

NAMA : AZHAR AZKIA DHIAULHAQ

KELAS : 11 TKJ 1

ARSITEKTUR JARINGAN AKSES FIBER OPTIK

1. Jenis-Jenis Arsitektur Jaringan Fiber Optik

Jaringan akses fiber optik diklasifikasikan berdasarkan keberadaan perangkat aktif (yang memerlukan daya) atau perangkat pasif (optik saja) di antara kantor pusat dan pelanggan.

A. Active Optical Network (AON)

Jaringan Aktif memerlukan komponen aktif (seperti *switch* atau *remote terminal*) yang membutuhkan daya listrik di lapangan.

1. Arsitektur Aktif Point-to-Point (P2P)

Setiap pelanggan dilayani oleh satu kabel fiber optik khusus (*dedicated fiber*) langsung dari pusat (*Central Office*)².

- **Keuntungan:** *Bandwidth* terjamin lancar karena tidak dibagi³. Jarak jangkauan bisa mencapai 80 km dari pusat⁴.
- **Kerugian:** Biaya tinggi karena membutuhkan banyak kabel dan perangkat aktif⁵.

2. Arsitektur Aktif Point-to-Multipoint (P2MP)

Menggunakan satu kabel *feeder* utama yang kemudian bercabang melalui perangkat aktif (*remote terminal*) di tengah jaringan untuk melayani banyak pelanggan⁶.

- **Keuntungan:** Lebih hemat kabel⁷.
- **Kerugian:** Jika perangkat aktif di tengah mati atau kehilangan daya, layanan ke semua pelanggan yang terhubung akan terputus⁸.

B. Passive Optical Network (PON)

Jaringan Pasif adalah arsitektur yang dominan digunakan untuk layanan *Fiber-to-the-Home* (FTTH) karena **tidak memerlukan daya listrik** pada jalur pembagiannya⁹.

- **Mekanisme Kunci:** Menggunakan perangkat **SPLITTER** yang bersifat optik pasif untuk membagi sinyal dari satu port **OLT** ke banyak **ONT**¹⁰.
- **Keuntungan:** Lebih hemat biaya, cocok untuk jaringan rumah tangga, dan mendukung jarak $10 \text{ - } 20 \text{ km}$ ¹¹.

2. Implementasi FTTx

FTTx (Fiber To The $\text{\text{x}}$) adalah istilah yang menggambarkan seberapa dekat fiber optik ditarik ke pengguna akhir¹².

Jenis FTTx	Nama Lengkap	Titik Akhir Fiber Optik	Layanan Utama
FTTH	Fiber To The Home ¹⁵	Sampai ke rumah pelanggan	Internet kecepatan tinggi, IPTV, Telepon analog/VoIP, CCTV/CATV
FTTO	Fiber To The Office ¹⁶	Sampai ke kantor/ruang server ¹⁷	Internet kantor, IP telepon, TDM
FTTB	Fiber To The Building ¹⁸	Sampai ke gedung (<i>Multi-Dwelling Unit</i>) ¹⁹	Layanan di dalam gedung dilanjutkan dengan kabel tembaga/ADSL ²⁰
FTTC	Fiber To The Curb ²¹	Sampai ke kabinet optik di pinggir jalan ²²	Layanan ke rumah dilanjutkan dengan kabel tembaga ²³

FTTH adalah solusi *full-fiber* yang paling murni, sementara FTTB dan FTTC adalah solusi *hybrid* yang menggunakan fiber dan kabel tembaga.

3. Perangkat Pasif Kunci pada Jaringan FTTH (DAF)

Jaringan FTTH (PON) terbagi menjadi empat segmen (A, B, C, D) yang ditentukan oleh perangkat pasifnya yang dikenal sebagai **Daerah Akses Fiber (DAF)**²⁴:

A. Optical Distribution Frame (ODF)

- **Lokasi:** Berada di *Central Office* (CO), dekat dengan **OLT**²⁵.
- **Fungsi:** Rak terminasi tempat *patch cord* dari OLT disambungkan ke **Kabel Feeder**²⁶. ODF adalah gerbang awal jaringan optik pasif.

B. Optical Distribution Cabinet (ODC)

- **Lokasi:** Biasanya kabinet besar di lapangan/jalan.
- **Fungsi:** Titik terminasi dan koneksi antara **Kabel Feeder** (dari ODF) dan **Kabel Distribusi**²⁷. Ini adalah titik distribusi utama (distribusi primer).

C. Distribution Point (ODP)

- **Lokasi:** Lebih dekat ke pelanggan, biasanya pada tiang atau tembok.

- **Fungsi Kritis:** Tempat dipasangnya **Optical Splitter**. ODP membagi sinyal optik (misalnya, 1:8 atau 1:16) dari satu fiber distribusi menjadi banyak fiber drop²⁸. ODP adalah inti dari pembagian sinyal di PON.

D. Optical Termination Point (OTP)

- **Lokasi:** Terminal di **dalam rumah** pelanggan (atau di batas luar).
- **Fungsi:** Titik terminasi untuk **Kabel Drop** sebelum disambungkan ke **Kabel Indoor**²⁹. OTP adalah titik *interface* antara jaringan luar dan peralatan di dalam rumah (ONT).

E. Komunikasi Layanan (WDM)

Semua layanan *Triple Play* (data/internet, suara/VoIP, video/IPTV) dikirim melalui satu fiber dengan menggunakan teknik **Wavelength Division Multiplexing (WDM)**, di mana setiap arah dan jenis layanan menggunakan panjang gelombang cahaya yang berbeda³⁰.

Apakah ada topik lain yang ingin Anda ulas?

4. Fiber To The Office (FTTO)

FTTO adalah arsitektur fiber optik murni (seperti FTTH) yang dirancang khusus untuk lingkungan kantor, industri, dan bisnis.

Konsep dan Arsitektur

- Fiber optik (*FO Singlemode*) ditarik dari **OLT** di *Central Office*¹ langsung ke perangkat di dalam kantor atau gedung bisnis².
- Di dalam kantor, sinyal optik diubah menjadi sinyal listrik menggunakan perangkat seperti **Industrial Ethernet Switch** atau **Media Converter**³.
- Perangkat-perangkat pengguna (*Perangkat*) seperti komputer dihubungkan ke *Industrial Ethernet Switch* menggunakan **Kabel LAN**⁴.

Layanan⁵

FTTO dirancang untuk menyediakan layanan bisnis dengan kualitas tinggi dan latensi rendah:

- **Internet Kantor** berkecepatan tinggi.
- **IP Telepon** (*Voice over IP*).
- **TDM** (*Time Division Multiplexing*) untuk sambungan ke PABX (sistem telepon internal kantor).

Keunggulan

- Menawarkan *bandwidth* yang sangat tinggi dan terjamin (karena *full-fiber* hingga ke lantai atau ruangan) untuk mendukung operasional bisnis yang padat data.

- Infrastruktur fiber lebih tahan terhadap gangguan elektromagnetik (EMI) yang umum terjadi di lingkungan industri.

5. Fiber To The Building (FTTB)

FTTB adalah arsitektur **hibrida** yang umum digunakan pada gedung bertingkat atau apartemen (*Multi-Dwelling Unit*).

Konsep dan Arsitektur

- Fiber optik ditarik dari **OLT** di *Central Office* sampai ke titik terminasi di dalam gedung (misalnya, di ruang utilitas atau *basement*)⁶.
- Sinyal fiber kemudian diubah menjadi sinyal listrik menggunakan perangkat yang terletak di dalam gedung (seperti **ADSL Modem** atau perangkat aktif lain)⁷.
- Dari titik konversi di gedung tersebut, koneksi dilanjutkan ke masing-masing unit pelanggan menggunakan infrastruktur kabel yang sudah ada, seperti **Kabel tembaga** atau **Kabel LAN**⁸.

Keterbatasan

- Kecepatan layanan akhir yang diterima oleh pelanggan di dalam unit apartemen **dibatasi oleh kemampuan kabel tembaga** dan teknologi *Digital Subscriber Line* (ADSL)⁹. Fiber hanya menghilangkan keterbatasan jarak dari *Central Office* ke gedung, tetapi tidak menghilangkan keterbatasan di dalam gedung.

6. Fiber To The Curb (FTTC)

FTTC adalah arsitektur **hibrida** yang membawa fiber optik lebih dekat ke area pelanggan, tetapi tetap mengandalkan kabel tembaga untuk jarak akhir.

Konsep dan Arsitektur

- Fiber optik ditarik dari **OLT** di *Central Office* sampai ke **Kabinet Optik** yang ditempatkan di pinggir jalan (*curb*) di dekat lingkungan perumahan¹⁰.
- Kabinet ini berisi perangkat aktif (seperti DSLAM/Modem) yang mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik¹¹.
- Dari Kabinet Optik, layanan diteruskan ke rumah pelanggan menggunakan **kabel tembaga**¹².

Layanan¹³

- Internet
- IPTV
- Telepon analog / VoIP

Keterbatasan

- Meskipun lebih baik daripada DSL tradisional, kecepatan masih dibatasi oleh kualitas dan panjang **kabel tembaga** dari kabinet ke rumah pelanggan. Semakin jauh rumah dari kabinet, semakin rendah kecepatan yang diperoleh.

FTTO mewakili solusi *full-fiber* bisnis, sementara FTTB dan FTTC adalah solusi *hybrid* yang merupakan transisi dari jaringan tembaga ke fiber, memanfaatkan infrastruktur lama untuk segmen terakhir (*last mile*).

TAMBAHAN

1. Topologi Jaringan Fiber Optik (PON)

Jaringan PON sering kali digambarkan menggunakan dua topologi utama berdasarkan penempatan *splitter*:

A. Topologi *Tree* (Pohon)

- Ini adalah topologi yang paling umum digunakan dalam FTTH.
- **Karakteristik:** Menggunakan *splitter* berjenjang (bertingkat), misalnya, satu *splitter* 1:4 di ODP dan kemudian empat *splitter* 1:8 di empat lokasi berbeda, menghasilkan total pembagian 1:32 (\$4 \times 8\$).
- **Keuntungan:** Memungkinkan jangkauan area yang luas dengan kabel yang lebih sedikit dan lebih efisien.
- **Kerugian:** Redaman (loss) yang lebih tinggi karena sinyal melewati dua atau lebih *splitter* secara berurutan.

B. Topologi *Bus* atau *Linear* (Berurutan)

- **Karakteristik:** *Splitter* dipasang secara berurutan di sepanjang jalur kabel utama.
- **Keuntungan:** Mudah diperluas seiring pertumbuhan jumlah pelanggan di sepanjang jalur.
- **Kerugian:** Sulit dikelola dan sering menghadapi masalah redaman yang tidak merata (pelanggan pertama mendapat sinyal kuat, pelanggan terakhir mendapat sinyal lebih lemah).

C. Topologi *Ring* (Cincin)

- **Karakteristik:** Digunakan untuk jaringan **Feeder** (Segmen A) dan jaringan inti (*backbone*) untuk tujuan **redundansi** (cadangan).

- **Keuntungan:** Jika ada kabel putus di satu sisi, layanan masih dapat berjalan dari arah yang berlawanan. Ini sangat penting untuk menjaga ketersediaan layanan (*service availability*) tinggi.

2. Parameter Kritis dalam PON

A. Jarak dan Daya (Link Budget)

- Perhitungan **Link Budget** sangat vital. Hal ini memastikan bahwa daya transmisi **OLT** dikurangi total redaman (oleh kabel, *splitter*, sambungan/konektor) masih cukup kuat untuk diterima oleh sensitivitas **ONT**.
- **Redaman Splitter** adalah kontributor *loss* terbesar (misalnya $1:32 \approx 17.1 \text{ dB}$).
- **Kelas Daya:** Standar GPON (G.984) mendefinisikan kelas daya (misalnya, B+ dan C+) yang menentukan rentang daya kerja minimum dan maksimum yang diizinkan untuk operasional yang stabil.

B. Redundansi dan Proteksi Jaringan

- Jaringan yang baik memiliki jalur cadangan. Skema proteksi umum meliputi:
 - **Type A Protection:** Melindungi hanya *Port* OLT.
 - **Type B Protection:** Melindungi *Port* OLT **dan** seluruh jalur Kabel Feeder. Jika kabel *feeder* putus, OLT secara otomatis beralih ke jalur cadangan.
 - **Type C Protection:** Memberikan redundansi penuh, melindungi OLT, Kabel Feeder, dan Kabel Distribusi.

3. Evolusi Teknologi PON

Teknologi PON terus berkembang untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi:

STANDAR	KECEPATAN SIMETRIS/ASIMETRIS	KECEPATAN DOWNSTREAM (MAX)	TEKNOLOGI UTAMA
GPON	Asimetris	2.488 Tbps	Paling banyak digunakan saat ini.
XG-PON	Asimetris	9.953 Tbps	Generasi 10G.
XGS-PON	Simetris	9.953 Tbps	Kecepatan <i>up</i> dan <i>down</i> hampir sama,

			ideal untuk bisnis dan data center.
			Menggunakan <i>Time and Wavelength</i>
NG-PON2	Simetris (TWDM)	\$40 \text{ Gbps}\$	<i>Division Multiplexing</i> untuk kecepatan sangat tinggi.

Pengembangan ini memungkinkan penyedia layanan untuk melakukan *upgrade* kecepatan tanpa harus mengubah infrastruktur fiber optik di lapangan, dikenal sebagai **Coexistence** atau koeksistensi. Misalnya, GPON dan XGS-PON dapat beroperasi secara bersamaan pada fiber yang sama, menggunakan panjang gelombang yang berbeda.