

Pengenalan Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON)

Aldrin Fakhri A.^[1], Andrea Vinaldo^[2], Andri Rillio A.^[3], Chandraditya Aridela^[4], Junjungan Nainggolan^[5], M. Najiburrahman^[6], Ranggi Sistama^[7], Riany Erdianti^[8], M. Guntur Hady^[9], Arianto Sirandan^[10]

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung – Indonesia

Abstrak^[4]

Komunikasi merupakan kebutuhan dasar manusia. Seiring dengan berkembangnya teknologi, komunikasi menjadi hal penting dalam mendukung aktivitas manusia. Oleh karena itu dibutuhkan satu teknologi yang dapat memenuhi semua permintaan itu. Teknologi yang mungkin cocok dengan permintaan *bandwidth* yang tinggi dan jangkauan jauh adalah FTTx, *Passive Optical Network* (PON), Gigabit PON (GPON) merupakan teknologi yang paling sering digunakan saat ini.

Passive Optical Network (PON) adalah arsitektur jaringan akses *broadband* berbasis serat optik yang menggunakan perangkat pasif optik, sehingga dapat digunakan pada konfigurasi *point-to-multipoint*. Dengan adanya teknologi ini maka dapat menyederhanakan jaringan sehingga mengurangi biaya dalam pembangunan jaringan. Elemen yang digunakan pada PON hanya merupakan elemen optik pasif seperti *passive splitter*, kabel fiber optik dan splices. Sehingga teknologi ini dapat menyederhanakan jaringan, penyederhanaan sinkronisasi protocol antara perangkat interkoneksi dan mengurangi biaya dalam hal pembangunan jaringan. GPON sebagai salah satu jenis dari teknologi PON, memiliki kemampuan melayani berbagai macam layanan data dengan kecepatan mencapai 2.4 Gbps. GPON dapat menjangkau jarak transmisi sampai 20 km. Jurnal ini berisi tentang pengenalan dan dasar-dasar teknologi yang digunakan pada GPON.

I. Pendahuluan^[2]

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat dalam bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi, kebutuhan masyarakat untuk mendapatkan layanan yang mudah dan praktis semakin meningkat. Kebutuhan pelanggan yang meningkat baik di layanan *data*, *voice*, dan *television* menyebabkan dibutuhkannya suatu perangkat yang dapat mendukung semua permintaan tersebut. Teknologi lama seperti DSL (*Digital Subscriber Line*) dan modem kabel yang bisa mencapai orde Mega bit yang masih menggunakan infrastruktur kabel tembaga belum bisa memenuhi peningkatan kebutuhan *bandwidth* saat ini. Namun, dengan adanya teknologi *ethernet* yang menggunakan PON kebutuhan *bandwidth* yang meningkat ini bisa terpenuhi. Ada beberapa macam dari penggunaan teknologi PON ini antara lain adalah BPON (*Broadband Passive Optical Network*), EPON

(*Ethernet Passive Optical Network*) dan GPON (*Gigabit Passive Optical Network*).

Seluruh PON menggunakan serat optik sebagai medium transmisi. Satu perangkat akan diletakkan pada sentral, kemudian akan mendistribusikan trafik *Triple Play* (Suara/VoIP, Multi Media/Digital Pay TV dan Data/Internet) hanya melalui media 1 core kabel optik disisi *subscriber* atau pelanggan. Yang menjadi ciri khas dari teknologi ini dibanding teknologi optik lainnya semacam SDH adalah teknik distribusi traffic nya dilakukan secara pasif. Dari sentral hingga ke arah subscriber akan didistribusikan menggunakan pasif splitter.

II. Dasar Teori

2.1 Jaringan Lokal Akses Fiber^[8]

Teknologi Jaringan Lokal Akses Fiber (JARLOKAF) merupakan suatu teknologi

penggunaan kabel serat optik sebagai media transmisi dalam pengiriman data dari sentral ke pelanggan (jaringan akses). Fiber optik dipilih menjadi media transmisi karena kemampuannya yang dapat mengantarkan data berkapasitas besar dengan kecepatan tinggi untuk jarak jauh sehingga mampu memenuhi permintaan *bandwidth* yang sangat besar.

Penggunaan fiber optik sebagai media transmisi menyebabkan adanya proses peralihan sinyal elektrik menjadi sinyal optik. Hal itu dilakukan agar sinyal dapat ditransmisikan melalui fiber optik. Berdasarkan tempat peralihan sinyal optik menjadi sinyal elektrik di pelanggan maka jarlokaif dibedakan beberapa arsitektur yaitu:

a. *Fiber to the Zone* (FTTZ). Titik konversi optik (TKO) terletak di RK dan dari RK dihubungkan ke pelanggan dengan kawat tembaga melalui DP.

b. *Fiber to curb* (FTTC) TKO terletak di DP dan dari DP kepelanggan menggunakan kabel tembaga dalam orde ratusan meter.

c. *Fiber to the Building* (FTTB) TKO terletak di sebuah bangunan perkantoran yang besar dengan nomor telepon yang banyak dan bertindak sebagai RK. Sistem ini mirip dengan istilah CTL (catuan langsung). Dari FTTB ke pelanggan menggunakan kabel tembaga. Dalam konfigurasi ini tidak adalagi DP.

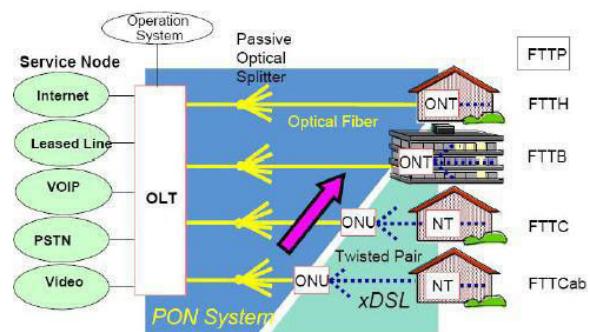
d. *Fiber to the Home* (FTTH). TKO terletak di rumah – rumah pelanggan dan langsung dihubungkan kepesawat pelanggan dengan kabel dalam rumah. Ordenya sampai puluhan meter (kalau dimensi rumah pelanggan juga puluhan meter).

Pengiriman data dari sentral ke pelanggan menggunakan konfigurasi *point to multipoint*. Oleh karena itu dibutuhkan perangkat *Optical Distribution Network* (ODN) yang dapat mendistribusikan data dari sentral ke pelanggan tujuan atau sebaliknya. Berdasarkan jenis ODN yang digunakan, maka Jarlokaif dibagi menjadi *Active Optical Network* (AON), yaitu ODN yang menggunakan perangkat optik aktif, dan *Passive Optical Network* (PON), yaitu ODN yang menggunakan perangkat optik pasif.

2.2 Konsep Dasar PON^[8]

PON merupakan arsitektur jaringan akses *broadband* berbasis serat optik yang menggunakan perangkat pasif optik, sehingga dapat digunakan pada konfigurasi *point-to-multipoint*. Karena termasuk

jaringan *broadband* PON memiliki beberapa keunggulan antara lain jaringan ini mempunyai koneksi kecepatan tinggi yang memungkinkan akses internet secara cepat dan terkoneksi. Dengan menggunakan sistem multipleksing PON bisa menyediakan layanan telepon, data, dan video dalam satu saluran. Selain itu, PON tidak memerlukan catuan listrik secara langsung dari sentral sehingga akan lebih menghemat daya. Keunggulan lain yang ditawarkan oleh teknologi ini adalah PON dapat diintegrasikan dengan jaringan tembaga (*copper*). Dengan demikian kinerja PON dapat ditingkatkan dan biaya operasi dapat ditekan. Berikut akan disajikan arsitektur dari teknologi PON:



Gambar 1. Arsitektur PON

Berdasarkan gambar diatas arsitektur jaringan PON memiliki tiga komponen penting yaitu OLT (*Optical Line Terminal*) yang diletakkan di CO (*Central Office*), ODN (*Optical Distribution Network*) yang merupakan komponen dalam media transmisinya, ONU (*Optical Network Unit*) yang diletakkan dekat dengan pelanggan.

2.3 Konsep Dasar GPON^[1]

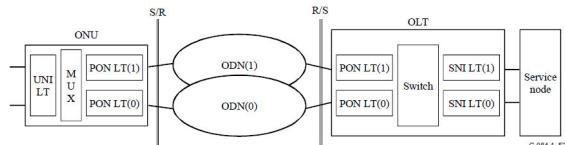
GPON adalah teknologi jaringan akses lokal fiber optik berbasis PON yang distandardisasi oleh ITU-T (ITU-T G.984 series). Pada GPON, sebuah atau beberapa OLT, interface sentral dengan jaringan fiber optik, dihubungkan dengan beberapa ONU, interface pelanggan dengan jaringan serat optik, menggunakan pasif *optical distribution network* (ODN), seperti *splitter*, filter, atau perangkat pasif optik lainnya.

GPON mampu memberikan layanan dengan kecepatan 2.4 Gbps secara simetris (*upstream* dan *downstream*) atau 1.2 Gbps untuk *downstream* dan

2.4 Gbps untuk *upstream*. GPON disyaratkan harus dapat melayani layanan jenis apapun, baik itu ethernet maupun TDM (PSTN, ISDN, E1, dll). Jarak antar OLT dengan ONU yang dapat dijangkau adalah 10 km untuk kecepatan 2.4 Gbps, sedangkan untuk kecepatan 1.2 Gbps dapat mencapai 20 km. Untuk *split ratio*, ODN pada GPON dapat mencapai 1:64.

2.4 Arsitektur GPON^[11]

Secara umum arsitektur GPON sama seperti arsitektur jaringan akses fiber optik pada umumnya. OLT dan ONU yang merupakan perangkat aktif pada jaringan akses serat optik dihubungkan dengan ODN yang sifatnya pasif. Arsitektur GPON dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Arsitektur GPON

Namun yang berbeda adalah ONU dan OLT pada GPON dapat melayani dengan berbagai layanan, tidak hanya satu layanan yang sama. Misalnya pada UNI 1 pada ONU melayani layanan ATM, sedangkan UNI 2 melayani layanan E1. Atau SNI 1 pada OLT melayani layanan PSTN sedangkan SNI 1 melayani ATM.

Komponen pada ONU terdiri dari *Line Terminating UNI* (*User Network Interface*), multipleks/demultipleks, serta *Line Terminating PON*. Pada UNI LT terdapat fungsi *optical to electrical converter* dan *electric to optic converter*. Sedangkan komponen pada OLT terdiri dari PON LT, switch, serta SNI (*Service Node Interface*) yang juga terdapat fungsi *optical to electrical converter* dan *electric to optic converter*. Untuk ODN biasanya menggunakan pasif *splitter*.

2.5 Fitur-fitur Pada GPON^[9]

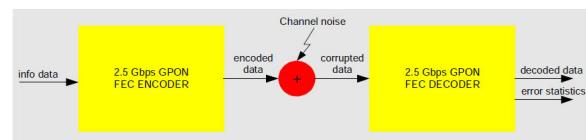
Keunggulan pada GPON dikarenakan pada teknologi ini diterapkan fitur-fitur sebagai berikut:

2.5.1 Operasi Panjang Gelombang^[9]

Pada GPON, operasi panjang gelombang yang dialokasikan untuk transmisi arah downstream adalah 1480-1500 nm, sedangkan untuk transmisi arah upstream operasi panjang gelombang yang dialokasikan adalah 1260-1360 nm. Sebagai tambahan operasi panjang gelombang 1550-1560nm dapat digunakan untuk teknologi distribusi video RF pada arah downstream. Panjang gelombang *upstream* dan *downstream* dibedakan agar tidak terjadi interferensi sehingga pada GPON antara sentral dan pelanggan hanya akan menggunakan satu serat saja.

2.5.2 FEC^[9]

Forward Error Control (FEC) adalah suatu teknik pada proses transmisi dimana data yang akan dikirim dikodekan sehingga error yang terjadi dapat dideteksi dan dikoreksi. Pada metode FEC, bit bit redundansi ditambahkan pada saat proses transmisi bersamaan dengan informasi. Jumlah bit bit redundansi sangatlah sedikit dibandingkan dengan informasi. Penambahan metode FEC berdampak pada bertambahnya link budget sebesar 3-4 dB. Oleh karenanya, bit rate yang lebih tinggi dan jarak yang makin jauh antara OLT dan ONU bukanlah menjadi permasalahan. Berikut ini adalah contoh suatu FEC encoder dan decoder yang diterapkan pada GPON.



Gambar 3. FEC pada GPON

Pada sistem FEC pada GPON diatas, encoder akan menyisipkan 16 bit redundansi untuk setiap blok bit informasi yang berjumlah 239 bit. Bit redundansi disisipkan pada akhir blok sehingga total bit pada tiap blok yang dikirim berjumlah 255 bit.

Pada decoder, tiap satu blok bit yang diterima akan dilakukan pendekripsi error beserta lokasi bit yang error. Setelah error dideteksi maka error tersebut akan dikoreksi sesuai informasi awalnya. Jumlah error yang dapat dideteksi dan dikoreksi pada sistem diatas hanya berjumlah 8 bit.

2.5.3 T-CONT^[3]

T-CONT adalah sebuah fitur pada GPON yang berfungsi sebagai pengatur alokasi bandwidth *upstream* pada GPON. T-CONT biasanya digunakan untuk meningkatkan penggunaan bandwidth upstream pada GPON. Terdapat 5 tipe T-CONT yang bisa dialokasikan untuk user :

1. T-CONT tipe 1 : menjamin alokasi *bandwidth* yang pasti stabil untuk aplikasi yang sensitif terhadap delay, contoh aplikasinya adalah layanan VOIP.
2. T-CONT tipe 2 : menjamin alokasi *bandwidth* yang stabil untuk aplikasi yang tidak sensitif terhadap delay, contohnya aplikasinya adalah layanan video.
3. T-CONT tipe 3 : gabungan dari bandwidth minimal yang terjamin pasti ditambah bandwidth yang belum terjamin, contohnya aplikasinya adalah pengiriman data-data penting.
4. T-CONT tipe 4 : mengalokasikan bandwidth secara *best effort*, sehingga berubah-ubah secara dinamis tanpa ada bandwidth yang pasti, contohnya adalah layanan internet.
5. T-CONT tipe 5 : gabungan semua servis sebelumnya.

2.5.4 Dynamic Bandwidth Allocation^[3]

Dynamic Bandwidth Allocation (DBA) adalah metode yang memungkinkan adaptasi alokasi bandwidth pada user berdasarkan kebutuhan traffic. DBA dikontrol oleh OLT, yang mengalokasikan volume *bandwidth* kepada ONU. Metode ini hanya berfungsi pada transmisi upstream. Proses yang terjadi adalah blok DBA pada OLT mengumpulkan informasi secara terus menerus dan mengirim hasil algoritma berbentuk *bandwidth Map* kepada ONU. Berdasarkan *bandwidth Map* tersebut, setiap ONU mengirimkan data upstream pada masing-masing time slot yang telah disediakan. Terdapat dua mode DBA yaitu :

1. SR(*Status-Reporting*)-DBA

Berdasarkan algoritma sebelumnya, OLT mengirimkan BW Map dalam header frame data downstream. Berdasarkan informasi alokasi bandwidth, ONU mengirimkan status report dari data yang sedang menunggu dalam T-CONT dalam time

slot yang sudah disediakan. OLT menerima status report dari ONU, lalu memperbarui *bandwidth Map* melalui algoritma DBA dan mengirimkan *bandwidth Map* yang baru ke dalam frame selanjutnya. ONU kemudian menerima *bandwidth Map* terbaru dari OLT dan mengirim data ke time slot yang sudah disiapkan.

2. NSR (*Non Status Reporting*)-DBA

NSR adalah skema algoritma yang memprediksi alokasi *bandwidth* setiap ONU berdasarkan trafik dari ONU. Langkah pertama adalah memantau jumlah sel yang diterima oleh OLT sesuai dengan interval yang telah ditetapkan. Hasil yang diperoleh kemudian dihitung laju utilisasinya. Setelah itu, analisa kemacetan data dengan membandingkan laju utilisasi dengan batas yang telah ditetapkan.

2.5.5 Keamanan^[7]

Fungsi dasar GPON adalah menyebarkan data *downstream* kepada semua ONU dimana setiap ONU telah menetapkan kapan data tersebut sampai. Oleh karena itu, beberapa user dengan maksud yang jahat dapat memprogram ulang ONU masing-masing, dan dapat menangkap seluruh data *downstream* milik ONU yang terhubung pada OLT. Pada bagian *upstream*, GPON menggunakan koneksi *point-to-point* yang membuat seluruh trafik menjadi aman dari penyadapan. Oleh karena itu, untuk setiap informasi *upstream* seperti *security key* dapat dengan tenang dikirim dalam bentuk teks yang jelas.

Berdasarkan hal tersebut, rekomendasi GPON yakni G.984.3, menetapkan penggunaan dari mekanisme keamanan informasi untuk memastikan pengguna-pengguna diijinkan untuk dapat mengakses hanya yang termasuk dalam data mereka. Algoritma enkripsi yang digunakan adalah *Advanced Encryption Standard* (AES) yang hanya menerima 128, 192, dan 256 byte kunci yang membuat enkripsi menjadi sangat kompleks. Sebuah kunci dapat berubah secara periodik tanpa perlu mengganggu jalannya informasi untuk meningkatkan keamanan.

2.5.6 Proteksi^[7]

Arsitektur proteksi dari GPON dipertimbangkan untuk meningkatkan kehandalan jaringan akses. Namun, proteksi dipertimbangkan

sebagai mekanisme pilihan karena implementasinya tergantung pada realita sistem ekonomi.

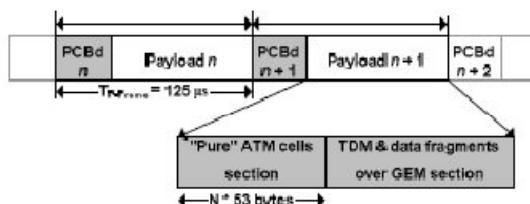
Terdapat dua tipe proteksi switching yakni Automatic Switching dan Forced Switching. Automatic Switching berjalan berdasarkan deteksi kesalahan, contohnya seperti sinyal dan frame yang hilang, serta degradasi sinyal, dan lain-lain. Sedangkan Forced Switching berjalan berdasarkan administrative events, seperti fiber rerouting, fiber replacement, dan lain-lain.

2.6 Transmisi Data Pada GPON^[6]

GPON menggunakan GPON *Encapsulation Method* (GEM) sebagai metode yang mengenkapsulasi data melalui GPON. Meskipun setiap tipe data dapat dienkapsulasi, pada kenyataannya hal tersebut bergantung pada layanan yang diminta. GEM melakukan komunikasi *connection-oriented*.

2.6.1 Downstream GPON^[6]

Trafik *downstream* dikirimkan dari OLT ke semua ONU dengan cara *Time Division Multiplexing* (TDM). Setiap ONU hanya akan mengambil frame yang ditujukan untuknya yang telah dienkripsi. Frame *downstream* mengandung *physical control block downstream* (PCBd), partisi ATM, dan partisi GEM. Frame *downstream* menyediakan referensi waktu yang sama untuk PON dan menyediakan *control signaling* yang sama untuk *upstream*.



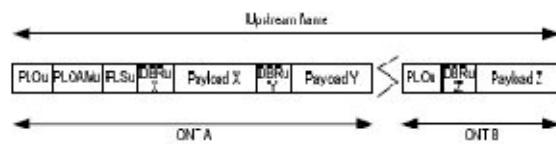
Gambar 4. Struktur Frame Downlink

Gambar di atas menunjukkan bagaimana struktur frame pada *downstream* GPON. Frame untuk *downstream* data rate sebesar 125 um. Panjang PCBd bergantung pada jumlah alokasi struktur per frame. Jika tidak ada data yang dikirim, frame *downstream* digunakan untuk sinkronisasi waktu.

2.6.2 Upstream GPON^[6]

Trafik *upstream* menggunakan *Time Division Multiple Access* (TDMA) dibawah kendali OLT yang menugaskan slot *variable time length* setiap ONU untuk mensinkronisasikan transmisi *data burst*.

Frame *upstream* mengandung banyak *transmission burst*. Setiap *upstream burst* setidaknya mengandung *Physical Layer Overhead Upstream* (PLOU). Selain *payload*, frame *uplink* juga dapat mengandung PLOAMu (*Physical Layer Operations, Administration and Management upstream*), PLSu (*Power Leveling Sequence upstream*) and DBRu (*Dynamic Bandwidth Report upstream*).



Gambar 5. Struktur Frame Uplink

Gambar di atas adalah struktur dari frame *upstream*. Panjang framenya sama seperti frame *downstream*. Setiap frame mengandung nomer transmisi dari satu atau lebih ONU. Selama periode alokasi, ONU dapat mengirim satu sampai empat tipe PON *overhead* dan data pelanggan.

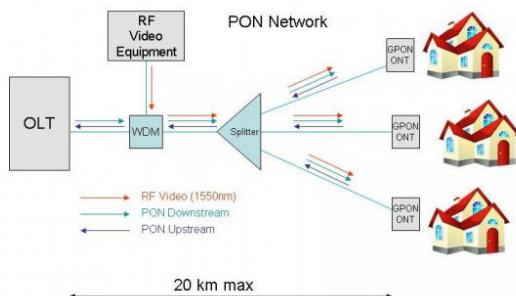
2.7 Splitter Optik^[10]

Splitter Passive Optical Network (PON) memainkan peran penting dalam jaringan FTTX dengan memungkinkan jaringan PON tunggal untuk dibagi kepada banyak pelanggan. *Splitter* tidak mengandung elektronik dan tidak menggunakan listrik. *Splitter* adalah elemen jaringan yang menempatkan pasif dalam Passive Optical Network dan tersedia dalam berbagai rasio split.

Splitter PLC dipasang di setiap jaringan optik antara PON Optical Line Terminal (OLT) dan Optical Network Terminal (ONT). Semua teknologi jaringan BPON, EPON, dan GPON menggunakan *splitter* optik sederhana ini. Di tempat *splitter* optik, jaringan WDM PON akan menggunakan sebuah *Arrayed Wave Guide* (AWG).

Jaringan PON dapat dirancang dengan *splitter* optik tunggal atau dapat memiliki dua atau lebih *splitter* yang mengalir bersama-sama. Karena setiap koneksi optik menambah atenuasi, *splitter* tunggal lebih unggul dari beberapa *splitter* mengalir. Satu kopling tambahan (dan sumber atenuasi) diperkenalkan dalam menghubungkan dua *splitter* bersama-sama.

Splitter tunggal ditampilkan dalam diagram jaringan GPON di bawah ini. Perhatikan bahwa *splitter* dapat ditempatkan di *Central Office* (CO) bersama OLT, atau mungkin ditempatkan dalam sebuah kabinet *Out Side Plant* (OSP) yang lebih dekat dengan pelanggan. *Splitter* juga dapat ditempatkan di ruang bawah tanah sebuah bangunan untuk instalasi *Multiple Dweling Unit* (MDU).



Gambar 6. Splitter Jaringan GPON

2.8 Perbandingan GPON dengan EPON^[5]

Perbandingan secara umum antara EPON dan GPON

Tabel 1. Perbandingan GPON dengan EPON

Karakteristik	EPON	GPON
Standard	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
Protocol	Ethernet	Ethernet,TDM
Rates	1000 Mbps pada DS dan US	2488 Mbps DS, 1244 Mbps US
Span (km)	10	20
Split Ratio	16 atau 32	32 atau 64

Broadband Efficiency	92%	72%
Line Encoding	NRZ	8B/10B
OAM	Powerful	Weak, extended by vendors
Application Mode	Multi-Service / FTTx	Pure data service
Maturity	Large vendors involved	Small vendors involved

GPON lebih populer dan banyak dipakai di US sedangkan EPON lebih lazim dipakai di Asia dan Eropa.

III. Kesimpulan^[5]

- GPON mendukung layanan Triple Play (suara, data, video) pada layanan FTTx yang dilakukan melalui satu core fiber optik.
- GPON mendukung transmisi bandwidth lebar untuk memenuhi persyaratan layanan bandwidth lebar seperti IPTV dan live TV broadcast
- GPON mendukung area layanan yang cukup panjang (hingga 20km)
- Biaya pemasangan, pemeliharaan, dan pengembangan lebih efisien karena arsitektur jaringan GPON lebih sederhana daripada arsitektur jaringan serat optik konvensional.

Daftar Pustaka

- [1] ITU-T Rec. G.984.1 (03/2008).
- [2] Ivica Cale, Aida Salihovic, Matija Ivezkovic, *Gigabit Passive Optical Network – GPON*. Conf. On Information Technology Interfaces, June 25-28. 2007
- [3] Analisi Implementasi GPON dan MSAN untuk Layanan Triple Play pada “Kota 2 Arnet Kota” PT Telkom Indonesia, Altrian Purna Adi, Annisa Vernia Putri, Dwi Alminda Yetty Putri, Universitas Bina Nusantara, 2012