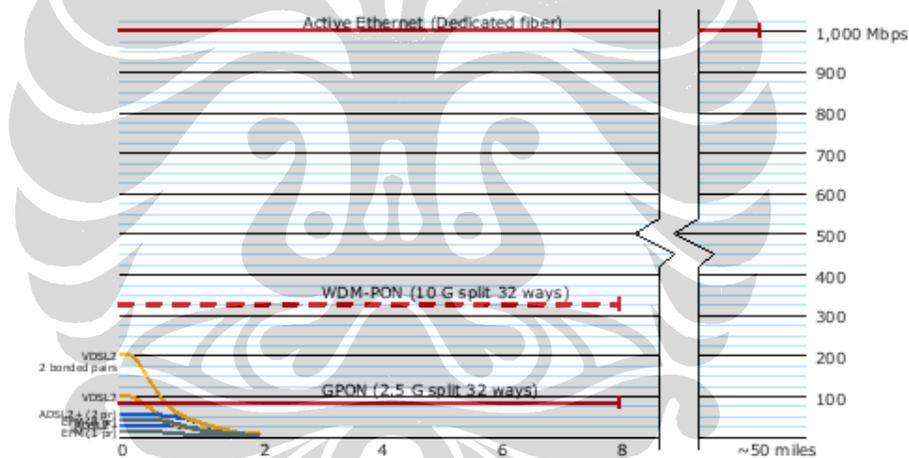


BAB II TEKNOLOGI JARINGAN KABEL OPTIK

2.1 FAKTOR PENDORONG PENGGUNAAN KABEL OPTIK

Mulai tahun 1990 an, operator telekomunikasi sudah mulai mengimplementasikan jaringan kabel optik di beberapa bagian infrastrukturnya. Dasar pemikiran penggunaan infrastruktur jaringan kabel optik ini adalah tersedianya bandwidth yang besar, kualitas signal yang lebih baik, faktor *security* yang lebih terjamin dan pastinya kehandalan yang lebih baik dibandingkan dengan media transmisi lainnya. Perbandingan bandwidth untuk beberapa media transmisi terlihat pada gambar 2-1 berikut.

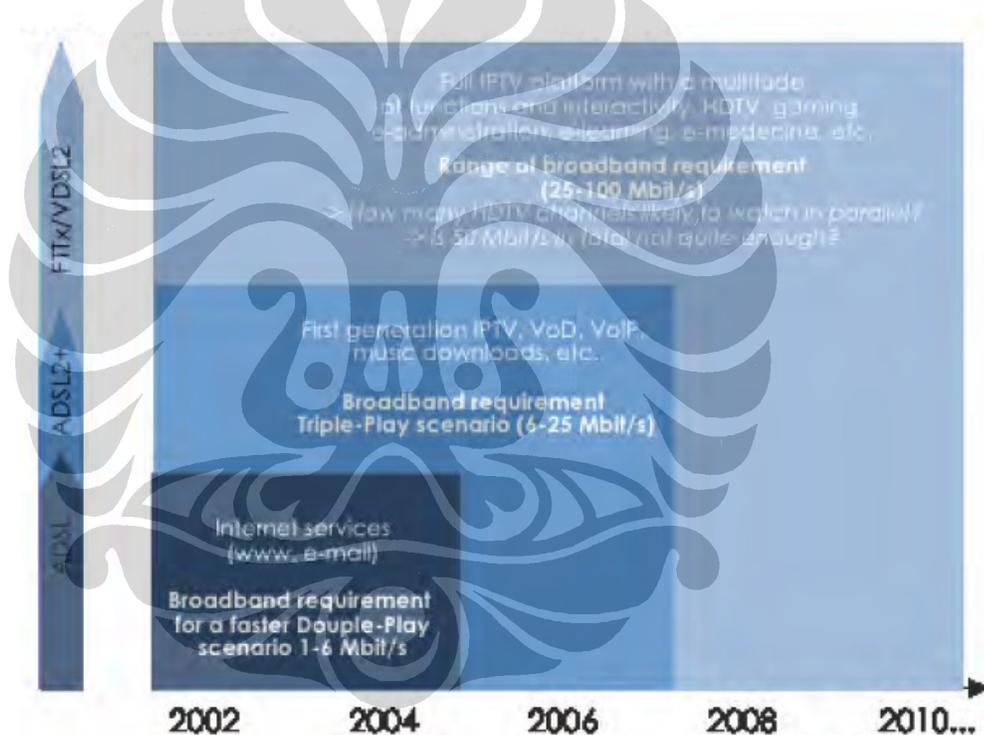


Gambar 2-1 : Perbandingan media transmisi [19]

Dengan tersedianya bandwidth yang besar tentunya operator berharap dapat meningkatkan *revenue* dengan menciptakan service baru, mempertahankan customer yang sudah ada, penurunan biaya operasional yang pada akhirnya akan meningkatkan keuntungan perusahaan.

Apa yang direncanakan oleh operator dengan memperhatikan trend serta perkembangan teknologi pendukung yang pada akhirnya akan mempengaruhi perilaku pelanggan. Faktor *socio-economics*, bagaimana orang hidup dan

bagaimana orang bekerja, memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan permintaan bandwidth, dimana kondisi ini sebagai pendorong penggunaan jaringan kabel optik sebagai solusi. Kondisi struktur industri juga berubah dari industri *manufacture* menjadi industri berbasis informasi. Kondisi ini mengharuskan para pekerja untuk mendapatkan koneksi dengan kecepatan tinggi untuk mendukung penggunaan aplikasi data, gambar dan video, selain kebutuhan dasar berupa telephone. Tetapi kecenderungan penggunaan internet di rumah terus meningkat setiap tahunnya untuk keperluan pengaksesan berita, *video entertainment*, *social-networking*, *games*, *shopping*, *video conferencing*, pendidikan, keamanan, akses perbankan dll.



Gambar 2-2 : Trend layanan telekomunikasi [6]

Gambar 2-2 memperlihatkan trend layanan telekomunikasi yang berimplikasi pada peningkatan kebutuhan bandwidth di masing-masing pelanggan. Hal ini dikarenakan semakin beragamnya layanan yang bisa diberikan, dimana semakin banyak layanan yang bersifat interaktif yang membutuhkan bandwidth besar. Kebutuhan bandwidth tersebut setiap tahunnya berubah seperti terlihat pada tabel 2-1.

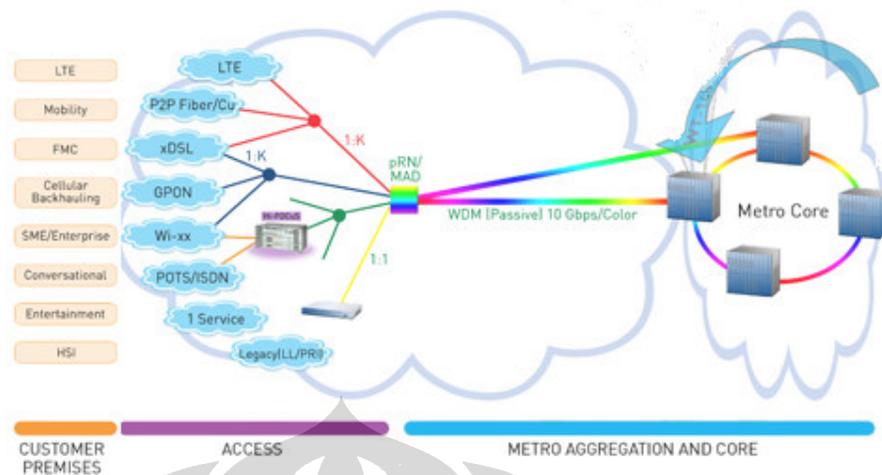
Tabel 2-1 : Trend peningkatan kebutuhan bandwidth pelanggan 2000 – 2008 [16]

| | 2000 | 2004 | 2008 |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| Typical Data Requirements | 56kbps dial-up modem to 128k DSL | 4-8 Mbps broadband | 20-30 Mbps broadband |
| Broadcast TV Requirements | 40 channels analog 2 TVs per home | 150 channels digital 3.8 Mbps per TV 2 TVs per home | 250 channels digital 10-20 Mbps per HDTV 3 TVs per home |
| On-Demand Requirements | None | Music downloads; Online gaming | TBD |
| Bandwidth Requirements per Home | 128k + Cable TV | 10-20 Mbps | 100-120 Mbps |

Killer Application yang saat ini sudah siap untuk diimplementasikan adalah layanan *triple play*, dimana operator berkesempatan untuk menawarkan layanan high speed data, voice dan video dalam satu bundle ke pelanggan. Dengan adanya layanan *triple play*, kabel optik akan dipasang sedekat mungkin dengan perangkat pelanggan, dan operator akan memilah dengan memperhitungkan aspek ekonomis, sampai titik akhir mana kabel optik tersebut akan disambungkan.

Saat ini teknologi kabel optik sudah digunakan mayoritas di *backbone* maupun untuk konfigurasi LAN, sedangkan untuk jaringan akses masih dominan menggunakan teknologi akses kabel tembaga *twisted-pair*. Jaringan akses adalah bagian dari *public switch network* yang menghubungkan titik akses dengan pelanggan. Lebih sederhana lagi, jaringan akses adalah penghubung akhir dalam suatu jaringan antara perangkat pelanggan (*customer premise*) dan titik penghubung pertama ke infrastruktur *Central Office*.

Jaringan akses selama ini dianggap sebagai *bottleneck* dalam penyediaan layanan multimedia. Hal ini terutama karena bandwidth yang tersedia telah tertinggal dibandingkan dengan *bandwidth* pada LAN maupun *backbone* / WAN dimana faktor konsentrasi dan skala ekonomi menyebabkan digunakannya kabel optik. Gambaran mengenai konfigurasi jaringan telekomunikasi secara umum terlihat pada gambar 2-3



Gambar 2-3 : Konfigurasi jaringan telekomunikasi [8]

2.2 ARSITEKTUR JARINGAN AKSES KABEL OPTIK

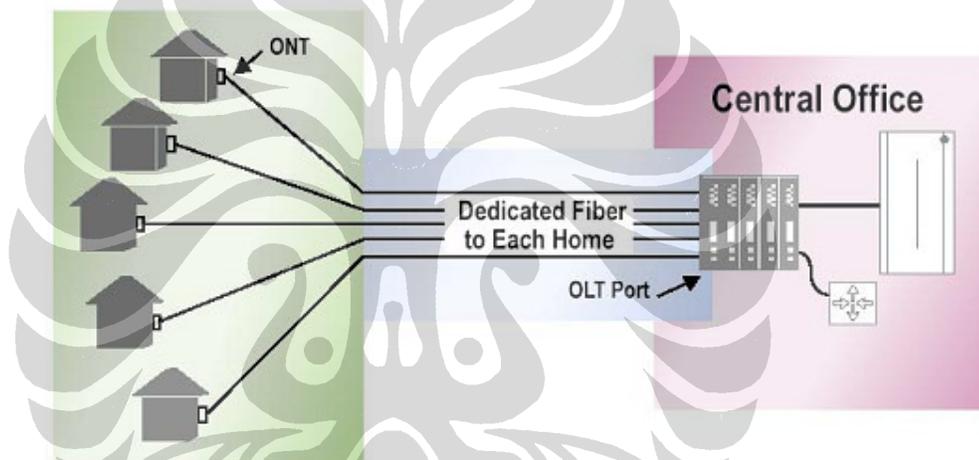
Secara garis besar terdapat 2 (dua) type arsitektur jaringan kabel optik yaitu arsitektur jaringan aktif dan arsitektur jaringan pasif. Sebelum menentukan arsitektur jaringan mana yang paling tepat untuk diimplementasikan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh operator sebelum melakukan pembangunan yaitu ketersediaan infrastruktur jaringan kabel optik existing, perencanaan distribusi lokasi jaringan, biaya untuk pengembangan jaringan kabel optik, tingkat kepadatan pelanggan dan return of investment (ROI). Arsitektur jaringan aktif mengacu pada konfigurasi point to point kabel optik dan atau konfigurasi star. Untuk arsitektur jaringan pasif, berbasis *passive optical network* (PON). Masing-masing konfigurasi mempunyai sisi positif dan negative dalam implementasinya, dan pemilihan arsitektur mana yang paling cocok diterapkan tergantung pada kebutuhan yang didefinisikan oleh operator.

2.2.1 Arsitektur Aktif

2.2.1.1 Arsitektur Aktif : Point to Point

Arsitektur aktif point to point adalah arsitektur dengan menggunakan *fiber optic dedicated* yang menghubungkan perangkat *Optical Line Terminal* (OLT) yang berada di *Central Office* (CO) yang terkoneksi dengan perangkat *Optical Network Terminal* (ONT) yang terdapat pada terminal pelanggan. Baik OLT maupun ONT

adalah perangkat aktif, membutuhkan power dan masing-masing dilengkapi dengan optical laser. Gambaran mengenai arsitektur jaringan aktif point to point terdapat pada gambar 2-4. Pelanggan dapat berada jauh dari central office (dapat mencapai 80 km) dan setiap pelanggan disediakan satu *dedicated fiber optic* dengan *full bi-directional bandwidth*. Arsitektur jaringan ini menjadi kurang efektif terutama ketika biaya penggelaran kabel optic (termasuk perangkat pendukungnya) serta biaya perijinan diperhitungkan sebagai biaya investasi. Disebabkan setiap *fiber optic* tergelar langsung ke masing-masing pelanggan, maka biaya pembelian *fiber optic* dan biaya jasa penggelaran *fiber optic* menjadi simetris dengan penambahan jumlah pelanggan.

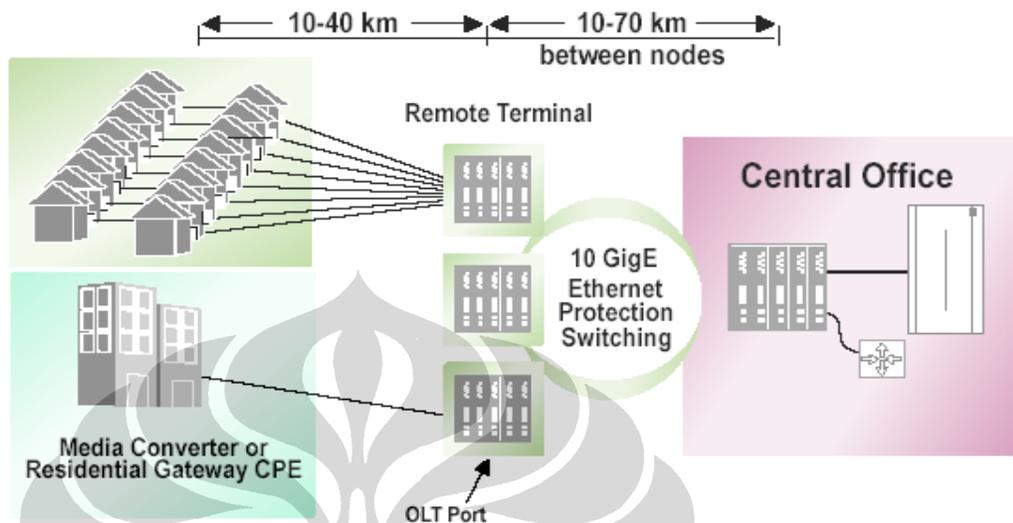


Gambar 2-4 : Arsitektur Aktif Point to Point [16]

2.2.1.2 Arsitektur Aktif : Star (Point to Multi-Point)

Arsitektur aktif star adalah arsitektur point to multi-point yang mana beberapa perangkat pelanggan terkoneksi secara bersama-sama dengan menggunakan satu kabel feeder yang sama yang terkoneksi melalui sebuah *remote node* yang terletak diantara CO dengan terminal pelanggan. Sebuah *remote node* dapat melayani sampai seribu terminal pelanggan, dengan menggunakan link distribusi yang terkoneksi dari *remote node*. Gambaran mengenai arsitektur jaringan aktif point to multipoint terdapat pada gambar 2-5. Seperti konfigurasi point to point, lokasi pelanggan dapat berada jauh dari CO (bisa mencapai 80 Km), dan setiap pelanggan disediakan satu *dedicated fiber optic* dengan *full bi-directional*

bandwidth. Arsitektur star akan mengurangi jumlah fiber optic yang digunakan serta jasa pengelarnya termasuk biaya perijinannya.



Gambar 2-5 : Arsitektur Aktif Star [16]

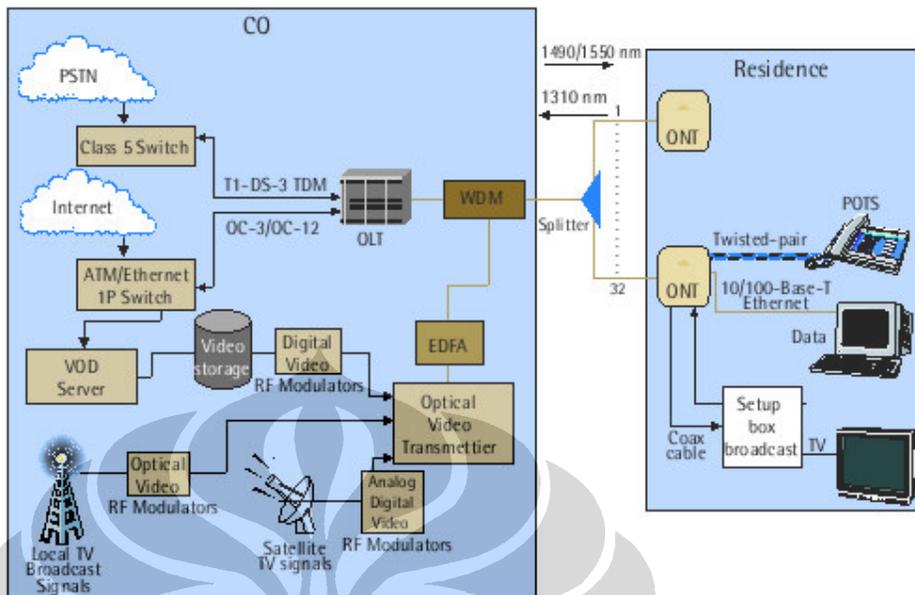
2.2.2 Arsitektur Pasif : Pasive Optical Network (PON)

Passive Optical Network (PON) adalah sebuah teknologi akses yang mengacu pada spesifikasi yang disusun oleh konsorsium vendor Full Service Access Network (FSAN). Selanjutnya ITU merevisi standard PON dan mengeluarkan rekomendasi no G.983.1. Komponen jaringan PON terdiri dari Optical Line Terminal (OLT), Optical Network Unit (ONU) dan passive splitter. OLT dipasang di Central Office (CO) operator, Sedangkan ONU dipasang diterminal akhir menuju pelanggan. Passive Optical Splitter dipasang diantara OLT dan ONU. Passive Optical Splitter berfungsi sebagai pembagi downstream signal dari OLT ke beberapa terminal ONU. Setiap ONU bertugas untuk mengidentifikasi hanya data yang dibutuhkan oleh terminal. FSAN support fungsi Symmetric dan Asymmetric. Umumnya implementasi FSAN menggunakan mode Asymmetric dengan kecepatan downstream mencapai 622 Mbps pada panjang gelombang antara 1480 nm dan 1580 nm, dan 155 Mbps upstream pada panjang gelombang antara 1260 nm dan 1360 nm. Transmisi Upstream dan Downstream dapat menggunakan kabel optic yang terpisah atau menggunakan core optik yang sama dengan menggunakan teknologi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM).

Arsitektur *Passive Optical Network* (PON) menggunakan share media *fiber optic* dan support konfigurasi point to multi-point. Selain share media, pelanggan juga akan share bandwidth. Pada arsitektur jaringan ini *passive optical splitter* digunakan untuk membagi bandwidth dari satu single fiber sampai dengan 64 pelanggan dengan jarak maksimal 10 – 20 km. Arsitektur ini disebut arsitektur *passive* karena *splitter* dan perangkat pendukung yang terpasang diantara OLT dan ONT adalah *passive* (tanpa power)

Gambar 2-6 menunjukkan arsitektur umum jaringan PON. Disisi central office (CO atau sering juga disebut sebagai Head End), koneksi telephone (Public Switch Telephone Network : PSTN) dan internet tersambung melalui perangkat Optical Distribution Network (ODN) yang terdapat pada perangkat Optical Line Termination (OLT). Dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda untuk upstream dan downstream yaitu 1310 nm dan 1490 nm untuk mentransmisikan layanan data dan voice. Untuk layanan video di convert menjadi panjang gelombang 1550 nm, dengan menggunakan optical video transmitter. Panjang gelombang 1550 nm dan panjang gelombang 1490 nm dikombinasikan dengan menggunakan WDM coupler sebagai downstream bersama untuk layanan video. Sehingga untuk layanan triple play dalam 1 (satu) core optic ditransmisikan 3 (tiga) panjang gelombang yang berbeda yaitu 1310 nm, 1490 nm dan 1550 nm.

Feeder kabel mentransmisikan signal optic dari CO ke splitter, dimana memungkinkan beberapa ONT terkoneksi dengan menggunakan *feeder cable* yang sama. Splitter terdapat pada Fiber Distribution Hub (FDH) atau pada primary flexible point (PFP). Umumnya pada splitter sudah ter-*splice* dan menggunakan konektor disisi outputnya. Jika analog video ditawarkan maka penggunaan type konektor APC (Angle Polished Connector) yang digunakan, hal ini digunakan karena analog video menggunakan high power transmitter yang sangat sensitive terhadap pantulan. Type Konektor UPC (Ultra Polished Connector) hanya digunakan jika menggunakan saluran video berbasis digital. ONT diperlukan dimasing-masing pelanggan yang digunakan sebagai koneksi layanan *triple play* di pelanggan



Gambar 2-6 : Arsitektur Umum Jaringan FTTx [2]

Dalam teknologi PON, passive komponen tidak terdapat fungsi penguatan, sehingga ada keterbatasan untuk jarak serta jumlah signal yang di split.

Implementasi jaringan pasif inilah yang saat ini dominant digunakan dalam mendukung implementasi teknologi FTTx di PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk. Beberapa istilah lain dari FTTx sering dijumpai dalam implementasi yaitu : fiber optik sampai ke rumah-rumah (FTTH = *Fiber To The Home*) atau fiber optik sampai ke gedung-gedung (FTTB = *Fiber To The Building*), *fibre to the curb* (FTTC) membawa fiber optik ke operator node yang dekat dengan pengguna, atau *fiber to the node* (FTTN) membawa fiber optic ke node terdekat di sisi sentral. Gambaran konfigurasi jaringan FTTH dan FTTC seperti terlihat pada gambar 2-7 dan 2-8



Gambar 2-7 : Jaringan FTTH (Fiber to the Home) [8]



Gambar 2-8 : Jaringan FTTC (Fiber to the Curb) [8]

Perbedaan penyebutan dalam FTTx didasarkan pada lokasi penempatan ONU

- FTTH / FTTO, ONU dipasang didalam rumah atau kantor, dimana posisinya dekat dengan terminal pelanggan
- FTTB, ONU dipasang pada koridor gedung
- FTTC, ONU dipasang di Curb dan letaknya jauh dari customer

Dalam tabel berikut disebutkan beberapa perbedaan utama dari FTTH, FTTO, FTTB dan FTTC

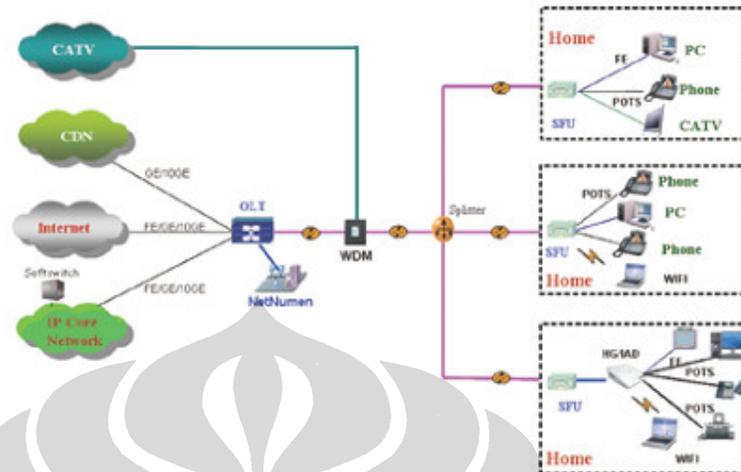
Tabel 2-2 : Perbandingan teknologi FTTx [20]

| Item Perbandingan | FTTH | FTTO | FTTB | FTTC |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| Kapasitas ONU | 1 – 4 Port | 1 – 4 Port | Puluhan | Ratusan |
| Jarak OLT ke ONU | < 20 Km | < 20 Km | < 20 Km | 5 Km – 100 Km |
| Jarak ONU ke User | 0 – 20 m | 0 – 50 m | < 500 m | 1 – 3 Km |
| Bandwidth per User | 100 Mbps | 100 Mbps to GE | 100 Mbps | 2 to 25 Mbps |
| Interface ONU | FE, POTS, WiFi, RF | FE / GE, TDM, WiFi | FE, POTS, VDSL2, TDM | POTS, ADSL/ADSL2+, VDSL2 |
| Tipe ONU | SFU | SBU | MDU / MTU | ONU (Kapasitas besar) |

Keseluruhan Jaringan PON menggunakan fiber optic. Kondisi ini untuk mengantisipasi perkembangan akan kebutuhan bandwidth di sisi jaringan akses. Beberapa kebutuhan layanan baru di sisi pelanggan adalah layanan *triple-play*, dimana secara bersama-sama pelanggan dapat menikmati 3 (tiga) jenis layanan sekaligus melalui satu jaringan akses. Penjelasan lebih detail mengenai implementasi FTTH, FTTO, FTTB dan FTTC adalah sebagai berikut :

2.2.2.1 FTTH (*Fiber To The Home*)

Gambaran solusi FTTH terlihat pada gambar 2-9, berikut :



Gambar 2-9 : Solusi FTTH (*Fiber To The Home*) [20]

1. Penempatan Perangkat :

- a. PON OLT di pasang di Central Office atau ruang perangkat jika diinstall di area perumahan
- b. Splitter dipasang diluar building, dipasang di dinding atau kabinet outdoor. Untuk implementasi gedung bertingkat, satu splitter dapat digunakan untuk melayani beberapa tingkat sekaligus. Umumnya splitter akan dipasang ditengah-tengah area layanan untuk menghemat penggunaan fiber optic
- c. ONU dipasang di atas meja atau terpasang di dinding di ruangan pelanggan

2. Service yang disediakan :

- a. VoIP, Telepon Analog, IPTV, Monitor, CATV, Internet

3. Interface yang dibutuhkan di ONU :

- a. POTS, FE/GE, WiFi, RF

4. Kebutuhan bandwidth :

- a. 10 – 100 Mbps per pelanggan

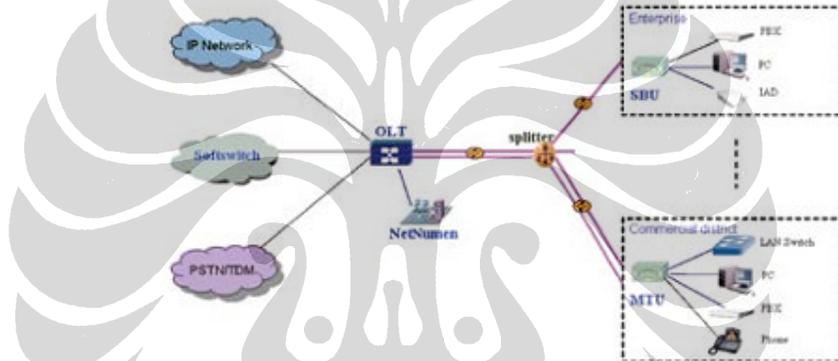
5. Area yang dilayani :

- a. Perumahan

- b. Apartemen
- c. Villa

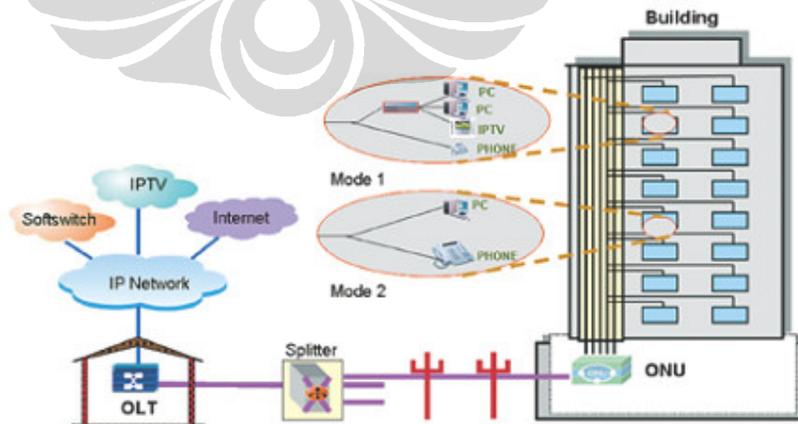
2.2.2.2 FTTO (*Fiber To The Office*)

Aplikasi FTTO mirip dengan implementasi FTTH, perbedaan umumnya terletak pada jarak ONU ke perangkat pelanggan yang biasanya bisa mencapai 50 m. Gambaran mengenai solusi jaringan FTTO terlihat pada gambar 2-10. Untuk case ini, ONU menyediakan beberapa port interface sekaligus untuk melayani beberapa terminal pelanggan secara bersamaan. Service yang dibutuhkan selain IP juga TDM, sebagai contoh untuk menyediakan E1 Interface yang akan disambungkan ke PABX



Gambar 2-10 : Solusi FTTO (*Fiber To The Office*) [20]

2.2.2.3 FTTB (*Fiber To The Building*)

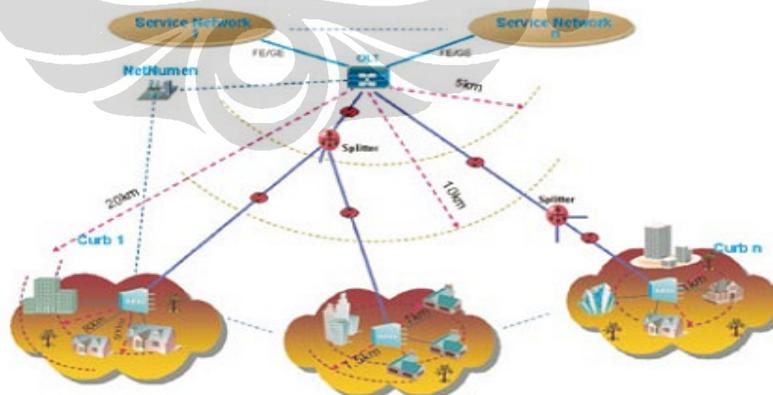


Gambar 2-11 : Solusi FTTB (*Fiber To The Building*) [20]

Gambaran solusi FTTB terlihat pada gambar 2-11, diatas

1. Penempatan Perangkat :
 - a. PON OLT di pasang di Central Office, basement atau ruang perangkat jika diinstall di gedung
 - b. Splitter dipasang didalam gedung, untuk melayani beberapa lantai sekaligus.
 - c. ONU dipasang di basement atau ditiap lantai tergantung pada jumlah pelanggan serta efektivitas layanan
2. Service yang disediakan :
 - a. VoIP, Telepon Analog, IPTV, Monitor, CATV, Internet, VPN, TDM leased line
3. Interface yang dibutuhkan di ONU :
 - a. POTS, FE/GE, E1, ADSL/ADSL2/ADSL2+, VDSL2, SHDSL
4. Kebutuhan bandwidth :
 - a. Bandwidth untuk setiap terminal menggunakan rasio pembagi, biasanya antara 50 – 100 Mbps untuk setiap pelanggan
5. Area yang dilayani :
 - a. Gedung perkantoran atau pusat bisnis

2.2.2.4 FTTC (Fiber To The Curb)



Gambar 2-12 : Solusi FTTC (Fiber To The Curb) [20]

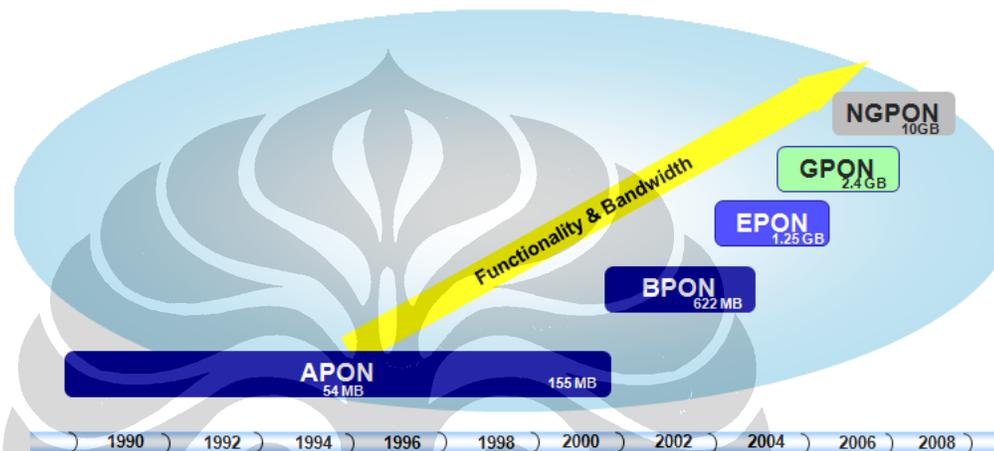
Gambaran solusi FTTC terlihat pada gambar 2-12, berikut :

1. Penempatan Perangkat :
 - a. PON OLT di pasang di Central Office
 - b. Splitter dipasang di luar gedung.
 - c. ONU dipasang di basement atau curb, dipasang di tiang atau outdoor cabinet untuk melayani pelanggan perumahan
2. Service yang disediakan :
 - a. VoIP, Telepon Analog, IPTV, Internet
3. Interface yang dibutuhkan di ONU :
 - a. POTS, FE/GE, E1, ADSL/ADSL2/ADSL2+, VDSL2, SHDSL
4. Kebutuhan bandwidth :
 - a. Bandwidth untuk setiap terminal menggunakan rasio pembagi, biasanya antara 100 Kbps – 100 Mbps untuk setiap pelanggan
5. Aplikasi :
 - a. Terintegrasi dengan layanan ADSL2+ atau VDSL2+

2.2.3 Standarisasi Pasive Optical Network (PON)

Aktivitas standarisasi PON dimulai pertengahan tahun 1990 ketika sebuah group yang terdiri dari beberapa operator jaringan mendirikan konsorsium yang diberi nama FSAN (Full Service Access Network). Tujuan didirikannya group ini adalah membuat standard umum untuk perangkat PON sehingga semua vendor maupun operator dapat saling bekerja sama pada market GPON yang competitive. Sebagai hasil yang pertama kali direlease adalah acuan standard PON ITU-T G.983. Sistem yang dihasilkan dikenal dengan B-PON . Nama B-PON digunakan untuk menggantikan istilah APON yang sebelumnya diasumsikan hanya ATM service yang bisa dideliver melalui sistem. Perubahan nama menjadi BPON untuk mendeskripsikan bahwa system BPON menawarkan layanan broadband service yang terdiri dari akses ethernet, video distribution dan layanan high speed leased line. Standard APON kemudian ditingkatkan kapasitasnya menjadi support 622 Mbps dengan beberapa tambahan feature diantaranya adalah Dynamic Bandwidth Allocation (DBA).

Secara parallel, pada awal tahun 2001, IEEE membuat group EFM (Ethernet in the First Mile). Group ini bekerja dibawah pengawasan IEEE 802.3 group yang juga mendvelop standard ethernet. EFM bekerja untuk membuat standarisasi 1.25 Gbps system simetris untuk media transport ethernet. Standard ini dituangkan sebagai standard EPON. Untuk gambaran perubahan teknologi PON secara garis besar terlihat pada gambar 2-13.



Gambar 2-13 : Perubahan teknologi PON [1]

Hasil akhir dari kerja FSAN adalah solusi terbaru untuk optical akses yang disebut Gigabit PON (GPON). GPON support multiple service, terutama layanan data dan TDM. Beberapa kebutuhan didokumentasikan dan dituangkan dalam GSR (Gigabit Service Requirement) yang merupakan dokumen hasil dari pencarian atas kebutuhan yang diperlukan oleh seluruh member group . Saat ini dokumen tersebut sering diketahui sebagai standard G.984.1. Beberapa hal yang dituangkan dalam standard ini adalah :

- Full service support, termasuk didalamnya adalah layanan voice (TDM, SONET dan SDH), Ethernet (10/100 Base T – 10 atau 100 Mbps yang ditransmisikan melalui media twisted pair), ATM, leased lined dan sebagainya
- Jarak jangkauan dapat mencapai 60 Km

- Support bermacam-macam opsi bit rate dengan menggunakan protocol yang sama, termasuk didalamnya adalah symmetric 622 Mbps, symmetric 1.25 Gbps, 2.5 Gbps downstream dan 1.25 Gbps upstream dan lain sebagainya
- Mempunyai kemampuan OAM&P untuk end to end service managemen
- Security pada level protocol untuk traffic downstream untuk mode transmisi multicast

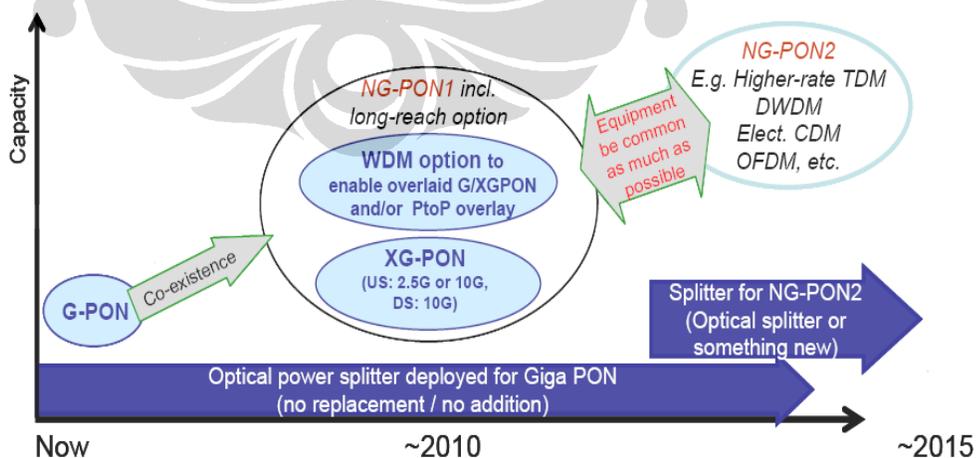
Secara umum perbandingan antara APON/ BPON, EPON dan GPON dapat dilihat pada table 2-3 berikut :

Tabel 2-3 : Parameter teknis teknologi PON [3]

| Characteristics | EPON | BPON | GPON |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Standard | IEEE 802.3ah ¹ | ITU-T G.983 | ITU-T G.984 |
| Protocol | Ethernet | ATM | Ethernet, TDM |
| Rates | 1000 Mbps ² , DS and US | 622 Mbps DS, 155 Mbps US | 2488 Mbps DS, 1244 Mbps US |
| Span (km) | 10 | 20 | 20 |
| Split-ratio ³ | 16 or 32 | 32 | 32 or 64 |

Meskipun GPON dilihat sebagai teknologi yang mature dan menyediakan kapasitas yang cukup untuk beberapa tahun yang akan datang.

Teknologi G-PON terus melakukan pengembangan dan antisipasi atas kebutuhan-kebutuhan baik service maupun integrasi untuk masa yang akan datang. Perkembangan standard G-PON dapat dilihat pada gambar 2-14 berikut :



Gambar 2-14 : Evolusi GPON [3]