Studi Kelayakan *Migrasi* Jaringan *Hybrid Fiber Coaxial* (HFC) Ke Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) Teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) Di Srengseng Area

Rycky Arfan[1], Peby Wahyu Purnawan[2]

[1,2]FakultasTeknik
Universitas Budi Luhur, Jakarta, 12260
Telp : (021) 5853753 ext 255
Email : ryckyarfan@gmail.com
pebywahyupurnawan@budiluhur.ac.id

ABSTRACT - in this FTTH network planning needs to be conducted to determine the location of the migration, the bandwidth calculation to determine the number of Internet users and bandwidth customers. Then designed FTTH access network using GPON technology by creating a distribution cable lines from the OLT to the FDT determination device, specification, layout and volume. In planning this FTTH network using one OLT, 1 piece FDT, FAT 82 pieces, with the number of passes required customers 650 650 ONT. Then to the feasibility of the system was analyzed by parameter Power Link Budget, Rise Time Budget and Margin power. By using the two-stage method is planning a network that uses 2 splitter splitter 1: 4 splitter placed in FDT and 1: 8 placed in FAT. In the calculation of the power link budget analysis parameter values obtained for downlink attenuation distance of about 23.06757 dB and downlink close distance of about 24.06597 dB attenuation for remote uplink around 24.7432 dB and uplink melee 24.49122 dB. The second damping is still below the appropriate standard GPON ITU-T G.984 by 28 dB. Analysis parameter values obtained rise time budget of about 0.2571 ns downlink and uplink around 0.4533 ns. The second time was still under the time value of NRZ system for downlink and for uplink 0,5833ns 0,2917ns. Conclusion of using GPON technology on FTTH network is a given bandwidth is large enough that 50.78 Gbps so that the needs of the customer for triple play service which is around 40 Mbps are met, total attenuation results in the calculation of the network qualify a given attenuation ITU-T G984 and calculations rise time budget for link downlink and uplink link standardized rise time budget with NRZ coding. so for the FTTH
Keywords: FTTH, GPON, Fiber Optics, Design.

ABSTRAK - Dalam Perencanaan jaringan FTTH ini perlu dilakukan penentuan lokasi migrasi, perhitungan bandwidth untuk mengetahui jumlah pelanggan pemakai internet dan bandwidth. Lalu dirancang jaringan akses FTTH menggunakan teknologi GPON dengan membuat jalur kabel distribusi dari OLT sampai FDT lalu penentuan perangkat, spesifikasi, tata letak dan volume yang digunakan. Dalam perencanaan jaringan FTTH ini menggunakan 1 OLT, 1 buah FDT, 82 buah FAT, dengan jumlah pelanggan 650 homepass dibutuhkan 650 ONT. Kemudian untuk kelayakan sistem di analisa dengan parameter Power Link Budget, Rise Time Budget, dan Margin daya. Dengan menggunakan metode two stage adalah perencanaan jaringan ini menggunakan 2 splitter yaitu splitter 1:4 ditempatkan didalam FDT dan splitter 1:8 ditempatkan didalam FAT. Dalam perhitungan analisa parameter power link budget didapatkan nilai redaman untuk downlink jarak jauh sekitar 23,06757 dB dan downlink jarak dekat sekitar 24,06597 dB, redaman untuk uplink jarak jauh sekitar 24,7432 dB dan uplink jarak dekat 24,49122 dB. kedua redaman ini masih berada di bawah standar GPON sesuai ITU-T G.984 sebesar 28 dB. Analisa parameter rise time budget didapatkan nilai downlink sekitar 0,2571 ns dan uplink sekitar 0.4533 ns. Kedua waktu tersebut masih berada dibawah nilai waktu sistem NRZ sebesar untuk downlinknya 0,2917ns dan untuk uplinknya 0,5833ns. Kesimpulan dari menggunakan teknologi GPON pada jaringan FTTH ini bandwidth yang diberikan cukup besar yaitu 50,78 Gbps sehingga kebutuhan satu pelanggan untuk layanan triple play yaitu sekitar 40 Mbps terpenuhi, hasil redaman total dalam perhitungan jaringan memenuhi syarat redaman yang diberikan ITU-T G984 dan perhitungan rise time budget untuk link downlink dan link uplinknya memenuhi standarisasi rise time budget dengan pengkodean NRZ.
Kata kunci : FTTH, GPON, Fiber Optik, Perencanaan.

1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi komunikasi di indonesia terutama dengan teknologi informasi dan komunikasi, memicu masyarakat *modern* ingin mendapatkan layanan yang super praktis, mudah, cepat dan efisien. Salah satunya kebutuhan layanan *internet* cepat, yang penggunanya semakin meningkat, maka dibutuhkan suatu teknologi yang mampu melayani semuanya seperti layanan *Video* (televisi), *VoIP* (telepon) dan *internet* (data) secara bersamaan. Salah satu teknologi yang dapat memenuhi layanan tersebut adalah jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON), dengan teknologi ini kecepatan data yang dikirimkan semakin cepat dan kapasitas *bandwidth* yang besar. Karena untuk saat ini teknologi jaringan *Hybrid Fiber Coaxial (HFC)* belum cukup baik untuk menampung kapasitas *bandwidth* yang besar, serta *internet* yang berkecepatan tinggi untuk beberapa tahun kedepan.

Teknologi serat optik mempunyai keunggulan diantaranya menyediakan kapasitas *bandwidth* yang besar dan *internet* cepat (karena tidak dipengaruhi oleh *interferensi* gelombang *elektromagnetik*), bebas korosi, dan meminimalkan rugi-rugi untuk pengiriman transportasi data. Sedangkan masalah pada jaringan HFC saat ini sepertinya rentan terhadap berbagai sinyal gangguan dari AM/FM radio, perubahan *temperature* yang menyebabkan retakan atau kerusakan *isolasi* kabel, semua *noise* yang masuk dapat merambat kesemua perangkat jaringan, semakin banyaknya pelanggan maka akan timbul medan *elektromagnetik* sehingga dapat mempengaruhi perangkat *elektronik* pada pesawat terbang yang melalui wilayah itu. Perbedaan pada kecepatan maksimum jaringan HFC yaitu 27 Mbps untuk *downstream* (kecepatan *download* ke pengguna) dan 2,5 Mbps untuk *upstream* (kecepatan *upload* dari pengguna), sedangkan untuk jaringan FTTH yaitu kecepatan maksimum 2.5 Gbps untuk *downstream* (kecepatan *download* ke pengguna) dan 1,5 Gbps untuk *upstream* (kecepatan *upload* dari pengguna). Dari segi kapasitas jaringan HFC ini sangat terbatas untuk memberikan layanan multimedia dan layanan data, karena memiliki keterbatasan *bandwidth* dan kecepatan *tranmisi*, maka dari itu jaringan HFC layak untuk digantikan dengan jaringan FTTH yang lebih besar kapasitas *bandwidth*nya.

2. TEORI DASAR

2.1 Serat Optik

Fiber optik atau serat *optik* adalah sebuah teknologi kabel yang menggunakan benang (serat) kaca atau plastik yang mampu untuk mengirimkan data. Kabel *fiber optik* terdiri dari sehelai benang kaca yang masing-masing mampu mentranmisikan pesan modulasi ke gelombang cahaya dari satu tempat ke tempat lainnya menggunakan sumber cahaya yang berasal dari *LED* atau *laser*. Kabel ini berdiameter lebih kurang dari 120 *mikrometer*, kecepatan transmisi dari *fiber optik* sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi khususnya komunikasi data.

2.2 Arsitektur Jaringan FTTx

Ada beberapa teknologi jaringan *fiber optik* berdasarkan letak titik konversi *optik* (TKO). TKO berarti batas terakhir kabel *optik* ke arah pelanggan yang berfungsi sebagai lokasi konversi sinyal *optik* ke sinyal *elektronik*.

2.2.1 Fiber *To The Building* (FTTB)

TKO terletak d dalam gedung dan biasanya terletak pada ruangan telekomunikasi di *basement* namun juga dimungkinkan pada beberapa lantai di gedung tersebut. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel *coaxial indoor*. FTTB dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis di gedung-gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahan apartemen.

2.2.2 *Fiber To The Curb* (FTTC)

TKO terletak di sebuah tempat di luar bangunan, didalam kabinet atau diatas tiang dengan kapasitas lebih kecil. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel *coaxial* hingga beberapa ratus meter. FTTC dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis yang terletak berkumpul di suatu area terbatas namun tidak berbentuk gedung-gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahaan yang pada waktu dekat akan menjadi pelanggan jasa hiburan.

2.2.3 *FiberTo The Zone* (FTTZ)

TKO terletak disuatu tempat di luar bangunan, baik di dalam kabinet dengan kapasitas besar. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel *coaxial* hingga beberapa kilometer. FTTZ umumnya diterapkan pada daerah perumahan yang letaknya jauh dari sentral atau infranstrukturnya *duct* pada arah yang bersangkutan sudah tidak memenuhi lagi untuk ditambahkan dengan kabel *coaxial*.

2.2.4 *FiberTo The Home* (FTTH)

FTTH merupakan suatu teknologi penghantaran isyarat *optik* dari pusat penyedia jasa (*provider*) ke kawasan pengguna dengan menggunakan *fiber optik* sebagai media penghantarannya. Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi *fiber optik* yang dapat menggantikan penggunaan kabel konvesional *(coaxial).* Dan juga didorong keinginan untuk mendapatkan layanan yang lebih biasanya disebut *triple play service* yaitu televisi *(IPTV),* telepon *(VoIP)* dan Data (Video) dalam satu insfrastruktur pada unit pelanggan. Dengan panjang gelombang *(wavelength)* 1550 nm dari hilir *(downstream)* dan panjang gelombang 1310 nm dari hulu *(upstream)* digunakan untuk mengirim data dan suara, sedangkan untuk layanan video dengan panjang gelombang 1550 nm dikonversi ke format *optik* pemancar video (*optical video transmitter).* Singkatnya tiga panjang gelombang ini membawa informasi yang berbeda-beda secara bersamaan dan dalam berbagai arah pada satu kabel *fiber optik* yang sama.

2.3 Teknologi GPON

GPON merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan GEPON (*GigabitEthernet* PON), yaitu PON versi IEEE yang berbasiskan teknologi *Ethernet*. GPON mempunyai dominansi pasar yang lebih tinggi dan roll out lebih cepat dibanding penetrasi GEPON. Standar G.984 mendukung *bit* rate yang lebih tinggi, perbaikan keamanan, dan pilihan protokol *layer* 2 (ATM, GEM, atau *Ethernet*).

GPON ataupun GEPON, 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 *trafik* dilakukan secara *pasif*. Dari sentral hingga ke arah *subscriber* akan didistribusikan menggunakan *splitter* pasif (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64).

GPON menggunakan TDMA sebagai teknik *multiple* access *upstream* dengan data rate sebesar 1.2 Gbps dan menggunakan *broadcast* kearah *downstream* dengan data *rate* sebesar 2.5 Gbps. Model paketisasi data menggunakan GEM (GPON *Encapsulation Methode*) atau ATM cell untuk membawa layanan TDM dan *packet based*. GPON jadi memiliki efisiensi *bandwidth* yang lebih baik dari BPON (70 %), yaitu 93 %.

2.4 Prinsip dasar GPON

Prisip kerja dari GPON yaitu ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat *optik* tunggal dapat mengirim ke berbagai ONT. Untuk ONT sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan oleh user. Pada prinsipnya, *Passive Optical Network* adalah sistem *point-to-multipoint*, dari *fiber* ke arsitektur *premise network* dimana *unpowered optik*al *splitter* (*splitterfiber*) serat *optik* tunggal. Arsitektur sistem GPON berdasarkan pada TDM (*Time Division Multiplexing*) sehingga mendukung layanan T1, E1, dan DS3. ONT mempunyai kemampuan untuk mentransmisikan data di 3 *mode power*. Pada mode 1, ONT akan mentransmisikan pada kisaran daya *output* yang normal. Pada mode 2 dan 3 ONT akan mentransmisikan 3– 6 dB lebih rendah dari pada mode 1 yang mengizinkan OLT untuk memerintahkan ONT menurunkan dayanya apabila OLT mendeteksi sinyal dari ONT terlalu kuat atau sebaliknya, OLT akan memberi perintah ONT untuk menaikkan daya jika terdeteksi sinyal dari ONT terlalu lemah.

Tabel 1 : Standar dari teknologi GPON

Karakteristik	GPON
Standardization	ITU-T G.984
Frame	SATM / GEM
Speed Upstream	1.2 G / 2.4 G
Speed Downstream	1.2 G / 2.4 G
Service	Data, Voice dan Video
Tranmission Distance	10 Km/ 20 Km
Number of Branches	64
Wavelength Up	1310 nm
Wavelength Down	1490 nm
Splitter	Passive

2.5 Standar umum perangkat

Persyaratan teknik perangkat yaitu mampu menyalurkan atau membawa multi layanan (voice, data, video) dalam satu *platform* teknologi berbasis *Passive Optical Network* (PON) pada lingkungan jaringan masa depan (NGN).

2.5.1 Persyaratan system GPON adalah :

1. Beroperasi dengan line rates pada 2.488 Gbps *downstream* dan 1.244 Gbps *upstream* dengan menggunakan single *fiber*, sistem G-PON harus sesuai dengan ITU-T G.984.x series (G.984.1/2/3/4).
2. Modul GPON dapat diekspansi, yang memungkinkan terbentuknya sistem perangkat yang fleksible.
3. Sistem arsitektur GPON harus dalam satu rak yang terintegrasi untuk semua layanan. Semua layanan dikontrol oleh sebuah NMS
4. Arsitektur internal backplane perangkat GPON harus berbasis arsitektur IP. Kemampuan *switching* bersifat *non-blocked matrix*.

2.5.2 Perangkat GPON terdiri dari :

1. *Optical Line Termination* (OLT) dipasang di *Central Office*.
   Persyaratan umum untuk OLT yaitu :
   1) *Backplane* OLT menyediakan system *backup* (redudansi) dan koneksi *independent* 10 *GigabitEthernet full duplex* untuk masing-masing slot.
   2) Kemampuan *switching fabric* OLT mempunyai asritektur *non-blocking* 150 Gbps *full duplex* per *shelf*.
   3) OLT mempunyai *universal service* slot untuk PON card.
2. Sejumlah *Optical Network Terminal* (ONT) atau *Optical Network Unit* (ONT) diletakkan di beberapa lokasi dalam jaringan *akses broadband point-to-multipoint* antara *central office* dan *customer premises*.
   Persyaratan umum untuk ONT yaitu :
   1) Aplikasi di perumahan, kantor, atau pada *building* (HRB) dan *curbs*.
   2) Dapat dikontrol secara lokal dan remote melalui OMCI sesuai dengan G.984.4.
   3) Menggunakan *fiber optik single mode bidirectional* untuk 1310 nm(*upstream*) dan 1490 nm (*downstream*)
   4) Dapat mendukung λ 1550 nm untuk RF video.
3. ODN terdiri dari *fiber optik* dan passive *splitters*/*couplers* serta aksesoris lain seperti konektor yang menjadikan elemen-elemen ODN terkoneksi.
   Spesifikasi untuk ODN (*Optical Distribution Network*) yaitu :
   1) Beroperasi menggunakan transmisi *single optik*.
   2) *Physical Reach* ODN.
   3) Jarak maksimum dari OLT ke ONT/ONU sebesar 20 Km dengan *cascading splitter* 2 *stage* dan minimum 32 *port* ONT/ONU.
   4) Perangkat dapat beroperasi menggunakan *single fiber optic* mengacu standard *single modefiber* (ITU-T G.652).

3 Perencanaan Jaringan

3.1 Lokasi perencanaan

Penentuaan lokasi perencanaan jaringan FTTH ini dimulai dengan penelitian dan perumusan masalah pada jaringan sebelumnya yaitu jaringan HFC. Kemudian dilanjutkan dengan studi *literature*, lapangan, wawancara dan bersamaan dengan pencarian data *existing*. Setelah pencarian data, dilanjutkan dengan perhitungan parameter-parameter jaringan HFC tersebut dan lakukan perencanaan jaringan. Dalam tugas akhir ini, menjadikan wilayah srengseng area dan sekitarnya sebagai bahan *project* perencanaan *migrasi* dari jaringan HFC ke jaringan FTTH. Wilayah yang akan di rencanakan jaringan FTTH meliputi beberapa nama jalan yaitu : Jalan karya utama, Jalan karya usaha, Jalan karya sakti, Jalan karya sari, Jalan haji niming, Jalan mufakat, Jalan bambu 2, Gang haji sinan, Komplek migas 41, Jalan Haji kelik, Dan sekitar jalan raya srengseng

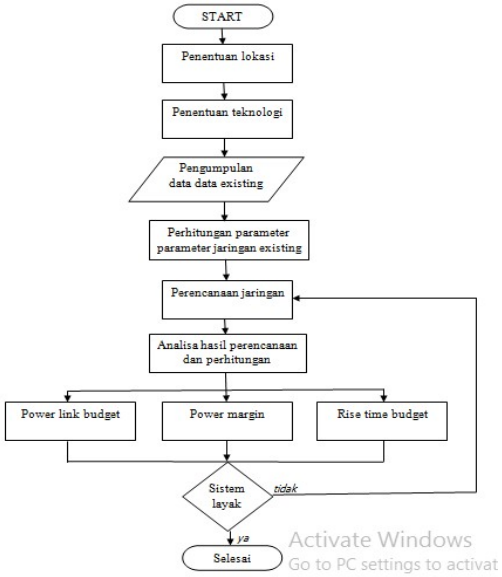
3.2 Jaringan dan wilayah perencanaan

Wilayah srengseng area terletak diperbatasan area joglo dan kelapa dua, saat ini daerah tersebut masih menggunakan jaringan HFC , yang sentral inputnya dari HUB kebun jeruk yang berada di jalan perjuangan kebun jeruk. Jaringan koaksial yang masih digunakan sekarang menggunakan 1 buah *Fibernode*, beberapa *amplifier* dan terminal. Dalam 1 *fibernode* kapasitas yang dapat diberikan berdasarkan teknologinya hanya sekitar 3 s/d 6 *amplifier* dengan kapasitas terminal 4 s/d 8 pelanggannya . Dengan kondisi jaringan sekarang ini, untuk srengseng area hanya bisa melayani sekitar 350 s/d 400 rumah pelanggan.

Pada srengseng area dan sekitarnya terdapat sekitar 650 rumah dan ruko-ruko yang sudah terhitung dari sekitar RW 03 dan sekitar RW 06 yang luasnya sekitar 3,38 hektar ini yang akan dibuatkan jaringan FTTH, saat ini sekitar 315 rumah tercover jaringan HFC. Dari tahun 2008 sampai tahun 2016 rumah yang memakai penggunaan layanan *internet* mencapai 128 rumah dengan berbagai kecepatan *internet* pada jaringan HFC tersebut. Masih banyaknya rumah yang belum tercover jaringan *internet* tentu akan menjadi sebuah keuntungan untuk menjadikan perencanaan jaringan FTTH ini dan juga permasalahan dari jaringan HFC tersebut dari segi kapasitas dan permintaan *bandwidth* yang tidak terpenuhi apabila semua area srengseng menggunakan layanan *internet*. Maka dari itu untuk dapat melayani semua pengguna *internet* dengan baik dan nyaman dengan kualitas hasil yang lebih baik, maka dibangunlah perencanaan jaringan FTTH menggantikan jaringan HFC sebelumnya.

3.3 Tahapan perencanaan

Dalam melakukan suatu perencanaan jaringan, tentunya di perlukan proses atau tahapan yang tersistem sehingga hasil perencanaan jaringan tersebut dapat mendapatkan hasil dan bekerja dengan baik. Untuk memulai sebuah perencanaan jaringan, langkah pertama yang harus dilakukan membuat tahapan pengerjaan dengan membuat *flowchart*.



Gambar 1: Diagram alir perencanaa

3.4 Perhitungan *bandwidth*

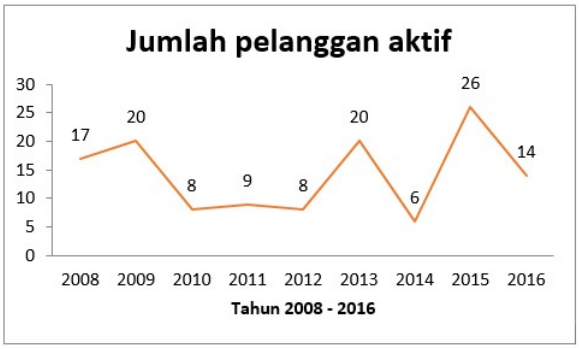
Perhitungan *bandwidth* berdasarkan jumlah pelanggan aktif dan perpaket *internet* yang digunakan. Dari perhitungan jumlah paket aktif dijumlahkan dengan total jumlah pelanggan.

Untuk daftar pertumbuhan pelanggan *internet* jaringan HFC saat ini bisa dilihat pada table 3.1.

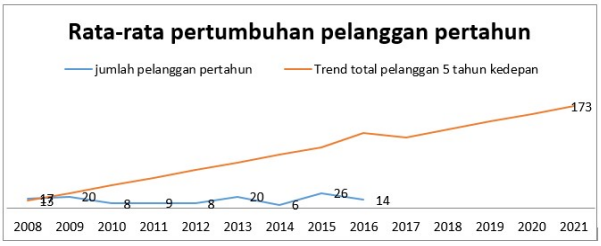
Tabel 2 : Daftar pertumbuhan pengguna layanan *internet*

Tahun	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jumlah pelanggan	17	20	8	9	8	20	6	26	14
Rata-rata pertumbuhan pertahun	14.22 (14 pelanggan dalam setahun).								

Pada table diatas adalah pertumbuhan pelanggan yang aktif dari tahun 2008 – 2016 dan rata-rata penambahan jumlah pelanggan dalam setiap tahunnya. Penambahan jumlah pelanggan diatas berbeda-beda kenaikannya.



Gambar 2: Grafik pertumbuhan pelanggan internet existing



Gambar 3: Grafik rata- rata pertumbuhan pelanggan internet 5 tahun kedepan

Pada gambar diatas adalah pertumbuhan pelanggan aktif dari tahun 2008 – 2016 beserta paket kecepetan *internet*nya yang digunakan pada setiap pelanggan *existing*.

Tabel 3 : Total keseluruhan kebutuhan *bandwidth*

Paket	Jumlah Pelanggan	Total *bandwidth*
2 Mbps	10	20 Mbps
4 Mbps	10	40 Mbps
6 Mbps	43	258 Mbps
10 Mbps	5	50 Mbps
12 Mbps	49	588 Mbps
15 Mbps	4	60 Mbps
25 Mbps	3	75 Mbps
50 Mbps	3	150 Mbps
100 Mbps	1	100 Mbps
Total *bandwidth*	**1341 Mbps**	

Dari keseluruhan kebutuhan *bandwidth*, jika dijumlahkan maka total *bandwidth* yang digunakan pada jaringan *existing* mencapai 1341 Mbps. Jika dari PT. FirstMedia tbk, kapasitas *bandwidth* yang diberikan hanya sekitar 800 Mbps dari setiap FiberNodenya, maka pada jaringan HFC tersebut belum dapat memenuhi kapasitas kebutuhan *bandwidth* yang dibutuhkan pelanggan. Perhitungan *bandwidth* yang diberikan berdasarkan jumlah kanal yang tersedia dari teknologi modem DOCSIS yang mencapai 8 kanal frekuensi, setiap 1 kanal diberikan *bandwidth* 80 s/d 100 Mbps, jadi jaringan exisiting belum mampu memenuhi kapasitas serta kebutuhan *bandwidth* yang dibutuhkan. Maka perlu dirancang *Fiber to the home* (FTTH) menggunakan teknologi GPON di srengseng area tersebut. Kebutuhan data *bandwidth* rata-rata yang digunakan setiap pelanggan dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 4 : kebutuhan rata-rata *bandwidth* setiap pelanggan

No	Aplikasi	*Bandwidth*
1	*Internet*	15 Mbps
2	Voip/telepon	-
3	SDTV	10 Mbps
4	HDTV	15 Mbps
Total		40 Mbps

3.5 Perencanaan awal jaringan

Teknologi GPON yang telah dipilih sebagai teknologi jaringan FTTH ini, karena untuk dapat memenuhi kebutuhan yang telah diperhitungkan karena dapat melayani kebutuhan *bandwidth* yang besar, kapasitas jumlah pelanggan yang semakin meningkat dan teknologi GPON juga dapat melayani 3 layanan sekaligus seperti: Suara, Video dan Data. Jumlah pelanggan yang banyak pada jaringan *existing* HFC ini sangat cocok diterapkan untuk jaringan *point to multipoint* dengan teknologi jaringan FTTH ini. HUB kebon jeruk yang berada sekitar 4 Km dari wilayah srengseng area, Jarak ini sangat memungkinkan untuk pembangunan jaringan FTTH tanpa menggunakan *repeater* kembali. Daerah srengseng area yang akan dibangun jaringan FTTH ini terdiri dari 2 RW yaitu Rw 03 dan Rw 06. Untuk penarikan kabel *fiber optic* dari HUB kebon jeruk ke FDT kemudian ke FAT dibagi menjadi 1 jalur yaitu jalur ke arah perbatasan Rw 03 dan Rw 06 dimana pada jaringan *existing* terdapat *fibernode* untuk jaringan HFC.

3.6 Penentuan letak perangkat

Perencanaan jaringan FTTH ini dilakukan mulai dari HUB kebon jeruk yang berada di jalan raya perjuangan samping rumah sakit siloam sampai ke tiap rumah pelanggan di srengseng area dan sekitarnya. Kabel fiber optik yang digunakan sesuai standart ITU-I G.652. Penarikan kabel dimulai dari HUB kebon jeruk sampai pada posisi FDT lalu didistribusikan ke setiap FAT dan dilakukan penarikan kabel *drop* ke setiap rumah pelanggan. Setiap FAT maksimal dapat terdistribusikan lagi ke *splitter* 1:8 jadi bisa digunakan 8 rumah pelanggan sekaligus, pembagian pelanggan didasarkan pada letak rumah pelanggan terdekat jarak dengan FAT.

3.6.1 Lokasi OLT, FDT, FAT dan ONT

Penentuan lokasi penempatan OLT pada perencanaan jaringan FTTH ini berada pada HUB kebun jeruk yang juga sebagai *central office* dari semua jaringan HFC yang berada di wilayah Jakarta barat dan sekitarnya, hal ini bertujuan untuk efisiensi biaya perencanaan jaringan dan penempatan OLT tersebut agar selalu mendapatkan catuan arus listrik setiap saat. Untuk pemilihan HUB kebun jeruk sebagai letak OLT ini karena berjarak ± 4km, dimana teknologi yang akan digunakan memaksimal jarang OLT dan ONT sekitar 20 Km. Penentuan lokasi penempatan FDT didasarkan pada efisiensi jarak jaringan, kebutuhan jumlah pelanggan dan batas minimum redaman yang diperbolehkan dari jaringan

FTTH tersebut berdasarkan teknologi yang digunakan. Pada setiap FDT didalamnya terdapat passive *splitter* yang mempunyai redaman yang cukup besar yang dapat mempengaruhi kelayakan perencanaan jaringan tersebut. Untuk efisiensi kabel optik maka dalam perencanaan jaringan FTTH ini diletakkan sesuai dengan letak *FiberNode* jaringan HFC yang akan di*migrasi* pada perencanaan jaringan ini. Pada perencanaan jaringan FTTH ini yang mengunakan teknologi GPON menggunakan jenis *passive splitter* yaitu 1:4 di tempatkan di dalam FDT. Kabel fiber optik yang keluar dari dalam FDT yang kemudian masuk kedalam FAT semuanya mengunakan kabel optik 48 *core* dan 24 *core* dengan 8 dan 4 *tube* yang masing-masing *tube*nya berisi terdiri dari 6 *core*. Untuk lokasi penempatan posisi FAT pada perencanaan jaringan FTTH ini adalah penempatannya dilakukan dengan melihat pembagian tata letak perumahaan srengseng area dan sekitarnya. Tergantung dari kapasitas yang disediakan oleh FAT dan jumlah rumah calon pelanggan yang dilewati. Untuk satu FAT menggunakan jenis passive *splitter* 1:8 yang akan menghasilkan maksimal 8 jumlah pelanggan. Untuk FAT ini diletakkan di tiang PLN atau tiang milik *provider* sendiri. Untuk penentuan lokasi penempatan ONT terletak di dalam sisi rumah pelanggan yang dekat dengan catuan arus listrik dan *customer equipment*nya.

3.7 Penentuan jumlah perangkat

Pada bagian ini akan dapat melihat konfigurasi jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON dari HUB kebun jeruk sampe rumah pelanggan. Ditarik kabel berjumlah 48 *core* dibagi dibagi ke 1 FDT, dari FDT beberapa kabel digunakan untuk menyalurkan ke masing-masing FAT. Sisa dari kabel FDT yang murni tidak terpakai disimpan sebagai cadangan apabila ada salah satu *core* yang bermasalah. Dan dari FAT disalurkan lagi ke setiap rumah-rumah pelanggan.

Tabel 5 : Daftar perangkat yang dibutuhkan

No	Perangkat	Jumlah
1	OLT	1 Unit
2	*Feeder Cable Fo*	4400 Meter
3	FDT	1 unit
4	FAT	82 Unit
5	*Passive Splitter* 1:4	21 pcs
6	*Passive Splitter* 1:8	82 pcs
7	*Drop Cable*	650/97500 Meter
8	ONT	650 pcs
9	*Connector* SC/APC	2242
10	Penyambungan *Splicing*	3250
11	*Distribution Cable*	7,02 Km

Tabel 3.12 Penggunaan Kabel Distribusi

No	Jarak FDT ke FAT	Jumlah FAT	*Splitter*	Kabel FO	Spare *Core*
1	2125 m + 300 m (30 koil)	30	1:8	48	18
2	1355 m + 170 m (17 koil)	17	1:8	24	7
3	1365 m + 150 m (15 koil)	15	1:8	24	9
4	1530 m + 200 m (20 koil)	20	1:8	24	4

4 Analisa perencanaan jaringan

4.1 Analisa kebutuhan *bandwidth*

Pada perencanaan jaringan ini akan di hitung total dari keseluruhan *bandwidth* yang akan digunakan dengan cara melakukan perhitungan di setiap cakupan *homepass*/rumah perjalur kabel distribusi di seluruh wilayah srengseng area.

Tabel 6 : Total kebutuhan *bandwidth internet*

Kabel distribusi	Jumlah pelanggan	Total *bandwidth*
1	240 Hp/rumah	3600 Mbps
2	136 Hp/rumah	2040 Mbps
3	120 Hp/rumah	1800 Mbps
4	160 Hp/rumah	2400 Mbps
Total		9840 Mbps

Tabel 7: Total kebutuhan *bandwidth* Voip, SDTV &HDTV

Kabel distribusi	Jumlahpelanggan	Total *bandwidth*
1	240 Hp/rumah	6000 Mbps
2	136 Hp/rumah	3400 Mbps
3	120 Hp/rumah	3000 Mbps
4	160 Hp/rumah	4000 Mbps
Total		16400 Mbps

Total secara keseluruhan dari kebutuhan *bandwidth* dalam perencanaan jaringan FTTH ini, dari setiap jalur kabel distribusi dari total 650 *homepass*/rumah adalah sebesar 9840 Mbps atau sama dengan 9,840Gbps untuk data *internet*nya dan 16400 Mbps atau sama dengan 16,4 Gbps untuk channel TV dan Voip. Sedangkan jumlah *bandwidth* yang dapat disalurkan dari teknologi GPON dari sisi OLT menuju ke ONT sebesar 50,78 Gbps. Jadi untuk jaringan FTTH dengan menggunakan teknologi GPON sangat memenuhi kebutuhan *bandwidth* yang besar dan *internet* berkecepatan tinggi.

4.2 Analisa hasil perhitungan

Setelah dilakuka perencanaan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON, untuk mengetahui kelayakan sistemnya dan jaringannya maka akan dianalisis menggunakan parameter *power link budget* dan *rise time budget*.

4.2.1 *Power link budget*

Perhitungan *powerl link budget* untuk mengetahui batasan redaman total yang diijinkan antara daya keluaran pemancar (OLT) dan sensitivitas penerima (ONT). Perhitungan ini dilakukan berdasarkan standarisasi ITU-T G-984 dan juga peraturan semua *provider* yang melakukan perencanaan jaringan FTTH yaitu jarak tidak lebih dari 20 Km dan redaman total tidak lebih dari -28dB.

Bentuk persamaan untuk perhitungan redaman total pada *powerl link budget* yaitu:

$$\alpha_{tot} = L.\alpha_{serat} + Nc.\alpha_c + Ns.\alpha_s + Sp + Redaman\ instalasi$$

Bentuk persamaan untuk perhitungan *margin* daya dalam jaringan ini yaitu:

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{total} - SM$$

Keterangan :

α_{total} = Redaman total sistem (dB)
α_{serat} = Redaman serat optik (dB/Km)
α_c = Redaman konektor (dB/buah)
α_s = Redaman sambungan *splicer* (dB/sambungan)
Pt = Daya keluaran sumberoptik (dBm)
Pr = Sensitivitas daya maksimum *detektor* (dBm)
SM = *Safety margin* sekitar 6-8 Db
L = Panjang seratoptik (Km)
Ns = Jumlah sambungan
Nc = Jumlah konektor
Sp = Redaman *splitter* (dB)

Margin daya harus diisyaratkan memiliki nilai lebih dari nol (0) dBm, *margin* daya adalah daya yang masih tersisa dari power transmit (OLT) setelah dikurangi dari loss selama proses pentranmisian, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitivitas *receiver* (ONT).

Data-data yang digunakan pada perhitungan antara lain:

- Daya keluaran sumber optik(OLT/ONT) = 5 dBm
- Sensitivitas detektor (OLT/ONT) = -28 dBm
- Redaman kabel serat optik G.652 (1310/1490) = 0,29,0,35 dB/Km
- Redaman kabel serat optik G.657 (1310/1490) = 0,29, 0,35 dB/Km
- Redaman *splicer* = 0,1 s/d 0,5 dB/splice (0,3 dB)
- Redaman konektor = 0,2 dB/buah
- Jenis *Passive splitter* 1:4 = 7,25 dB
- Jenis *passive splitter* 1:8 = 10,25 Db
- Jumlah sambungan = 4 buah
- Jumlah konektor = 4 buah
- Redaman instalasi = 2,86497 dB

Perhitungan *link power budget* pada teknologi GPON akan dibagi menjadi dua bagian yaitu perhitungan *downlink*, *uplink* dan juga akan menghitung jarak dari OLT ke ONT yang letaknya paling jauh, dikarenakan teknologi GPON memiliki panjang gelombang *arismetrik* dalam pentransmisiannya. Sehingga jika ONT terjauh memenuhi kelayakan maka untuk jarak yang paling dekat pun akan memenuhi syarat kelayakan jaringan. Panjang gelombang untuk *uplink* sekitar 1310 nm sedangkan untuk gelombang *downlink* sekitar 1490 nm.

Perhitungannya untuk jarak yang paling jauh dapat diuraikan sebagai berikut:

- OLT – FDT sepanjang = 4,4 Km
- FDT – FAT sepanjang = 2,425 Km
- FAT – ONT sepanjang = 0.15 Km

1. *Downlink* jarak jauh

$$\alpha_{tot} = L.\alpha_{serat} + Nc.\alpha_c + Ns.\alpha_s + Sp + Redaman\ instala$$

α_{tot} = ((4,4 x 0,28) + (2,245 x 0,28) + (0,15 x 0,28)) + (4 x 0,2) + (4 x 0,3) + (7,25 + 10,25) + 2,86497

α_{tot} = 1,9026 + 0,8 + 1,2 + 17,5 + 2,86497 =23,06757 dB.

Dan untuk perhitungan *margin* dayanya adalah sebagai berikut:

Pr = Pt - α_{total} – 6
Pr = 5 – 23,06757 – 6
Pr = -24,06757dBm
M = (Pt – Pr (sensitivitas)) - α_{total} – SM
M = (5 – 28) – 23,06757 – 6
M = 3,93243 dBm

Nilai *margin* (M) yang di peroleh dari hasil perhitungan *downlink* jarak terjauh ternyata menghasilkan nilai yang masih diatas nilai (0) dBm. Jadi dalam perhitungan *downlink* ini mengindikasikan *link* diatas memenuhi syarat kelayakan *link power budget*.

1. *Uplink* jarak jauh

$$\alpha_{tot} = L.\alpha_{serat} + Nc.\alpha_c + Ns.\alpha_s + Sp + Redaman\ instalasi$$

α_{tot} = ((4,4 x 0,35) + (2,245 x 0,35) + (0,15 x 0,35)) + (4 x 0,2) + (4 x 0,3) + (7,25 + 10,25) + 2,86497

α_{tot} = 2,378 + 0,8 + 1,2 + 17,5 + 2,86497 = 24,7432 dB

Dan untuk perhitungan *margin* dayanya adalah sebagai berikut:

Pr = Pt - α_{total} – 6
Pr = 5 – 23,06757 – 6
Pr = -24,06757dBm
M = (Pt – Pr (sensitivitas)) - α_{total} – SM
M = (5 – 28) – 24,7432 – 6
M = 2,2568 dBm

Nilai *margin* (M) yang di peroleh dari hasil perhitungan *uplink* jarak jauh ternyata menghasilkan nilai yang masih diatas nilai (0) dBm. Jadi dalam perhitungan *uplink* ini mengindikasikan *link* diatas memenuhi syarat kelayakan *link power budget*.

4.2.2 *Rise time budget*

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan *dispersi* suatu *link* serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem tranmisi *digital*. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah untuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan *provider internet*. Umumnya degradasi total waktu transisi dari *link digital* tidak melebihi 70 persen dari satu periode *bit* NRZ (*Non-Return-to-Zero*) atau 35 persen

dari satu periode *bit* untuk data RZ (*Return-Zero*). Satu periode *bit* di definisikan sebagai resiprokal dari data *rate*.

Spesifikasi alat untuk perhitungan *rise time budget* adalah :

- Panjang gelombang = 1310 nm dan 1490 nm
- Lebar *spektral* ($\Delta\partial$) (OLT/ONT) = 1nm/1nm
- *Rise time* sumber cahaya (t_{tx})(OLT/ONT) = ($150x10^{-3}/200x10^{-3}$)ns
- *Rise time receiver* (t_{rx})(OLT/ONT) = ($150x10^{-3}/200x10^{-3}$)ns
- *Dispersi* material (D_M)(1310/1490) = (3,56/13,64)ps/nm.Km
- Pengkodean NRZ
- Menggunakan single mode
- Indeks bias inti (n1) = 1,465
- Indeks bias selubung (n2) = 1,46
- Jari-jariinti (a) = 4,5 µm

Perhitungannya untuk jarak yang paling jauh dapat diuraikan sebagai berikut:

- OLT – FDT sepanjang = 4,4 Km
- FDT – FAT sepanjang = 2,425 Km
- FAT – ONT sepanjang = 0.15 Km

Downlink

Bit rate downlink (Br) = 2,4 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{2,4x109} = 0,2917ns$$

Menentukan t intramodal/t Material

$T_{Material} = \Delta\sigma$ x L x Dm

= 1 nm x 4,4 Km x 0,01364 ns/nm.Km = 0,060016 ns

$$\Delta s = \frac{n1-n2}{n1}$$

$\Delta s = 3,412 \times 10^{-3}$

$$V = \frac{2\pi Xa}{\lambda} x\ n1 \times (2 \times \Delta s)^{1/2}$$

$$V = \frac{2X3,14}{1,49\mu m} x\ 4,5\mu m \times 1,465(2 \times 3,412x\ 10\text{-}^{3})^{1/2}$$

= 2,295

$$t_{Waveguide} = \frac{L}{C}[N2+N2\Delta(\frac{vb}{dv})]$$

$$t_{Waveguide} = \frac{4400}{3x108}[1,46+(1,46x3,412x10^{-3}x1,2)]$$

$= 2,150x10^{-5}$ns

$T_{intramodal} = t_{Material} + t_{Waveguide}$

Sehingga besarnya untuk serat optik singlemode :

$t_{total} = (t_{tx} + t_{intramodal}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2}$

$= [(0,15)^2+(2,150x10\text{-}5)^2+(0,060016)^2+(0)^2+(0,2)^2]^{1/2}$

= 0,2571 ns

Dari hasil perhitungan rise time total sebesar 0,2571 ns, masih dibawah maksimum*rise time budget* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns. Berarti dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi syarat *rise time budget* untuk *downlink*nya.

Uplink

Bit rate downlink (Br) = 1,4Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{1,4x109} = 0,5833ns$$

Menentukan t intramodal/t Material

$T_{Material} = \Delta\sigma$ x L x Dm

= 1 nm x 4,4 Km x 0,01364 ns/nm.Km = 0,060016 ns

$$\Delta s = \frac{n1-n2}{n1}$$

$\Delta s = 3,412 \times 10^{-3}$

$$V = \frac{2\pi Xa}{\lambda} x\ n1 \times (2 \times \Delta s)^{1/2}$$

$$V = \frac{2X3,14}{1,49\mu m} x\ 4,5\mu m \times 1,465(2 \times 3,412x\ 10\text{-}^{3})^{1/2}$$

= 2,295

$$t_{Waveguide} = \frac{L}{C}[N2+N2\Delta(\frac{vb}{dv})]$$

$$t_{Waveguide} = \frac{4400}{3x108}[1,46+(1,46x3,412x10^{-3}x1,2)]$$

$= 2,150x10^{-5}$ns

$T_{intramodal} = t_{Material} + t_{Waveguide}$

Sehingga besarnya untuk serat optik single mode :

$t_{total} = (t_{tx} + t_{intramodal}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2}$

$= [(0,15)^2+(2,150x10^{-5})^2+(0,060016)^2+(0)^2+(0,2)^2]^{1/2}$

= 0.4533 ns

Dari hasil perhitungan *rise time* total sebesar 0,4533 *ns*, masih dibawah maksimum *rise time budget* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0.5833*ns*. Bearti dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi syarat *rise time budget* untuk *uplink*nya.

4.3 Analisa hasil perhitungan *bandwidth* dan *link power budget*

Bahwa perencanaan jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON pada wilayah srengseng area ini, sangat layak untuk dilakukan migrasi dari jaringan HFC kejaringan FTTH. Karena dari semua perhitungan parameter-parameter sudah memenuh isyarat dari standarisasinya yaitu:

1. *Bandwidth* yang diberikan jaringan FTTH ini sekitar 50,78Gbps dari total 650 pelanggan, sudah sangat cukup untuk memenuhi kebutuhan pelanggan internet yang membutuhkan *bandwidth* besar. Karena untuk 1 pelanggan membutuhkan *bandwidth* sekitar 40mbps.
2. Untuk nilai redaman *power link budget* pada jaringan FTTH ini, masih dalam standarisasi ITU-T G-984 yaitu sekitar 28 dB *downlink* jarak jauh dan jarak dekat
3. Untuk nilai redaman power link budget padajaringan FTTH ini, masih dalam standarisasi ITU-T G-984 yaitu sekitar 28 dB *uplink* jarak jauh dan jarak dekat.

4. Untuk perhitungan nilai *rise time budget* pada jaringan FTTH ini sudah memenuhi standarisasi ITU-T G-984. Nilai untuk *downlink*nya 0,2917*ns* dan untuk nilai *uplink*nya 0,5833*ns.*

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan teori, perhitungan dan analisa pada perencanaan jaringan FTTH ini menggunakan teknologi GPON dalam tugas akhir ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan teknologi GPON pada jaringan FTTH ini *bandwidth* yang diberikan cukup besar yaitu 50,78Gbps sehingga kebutuhan satu pelanggan untuk *triple play* yaitu sekitar 40 Mbps terpenuhi.
2. Hasil perhitungan redaman total *splitter* memenuhi syarat redaman yaitu -24dB, Perhitungan analisa parameter yang dihasilkan ini cukup baik, masih didalam nilai standarisasi teknologi GPON. Untuk standarisasi dari ITU-T G984 memiliki *range* antara 15 – 28 dB. sehingga untuk perencanaan jaringan FTTH ini layak apabila diimplementasikan di wilayah srengseng area.
3. Hasil *rise time budget*, untuk setiap masing-masing *link downlink* dan *link uplink*nya memenuhi standarisasi *rise time budget* dengan pengkodean NRZ. Perhitungan analisa parameter yang dihasilkan ini cukup baik, masih didalam nilai standarisasi teknologi GPON. Untuk standarisasi dari ITU-T G984 > 0 dan < 0,2571 untuk *downlink* dan > 0 dan < 0,4533 untuk *uplink*.
4. Wilayah srengseng area layak untuk dilakukan *migrasi* ke jaringan FTTH menggunakan teknologi GPON dan kebutuhan *bandwidth* yang diberikan cukup untuk beberapa tahun kedepan sekitar 50,78 Gbps.

5.2 Saran

1. Untuk Penelitian ini kedepannya dapat menghitung faktor ekonomi material yang digunakan untuk perencanaan jaringan FTTH ini bahwa jaringan FTTH ini lebih murah dari jaringan HFC.
2. Membuat BOQ (*Bill Of Quality*) material yang digunakan agar mengetahui estimasi biaya yang harus dikeluarkan dalam mengimplementasikan jaringan FTTH ini.
3. Untuk perencanaan jaringan FTTH ini agar dapat diperluas lagi ke seluruh srengseng area, karena untuk 1 OLT teknologi GPON ini dapat menampung sekitar 1024 pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Mahmoud M. Al-Quzwini. *Design and Implementation of a Fiber to the Home FTTH Access Network based on GPON*. Jurnal. Volume 92 – No.6. *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887). Al-Nahrain University, Baghdad, Iraq. 2014

[2]. Dheyaa Jasim Kadhim. Nahla Abdul-Rahman Hussain. *Design and Implementation of a Practical FTTH Network*. Jurnal. Volume 72– No.12. *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887). Baghdad University, Iraq. 2013

[3]. Zahraa M. Matrood. Loay E. George. Faleh H. Mahmood. *A Simple GIS Based Method for Designing Fiber-Network*. Jurnal. Volume 4, Issue 2. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. Baghdad University, College of Science, Al-Salam Road, Karbala city, Iraq. 2014

[4]. Lalu Sutrisna M. Noor. Dr. Ir. Sholeh H.P.,M.S. Dwi Fadila K., S.T, M.T. Perencanaan Jaringan *Fiber To The Home* Pada Perumahan Permata Jingga West Area – Malang Untuk Layanan *Triple Play*. Jurnal. Teknik Elektro. Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.

[5]. ITU-T Recommendation G.984.2 (2003) ,*Gigabit – Capable Passive Optical Network (G-PON) : Physical Media Dependent (PMD) Layer Spesefication.*

[6]. (FTTH Council) FTTH *Handbook*. "*Deployment & Operations Committee*". 2009.

[7]. (FTTH Council) FTTH *Handbook*. "*Deployment & Operations Committee*". Edition 6. 2014.