunakan komponen pasif pada distribusi jaringan. Konfigurasi umum double star dapat dilihat pada gambar 2.13. Sedangkan Optical Access Network (OAN) merupakan teknologi lain dari jaringan lokal dengan akses fiber yang menggunakan teknologi PON.



Gambar 2.13¹⁴⁾

KONFIGURASI UMUM DOUBLE STAR

¹⁴⁾ Suryatin Setiawan, Op-Cit, hal. 6

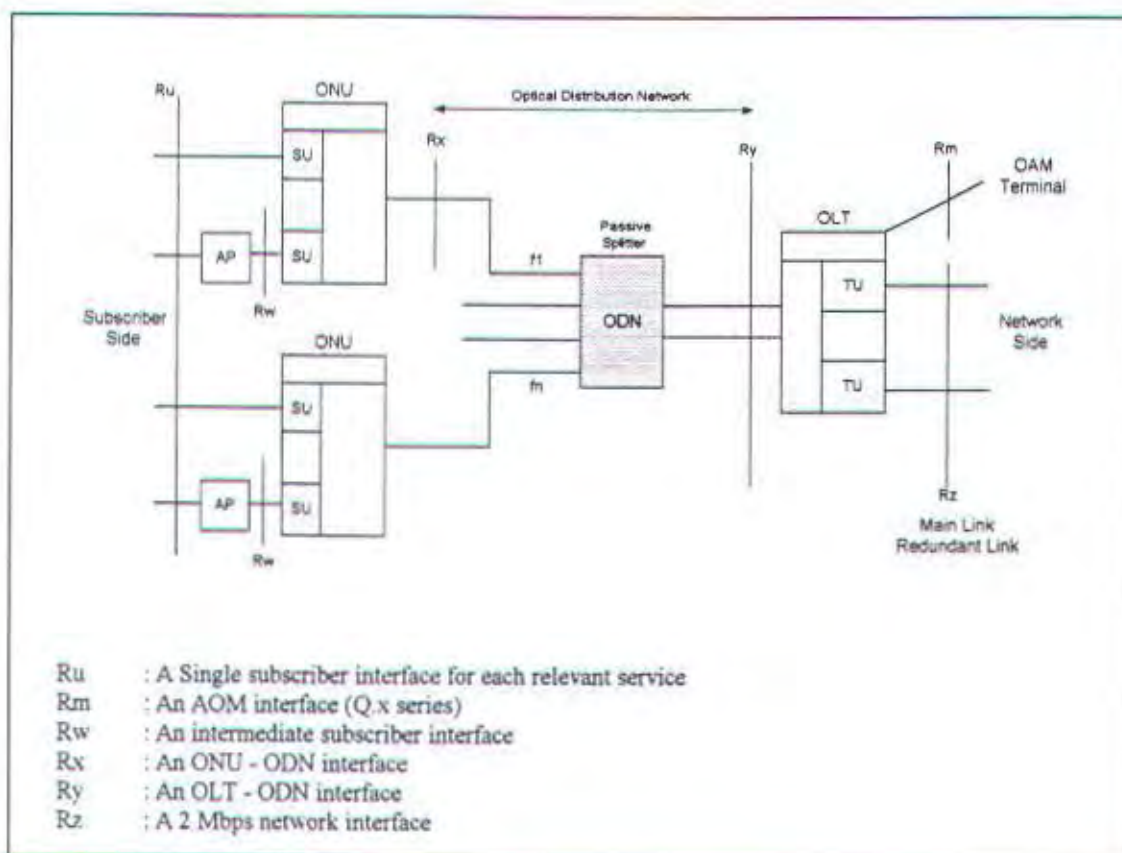
Hubungan kabel pada OAN adalah titik ke banyak titik (point to multipoint), yaitu adanya percabangan dari satu saluran serat optik ke beberapa saluran lainnya menggunakan satu pembagi atau splitter pasif.

Suatu keuntungan sistem PON dibandingkan DLC adalah dapat ditekannya besar biaya pembangunan pada jaringan lokal, karena dengan digunakannya struktur PON, penggunaan suatu serat optik dapat lebih optimum. Sehingga walaupun kompatibilitas sistem ini kurang dibandingkan dengan DLC, namun bila dilihat dari efektivitasnya, maka nilai kompetisi kedua sistem tersebut masih berimbang. Sebagai contoh, pada sistem DLC dibutuhkan satu pasang perangkat DLC jika ingin menghubungkan satu atau kelompok pelanggan lainnya (diluar radius 500 m); karena kabel tembaga yang menghubungkan pelanggan dan remote DLC Unit mempunyai keterbatasan jarak sekitar 500 m. Sedangkan pada sistem PON, karena dimungkinkan adanya struktur percabangan, maka hanya perlu menambahkan satu OAU (Optical Acces Unit), yaitu peralatan yang terletak antara pelanggan dalam sistem OAN yang berhubungan langsung dengan pelanggan yang berada di daerah kelompok pelanggan yang baru.

Satu hal lainnya yang membedakan DLC dan PON adalah perlunya multiple access terhadap PON. Multiple access yang umum digunakan adalah *Time Division Multiplexing* (TDM) atau *Time Division Multiple Access* (TDMA). Metode-metode lainnya yang mungkin digunakan adalah *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) tergantung dari pemilihan sistem transmisi yang digunakan : *simplex* atau *duplex*.

2.6.3.1 Konfigurasi PON

Perangkat-perangkat dasar yang membentuk sistem PON adalah OLT (Optical Line Terminal) dan ONU (Optical Network Unit). OLT akan mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik dan pada ONU sinyal optik ini akan diubah menjadi sinyal elektrik. Distribusi dari ONU ke pelanggan tetap menggunakan kabel tembaga dan kapasitas terbesar untuk ONU sampai saat ini mencapai sekitar 500 pelanggan. Konfigurasi PON dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14¹⁵⁾

KONFIGURASI UMUM PON/OAN

¹⁵⁾ PT. Telekomunikasi Indonesia, "OPTICAL ACCESS NETWORK BASED ON PASSIVE OPTICAL NETWORK TECHNOLOGY", Januari, 1995, hal. 2-2

OLT mempunyai kemampuan untuk mengoperasikan beberapa ODN, dimana masing-masing ODN didukung oleh antarmuka ODN yang terpisah. Tiap-tiap antarmuka OLT-ODN mampu mendukung sedikitnya 32 ONU dan dimungkinkan mengkombinasikan berbagai tipe ONU pada ODN yang sama. Protokol transmisi yang digunakan menspesifikasikan jarak antara ONU yang terdekat dengan ONU terjauh dari OLT kurang lebih lima kilometer.

OLT berfungsi sebagai antarmuka optik menuju ODN dan antarmuka jaringan pada sisi jaringan dari sistem OAN. OLT dapat diletakkan dalam sebuah unit terminasi jaringan dalam lokal exchange atau pada remote terminal. Sebuah OLT akan memberikan layanan yang berbeda-beda ke setiap ONU.

OLT tersusun atas komponen-komponen dengan fungsinya masing-masing :

1. komponen inti (core shell)

- fungsi antarmuka ODN
- fungsi multipleksing transmisi
- fungsi pelanggan dan layanan cross-connect

2. komponen layanan (service shell)

- fungsi antarmuka tributary jaringan
- fungsi pemrosesan pensinyalan

3. komponen penunjang (common shell)

- fungsi OAM
- fungsi catu daya dan baterai cadangan
- fungsi perlindungan elektris

TU berfungsi sebagai antarmuka antara sistem OAN dan sisi jaringan. TU dapat dikonfigurasi untuk mendukung satu, dua atau lebih layanan yang berbeda. TU memberikan port 2 Mb/s untuk antarmuka V5.1 yang dapat ditingkatkan secara software ke antarmuka V5.2 yang memberikan fungsi konsentrasi untuk penanganan pelanggan yang lebih besar.

TU mempunyai dua atau lebih port 2 Mb/s yang dapat dikonfigurasi secara independen. Untuk TU tipe multi port, dapat dilakukan penyusunan pada tiap port dengan layanan yang berbeda. Tiap-tiap antarmuka OLT-ODN akan menghubungkan OLT ke ODN dengan dua fiber optik. Hubungan dari jaringan fiber optik ke antarmuka ODN dilakukan melalui sebuah *demountable optical connector*.

ONU merupakan terminasi dari sistem PON/OAN yang menghubungkan tipe layanan berbeda dengan pita band yang sempit ke pelanggan melalui antarmuka elektrik yang spesifik. Pelanggan dihubungkan ke ONU dengan kabel tembaga atau kabel koaksial. ONU tersusun atas komponen-komponen :

1. Komponen inti (core shell)
 - fungsi antarmuka ODN
 - fungsi multipleksing
 - fungsi multiplekser layanan dan pelanggan
2. Komponen layanan
 - fungsi antarmuka layanan
3. Komponen penunjang
 - fungsi OAM

- fungsi catu daya dan backup
- fungsi perlindungan listrik

2.6.4 Aplikasi FITL

Pada FITL, media serat optik digunakan untuk menghubungkan central office dengan remote terminal yang terletak di sisi pelanggan. Remote terminal di sisi pelanggan, yaitu *Fibre To The Curb* (FTTC), *Fibre To The Building* (FTTB) dan *Fibre To The Home* (FTTH). Terminologi tersebut menunjukkan titik akhir penggunaan kabel serat optik atau letak perangkat pengubah sinyal optik ke sinyal listrik di sisi pelanggan. Aplikasi FITL ditunjukkan pada gambar 2.15.

2.6.4.1 FTTC (Fibre To The Curb)

FTTC dapat dianggap sebagai langkah pertama dari instalasi jaringan fiber optik. Dalam kasus ini kabel primer digantikan oleh kabel fiber optik. Fiber optik ditarik dari Optical Line Unit (OLU) yang terletak di sentral hingga ke Optical Network Unit (ONU) yang biasanya terletak dalam di luar bangunan (outdoor). Splitter dan multiplexer dapat diletakkan dalam kabinet, tetapi diperlukan catu daya listrik. Dari ONU ke pelanggan dipakai Unshielded Twisted Pair (UTP). Gambar 2.16 (a) adalah konfigurasi FTTC.

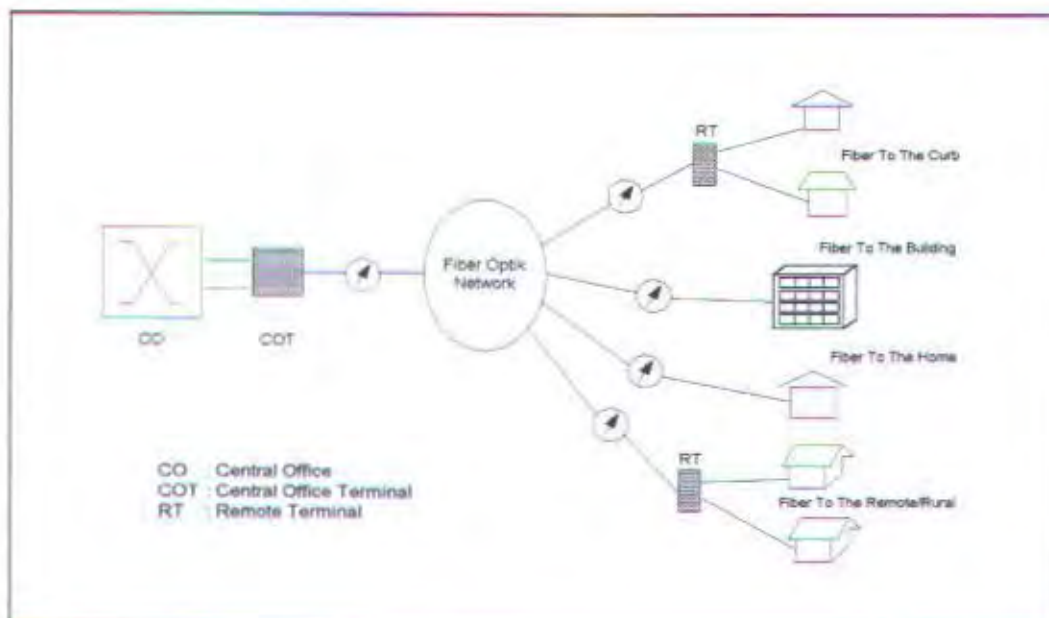
2.6.4.2 FTTB (Fiber To The Building)

Sama seperti FTTC, hanya perbedaannya, ONU diletakkan di dalam gedung, kapasitas ONU yang dipasang jauh lebih besar. Keuntungan penerapan dari FTTB dibandingkan dengan FTTC adalah catu daya dapat diberikan dalam gedung.

Disamping itu fiber yang diperuntukkan bagi pelanggan dapat diakses dengan lebih baik. Kombinasi antara FTTC dan FTTB juga dapat dilakukan. Gambar 2.16 (b) adalah konfigurasi FTTB.

2.6.4.3 FTTH (Fiber To The Home)

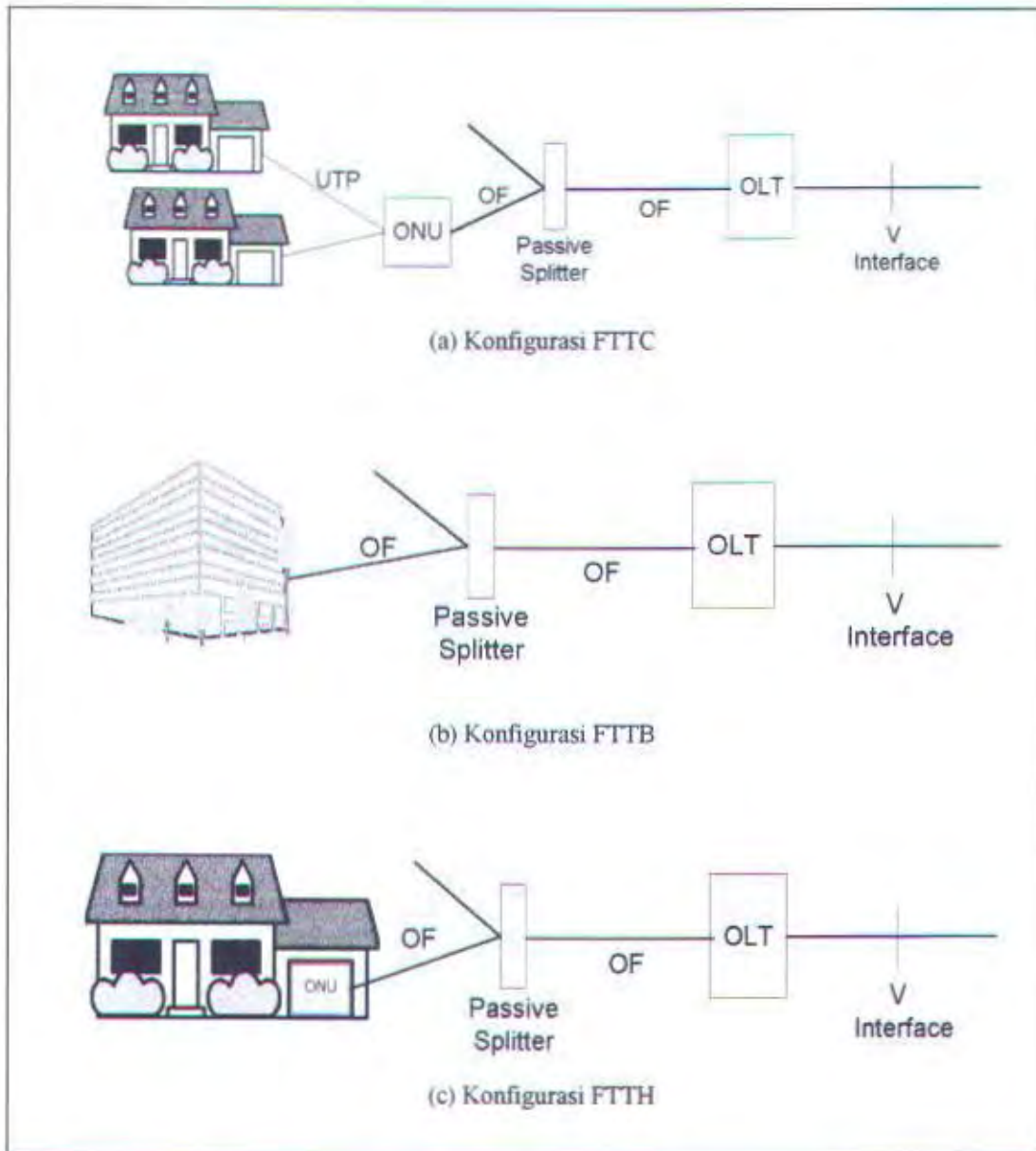
Pada FTTH fiber optik ditarik langsung ke rumah, sehingga ONU terletak di dalam rumah dan didistribusikan di sana. Permasalahan catu daya dan diversifikasi layanan tidak terjadi. Pelanggan mempunyai keuntungan karena dapat menerima seluruh layanan yang ditawarkan oleh pihak operator jaringan seperti ISDN, CATV dan sebagainya. Gambar 2.16 (c) adalah konfigurasi FTTH.



Gambar 2.15¹⁶⁾

APLIKASI FIBER IN THE LOOP

¹⁶⁾ Suryatin Setiawan, Op-Cit, hal. 6



Gambar 2.16¹⁷⁾

APLIKASI FIBER OPTIK

¹⁷⁾ Gitel-Project, *FIBER IN THE LOOP (FITL)*, Surabaya 1995.

BAB III

ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM)

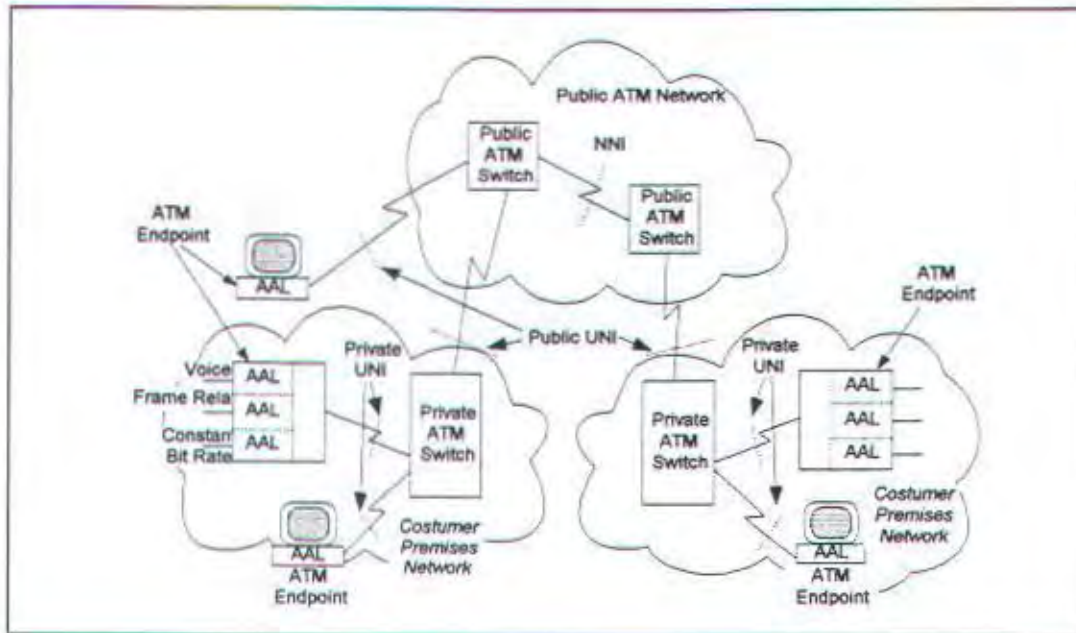
3.1 Umum

Asynchronous Transfer Mode (ATM) merupakan teknologi baru dalam bidang transfer data yang merupakan teknik switching dengan orientasi paket dan multipleksing yang menggunakan sel-sel dengan ukuran tetap yang disebut ATM cell.

Sebagai teknik switching dengan orientasi paket, ATM jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan paket switching yang selama ini dikenal. Apabila paket switching konvensional hanya digunakan untuk sinyal data dengan bit rate yang variabel dan non real time, maka ATM dapat digunakan untuk sinyal data variable bit rate (VBR) yang real time dan sekaligus sinyal-sinyal dengan constant bit rate (CBR).

3.2 Prinsip Dasar Asynchronous Transfer Mode

Konsep struktur dari jaringan ATM ditunjukkan pada gambar 3.1. Pada gambar tersebut terdapat tiga jaringan ATM yang terdiri dari jaringan ATM privat dan jaringan ATM publik. Jaringan ATM privat biasanya disebut sebagai "*customer premises networks*", dimana pemakaian pada umumnya sering dibatasi untuk daerah lokal, misalnya : pada lingkungan kampus, perkantoran, meskipun jaringan ATM privat dapat didistribusikan melalui wide area network (WAN) dengan menggunakan link-link pembawa seperti sonet/SDH diantara node-node ATM.

Gambar 3.1¹⁾

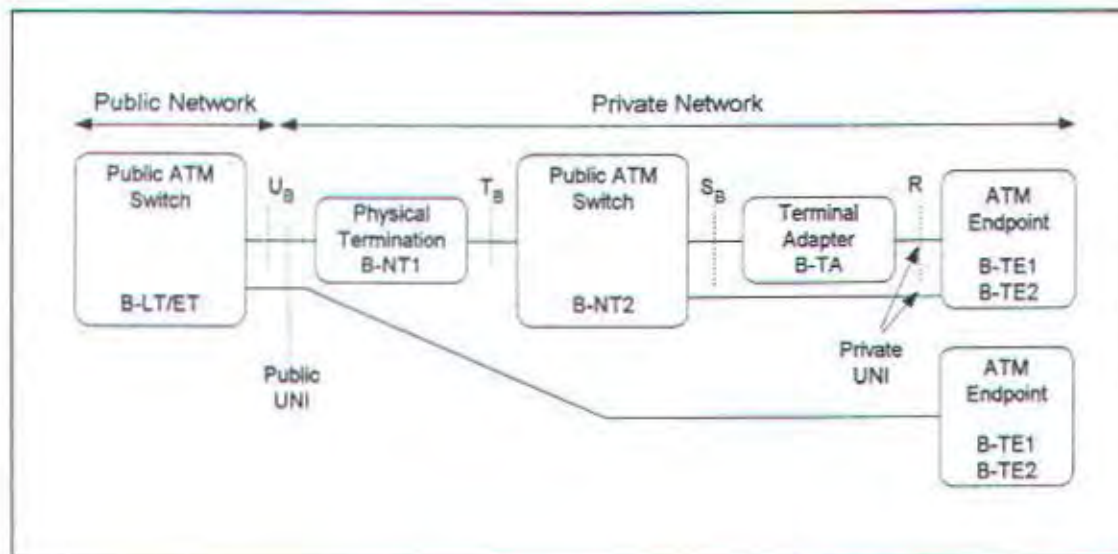
STRUKTUR JARINGAN ATM

Secara garis besar, sebuah jaringan ATM terdiri dari :

- **ATM Switch.** Gambar 3.1 memperlihatkan empat switch ATM yang menjadi backbone (tulang punggung) pada pengiriman data dalam jaringan ATM yang biasanya disebut dengan switch ATM privat atau switch ATM publik, dimana kedua switch ATM tersebut mempunyai perbedaan dalam perhitungan dan prosedur control, mode pengalamatan serta trunk (link) penunjang yang digunakan. Di samping itu peralatan jaringan publik akan memerlukan throughput yang jauh lebih tinggi daripada throughput yang diperlukan pada peralatan jaringan privat.

¹⁾ Dutton Harry J.R., Lenhard Peter, "ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM), *Technical Overview*", Prentice Hall, Upper Saddle river, New Jersey, 1996, hal 2-1

- **User Network Interface (UNI).** Struktur UNI mengacu pada model referensi untuk jaringan ISDN seperti gambar 3.2. Antar muka (interface) yang ditunjukkan pada gambar 3.2 mempunyai bentuk yang sama dengan antar muka yang digunakan pada narrowband-ISDN (N-ISDN), tetapi ditambah dengan tanda B untuk menunjukkan keadaan broadband.
- **Endpoint ATM,** merupakan bagian peralatan *end-user* yang berfungsi sebagai interface ke dalam jaringan ATM. Endpoint mengirim dan menerima sel-sel ATM dari saluran-saluran penghubung yang telah didefinisikan pada saat penetapan hubungan dengan menggunakan standar-standar ATM. Pada endpoint ATM terdapat juga fungsi-fungsi ATM Adaption Layer (AAL) yang menghubungkan suatu endpoint ke dalam jaringan ATM melalui interface jaringan pemakai (UNI).

Gambar 3.2²⁾

KONFIGURASI USER NETWORK INTERFACE B-ISDN

²⁾ ibid, hal 2-23

- **ATM Cell**, adalah semua bentuk informasi (voice, image, video, data) yang dikirim dalam blok-blok pendek ke dalam jaringan. Satu sel besarnya 53 byte, yang terdiri dari 48 byte informasi dan 5 byte header.

3.2.1 Virtual Channel dan Virtual Path

Logical connection (hubungan logika) pada jaringan ATM disebut dengan *virtual channel* (kanal virtual) yang mendasari teknik switching B-ISDN. Virtual channel dibangkitkan diantara dua pemakai yang menggunakan jaringan dimana variable-rate, full-duplex flow dari sel-sel yang berukuran tetap dikirim melalui hubungan ini. Disamping itu virtual channel juga dipakai untuk user-network exchange (kontrol pensinyalan) dan network-network exchange (manajemen jaringan dan routing).

Virtual path merupakan kumpulan virtual channel yang terdapat pada endpoint yang sama seperti pada gambar 3.3. Seluruh sel-sel yang mengalir melalui semua virtual channel pada sebuah virtual path dihubungkan secara bersama-sama. Pada dasarnya penggunaan virtual channel mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya :

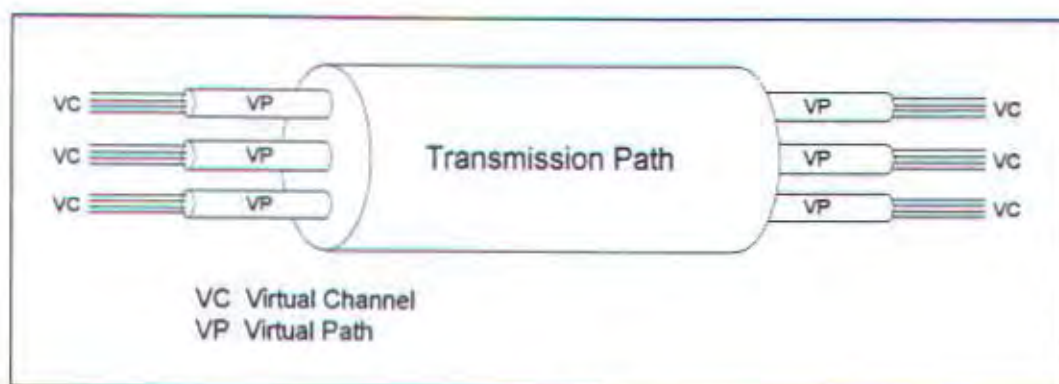
- Arsitektur jaringan menjadi lebih sederhana. Hal ini disebabkan karena fungsi-fungsi transportasi jaringan dapat dipisahkan ke dalam virtual channel (hubungan logika secara individu) dan virtual path (kelompok dari hubungan logika).
- Memperkecil proses dan mempersingkat waktu pembangkitan hubungan. Dengan melakukan penyimpanan terhadap kapasitas virtual path connection sebagai antisipasi terhadap kedatangan sel-sel berikutnya, dapat ditetapkan hubungan virtual baru dengan melakukan fungsi-fungsi kontrol yang sederhana pada

endpoint dari virtual path connection. Sehingga tidak diperlukan adanya pengolahan panggilan (call processing) pada node-node persinggahan (transit).

3.2.2 Struktur Sel ATM

Dalam rekomendasi I.361 dijelaskan tentang struktur sel ATM secara detail. Ditetapkan oleh CCITT bahwa struktur sel ATM terdiri atas 48 byte pada field informasi dan 5 byte pada field header. Tiap byte (octet) dikirim secara berurutan dari nomor 1 hingga nomor 53 (orde naik), dimulai dari octet pertama pada header. Dalam sebuah field (octet) dari sel ATM, bit yang pertama dikirim adalah bit yang paling besar (Most Significant Bit = MSB), yaitu bit 8 (orde turun). Hal itu berlaku untuk semua field (octet) dari sel ATM. Struktur sel ATM diperlihatkan pada gambar 3.4.

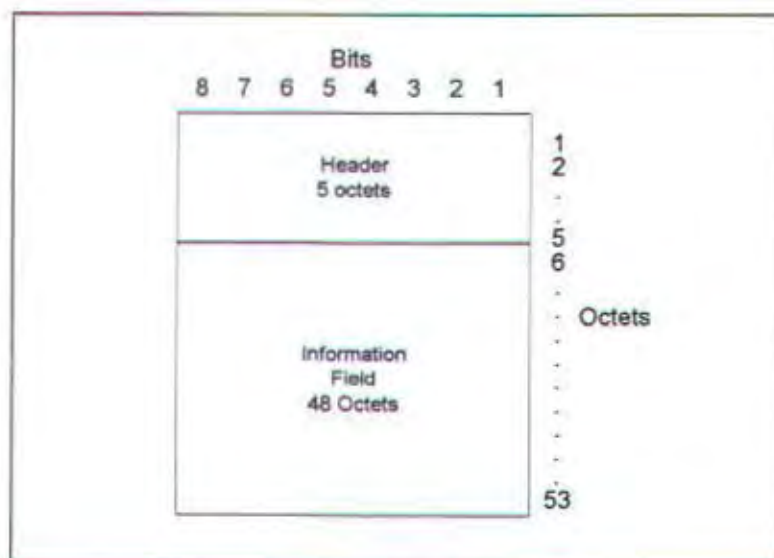
Struktur sel ATM untuk hubungan User-Network Interface (UNI) berbeda dengan struktur sel untuk hubungan Network-Node Interface (NNI) seperti diperlihatkan pada gambar 3.5.



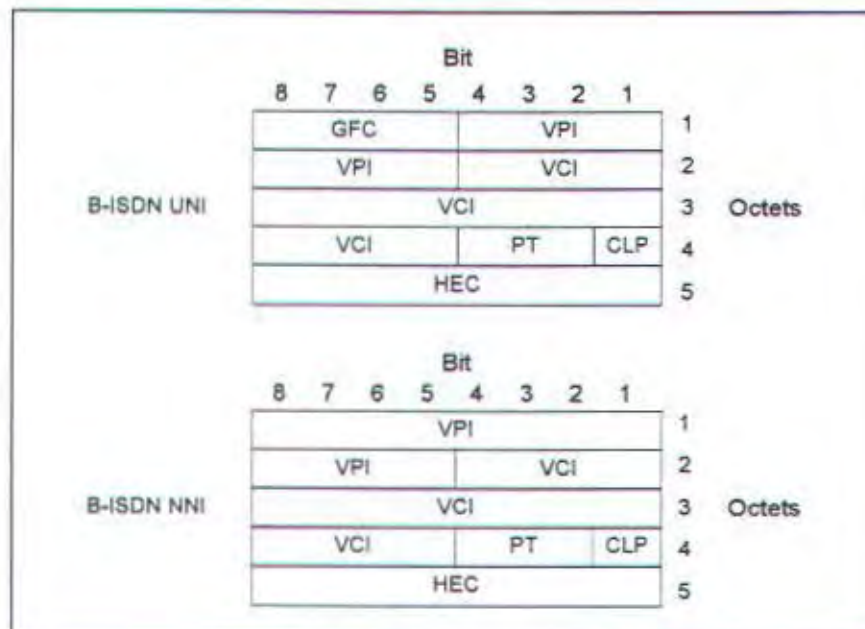
Gambar 3.3³⁾

HUBUNGAN KONEKSI ATM

³⁾ Händel Rainer, Huber Manfred N., Schröder Stefan, "ATM NETWORKS", Addison-Wheesley Publishing Company, 1994, hal 24

Gambar 3.4⁴⁾

STRUKTUR SEL ATM

Gambar 3.5⁵⁾

STRUKTUR HEADER SEL ATM PADA UNI DAN NNI

4) de prycker Martin, "ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE : Solution for Broadband ISDN", Ellis Horwood Ltd, 1993, hal 125

5) Handel, Op.cit, hal 90

Perbedaan struktur header pada UNI dan pada NNI ialah field pertama headernya. Pada UNI, field pertama headernya berisi Generic Flow Control (GFC) yang terdiri dari 4 bit, nilai bit-bit tersebut belum didefinisikan oleh CCITT (berharga 0000). Dalam rekomendasi I.150 disebutkan bahwa GFC membantu pengontrolan trafik pada UNI baik hubungan point-to-point maupun point-to-multipoint.

Pada NNI tidak ada field yang berisi GFC dan di bagian itu digunakan untuk field VPI sehingga field VPI terdiri dari 12 bit, sedangkan pada UNI terdiri dari 8 bit. Selbihnya struktur header pada UNI dan NNI sama. Berikut adalah keterangan tiap field pada header.

- a. **GFC (Generic Flow Control)**. GFC terdiri dari 4 bit dan hanya terdapat pada header UNI. GFC digunakan untuk mengontrol aliran data (trafik) pada hubungan end-to-end. Aplikasinya secara mendetail masih dalam studi lanjut.
- b. **VPI (Virtual Path Identifier)**. Pada UNI, VPI terdiri dari 8 bit sedangkan pada NNI terdiri dari 12 bit. VPI digunakan untuk routing sel pada jaringan dan menunjukkan virtual path dari sel tersebut.
- c. **VCI (Virtual Channel Identifier)**. VCI terdiri dari 16 bit yang digunakan sebagai routing sel pada jaringan. VCI menunjukkan virtual channel dari sel tersebut.
- d. **PT (Payload Type)**. Payload type terdiri dari 3 bit dan menunjukkan jenis data dari field informasi.
 - Bit pertama (bit0) menunjukkan data pada field informasi merupakan informasi pemakai jaringan atau untuk fungsi OAM.

- Bit1 bernilai 1 berarti telah terjadi kongesti pada lintasan yang dilalui oleh rute sel. Bila berharga 0, berarti tidak terjadi kongesti pada jaringan.
 - Bit2 digunakan oleh lapisan yang lebih tinggi, dimana bila bernilai 1 merupakan akhir sel dari blok-blok data pemakai dan bernilai 0 berarti awal atau pertengahan sel.
- e. **CLP (Cell Loss Priority)**. Field CLP terdiri dari 1 bit dan menunjukkan prioritas dari sel (sel dengan prioritas lebih tinggi atau sel yang akan dibuang bila terjadi kongesti pada jaringan). Nilai 0 pada CLP menunjukkan prioritas lebih tinggi dimana jika terjadi antrian berlebih pada jaringan, sel ini tidak boleh dibuang. Bila CLP bernilai 1, maka sel tersebut dapat dibuang bila terjadi kongesti.
- f. **HEC (Header Error Control)**. HEC terdiri dari 8 bit kode yang digunakan untuk memperbaiki error satu bit pada header dan mendeteksi adanya error pada beberapa bit berurutan. Field ini telah digunakan pada ATM layer tetapi hanya diproses pada physical layer.

Ada beberapa tipe sel yang telah didefinisikan oleh CCITT, yaitu :

1. *Unassigned Cell*. Merupakan sel yang tidak berisi informasi yang berguna. Unassigned cell dikirim jika tidak ada informasi pada pengirim.
2. *Idle Cell*. Seperti unassigned cell, tetapi perbedaannya hanya pada fungsinya. Idle cell hanya ada pada physical layer dan tidak dikirim ke ATM layer, sedangkan unassigned cell ada pada kedua layer.
3. *Meta-signalling Cell*. Merupakan sel yang digunakan untuk negosiasi channel yang akan digunakan untuk signalling VCI dan signalling sumber jaringan.

4. *General Broadcast Signalling Cell*. Merupakan sel yang digunakan untuk membawa informasi yang harus ditransfer secara broadcast ke semua terminal pada UNI.
5. *Physical layer OAM Cell*. Merupakan sel yang digunakan untuk membawa informasi untuk pemeliharaan jaringan yang berhubungan dengan physical layer.

3.2.3 Signalling

Signalling pada jaringan ATM harus mempunyai kemampuan untuk :

- membangun, mempertahankan dan melepas ATM VCC dalam transfer informasi.
- negosiasi (dan mungkin negosiasi kembali) karakteristik trafik dari sambungan.

Pada ATM signalling diberikan ke jaringan melalui kanal signalling khusus dan menempati VC yang terpisah dari VC yang digunakan untuk transmisi data.

Protokol pensinyalan yang digunakan dalam signalling kanal virtual merupakan perbaikan pensinyalan dalam N-ISDN. CCITT telah menetapkan protokol pensinyalan release I, yang menyediakan call-by-call setup untuk sambungan point-to-point. CCITT telah menetapkan release 2/3 sebagai perbaikan untuk pensinyalan ini, dimana fungsinya akan melakukan point-to-multipoint dan multiconnection call.

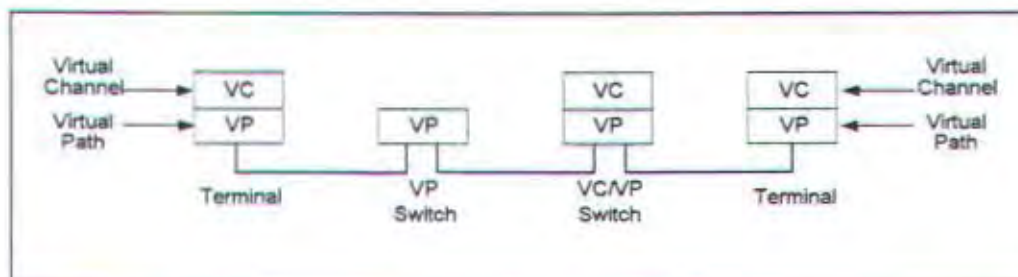
Untuk konfigurasi point-to-point pada UNI, terbentuk kanal pensinyalan yang belum ditetapkan (pre-assigned). Untuk konfigurasi point-to-multipoint pada UNI, dimana banyak terminal akan disambungkan dengan interface tunggal S_B melalui media yang digunakan secara bersama, signalling kanal virtual majemuk (paling sedikit satu buah signal untuk tiap terminal) dapat ditentukan melalui channel meta-signalling. Channel meta-signalling ini ditransport melalui sebuah pre-assigned

VCI/VPI yang ditetapkan pada UNI. Prosedur meta-signalling membentuk negosiasi VCI/VPI dan memerlukan throughput untuk signalling pada sebuah terminal.

3.2.4 Routing

Nilai header pada ATM ditentukan untuk masing-masing bagian hubungan dan diterjemahkan pada saat terhubung dari satu bagian ke bagian yang lain. Pensinyalan dan informasi user dibawa dengan virtual channel yang terpisah.

Penyambungan dapat dilakukan dengan virtual channel connection (VCC) maupun virtual path connection (VPC). Sebuah VPC dapat dianggap sebagai kumpulan dari VCC-VCC. Saat switching/multipleksing pada sel sedang dibentuk, pertamakali harus dilakukan berdasar pada VPC, kemudian pada VCC. Hal ini ditunjukkan pada gambar 3.6. Pada gambar tersebut terlihat ada bagian yang hanya membentuk VP switching dan bagian yang lain membentuk VP dan VC switching, karena VP switching mungkin saja idle.



Gambar 3.6⁶⁾

SAMBUNGAN VC DAN VP PADA ATM

⁶⁾ ibid, hal. 105

3.2.5 Quality of Service (QoS)

Setiap koneksi kanal virtual mempunyai karakteristik quality-of-service yang diberikan yang berhubungan dengannya. QoS ini menunjukkan bandwidth rata-rata dan puncak maksimum yang diijinkan. Pada situasi kelebihan beban yang serius, dimana jaringan tidak dapat memperbaiki dari keadaan kelebihan beban dengan membuang sel-sel yang ditandai dengan prioritas rendah, jaringan dapat memilih sel-sel yang mana yang dapat dibuang tergantung dari karakteristik QoS pada VC tersebut.

Parameter QoS yang ditentukan oleh ITU-T adalah sebagai berikut :

- Delay transfer sel (Network latency)
- Variasi delay sel (Jitter)
- Kapasitas transfer sel (laju kecepatan rata-rata dan puncak yang diijinkan)
- Rasio kesalahan sel (Cell Error Ratio)
- Rasio kehilangan sel (Cell Loss Ratio)
- Laju kesalahan pengiriman sel (Cell Misinsertion Rate)

VP juga mempunyai QoS yang berhubungan dengannya. VC-VC di dalam VP mungkin mempunyai QoS yang lebih rendah dari VP tapi tidak mungkin lebih tinggi dari VP.

3.2.6 Prinsip Operasi dan Pemeliharaan

Prinsip fungsi operasi dan pemeliharaan jaringan yang terkontrol melalui pengawasan, pengetesan dan memonitor unjuk kerja (performance) jaringan agar usaha untuk mencegah atau memperbaiki kesalahan dapat ditekan seminim mungkin.

Fungsi pemeliharaan dijelaskan dalam rekomendasi I.60 mengenai prinsip operasi dan pemeliharaan untuk B-ISDN.

Fungsi yang dilaksanakan untuk pemeliharaan jaringan diantaranya :

- *Memonitor unjuk kerja (performance)*. Informasi mengenai unjuk kerja jaringan dikirim melalui saluran tertentu untuk fungsi pemeliharaan, sehingga informasi tersebut dapat digunakan untuk evaluasi, kontrol kualitas atau pencegahan kesalahan.
- *Deteksi kesalahan dan kerusakan*. Dengan memeriksa secara periodik atau kontinyu fungsi-fungsinya, kesalahan akan dapat diketahui.
- *Proteksi sistem*. Jika terjadi kesalahan, bagian yang mengalami kesalahan dapat dinonaktifkan dari operasi yang dilakukan sehingga memperkecil efek kesalahan yang terjadi.
- *Informasi kesalahan atau informasi unjuk kerja*. Informasi ini digunakan untuk proteksi sistem dan juga untuk informasi ke seluruh bagian jaringan bahwa telah terjadi kesalahan.
- *Lokasi kesalahan*. Kesalahan dialokasikan dan dilakukan dengan pengetesan sistem, baik secara internal maupun eksternal.

Operasi dan pemeliharaan jaringan pada jaringan ATM disusun dalam bentuk layer. Ada lima level hirarki fisik untuk operasi dan pemeliharaan jaringan yang disusun berdasarkan aliran informasi seperti ditunjukkan pada gambar 3.7. Pada gambar tersebut terdapat dua level yang didefinisikan ke dalam ATM layer dan tiga level ke dalam physical layer.

Gambar 3.7⁷⁾

HIRARKI LEVEL OAM

Kelima level tersebut adalah :

- **Virtual Channel (F5).** Kedua endpoint melakukan fungsi terminasi VCI untuk sebuah hubungan B-ISDN yang tersusun dari beberapa *virtual path*. Fungsi OAM dilakukan pada sebuah level VCI dan mungkin memberikan input untuk satu atau beberapa fungsi OAM di atas. Misalnya untuk melakukan monitoring unjuk kerja pada level VCI dengan menggunakan bit PT (Payload Type) dari sel header.
- **Virtual Path (F4).** Kedua endpoint melakukan fungsi terminasi VPI untuk sebuah hubungan B-ISDN yang tersusun dari beberapa *transmission path*. Di samping itu, satu atau beberapa dari kelima fungsi OAM sangat mungkin dibutuhkan dalam *virtual maintenance*.
- **Transmission Path (F3).** Kedua endpoint melakukan penyatuan dan pemisahan payload dan fungsi OAM dari sebuah sistem transmisi. Karena sel harus dikenal pada sebuah transmission path untuk diambil sel OAM, fungsi *cell delineation* dan

⁷⁾ Ibid, hal. 141

HEC dibutuhkan pada titik penghentian dari tiap transmission path. Sebuah transmission path disusun dari beberapa digital section.

- **Digital Section (F2).** Kedua endpoint merupakan bagian titik terminasi. Digital section terdiri dari maintenance entity yang mampu mentransportasikan informasi OAM dari digital section yang berdekatan.
- **Regenerator section (F1).** Bagian ini merupakan pengenalan entity fisik terkecil untuk OAM dari digital section dan terletak diantara repeater.

Fungsi OAM dialokasikan untuk layer management dari model referensi protokol B-ISDN. Fungsi OAM harus disediakan pada tiap lapisan dan berhubungan dengan level OAM yang tidak bergantung dari fungsi OAM.

Mekanisme aliran informasi untuk operasi dan pemeliharaan jaringan pada tiap layer adalah :

1. **Physical layer.** Pada layer ini informasi operasi dan pemeliharaan jaringan tergantung dari sistem transmisi. Pada SDH, byte khusus SOH (section overhead) dan POH (path overhead) membawa kode pengukuran kesalahan pada saat transportasi data. Pada transmisi yang berdasarkan sel-sel ATM, operasi dan pemeliharaan jaringan dijalankan oleh sel khusus yang disebut PLOAM (physical layer operation and maintenance). Sel-sel ini hanya ada pada physical layer dan tidak ditemukan pada ATM layer.
2. **ATM layer.** Pada ATM layer terdapat sel-sel khusus yang digunakan untuk menjalankan fungsi pemeliharaan pada virtual channel dan virtual path. Sel-sel tersebut dapat membawa informasi operasi dan pemeliharaan jaringan.

3.3 Karakteristik ATM

Jaringan ATM mempunyai beberapa karakteristik umum, diantaranya :

1. *Tidak terdapat proteksi/koreksi error atau tidak ada flow control pada tiap link.*

Apabila terjadi kesalahan atau *overload* pada link antara pemakai dengan jaringan selama transmisi paket yang menyebabkan kehilangan paket, jaringan tidak akan memberikan tindakan khusus untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi.

Proteksi error dapat diabaikan karena link dalam jaringan memiliki kualitas yang tinggi (*bit error rate* yang rendah) karena menggunakan jaringan serat optik.

Walaupun tidak terdapat proteksi error dan *flow control* dalam jaringan, dengan mengalokasikan sumber daya jaringan dan pengaturan besarnya antrian dalam jaringan, maka antrian yang berlebihan yang dapat menyebabkan hilangnya data dapat dicegah. Walaupun demikian, beberapa kesalahan dapat terjadi pada jaringan ATM yaitu *error bit*, *packet loss* (kehilangan paket) dan *packet insertion* (kesalahan rute paket). Kesalahan transmisi (*bit error* dan *burst error*) biasanya disebabkan oleh adanya noise, proteksi pada switching dan hilangnya sinkronisasi. Pada ATM, tindakan pencegahan yang dilakukan untuk menghindari terjadinya *packet loss* dan *packet insertion* adalah dengan cara mengalokasikan dan memeriksa sumber daya jaringan sebelum hubungan dibuat.

2. *ATM beroperasi dengan sistem connection-oriented.* Maksud dari *connection-oriented* yaitu sebelum informasi dikirim dari terminal ke jaringan, lebih dahulu diadakan pemesanan sumber daya jaringan untuk membentuk *logical/virtual connection* yang disebut *logical/virtual connection setup phase*. Jika tidak ada fasilitas jaringan yang dapat digunakan, maka permintaan langsung ditolak dan

hubungan tidak dapat dilakukan. Sifat ini menjamin kemungkinan kehilangan paket yang sangat kecil.

3. *Pengurangan fungsi header.* Untuk menangani pemrosesan yang cepat dalam jaringan (140 hingga 600 Mbit/s), maka header cell ATM memiliki fungsi yang sangat terbatas. Fungsi utamanya adalah mengidentifikasi virtual connection yang dilakukan pada saat pembangunan hubungan (call setup) sehingga tiap paket berjalan sesuai dengan rutanya. Header ini juga memungkinkan multiplexing beberapa virtual connection yang berbeda-beda pada single link. Jika terjadi error pada header, akan dapat menyebabkan terjadinya kesalahan rute pada paket tersebut dan akan mengakibatkan error multiplication, dimana satu bit pada header mengalami error. Dan akibatnya sejumlah bit yang berurutan juga akan mengalami kesalahan, sehingga paket yang dikirim hilang.

Untuk menghindari terjadinya error multiplication, maka pada header ditambahkan bit yang berfungsi untuk pendeteksian dan pengoreksian jika error terjadi.

Mekanisme tersebut disebut dengan *header error control* (HEC).

4. *Panjang field informasi relatif kecil.* Untuk mengurangi panjang internal buffer pada switching node dan membatasi delay antrian pada internal buffer, maka field informasi dibuat relatif kecil. Sehingga, buffer dan delay yang digunakan semakin kecil sehingga dapat menangani layanan yang membutuhkan proses real time.
5. *Transmisinya berbasis cell dengan panjang yang tetap.* Berbeda dengan X.25 dan frame relay yang memiliki panjang paket yang bervariasi. ATM menggunakan cell dengan panjang yang tetap sebesar 53 byte terdiri dari 5 byte header dan 48 byte informasi.

6. *Dapat mentransmisikan berbagai macam layanan yaitu voice, data dan video dalam satu jaringan yang sama.*
7. *Fleksibel dalam alokasi bandwidth, yaitu dapat menangani layanan dengan bit rate rendah seperti telepon hingga bit rate tinggi seperti aplikasi CAD/CAM dan video on demand.*

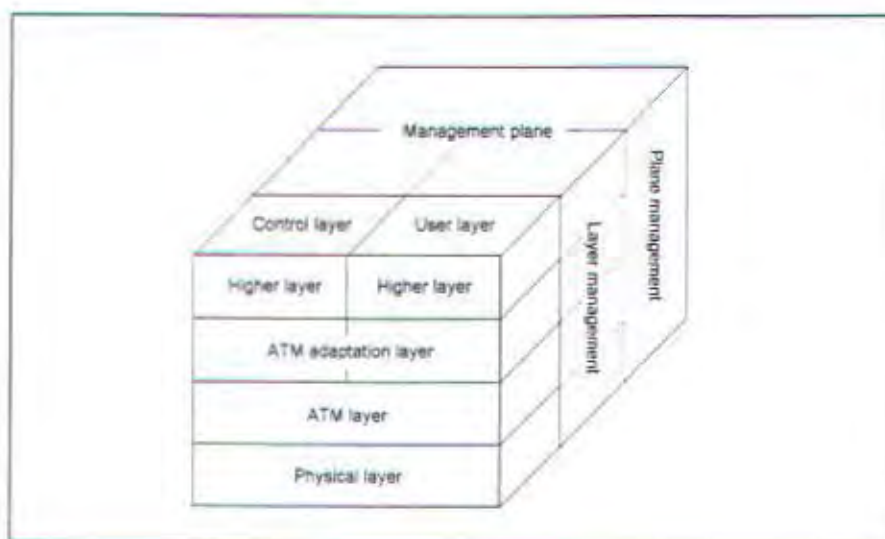
3.4 Layer Pada ATM

Model Open System Interconnection (OSI) yang ditetapkan oleh ISO (International Standard Organization) merupakan model yang sukses digunakan sebagai model untuk semua jenis sistem komunikasi. Struktur model OSI terbagi dalam bentuk layer-layer yang terdiri atas tujuh layer. Struktur yang mirip dengan model OSI digunakan pada jaringan ATM untuk B-ISDN seperti yang ditetapkan dalam rekomendasi CCITT I.321. Pada rekomendasi tersebut tidak dijelaskan hubungan antara model layer pada ATM dengan model layer pada OSI.

Model tersebut juga akan menggunakan konsep plane terpisah untuk pemisahan fungsi user, kontrol dan manajemen. Pendekatan plane ini telah digunakan pada NISDN dan dijelaskan dalam rekomendasi CCITT I.320 yang berisi tentang ISDN Protocol ReferenceModel (PRM)

Model protokol B-ISDN untuk ATM dapat dilihat pada gambar 3.8, dimana model protokol untuk ATM terdiri dari tiga bidang yaitu : user plane, control plane dan management plane.

- **User plane**, melayani pengiriman informasi dan semua mekanisme yang berkaitan dengannya seperti kontrol aliran dan perbaikan error termasuk di dalamnya.



Gambar 3.8⁸⁾

MODEL REFERENSI PROTOKOL B-ISDN

- **Control plane**, menggunakan struktur lapisan seperti pada user plane. Bagian ini menangani kontrol panggilan dan kontrol hubungan yang dilakukan melalui signalling. Fungsi-fungsi pada physical layer dan ATM layer sama untuk control dan user plane, namun berbeda untuk ATM adaptation layer dan lapisan-lapisan di atasnya.
- **Management plane**, terdiri atas dua fungsi yaitu fungsi *layer management* dan fungsi *plane management*. Plane management menangani semua fungsi manajemen yang berkaitan dengan keseluruhan sistem. Tugasnya adalah menyediakan koordinasi antar plane dan tidak terdapat struktur lapisan di dalamnya. Sedangkan layer management memiliki struktur lapisan dan melakukan fungsi manajemen fasilitas dan parameter yang ada pada setiap protokol. Pada setiap lapisan, layer management menangani aliran informasi OAM.

⁸⁾ Händel Rainer, Huber Manfred N., Schröder Stefan, Op.cit, hal.59

Berdasarkan CCITT, layer-layer tersebut dapat dipisahkan lagi menjadi 3 layer yang telah ditentukan, yaitu :

- **Physical Layer**, digunakan untuk mendefinisikan interface-interface fisik dan framing untuk protokol.
- **ATM Layer**, digunakan untuk mendefinisikan struktur sel, multipleksing/demultipleksing dan translasi VPI/VCI.
- **ATM Adaption Layer (AAL)**, merupakan lapisan adaptasi antara unit-unit informasi dari lapisan yang lebih di atas dengan ATM cell yang panjangnya tetap.

Ketiga lapisan ini dapat dibagi-bagi atas sub lapisan dengan fungsi masing-masing sub lapisan diperlihatkan pada gambar 3.9

Convergence	CS	AAL		
Segmentation and reassembly	SAR			
Generic flow control				
Cell VPI/VCI translation		ATM	CS	Convergence Sublayer
Cell multiplex and demultiplex			SAR	Segmentation and Reassembly
Cell rate decoupling			TC	Transmission Convergence
HEC header sequence generation/verification				
Cell delineation	TC			
Transmission frame adaptation			PM	Physical Medium
Transmission frame generation/recovery				
Bit timing				
Physical Medium	PM			

Gambar 3.9⁹⁾

FUNGSI DARI SUBLAYER PROTOCOL REFERENCE MODEL

⁹⁾ De Prycker Martin, Op-cit, hal 113

3.4.1 Physical Layer

Dalam rekomendasi I.432, physical layer dibagi menjadi dua sub layer, yaitu *physical medium sublayer* (PM) dan *transmission convergence sublayer* (TC).

3.4.1.1 Physical Medium Sublayer

Sub layer ini bertanggung jawab atas proses transmisi dan penerimaan bit-bit pada medium transmisi yang digunakan. Sehingga sublayer ini sangat tergantung dari medium transmisi/physical medium.

Sub layer ini juga harus menjamin timing bit yang tepat pada penerima, sehingga tidak terjadi kesalahan pada penerimaan data. Oleh karena itu dibutuhkan penambahan informasi mengenai timing bit.

Karakteristik antar muka pada physical medium adalah bit rate yang besarnya 155,520 Mbps dan antar muka simetris yang mempunyai bit rate yang sama pada kedua arah transmisi. Karakteristik fisik yang dapat berupa antar muka elektrik dan antar muka optik. Media transmisi untuk antar muka elektrik berupa dua kabel koaksial, satu untuk tiap tujuan. Konfigurasi pemasangan kawatnya adalah point-to-point. Sedangkan media transmisi untuk antar muka optik berupa media optik (seperti single mode fiber, multi mode fiber).

3.4.1.2 Transmission Convergence Sublayer

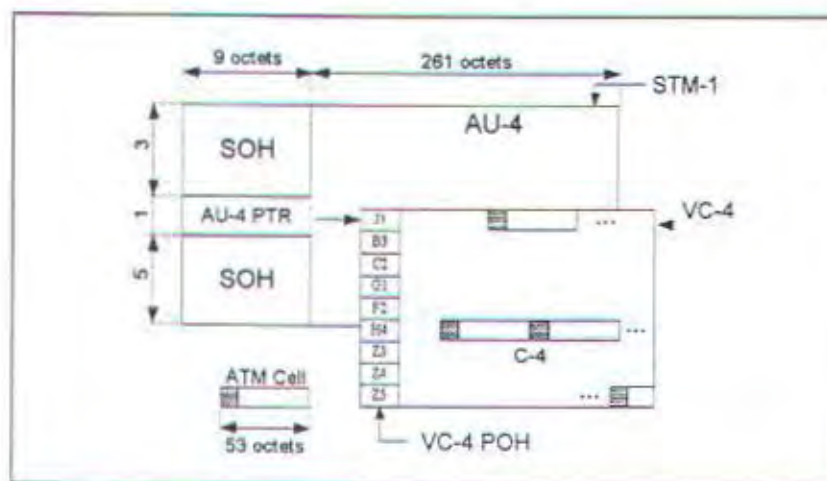
Pada sublayer ini bit-bit sudah diterima dengan baik karena sudah melalui physical medium sublayer. Fungsi utama yang dijalankan oleh sublayer ini yaitu : adaptasi frame transmisi, *cell rate decoupling*, *header error control* (HEC), *cell delineation*.

3.4.1.2.1 Adaptasi Frame Transmisi

Yaitu penyesuaian bit-bit yang diterima terhadap sistem transmisi.

- *Interface berdasarkan SDH.* Pada interface ini, sel-sel ATM ditransportasikan dalam sebuah frame SDH. Struktur frame transmisi yang direkomendasikan oleh CCITT G.709 ditunjukkan pada gambar 3.10. Pada struktur frame tersebut, byte-byte disusun menjadi 9 baris dan 270 kolom. Frekuensi pengulangan frame adalah 8 kHz ($9 \times 270 \text{ byte} \times 8 \text{ kHz} = 155,520 \text{ Mbit/s}$). Sembilan kolom pertama terdiri dari section overhead (SOH) dan AU-4 pointer, sedangkan 9 byte kolom lainnya disendirikan untuk path overhead (POH).

Pada gambar dilukiskan sel-sel ATM yang dibawa oleh frame STM-1. Pertama, aliran sel ATM dipetakan ke dalam C-4, kemudian C-4 dipaket dalam virtual container VC-4 bersama-sama dengan VC-4 POH. Batas-batas sel ATM disatukan dengan batas-batas byte dari frame.



Gambar 3.10¹⁰⁾

STRUKTUR FRAME TRANSMISI SDH

¹⁰⁾ Ibid, hal 118

Karena kapasitas untuk informasi dari frame bukan merupakan kelipatan panjang sel ATM (53 byte), maka akan ada sel yang terpotong pada sambungan sel selanjutnya pada frame berikutnya. Virtual container kemudian dipetakan ke dalam frame 9×270 byte yang disebut dengan STM-1. Pada prinsipnya, byte VC-4 pertama dapat ditempatkan di lain tempat dalam frame STM-1 termasuk 9 kolom pertama SOH. AU-4 pointer dari frame STM-1 digunakan untuk mendapatkan/mengetahui byte VC-4 yang pertama. Byte POH J1, B3, C2, G1 dan H4 diaktifkan. Pointer H4 diset pada bagian pengirim untuk menunjukkan sambungan sel selanjutnya pada frame berikutnya.

- *Interface berdasarkan sel.* Interface ini, terdiri dari sel-sel dengan laju yang kontinu. Maksimum spasi antara sel physical layer yang berturut-turut adalah 26 sel ATM layer. Setelah 26 sel ATM layer berdampingan, sebuah sel physical layer dikirimkan untuk menyesuaikan kemampuan transfer kepada laju interface. Bila tidak terdapat sel ATM layer, maka disisipkan sel physical layer. Sel physical layer yang disisipkan dapat berupa idle sel atau sel OAM physical layer, tergantung dari kebutuhan operation and maintenance.

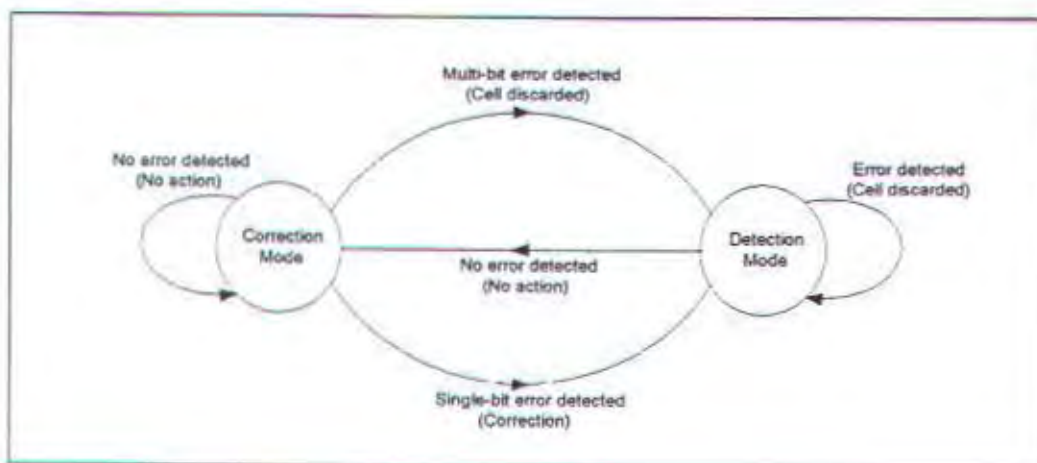
3.4.1.2.2 Cell Rate Decoupling

Bila tidak ada sel unassigned atau sel OAM pada layer physical yang dikirimkan, maka disisipkan idle sel untuk menyesuaikan aliran sel kepada laju bit transmisi. Sel-sel idle tersebut akan dibuang pada bagian penerima. Proses penyisipan dan pembuangan sel-sel idle disebut dengan *cell rate decoupling*.

3.4.1.2.3 Header Error Control (HEC)

Pada arah kirim, fungsi ini menghitung dan menyisipkan HEC sequence ke dalam header. Pada arah terima header dari sel diperiksa, apakah terjadi kesalahan (error) atau tidak. Kesalahan yang mungkin dikoreksi akan diperbaiki dan yang tidak akan dibuang.

Algoritma header error control pada ATM seperti ditunjukkan pada gambar 3.11. Pada keadaan normal, penerima berada pada kondisi mode koreksi (correction mode) yang mendeteksi error bit per bit. Ketika kesalahan bit tunggal terdeteksi maka error langsung diperbaiki, sedangkan jika terjadi kesalahan bit yang berurutan maka sel langsung dibuang. Setelah itu kondisi berubah ke mode deteksi (detection mode). Pada kondisi ini setiap sel dengan error yang terdeteksi langsung dibuang dan apabila tidak ada error lagi penerima akan beralih ke mode koreksi. Pada mode ini jika tidak ada error yang terdeteksi, maka penerima akan tetap pada mode tersebut.



Gambar 3.11¹¹⁾

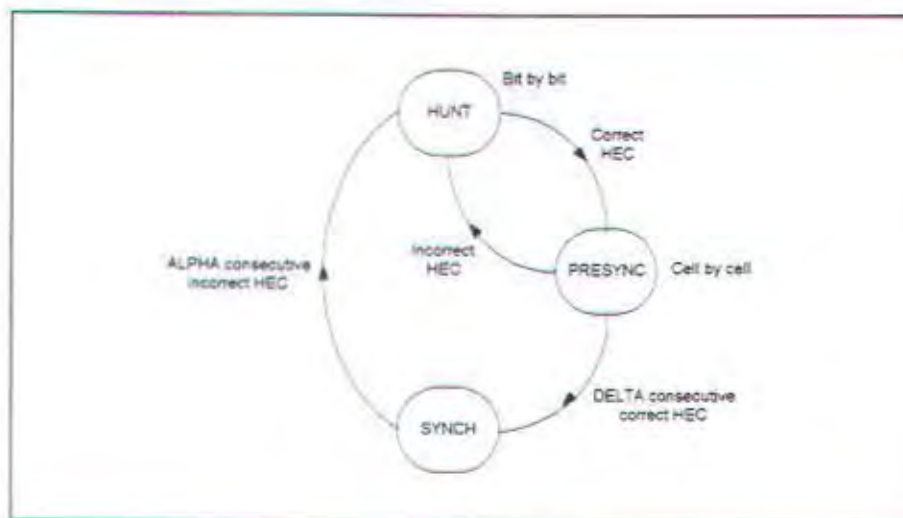
ALGORITMA HEADER ERROR CONTROL

¹¹⁾ Ibid, hal 123

3.4.1.2.4 Cell Delineation

Proses pengenalan sel (cell delineation) yang dilakukan pada sublayer ini dinyatakan dalam rekomendasi I.432. Dalam rekomendasi ini dinyatakan bahwa proses pengenalan sel tidak tergantung pada sistem transmisi yang digunakan dan dapat ditransportasikan pada tiap antar muka jaringan. Mekanisme pengenalan sel didasarkan pada hubungan antara bit-bit pada header dengan bit pada field HEC. State diagram dari proses pengenalan sel ditunjukkan pada gambar 3.12.

Pada keadaan HUNT, terjadi proses pemeriksaan bit-bit HEC dengan cara bit per bit atau byte per byte. Jika bit-bit HEC sudah benar, maka sistem masuk ke keadaan PRESYNC. Pada keadaan ini diasumsikan ada sebuah sel yang dapat dikenali dengan benar. Kemudian field HEC pada sel-sel berikutnya juga diperiksa. Jika ditemukan DELTA kali sel yang benar, maka sistem akan masuk ke keadaan SYNC.



Gambar 3.12¹²⁾

STATE DIAGRAM PROSES PENGENALAN SEL

¹²⁾ ibid, hal 124

Tapi bila ditemukan HEC yang salah sebelum memasuki keadaan SYNC, sistem akan kembali ke keadaan HUNT. Pada keadaan SYNCH, jika ditemukan nilai HEC yang salah sebanyak ALPHA sel berturut-turut, maka sistem kembali ke keadaan HUNT. Oleh CCITT ditetapkan nilai ALPHA = 7 dan DELTA = 6. Nilai ALPHA dan DELTA mempengaruhi unjuk kerja proses pengenalan sel.

3.4.2 ATM Layer

ATM layer tidak tergantung pada media transmisi yang digunakan untuk mentransfer sel-sel ATM. Empat fungsi utama yang dilakukan pada layer ini, yaitu :

- Multipleks dan demultipleks sel-sel pada jalur hubungan-hubungan yang berbeda (diidentifikasi dengan VCI dan/atau VPI yang berbeda).
- Switching VPI dan VCI pada node switching jaringan ATM.
- Pemrosesan header pada sel yang akan dikirim ke adaptation layer dan penambahan header pada sel yang diterima dari adaptation layer.
- Implementasi mekanisme flow control pada interface jaringan pemakai (UNI) yang dinyatakan oleh bit dalam *field generic flow control (GFC)* pada header.

3.4.3 ATM Adaptation Layer

ATM Adaptation Layer (AAL) merupakan layer penghubung antara ATM layer dan layer yang lebih tinggi. Fungsi dasar ATM Adaptation Layer adalah mempertinggi adaptasi dari layanan yang disediakan oleh ATM layer sesuai dengan kebutuhan dari layanan khusus. Layanan tersebut dapat berupa layanan pada pemakai seperti fungsi manajemen dan kontrol (misalnya : signalling) untuk pemakai.

3.4.3.1 Kelas Layanan AAL

ITU-T telah mendefinisikan empat kelas layanan berbeda dari trafik jaringan yang memerlukan penanganan yang berbeda oleh jaringan ATM. Kelas layanan tersebut diklasifikasikan menurut tiga parameter dasar, yaitu:

1. **Time relation.** Parameter ini melihat ada tidaknya hubungan antara sumber dan tujuan. Layanan dengan time relation kadang juga disebut layanan real time.
2. **Bit Rate.** Dilihat apakah layanan yang dimaksud memiliki bit rate yang konstan atau berubah ubah (variabel).
3. **Connection Mode.** Pada parameter ini dilihat apakah layanan yang dimaksud berupa connection-oriented atau connectionless.

Empat kelas yang telah ditentukan tersebut adalah kelas A, kelas B, kelas C dan kelas D seperti ditunjukkan pada gambar 3.13.

- Kelas A merupakan layanan yang mempunyai time relation antara sumber dan tujuan dengan bit rate konstan dan merupakan layanan yang bersifat connection-oriented. Contohnya adalah pengiriman suara 64 kbps pada N-ISDN yang akan ditransportasikan melalui ATM.
- Kelas B merupakan layanan yang memiliki time relation antara sumber dan tujuan dengan bit rate yang berubah-ubah dan merupakan layanan yang connection-oriented. Contohnya transmisi video dan audio dengan bit rate yang berubah-ubah.
- Kelas C merupakan layanan yang tidak mempunyai time relation antara sumber dan tujuan dengan bit rate yang berubah-ubah dan merupakan layanan yang bersifat connection-oriented. Contoh layanan ini adalah signalling dan transfer data yang bersifat connection-oriented.

	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing between source and destination	Required		Not required	
Bit rate	Constant	Variable		
Connection mode	Connection Oriented			Connectionless

Gambar 3.13¹³⁾

PARAMETER DAN KELAS LAYANAN PADA AAL

- Kelas D merupakan layanan yang tidak mempunyai time relation, dengan bit rate yang berubah-ubah dan merupakan layanan yang bersifat connectionless. Contohnya adalah transfer data yang connectionless.

3.4.3.2 Struktur AAL

AAL menyediakan *mapping* PDU dari layer yang lebih tinggi ke dalam field informasi sel dan menyusun kembali PDU-PDU tersebut. Fungsi yang dibentuk oleh AAL tergantung dari keperluan dari layer yang lebih tinggi. Fungsi utamanya adalah untuk mengadaptasikan dan memaksimalkan layanan yang disediakan oleh ATM layer untuk layer yang lebih tinggi. Fungsi utama tersebut diorganisir oleh dua sublayer, yaitu segmentation and reassembly sublayer (SAR) dan convergence sublayer (CS).

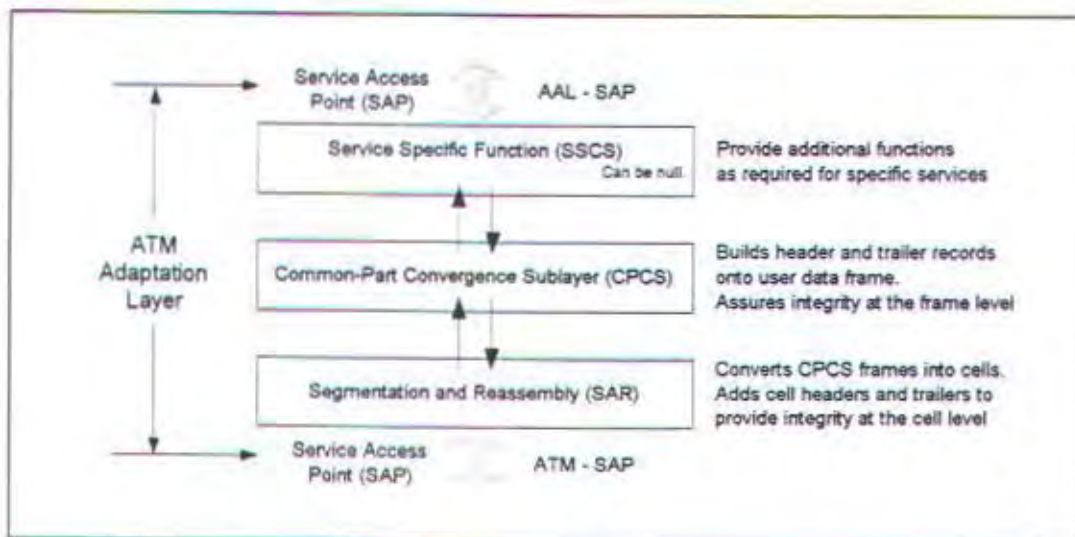
Terdapat lima macam AAL yang berbeda yang bersesuaian dengan kelas layanan yang disebutkan diatas, yaitu : AAL-0, AAL-1, AAL-2, AAL-3/4 dan AAL-5.

¹³⁾ Ibid, hal. 129

- AAL-0, tidak melakukan fungsi AAL apapun pada data yang dilewatkan padanya.
- AAL-1 menyediakan fungsi untuk kelas layanan A.
- AAL-2 menyediakan fungsi yang diperlukan untuk kelas layanan B dengan bit rate yang variabel.
- AAL-3/4 menyediakan layanan untuk kelas C dan D.
- AAL-5 menyediakan fungsi untuk kelas C dan D, tapi jauh lebih sederhana (dan juga dengan fungsi yang lebih sedikit)

Struktur logika internal dari AAL-3/4 dan AAL-5 ditunjukkan pada gambar 3.14. AAL-1 mempunyai struktur yang jauh lebih sederhana, tetapi mempunyai prinsip yang sama.

Sedangkan aliran data melalui AAL ditunjukkan oleh gambar 3.17. Penjelasan untuk gambar 3.17 tersebut berhubungan dengan gambar 3.14 di bawah ini.



Gambar 3.14¹⁴⁾

STRUKTUR SUBLAYER PADA AAL 3/4 DAN AAL-5

¹⁴⁾ Dutton Harry J.R., Op-cit, hal 3-6

Proses penamaan yang dilakukan pada data yang diproses adalah berdasarkan cara-cara dibawah ini :

- Sebuah frame data user yang ditujukan pada AAL yang berada pada service access unit (SAP), disebut dengan :
 - AAL-SDU (unit data layanan yang akan diproses oleh AAL)
 - SSCS-SDU (unit data layanan yang akan diproses oleh SSCS sublayer)
 - CPCS-SDU (bila tidak ada sublayer SSCS, maka unit data akan diproses oleh sublayer CPCS)
- Setelah sublayer CPCS selesai memprosesnya, unit data hasil disebut dengan CPCS-PDU. Sekarang data tersebut merupakan Protocol Data Unit karena mengandung informasi protokol dari sublayer yang disebutnya.
- Lalu data dilewatkan pada sublayer Segmentation and Reassembly (SAR) dan namanya seketika berubah menjadi SAR-SDU. Walaupun data itu mengandung informasi protokol yang bermanfaat untuk CPCS, tapi bagi SAR hanya merupakan data dan sebab itu dilihat sebagai SDU. Jadi sebenarnya CPCS-PDU adalah persis sama dengan SAR-SDU.
- Setelah proses yang dilakukan SAR selesai, unit data itu (yang mungkin berjumlah banyak) disebut dengan SAR-PDU.
- Kemudian data dilewatkan pada ATM layer sehingga data itu disebut dengan ATM-SDU. Kemudian data memperoleh header yang ditambahkan dan disebut dengan ATM-PDU atau sel.

3.4.3.3 Tipe AAL

Dalam rekomendasi I.363 dijelaskan mengenai protokol SAR dan CS pada kelas-kelas yang telah disebutkan sebelumnya. Ada lima tipe protokol yang telah ditetapkan dan diberi nama, yaitu : AAL-0, AAL-1, AAL-2, AAL-3/4, dan AAL-5.

3.4.3.3.1 AAL-0

Pada AAL ini, tidak ada fungsi yang diperlukan dan isi field dari sel informasi secara langsung dan transparan dikirimkan ke layer yang lebih tinggi. AAL ini berhubungan dengan proses yang menghubungkan antarmuka layanan AAL secara langsung pada layanan networking ATM.

3.4.3.3.2 AAL-1

AAL-1 merupakan protokol yang berkaitan dengan kelas A untuk layanan constant bit rate (CBR). Fungsi AAL ini adalah menerima/mengirimkan SDU (Service Data Unit) dengan laju bit yang konstan dari/ke lapisan di atasnya. Disamping itu, AAL-1 mengirimkan timing information antara sumber dan tujuan. Selain itu juga memberikan informasi kehilangan atau kesalahan yang dikirim ke layer yang lebih tinggi jika kesalahan itu tidak dapat diperbaiki di dalam AAL.

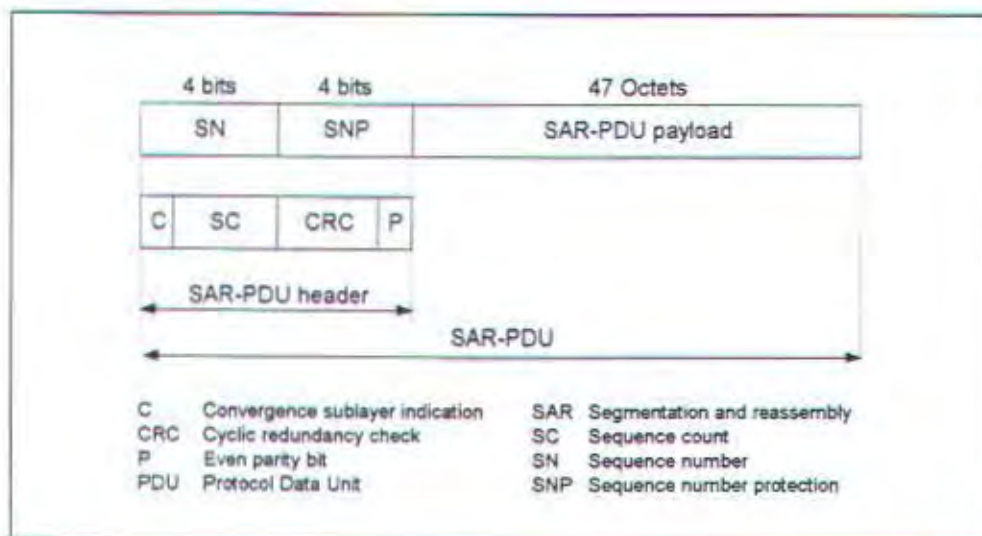
Fungsi SAR sublayer AAL-1 membagi/membuat bagian CS-PDU dan menambahkan header untuk membentuk SAR-PDU dan mengirimkannya ke ATM layer dan pada kebalikannya, memproses SAR-PDU untuk memperoleh kembali CS-PDU.

SAR-PDU terdiri dari 48 byte. Pada byte pertama dipakai sebagai header SAR-PDU dan 47 byte sebagai blok SAR-PDU payload. Header SAR-PDU berisi

PCI (Protocol Control Information) yang dibagi menjadi 4 bit sequence number (SN) yang termasuk di dalamnya 1 bit convergence sublayer indication (CSI) dan 4 bit sequence number protection (SNP). CSI digunakan untuk maksud khusus seperti menyatakan keberadaan fungsi CS. Penggunaan dari indikasi ini adalah optional. SNP berfungsi untuk mengoreksi dan mendeteksi kesalahan bit. Formatnya ditunjukkan oleh gambar 3.15.

Convergence sublayer mempunyai fungsi utama membentuk pulsa clock pada penerima berdasarkan sel-sel yang diterima. Fungsi-fungsi khususnya, adalah :

- Layanan audio dan video berkualitas tinggi dengan laju bit konstan. Layanan ini membutuhkan sebuah kode untuk koreksi kesalahan di field informasi (payload).
- Layanan suara (voice). Untuk layanan ini, CS tidak perlu menambahkan field tertentu pada SAR-PDU.



Gambar 3.15¹⁵⁾

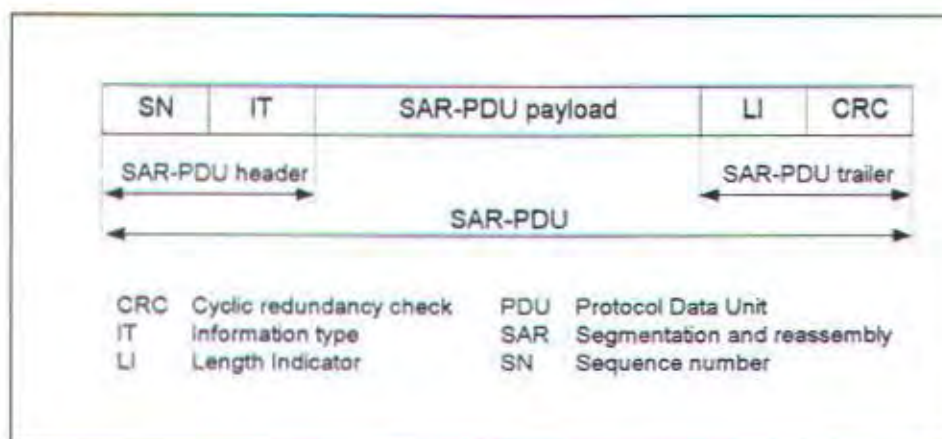
FORMAT SAR-PDU UNTUK AAL TYPE 1

¹⁵⁾ Händel Rainer, Op-cit, hal. 100

3.4.3.3.3 AAL-2

AAL-2 mendukung layanan kelas B dimana informasi yang ditransfer memiliki laju bit yang berubah-ubah (VBR) dengan time relation antara sumber dan tujuan. Oleh karena itu ada kemungkinan sel yang dibentuk tidak sepenuhnya terisi, sehingga diperlukan fungsi tambahan pada proses pembagian menjadi sel dan pembentukan kembali (*segmentation and reassembly*).

Fungsi SAR sublayer AAL-2 adalah memuat bagian CS-PDU yang berubah-ubah yang diterima dari CS dan menambahkan header dan trailer untuk membuat SAR-PDU dan mengirimkannya ke ATM layer. Pada proses kebalikannya, SAR menyatukan kembali SAR-PDU dan memperoleh kembali CS-PDU. Struktur field informasi yang dibentuk SAR sublayer untuk AAL-2 adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.16.



Gambar 3.16¹⁶⁾

FORMAT SAR-PDU UNTUK AAL TYPE 2

¹⁶⁾ De Prycker, Op.cit, hal. 133

Field sequence number (SN) berisi nomor urutan sel sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi sel yang hilang atau salah rute yang kemudian dapat diperbaiki. Field information type (IT) berisi kode mengenai isi informasi dari sel yaitu awal pesan (beginning of message=BOM), lanjutan pesan (continuation of message=COM), atau akhir pesan (end of message=EOM) atau informasi lainnya. Pesan merupakan bagian dari informasi yang didefinisikan oleh CS yang panjangnya mungkin berbeda-beda.

Field length indikator (LI) menunjukkan jumlah byte yang berguna, pada sel yang hanya terisi sebagian (partially filled). Field cyclic redundancy check (CRC) digunakan untuk mengoreksi apabila terjadi error pada SAR-PDU. Pengkodean dan panjang tiap field belum ditetapkan oleh CCITT dan masih dalam studi.

CS melaksanakan fungsi-fungsi sebagai pembentuk pulsa clock dengan menyelipkan dan memproses informasi waktu, menangani sel yang hilang atau salah rute serta mengoreksi kesalahan untuk layanan audio dan video.

3.4.3.3.4 AAL - 3/4

Sebenarnya AAL-3/4 ini terpisah menjadi AAL-3 yang berkaitan dengan kelas C untuk layanan yang bersifat connection-oriented dan AAL-4 yang berkaitan dengan kelas D untuk layanan yang bersifat connectionless. Kedua tipe tersebut digunakan untuk layanan transfer data dengan bit rate yang berubah-ubah. Dalam prakteknya, perbedaan framing untuk protokol connection-oriented dan protokol connectionless sedikit sekali, sehingga kedua protokol tersebut disatukan menjadi AAL 3/4.

Kesamaan antara kedua protokol tersebut terletak pada sublayer SAR dan sublayer common part convergence (CPCS) yang merupakan bagian bawah dari CS.

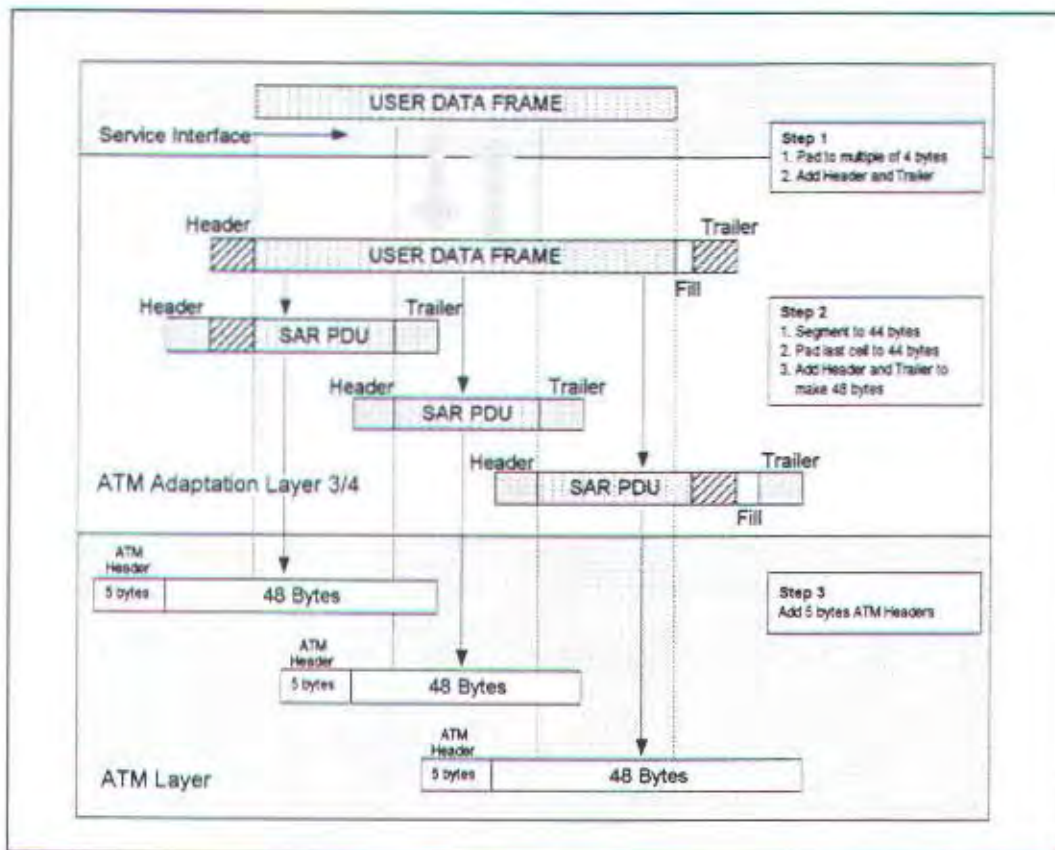
Layer AAL tidak mempunyai semua fungsi-fungsi yang dibutuhkan untuk mendukung layanan connectionless, karena fungsi-fungsi seperti routing dan pengalamatan jaringan dilakukan pada layer network.

Ada dua mode untuk protokol AAL - 3/4 ini, yaitu message mode dan stream mode. Pada message mode, layanan ini melakukan transportasi AAL-SDU tunggal yang mempunyai ukuran tetap atau variabel ke dalam satu atau lebih CS-PDU yang akan menghasilkan satu atau lebih SAR-PDU. Sedangkan stream mode melakukan transportasi satu atau lebih AAL-SDU yang mempunyai ukuran tetap ke dalam satu CS-PDU. AAL-SDU yang ditransfer mungkin berukuran 1 byte dan selalu dikirim dengan satu unit, sebab hanya unit ini yang akan dikenal pada aplikasi (satu SAR-SDU berisi paling banyak satu AAL-SDU).

Dua mode layanan di atas menyediakan *assured operation* dan *non-assured operation*. *Assured operation* adalah mode operasi dimana setiap/semua SDU dikirim tanpa ada modifikasi/perubahan yang disebabkan oleh error. Apabila CS-PDU rusak atau hilang, maka CS-PDU akan dikirim kembali. Untuk itu dibutuhkan flow control antara dua terminal akhir. Sedangkan pada *non-assured operation*, ada kemungkinan SDU yang dikirim tidak tepat atau tidak semuanya. Jadi CS-PDU yang hilang atau rusak tidak dikirim kembali. Flow control pada operasi ini sifatnya optional.

Operasi logika pada AAL-3/4 secara keseluruhan ditunjukkan oleh gambar 3.17. Penjelasan dari gambar tersebut adalah sebagai berikut :

- Sebuah user data frame (dan tentunya termasuk header protokol dari layer yang lebih tinggi) dilewatkan ke AAL melalui antarmuka layanan. Dalam konteks ini, frame data itu disebut dengan AAL-SDU (AAL- Service Data Unit).

Gambar 3.17¹⁷⁾

OPERASI PADA AAL - 3/4

- Diasumsikan bahwa tidak ada fungsi layanan khusus, CPCS membagi data menjadi perkalian empat bit dan menambahkan record header dan trailernya.
- Unit data yang baru ini disebut dengan CPCS-PDU (CPCS Protocol Data Unit).
- Kemudian CPCS-PDU dilewatkan pada sublayer Segmentation and Reassembly (SAR) yang membagi CPCS-PDU menjadi unit-unit 44 byte dan memblok yang terakhir menjadi tepat 44 byte.
- SAR kemudian menambahkan header dan trailernya pada bagian data, dan data ini disebut dengan SAR-PDU.

¹⁷⁾ Dutton Harry J.R., *Opcit.*, hal. 3-16.

- Dan terakhir, ATM header ditambahkan pada SAR-PDU oleh ATM layer, sehingga menjadi sel ATM.

Fungsi sublayer SAR-AAL 3/4 ialah melakukan segmentasi dan pembentukan kembali CS-PDU yang memiliki panjang yang berubah-ubah, melakukan pendeteksian kesalahan dan melakukan multipleksing. Agar tidak terjadi kesalahan dalam proses segmentasi dan pembentukan kembali, AAL-3/4 menambahkan 4 byte header dan trailer pada setiap SAR-PDU. Header yang berukuran 2 byte terdiri dari field-field segment type (ST), sequence number (SN) dan multipleksing identifier (MID). Sedangkan trailer yang berukuran 2 byte terdiri dari field-field length indicator (LI) dan CRC.

Untuk melakukan segmentasi dan pembentukan kembali diperlukan penunjuk tipe sel yaitu awal, lanjutan dan akhir dari CS-PDU. Juga diperlukan penunjuk banyaknya byte yang berisi informasi. Penunjuk ini dinyatakan dalam dua field yaitu 2 bit segment type (ST) dan 6 bit length indicator (LI). Pengkodean untuk ST yaitu : 10 untuk awal pesan, 00 untuk lanjutan pesan, 01 untuk akhir pesan dan 11 untuk pesan yang hanya satu segmen (SSM=Single Segment Message).

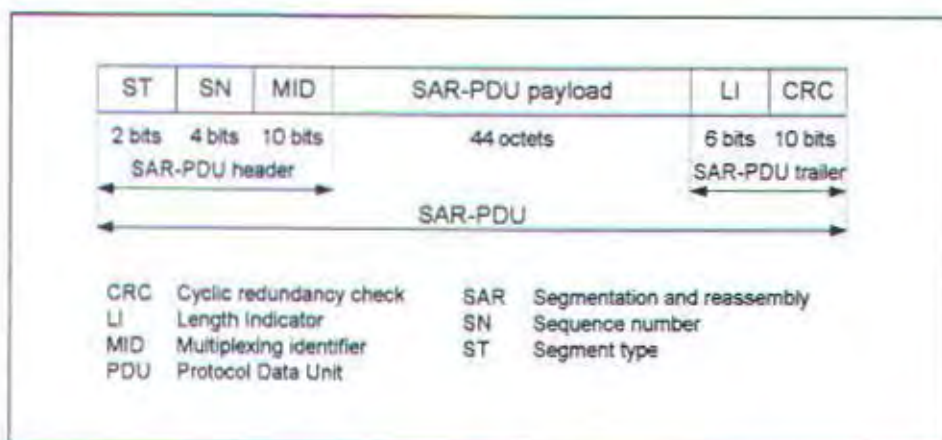
Untuk mendeteksi kesalahan pada SAR-PDU dibutuhkan field CRC yang terdiri dari 10 bit. Sedangkan untuk mendeteksi sel yang hilang atau salah rute dibentuk field sequence number yang terdiri dari 4 bit.

Field MID yang berukuran 10 bit digunakan agar dapat dilakukan multipleksing multiple paket pada ATM connection yang sama. Jika multiple paket saling disisipkan, maka setiap paket akan mempunyai nilai MID yang berbeda, maka

pada SAR receiver dalam dilakukan pemisahan sel-sel yang berasal dari paket yang berbeda. Jika tidak dilakukan multiplexing, maka field MID bernilai 0.

Struktur SAR-PDU dari AAL-3/4 seperti ditunjukkan pada gambar 3.18. Diperlihatkan pada struktur SAR-PDU tipe 3/4 terdapat payload (informasi field) sebanyak 44 byte, 2 byte header yang terdiri dari 2 bit segment type (ST), 4 bit sequence number (SN) dan 10 bit RES/MID. Reserve (RES) dipakai untuk tipe 3 dan multiplexing identifier (MID) dipakai untuk tipe 4. Serta 2 byte trailer yang terdiri dari 6 bit length indicator (LI) dan 10 bit CRC.

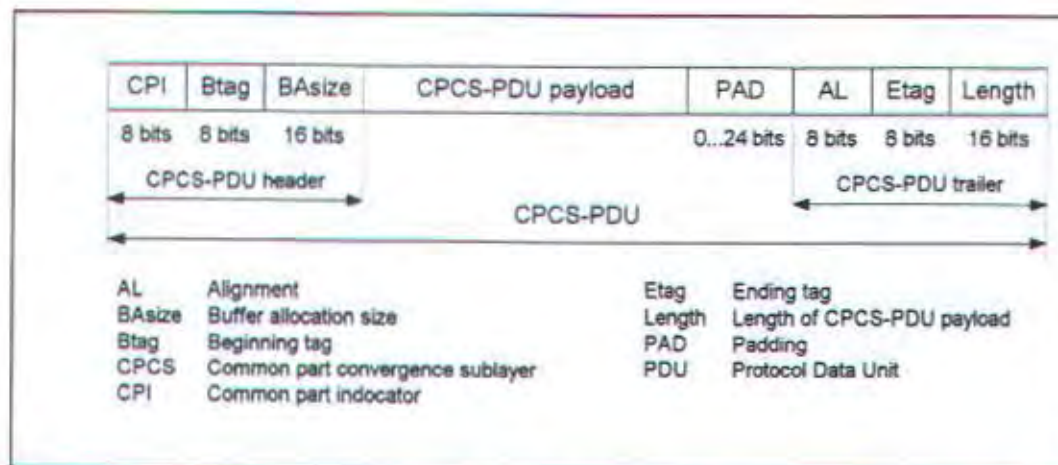
Format paket pada convergence sublayer mempunyai header dan trailer yang masing-masing berukuran 4 byte, seperti ditunjukkan pada gambar 3.19. Pada bagian header terdapat field CPI berukuran 1 byte, field Btag berisi 1 byte dan BAsize berukuran 2 byte. Sedangkan pada bagian trailer terdapat AL berukuran 1 byte, Etag berukuran 1 byte dan field length berukuran 2 byte.



Gambar 3.18¹⁸⁾

FORMAT SAR-PDU UNTUK AAL TYPE 3/4

¹⁸⁾ Handel Rainer, Op.cit, hal. 105

Gambar 3.19¹⁹⁾

FORMAT CPCS-PDU UNTUK AAL TYPE 3/4

Fungsi dari masing-masing header dan trailer common part convergence sublayer (CPCS) PDU adalah :

- CPI digunakan untuk menginterpretasikan field-field lain yang mengikutinya dalam header dan trailer CPCS. Secara spesifik field ini mengidentifikasi bahwa unit penghitungan dilakukan oleh field BAsize dan field length.
- Btag dan Etag digunakan untuk memberitahu penerima bahwa header dan trailer paket convergence sublayer ini berasal dari paket yang sama. Field ini memperbaiki kinerja AAL-3/4 dengan mengurangi kemungkinan kesalahan layer SAR dalam melakukan penyatuan kembali sejumlah paket ke dalam satu paket.
- BAsize digunakan untuk penghitungan alokasi ukuran buffer yang dibutuhkan pada penerima untuk menerima datanya.

Sebelum transfer informasi dengan VBR yang bersifat connection-oriented dilakukan pada AAL-3/4, terlebih dahulu harus dibentuk hubungan dan mode

19) Ibid, hal, 106

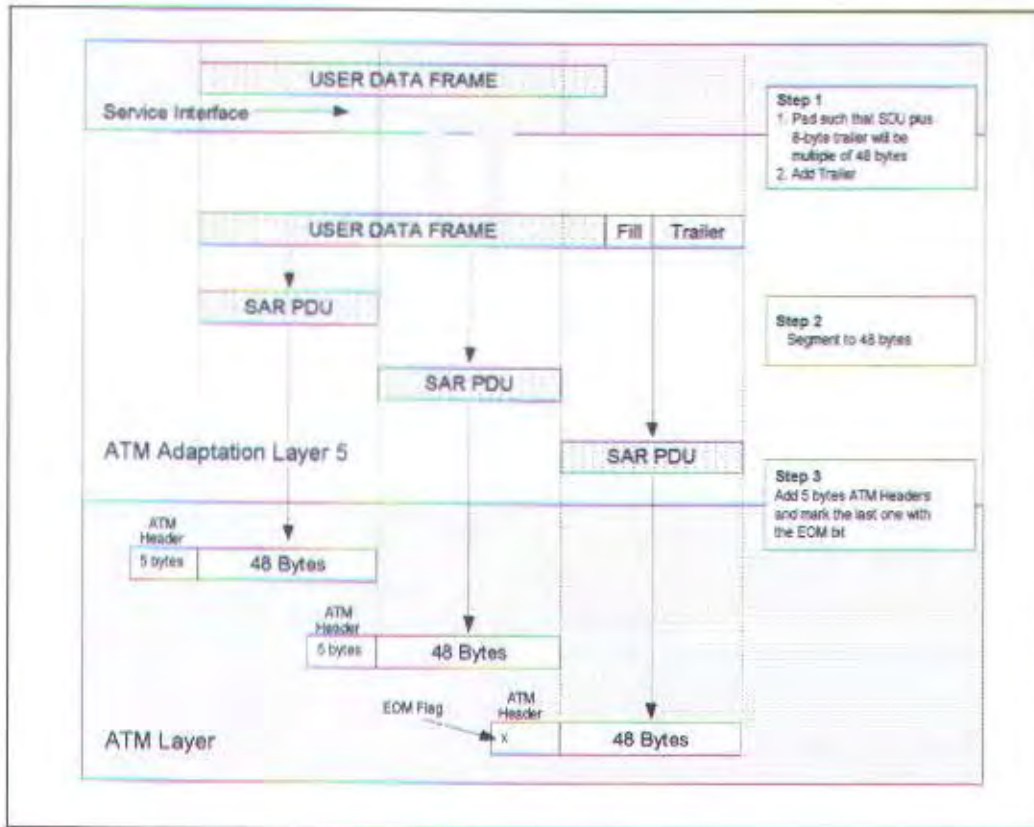
hubungan, sehingga kanal ini sesuai untuk transfer data dengan ukuran besar. Sedangkan pada transfer data yang bersifat connectionless, tidak dilakukan pembangunan hubungan sebelum transfer informasi, sehingga hal ini sesuai untuk informasi data dengan ukuran kecil.

3.4.3.3.5 AAL - 5

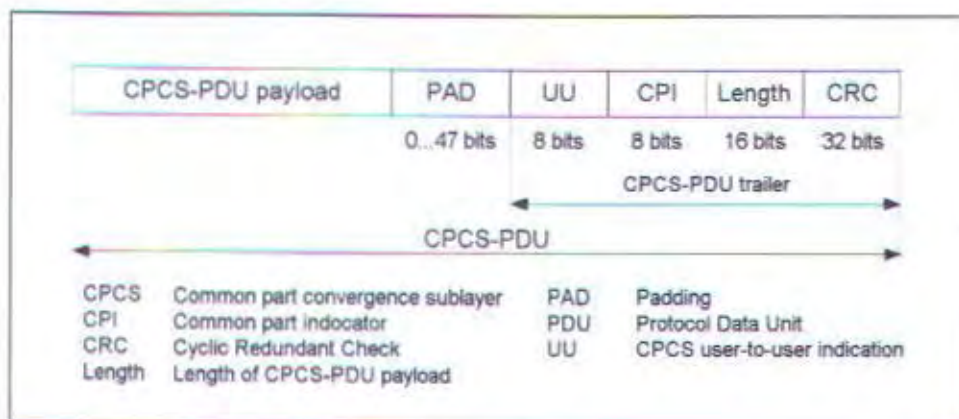
AAL - 3/4 memiliki beberapa kelemahan yang disebabkan ukuran overheadnya cukup besar yaitu 4 byte untuk setiap SAR-PDU dari keseluruhan 48 byte. Gabungan fungsi antara field SN dan CRC pada overhead SAR-PDU AAL 3/4 belum mampu memberikan cukup perlindungan terhadap kerusakan segmen atau mendeteksi paket yang hilang atau salah rute, sehingga badan standar memikirkan AAL-5 sebagai alternatif yang dapat digunakan untuk kelas C.

Secara umum kelebihan AAL-5 dibandingkan dengan AAL-3/4 adalah format AAL-5 mempunyai ukuran overhead yang lebih kecil dibanding dengan ukuran overhead pada AAL-3/4. Selain itu AAL-5 dapat memberikan perlindungan terhadap kesalahan dengan lebih baik, karena CRC yang digunakan merupakan CRC 32 bit.

Fungsi SAR pada AAL-5 adalah melakukan proses segmentasi dan pembentukan kembali (reassembly) tanpa menambahkan header dan trailer. SAR AAL-5 berukuran 48 byte yang isinya hanya data. Oleh karena itu pada sublayer ini tidak dilakukan multiplexing dan deteksi kesalahan. Proses deteksi kesalahan sepenuhnya dilakukan oleh sublayer convergence. Sublayer convergence juga melakukan proses identifikasi ukuran data Operasi pada AAL-5 ditunjukkan oleh gambar 3.20. Sedangkan format CPCS-PDU ditunjukkan pada gambar 3.21.

Gambar 3.20²⁰⁾

OPERASI PADA AAL-5

Gambar 3.21²¹⁾

FORMAT CPCS-PDU UNTUK AAL TYPE 5

²⁰⁾ Dutton Harry J.R., Op-cit, hal 3-22

²¹⁾ Handel, Op.cit, hal 106

3.5 Switching ATM Sel

Berbagai variasi arsitektur switching telah dibangun untuk aplikasi-aplikasi berbeda seperti voice dan data, yaitu transfer mode yang didasarkan pada STM (synchronous transfer mode) dan packet switching. Kedua mode transfer tersebut tidak dapat dipakai pada ATM. Ada dua hal yang penting pada implementasi arsitektur switching broadband ATM, yaitu :

- Switching harus beroperasi pada kecepatan tinggi (dari 150 sampai 600 Mbps).
- Perilaku statistik dari sel ATM selama melewati sistem switching ATM.

Selain itu, dengan panjang sel yang tetap dan berukuran kecil serta adanya pembatasan fungsi header, mempunyai pengaruh penting pada ketentuan arsitektur switching ATM yang optimal. Arsitektur switching dibagi atas dua bagian, yaitu :

- **Bagian transport.** Bagian transport atau yang disebut dengan transport network bertanggung jawab untuk mentransportasikan informasi (sel-sel ATM) dari inlet (incoming link) ke ATM outlet (outgoing link) dengan benar, dengan kualitas layanan ATM yang spesifik yaitu cell loss rate, bit error rate, cell delay, cell delay jitter dan lain-lain. Jaringan transport ini sebagian besar melakukan fungsi yang terletak pada user plane pada model protokol referensi.
- **Bagian control.** Bagian control adalah bagian yang mengontrol jaringan transport. Jaringan control sebagian besar melakukan fungsi yang terletak pada control plane pada model protokol referensi. Kualitas layanan untuk jaringan kontrol ini banyak berhubungan dengan signalling seperti call set-up, call release time dan lain-lain.

Dalam sebuah switch ATM, pengiriman informasi sel ATM dilakukan dari sebuah incoming link ke satu atau lebih outgoing link. Switch ini dari inlet ke outlet dapat dikombinasikan dengan konsentrasi, ekspansi, multipleksing dan demultipleksing dari trafik ATM.

Pada arsitektur switching, fungsi-fungsi tersebut dijelaskan sebagai berikut :

- **Switching.** Pengiriman informasi pada proses switching dilakukan dari incoming logical ATM channel ke outgoing logical ATM channel yang ditandai dengan :
 - sebuah saluran fisik incoming/outgoing link yang masing-masing memiliki nomor bagian.
 - sebuah logical channel pada saluran fisik tersebut ditandai dengan VCI dan/atau VPI.

Dalam proses penyambungan, kedua incoming link dan incoming VPI/VCI dihubungkan ke outgoing link dan outgoing VPI/VCI. Kedua fungsi telah diimplementasikan pada sistem ATM switching.

- Fungsi pertama, dapat disamakan dengan fungsi space switching (S). Aspek penting dari space switching ini adalah routing. Ini berarti bagaimana di bagian dalam dilakukan rute dari inlet ke outlet.
- Fungsi kedua dapat dibandingkan pada sebuah time slot yang melakukan pertukaran tempat pada time switching (T).

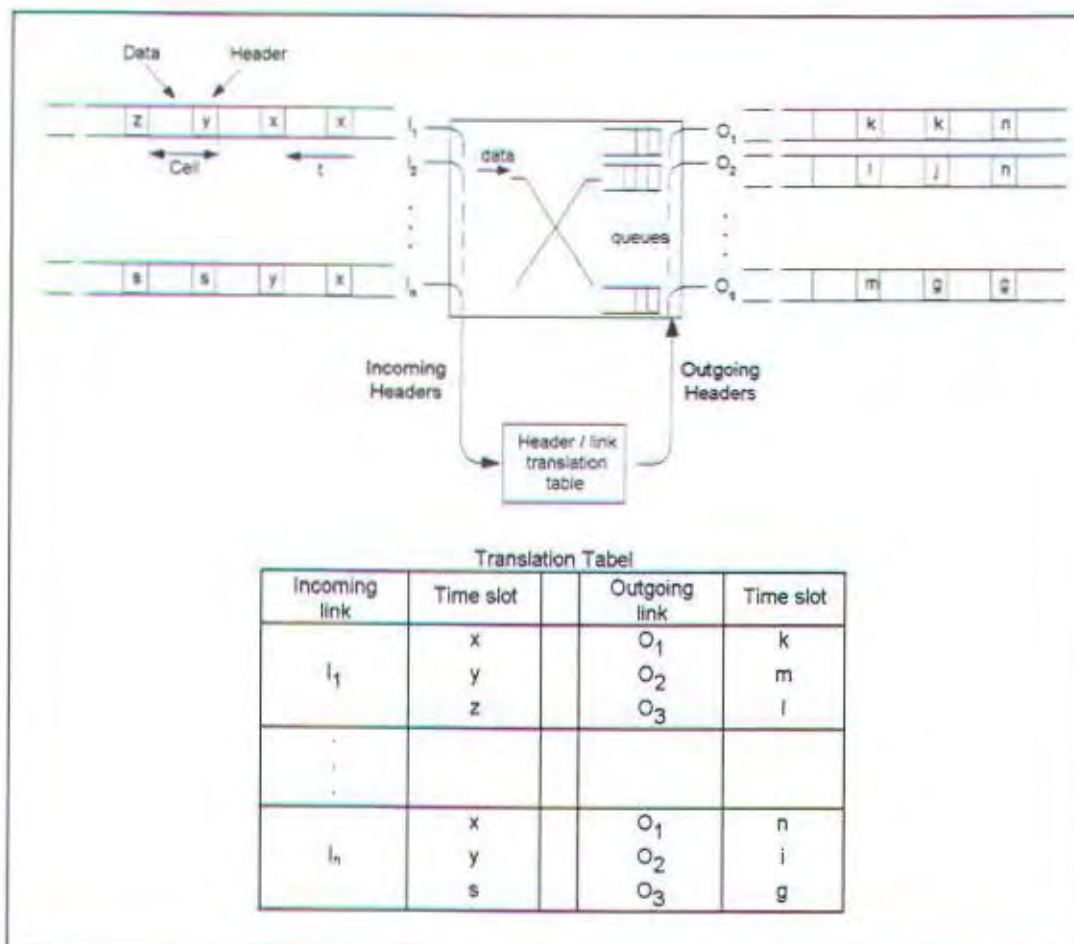
Pada sistem penyambungan ATM, dapat terjadi dua atau lebih logical channel akan menempati timeslot yang sama. Hal ini dapat diatasi dengan queuing (antrian) ATM sel pada buffer.

- **Concentration/multiplexing.** Informasi dari N inlet dimultipleks ke dalam M outlet dengan $N > M$.
- **Expansion/demultiplexing.** Expansion/demultiplexing adalah kebalikan dari operasi concentration/multiplexing.

Prinsip dasar dari switching pada ATM diperlihatkan pada gambar 3.22. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semua sel yang memiliki nilai header x pada incoming link I_1 dihubungkan (switched) ke outgoing link O_1 dan nilai headernya diubah menjadi nilai k . Semua sel dengan header bernilai x pada link I_n juga dihubungkan ke outlet O_1 tapi headernya berubah menjadi n .

Di sini terlihat dua fungsi dasar dilakukan oleh ATM switch, yaitu "space switching" dan "header switching". Bila saja dua sel dari inlet yang berbeda (misalnya I_1 dan I_n) datang bersamaan pada ATM switch dan ditunjukkan pada outlet yang sama (O_1) pada waktu yang sama, maka sel-sel tersebut tidak dapat ditempatkan secara bersamaan.

Hal ini karena ada satu sel yang dapat dilayani oleh ATM switch, sedangkan sel-sel lainnya yang tidak terlayani disimpan di buffer dan menunggu giliran untuk dilayani. Ini merupakan ciri khas untuk ATM switch dalam memultipleks sel-sel. Oleh karena itu, antrian harus disediakan bila terjadi sel-sel ATM secara bersamaan ditujukan pada outlet yang sama, dapat disimpan dan tidak dibuang. Jadi ATM switching melakukan tiga fungsi dasar, yaitu routing (space switching), queuing (antrian) dan header translation (pengubahan header). Implementasi dari ketiga fungsi tersebut berbeda-beda untuk jenis switching yang satu dengan lainnya.

Gambar 3.22²²⁾

PRINSIP SWITCHING ATM

²²⁾ De Prycker Martin, Op-cit, hal 150

BAB IV

SISTEM KOMUNIKASI MULTIMEDIA

4.1 Umum

Sistem multimedia adalah sistem yang dapat menyatukan berbagai media seperti audio, video, image, grafik, teks dan data. Juga menggabungkan elemen-elemen yang telah dikenal seperti film, video, siaran televisi, music dan telekomunikasi. Sistem multimedia yang berdiri sendiri, terdiri dari komponen-komponen dasar :

- Sebuah processor, biasanya sebuah personal komputer atau workstation yang telah di tingkatkan untuk dapat menangani audio dan video;
- Berbagai macam metode/interface dimana pemakai dapat berinteraksi dengan sistem, seperti : keyboard, mouse, joystick atau touch screen;
- Sebuah layar yang dapat menampilkan gambar atau video kualitas tinggi;
- Speaker untuk memungkinkan keluarnya suara pembicaraan atau musik;
- Microphone;
- Alat untuk memutar kembali sumber materi yang telah direkam, seperti compact disk dan lain sebagainya.

Sedangkan sistem komunikasi multimedia adalah suatu sistem komunikasi yang dapat menggunakan berbagai macam cara komunikasi baik dengan kabel (wired)

atau tanpa kabel (wireless) dan melayani berbagai media, termasuk diantaranya teks, data record base, data numeric, grafik, image, voice dan video.

Sistem komunikasi multimedia berbasis ATM, yang dalam tulisan ini hanya disebut sebagai sistem komunikasi multimedia saja, adalah stasiun terintegrasi yang mampu menyediakan jaringan broadband untuk aplikasi multimedia masa depan. Sistem komunikasi multimedia tersebut menggabungkan jaringan broadband akses kabel, jaringan akses tanpa kabel (wireless), jaringan transport regional dan jaringan-jaringan yang telah ada. Karena teknologinya yang berbasis ATM, sistem komunikasi tersebut dapat mempermudah transisi menuju stasiun telekomunikasi yang berbasis ATM penuh.

Agar suatu sistem komunikasi dapat mengirimkan berbagai macam data, terutama yang memerlukan bandwidth yang lebar, diperlukan suatu jaringan akses yang mempunyai bandwidth sangat lebar yang sering disebut dengan broadband. Pembangunan jaringan akses broadband adalah salah satu dari prioritas utama dari industri telekomunikasi. Percobaan-percobaan telah dilakukan menggunakan beberapa jaringan akses broadband, termasuk *Asymmetric Digital Subscriber Loop (ADSL)*, *Hybrid Fiber Coaxial (HFC)*, *Fiber to The Home (FTTH)* yang berbasis *Passive Optical Network (PON)* dan FTTH yang berbasis single star. Layanan yang tersedia melalui jaringan ini adalah layanan komunikasi broadband seperti CATV, *video on demand (VOD)*, *home shopping*, *TV conferencing*, belajar jarak jauh dan komunikasi data kecepatan tinggi.

4.2 Klasifikasi Layanan Multimedia

Layanan multimedia dapat dikategorikan menjadi lima grup tergantung dari kriteria di bawah ini :

- Bit Rate yang diperlukan
- Bit Rate Symetry (symmetric atau asymmetric)

Tabel 4-1 menunjukkan lima grup layanan. Grup 1 meliputi layanan telepon konvensional. Grup 2 meliputi layanan pengantaran video seperti CATV dan VOD. Grup 3 meliputi layanan komunikasi broadband.

Tabel 4-1¹⁾

LAYANAN-LAYANAN MULTIMEDIA

Group	Service	Bit rate per service	Type	Features/assumption
1	Telephone, PC communication	~64 kbit/s	↔	
2	CATV, VOD (NTSC)	3-6 Mbit/s	→	MPEG-2 encoding
3	Video conferencing	1.5 Mbit/s	↔	MPEG-1/H.261 encoding
	Distance learning	3-6 Mbit/s	↔	MPEG-2 encoding
	High-speed Internet acces	1-10 Mbit/s	↔	High-speed acces at home
	Community broadcasting (NTSC)	3-6 Mbit/s	↔	MPEG-2 encoding, inter-city broadcasting, symetry to enable broadcasting by any user
4	CATV, VOD (HDTV)	~20 Mbit/s	→	MPEG-2 encoding
5	Community broadcasting (HDTV)	~20 Mbit/s	↔	MPEG-2 encoding
	LAN interconnection	~155, 622 Mbit/s	↔	At least 155 Mbit/s, 622 Mbit/s for advance users

↔ Symetric (same bit rate for both up and down links) → Asymetric (upstream bit rate << downstream bit rate)

¹⁾ Tomoro Ishihara, et al, "AMICS : ATM-BASED INTEGRATED PLATFORM FOR MULTIMEDIA SERVICES", Fujitsu Sci. Tech. Journal, 32, June 1996, hal. 67.

Tabel 4-1 juga menunjukkan beberapa contoh layanan. Diantara contoh tersebut, Internet merupakan layanan yang khusus karena perkembangannya yang hebat yang ditunjukkan beberapa tahun terakhir. Ketentuan dari akses Internet, kemudian menjadi prioritas yang sangat tinggi bagi generasi jaringan publik selanjutnya.

Saat ini, akses internet bagi pemakai di rumah di tawarkan melalui saluran telepon analog konvensional atau sambungan narrowband ISDN (N-ISDN), dimana perusahaan-perusahaan mempunyai pilihan LAN atau leased line. Bit rate yang disediakan sekitar 64 kbit/s dan 1-100 Mbit/s secara berurutan. Bit rate yang mungkin pada saluran analog dan N-ISDN sangat rendah untuk mendapatkan kepuasan transfer dari file image yang besar atau data video, paling sedikit 1 Mbit/s diperlukan untuk memungkinkan penerimaan akses informasi multimedia melalui Internet. Dalam sistem komunikasi multimedia, akses internet kecepatan tinggi menyediakan sambungan kecepatan tinggi yang diperlukan ini untuk pemakai secara individu.

Grup 4 meliputi layanan pengantaran high definition TV (HDTV). Grup 5 meliputi layanan komunikasi dengan kecepatan sangat tinggi. Disini dipertimbangkan layanan siaran komunitas dan layanan database HDTV, dimana keduanya memerlukan 20 Mbits/s dengan saluran bidirectional. Interkoneksi LAN juga menggunakan saluran dengan kecepatan sangat tinggi yang mendukung bit rate 155 Mbit/s dan 622 Mbit/s.

4.3 Jaringan Multimedia

Sistem jaringan multimedia memungkinkan pertukaran data baik yang berasal dari media kontinyu maupun diskrit. Komunikasi ini memerlukan protokol dan layanan yang sesuai untuk transmisi data.

Sebuah layanan menyediakan seperangkat operasi pada aplikasi yang memerlukannya. Layanan yang berhubungan secara logika dikelompokkan kedalam layer-layer sesuai dengan OSI referensi model. Karena itu, setiap layer merupakan penyedia layanan bagi layer yang berada di atasnya. Layanan tersebut menjelaskan jalan dari layer dan elemen layanannya (service data unit = SDU).

Sebuah protokol terdiri dari seperangkat aturan yang harus diikuti oleh layer peer selama ada komunikasi diantara kedua peer ini. Aturan itu terdiri dari format (syntax) dan arti (semantic) dari unit data yang dipertukarkan (protocol data unit = PDU). Peer dari komputer-komputer yang berlainan bekerja sama untuk menyediakan sebuah layanan.

Multimedia dapat diaplikasikan baik pada jaringan Local Area Network (LAN), Metropolitan Area Network (MAN), maupun Wide Area Network (WAN).

4.3.1 Local Area Networks (LAN)

Pada local Area Network, setiap PC digunakan dengan sebuah interface yang terhubung dengan kabel. PC tersebut, bersama-sama dengan file server dan peralatan yang berhubungan seperti printer, akan membentuk node-node pada jaringan.

Tipe LAN yang paling populer sekarang ini adalah Ethernet dan Token Ring. Jaringan ini dirancang untuk menjalankan aplikasi konvensional, mentransfer file data

alphanumeric dalam paket-paket, dimana data yang dapat dikirim pada suatu waktu terbatas. Selanjutnya, karena beberapa node akan mencoba untuk mengakses jaringan pada saat yang sama, paket-paket yang dikirim oleh satu node akan terseling-seling oleh data dari node yang lain.

4.3.1.1 Ethernet

Ethernet adalah standar untuk akses layer fisik. Standar kunci yang disetujui oleh komite IEEE 802.2 pada tahun 1982, ditetapkan laju data pada 10 Mbit/s dengan metode akses yang disebut dengan *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)* pada jaringan berbasis bus melalui kabel coaxial dengan diameter 0,5 inch.

Ethernet merupakan sistem yang *connectionless* berbasis *contention*. Sebelum sebuah node mengirim data, ia memperhatikan jaringan. Bila jaringan dalam keadaan sepi, dia mentransmisikan data. Hanya node yang dituju yang dapat mengambil data tersebut. Bila lebih dari satu node mentransmisikan data pada saat yang sama, maka terjadi tabrakan (*collision*). Kemudian node akan menunggu selama selang waktu random sebelum mentransmisikan data kembali. Semakin banyak node ditambahkan pada jaringan, tabrakan akan semakin banyak, juga akan menurunkan bandwidth menjadi sekitar 2,5 Mbit/s. Dengan begitu, sistem ini tidak sesuai untuk aplikasi multimedia yang memerlukan transmisi data dengan jumlah besar dan time dependent seperti video dengan transmisi kontinyu.

4.3.1.2 Fibre Distributed Data Interface (FDDI)

FDDI adalah sebuah standar ISO untuk high speed data networking menggunakan fiber optik. Sistem ini mampu membawa 100 Mbit/s melalui jarak 40 km dan kompatibel dengan IEEE 802, standar untuk local area network.

Topologinya adalah dual-attached, counter-rotating Token Ring. Bandwidthnya dibagi menjadi trafik synchronous dan asynchronous. Setiap station diberikan selang waktu yang pasti untuk mentransmisikan trafik synchronous. Trafik asynchronous harus menunggu beberapa token lewat bila panggilannya tinggi. Kekurangan dari sistem ini adalah FDDI tidak memprioritaskan trafik time-dependent, sehingga tidak sesuai untuk trafik voice dan video pada jaringan yang sibuk. Pada fase kedua, FDDI 2, menyediakan sejumlah bandwidth untuk trafik isochronous.

4.3.1.3 Dedicated Connection dengan Switched Bus

Dengan adanya versi Ethernet 10Base-T pada 1990, memungkinkan untuk tiap node memiliki segmen kabelnya sendiri menyediakan bandwidth link penuh 10 Mbit/s ke server atau hub. Unjuk kerja jaringan keseluruhan sekarang tergantung dari unjuk kerja hub yang mempunyai kemampuan untuk menangani throughput keseluruhan. Unjuk kerjanya akan bertambah seiring dengan penambahan workstation dan segmen. Teknologi switching mungkin digunakan untuk meningkatkan unjuk kerja jaringan. Jaringan ini menyediakan infrastruktur untuk jangkauan produk baru yang mendukung transmisi video melalui LAN.

Produk baru ini berbasis pada switched hub. Hub mendukung video server yang membangun aliran kontinyu dari data video. Aliran ini diberikan prioritas melalui

transmisi yang lain oleh hub, yang harus mengimplementasikan sebuah kanal isochronous didalamnya, yang menjamin transfer video antara dua atau lebih workstation tanpa memperhatikan beban yang sampai dari workstation yang lain.

4.3.1.4 PBX

Pedekatan alternatif untuk penyediaan video adalah dengan menggunakan switching network berbasis PBX daripada dengan hub. Bagaimanapun, bandwidth pada beberapa jaringan terbatas pada 19,2 Kbit/s untuk trafik asynchronous dan 64 Kbit/s untuk trafik synchronous - jauh lebih rendah daripada yang tersedia pada ethernet 10 Mbit/s.

Penyedia peralatan telekomunikasi sangat tertarik untuk menyediakannya ke dalam pasar dan telah mengembangkan beberapa strategi untuk mengatasi keterbatasan tersebut :

1. Dengan membawa video melalui koneksi LAN yang didukung dengan hybrid PBX yang dapat menangani circuit switching untuk telephony dan packet switching untuk data.
2. Dengan menggunakan satu kanal pada PBX untuk voice dan video dan kanal 64 Kbit/s yang lain untuk data.
3. Dengan menggunakan PBX untuk menswitch video dan voice pada saat data ditransmisikan antara PC melalui ethernet terpisah. Kedua arus data dapat digabungkan pada desktop.

Aplikasi multimedia yang berjalan pada jaringan PBX ini harus dapat berkomunikasi dengan aplikasi yang lain yang berjalan pada jaringan data, misalnya untuk mengakses data yang tersimpan pada server LAN

4.3.1.5 ATM

Solusi jangka panjang untuk mendukung aplikasi multimedia pada LAN adalah pengembangan infrastruktur baru yang dapat mengatasi segala keterbatasan sistem yang ada. Teknologi yang sedang diminati untuk mencapai hal ini dan untuk menyediakan dasar untuk generasi jaringan berikutnya baik pada LAN, MAN maupun WAN adalah asynchronous transfer mode (ATM).

ATM menyediakan transmisi dengan kecepatan tinggi, delay layanan yang rendah, menawarkan hanya bandwidth yang diperlukan oleh jaringan pemakai. ATM dikembangkan dari packet switching yang cepat, dikombinasikan dengan asynchronous time division switching. Tidak seperti jaringan media terbagi (shared medium) konvensional, ATM menyediakan :

- panjang sel yang tetap
- dedicated media connection
- connection-oriented.

4.3.2 Metropolitan Area Networks (MAN)

Diantara LAN dan WAN, terdapat Metropolitan Area Network (MAN) yang mencakup seluruh kota menggunakan teknologi LAN. MAN menggunakan medium terbagi (shared medium) dengan *distributed switching* dan *Medium Access Control* (MAC). MAN biasanya mempunyai laju data yang lebih tinggi daripada LAN, yaitu

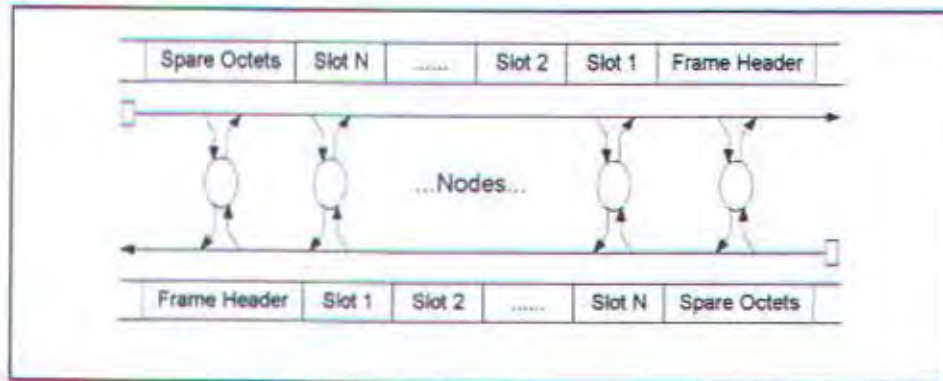
lebih dari 100 Mbit/s. Jumlah stasiun yang terhubung didalam MAN sering berjumlah ribuan. Layanan MAN meliputi :

- Interkoneksi dari LAN-LAN yang berlainan. Untuk interkoneksi LAN, sebuah *gateway/bridge* membentuk fungsi sebagai konversi protokol, *address mapping*, *access control* dan sebagainya tergantung dari kompatibilitas dari LAN yang terhubung. Karena kebanyakan LAN beroperasi pada mode connectionless, MAN juga menghubungkan LAN-LAN tersebut dengan cara connectionless. Ini berarti biasanya tidak ada resource yang ditempatkan pada MAN.
- Host-to-host computer internetworking. Hal ini dapat didukung dengan menyediakan semi-permanen koneksi point-to-point dengan reliabilitas dan throughput yang tinggi, menawarkan sejumlah slot isochronous yang diminta melalui sinyal dan menawarkan sejumlah slot non-isochronous.
- Voice dan video communication. Untuk layanan voice dan video, ketiga alternatif yang terdapat pada host-to-host internetworking dapat dipakai tergantung dari kualitas yang diperlukan.

Ada dua proposal utama untuk standar MAN, yaitu : FDDI dari ANSI yang awalnya diajukan untuk LAN kecepatan tinggi tapi dapat mencapai jarak lebih dari 100 km dan Distributed Queue Dual Bus (DQDB) dari grup IEEE 802.6. FDDI telah dijelaskan sebelumnya sehingga pembahasan dipusatkan pada DQDB.

4.3.2.1 Distributed Queue Dual Bus (DQDB)

Standar MAN oleh IEEE 802.6 ini dikarakteristikkan dengan sebuah bus dengan laju data 2×150 Mbit/s. Kabel yang digunakan untuk bus tersebut berbeda.



Gambar 4.1²⁾

DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS

DQDB berbasis pada dua sistem bus simetri yang putarannya berlawanan seperti ditunjukkan pada gambar 4.1. Tidak seperti FDDI, kedua bus tersebut membawa data, sehingga tidak hanya digunakan pada saat terjadi kegagalan oleh bus pertama. Sama seperti FDDI, data ditransmisikan pada bus pada frame 125 μ s. Setiap frame memiliki time slot dengan panjang yang tetap yang disebut dengan segmen. Time slot mentransport data diantara node-node. Ini berarti bahwa kapasitas bus diisi pada slot-slot 53 byte pada Access Unit (AU) melalui terminal user ke jaringan. Slot dibangkitkan pada head tiap bus.

Mekanisme DQDB MAC pada dasarnya berbeda dengan kebanyakan protokol LAN/MAN dengan akses terbagi (shared access). Pada protokol ini, tidak ada rekaman kontinu dari keadaan jaringan dalam node-node. Pada jaringan itu, pertama kali informasi keadaan harus diturunkan dari media sebelum mengaksesnya. Keistimewaan ini membuat performance sistem sangat sensitif pada ukuran jaringan.

²⁾ Steinmetz Ralf and Nahrstedt Klara, *MULTIMEDIA : COMPUTING, COMMUNICATIONS & APPLICATIONS*, Prentice Hall, 1995, hal. 357

Sebagai contoh, performance FDDI berbanding terbalik dengan penambahan jarak ring. DQDB didasarkan pada algoritma antrian terdistribusi, dimana informasi keadaan jaringan sekarang disimpan pada tiap node, dimana tiap node mengetahui jumlah segmen yang masih menunggu untuk diletakkan pada bus secara tepat. Bila sebuah node mempunyai segmen untuk ditransmisikan, ia menggunakan informasi lokal ini (disimpan secara berlawanan) untuk menentukan posisi segmen.

4.3.2.2 Penyambungan MAN ke Jaringan ATM

Keterbatasan fisik MAN menyebabkannya tidak digunakan sebagai solusi wide area, sehingga sistem ATM B-ISDN (ATM WAN) harus menyediakan internetworking diantara MAN-MAN yang berbeda. B-ISDN dapat berfungsi sebagai level switching hirarki yang lebih tinggi.

Spesifikasi DQDB dibentuk paralel dengan spesifikasi ATM, sehingga menjadi lebih mudah untuk menghubungkannya. Protokol DQDB menggunakan slot yang berbasis transmisi dimana ukuran slot (53 byte) diadopsi dari ATM. Kadang-kadang DQDB disebut sebagai "shared medium ATM", tapi kesamaan antara ATM dan DQDB adalah keterbatasan panjang dari field payload.

Relevansi dan masa depan DQDB tergantung dari keberadaan gateway yang tinggi antara DQDB dan ATM B-ISDN. Internetworking berarti mapping slot DQDB pada sel ATM dan sebaliknya, sebagaimana layanan internetworking. Cell-to-slot internetworking memodifikasi sel ATM menjadi slot DQDB dan sebaliknya. Frame internetworking mengatur kembali sel/slot dan memodifikasi frame AAL menjadi MAC PDU DQDB awal dan sebaliknya.

4.3.3 Wide Area Networks (WAN)

Sekarang ini, komunikasi area luas untuk PC dapat disediakan dengan koneksi ke jaringan layanan publik narrowband (PSTN atau ISDN) atau melalui koneksi ke circuit private leased yang mahal. Perbedaan yang mencolok, teknologi jaringan yang baru yang berbasis ATM dapat mendukung akses pelanggan dengan laju sampai 155 Mbit/s. Tabel 4-2 menunjukkan kapasitas dari layanan masing-masing jaringan.

Tabel 4-2³⁾

Kapasitas layanan komunikasi wide area di Eropa

Layanan	Laju Bit
PSTN	14 Kbit/s
ISDN basic rate	2 x 64 Kbit/s channel
ISDN primary rate	30 x 64 Kbit/s channel
Frame relay	Sampai 2.048 Kbit/s
SMDS	Sampai 34 Mbit/s
Leased Circuit	Sampai 45 Mbit/s
ATM	Sampai 155 Mbit/s

4.3.3.1 PSTN

Walaupun teknologi digital sekarang telah digunakan secara luas untuk line trunk dan penyambungan, publik service telephone network (PSTN) saat ini sedang dibatasi oleh peralatan transmisi yang ada yang digunakan untuk menghubungkan pelanggan dengan sentral melalui local loop. Biaya yang diperlukan untuk meningkatkan peralatan ini adalah faktor utama yang membatasi penyebaran multimedia ke rumah dan kantor.

³⁾ Jeffcoate Judith, "MULTIMEDIA IN PRACTISE, TECHNOLOGY AND APPLICATION" Prentice Hall, 1995, hal. 120

Jaringan tembaga yang telah ada dapat dimanfaatkan dengan menggunakan asymmetric digital subscriber line (ASDL) - teknologi baru untuk mentransmisikan video melalui saluran telephone. ASDL berbasiskan pada perluasan dari teknik pemrosesan sinyal yang dikembangkan untuk ISDN. ADSL menyediakan saluran asymmetric yang berisi kanal high speed dari sentral ke pelanggan dan telephone low speed dan kanal kontrol dari pelanggan ke sentral. ADSL ini dapat digunakan untuk layanan video on demand (VOD) kepada pelanggan. Secara teori, batas jarak dari sentral telephone ke pelanggan adalah 5,5 km. ADSL-1 hanya akan mendukung sekitar 2 Mbit/s, hanya cukup untuk video dengan kualitas VCR. Versi perkembangannya akan beroperasi pada 6 Mbit/s dan akan dapat membawa 4 kanal VCR dan satu kanal broadcast kualitas TV dan jaraknya dibatasi hanya 3,5 km.

4.3.3.2 ISDN

Jaringan digital layanan terpadu (ISDN) yang baru, yang berbasiskan rekomendasi ITU-T untuk transmisi voice dan data melalui saluran digital yang sama, menyediakan kapasitas yang lebih besar pada jaringan publik. Dua akses layanan yang mungkin pada narrowband ISDN adalah :

1. Basic access (BA) menyediakan kanal 2×64 Kbit/s melalui saluran telepon untuk bisnis. Saluran tersebut dapat digabungkan untuk menyediakan penggunaan 128 Kbit/s.
2. Primary access (PA) menyediakan kanal 30×64 Kbit/s untuk perusahaan pemakai yang besar. Kanal-kanal ini dapat digabungkan untuk aplikasi dengan bandwidth yang besar.

Broadband ISDN (B-ISDN) akan menyediakan akses 140 Mbit/s. B-ISDN memerlukan dukungan dari dua kunci teknologi, yaitu : transmisi synchronous dan switching ATM. Synchronous digital transmission (SDT) memungkinkan kanal individu di dalam sinyal termultipleks untuk diambil tanpa men-demultipleks semua sinyal. Standar eropa yang berhubungan adalah Synchronous Digital Hierarchy (SDH). Sedangkan ATM akan menyediakan infrastruktur untuk mendukung B-ISDN.

4.3.3.3 Broadband ISDN : ATM

Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN) adalah sebuah konsep jaringan yang menunjukkan perluasan dari Narrowband ISDN (N-ISDN). Tujuan yang ingin dicapai oleh B-ISDN adalah menentukan interface aplikasi dan WAN yang bersesuaian dengan layanan antrian, pesan, terdistribusi dan percakapan dengan kebutuhan bandwidth yang berbeda. Juga menyediakan layanan connectionless dan connection-oriented untuk transmisi dari media yang berlainan.

ATM WAN menyediakan hubungan bersifat fungsional untuk sistem komunikasi multimedia. Dalam lingkungan ATM, ada beberapa parameter yang penting untuk diperhatikan untuk aplikasi multimedia, yaitu :

- **Throughput dan Bit Error Rate.** Pada ATM switch, throughput dan bit error rate umumnya ditentukan oleh teknologi hardware kecepatan tinggi (CMOS, BICMOS atau ECL), dimana bit rate ratusan Mbit/s dapat dengan mudah dicapai dengan bit error rate yang dapat diterima.

- **Connection Blocking.** Connection blocking ditentukan sebagai probabilitas dimana tidak ditemukan cukup resource (bandwidth dan nilai header) antara input dan output untuk menjamin kualitas semua koneksi dan koneksi yang baru.
- **Cell Loss Probability.** Kehilangan sel mungkin terjadi karena adanya beberapa sel datang pada buffer secara bersamaan, sehingga tidak dapat disimpan. Nilai cell loss probability yang dianjurkan untuk ATM switch adalah 10^{-8} sampai 10^{-11} .
- **Cell Insertion dalam koneksi lainnya.** Kehilangan sel karena adanya kesalahan route, mungkin juga terjadi. Probabilitas cell insertion ini dibatasi pada nilai 1000 kali atau lebih baik dari cell loss rate yang dianjurkan, yaitu 10^{-14} .
- **Switching Delay.** Nilai umum untuk delay switch ATM adalah antara 10 dan 1000 μ s atau lebih kecil. Untuk aplikasi media kontinyu, delay end-to-end sebesar 100 ms masih bisa diterima.

Aspek penting yang lain dari ATM B-ISDN adalah benturan ATM pada end-point (host) yang ditunjukkan melalui multimedia workstation. Keunggulan yang dapat diperoleh oleh end-point dari konsep ATM untuk transmisi multimedia adalah :

- **Mendukung Coding VBR.** Bila sinyal video di-encode pada format digital dengan metode PCM, akan menghasilkan laju bit yang tetap. Tapi setelah digunakan algoritma kompresi, akan dihasilkan laju bit yang bervariasi dengan waktu. Sehingga bit rate yang dihasilkan oleh video codec di masa datang akan berfluktuasi dalam waktu dan akan berbeda untuk kualitas video images yang berbeda seperti dalam MPEG 1, 2, 4.

Pada jaringan ATM, keterbatasan kerja pada bit rate yang tetap tidak terlihat karena AAL 2, sehingga buffer output tidak diperlukan lagi pada keluaran encoder.

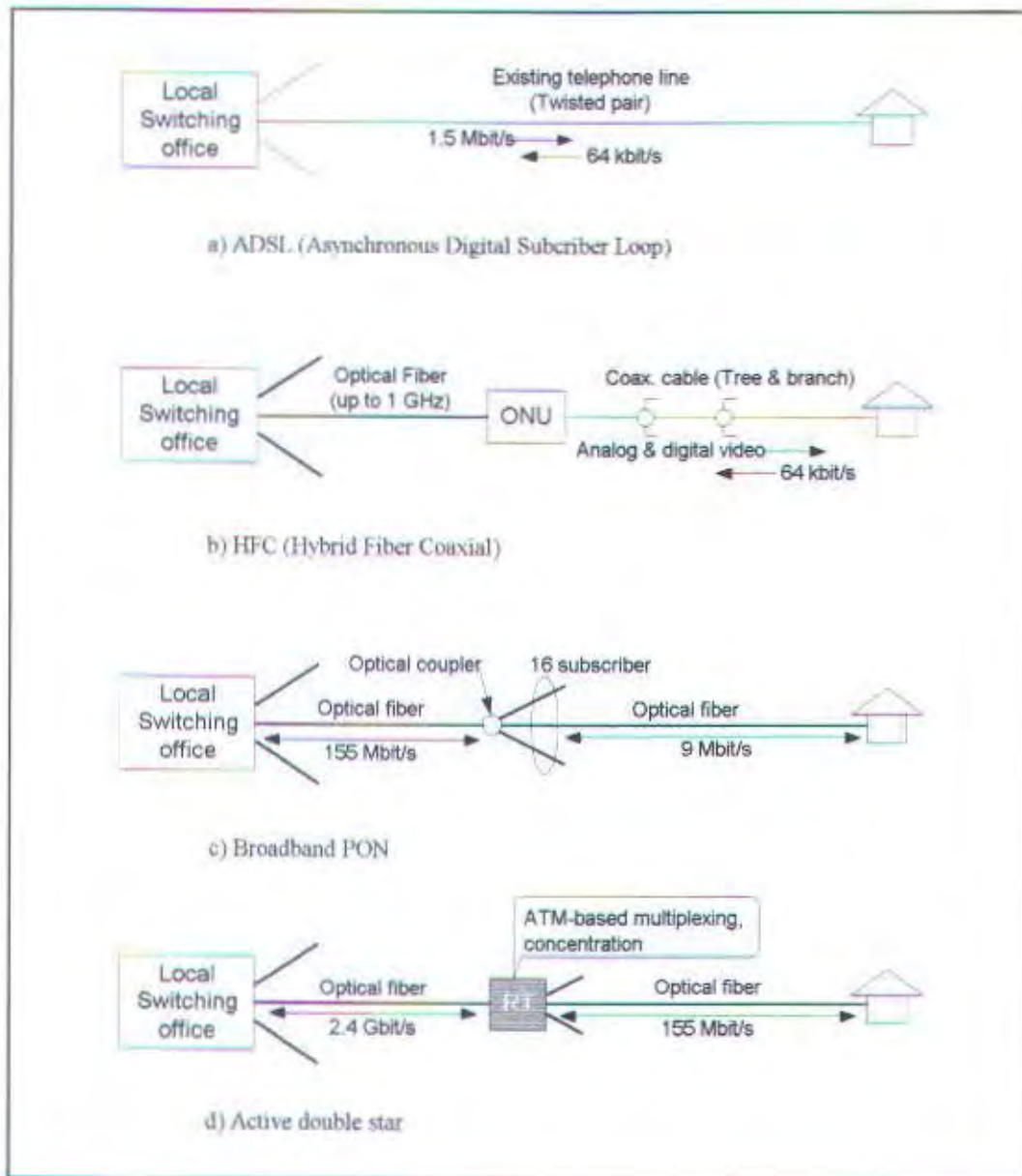
Keluaran dari encoder dapat secara langsung diberikan kedalam jaringan ATM, menghasilkan VBR video incoder.

- **Mendukung Medium Layered Coding.** Pada B-ISDN masa datang, akan muncul layanan multimedia baru yang terdiri dari, antara lain satu atau lebih komponen layanan berikut : audio, video standar, high-definition video, teletext dan data. Sebagai contoh, HDTV terdiri dari lima layanan yang berbeda yang dapat dikirimkan secara terpisah melalui virtual kanal terpisah. Bagaimanapun, beberapa batasan harus dilakukan pada virtual kanal tersebut, umumnya tergantung dari delay relatif dari jaringan. Misalnya, sinkronisasi bibir antara suara dan gambar video memerlukan perbedaan delay ≤ 80 ms. Karena itu, komponen layanan individu dapat dibagi dibagi menjadi layer-layer. Setiap layer yang lebih diatas menggunakan informasi dari layer dibawahnya untuk membentuk image dengan kualitas yang diperlukan. Hal ini disebut dengan *hierarchical encoding*.

4.4 Perbandingan dari Beberapa Jaringan Akses

Beberapa tipe dari jaringan akses sedang digunakan untuk percobaan VOD dan percobaan layanan multimedia lainnya. Gambar 4.2 menunjukkan empat contoh khusus.

ADSL menggunakan saluran twisted-pair yang telah ada (Gambar 4.2 (a)). Dengan sistem ini, laju bit rate data yang keluar dari lokal switching (downstream) sekitar 1,5 Mbit/s. Hal itu dimungkinkan dengan menggunakan Quadrature Amplitude Modulation (QAM), dimana laju data bit yang masuk (upstream) sekitar 6 kbit/s.

Gambar 4.2⁴⁾

BROADBAND ACCESS NETWORK

Hybrid fiber coaxial (HFC) menggunakan fiber optik dan kabel koaksial untuk transmisi downstream dari video analog menggunakan vestigial side band-amplitude modulation (VSB-AM) dan digital video menggunakan QAM (gambar 4.2 (b)).

⁴⁾ Tomoro Ishihara. Op-cit, hal. 67

Sayangnya, upstream dari sistem tersebut hanya sekitar 64 kbit/s, karena kabel dan fiber digunakan secara bersama oleh pemakai yang banyak dan signal-to-noise (SN) ratio dibatasi oleh konfigurasi tree-and-branch coaxial.

Dengan sistem PON broadband, semua layanan dikodekan secara digital dan dimultipleks, ditransmisikan melalui fiber optik dan kopler optik (gambar 4.2 (c)). Jika dianggap bahwa 16 subscriber menggunakan secara bersama 155-Mbit/s saluran transmisi optik, maka tiap subscriber mempunyai mengakses sampai 9 Mbit/s saluran bidirectional.

Sistem FTTH yang berbasis active double star (ADS) mengutamakan peralatan aktif atau remote terminal (RT), yang diletakkan dekat rumah subscriber (gambar 4.2 (d)). RT melakukan switching, multipleksing dan multicasting dengan berbasis ATM. Data dari semua layanan di-encode, dimultipleks dan ditransmisikan menggunakan ATM. Dengan sistem ini, setiap pemakai mempunyai akses sampai 155 Mbit/s saluran transmisi bidirectional.

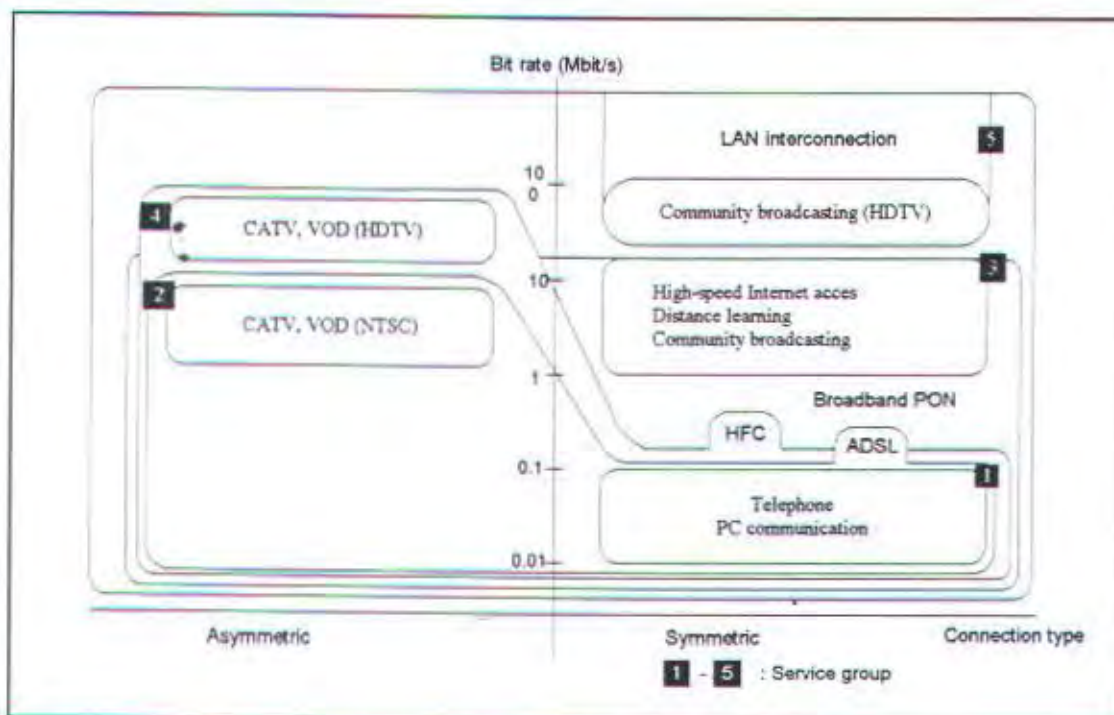
Gambar 4.3 mengilustrasikan cakupan layanan yang mungkin untuk sistem akses tersebut. FTTH berbasis ADS dapat menyediakan layanan broadband secara penuh, dimana yang lainnya hanya menawarkan cakupan yang terbatas.

4.5 Sistem Komunikasi Multimedia

Sekarang ini, kebanyakan aplikasi multimedia masih berjalan pada sistem single-user, biasanya pada personal komputer yang berdiri sendiri. Persoalan yang dihadapi pada saat mengembangkan aplikasi multimedia menjadi semakin sulit saat meletakkan beberapa aplikasi pada jaringan. Seperti diketahui, tipe data multimedia

memerlukan bandwidth dalam jumlah besar, walaupun setelah kompresi. Selain itu, audio dan video berubah secara kontinyu seiring dengan waktu, sehingga bila terjadi interupsi pada jaringan akan sangat dirasakan terutama pada aplikasi real-time, seperti *conferencing*.

Karena itu, semua jaringan multimedia harus menyediakan kapasitas dengan bandwidth yang tinggi, sinkronisasi tipe *traffic* yang berbeda dan menyediakan tipe laju informasi yang berbeda. Selain itu, karena user tidak ingin membayar hubungan yang kontinyu dengan bit rate yang tinggi, harga untuk jaringan daerah luas juga harus bervariasi sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 4.3⁵⁾

CAKUPAN LAYANAN DARI TIAP SISTEM AKSES

⁵⁾ Ibid, hal 68

- **Bandwidth.** Kapasitas bandwidth yang tinggi diperlukan untuk mendukung transfer file dengan ukuran besar, (seperti *computer-aided design*), aplikasi *high-definition image* (seperti pengobatan dan penerbitan) dan perkembangan *video telephony* dan *videoconferencing*. Bandwidth sampai dengan 140 Mbit/s mungkin diperlukan, meskipun perkembangan algoritma kompresi yang lebih baik kemungkinan besar dapat mengurangi keperluan akan level bandwidth ini. Tetapi selain penyediaan bandwidth yang besar ini, diperlukan juga penyediaan switching dan processing yang memadai.
- **Sinkronisasi.** Koordinasi diperlukan untuk mempertahankan sinkronisasi antara video, sound dan data yang ditransmisikan melalui jaringan.
- **Laju informasi yang berbeda-beda.** Jaringan multimedia harus menyediakan dua tipe laju informasi, yaitu :
 - Tipe pertama, laju *isochronous*, yang kontinyu dan terus menerus. Tipe ini memungkinkan pertukaran informasi secara real time antara penghasil pesan dan pemakai. Dialog yang terjadi mungkin mengandung informasi teks, voice atau image. Laju informasi isochronous terdapat pada circuit jaringan switching untuk aplikasi seperti telephony dan videoconferencing.
 - Tipe yang kedua adalah *asynchronous*, dimana tipe ini bersifat *bursty*, dimana data tidak dikirim dengan aliran yang terus menerus. Kadang data yang dikirim sangat kecil, tetapi lain waktu sangat besar. Laju asynchronous diterapkan pada layanan komunikasi data pada jaringan packet switching, dimana data dipisahkan ke dalam paket-paket sebelum dikirim.

- **Variable demand.** Permintaan terhadap bandwidth tidaklah tetap. Mungkin kecil bila user mengirimkan teks, tapi mencapai puncak bila yang dikirim adalah informasi video. User tidak ingin membayar penggunaan kontinyu dari circuit yang dapat membawa data dengan kecepatan tinggi secara terus menerus. Infrastruktur wide area network perlu menyediakan secara tepat dan cepat bandwidth yang diperlukan serta subyek untuk pentarifan bandwidth dengan billing yang fleksible.

Higher layer dari sistem komunikasi multimedia dapat dibagi menjadi dua, yaitu : subsistem aplikasi dan subsistem transport.

4.5.1 Subsistem Aplikasi

Infrastruktur jaringan workstation dan PC yang ada sekarang dan keberadaan audio dan video pada end-point, membuat manusia mudah untuk bekerja sama dan menjembatani ruang dan waktu. Dengan cara ini, hubungan jaringan dan integrasi multimedia end-point menyediakan kepada pemakai, lingkungan collaborative computing yang dikenal dengan Computer-Supported Cooperative Work (CSCW). Pada collaborative computing terdapat banyak peralatan (tools) seperti : surat elektronik, *bulletin board*, *screen sharing tools*, *text-based conferencing system* (seperti *Internet Relay Chat*), *telephone conference system*, *conference room* dan *video conference system*.

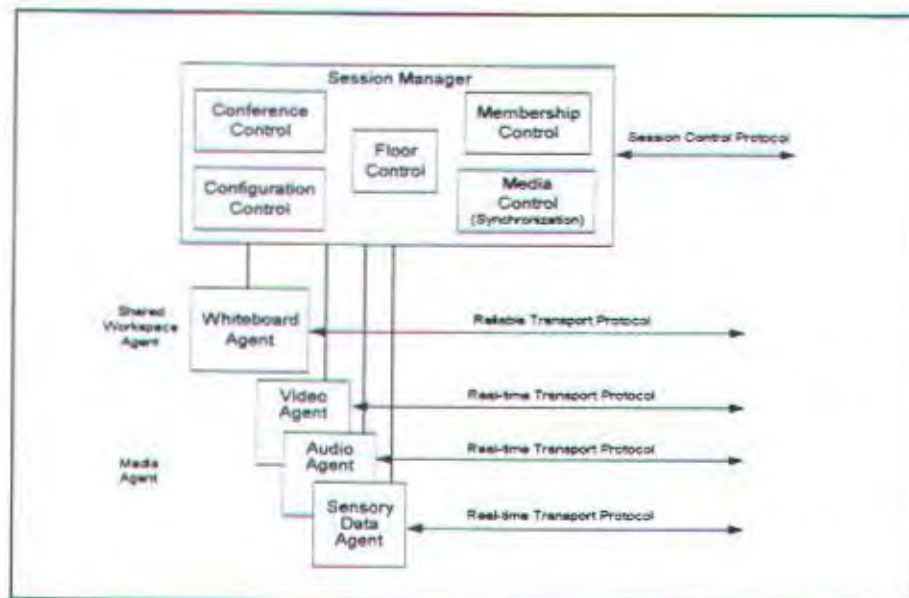
4.5.1.1 Session Management

Session management adalah bagian yang penting dari arsitektur komunikasi multimedia, yang merupakan bagian inti yang memisahkan kontrol yang diperlukan selama transport dari transport yang sesungguhnya.

4.5.1.1.1 Arsitektur

Arsitektur session management dibentuk disekitar kesatuan -session manager- yang memisahkan kontrol dari transport. Dengan membuat session manager yang dapat digunakan kembali yang terpisah dari interface pemakai, peralatan conference-oriented menghindari duplikasi usahanya. Arsitektur yang mungkin dari session control ditunjukkan pada gambar 4.4. Arsitektur session control terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

- **Session manager.** Session manager mencakup fungsi-fungsi lokal dan remote. Fungsi lokal mencakup : (1) *membership control management*, seperti autentikasi peserta atau interface pemakai yang terkoordinasi; (2) *control management* untuk shared workspace, seperti *floor control*; (3) *media control management*, seperti komunikasi antar media agent atau sinkronisasi; (4) *configuration management*; (5) *conference control management*, seperti pembangunan, modifikasi dan menutup sebuah conference. Sedangkan fungsi remotenya adalah berkomunikasi dengan session manager yang lain untuk menukar informasi keadaan session yang mencakup informasi floor, informasi konfigurasi dan lain-lain.
- **Media Agents.** Media agent terpisah dari session manager dan ia bertanggung jawab pada penentuan khusus dari tiap tipe media. Setiap agen membentuk mekanisme kontrolnya sendiri melalui media terbagi, seperti mute, unmute, perubahan kualitas video, mulai mengirim, berhenti mengirim dan lain-lain.
- **Shared Workspace Agent.** Shared workspace Agent mentransmisikan shared object (seperti koordinat telepointer, objek grafik atau teks) diantara aplikasi terbagi (shared applications).

Gambar 4.4⁶⁾

ARSITEKTUR SESSION CONTROL

4.5.1.1.2 Control

Tergantung dari fungsi yang diperlukan oleh aplikasi dan disediakan oleh session control, beberapa mekanisme kontrol disediakan dalam session management :

- **Floor Control.** Floor control digunakan untuk menyediakan akses ke shared workspace. Juga untuk memelihara konsistensi data (social protocol). Sedangkan pada real-time video, floor control sering digunakan untuk mengontrol penggunaan bandwidth. Mekanisme floor control adalah alat level-rendah yang digunakan untuk menjalankan *floor policies*. Floor policy menjelaskan bagaimana peserta meminta floor dan bagaimana floor dibentuk (assigned) dan dilepas (released).
- **Conference Control.** Conference control digunakan pada aplikasi conferencing.

⁶⁾ Steinmetz Ralf, Op-cit, hal 398

- *Media Control*. Media control meliputi fungsionalitas, seperti sinkronisasi aliran media.
- *Configuration Control*. Configuration control meliputi kontrol kualitas media, penanganan QoS, penyediaan resource dan komponen sistem lainnya untuk menyediakan sebuah session sesuai dengan kebutuhan pemakai. Kontrol ini mungkin penyediaan layanan seperti : negosiasi dan renegosiasi kualitas media.
- *Membership Control*. Membership control mencakup layanan, seperti : *invitation* pada sebuah session, *registration* ke dalam session, *modification* membership selama session dan lain-lain.

4.5.2 Subsistem Transport

Pada bagian ini akan dijelaskan ikhtisar tentang protokol jaringan dan transport serta fungsionalitasnya yang digunakan untuk transmisi multimedia. Protokol-protokol tersebut kemudian dievaluasi untuk menentukan kesesuaiannya untuk tugas tersebut.

4.5.2.1 Kebutuhan

Aplikasi multimedia yang tersebar menambahkan kebutuhan baru dalam perancangan aplikasi, seperti protokol jaringan dan perancangan sistem. Analisa didasarkan pada kebutuhan yang sangat diperlukan untuk transmisi multimedia.

4.5.2.1.1 Kebutuhan Aplikasi dan Pemakai

Aplikasi multimedia yang terhubung ke jaringan telah memaksakan kebutuhan baru pada penanganan data pada computing dan komunikasi karena aplikasi tersebut memerlukan hal-hal seperti tersebut di bawah ini.

- *Data Throughput*. Audio dan video memerlukan data throughput yang tinggi walaupun dalam mode terkompres.
- *Fast Data Forwarding*. Fast data forwarding memaksakan masalah pada end-system dimana bila terdapat beberapa aplikasi berbeda pada end-system yang sama dan masing-masing memerlukan perpindahan data dari daerah normal, transmisi data bebas kesalahan. Tapi biasanya dengan sistem komunikasi yang lebih cepat dapat mentransfer paket data, sehingga delay transmisi dapat ditekan.
- *Service Guarantees*. Aplikasi multimedia yang tersebar memerlukan layanan *Service Guarantees*. Untuk mencapainya, harus menggunakan resource management.
- *Multicasting*. Multicasting penting untuk aplikasi multimedia tersebar karena adanya sharing resource seperti bandwidth jaringan dan pemrosesan protokol komunikasi pada end-system.

4.5.2.1.2 Keterbatasan Protokol dan Pemrosesan

Protokol komunikasi mempunyai beberapa keterbatasan yang perlu diperhitungkan bila ingin memasang kebutuhan aplikasi pada system platform.

Aplikasi multimedia umum tidak memerlukan pemrosesan audio dan video untuk dibentuk oleh aplikasi itu sendiri. Dalam beberapa kasus, kebutuhan data media kontinyu dapat terpenuhi dengan baik bila mengambil jalan terdekat yang mungkin melalui sistem, misalnya menggandakan langsung data dari adapter ke adapter dan program hanya mengeset switch yang benar untuk laju data dengan menghubungkan source dengan sink.

Protokol melibatkan banyak sekali perpindahan data karena struktur layer dari arsitektur komunikasi. Tapi penduplikatan data mahal dan menjadi hambatan, karena itu mekanisme yang lain untuk manajemen buffer harus ditemukan.

4.5.2.2 Transport Layer

Untuk mendukung transmisi multimedia, protokol transport harus mempunyai keistimewaan baru dan menyediakan fungsi-fungsi : *timing information*, *semi-reliability*, *multicasting*, mekanisme *error recovery* berbasis NAK (*None-AcKnowledgment*) dan *rate control*.

Pertama-tama akan ditunjukkan protokol transport seperti TCP dan UDP yang digunakan pada protokol Internet untuk transmisi multimedia dan kemudian akan dianalisa protokol transport baru muncul seperti RTP, XTP dan protokol lainnya yang sesuai untuk multimedia.

4.5.2.2.1 Internet Transport Protokol

Protokol internet mencakup dua tipe protokol transport, yaitu :

- *Transmission Control Protocol*. TCP menyediakan communication path atau kanal virtual yang serial, *reliable* diantara pemrosesan pertukaran aliran byte yang full-duplex. Setiap proses diasumsikan bertempat pada internet host yang diidentifikasi dengan alamat IP. Setiap proses mempunyai nomor logika, port full-duplex melalui dimana dapat di set up dan digunakan sebagai koneksi TCP full-duplex. Dalam transmisi datanya TCP menggunakan menggunakan positif acknowledgement dan retransmission pada saat timeout. Aplikasi Multimedia tidak selalu memerlukan koneksi full-duplex untuk membawa media kontinyu.

Sedangkan positive acknowledgement menyebabkan biaya yang besar karena semua paket dikirim pada laju yang tetap. Strategi yang lebih baik adalah dengan menggunakan negative acknowledgement. Sehingga, TCP tidak sesuai untuk transmisi audio dan video yang real time. TCP didesign sebagai protokol transport untuk aplikasi yang tidak real time seperti transfer file dimana protokol tersebut mempunyai keandalan yang paling baik.

- *User Datagram Protocol (UDP)*. UDP adalah perluasan yang sederhana dari protokol jaringan internet IP yang mendukung multipleksing pertukaran datagram antara pasangan internet host. Ia hanya menawarkan multipleksing dan pemeriksaan. Protokol yang levelnya lebih tinggi yang menggunakan UDP harus menyediakan sendiri retransmisi, paketisasi, reassembly, flow control dan penghindaran kongesti. Banyak aplikasi multimedia yang menggunakan protokol ini karena ia menyediakan beberapa tingkatan transport real time, walaupun kehilangan PDU mungkin terjadi. Umumnya UDP tidak sesuai untuk aliran media kontinyu karena tidak menyediakan pembentukan koneksi sehingga jaminan layanan yang berbeda tidak dapat disediakan.

4.5.2.2.2 Real-time Transport Protocol

RTP adalah protokol end-to-end yang menyediakan transport jaringan yang sesuai untuk aplikasi transmisi data real-time seperti data audio, video atau simulasi melalui layanan jaringan multicast atau unicast. RTP terutama dirancang untuk memenuhi kebutuhan akan conference multimedia multi-party, tapi tidak terbatas pada aplikasi tersebut. RTP bekerja sama dengan RTCP (RTP-Control Protocol) untuk

membawa informasi tentang peserta di dalam conference. RTP menyediakan fungsi-fungsi seperti penentuan *encoding media*, *sinkronisasi*, *framing*, deteksi error, *encryption*, *timing* dan *source identification*. RTCP digunakan untuk memonitor QoS dan untuk membawa informasi tentang peserta.

RTP tidak mengalokasikan reservasi resource dan tidak menjamin QoS untuk layanan real-time. Hal ini berarti ia tidak menyediakan mekanisme untuk memastikan pengiriman data secara berkala atau tidak menjamin pengiriman, tetapi mempercayakannya pada layanan layer yang lebih rendah. Juga dia tidak menjamin pengiriman atau mencegah pengiriman yang rusak dan mengasumsikan bahwa jaringan pokok reliabel dan mengirim paket secara berurutan. RTP header membawa nomor urut data yang memungkinkan end-system untuk merekonstruksi urutan paket dari pengirim.

4.5.2.2.3 Xpress Transport Protocol (XTP)

XTP dirancang untuk menjadi protokol yang efisien dilihat dari jumlah ratio kesalahannya yang rendah dan kecepatan yang lebih tinggi dari jaringan yang ada sekarang. XTP menggabungkan fungsionalitas protokol jaringan dan transport agar mempunyai kontrol lebih melalui jaringan dimana mereka beroperasi. XTP diharapkan berguna pada lingkungan yang berbeda-beda, dari sistem kontrol real-time sampai prosedur panggilan jarak jauh dalam sistem operasi tersebar dan database tersebar sampai transfer data penting. Untuk kegunaan ini didefinisikan enam tipe layanan, yaitu : koneksi, transaksi, *unacknowledgement datagram*, *acknowledgement datagram*, *isochronous stream* dan *bulk data*. Untuk *flow control*, XTP menggunakan

sliding window atau *rate-based flow control*. Untuk meningkatkan flow-control window, XTP menggunakan mekanisme gabungan antara *cumulative acknowledgement* dan *selective acknowledgement*, dengan *run-length encoding*.

Retransmisi data paket diaktifkan dengan kedatangan laporan status (status report) yang menunjukkan kehilangan data. Laporan status diminta dan timer mengontrol lama respon dari permintaan tersebut. Setelah waktunya habis dan laporan status tidak diterima, laporan status baru dikirim, dan XTP memasuki *synchronization handshake*, dimana pengiriman semua data berikutnya dihentikan sampai status yang benar diterima. Karena itu, XTP tidak akan mentransmisikan kembali paket data tanpa indikasi positif bahwa paket yang dikirim belum diterima.

XTP mempunyai beberapa keistimewaan yang sesuai dengan kebutuhan dari komunikasi multimedia, seperti :

- XTP menyediakan *connection-oriented transport* dan transmisi jaringan, sehingga memberikan keuntungan untuk memetakan XTP pada jaringan ATM dan menggunakan bandwidth yang ada pada jaringan ATM.
- Layanan transport yang lain disediakan : *connection-mode*, *connectionless-mode* dan *transaction-mode*. Yang paling penting adalah merupakan pembangunan hubungan yang cepat untuk layanan *tele-transaction*.
- Manajemen kesalahan yang fleksibel memungkinkan untuk mematikan mekanisme pentransmisiian kembali yang berguna untuk aplikasi multimedia.
- XTP mempunyai flow control berbasis laju (*rate-based flow control*) yang memungkinkan untuk penyediaan mekanisme yang tepat untuk penyiapan bandwidth dan throughput bila permintaan QoS dikirim.

Masalah pada RTP untuk mendukung transmisi media kontinyu adalah :

- RTP dirancang untuk diimplementasikan pada VLSI untuk memperoleh keandalan yang tinggi. Kebanyakan implementasi RTP saat ini dikerjakan dalam software dimana keandalannya sangat rendah untuk transmisi aliran media kontinyu.
- Bila waktu perputaran pada jaringan pokok sering berfluktuasi, RTP secara terus menerus memasuki *synchronizing handshake* yang sangat tidak diinginkan dalam jaringan kecepatan tinggi dan untuk transmisi media kontinyu.
- RTP mempunyai header yang besar, yaitu 44 byte. Sebagai contoh, bila aliran audio dengan ukuran paket 160 byte (atau lebih kecil untuk penkodean audio terkompresi) ditransmisikan, header mewakili 27% dari isi body yang lebih dari sekedar gangguan.
- *Discrimination* dan *identification source* tidak ada pada RTP. Keistimewaan ini penting untuk alasan keamanan dan autentikasi.
- Internetworking dengan protokol lainnya tidak dapat dilakukan untuk menyediakan penanganan QoS dan penyediaan resource.

4.5.2.2.4 Protokol Transport Lainnya

Beberapa protokol transport yang dirancang untuk digunakan pada transmisi multimedia adalah :

- *Tenet Transport Protocol*. Protokol Tenet sesuai untuk transmisi multimedia yang dikembangkan oleh Tenet Group di University of California di Berkeley. Protokol transport dalam susunan protokol ini adalah *Real-time Message Transport Protocol* (RMTP) dan *Continous Media Transport Protocol* (CMTP) yang berjalan

diasas *Real-time Internet Protocol (RTIP)*. RMTP menyediakan connection-oriented, performance-guaranteed, pengiriman pesan unreliable. Pada protokol ini tidak terdapat manajemen koneksi dan reliable delivery melalui retransmisi. Karena itu, fungsi utama transport layer adalah flow control dan fragmentation dan reassembly pesan. CMTP dirancang untuk mendukung transport trafik jaringan periodik dengan jaminan keandalan. RMTP dan CMTP menyediakan transmisi media kontinyu dan data, tapi mematuhi administrasi resource yang dikerjakan oleh *Real-time Channel Administration Protocol (RCAP)* yang menyediakan reservasi resource, penanganan QoS dan admission.

- *Heidelberg Transport System (HeiTS)*. HeiTS adalah sistem transport untuk komunikasi multimedia yang dikembangkan oleh IBM European Networking Center (ENC), Heidelberg. HeiTS menyediakan transport kasar multimedia melalui jaringan. Ia menggunakan *Heidelberg Continuous media Realm (HeiCoRe)* yaitu lingkungan real-time untuk menangani data multimedia. Penggunaan bersama HeiCoRe dan HeiTS adalah untuk menyediakan jaminan layanan selama transmisi multimedia. HeiCoRe mencakup *Heidelberg Resource Administration Technique (HeiRAT)*, sebuah subsistem yang memanajemen resource.
- *METS : A Multimedia Enhanced Transport Service*. METS adalah layanan transport multimedia yang dikembangkan di University of Lancaster, yang berjalan di puncak jaringan ATM. Protokol transport ini menyediakan layanan komunikasi connection-oriented yang dipesan dan keistimewaan alokasi resource yang didasarkan pada spesifikasi QoS pemakai. Ini memungkinkan pemakai untuk memilih upcall untuk notifikasi data korup dan hilang pada penerima dan juga

memungkinkan pemakai untuk menegosiasi kembali level QoS. Protokol ini menggabungkan buffer sharing, regulasi laju, scheduling dan modul untuk memonitor laju dasar untuk menyediakan layanan yang berbeda seperti layanan yang dijamin dengan deterministic QoS, batas statistical QoS dan layanan usaha yang terbaik.

4.5.3 Konsep dan Arsitektur

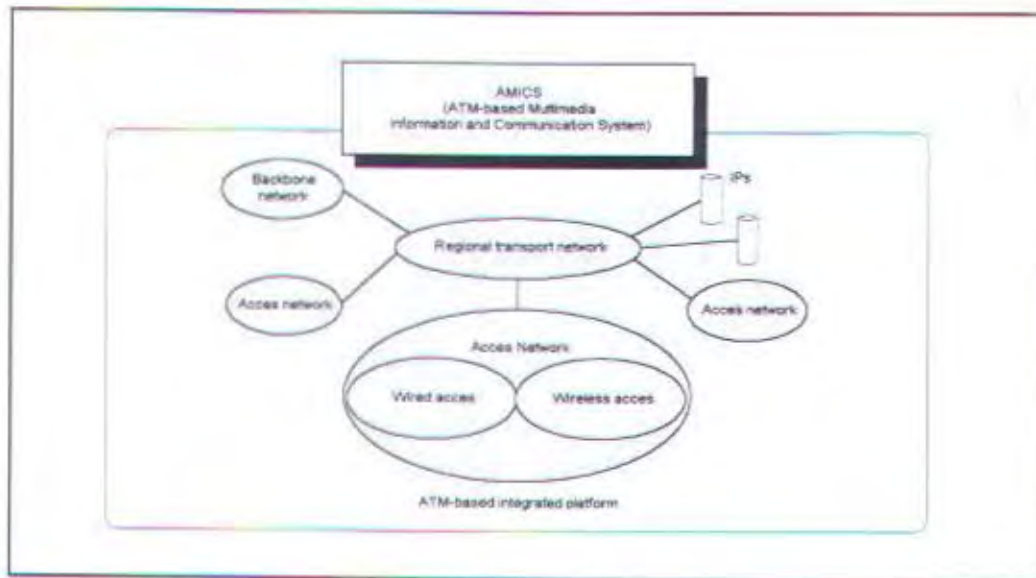
Sistem komunikasi multimedia ditujukan untuk menyediakan infrastruktur telekomunikasi dan informasi abad berikutnya. Karena itu, sistem komunikasi ini mendukung semua layanan multimedia secara penuh, termasuk CATV dan VOD, dapat dikatakan layanan komunikasi bidirectional broadband.

Seperti ditunjukkan pada gambar 4.5, sistem komunikasi multimedia yang akan dibahas ini adalah stasiun terintegrasi berbasis ATM yang menggabungkan jaringan akses kabel, jaringan akses tanpa kabel, jaringan transport regional dan jaringan backbone, walaupun pada pembahasan ini menfokuskan pada jaringan akses dan jaringan transport regional. Gambar 4.6 menunjukkan konfigurasi jaringan sistem komunikasi multimedia berbasis ATM.

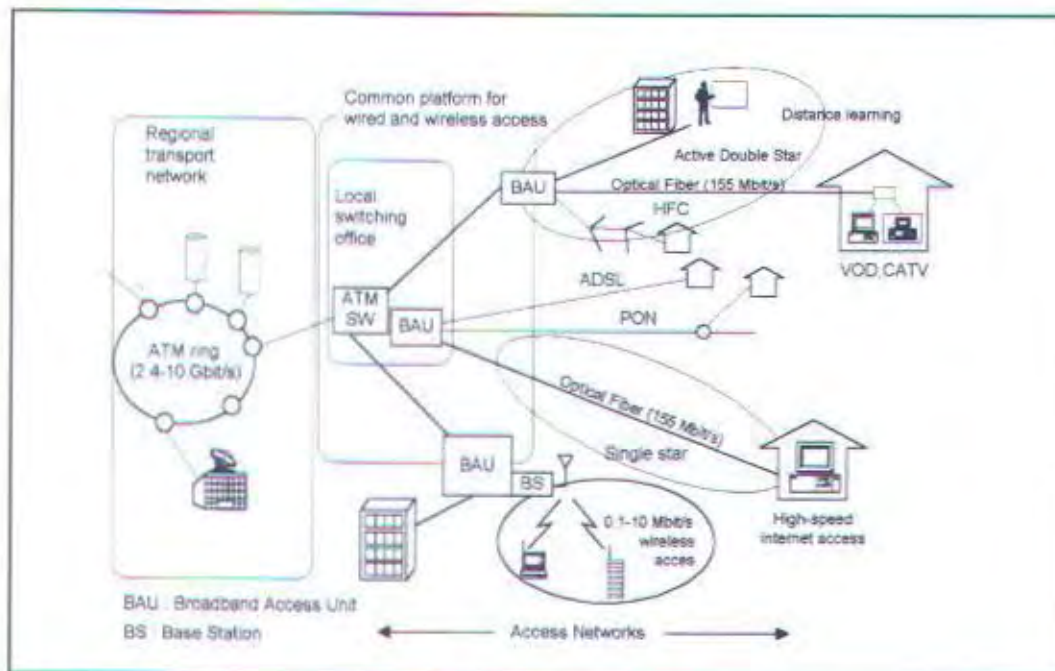
Keunggulan dari sistem komunikasi multimedia adalah seperti dibawah :

- Jaringan akses yang berbasis active double star.

Seperti telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya, jaringan FTTH berbasis ADS merupakan sistem yang paling sesuai untuk menyediakan layanan multimedia.

Gambar 4.5⁷⁾

KONSEP DASAR SISTEM KOMUNIKASI MULTIMEDIA BERBASIS ATM

Gambar 4.6⁸⁾

KONFIGURASI JARINGAN SISTEM KOMUNIKASI MULTIMEDIA

7) Tomoro Ishihara, Op-cit, hal 68

8) Ibid

Karena itu, jaringan akses tipe ini dipilih untuk sistem komunikasi multimedia. Dalam sistem komunikasi multimedia, broadband access unit (BAU), kata lain yang menunjuk pada RT, diletakkan dekat subscriber. BAU melakukan multiplexing, demultiplexing dan konsentrasi berbasis ATM. Fungsi ini ditambah untuk meyakinkan akomodasi paling efisien dari saluran subscriber.

- Service support functions.

Sebagai tambahan untuk fungsi dasar basis ATM yang dijelaskan di atas, BAU juga melaksanakan service support function. Service support function dapat mencakup pemilihan kanal dan multicasting berbasis ATM untuk layanan CATV dan TCP/IP melalui ATM support function untuk akses Internet.

- Stasiun terintegrasi untuk akses kabel dan tanpa kabel (wireless)

Layanan multimedia diharapkan dapat menyediakan tidak hanya melalui media kabel (fiber optik, kabel koaksial dan twisted pair), tapi juga melalui interface radio. Untuk mendukung akses multimedia dengan kabel dan tanpa kabel, sistem komunikasi multimedia akan bertindak sebagai stasiun biasa (common platform) untuk kedua sistem.

- Mendukung evolusi jaringan

Walaupun FTTH berbasis ADS adalah yang terbaik yang dapat menyediakan semua layanan multimedia, keefektifan biaya dari HFC dan jaringan akses broadband PON akan dikembangkan menjadi sistem FTTH berbasis ADS. Dengan Sistem Komunikasi Multimedia, fungsi BAU adalah mendukung evolusi jaringan ini.

- Transport regional menggunakan jaringan ring berbasis ATM

Karena penggunaan layanan broadband menjadi semakin tersebar luas, trafik dibuat untuk melintasi beberapa jaringan akses. Sistem komunikasi multimedia menawarkan jaringan transport regional untuk membawa trafik jaringan antar akses ini menggunakan jaringan ring berbasis ATM.

- Seamless Networking

Generasi berikut dari sistem komunikasi akan perlu untuk menyediakan banyak layanan, banyak metode akses dan banyak protokol. ATM merupakan kunci yang memungkinkan untuk membuat jaringan komunikasi yang heterogen. Dengan kata lain, sistem komunikasi multimedia akan merealisasi jaringan seamless berbasis ATM.

4.5.4 Fungsi Dasar BAU dan Jaringan Berbasis ADS

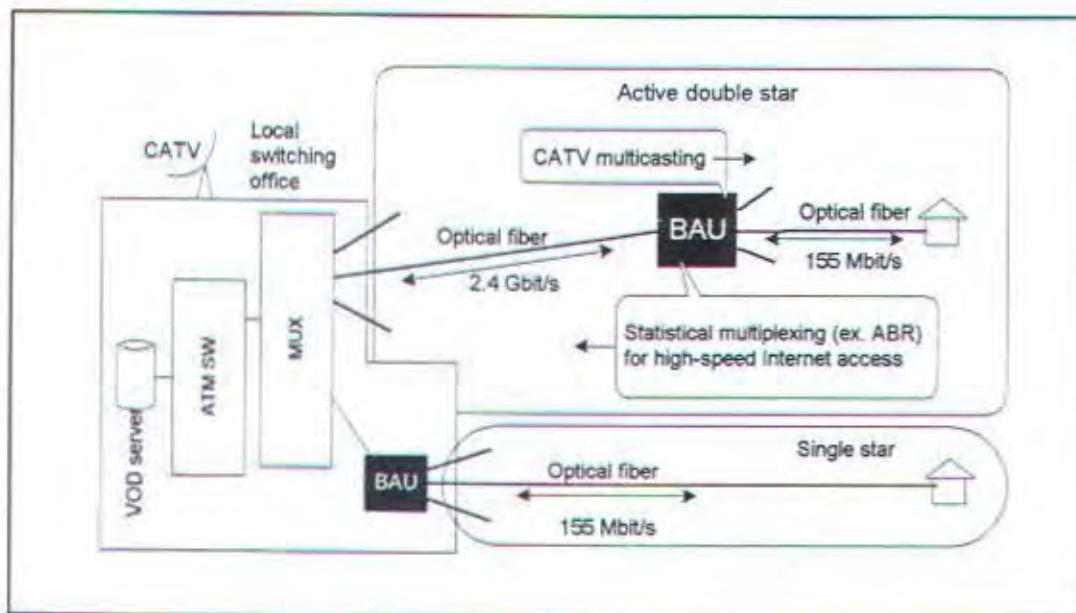
Biasanya sistem komunikasi multimedia menempatkan BAU antara kantor switching lokal dan pelanggan, membentuk jaringan active double star, seperti ditunjukkan pada gambar 4.7. Kadang-kadang, karena keterbatasan ruangan instalasi, BAU ditempatkan di dalam kantor switching, yang membentuk jaringan single star (SS).

Sistem Komunikasi Multimedia menyediakan sambungan bidirectional 155 Mbit/s kepada semua pelanggan. Sambungan ini akan digunakan sebagai berikut :

- 1) CATV dan VOD menggunakan lebih dari 6 Mbit/s dari down link setiap kanal pada level NTSC, atau lebih dari 20 Mbit/s pada level HDTV.

- 2) *Distance learning* dan *video conferencing* menggunakan 1.5 sampai 6 Mbit/s dari up dan down link tiap session.
- 3) Multimedia database servers menggunakan 1 sampai 6 Mbit/s dari up link untuk mentransmisikan data kepada user.

Layanan 3) akan disediakan oleh banyak user bisnis dan residential, khususnya yang memberikan pertumbuhan yang besar dalam trafik internet dan jumlah dari site world wide web (WWW). Peningkatan yang cepat dari harga keandalan personal computer dan workstation lebih jauh mendorong trend ini. Penggunaan secara simultan dari layanan 1 sampai 3 diatas, memerlukan kemampuan dari saluran bidirectional untuk menangani bitrate puncak 100 Mbit/s.



Gambar 4.7⁹⁾

JARINGAN SINGLE STAR DAN ACTIVE DOUBLE STAR

⁹⁾ Ibid, hal 69

Selanjutnya, cenderung bahwa perbedaan antara user bisnis dan residential menjadi semakin sulit untuk ditentukan, selanjutnya platform telekomunikasi seharusnya sama baik untuk user bisnis maupun residential. Lagipula, platform harus dapat menangani pertukaran daerah dari penggunaan bisnis utama ke residential atau kebalikannya, sebaik mendukung bisnis yang kecil. Karena itu sistem komunikasi multimedia harus menyediakan 155 Mbit/s saluran bidirectional untuk tiap subscriber.

BAU yang diusulkan mempunyai fungsi-fungsi dasar :

1. 155 Mbit/s saluran bidirectional untuk tiap subscriber. BAU menyediakan saluran bidirectional 155 Mbit/s untuk tiap subscriber, melalui sebuah fiber optik seperti yang dijelaskan di atas.
2. Hubungan SCV dan PVP. BAU menyediakan hubungan switched virtual channel (SVC) untuk CATV, VOD dan layanan komunikasi bidirectional broadband. BAU juga menyediakan hubungan permanent virtual path (PVP) untuk menyediakan leased line untuk user bisnis.
3. Heterogen interface. Saat ini, FTTH berbasis ADS agak lebih mahal daripada ADSL, HFC dan broadband PON tergantung dari harga saluran optik 155 Mbit/s. Bagaimanapun, harga dari saluran optik diharapkan jatuh dengan munculnya teknologi LSI dan penggunaan yang meningkat dari saluran optik 155 Mbit/s untuk workstation dan personal komputer. Sampai saluran optik menjadi cukup ekonomis, bagaimanapun, jaringan ADSL, HFC dan PON menyediakan solusi short term terbaik. Untuk memungkinkan jaringan berkembang menjadi sistem FTTH berbasis ADS, BAU menyediakan multiple interface (heterogeneous interface accomodation), menggunakan plug-compatible interface card.

4.5.5 Fungsi Yang Didukung Layanan BAU

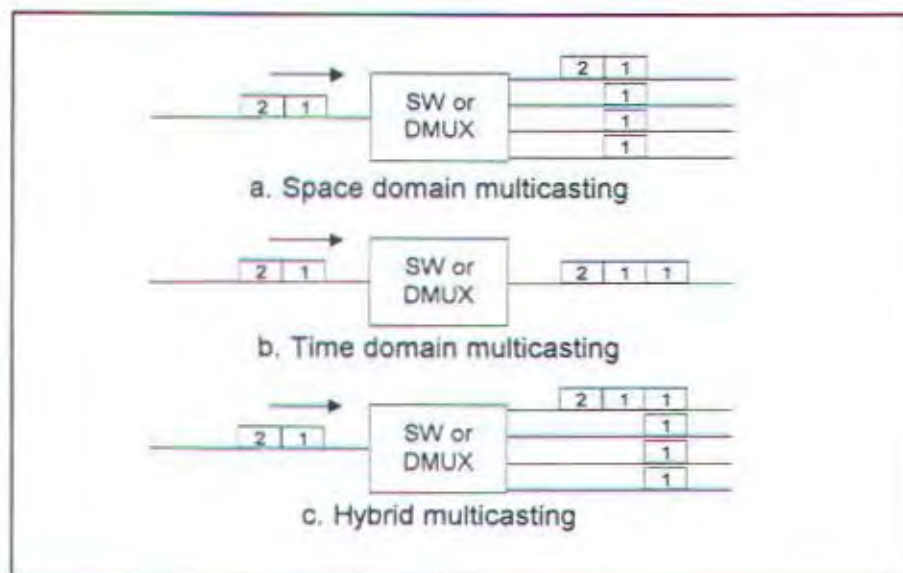
Layanan BAU mendukung layanan CATV yang semakin digemari dan juga layanan komunikasi dengan kecepatan tinggi.

4.5.5.1 Mendukung Layanan CATV

Pendistribusian layanan CATV dapat disediakan oleh BAU dengan cara hybrid multicasting ataupun pemilihan kanal dengan menggunakan hardware.

4.5.5.1.1 Hybrid Multicasting

CATV akan terus menjadi hiburan yang populer sampai akhir dekade mendatang. Fungsi multicast berbasis ATM merupakan cara yang sangat tangguh untuk menyediakan pendistribusian CATV melalui jaringan yang berbasis ATM.



Gambar 4.8¹⁰⁾

TIPE MULTICASTING

¹⁰⁾ Ibid, hal 70

Ada dua macam multicasting. Salah satunya disebut dengan *space domain multicasting* (SD-multicasting) dan yang lain disebut dengan *time domain multicasting* (TD-multicasting). Kedua multicasting tersebut ditunjukkan oleh gambar 4.8 (a) dan 4.8 (b).

Pada SD-multicasting, aliran ATM yang sama dikirimkan kepada beberapa pelanggan. Pada TD-multicasting, aliran ATM yang asli diperbanyak menjadi beberapa aliran ATM pada interface. SD-multicasting digunakan untuk mengirimkan sebuah program video secara langsung kepada beberapa pelanggan, sedangkan TD-multicasting digunakan untuk mendistribusikan program yang diperbanyak kepada pelanggan. BAU mendukung baik SD maupun TD multicasting. Teknologi ini disebut dengan hybrid multicasting, yang ditunjukkan oleh gambar 4.8 (c).

4.5.5.1.2 Pemilihan Kanal CATV Berdasarkan Perangkat Keras

Sistem komunikasi multimedia menyediakan program video CATV digital melalui kanal virtual (VC). BAU melakukan routing VC yang sesuai dari interface intra-switch 2,4 Gbit/s ke setiap 155 Mbit/s interface pelanggan. Karena itu, permintaan kanal CATV dari pelanggan menyebabkan perubahan dalam routing VC, atau penulisan kembali tabel routing VC pada BAU. Karena adanya kemungkinan ratusan permintaan dari pelanggan datang secara simultan, implementasi berdasarkan firmware/mikroprosesor conventional tidak sesuai karena akan menyebabkan waktu untuk pemrosesan. Untuk mendapatkan respon waktu yang sama cepat dengan TV conventional (tidak lebih dari sekitar 0,3 ms), mekanisme kanal seleksi berbasis perangkat keras harus disediakan di BAU.

4.5.5.2 Mendukung Layanan Komunikasi Data High-Speed

Saat ini, pemakai telah mempunyai akses pada saluran telepon konvensional atau saluran ISDN narrowband. Bagaimanapun, kecepatan saluran yang mungkin (10 kbit/s sampai 128 kbit/s) adalah lebih rendah daripada kecepatan saluran yang disediakan oleh LAN (kecepatan efektif Ethernet adalah sekitar 1 Mbit/s setiap terminal). Generasi berikutnya dari jaringan publik harus dapat menyediakan akses internet yang mempunyai kecepatan seperti LAN. Untuk menyediakan akses Internet dengan kecepatan tinggi, lebih dari 1 Mbit/s, jaringan akses publik harus menyediakan fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. **Kelas layanan ABR.** Trafik akses internet sangatlah "bursty". Contohnya adalah yang terjadi pada WWW. Sebuah terminal akan memerlukan sebuah saluran dengan kecepatan lebih dari 1 Mbit/s saat file gambar dengan ukuran besar sedang diterima. Sedangkan pada saat pemakai melihat gambar tersebut, tidak digunakan bandwidth sedikitpun.

Untuk menampung trafik bursty, sebuah kelas koneksi baru yang menawarkan peningkatan multipleks yang tinggi secara statistik sedang dikembangkan. Kelas koneksi ini disebut dengan available bit rate (ABR). ABR menggunakan mekanisme kontrol kongesti atau laju untuk membagi bandwidth secara dinamis diantara koneksi-koneksi. Penggunaan kelas layanan ABR memungkinkan akses Internet kecepatan tinggi melalui jaringan ATM publik.

2. **Koneksi IP melalui jaringan ATM publik.** Internet Protocol (IP) merupakan Internet Protocol yang paling banyak digunakan. Untuk menyediakan koneksi IP ke pemakai individu yang tidak mempunyai akses ke LAN, jaringan publik harus

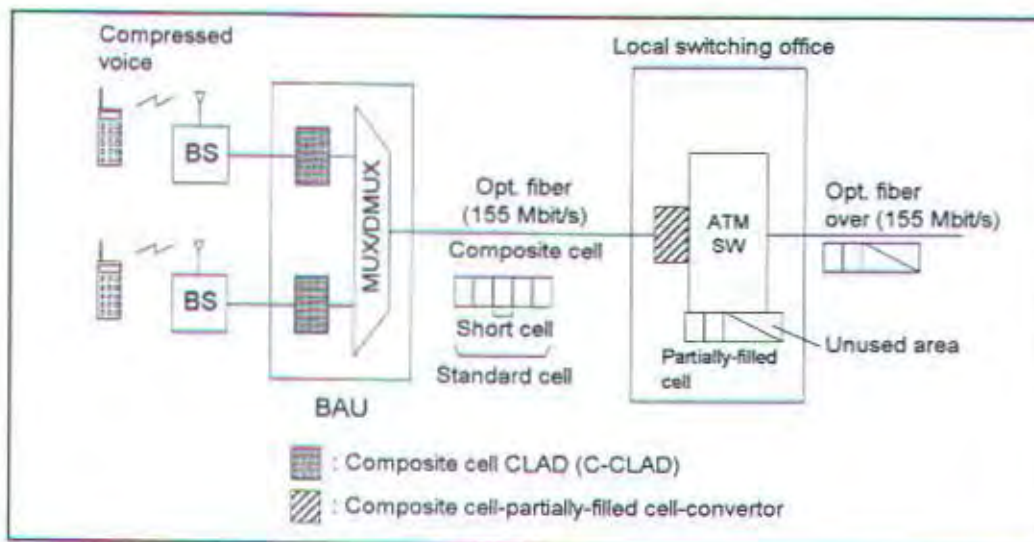
mendukung resolusi alamat IP dan fungsi routing IP. Saat ini penyedia Internet komersial menggunakan komputer host mereka dan/atau IP router untuk memungkinkan fungsi ini. Hal itu masih merupakan pemecahan yang masuk akal yang diberikan pada keadaan sekarang. Sayangnya, saat mereka perlu untuk menyediakan koneksi Internet kecepatan tinggi kepada ratusan atau ribuan pemakai secara simultan, router menjadi penghalang (bottleneck), karena routing dibangun oleh firmware atau software. Halangan ini dapat diatasi dengan metode penyediaan koneksi VC untuk setiap koneksi IP dan yang memungkinkan routing ATM berbasis hardware. Untuk membangun koneksi ATM end-to-end untuk koneksi sebuah koneksi berbasis TCP/IP, BAU mempunyai fungsi resolusi alamat yang menkonversi alamat-alamat IP dan alamat-alamat E.164 (nomor telepon publik).

4.5.6 Jaringan Akses Tanpa Kabel

Seperti telah dijelaskan, sistem komunikasi multimedia mendukung baik jaringan akses dengan kabel maupun tanpa kabel. Layanan akses tanpa kabel yang paling banyak digunakan adalah telepon mobile. Sistem telepon mobile digital menggunakan kompresi suara pada laju bit 13 kbit/s, 7,95 kbit/s dan 3,45 kbit/s, dimana PCM coding jaringan dengan kabel menggunakan 64 kbit/s. Untuk menggabungkan layanan telepon mobile kedalam sistem berbasis ATM, masalah delay pembangunan sel harus diatasi. Sebagai contoh, waktu yang diperlukan untuk memaketkan suara terkompresi pada 3,45 kbit/s kedalam 48 oktet sel ATM adalah 111 ms. Delay ini menyebabkan delay end-to-end lebih dari 218 ms, termasuk delay encoding/decoding suara 92 ms dan delay transmisi (untuk jarak 3000 km) 15 ms.

Delay sekitar 200 ms sangat terasa bagi pembicara dan pendengar, membuat pembicaraan menjadi sulit. Cara yang efektif untuk mengurangi delay pembangunan sel adalah dengan menggunakan format sel komposit untuk sel pendek dalam sel standar.

Seperti ditunjukkan pada gambar 4.9, BAU mengakomodasi base station dengan menggunakan sel komposit yang menangani sel *assembler* dan *disassembler* (C-CLAD). Paket C-CLAD mengompres suara kedalam sel pendek, kemudian memultipleksnya kedalam sel standar. Kemudian BAU mengirim sel komposit tersebut ke switch ATM pada kantor switching lokal. Pada tahap input switch, sel komposit dikonversi kedalam sejumlah sel *partially-filled*, yang memungkinkan switch ATM untuk merouting panggilan berbasis kompresi suara dengan cara yang sama dengan panggilan berbasis ATM lainnya.



Gambar 4.9¹¹⁾

LAYANAN TELEPON MOBILE MELALUI ATM

¹¹⁾ ibid, hal 72

Seperti telah dijelaskan diatas, salah satu teknik dapat digunakan untuk menangani suara terkompresi melalui ATM, yaitu dengan sel komposit dan sel partially-filled. Penggunaan sel komposite memaksimalkan penggunaan saluran transmisi tapi memerlukan C-CLAD, multiplexer dan switch sehingga lebih kompleks daripada yang diperlukan oleh sel ATM standar.

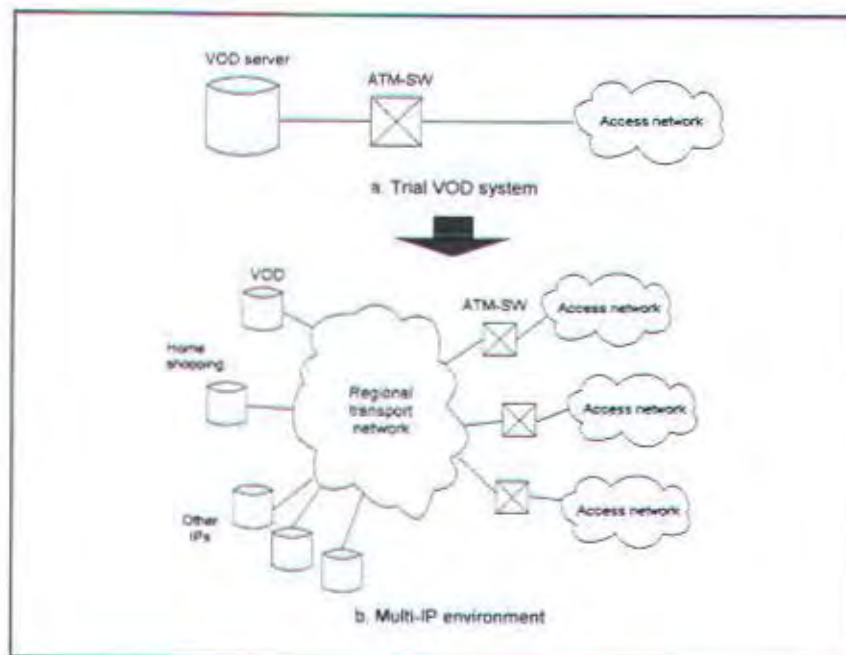
Bagaimanapun, sel partially-filled dapat ditangani dengan multiplexer ATM standar dan switch, tetapi laju penggunaan salurannya rendah. Penggunaan sel komposit dipilih untuk BAU karena laju penggunaan salurannya mempunyai pengaruh yang besar pada biaya sistem. Sedangkan untuk alasan ekonomis, sel partially-filled dipilih untuk digunakan pada ATM-SW karena ATM-SW standar sangat sesuai untuk sistem skala besar. Sistem komunikasi multimedia menggunakan metode-metode ini untuk menyediakan layanan telepon mobile.

International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) dan Radiocommunication Sector (ITU-R) telah mendiskusikan generasi ketiga dari sistem komunikasi mobile yang disebut dengan future public land mobile telecommunication systems (FPLMTS). Salah satu keunggulan dari FPLMTS adalah penyediaan link data kecepatan tinggi pada 2 Mbit/s. Beberapa riset lain juga telah selesai dilakukan untuk menguji kegunaan dari penyediaan 10 atau 100 Mbit/s link udara. Hasil yang telah dinaikkan dari riset ini akan diwujudkan pada sistem mobile masa depan yang menawarkan layanan multimedia broadband. Layanan yang ditawarkan mungkin termasuk video conferencing, video dispatching dan akses database multimedia. Layanan ini akan beroperasi pada bit rate daerah Mbit/s, memungkinkan mereka untuk menggunakan sel ATM standar tanpa mengakibatkan

delay pembangunan sel yang panjang. BAU juga mengakomodasi layanan broadband tanpa kabel ini ke dalam platform berbasis ATM.

4.5.7 Jaringan Transport Regional

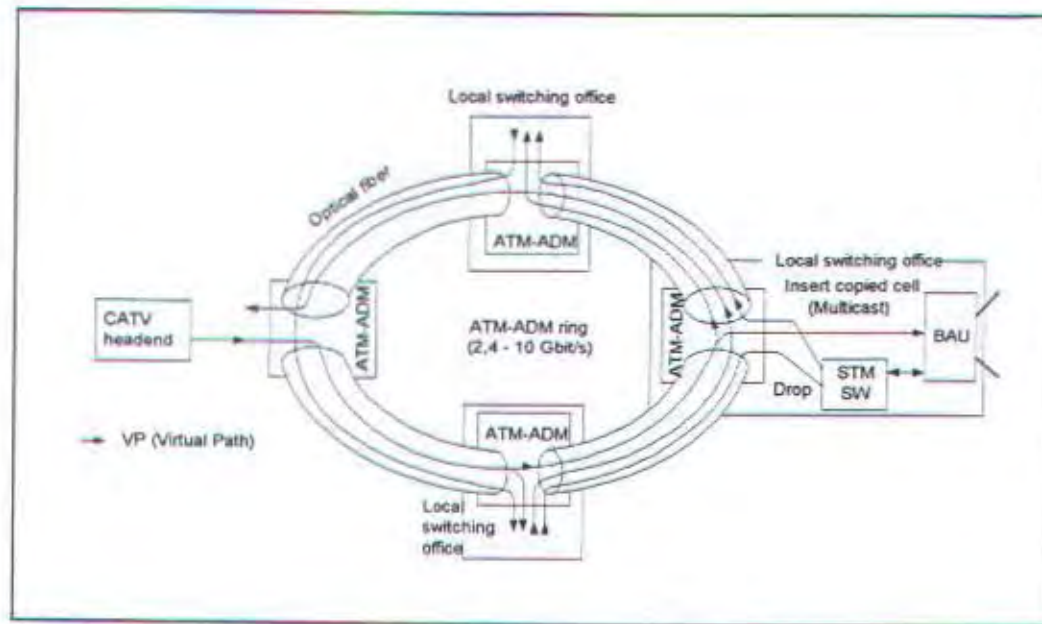
Saat ini, beberapa percobaan VOD sedang dilakukan. Pada percobaan ini, server VOD disambungkan langsung pada switch ATM dan daerah layanan dibatasi pada satu jaringan akses (gambar 4.10 (a)). Seiring dengan matangnya layanan VOD, daerah layanannya akan bertambah luas meliputi beberapa jaringan akses dan beberapa penyedia informasi (IP) (gambar 4.10 (b)). Jaringan transport regional akan memainkan peranan penting dalam menghubungkan IP yang tersebar secara geografis dan beberapa jaringan akses.



Gambar 4.10¹²⁾

EVOLUSI KEARAH LINGKUNGAN MULTI-IP

¹²⁾ ibid, hal 73.



Gambar 4.11¹³⁾

JARINGAN RING ATM UNTUK JARINGAN TRANSPORT REGIONAL

Situasi tersebut sama untuk layanan CATV. Pada akhirnya, penyedia-penyedia CATV dan jaringan-jaringan akses akan tersambung. Untuk memuaskan permintaan yang dijelaskan diatas, sistem komunikasi multimedia mendukung jaringan ring yang berbasis ATM yang menggunakan multiplexer add/drop berbasis ATM (ATM-ADM) untuk mengkonfigurasi jaringan transport regional (gambar 4.11).

Keunggulan dari jaringan ring ATM adalah sebagai berikut :

1. Fleksibel dan pembagian bandwidth. Add/drop berbasis VP pada ADM memungkinkan pembagian bandwidth secara fleksibel dalam link pada ring. Karena itu, bandwidth link antara kantor switching lokal dapat divariasi untuk menyesuaikan trafik, memungkinkan transmisi ekonomis dan efektifitas tinggi.

¹³⁾ ibid

2. Fungsi multicast untuk layanan broadcasting ATM-ADM adalah untuk melakukan *copy-and-drop* ring VP-VP, sehingga merealisasi multicasting yang memungkinkan distribusi CATV secara efektif.
3. Jaringan dual-ring dengan keandalan tinggi. Jaringan dual-ring mempunyai mekanisme loop-back untuk mengisolasi kegagalan. Hal ini membuat jaringan mempunyai keandalan yang tinggi.

4.5.8 Seamless Networking

Seamless networking menjelaskan bahwa keadaan dimana batas-batas antara layanan atau jaringan yang berbeda dapat dihilangkan. Sistem komunikasi multimedia akan mencapai seamless networking sebagai berikut :

1. *Layanan seamless*. Layanan seamless memperlihatkan tidak adanya batas antara layanan broadcasting dan komunikasinya. Sistem komunikasi multimedia merealisasikan keunggulan ini dengan menyediakan kedua layanan pada platform ATM yang sama.
2. *Seamless access*. Dengan akses seamless, tidak ada batas antara sistem akses dengan kabel dan tanpa kabel. Hal ini dicapai dengan menggunakan platform akses biasa berbasis ATM.
3. *Protocol seamless*. Ini secara tidak langsung merupakan penghilangan semua batas antara protokol jaringan publik dan protokol jaringan privat (LAN). Hal ini dicapai dengan menggunakan protokol berbasis ATM yang sama. Sebagai tambahan, sistem komunikasi multimedia menyediakan keunggulan fungsi pendukung koneksi

IP untuk memungkinkan penyediaan akses internet kecepatan tinggi seperti LAN untuk pemakai individu.

4.6 Sinkronisasi

Sinkronisasi merupakan proses yang berhubungan dengan waktu. Sinkronisasi pada sistem multimedia menunjukkan hubungan sesaat diantara objek media dalam sistem multimedia. Dimana objek media terdiri atas time-dependent dan time-independent. Objek media time-dependent ditunjukkan sebagai aliran media, dimana terjadi hubungan sesaat diantara unit yang berurutan. Bila lama penunjukkan untuk semua unit objek media time-dependent sama, maka objek tersebut disebut dengan objek media kontinyu. Contoh dari media kontinyu adalah video. Sedangkan objek media time-independent adalah media tradisional seperti teks dan gambar.

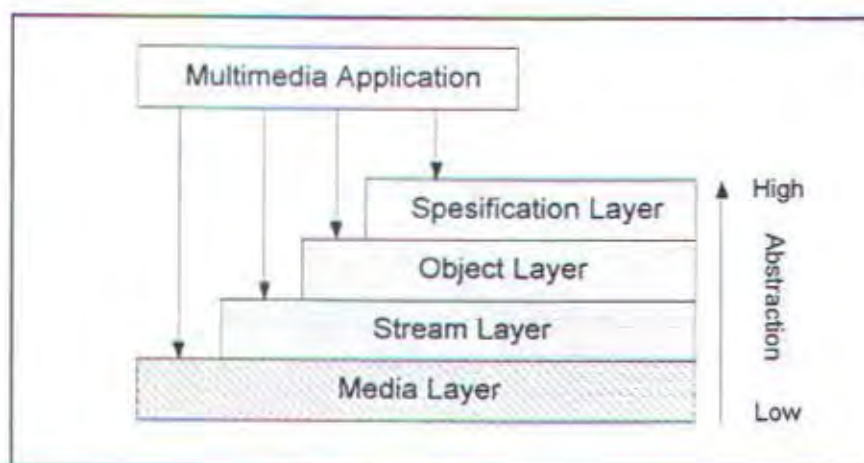
Sinkronisasi dialamatkan dan didukung oleh banyak komponen sistem termasuk sistem operasi, sistem komunikasi, database, dokumen dan bahkan aplikasi. Karena itu, sinkronisasi harus dipertimbangkan pada beberapa level dari sistem multimedia.

Sinkronisasi dapat dibedakan menjadi sinkronisasi intra-objek dan sinkronisasi inter-objek. Sinkronisasi dalam objek (intra-object), menunjukkan hubungan waktu antara berbagai unit presentasi dari satu objek media time-dependent. Sedangkan sinkronisasi antar-objek (inter-object) menunjukkan sinkronisasi antara beberapa media objek yang berlainan.

Objek media time-dependent biasanya terdiri dari unit informasi yang berurutan, yang disebut dengan logical data unit (LDU). Pemilihan LDU tergantung dari operasi yang dapat dilakukan pada objek media.

4.6.1 Reference Model untuk Sinkronisasi Multimedia

Model referensi sinkronisasi empat layer, ditunjukkan pada gambar 4.12. Setiap layer mengimplementasikan mekanisme sinkronisasi yang disediakan oleh interface yang sesuai. Interface ini dapat digunakan untuk menentukan dan/atau menjalankan hubungan sesaat. Setiap interface menentukan layanan, yaitu menawarkan user sebuah alat untuk menentukan kebutuhannya. Setiap interface dapat digunakan secara langsung oleh aplikasi atau oleh layer yang lebih tinggi untuk melaksanakan interface. Layer yang lebih tinggi menawarkan pemrograman yang lebih tinggi dan abstraksi quality of service (QoS).



Gambar 4.12¹⁴⁾

MODEL REFERENSI SINKRONISASI EMPAT LAYER

¹⁴⁾ Steinmetz Ralf, Op-cit, hal 601.

Operasi dan object yang umum untuk tiap layer dapat dijelaskan sebagai berikut :

- **Media layer.** Pada media layer, sebuah aplikasi beroperasi pada sebuah aliran media kontinyu yang diperlakukan sebagai urutan LDU. Abstraksi yang ditawarkan pada layer ini adalah sebuah interface device-independent dengan operasi seperti `read(device-handle, LDU)` dan `write(device-handle, LDU)`. Proses baca dan tulis LDU dalam loop selama ada data dimungkinkan. Menggunakan layer ini, aplikasi bertanggung jawab untuk sinkronisasi intrastream dengan menggunakan mekanisme flow control antara device penghasil dan pemakai. Bila banyak aliran berjalan paralel, penggunaan bersama resource berpengaruh pada kebutuhan real-timanya.
- **Stream layer.** Stream layer beroperasi pada aliran media kontinyu, sebagaimana pada sekumpulan aliran media. Dalam sebuah grup, semua aliran ditunjukkan sebagai aliran paralel dengan menggunakan mekanisme untuk sinkronisasi antar aliran. Abstraksi yang ditawarkan oleh stream layer adalah pengartian aliran dengan parameter timing yang menyangkut QoS untuk sinkronisasi intrastream dan sinkronisasi interstream. Implementasi stream layer dapat diklasifikasikan tergantung dari dukungan mereka terhadap penyebaran, tipe jaminan yang mereka sediakan dan tipe aliran yang didukung (analog dan/atau digital). Aplikasi yang menggunakan stream layer bertanggung jawab terhadap starting, stopping, grouping aliran dan pendefinisian QoS yang dibutuhkan. Juga bertanggung jawab pada sinkronisasi dengan objek media time-independent.

- **Object layer.** Object layer beroperasi pada semua tipe media dan menghilangkan perbedaan antara media kontinyu dan diskret. Abstraksi yang ditawarkan pada aplikasi adalah presentasi yang telah selesai tersinkronisasi. Layer ini menggunakan spesifikasi sinkronisasi sebagai input dan bertanggung jawab untuk mengoreksi jadwal semua presentasi. Implementasi layer objek dapat diklasifikasikan sesuai dengan kemampuan dan tipe dari komputasi jadwal presentasinya.
- **Spesification layer.** Spesification layer adalah open layer. Ia tidak menawarkan interface eksplisit. Layer ini berisi aplikasi dan peralatan yang ditempatkan yang memungkinkan untuk membuat spesifikasi sinkronisasi. Peralatan tersebut adalah editor sinkronisasi, editor dokumen multimedia dan sistem authorisasi. Juga peralatan untuk konversi spesifikasi menjadi format layer objek.

Ikhtisar dari abstraksi dan tugas dari semua layer pada model referensi ditunjukkan pada tabel 4-3.

4.6.2 Metode Spesifikasi Sinkronisasi Multimedia

Untuk spesifikasi kompleks sinkronisasi banyak objek, termasuk interaksi pemakai, metode spesifikasi yang canggih harus digunakan. Kebutuhan berikut harus dipenuhi oleh metode spesifikasi tersebut :

- Metode tersebut harus mendukung pemeliharaan dan konsistensi objek spesifikasi sinkronisasi. Objek media harus dijaga sebagai suatu unit logika pada spesifikasi.
- Metode tersebut harus mensupply abstraksi isi dari objek media yang memungkinkan spesifikasi hubungan sesaat yang menunjuk pada bagian dari objek media, tapi dilain pihak memandang objek media sebagai suatu unit logika.

Tabel 4-3¹⁵⁾

Ikhtisar Model Referensi Sinkronisasi Layer

Layer	Abstraksi Interface	Tugas
Spesification	Peralatan yang membentuk tugas-tugas pada layer ini mempunyai interface, tapi tidak mempunyai interface lebih tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Editing • Formatting • Mapping user-oriented QoS ke abstraksi QoS pada layer object
Object	<ul style="list-style-type: none"> • Spesifikasi sinkronisasi • Objek yang dapat menghilangkan tipe media yang menyertai • Media-oriented QoS 	<ul style="list-style-type: none"> • Penjadwalan presentasi koordinat dan rencana • Mengawali presentasi dari objek media time-dependent dengan layer stream • Mengawali presentasi dari objek media time-independent • Mengawali aksi persiapan presentasi
Stream	<ul style="list-style-type: none"> • Mengalirkan dan mengelompokkan aliran • Menjamin sinkronisasi intrastream • Menjamin sinkronisasi interstream dari aliran dalam grup 	Penyiapan resource dan penjadwalan pemrosesan LDU
Media	<ul style="list-style-type: none"> • Akses device-independent ke LDU • Menjamin proses single LDU 	Akses device dan file

- Semua tipe hubungan sinkronisasi dapat dijelaskan dengan mudah.
- Harus menyediakan integrasi objek media time-dependent dan time-independent.

¹⁵⁾ Steinmetz Ralf. Op-cit, hal. 618

- Harus mendukung definisi kebutuhan QoS dengan metode spesifikasi. Ini dapat ditunjukkan dengan ekspresi dalam metode secara langsung.
- Harus mendukung level hirarki sinkronisasi untuk memungkinkan penanganan scenario sinkronisasi yang kompleks dan besar.

4.7 Aplikasi dan Keuntungan Multimedia

Multimedia menawarkan banyak keuntungan kepada pemakainya. Keuntungan-keuntungan tersebut diantaranya dapat diperoleh pada aplikasi-aplikasi atau bidang-bidang, seperti :

- **Training** Komputer telah digunakan untuk pelatihan pegawai sejak tahun 1970-an, menggunakan program linier dan berdasarkan teks. Hal itu diteruskan oleh kursus dengan interaktif videodisk. Dan nantinya sistem training tersebut akan menggunakan sistem multimedia. Walaupun sistem multimedia awalnya sangat mahal untuk dikembangkan, penggunaan sistem training dilaporkan mempunyai keuntungan ekonomis keseluruhan dari penggunaan teknologi ini. Penghematan biaya training didapat karena :
 - Setiap kursus dapat digunakan oleh banyak orang.
 - Pengurangan waktu yang digunakan untuk training, yang berarti cuti dari pekerjaan dan termasuk waktu perjalanan untuk mencapai tempat training.
 - Pekerja dapat bekerja di tempatnya sendiri, sehingga waktu training rata-rata dapat dikurangi.
 - Instruktur kelas yang full-time tidak lagi diperlukan

- Isi dan kualitas kursus akan konsisten untuk semua organisasi.
- Kualitas kursus akan meningkat, karena instruktur terbaik menyiapkan dan mengambil bagian pelajaran pada tiap kursus.
- Pegawai dapat diberikan demonstrasi yang realistic dari situasi aktual yang akan mereka temui dalam pekerjaan mereka, termasuk yang sangat mahal dan berbahaya untuk kehidupan.
- Disamping itu, sistem dapat didesign untuk beradaptasi dengan pengetahuan dan kemampuan yang telah dimiliki oleh tiap murid.
- **Sales.** Pada lapangan retail, multimedia mengubah metode dan konsep marketing tradisional. Keuntungan yang diperoleh oleh konsumen dan retailer terjadi dari pengenalan sistem point-of-sale. Keuntungan untuk retailer adalah penghematan space, inventaris dan distribusi, sekitar 50 % dari keuntungan retail. Retailer dapat membawa produk lebih banyak ke pasar dan mencari kanal alternatif penjualan.
- **Komunikasi.** Penghematan secara ekonomis pada waktu travel dapat diperoleh dari penggunaan sistem videoconferencing. Di masa yang akan datang, videoconferencing diharapkan menyediakan komunikasi yang lebih baik antara orang-orang yang terpisahkan oleh waktu dan jarak yang ingin bekerja bersama pada suatu pekerjaan. Selain itu videoconferencing juga dapat menurunkan polusi dari perjalanan yang tidak perlu dan meningkatkan kualitas kehidupan.

Pengenalan video pada PC akan membuka kesempatan pada aplikasi baru di kantor. Walaupun kualitas dari sistem yang ada sekarang tidak cukup memuaskan, video pada desktop akan digunakan untuk mengembangkan sistem komunikasi yang ada sekarang. Sebagai contoh, paket surat elektronik akan diperluas untuk

menggabungkan tipe data baru. Audio mail telah dimungkinkan. Di masa depan, user dapat memasukkan foto dan video clip bersama dengan pesan surat yang dikirimkan pada user lain.

Saat ini sistem videoconferencing mempunyai harga yang mahal dan sering memerlukan ruangan khusus. Nantinya user dapat membuka sebuah window pada desktop PC dan berbicara secara langsung pada user lain melalui saluran ISDN. Bila seorang user memodifikasi dokumen pada layar, perubahannya akan terlihat pada salinan dari dokumen yang berada pada komputer user yang lain.

- **Kesehatan.** Multimedia dapat menawarkan kesempatan ekspansi dan diversifikasi bisnis dengan membuka kesempatan bisnis baru. Misalnya dengan membuka layanan radiologi baru berdasarkan pada "*value added imaging*" dimana rumah sakit menyalurkan layanan untuk menginterpretasikan sinar X dan gambar lainnya kepada dokter dan pusat kesehatan lainnya. Hal ini akan memungkinkan sistem komunikasi dan pengarsipan gambar (PACS) menjadi pusat penghasilan. Selain itu, ahli penyakit dalam dapat menggunakan gambar tiga dimensi yang dibuat dari magnetic resonance imaging (MRI) scan pada tubuh manusia untuk menyederhanakan prosedur yang kompleks seperti pengambilan tumor otak dan pembedahan/operasi rekonstruksi. Perencanaan routine pembedahan yang lebih baik akan mengurangi biaya medis dan mengurangi komplikasi.
- **Multimedia Untuk Pendidikan.** Multimedia interaktif harus dapat menawarkan keuntungan yang sama pada murid sekolah sebagaimana bila dilakukan pada orang dewasa. Pelajaran dapat distrukturisasi pada kebutuhan individual, murid dapat mengontrol kemajuan belajar mereka dan kemajuan ingatan dapat ditingkatkan.

Belajar jarak jauh (distance learning) membalikkan pendekatan normal yang diterapkan pada pelatihan, dimana pelatihan dibawa kepada pengikut pelatihan yang berada jauh dari pelatih dan sumber materi pelatihan. Belajar jarak jauh didasarkan pada teks yang didukung oleh lingkupan yang luas dari media yang lain - audio dan videotape, radio dan TV broadcast - dan kadang-kadang pertemuan dengan pelatih. Dimasa depan, komunikasi daerah luas juga akan digunakan untuk memberikan murid akses on-line pada pelatihnya.

- **Multimedia Sebagai Sarana Hiburan.** Penggabungan sistem hiburan di rumah dengan fasilitas home shopping multimedia dan elektronik telah menarik perhatian supplier secara luas untuk beralih dari manufaktur dan retail tradisional, melalui agen travel dan supplier mail order, ke bank dan perusahaan yang menawarkan layanan finansial. Perkembangan pasar konsumsi memerlukan kerjasama antara supplier dan perusahaan telekomunikasi. Multimedia juga dapat menyediakan layanan "video on demand" melalui saluran telephone standar.

Kebutuhan akan aplikasi jaringan multimedia akan menyebabkan masalah-masalah khusus. Aplikasi-aplikasi tersebut mempunyai karakteristik dimana perlu untuk mentransmisikan data dalam jumlah besar, sering time-independent, dengan aliran yang kontinyu melalui jaringan area lokal dan luas. Tipe data yang berbeda - misalnya, audio dan video - harus disinkronisasi dan dibawa pada real time pada aplikasi pada desktop.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah diuraikan di depan, dapat disimpulkan beberapa hal :

1. Penggunaan kabel serat optik sebagai media transmisi merupakan pilihan yang tepat bagi sistem komunikasi masa depan karena perkembangan layanan di sisi pelanggan yang menuntut kecepatan tinggi serta bandwidth yang lebih lebar. Juga karena serat optik juga mempunyai keunggulan-keunggulan yang tidak dimiliki oleh media transmisi lainnya, seperti : mempunyai potensial bandwidth yang sangat besar, memiliki dimensi yang kecil dan ringan, tahan terhadap interferensi dan crosstalk, mempunyai keamanan dalam pengiriman sinyal, loss transmisi yang rendah, fleksibilitas yang tinggi, reliabilitas dan kemudahan dalam pemeliharaan.
2. Asynchronous Transfer Mode (ATM) merupakan teknik switching dengan orientasi paket dan multipleksing yang menggunakan sel-sel dengan ukuran tetap (53 byte) yang disebut ATM cell. Pada ATM tidak terdapat proteksi kesalahan atau flow kontrol sehingga lebih cepat dari paket switching lainnya. Kecepatan itu juga disebabkan karena ATM beroperasi pada mode connection-oriented, pengurangan fungsi header dan panjang field informasi yang relatif

kecil. Disamping dapat digunakan untuk sinyal data variable bit rate (VBR) yang real time, ATM juga dapat digunakan untuk sinyal-sinyal dengan constant bit rate (CBR).

3. Aplikasi multimedia menyatukan berbagai media seperti audio, video, image, grafik, teks dan data. Sistem komunikasi multimedia juga menggabungkan jaringan broadband akses kabel, jaringan akses tanpa kabel (wireless), jaringan transport regional dan jaringan-jaringan yang telah ada. Teknik ATM (Asynchronous Transfer Mode) telah direkomendasikan oleh CCITT sebagai alat transport bagi BISDN (Broadband Integrated Service Digital Network) yang dirancang untuk menyediakan layanan trafik multimedia. Layanan yang tersedia melalui jaringan ini adalah layanan komunikasi broadband seperti CATV, video on demand (VOD), home shopping, TV conferencing, belajar jarak jauh komunikasi data kecepatan tinggi dan lain-lain.

5.2 Saran

Pembangunan jaringan multimedia memerlukan investasi yang besar. Juga pengembangan aplikasi-aplikasi yang nantinya dapat dijalankan pada jaringan multimedia tersebut, memerlukan kerja keras dari segenap perancang aplikasi. Tetapi melihat dari kegunaan dan keuntungan yang nantinya didapat dari sistem komunikasi tersebut, perlu adanya usaha untuk mendukung dan mempercepat penerapan sistem komunikasi multimedia di segala bidang, terutama dalam bidang edukasi, training, dan lain-lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andleigh Prabhat K., Thakrar Kiran, "*MULTIMEDIA SYSTEM DESIGN*", Prentice Hall, New Jersey, 1996.
2. A.R. Soeroso, et.al., "*KABEL SERAT OPTIK, APLIKASI MASA KINI DAN MASA DATANG*", Seminar dua hari Kabel Serat Optik, Jakarta, Oktober, 1993.
3. C Palais J, "*FIBER OPTIC COMMUNICATION*", Third Edition, Prentice Hall International Inc., New Jersey, 1992.
4. De Prycker Martin, "*ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE : Solution for Broadband ISDN*", Ellis Horwood Ltd, 1993.
5. Dutton Harry J.R., Lenhard Peter, "*ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM), Technical Overview*", Prentice Hall, Upper Saddle river, New Jersey, 1995.
6. Edward A. Lacy, "*FIBER OPTICS*", Second Edition, Prentice Hall International Inc., New Jersey, 1993.
7. Gerd Keiser, "*OPTICAL FIBER COMMUNICATION*", Mc Graw Hill Book Company, 1983.
8. Gitel-Project, *FIBER IN THE LOOP (FITL)*, Surabaya 1995.
9. Händel Rainer, Huber Manfred N., Schröder Stefan, "*ATM NETWORKS*", Addison-Wheesley Publishing Company, 1994.
10. Jeffcoate Judith, "*MULTIMEDIA IN PRACTISE, TECHNOLOGY AND APPLICATION*" Prentice Hall, 1995.

11. PT. Telekomunikasi Indonesia, "*DIGITAL LOOP CARRIER SYSTEM REQUIREMENT*", Juli 1994.
12. PT. Telekomunikasi Indonesia, "*OPTICAL ACCESS NETWORK BASED ON PASSIVE OPTICAL NETWORK TECHNOLOGY*", Januari, 1995.
13. Senior John M, "*OPTICAL FIBER COMMUNICATION*", Second Edition, Prentice Hall International Inc, 1992.
14. Steinmetz Ralf and Nahrstedt Klara, "*MULTIMEDIA : COMPUTING, COMMUNICATIONS & APPLICATIONS*", Prentice Hall, 1995.
15. Suryatin Setiawan, "*TOWARD FUTURE PHYSICAL ACCESS NETWORK*", BPPT 18 January 1995.
16. Tomoro Ishihara, et al, "*AMICS : ATM-BASED INTEGRATED PLATFORM FOR MULTIMEDIA SERVICES*", Fujitsu Sci. Tech. Journal, 32, June 1996.

10 OCT 1996

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO-ITS

EL. 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama Mahasiswa : Ketut Gede Budiarta
Nomor Pokok : 2292.100.124
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi
Tugas diberikan : Oktober 1996
Dosen Pembimbing : Ir. Hang Suharto M. Sc.
Judul Tugas Akhir :

PENGUNAAN KABEL SERAT OPTIK DAN ATM
SEBAGAI PENUNJANG TEKNOLOGI AMICS

Uraian Tugas Akhir :

Jaringan telekomunikasi masa depan dituntut untuk dapat mengirimkan informasi dengan super cepat dan dapat melayani berbagai media, serta dapat menggabungkan berbagai macam jaringan yang telah ada. AMICS (ATM-based Multimedia Information and Communication System) adalah suatu sistem yang mempunyai kemampuan menyediakan jaringan broadband untuk aplikasi multimedia masa depan.

Dan teknologi yang diperlukan untuk merealisasi sistem telekomunikasi seperti itu kabel serat optik yang menyediakan saluran transmisi dengan kapasitas tinggi dan ATM (Asynchronous Transfer Mode) yang mempunyai kemampuan untuk menyediakan berbagai macam pelayanan informasi melalui jaringan biasa

Tugas akhir ini akan membahas penggunaan kabel serat optik dan ATM sebagai peralatan penunjang dalam teknologi AMICS.

Surabaya, 2 Oktober 1996

Dosen Pembimbing

(Ir. Hang Suharto M. Sc.)

NIP. 130 520 753

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(Ketua Jurusan Teknik Elektro)
M. Salehudin, M.Eng.Sc.)

NIP. 130 532 026

Menyetujui,
Koordinator

Bidang Studi Teknik Telekomunikasi

(Ir. M. Aries Purnomo)

NIP 130 532 040



USULAN TUGAS AKHIR

A. Judul Tugas Akhir : PENGGUNAAN KABEL SERAT OPTIK DAN ATM SEBAGAI PENUNJANG TEKNOLOGI AMICS

B. Ruang Lingkup : - Teknik Jaringan Telekomunikasi
- Sistem Komunikasi Data
- Sistem Komunikasi

C. Latar Belakang : Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin pesat menyebabkan permintaan akan pelayanan yang semakin baik, cepat dan kompleks dari pelanggan. Jaringan telekomunikasi masa depan dituntut untuk dapat mengirimkan informasi dengan super cepat dan dapat melayani berbagai media yang merupakan kombinasi dari suara, data, video dan dapat digunakan untuk melayani teleconference, surat kabar elektronik dan lain-lain, serta dapat menggabungkan berbagai media yang telah ada.

Perkembangan sistem telekomunikasi broadband yang dapat menangani berbagai media ATM dan STM secara ekonomis dan efisien merupakan salah satu solusi untuk menjawab isu tersebut di atas.

Di sini akan dilihat penggunaan dari kabel serat optik dan ATM (Asynchronous Transfer Mode) sebagai penunjang teknologi AMICS (ATM-based Multimedia Information and Communication System) yang mempunyai kemampuan menyediakan jaringan broadband

untuk aplikasi multimedia masa depan. AMICS mendorong pelayanan multimedia secara penuh, dari CATV dan *video on demand* sampai pelayanan komunikasi broadband seperti *video conference*, dan komunikasi data. AMICS juga menggabungkan jaringan akses broadband dengan kabel, tanpa kabel (wireless) dan jaringan transport regional.

D. Penelahaan Studi : Dalam tugas akhir ini akan dibahas penggunaan kabel serat optik dan ATM sebagai penunjang teknologi AMICS.

E. Tujuan : Untuk mendapatkan suatu informasi yang lengkap dalam perencanaan suatu jaringan yang akan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan dimana masalah ekonomis dan efisiensi menjadi pusat perhatian.

F. Relevansi : Diharapkan dengan tugas akhir ini akan didapat alternatif dalam perencanaan suatu jaringan yang dapat memenuhi kebutuhan pelanggan secara baik dan cepat.

G. Rencana Kegiatan :

Kegiatan	Bulan					
	I	II	III	IV	V	VI
Studi Literatur	█					
Pengumpulan Data		█				
Analisis Data			█			
Penulisan Buku			█			

RIWAYAT HIDUP



Nama : Ketut Gede Budiarta
 NRP : 2292.100.124
 Agama : Hindu
 Tempat/Tgl. Lahir : Denpasar, 24 Mei 1974
 Alamat : Jl. Pulau Supiori 28
 Denpasar - Bali

Penyusun adalah putra keempat dari empat bersaudara dari pasangan : I Made Sukarja dan Ni Made Ratep.

Riwayat Pendidikan :

- SDN 10 Pemecutan, Denpasar - Bali, Lulus tahun 1986.
- SMPN 2 Denpasar, Denpasar - Bali, Lulus tahun 1989.
- SMAN 3 Denpasar, Denpasar - Bali, Lulus tahun 1992.
- Diterima di Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS, melalui UMPTN pada tahun 1992 dengan NRP. 2292.100.124

Kegiatan Kampus :

- Asisten Praktikum Dasar Sistem Komunikasi tahun 1995 - 1996.
- Asisten Praktikum Sistem Komunikasi I tahun 1996.
- Asisten Praktikum Sistem Komunikasi II tahun 1997