

Teknologi dan Langkah Migrasi Menuju Jaringan Akses Modern Broadband

Laporan Kerja Praktek

pada

PT. Telekomunikasi Indonesia

Divisi RisTI (Riset Teknologi Informasi)

Disusun oleh

Aree Witoelar (13396018)

Heriyadi Zulhaidi (13396061)

Departemen Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Bandung

2001

Lembar Persetujuan Kerja Praktek

PT. Telekomunikasi Indonesia

Divisi RisTI (Riset Teknologi Informasi)

Disusun oleh

Aree Witoelar (13396018)

Heriyadi Zulhaidi (13396061)

Diperiksa dan disetujui oleh

Roby Kristian Ginting

Pembimbing

Sri Sudaryani

Koordinator Kerja Praktek

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan YME karena atas Rahmat dan ijin-Nya kami dapat menyelesaikan kerja praktek pada bulan Maret-April 2001.

Kerja praktek ini merupakan salah satu syarat kelulusan dalam menempuh pendidikan S-1 pada jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Bandung.

Kami ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Bapak Suryatin Setiawan, Direktur PT.Telekomunikasi Indonesia Divisi RisTI, atas kesempatan untuk melaksanakan kerja praktek.
2. Bapak Soendojadi, Koordinator Lab jaringan akses optik, atas segala bantuan yang diberikan.
3. Bapak Roby Kristian Ginting, atas bimbingan selama kerja praktek.
4. Ibu Sri Sudaryani, atas bantuannya dalam mengkoordinasi kerja praktek kami.
5. Dan semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, namun mungkin dapat menjadi sedikit bantuan bagi yang memerlukan pengetahuan tentang jaringan akses modern broadband.

Bandung, Juli 2001

Hormat kami,

Aree Witoelar
(13396018)

Heriyadi Zulhaidi
(13396061)

DAFTAR ISI

<i>LEMBAR PERSETUJUAN</i>	<i>ii</i>
<i>KATA PENGANTAR</i>	<i>iii</i>
<i>DAFTAR ISI</i>	<i>iv</i>
<i>BAB I: PENDAHULUAN</i>	<i>1</i>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian	3
<i>BAB II: TEKNOLOGI UNTUK INFRASTRUKTUR AKSES BROADBAND</i>	<i>4</i>
2.1 Teknologi Pengkabelan Optik	5
2.1.1 Fiber	5
2.1.2 Kabel	8
2.1.3 Konektor	9
2.1.4 Penyambungan Fiber Optik	9
2.1.5 Modul Terminasi Fiber	10
2.1.6 Main Distribution Frame	11
2.1.7 Splitter	12
2.2 Modul Optoelektronik	12
2.3 Elektronik	14
2.4 Penggunaan Jaringan Akses Kabel Tembaga untuk B-ISDN	15
2.4.1 Kebutuhan Bandwidth untuk Pelayanan B-ISDN	16
2.4.2 Peninjauan Teknologi xDSL	16
2.4.3 Jangkauan Transmisi	17

2.4.4	Pengaruh pada Karakteristik Kabel Tembaga	18
2.5	Sambungan Berbasis Fiber Optik Alternatif	18
2.5.1	Plastic Optical Fibre	19
2.5.2	Multimode Silica Fibre	20
2.5.3	Hard Plastic Clad Silica Fibre	22
2.5.4	Kesimpulan	23
<i>BAB III: MIGRASI DARI FIBER TERPASANG MENUJU ATM-PP/PON</i>		24
3.1	Kondisi awal	24
3.1.1	Jaringan Optik Aktif Berbasis PDH	24
3.1.2	Jaringan Optik Aktif Berbasis SDH	27
3.1.3	Jaringan Optik Pasif Narrowband	29
3.2	Langkah-langkah Migrasi	30
3.2.1	Langkah-langkah migrasi dari AON berbasis PDH	30
3.2.2	Langkah migrasi dari AON berbasis SDH	33
3.2.3	Langkah migrasi dari PON <i>narrowband</i>	34
3.3	Kesimpulan	35
<i>BAB IV: MIGRASI DARI TEMBAGA TERPASANG MENUJU ATM-PP/PON</i>		37
4.1	Keadaan Awal	38
4.2	Jalur Migrasi	38
4.2.1	Perubahan Teknologi dan Arsitektur	38
4.2.2	Karakterisasi Langkah Migrasi	40
4.3	Kesimpulan	44
<i>BAB V: KESIMPULAN</i>		46
<i>LAMPIRAN A: PROFIL PERUSAHAAN</i>		48
<i>LAMPIRAN B: SINGKATAN</i>		50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Istilah "*Broadband*" berkaitan dengan teknik transmisi yang membawa beberapa kanal data melalui jaringan kabel biasa. Layanan DSL misalnya, menggabungkan kanal suara dan data yang terpisah pada jalur telepon, suara mengisi tempat pada spektrum frekuensi yang rendah sedangkan data mengisi pada spektrum frekuensi yang tinggi.

Tetapi akses broadband tidak hanya dilewatkan pada saluran telepon saja, tetapi bisa menggunakan kabel Fiber, jalur satelit dan lainnya. Akses *broadband* memungkinkan pelanggannya mendapatkan akses multimedia dengan kecepatan transfer data yang tinggi, tergantung pada jenis jaringan akses yang digunakan.

Asynchronous Transfer Mode (ATM) adalah teknik transmisi dengan paket-paket yang menggunakan teknologi switching dan multiplexing berorientasi sel. Dengan teknologi ini, kita dapat memanfaatkan berbagai kelas layanan, interkoneksi LAN (Local Area Network) berkecepatan tinggi, suara, video dan aplikasi multimedia lainnya. ATM memiliki manajemen bandwidth yang efisien dan operasi yang mudah.

Dua jenis ATM yang umum digunakan adalah ATM-PON (Passive Optical Network/Jaringan Optik Pasif) dan ATM-PP (Point-to-Point/Titik-ke-Titik). Pada ATM-PON terdapat sampai sekitar 32 *Optical Network Units* (ONUs) dihubungkan kepada sebuah *Optical Line Terminal* (OLT) pada sebuah kantor telepon melalui sebuah penggandeng optik bentuk bintang.

Untuk membuat jaringan ATM-PON bisa dicapai dengan berbagai macam cara, bisa membuat jaringan ATM-PON yang baru atau pun melakukan migrasi dari jaringan Fiber Narrowband maupun dari jaringan akses kabel koaksial. Atau gabungan dari jaringan Fiber dan kabel koaksial yang akan dibuat menjadi jaringan ATM-PON.

Jaringan akses gabungan Fiber dan kabel koaksial atau yang disebut HFC (Hibrid Fiber/Coax) memungkinkan operator untuk *mendeliver service narrowband telephony* dan lalu lintas *broadband* melalui satu jaringan. Jaringan akses *broadband* HFC adalah jawaban ekonomis untuk saat ini untuk mengembangkan jaringan akses *broadband* yang transparan. FTTH (*Fiber to the Home*) adalah arsitektur *broadband* yang ideal, tetapi secara ekonomis terbatas penggunaannya di kalangan bisnis.

Diantara sistem akses FTTH, sistem ATM-PON tampaknya lebih ekonomis dan tersedia secara fleksibel bagi pelayanan eksperimen multimedia karena teknologi ATM lebih efisien pada pengiriman data untuk komunikasi komputer dan *topology* PON sangat menjanjikan dalam mengurangi biaya sistem.

1.2 Tujuan

1. Mengetahui dan memahami teknologi yang berkaitan dengan infrastruktur akses broadband.
2. Mengetahui dan memahami langkah-langkah migrasi dari jaringan yang ada menuju ATM.

1.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan yang ada dalam bidang ini, maka ruang lingkup kerja praktek mengenai teknologi infrastruktur broadband dibatasi hanya pada teknologi optik dan elektronik, dan tidak membahas pencatudayaan, instalasi kabel, kerja sipil dan lain-lain.

Langkah-langkah migrasi dibatasi hanya mengenai migrasi jaringan fiber dan tembaga menuju ATM PON/PP.

1.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipergunakan oleh penulis dalam kerja praktek ini adalah studi literatur dan pengumpulan data-data teknis peralatan baik dari buku maupun dari internet dan konsultasi dengan pembimbing mengenai cara kerja alat dan sistem jaringan akses, teknologi yang ada dan akan datang, dan hal-hal lain yang berkaitan dengan masalah tersebut.

BAB II

TEKNOLOGI UNTUK INFRASTRUKTUR AKSES BROADBAND

Pembahasan teknologi untuk infrastruktur akses broadband akan dibatasi pada beberapa komponen utama, yaitu:

- Teknologi pengkabelan optik;
- Modul optoelektronik;
- Fungsi-fungsi elektronik;
- Teknik xDSL;
- Fiber alternatif untuk pengkabelan murah.

Teknik pengkabelan optikal meliputi komponen utama: fiber, kabel, konektor, penyambungan dan pelindung, modul terminasi fiber, MDF, splitter. Survey pada modul optoelektronik meliputi transmitter optikal, photodetector receiver dan transceiver untuk transmisi sistem OAN yang berbasis satu atau dua *link* fiber. Bagian tentang fungsi elektronik memfokuskan pada analisa silicon microelectronic. Teknologi advanced CMOS diharapkan menyediakan, dalam waktu dekat, semua sirkuit dasar yang dibutuhkan untuk pelayanan akses broadband dengan harga yang murah.

Tulisan tentang teknik xDSL berawal dari infrastruktur yang ada, umumnya berbasis pada kabel tembaga, hingga meliputi komponen fiber optik dan teknologinya. Kita identifikasikan jaringan akses tembaga, karakteristik dan evaluasi kemungkinannya untuk mendukung broadband, dalam hal ini teknologi xDSL masih dipelajari. Untuk kemungkinan

pengurangan biaya kita melihat penggunaan fiber alternatif yang murah dan aplikasi dalam jaringan akses. Penelitian dilakukan pada fiber plastik dan fiber silica.

2.1 Teknologi Pengkabelan Optik

2.1.1 Fiber

Dalam sepuluh tahun terakhir, fiber optik telah menunjukkan kualitas tinggi untuk berbagai macam aplikasi sebab dapat mentransmisi bit rate yang tinggi, tidak sensitif pada gangguan elektromagnetik maka memiliki Bit Error Rate (kesalahan) kecil dan reliabilitas lebih baik dari kabel koaksial. Jaringan akses memerlukan persyaratan berikut:

- Di wilayah kota, terdapat lekukan dan saluran yang biasanya penuh oleh kabel lain sehingga pemasangan infrastruktur baru selalu dibuat dalam jumlah kecil sehingga radius belokan fiber dan kabel harus kecil.
- Kabel terpasang dalam bermacam-macam kondisi: di luar, bawah tanah, di udara, dalam ruangan. Konsekuensinya banyak kondisi termal, mekanikal dan tekanan lain yang harus diterima.
- Jalur biasanya perlu banyak sambungan sehingga diinginkan pemasangan yang tidak memerlukan teknisi yang terlatih dan persiapan yang mudah.
- Biaya jalur koneksi global harus menjadi lebih rendah.

Sekarang, banyak kabel yang digunakan pada jaringan akses menggunakan fiber G.652, namun dalam rangka memenuhi persyaratan di atas, inovasi teknologi fiber masih diharapkan dalam waktu dekat. Berikut ini adalah parameter dan pengujian standar untuk fiber G.652:

Tabel 2.1: Standar parameter Fiber dan metode pengujian

Parameters	Requirements	Standards
Transmission Losses	0.3 - 0.45 dB/km in the 1310 nm region 0.15 - 0.30 dB/km in the 1550 nm region 1600-1650 nm region: Under study	ITU-T G.652 IEC 793 -1-2 IEC 794 -1-2-3
Cut-off wavelength (λ_{cc})	1100 nm < λ_{cc} < 1270 nm (cabled fibre)	
Chromatic dispersion parameters:	1300 nm < λ_o < 1324 nm	
Zero-dispersion wavelength (λ_o)	Somax < -0.093 ps/(nm ² .km)	
Zero-dispersion slope (Somax)	D < 5.3 ps/(nm.km) 1271...1360 nm	
Chromatic dispersion coefficient (D)	D < 3.5 ps/(nm.km) 1288...1339 nm D < 20 ps/(nm.km) in the 1550 nm region	
Polarisation mode dispersion coefficient	Under study	
Longitudinal attenuation uniformity	Under study	
GEOMETRICAL PARAMETERS		ITU-T G.652 IEC 793 -1-2 IEC 794 -1-2-3
Mode field diameter, tolerances	9 to 10 microns +/- 10% at 1310 nm	
Mode field concentricity error	< 1 micron at 1310 nm	
Cladding diameter, tolerances	125 +/- 2 microns	
Cladding non-circularity	< 2%	
Primary coating diameter	245 microns +/- 10 microns	
Secondary coating diameter	900 microns +/- under study	

MECHANICAL PARAMETERS		ITU-T G.652 IEC 793 -1-2 IEC 794 -1-2-3
Proofstress level	> 0.35 GPa, recommended: > 0.7 GPa	
n factor (dynamic fatigue parameter)	nd > 20	
Tension	> 45 N	
Coating strippability	1.2 < F < 3 N	
Environment test : temperature, humidity	-40 °C, + 80 °C (checking after test: losses, strippability, etc.)	

ITU-T G.652: Characteristic of a single-mode optical fibre cable

IEC 793-1: Optical fibres. Generic specification

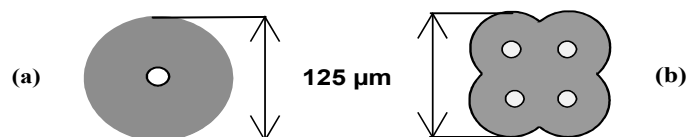
IEC 793-2: Optical fibres. Product specification

IEC 794-1: Optical fibre cables. Generic specification

IEC 794-2: Optical fibre cables. Product specification

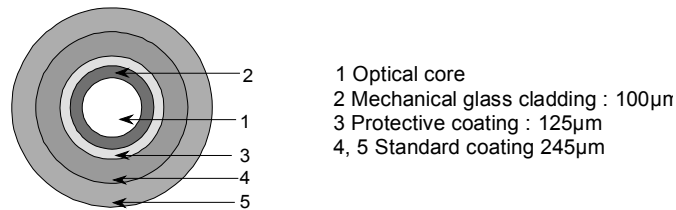
IEC 794-3: Optical fibre cables. Telecommunication cables. Sectional specification

Konsep fiber multicore sudah lama ditemukan dan dikembangkan baru pada saat sekarang ini. Gambar di bawah menunjukkan struktur fiber 4 core yang berdiameter 125µm yang kerapatannya dilipat empat dari jenis fiber biasa. Atenuasi terukur saat ini : < 0.5 dB/km pada 1.31µm dan < 0.3 dB/km pada 1.55µm.



Gambar 2.1: Struktur fiber konvensional (a) dan empat-inti (b)

Untuk memperbaiki sifat kelengkungan dan daya tahan fiber, maka lapisan karbon sering digunakan sebagai teknik yang sangat efisien. Desain fiber terbaru yang telah dilakukan akhir-akhir ini berdasarkan struktur G/G/P (glass/glass/polymer) tergambar:

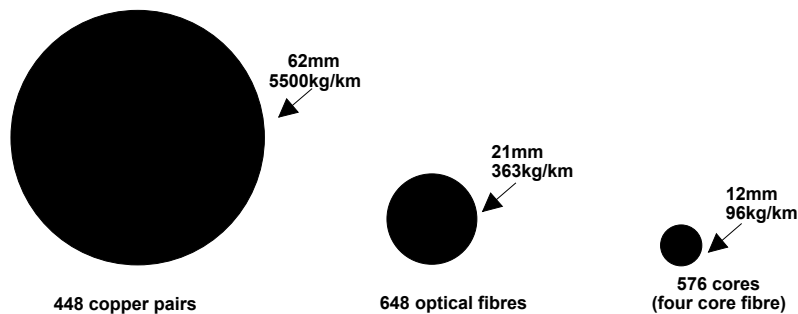


Gambar 2.2: G/G/P fibre structure

2.1.2 Kabel

Sampai saat ini kabel fiber telah banyak dikembangkan dan digunakan untuk aplikasi jaringan. Dengan kabel fiber, jaringan akses menjadi lebih murah dan efisien. Beberapa teknik inovasi telah ditemukan dalam penyebaran kabel fiber :

1. Meningkatkan kepadatan fiber.



Gambar 2.3: Perbandingan karakteristik kabel tembaga dan optik

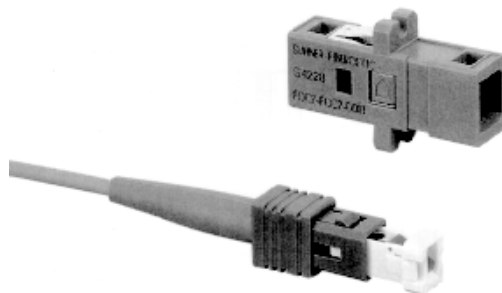
2. Penyederhanaan koneksi kabel: ada 2 teknik yaitu penyusunan pita dan kabel prakoneksi yang menggunakan konektor untuk menterminasi kabel.
3. Kabel hibrid kombinasi antara fiber dengan tembaga.
4. Kabel udara.

2.1.3 Konektor

Konektor yang digunakan pada Optical Access Network dapat dipasang di plant luar dan di lokasi pelanggan, sehingga selain persyaratan umum jalur optikal, beberapa fitur spesifik menjadi sangat kritis. Contoh, konektor dipasang dirumah pelanggan harus aman, kuat dan ramah dipakai untuk orang awam. Persyaratan untuk konektor:

- Mekanisme *coupling* yang handal antara *plug* dan *pigtail* serta antara *plug* dan *adapter* untuk mengatasi tarikan tiba-tiba;
- Performansi optikal yang handal;
- Kekuatan mekanik yang tinggi menghadapi guncangan atau jatuh tiba-tiba;
- Daya tahan yang baik terhadap perubahan suhu;
- Pemasangan yang cepat dan mudah;
- Perlindungan terhadap radiasi laser yang merusak mata;
- Harganya murah.

Beberapa konektor yang tersedia secara komersial dengan kemampuan *field assembly* dan aplikasi OAN antara lain: SC LightCrimp, konektor Optoclip dan SC2000.



Gambar 2.4: OPTOCLIP II Connector

2.1.4 Penyambungan Fiber Optik

Dua teknologi penyambungan yang masih bersaing saat ini: secara Fusi dan mekanik.

1. Pengelasan Fusi

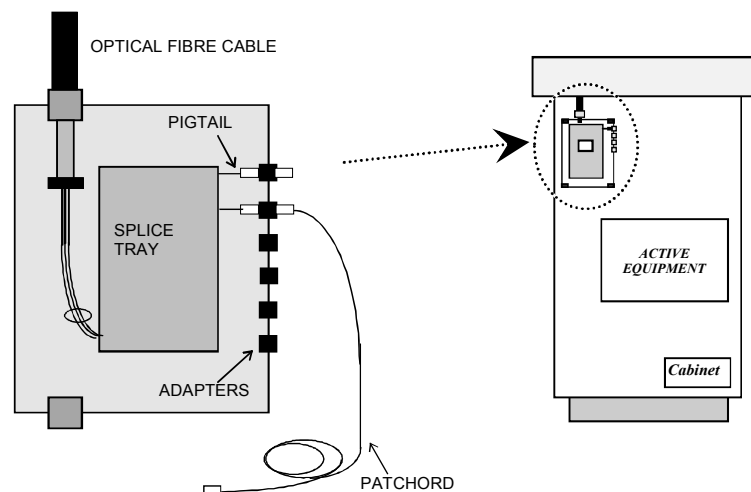
Teknik ini mempunyai loss yang sangat kecil (< 0.1 dB) dan cahaya refleksi rendah (>50 dB) dalam semua rentang suhu untuk operasi diluar ruangan. Proses fusi dilakukan dengan menggunakan alat splicer (pengelasan) yang khusus.

2. Pengelasan Mekanik

Pengelasan mekanik biasanya dihubungkan pada situasi sementara, dalam keadaan darurat untuk perbaikan. Beberapa kelemahan pengelasan mekanik: kekuatan regangan yang rendah, loss return yang tinggi, menggunakan gel indeks matching yang sensitif terhadap suhu dan kurang cocok untuk jajaran fiber yang banyak.

2.1.5 Modul Terminasi Fiber

Instalasi atau terminasi yang bagus dari fiber adalah persyaratan utama untuk menjamin kemampuan transmisi pada kabel fiber optik; pada implementasi dari suatu jaringan, beberapa jenis FTM (Fibre Termination Module) diperkenalkan.



Gambar 2.5: Modul terminasi fiber

Syarat utama FTM:

- FTM harus memiliki struktur modular, yang dapat di *upgrade* tanpa mengganggu kabel yang sudah terpasang.
- FTM harus memegang *tray* (splicing modules) yang memungkinkan bekerja pada satu *tray* tanpa harus merusak sambungan satu dengan yang lain.
- Tujuan utama dari *tray* adalah menampung sambungan-sambungan, bisa berupa sambungan fusi atau mekanik, ruangan harus cukup luas untuk lengkungan single atau multi fiber dengan radius minimal yang diijinkan.
- Setiap FTM harus punya ruangan untuk memuat splitter, coupler dan WDM.
- FTM harus memiliki akses dari sisi depan.
- Setiap FTM harus memiliki penutup depan untuk melindungi orang dari cahaya laser yang langsung keluar dari ujung fiber.
- FTM harus mempunyai ruang untuk memuat dan memandu *patchcord*.
- Setiap FTM harus memiliki peralatan tambahan untuk menyediakan instalasi yang benar dari peralatan. Setiap peralatan harus memiliki buku panduan.

2.1.6 Main Distribution Frame

Pada dasarnya MDF berfungsi untuk menyediakan antarmuka antara alat di kantor pusat dengan kabel pada jaringan akses. Tiga fungsi utama dilakukan oleh MDF:

1. Cross connecting, untuk mengadaptasi alokasi alat/jaringan dan mengoptimasi kapasitas alat dan jaringan.
2. Mengurangi waktu switching.
3. Sebagai titik input, terutama untuk pengawasan dan pemeliharaan jaringan.

2.1.7 Splitter

Splitter adalah alat paling dasar dari sistem PON karena mereka tidak hanya membagi fiber dalam jaringan tapi juga membagi konverter optoelektronik pada sentral. Splitter juga berfungsi untuk monitoring dan perawatan. Tiga teknologi dasar yang ada sekarang adalah Fused Fibres, Planar Glass dan Planar Lightwave Circuits (PLC).

2.2 Modul Optoelektronik

Kelas dari modul optoelektronik (OE) meliputi transmitter optikal, receiver photodetector dan transceiver. Kebutuhan OAN distandarisasi dalam ITU-T G982 untuk servis narrowband, dan ITU-T SG 1 untuk servis broadband.

Nominal bit rate (Mbit/s) between OLT and ONU	Downstream	Upstream
Symmetric 155	155.52	155.52
Asymmetric 622	622.08	155.52
Optical path loss	10-25 dB (G.982 Class B) 15-30 dB (G.982 Class C)	

Tabel 2.2: Bit-rate and optical path loss dalam Optical Access Network

Spesifikasi panjang gelombang dibagi menjadi dua rentang :

- 1310 nm nominal window : 1260 sampai 1360 nm;
- 1550 nm nominal window : 1480 sampai 1580 nm;

Transmisi dua arah dijabarkan menggunakan skema berbeda, membutuhkan karakteristik modul optoelektronik yang berbeda:

- Simplex: transmisi pada dua fiber, untuk sinyal upstream dan downstream, menggunakan window 1310 nm yang sama. Transceiver OE termasuk laser terpisah

dan modul photodiode, dengan 2 fiber terhubung ke setiap pelanggan dan 2 splitter optikal diletakkan pada PON.

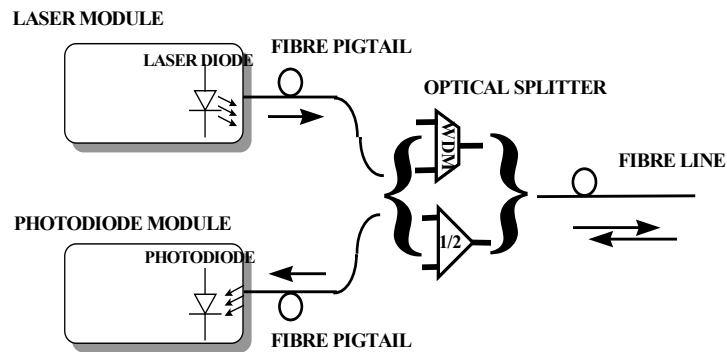
- Diplex: transmisi menggunakan satu fiber dengan sinyal downstream dan upstream ditransmit simultan dengan pita panjang gelombang menggunakan window 1550 nm dan 1310 nm. Transceiver OE termasuk laser, photodiode dan *wavelength division multiplexer* (WDM).
- Future diplex atau DWDM: transmisi pada satu fiber dimana sinyal downstream dan upstream menggunakan window pita panjang gelombang yang sama 1310 nm atau 1550 nm.
- Duplex: transmisi satu fiber dimana sinyal downstream dan upstream dengan window 1310 nm menggunakan FDM/SCM atau TDM (dikenal sebagai ping-pong, dengan efisiensi lebarpita < 50%) sebagai skema transmisi.

Transmisi dua fiber

Untuk transmisi simplex melalui dua fiber modul laser dan photodetektor, setiap pasang fiber sampai tiap bagian fiber digunakan. Faktor biaya utama adalah modul intrinsik (termasuk pigtail fiber dan konektor) dan tempat kedudukan papan sirkuit.

Transmisi satu fiber

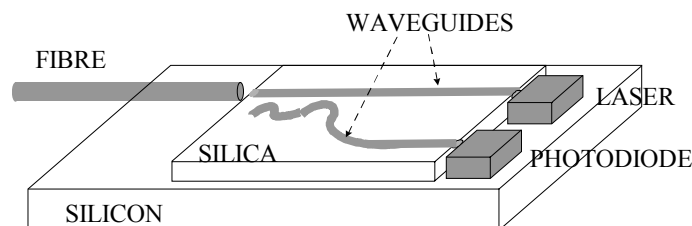
Transmisi dua arah melewati fiber tunggal digambarkan pada gambar 13, dimana kasus duplex, splitter optikal 3 dB coupler/splitter dimana transmisi diplex menggunakan sinyal 1550nm dan 1310 nm yang secara terpisah atau digabung oleh router WDM.



Gambar 2.6: Diagram transmisi dua arah melalui satu fiber

Untuk mengurangi biaya dari modul OE untuk jaringan akses beberapa langkah harus diambil. Teknik baru telah dikenalkan untuk menghindari biaya tinggi *active alignment* dari chip dengan fiber atau waveguide.

Integrasi hibrid dari chip optoelektronik dengan komponen pasif optikal (splitter, WDM) mungkin juga digunakan, dengan teknologi *Planar Lightwave Circuit* (PLC), dengan menggunakan waveguide dielektrik (Silika dengan Silikon, Kaca dengan silikon) dipasang pada motherboard silikon yang menghasilkan chip dan fiber *self alignment*.



Gambar 2.7: Diagram modul optik untuk transmisi dua arah dibuat dari Planar Lightwave Circuit

2.3 *Elektronik*

Dalam jaringan akses berbasis tembaga saat ini, biaya microelektronik kecil jika dibandingkan dengan biaya infrastruktur luar. Untuk memperluas bandwidth dari jalur akses dan meningkatkan fleksibilitas konfigurasi jaringan, situasi ini akan berubah secara signifikan dalam waktu dekat. Fungsi jaringan baru dan sistem transmisi yang berbasis sistem elektronik

(sistem xDSL), merekonfigurasi fungsi pada level ATM, terminasi jaringan aktif, fungsi yang mendukung pelayanan, dan lainnya) akan diimplementasikan pada jaringan akses.

Pengembangan baru dalam mikroelektronik yang harus dicapai :

- Kecepatan operasi yang lebih tinggi;
- Kompleksitas yang lebih tinggi dengan memperbaiki integrasi skala luas;
- Penggunaan daya yang lebih kecil.

Kecepatan operasi adalah salah satu dari parameter yang harus dilakukan untuk mencapai kompleksitas dan kecepatan aplikasi yang akan datang.

Biaya pembuatan IC sangat tergantung pada volume produksi. Biaya total dari sebuah IC terdiri dari empat blok utama:

1. Desain sirkuit dan pengembangan chip
2. Produksi chip/ teknologi integrasi
3. Packaging
4. Testing

2.4 Penggunaan Jaringan Akses Kabel Tembaga untuk B-ISDN

Kegunaan modem berteknologi xDSL memungkinkan *bit rate* sinyal mencapai 6Mbit/s yang ditransmisikan pada kabel tembaga. Teknologi ini memiliki kemampuan yang mungkin untuk melakukan jaringan akses yang maju yang dirancang untuk B-ISDN.

Materi ini menggarisbawahkan bahwa tipe teknologi transmisi menjadi pertanyaan dalam setiap masalah yang timbul dalam merancang dan membangun sistem xDSL. Tujuannya adalah untuk menentukan jaringan tembaga yang cocok di negara mitra secara global.

2.4.1 Kebutuhan Bandwidth untuk Pelayanan B-ISDN

Awalnya tujuan dari penggunaan teknologi xDSL adalah untuk Video on demand (VoD) dan TV interaktif (ITV). Dengan hadirnya *world wide web* kebutuhan baru akan bandwidth untuk akses internet sekarang dirasakan sebagai satu dari kebutuhan utama untuk menggunakan teknologi xDSL. Potensi aplikasi broadband untuk perumahan telah dirasakan, yaitu termasuk: video on demand; near video on demand; delayed broadcast; internet access; broadcast video; teleshopping; telework; games; karaoke on demand.

2.4.2 Peninjauan Teknologi xDSL

Ada tiga tipe dari teknologi xDSL yang telah ada atau sedang diteliti, yaitu HDSL, ADSL dan VDSL.

ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line

ADSL menyediakan channel digital yang asimetrik pada bit rate yang tinggi dengan menggunakan kabel tembaga. Channel ini terdiri dari bit rate downstream yang tinggi untuk pengiriman informasi dan bit rate upstream yang rendah untuk pensinyalan dan fungsi kontrol. Sebagai didefinisikan oleh ANSI, ADSL memiliki tujuh kelas transport; empat untuk multiple T1 (1.5 Mbit/s) bandwidth downstream dan tiga untuk multiple E1 (2 Mbit/s) bandwidth downstream.

RADSL Rate-Adaptive Digital Subscriber Line

Teknologi ini adalah bagian dari ADSL yang mengambil *rate* transmisi digunakan untuk kondisi kabel yang besar. *Rate* digunakan berdasarkan pada seri test awal yang dibuat

oleh alat untuk menentukan kemungkinan kecepatan maksimum yang dapat dilalui pada jalur itu.

HDSL High bit rate Digital Subscriber Line

Ini adalah sistem transmisi full duplex yang memungkinkan transmisi digital pada rate E1 menggunakan kabel tembaga sebagai perantara. Sistem full duplex dengan rate E1 yang tersedia pada kedua arah upstream dan downstream.

VDSL Very high bit rate Digital Subscriber Line

VDSL mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi dengan jarak pendek menggunakan sepasang kabel tembaga. Rate downstream berkisaaaar dari 13 sampai 52 Mbit/s pada jarak 300m. Rate upstream dari 1.6 sampai 2.3 Mbit/s.

2.4.3 Jangkauan Transmisi

Jangkauan transmisi xDSL tergantung dari jumlah faktor yang mempengaruhi kabel dalam menyalurkan sinyal, misal panjang, diameter, level bising pada kabel, interferensi cross-couple.

Tabel-tabel di bawah ini menggambarkan sistem HDSL dan ADSL pada 2 Mbit/s.

Wire diameter (mm)	Transmission range (km)
0.40	2.3
0.50	3.8
0.63	3.7
0.90	6.2

Tabel 2.3: Diameter tembaga terhadap jarak untuk HDSL

Wire diameter (mm)	Transmission range (km)
0.4	4.6
0.5	5.5

Tabel 2.4: Diameter tembaga terhadap jarak untuk ADSL

2.4.4 Pengaruh pada Karakteristik Kabel Tembaga

Karakteristik kabel tembaga yang digunakan menjadi faktor yang sangat penting untuk mendapatkan range maksimum dan kualitas sinyal yang optimum (BER).

Tabel berikut menjadi karakteristik utama untuk bermacam jenis kabel. Ini digunakan untuk kabel baru dibawah kondisi optimum. Praktisnya, karakteristik kabel dapat bervariasi secara signifikan dengan temperatur, kelembaban dan umur.

Cable type	Loss @ 150kHz	Loop resistance Ω /km
0.32 mm PVC	25.5 dB/km	419
0.4 mm PVC	17.5 dB/km	268 - 275
0.4 mm PI	13 dB/km	
0.4 mm PE	10.3 dB/km	
0.5 mm PI	9.7 dB/km	172 - 176
0.5 mm PE	5.8 dB/km	
0.6 mm PI	6.6 dB/km	108 - 122
0.6 mm PE	4.7 dB/km	
0.63 mm PVC	11.2 dB/km	
0.8 mm PE	3.6 dB/km	80
0.9 mm PI	4.7 dB/km	55
0.9 mm PE	3.1 dB/km	

Tabel 2.5: Karakteristik kabel umum

2.5 Sambungan Berbasis Fiber Optik Alternatif

Terdapat sejumlah fiber jenis baru yang tersedia dan dalam pengembangan yang mahal namun dapat mengarah pada pengurangan keseluruhan biaya pengkabelan karena harga yang rendah dan ketersediaan yang tinggi komponennya (transmitter, receiver, connector dll). Termasuk dalamnya adalah multimode silica fibre (MMF), plastic optical fibre (POF) dan hard plastic clad silica (HPCF) fibre.

2.5.1 Plastic Optical Fibre

Keuntungan yang diharapkan dari POF dibandingkan fiber dari kaca adalah fleksibilitas pemakaian, potensial harga rendah untuk material dan sambungan, dan *light emitting diode* yang murah.

Sifat fisik

Plastic optical fiber (serat optik plastik) generik dibuat dengan inti berdiameter 100 - 1000 μm dan cladding dengan ketebalan 5 - 50 μm . Ukuran yang diinginkan untuk telekomunikasi adalah diameter inti 980 μm , dengan cladding setebal 10 μm . Perbedaan indeks bias 2 - 5%, dengan inti salah satu diantara: Poly-methyl-methacrilate (PMMA), polystyrene (PS), polycarbonate (PC) atau perfluorinated polymer (PF).

Transmisi umumnya berada pada bagian merah spektrum, sekitar 650 nm, dengan nilai atenuasi 100-200 dB/km. Fiber dari perfluorinated polymer mempunyai koefisien absorpsi teoritis 10 dB/km dengan jangkauan panjang gelombang selebar beberapa ratus nanometer. Kontribusi terpenting daripada yang dahulu adalah puncak absorpsi getaran dari ikatan C-H dan pergeseran ke merah, sehingga jangkauan panjang gelombang untuk transmisi lebih lebar.

Karakteristik transmisi

Terdapat dua keterbatasan dalam transmisi melalui POF: atenuasi material yang digunakan pada inti, dan produk panjang-bandwidth. Atenuasi material berkisar pada 100 – 200 dB/km. Di lapangan terdapat atenuasi tambahan karena kelengkungan. Panjang sambungan maksimum 100 m, tetapi dapat diperbesar dengan power transmitter dan/atau perfluorinated fibre.

Produk panjang-bandwidth dibatasi sampai beberapa MHz.km oleh sifat fiber yang multimode, dengan harga tepat tergantung dari apertur numerik fiber, profil indeks dan

panjang gelombang. Ini mungkin diperbesar dengan menggunakan memperkecil apertur numerik atau menggunakan profil indeks *graded*.

Sistem

POF menemukan aplikasi luas dalam jaringan lokal komputer. Transmitter dan receiver umumnya tersedia secara terpisah, tetapi telah ada modul *transceiver*. Sumber optik adalah LED atau laser beroperasi dalam bagian merah spektrum, dengan LED biasanya dipergunakan untuk transmisi bit-rate lebih rendah. Kekuatan laser $-9/-2$ dBm dan LED $-5/-15$ dBm. Laser dan perangkat optik untuk menyalurkan ke fiber tersedia banyak karena banyak aplikasi memori optik (CD, CD-ROM dll).

Receiver umumnya adalah fotodiode PIN dengan sensitivitas antara -40 dan -20 dBm. Sensitivitas menurun bersama bit-rate, dan yang dipakai dalam telekomunikasi berharga antara -26 dBm dan -30 dBm.

2.5.2 Multimode Silica Fibre

Sifat multimode dari fiber menambah atenuasi dan mengurangi bandwidth. Secara tradisional mereka digunakan di LAN karena jarak pendek dan banyak komponen dan modul yang tersedia untuk sistem berbasis MMF.

Sifat fisik

Multimode silica fibre diproduksi dengan profil indeks *step* dan *graded*. Standar step index dirancang untuk transmisi data hingga 2 km dengan transmitter beroperasi pada 850 nm. Tiga standar core/cladding adalah 100/140 μm , 200/240 μm dan 200/280 μm dengan apertur numerik 0.23 dan 0.26.

Dua jenis graded index multimode fibre tersedia, tergantung apakah ditujukan untuk sistem LAN atau telekomunikasi. Dimensi core/cladding untuk telekomunikasi adalah 50/125 μm dan untuk LAN adalah 62.5/125 μm dengan apertur numerik 0.275.

Fiber dengan profil indeks graded dan diameter inti 50 μm dan terutama 62.5 μm dapat digunakan untuk jaringan akses karena performansi atenuasi dan bandwidth yang lebih baik.

Karakteristik transmisi

Step index multimode fibre memiliki produk panjang-bandwidth tidak kurang daripada 10 MHz.km dan koefisien atenuasi tidak lebih daripada 10 dB/km. Untuk graded index:

	Atenuasi (dB/km)		Dispersi kromatik (ps/nm/km)		Produk panjang-bandwidth (MHz.km)	
	850nm	1300nm	850nm	1300nm	850nm	1300nm
Inti 50 μm	<4	<2	<120	<6	>200	
Inti 62.5 μm	<3.75	<1.5			>160	>500

Sistem

Sebagian besar sistem yang tersedia untuk fiber multimode berbasis pada spesifikasi LAN, dan menggunakan fiber berdiameter inti 62.5 μm . Transmitter diskrit biasanya adalah LED beroperasi pada 850 nm atau 1300 nm, antara -7 dBm dan -21 dBm. Receiver adalah fotodiode PIN dengan sensitivitas antara -26 dBm dan -31 dBm.

Teknologi connector untuk MMF lebih bervariasi daripada POF. Tiga yang sedang diteliti untuk sistem harga rendah adalah SC Lightcrimp, E2000 dan Optoclip II. Connector SC digunakan secara luas di sistem telekom, E2000 sesuai untuk di rumah.

2.5.3 Hard Plastic Clad Silica Fibre

Alternatif ketiga single mode silica fibre adalah hard plastic clad silica fibre (HPCF), sebuah hybrid (gabungan) dari POF dan MMF, dengan inti silica dan hard fluorinated polymer cladding, digunakan terutama untuk aplikasi kontrol industri.

Sifat Fisik

Fiber dan kabel HPFC untuk telekomunikasi memenuhi spesifikasi dari ATM Forum, contohnya kabel duplex dengan inti silika berdiameter 200 μm , cladding dari fluorinated polymer berdiameter 225 μm dan PTFE buffer berdiameter 500 μm , dikelilingi Kevlar. Aperatur numerik adalah 0.35.

Karakteristik transmisi

Atenuasi HPCF harus kurang daripada 10 dB/km, dan produk panjang-bandwidth lebih daripada 10 MHz.km pada 650 nm. Bandwidth HPCF sedikit lebih baik daripada POF dan sama dengan MMF indeks step. Keuntungan HPCF dari POF adalah koefisien atenuasi yang jauh lebih rendah, tetapi dengan sambungan yang tetap sederhana. Maka jarak transmisi dapat ditambah atau *launch power* dapat diperkecil.

Koefisien atenuasi HPCF adalah datar pada daerah merah dan infra-merah maka sambungan dapat dioperasikan pada panjang gelombang sekitar 850 nm.

Sistem

Sistem yang menggunakan HPCF kurang lebih sama dengan POF. Connector F07 (PN) yang dipakai POF dapat diadaptasi untuk HPCF, maka HPCF dapat dihubungkan pada masebagian besar komponen yang tersedia untuk POF dengan efisiensi coupling jauh lebih

rendah. Biaya transmitter pada panjang gelombang dekat infra-merah kira-kira sama dengan aplikasi POF, tetapi biaya receiver dua kali lipat.

2.5.4 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dapat diperoleh berdasarkan aplikasinya. POF digunakan pertama untuk jarak pendek (hingga 50 m). HPCF dan MMF dapat dipergunakan pada bagian apa pun dari jaringan setelah ONU, dengan jarak batas 100 m untuk HPCF dan 2 km untuk MMF pada bit rate 155 Mbits/s.

BAB III

MIGRASI DARI FIBER TERPASANG MENUJU ATM-PP/PON

Bab ini menjelaskan beberapa kemungkinan jalur migrasi dari jaringan akses fiber terpasang menuju kepada solusi jaringan B-ISDN yang ideal. Tujuan utama adalah untuk mencapai pemasangan yang cepat dan ekonomis jaringan akses baru untuk pelayanan yang baru.

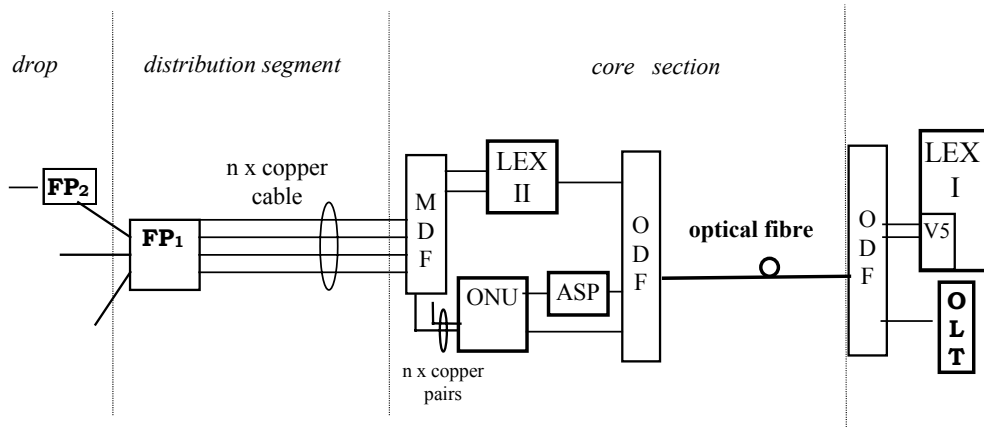
3.1 *Kondisi awal*

Bagian ini memperhatikan keanekaragaman kondisi awal dari konfigurasi jaringan, sistem dan sudut pandang arsitekturnya. Infrastruktur kabel fiber adalah sama dalam semua kondisi. Kondisi awal dapat digolongkan dalam tiga kelompok dasar: sistem optik aktif berbasis PDH, aktif berbasis SDH dan pasif.

3.1.1 Jaringan Optik Aktif Berbasis PDH

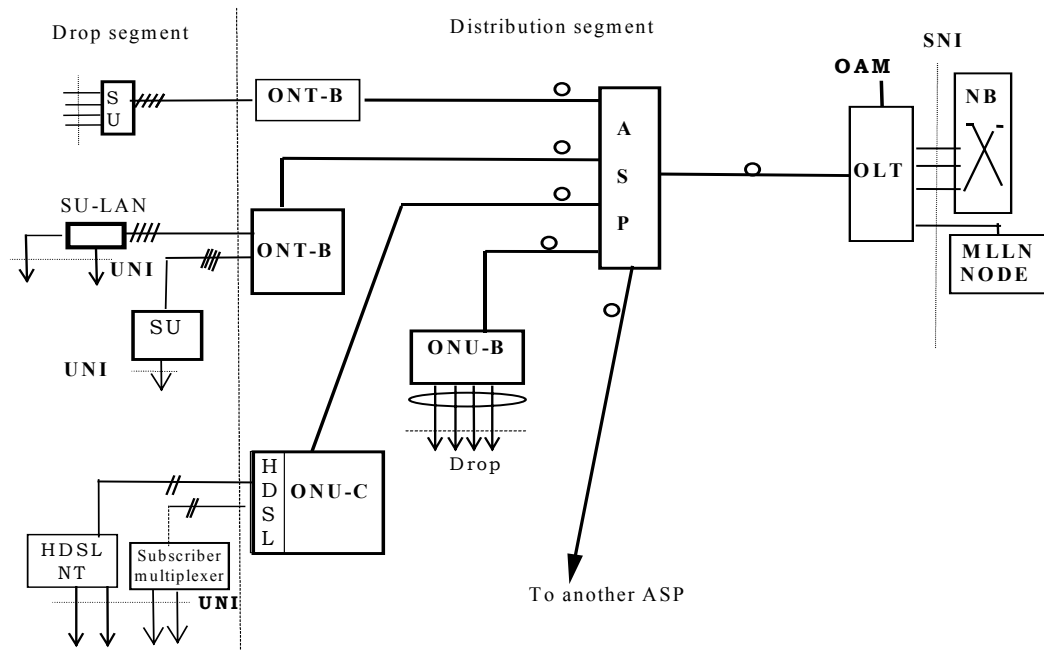
Salah satu kasus AON (Active Optical Network/Jaringan Optik Aktif) berbasis PDH adalah FTTE_x (fibre to the exchange) digambarkan di bawah. Jaringan tersebut adalah satu variasi jaringan akses analog yang sudah diubah menjadi digital, di mana tersedia cukup *twisted pair* pada daerah akses. LEX I (digital) dan LEX II (analog) terhubung dengan kabel optik yang terpasang. OLT terletak pada sentral digital, dimana ASP (*active splitter*) dan ONU terpasang pada sentral analog. ONU secara langsung terkoneksi pada MDF dengan

kabel tembaga. Power Supply tersedia pada kedua gedung sentral. Fiber optik untuk sistem AON sebenarnya disediakan pada kabel yang sudah ada.



Gambar 3.1: Konfigurasi FTTEx

AON berbasis PDH lain dibangun dalam bentuk konfigurasi FTTC dan FTTB.



Gambar 3.2: Konfigurasi FTTC/B

Sebagai gambaran, contoh konfigurasi elemen jaringan AON berbasis PDH dapat berupa:

- OLT: terpasang dekat sentral digital, menyediakan sejumlah V5.1 dan/atau V5.2 antarmuka ke sentral, dan tambahan G.703/704 Channel Bank (CHB) untuk bermacam-macam *leased line*. Kemampuan koneksi silang dari OLT kira-kira 1600*64 kbit/s, dan menyediakan antarmuka transisi 40 Mbit/s, 140 Mbit/s, atau 560 Mbit/s untuk jaringan akses optik aktif.
- *Active splitter* (ASP): adalah titik distribusi dari jaringan optik aktif. ASP terhubung dengan OLT dengan kecepatan 140 Mbit/s pada jalur optik.
- ONU: terhubung pada *active splitter* pada 10 Mbit/s (jalur optik), dengan hubungan dari ONU ke pelanggan hingga 130*64 kbit/s. Unit servis termasuk dalam ONU.
- Ada dua versi yang biasa digunakan ONU: ONU-B (building) dan ONU-C (curb).
- ONT: peralatannya sama dengan ONU, hanya tanpa SU *card*. ONT memiliki 1-4 *ports* untuk jalur 2.56 atau 25.6 Mbit/s. jarak terjauh dari 4 kabel adalah 250m dengan ϕ 0.4 kabel *pair* tembaga dari ONT menuju SU.
- SU: setiap SU memiliki beberapa UNI untuk layanan pitasempit sampai 2Mbits/s jalur ISDN dan 2Mbits/s *leased line*.

Konfigurasi ini dapat diperluas, sebagai contoh beberapa kemungkinan tambahan tercantum sebagai berikut:

- Kapasitas sistem dapat dilipat-empatkan (sekitar 6600 x 64 kbit/s jalur) dengan *multiplexing* empat keluaran OLT 140 Mbit/s menjadi satu antarmuka optik Mbit/s.
- Keluaran ASP dapat ditingkatkan hingga 40 Mbit/s dan secara dinamik dialokasikan hingga 32 *channel* keluaran. Dalam hal ini ONT *port* (keluaran) adalah 4 x 10 Mbit/s dan dapat disalurkan menuju SU melalui antarmuka *Ethernet*.

- Kabel optik AON adalah fiber yang besar. ONU dan ONT terhubung ke ASP dengan 6 fiber, dimana 2 fiber digunakan untuk operasional, 2 fiber untuk cadangan untuk ONT yang lebih jauh atau untuk bagian bisnis, dan 2 lagi untuk kegunaan yang akan datang atau untuk jalur SDH selanjutnya.
ASP dan ONU terhubung ke OLT dengan 6 fiber, dimana 2 digunakan untuk operasional dan 4 untuk cadangan struktur ring mendatang. Pengguna bisnis yang besar dapat langsung terhubung secara langsung ke OLT melalui cadangan fiber.
- ONT dan ONU terpasang pada bangunan atau *kabinet* dijalan dengan cukup ruang untuk pemasangan peralatan *broadband*.

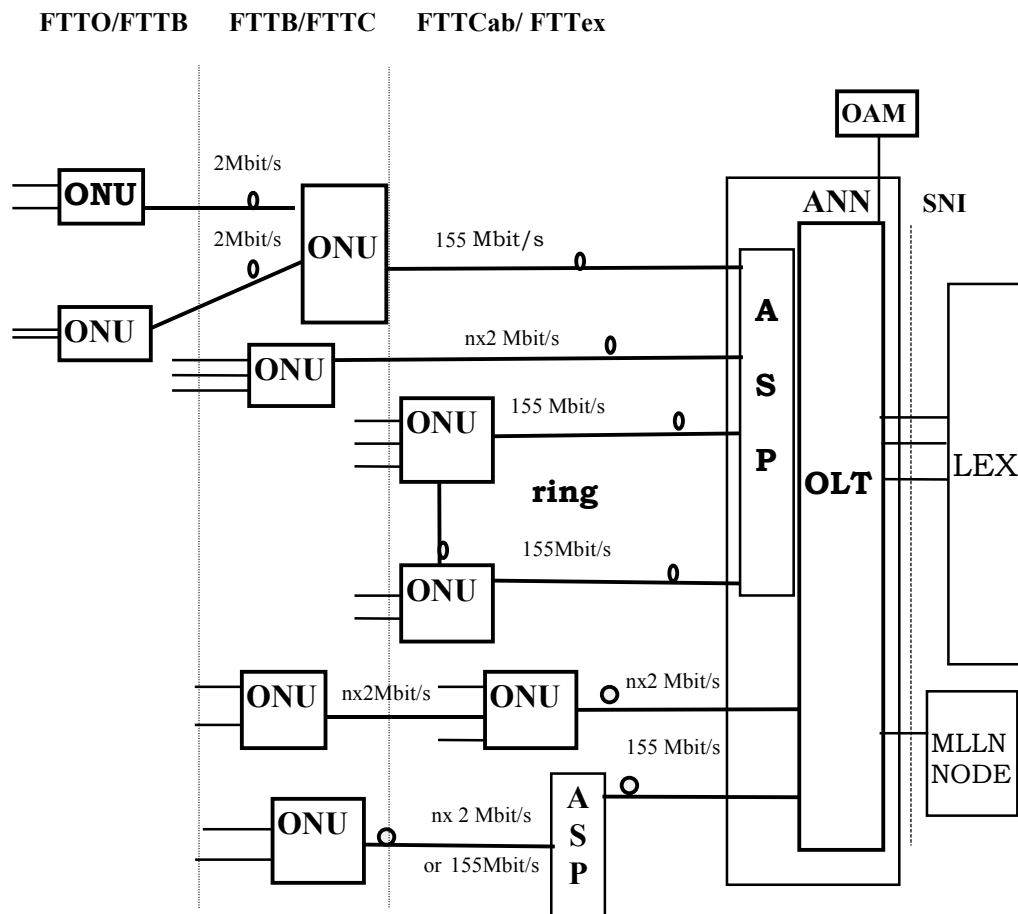
3.1.2 Jaringan Optik Aktif Berbasis SDH

Kondisi awal yang kedua adalah AON yang menggunakan SDH sebagai mode transmisi dan mendukung beberapa topologi jaringan (star, cascade dan ring), tergambar pada gambar di bawah, di mana jaringan akses terdiri dari elemen berikut :

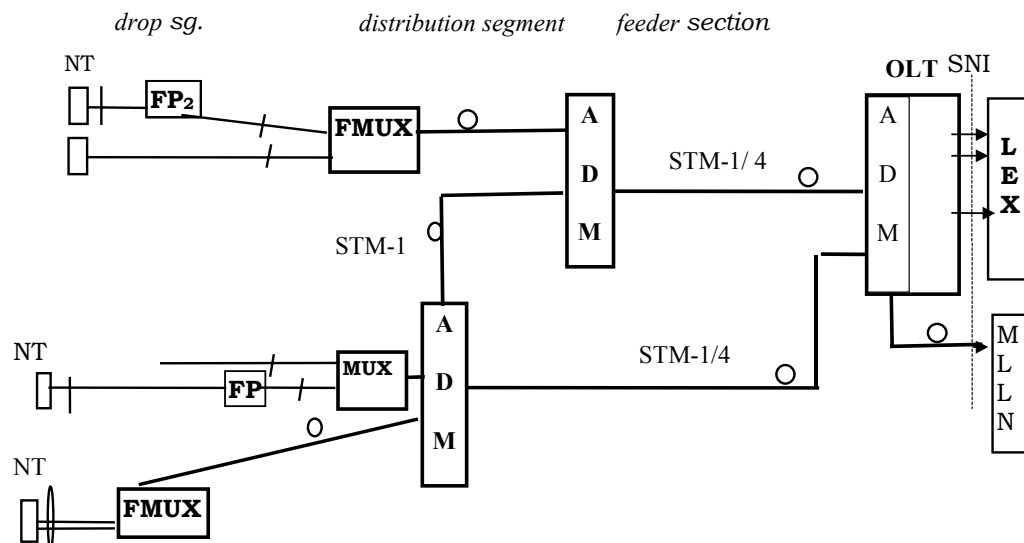
- OLT, dimana SDH *multiplex* antarmuka V5.1 dan V5.2 dan melayani rentang koneksi yang fleksibel untuk bermacam-macam konfigurasi akses. OLT dapat diletakkan dimana saja dalam ring SDH.
- Elemen jaringan distribusi, berupa ASP atau ONU
- ONU bisa kecil (untuk penggunaan FTTB/FTTO) atau besar (untuk penggunaan FTTC dan FTTB). Kapasitas *port* dari ONU sekitar 480, 240, 120 atau 32 saluran.

AON dirancang dalam bentuk topologi cascade dan ring, dimana metoda transport SDH dengan *bit rate* hingga 155 Mbit/s. OLT dapat melayani 7 x STM1 jaringan antarmuka optikal dengan akses langsung dan ditambah STM1/STM4 ke *switch* dan *node* jaringan lain

Ada bentuk jaringan akses SDH yang lain, biasanya dibangun dengan ADM (add-drop multiplexer). Flexible multiplexer (FMUX) dan subscriber multiplexer (SMUX). ADM didekat sentral terhubung 2 Mbit/s menuju digital LEX V5.1, dan menuju titik MLLN (Managed Leased Line Network).



Gambar 3.3: Konfigurasi SDH berbasis jaringan optikal aktif yang layak



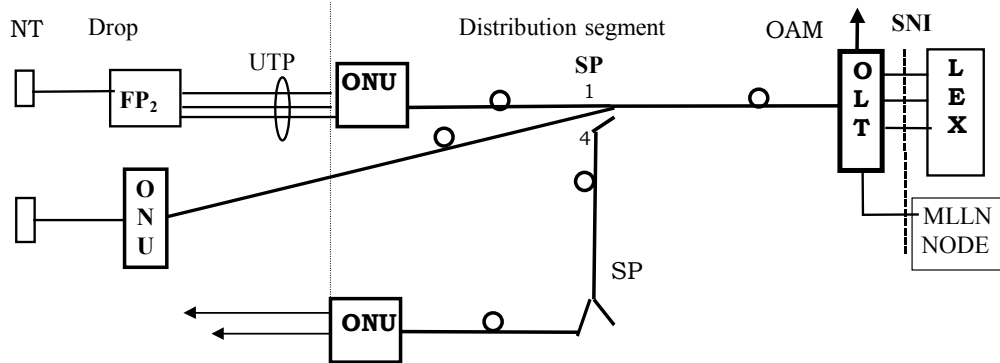
Gambar 3.4: Variasi lain dari AON berbasis SDH

3.1.3 Jaringan Optik Pasif Narrowband

Jaringan PON yang sudah ada dapat di pertimbangkan sebagai pengembangan AON berbasis SDH. Kombinasi dari AON dan PON juga mungkin. PON dapat dihubungkan dengan OLT seperti halnya subsistem AON. Biasanya OLT mampu melayani hingga 5 PON.

PON terpasang pada topologi *point ke multipoint*, dimana titik distribusi adalah *splitter* optik pasif. Teknik transmisi dirancang untuk transmisi *point to multipoint*, oleh karena itu TDM (Time Division Multiplexing) digunakan untuk jalur *downstream*, dan jalur *upstream* dijalankan pada TDMA (Time Division Multiple Access mode). PON dapat menggunakan dua atau satu fiber.

Kapasitas PON ONU biasanya 128, 64, 32, 16 atau 4 jalur. Umumnya pemasangan FTTB/FTTO menggunakan hingga 64 jalur ONU, dan pemasangan FTTB/FTTC hingga 128 jalur ONU. ONU dengan 4 jalur dicadangkan untuk penggunaan FTTH.



Gambar 3.5: Konfigurasi PON

3.2 Langkah-langkah Migrasi

Langkah-langkah migrasi berdasar pada sistem jaringan yang tersedia dan penyesuaian peralatan dan kemungkinan pengembangan, yaitu:

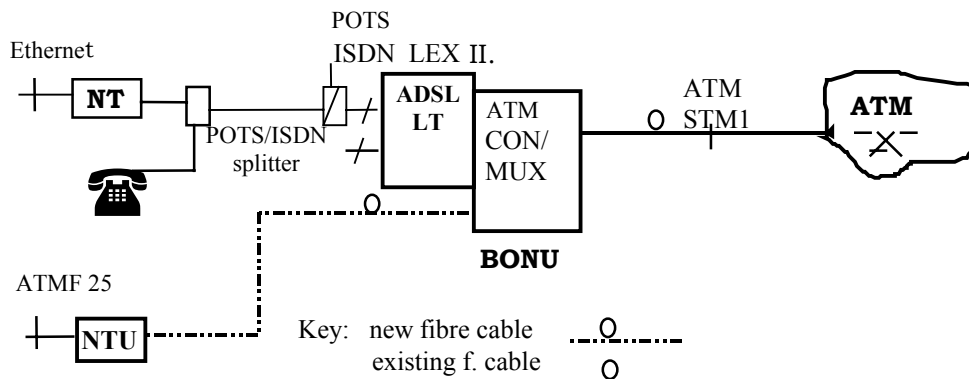
- Memanfaatkan infrastruktur jaringan optik yang ada, misalnya : kabel optik/fiber, saluran kabel, bangunan dan *container*, MDF, ODF (Optical Distribution Frame), pencatudayaan, dan sebagainya.
- Menggunakan elemen jaringan dan sistem yang lebih maju, misal : kecepatan SDH, kapasitas AMD, manajemen SDH, *switch* ATM dan lainnya.

3.2.1 Langkah-langkah migrasi dari AON berbasis PDH

Infrastruktur FTTL yang terpasang dapat langsung melewati pelayanan *bit rate* yang tinggi dengan menggunakan sistem xDSL pada FTTE_x, FTTC atau FTTB pada instalasi ONU. Pada umumnya, meningkatkan mutu jaringan akses secara bertahap lebih menguntungkan, pada bagian yang membutuhkan pelayanan baru yang menginginkan *bandwith* yang lebih besar. Bagian berikut ini menunjukkan bagaimana hal ini dapat dicapai dalam jaringan optikal aktif, dari keadaan awal menuju target.

Peningkatan FTTE_x

Gambar di bawah menunjukkan solusi *point-to-point* ATM dengan kelebihan dari transmisi ADSL lewat jaringan kabel tembaga yang sudah ada. Peralatan transmisi ADSL terhubung ke switch ATM melalui jaringan fiber optik yang terpasang atau fiber optik yang akan dipasang. Peralatan ADSL dapat diletakkan pada *frame* ONU. ONU dengan ADSL seharusnya dinamakan BONU. Pada BONU terdapat jalur antarmuka pelanggan, pemusat jaringan akses ATM atau *multiplexer* dan antarmuka optikal.

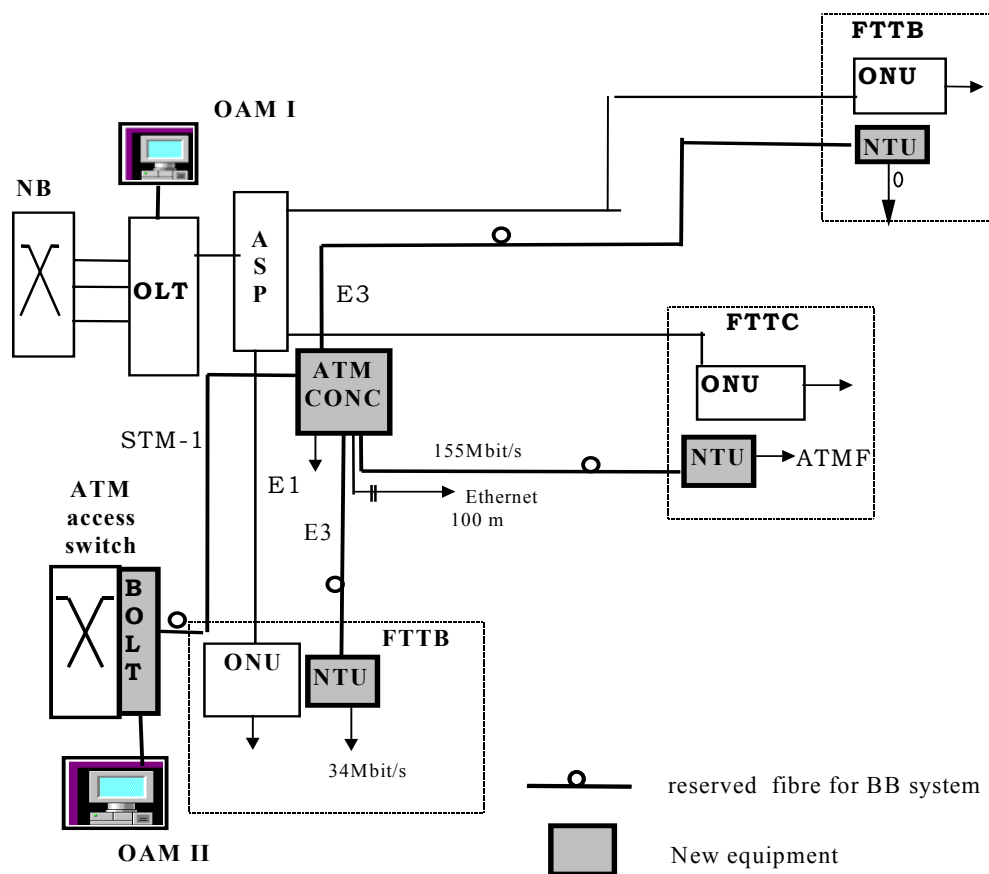


Gambar 3.6: Peningkatan FTTE_x

Peningkatan FTTC dan FTTB

Jaringan FTTC/B ditingkatkan dengan penyediaan pelayanan ATM melalui pemusat ATM.

Langkah pertama untuk pelayanan ATM, yang dapat diterapkan untuk pelanggan bisnis dengan penetrasi rendah, adalah meletakkan ATM pada topologi FTTC/B. Kabel fiber optik cadangan digunakan saat AON dipasang. Dalam hal ini jaringan hanya memiliki satu, dan hanya satu, pemusat akses ATM yang terletak dekat AON *active splitter*, atau ONU-V, yang dihubungkan ke B-OLT dan ATM NT (networks termination) melalui pasangan fiber optik. Dengan kata lain, wilayah yang memerlukan pelayanan *broadband* disalurkan lewat ATM, sinyal (antarmuka) diarahkan dari pemusat ATM menuju ONU melewati fiber optik, dan dari ONU lalu menuju ke ATM NT.



Gambar 3.7: ATM diletakkan pada topologi FTTC/FTTB

Langkah kedua adalah memasang pemusat ATM lebih banyak dan memasang sistem ADSL yang melayani akses *broadband*. Sentral akses ATM menghubungkan jaringan, terletak dekat active splitter atau ONU-V. Daerah ONU, dimana pelayanan *broadband* memerlukan pelayanan yang dicampur antara ATM dan non ATM (misal, ethernet, FDDI, struktur E1 dsb) kapasitas kecil pemusat akses ATM lainnya, sebagai *remote multiplexer* yang statik harus dibangun. Yang tersambung dengan kapasitas ATM AC yang lebih besar. Kapasitas kecil pemusat dihubungkan dengan satu yang lainnya yang lebih besar dimanakan jalur STM-1.

Sistem ADSL terpasang didaerah dengan kapasitas jaringan kabel tembaga yang lebih besar. ADSL terhubung kepada pemusat ATM dengan koneksi STM-1. Di daerah yang padat pelayanan ATM broadband membutuhkan koneksi fiber langsung dapat terbangun antara

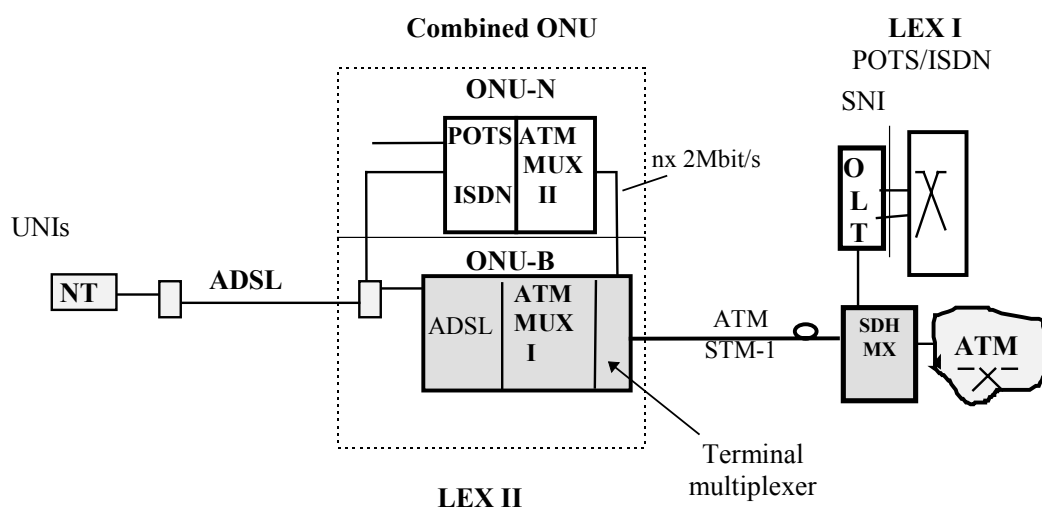
ATM AC dan NTU. Dalam hal koneksi SDH tunggal dapat menggunakan peralatan ATM yang lebih banyak, dikarenakan oleh statik *multiplexing*.

3.2.2 Langkah migrasi dari AON berbasis SDH

Langkah pertama migrasi AON berbasis SDH tergambar di bawah. Digambarkan mekanisme dan integrasi transport dari ONU-B dan ONU-N dalam jaringan aktif optikal. ONU-N dipasang pada kantor pusat dan dapat digabungkan dengan ONU-B, termasuk antarmuka optikal, ATM *multiplexer* dan sistem ADSL atau xDSL.

Penyatuan dari narrowband dan transport ATM dapat dilakukan pada satu jalur STM-1. 1. Tambahkan terminal *multiplexer* menyediakan koneksi dari ONU-N ke ONU-B untuk campuran dari transport *narrowband* dan *broadband* melalui satu jalur STM-1.

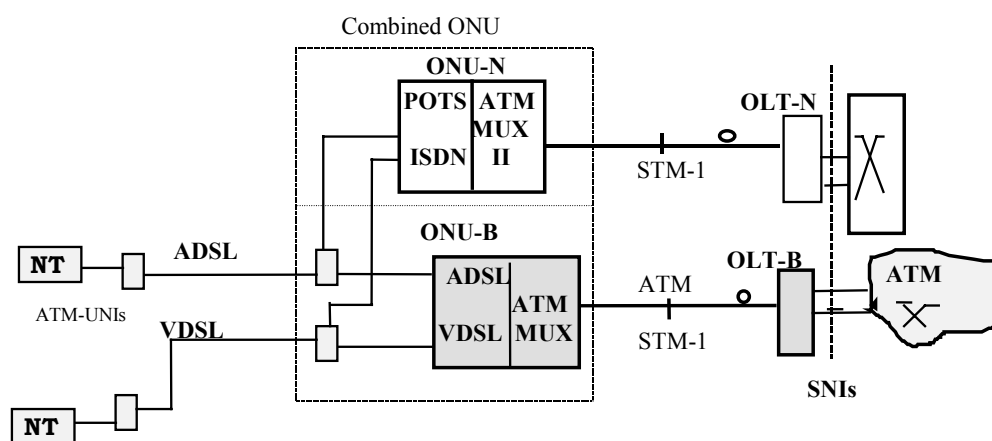
Migrasi dari sistem AON berbasis SDH dicapai dengan membangun BONU dan ADSL, jika penetrasi kurang dari 10% dan pelanggan masih dalam jangkauan peralatan. Dalam kasus ini, koneksi yang sudah terbangun dapat digunakan dengan transmisi STM-1 dari topologi FTTE_x atau FTTB/FTTC. ONU-N dihubungkan ke ONU-B melalui terminal *multiplexer* yang sudah termasuk dalam ONU-B.



Gambar 3.8: Pengembangan AON berbasis SDH

Jika penetrasi perkembangan melebihi 10%, sebuah B-OLT terpisah sebaiknya digunakan dengan jalur transmisi STM-1 terpisah ke ONU gabungan. Solusi ini digunakan jika pelanggan broadband terkonsentrasi dalam satu daerah ONU (misal dalam gedung). Dalam hal ini antarmuka VB5 yang menuju titik pelayanan ATM harus disediakan. Pada OLT terdapat *matrix* switch ATM, terlihat pada gambar 3-9. Artinya fungsi switch digunakan untuk pemusatan dalam jaringan akses. ONU dan OLT tersambung lewat jalur STM-1 (*point-to-point*).

Sistem ADSL dan/atau VDSL dapat dikombinasikan dengan ONU ketika jarak pelanggan *broadband* dari ONU kurang dari rentang maksimum dari sistem ADSL dan VDSL. Ini mampu menyediakan hingga kecepatan asimetrik 8 Mbit/s dan 25.6 Mbit/s. Jika jaraknya lebih jauh, ONU harus dipasang lebih dekat dengan pelanggan, akan menjadi mahal jika jumlah pelanggannya rendah.



Gambar 3.9: Peningkatan AON berbasis SDH untuk jumlah penetrasi tinggi (>10%)

3.2.3 Langkah migrasi dari PON *narrowband*

Jika jangkauan lokasi pelanggan broadband luas, langkah migrasi yang lain diperlukan dari kasus sebelumnya. Pada kasus tersebut sistem *narrowband* yang ada berupa AON, solusi yang murah adalah membangun jaringan ATM-PON. Sistem ATM-PON mempunyai B-OLT

dan BONU, menggunakan jalur fiber yang ada dan *plant* di luar. ONU dan BONU dapat dipasang pada tempat yang biasa (gabungan ONU) dan penggunaan ADSL dan VDSL jika perlu. Jika OAN yang ada adalah sistem PON, migrasi ke ATM-PON dapat diselesaikan dengan menggabungkan ONU-N dan ONU-B, dan menghubungkan OLT-N ke OLT-B.

Karena ATM-PON dirancang untuk wilayah dengan radius tidak lebih dari 7 km, dalam rangka mencegah pelanggan berada pada jarak lebih jauh maka perlu dipasang BONU yang jauh dari switch ATM. Dalam hal ini BONU terhubung dengan switch melalui jaringan SDH.

3.3 Kesimpulan

Migrasi dari fiber *narrowband* yang ada AN ke ATM-PP/PON dapat disimpulkan berikut ini:

1. FTTEEx dapat digunakan jika terdapat penetrasi rendah dari *broadband*, misalnya kurang dari 10%, dan pelanggan *broadband* dalam rentang peralatan ADSL (contoh: 4 km @ 3 Mbit/s). Jika jarak pelanggan di luar jarak maksimum ADSL, kabel fiber baru dapat langsung dipasang ke pelanggan: pusat akses ATM dipasang disentral dan NTU pada tempat pelanggan. Dalam kasus ini, biaya peralatan per pelanggan sangat tinggi, namun lingkungan yang kompetitif bisa mengarah pada pengenalan sistem ini.
2. Migrasi dari AON berbasis PDH menjadi SDH yang telah di-*upgrade* tidak direkomendasikan sebab biaya untuk elemen baru sangat mahal dan memerlukan dua sistem manajemen yang berbeda. Pilihan yang direkomendasikan untuk *upgrade* AON berbasis PDH adalah dengan menggunakan cadangan atau tambahan fiber, *cabinet* yang ada dari *active splitter* dan ONU, dan power supply yang telah ada untuk untuk membuat sistem overlay ATM-PP, untuk penetrasi rendah (<10%). Untuk penetrasi

tinggi (>10%) sistem overlay ATM-PP harus diberikan tambahan pemusat akses ATM, yang dipasang di sebelah *active splitter* dan/atau ONU.

3. Migrasi dari AON berbasis SDH yang menggabungkan ONU *narrowband* bergantung apakah pelanggan secara geografis terpusat atau tersebar.

- Jika pelanggan terpusat dan penetrasinya rendah, migrasi dicapai dengan memasang BONU dengan antarmuka ADSL pada sentral lokal daripada ONU *narrowband*. Untuk penetrasi tinggi, B-OLT yang memusatkan lalu lintas beberapa ONU diperlukan. Ini biasanya adalah pada kasus daerah bisnis dengan pelanggan *broadband* terkonsentrasi.
- Jika pelanggan tersebar, mereka tidak dapat terhubung dengan gabungan ONU lama melalui saluran xDSL. Pada kasus ini dianjurkan untuk membuat ATM-PON baru, dengan ONU yang dekat dengan pelanggan.

4. Migrasi dari AON berbasis SDH dengan menggabungkan ADM dapat dicapai dengan meletakkan sistem ATM-PP.

Jika jaringan *narrowband* AN yang ada adalah PON, migrasi alami ke *broadband* adalah ATM-PON. Bagian *narrowband* dapat digunakan ulang sebagian untuk penggabungan dengan jalur *broadband* baru.

BAB IV

MIGRASI DARI TEMBAGA TERPASANG MENUJU ATM-PP/PON

Pengaruh luar yang mendorong perubahan atau peningkatan jaringan dapat dibagi menjadi empat jenis:

1. evolusi permintaan layanan
2. strategi pemasaran operator
3. kemajuan teknologi
4. regulasi/kompetisi

Pendorong ini akan membentuk pemilihan arsitektur dalam evolusi dari infrastruktur tembaga yang sudah terpasang menuju infrastruktur yang mampu mengatasi tantangan-tantangan ini. Kombinasi semua pendorong ini telah mengarahkan pada pemasangan jaringan kabel fiber optik yang sangat besar pada sisi akses yang tampak sebagai solusi satu-satunya bagi penambahan bandwidth yang telah diperkirakan.

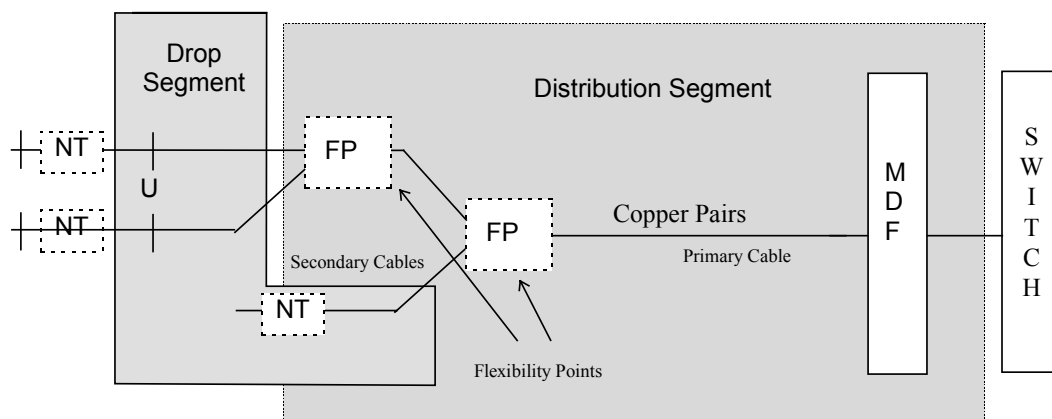
xDSL memiliki masalah seputar jarak, noise dan biaya. Karena itu xDSL tidak bisa dianggap solusi infrastruktur tembaga terpasang. Terdapat beberapa masalah dalam infrastruktur tembaga terpasang meskipun dengan teknologi pair gain atau DSL. Batasan utama muncul:

- Bandwidth yang bisa dicapai dengan sambungan tembaga adalah rendah. Karena itu, untuk jaringan akses biasa, selain biaya, terdapat biaya tambahan sehubungan dengan kebutuhan pasangan untuk transmisi ADSL.

- Noise/gangguan yang muncul. Masalah ini pasti akan muncul paling tidak pada implementasi pertama, karena kemungkinan besar pelanggan komersial pertama akan berada di daerah perkotaan.

4.1 Keadaan Awal

Gambar di bawah bisa memodelkan keadaan awal jaringan akses (tembaga). Dari keadaan ini kita harus berevolusi, langkah demi langkah, menuju jaringan yang mampu mendukung layanan *broadband* baru yang akan muncul di masa depan.



Gambar 4.1: Referensi konfigurasi jaringan akses tembaga

4.2 Jalur Migrasi

4.2.1 Perubahan Teknologi dan Arsitektur

Pada bagian ini kita akan menganalisa akibat dari pengenalan teknologi optik baru dalam daerah jaringan. Beberapa masalah bisa muncul, dan bukan hanya dalam teknologi melainkan juga dalam organisasi.

Arsitektur jaringan akses kini mempunyai persentase lebih tinggi dari penggunaan elemen 'cerdas', mendorong pengembangan kemampuan manajemen jaringan yang lebih

rumit dan prosedur operasi dan pemeliharaan terotomatisasi. Peningkatan ini bisa mengurangi biaya operasi dan pemeliharaan dan menjadi salah satu pendorong *upgrade* jaringan akses yang lebih luas.

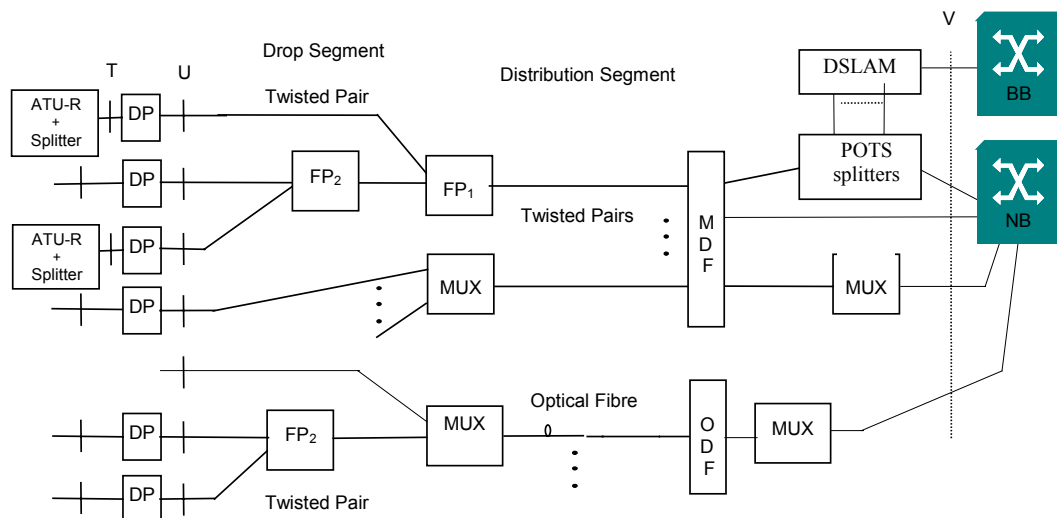
Sejumlah karakteristik atau fungsionalitas operasi dan pemeliharaan harus disediakan oleh jaringan akses *broadband*, yaitu:

- Elemen jaringan harus dirancang untuk meminimumkan intervensi manusia pada instalasi.
- Aktivasi/deaktivasi layanan jarak jauh untuk mempercepat penyediaan servis.
- Laporan kesalahan proaktif dan *real-time*. Maksudnya proaktif adalah aplikasi manajemen tidak hanya menunjukkan alarm tetapi juga mampu mengkorelasi dan memberikan kemungkinan penyebab kesalahan dan solusinya yang sesuai.
- Keamanan informasi harus selalu diperhatikan.
- Penyediaan antarmuka terbuka (Q3)
- Kegunaan yang berhubungan dengan operasi pelanggan: akuntansi, tagihan, langganan, administrasi, dan lain-lain yang tidak disediakan jaringan akses sekarang.
- Kegunaan yang berhubungan dengan operasi jaringan: jaringan terintegrasi, monitor status elemen plant akses, aktivasi/deaktivasi servis, laporan alarm, dan lain-lain.
- Kegunaan yang berhubungan dengan operasi bisnis: pemasaran, penjualan, penawaran diskon, dan lain-lain.

Semua faktor ini akan menolong kenaikan kualitas layanan jaringan keseluruhan dan yang dirasakan oleh klien. Satu hal yang harus ditangani dengan hati-hati adalah bahwa perubahan dalam jaringan akses (berbeda dengan jaringan pusat) akan mempengaruhi klien secara langsung dan juga bisnis dari operatornya.

4.2.2 Karakterisasi Langkah Migrasi

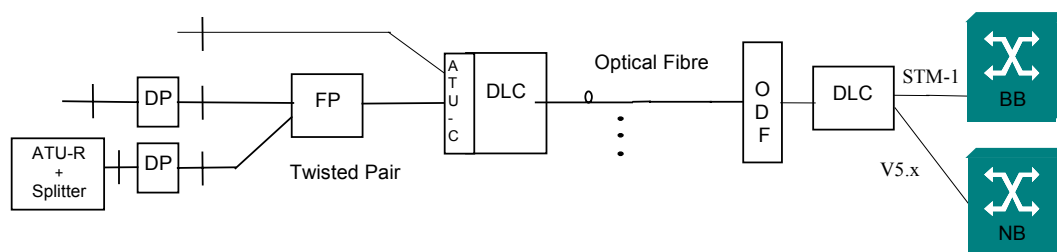
Migrasi dari pasangan tembaga yang sudah ada menuju jaringan broadband bersangkutan dengan beberapa perubahan dalam langkah-langkah evolusi. Salah satu perubahan yang harus dibuat, dan dalam banyak situasi telah menjadi langkah pertama, adalah penggantian kabel pasangan tembaga dalam bagian *feeding* dengan kabel optik.



Gambar 4.2: Arsitektur jaringan akses yang sudah ada

LANGKAH 1

Pada situasi sekarang, bisa ditawarkan servis mid-band asimetri menggunakan teknologi xDSL. Sebuah Access Multiplexzer dengan set modem ADSL dan multiplexer ATM terintegrasi dipasang pada kantor utama dan setiap pelanggan akan mempunyai modem ADSL masing-masing. Integrasi suara tercapai dengan pasangan splitter/combiner seperti pada gambar di atas.



Gambar 4.3: Solusi DSL untuk jarak jauh

Pada tahap awal layanan broadband yang menawarkan skenario ini bisa terlihat cukup sesuai.

Tetapi beberapa faktor bisa memaksa upgrade jaringan akses, misalnya:

- Tingkat penetrasi jasa broadband yang lebih tinggi akan menambah kemungkinan pencapaian jumlah maksimum pengguna secara simultan yang dilayani kabel yang sama.
- Bandwidth yang lebih tinggi dibutuhkan pada arah *upstream* untuk jarak yang lebih besar yang bisa didukung oleh VDSL.
- Karena drop tembaga terbentang dari kantor pusat, ini akan membatasi bandwidth maksimum yang bisa dicapai oleh modem xDSL dan menjadi tidak mungkin untuk menawarkan servis yang membutuhkan bandwidth baru atau lebih.
- Jumlah penambahan pelanggan dalam suatu daerah dan baik kapasitas kabel dan ketersediaan pipa jalur membuat penyediaan servis baru jauh lebih mahal.

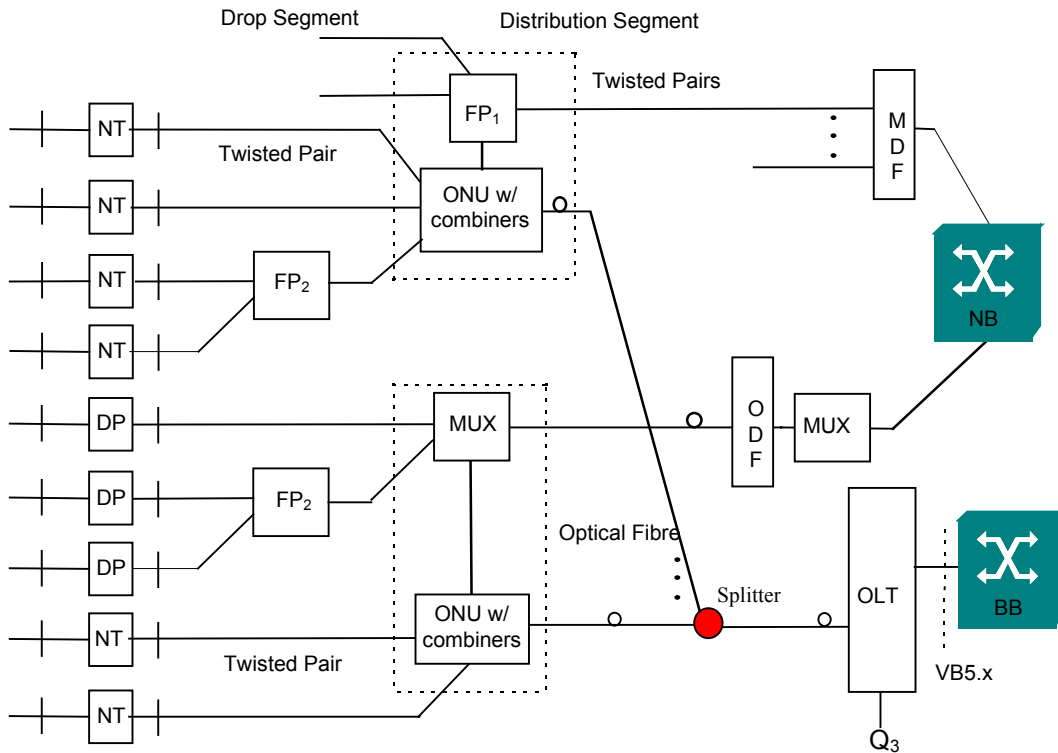
LANGKAH 2

Pada titik ini dua skenario migrasi bisa dibayangkan:

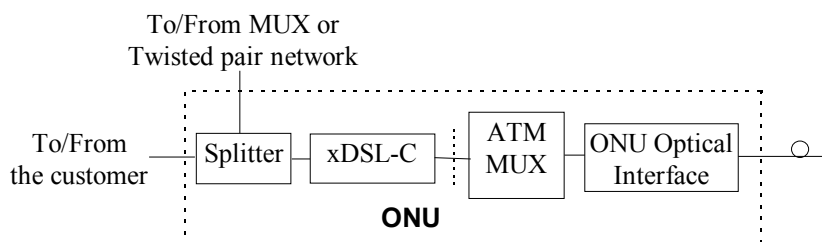
1. memasang *overlay* ATM-PON yang didedikasikan pada servis broadband sementara memelihara jaringan tembaga untuk servis narrowband tradisional.
2. memasang jaringan ATM-PON di mana baik jasa narrowband dan broadband bisa didukung. Deskripsi lebih jauh dari kedua pendekatan ini memberikan titik berat pada perbandingan keuntungan/kerugian masing-masing.

Pendekatan pertama, seperti terlihat pada gambar di bawah. Untuk arsitektur ini solusi BB dan solusi NB ada bersamaan pada jaringan akses yang sama. Karena itu BB-ONU harus bisa menggabungkan lalu-lintas BB dan NB untuk sambungan ke pelanggan yang

meminta jasa BB. Solusi NB bisa tetap ada dan rata-rata penetrasi jasa BB bisa cukup kecil (misal 10%) untuk satu jangka waktu.



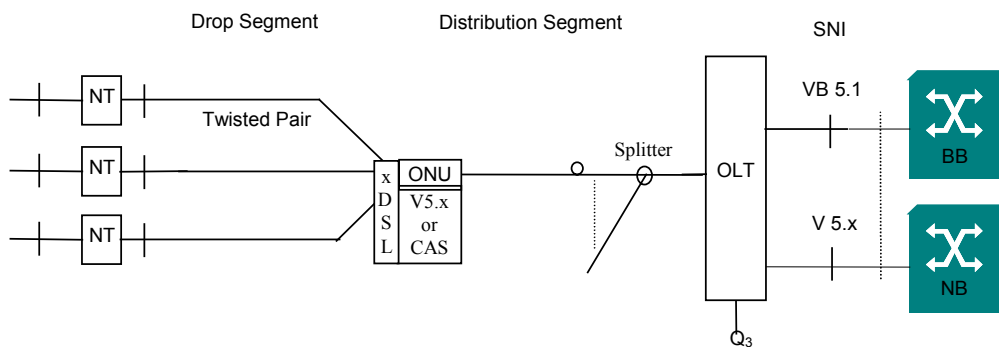
Gambar 4.4: ATM-PON dedikasi pada layanan broadband (solusi hibrid)



Gambar 4.5: Konfigurasi ONU untuk solusi hibrid

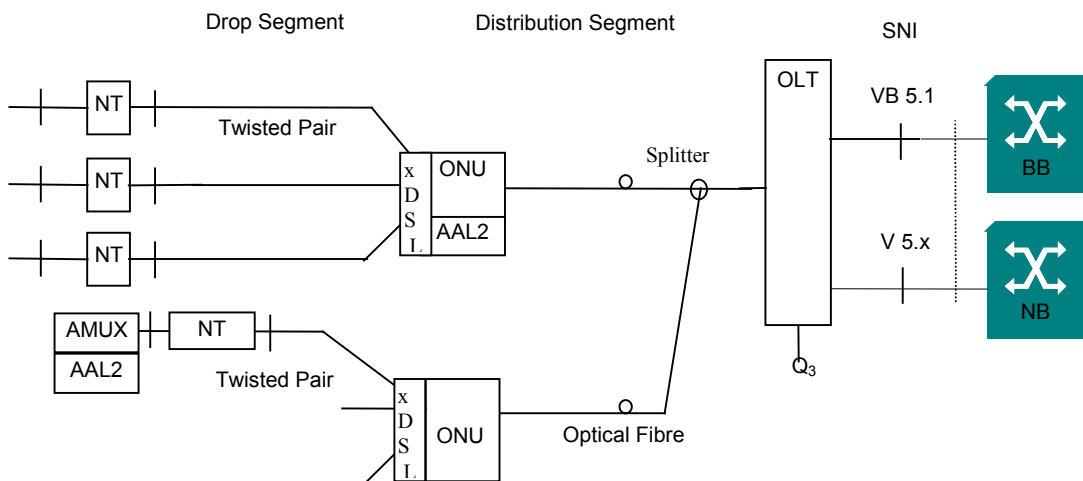
Pendekatan kedua adalah dengan mengintegrasikan dalam jaringan yang sama servis NB dan BB dalam dua solusi yang mungkin:

1. Implementasikan protokol V5.x dalam ONU dan gunakan lapisan adaptasi AAL1 untuk mentranspor kerangka G.703 nx2 Mbit/s menuju switch narrowband.



Gambar 4.6: ATM-PON dengan V5.x atau CAS pada ONU

2. Implementasikan lapisan adaptasi AAL2 untuk mengintegrasikan suara dan ISDN dengan layanan BB



Gambar 4.7: ATM-PON menawarkan layanan narrowband dan broadband (solusi terintegrasi)

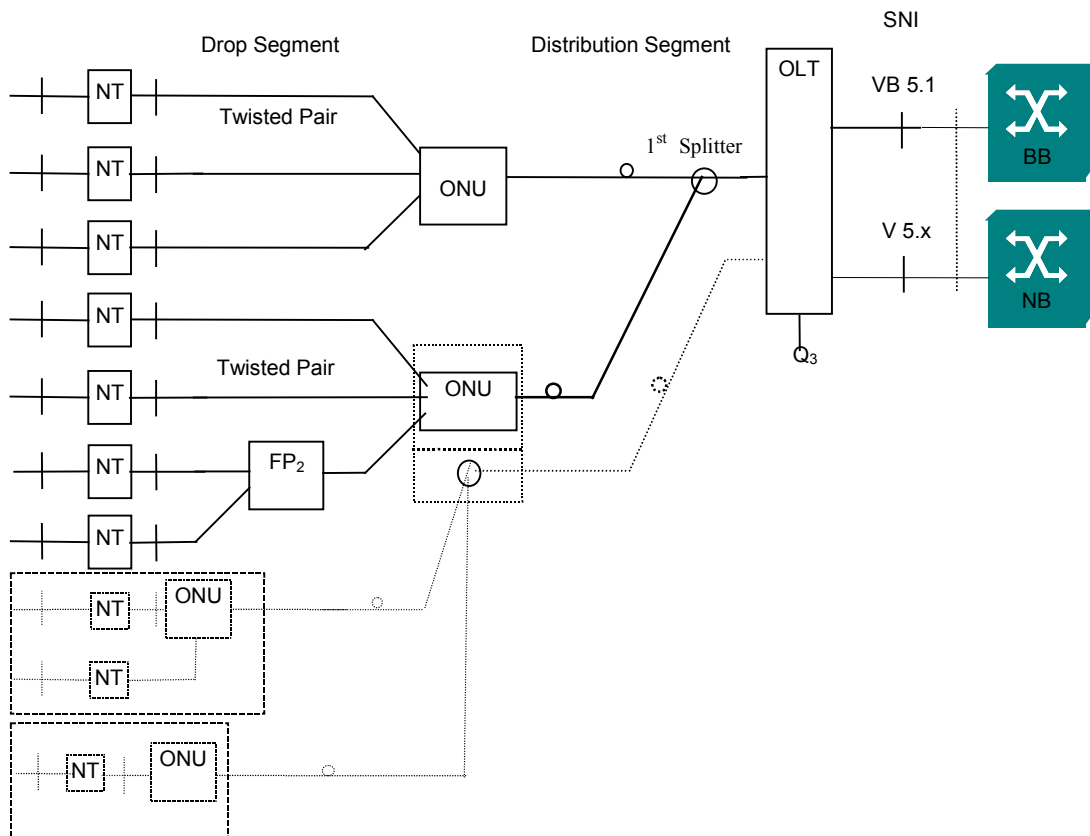
LANGKAH 3

Ketika pengenalan layanan broadband baru diperlukan (permintaan bandwidth lebih tinggi) migrasi dari skenario di atas dapat dicapai melalui instalasi splitter baru dalam ONU generasi pertama, secara simulasi membentangi fiber lebih jauh dalam jaringan akses dan menginstalasi ONU baru yang lebih kecil lebih dekat (FFTB) atau *di dalam* daerah klien.

Perbedaan utama antara ONU generasi pertama dan kedua menyangkut titik lokasi dan kapasitas menurut jumlah antarmuka klien. Generasi pertama akan umumnya dipasang pada titik pertama fleksibilitas dari jaringan tembaga dan melayani lebih banyak pelanggan

daripada yang kedua, yang biasanya dipasang di bangunan atau di daerah pelanggan. Akibat utama akan berada pada volume yang dibutuhkan dan penggunaan daya dari ONU.

Selama panjang drop tembaga semakin kecil, teknologi x-DSL bandwidth tinggi (misal VDSL) bisa dipergunakan. Pada saat ini diperkirakan pemasukan dari penetrasi layanan broadband lebih tinggi adalah cukup untuk mengkompensasi layanan NB yang tidak terlalu menguntungkan pada jaringan.



Gambar 4.8: Skenario migrasi

4.3 Kesimpulan

Jaringan yang sudah ada harus mengalami berbagai perubahan untuk menyediakan jawaban teknologi untuk pendorong-pendorong ini:

1. Evolusi permintaan layanan
2. Strategi pemasaran operator

3. Kemajuan teknologi
4. Regulasi/kompetisi

Pendorong ini akan membentuk arsitektur yang akan dipilih dalam migrasi. Meskipun demikian ketika mempertimbangkan migrasi menuju ATM-PON tiga langkah sudah diidentifikasi:

Langkah 1 Memasukkan solusi sistem ADSL menengah, yang kemudian akan dimasukkan dalam arsitektur tipe DLC untuk jaringan akses jarak jauh (lebih daripada 3km). Arsitektur harus di-upgrade karena empat faktor:

- a) Kenaikan bandwidth
- b) Kenaikan level penetrasi layanan BB
- c) Kenaikan jarak ke pelanggan
- d) Kenaikan crosstalk karena jumlah line ADSL pada kabel yang sama

Langkah 2 Overlay ATM-PON mungkin dengan emulasi sirkuit terstruktur atau tidak terstruktur dalam ONU sebagai jalan usaha integrasi. Pada tahap kedua integrasi AAL2 dapat dipergunakan.

Langkah 3 Naikkan penetrasi fiber dengan menggunakan kabinet ONU untuk instalasi splitter membuat tahap kedua ONU.

Semua solusi di atas akan memberikan jaringan dengan reliabilitas yang pasti akan lebih rendah daripada yang disediakan tembaga. Meskipun demikian perbandingan tidak bisa dilakukan langsung karena layanan yang disediakan akan sama sekali berbeda dan pelanggan akan mengerti ini. Sebuah konsep reliabilitas jaringan baru harus dipertimbangkan terutama mengenai waktu dalam hari dan tipe servis (a.l. tipe usaha terbaik).

BAB V

KESIMPULAN

1. Akses *broadband* melalui teknologi *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) memungkinkan pelanggan mendapatkan akses multimedia dengan kecepatan transfer data yang tinggi.
2. Berbagai teknologi dikembangkan pada setiap komponen pengkabelan optik dan modul optoelektronik untuk mencapai transmisi bit rate yang lebih tinggi dan harga lebih murah. Teknologi dalam elektronik diperlukan untuk mengimbangi kecepatan operasi yang akan dibutuhkan.
3. Jaringan akses kabel tembaga yang sudah terpasang dapat digunakan untuk broadband dengan teknologi xDSL. Karakteristik kabel tembaga yang digunakan menjadi faktor yang sangat penting dalam kualitas sinyal.
4. Jika pelanggan *broadband* berada dalam rentang peralatan ADSL maka fiber dapat dipasang ke pertukaran local (FTTEx). Jika pelanggan berada di luar jarak maksimum ADSL, kabel fiber baru dapat langsung dipasang ke pelanggan: pusat akses ATM dipasang disentral dan NTU pada tempat pelanggan.
5. Pilihan migrasi yang direkomendasikan dari fiber terpasang tergantung pada kondisi awal:
 - Migrasi dari AON berbasis PDH adalah sistem overlay ATM-PP.
 - Migrasi dari AON berbasis SDH yang menggabungkan ONU *narrowband* bergantung apakah pelanggan secara geografis terpusat atau tersebar.

- Migrasi dari jaringan narrowband AN adalah ATM-PON. Bagian *narrowband* dapat digunakan ulang sebagian untuk penggabungan dengan jalur *broadband* baru.
6. Migrasi dari tembaga terpasang: menuju ATM-PON tiga langkah sudah diidentifikasi:
- Memasukkan solusi sistem ADSL menengah
 - Overlay ATM-PON
 - Naikkan penetrasi fiber

LAMPIRAN A

PROFIL PERUSAHAAN

Nama Perusahaan : PT. Telekomunikasi Indonesia
Divisi RisTI (Riset Teknologi Informasi)

Alamat : Jl. Gegerkalong Hilir 47
Bandung 40152 – Indonesia

PT Telekomunikasi Indonesia Tbk (TELKOM) adalah salah satu Perusahaan Umum Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam penyelenggaraan bidang jasa telekomunikasi dalam negeri. TELKOM dalam operasinya mempunyai 7 Divisi Regional yang mengelola operasional dan 9 divisi pendukung sebagai pendukung Divisi Regional dalam operasionalnya. Salah satu divisi penunjang pada TELKOM yang mempunyai misi menumbuhkan kompetensi teknologi dan meningkatkan daya saing TELKOM di lingkungan industri telekomunikasi nasional dan internasional adalah Divisi Riset Teknologi Informasi (RisTI).

RisTI berdiri pada tahun 1992 dengan nama Pusat Rencana dan Pengembangan Teknologi Informasi (PUSRENBANGTI) dan berdiri secara resmi sebagai salah satu divisi dalam struktur organisasi PT. TELKOM pada 24 Juli 1995. Secara struktural Div RisTI berada dibawah pembinaan Direktur Perencanaan dan Teknologi.

Adapun tujuan dari RisTI adalah :

- 2 Sebagai elemen strategis di dalam proses pencapaian dan mempertahankan status World Class Operator.

- 3 Mendukung TELKOM dalam pemanfaatan teknologi telekomunikasi secara optimal dan cocok dengan kondisi spesifik Indonesia.
- 4 Mewujudkan institusi 'R & D Information Technology' nasional yang unggul dengan cara mengembangkan konsep kemitraan dengan institusi riset industri telekomunikasi dan institusi pendidikan nasional maupun Internasional.

Organisasi kantor Div RisTI terdiri atas unsur pimpinan divisi, unit kerja teknostruktur, unit kerja pendukung, dan unit kerja operasional. Penulis melakukan kerja praktek pada bidang jaringan akses. Bidang ini bertanggung jawab atas riset, pengkajian dan pengembangan sistem jaringan akses. Bidang jaringan akses memiliki fungsi:

1. Melakukan riset dan pengkajian jaringan kabel.
2. Melakukan riset dan pengkajian teknologi jarlokar dan komunikasi bergerak (mobile communication) termasuk PCS/PNS dan konsep strategi alokasi frekuensi untuk TELKOM.
3. Melakukan riset dan pengkajian sistem komunikasi rural.
Melakukan riset dan pengkajian teknologi jarlokaf.

LAMPIRAN B

SINGKATAN

AAL	ATM Adaptation Layer (Lapisan Adaptasi ATM)
AN	Access Network (Jaringan Akses)
AON	Active Optical Network (Jaringan Optik Aktif)
ASP	Active Splitter (Splitter Aktif)
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BB	Broadband
DSL	Digital Subscriber Line (Jalur Pelanggan Digital)
FTM	Fibre Termination Module (Modul Terminasi Fiber)
FTTEx	Fiber to the Exchange (Fiber ke Pertukaran)
FTTH	Fiber To The Home (Fiber ke Rumah)
HFC	Hybrid Fibre Coax
LEX	Local Exchange (Pertukaran Lokal)
MDF	Main Distribution Frame (Kerangka Distribusi Utama)
NB	Narrow Band
NT	Network Termination (Terminasi Jaringan)
OLT	Optical Line Termination (Terminasi Jalur Optik)
ONU	Optical Network Unit (Unit Jaringan Optik)
PON	Passive Optical Network (Jaringan Optik Pasif)
PP	Point to Point (Titik ke Titik)