

PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* (FTTH) DENGAN TEKNOLOGI *GIGABYTE PASSIVE OPTICAL NETWORK* (GPON) DI WILAYAH PERMATA BUAH BATU I DAN II

DESIGN *FIBER TO THE HOME* (FTTH) ACCESS NETWORK USING TECHNOLOGY *GIGABYTE PASSIVE OPTICAL NETWORK* (GPON) IN REGION PERMATA BUAH BATU I AND II

Velessitas Mega Puspita Sari¹Sugito, Ir., S.Si.²Ageak Raporte B.³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom ³PT. Telkom, Bandung
¹velessitas@gmail.com, ²sugito@telkomuniversity.ac.id, ³860147@telkom.co.id

Abstrak

Perkembangan teknologi yang pesat, terutama teknologi informasi dan komunikasi, memicu masyarakat modern mendapatkan layanan praktis, mudah, dan efisien. Maka diperlukan jaringan yang dikenal *Fiber To The Home* (FTTH) yang menggunakan teknologi *Gigabyte Passive Optical Network* (GPON) sebagai standar perangkatnya. Perumahan Permata Buah Batu I dan II yang terletak di kawasan Kabupaten Bandung Jawa Barat merupakan lokasi penelitian Tugas Akhir ini, dimana *provider* yang digunakan sebagai sumber data dipilih PT Telkom. Pada penelitian ini ada beberapa metode yang digunakan yaitu survey lokasi, peramalan atas peristiwa sebelumnya, perancangan dengan variabel terkait, serta penelitian hasil dengan analisis. Dimana analisis yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah perhitungan *power link budget*, *rise time budget*, serta *bit error rate*. Hasil atas perancangan ini ditinjau dari *downstream* didapat nilai *link power budget* sebesar -21,929 dBm untuk PBB I dan -21,777 dBm untuk PBB II. Nilai ini masih berada dibawah sensitivitas yaitu senilai -27 dBm, sehingga kualitas masih baik. Analisa *rise time budget* di perancangan ini pun masih lulus kelayakan sistem karena nilai t_{sys} masih jauh dibawah nilai batas pengkodean. Baik PBB I maupun PBB II dalam pengiriman *downstream* didapatkan nilai batas 0,56270096 ns untuk jenis pengkodean NRZ. Dimana hasil perhitungan t_{sys} yang didapat dari PBB I senilai 0,06296 ns sedangkan untuk PBB II didapatkan nilai 0,06289 ns. Selain itu dalam analisis nilai BER didapat nilai 9.4952×10^{-18} untuk PBB I sedangkan di PBB II bernilai jauh lebih baik yaitu sebesar 8.77867×10^{-264} .

Kata Kunci: komunikasi, serat optik, FTTH, GPON, *link budget*, peramalan demand.

Abstract

The rapid development of technology, especially information and communication technologies, modern masyarakat get the service trigger practical, easy, and efficient. Then it takes a known network *Fiber To The Home* (FTTH) technology which uses *Gigabyte Passive Optical Network* (GPON) as a standard device. Permata Buah Batu housing development that located in Bandung Regency of West Java is the location of the Research Task these days, where the provider that is used as the data source selected PT Telkom. In this study there are several methods used i.e. survey locations, forecasting over previous events, designing with variables are related, as well as research results with the analysis. Where the analysis used in this final project is the calculation of link budget, power rise time budget, as well as bit error rate. Results over this design in terms of value, gained downstream link power budget of 21,929 dBm to the PBB I and -21,777 dBm to PBB II. This value is still below the sensitivity i.e. worth-27 dBm, so the quality is still good. Analysis of rise time budget in this design still pass the feasibility of the system because the value of t_{sys} is still far below the value of the encoding limits. Either the PBB I or the PBB II in shipping downstream boundary value obtained 0,56270096 ns for this type of encoding is NRZ. Where the calculation results obtained from t_{sys} PBB I 0,06296 ns worth while for PBB II obtained the value 0,06289 ns. Furthermore, in the analysis of the obtained value malformed 9.4952×10^{-18} to the PBB I at the PBB II while is worth much better i.e. of 8.77867×10^{-264} .

Keywords: communications, fiber optics, FTTH, GPON, *link budget*, forecasting demand.

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan teknologi dengan pesat, terutama teknologi informasi dan komunikasi, memicu masyarakat modern mendapatkan layanan yang praktis, mudah, dan efisien. Keterbatasan jaringan akses tembaga yang dinilai belum cukup dan belum dapat menampung kapasitas *bandwidth* yang besar serta kecepatan tinggi, maka banyak operator ingin meningkatkan kualitas layanan untuk membuat infrastruktur menggunakan serat optik yang dikenal dengan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH). Dimana teknologi yang digunakan dikenal *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) sebagai standar perangkat yang digunakan pada FTTH ini. Tujuan dilakukannya penelitian Tugas Akhir ini antara lain adalah untuk memperoleh perancangan jaringan akses *Fiber To The Home* (FTTH) di Permata Buah Batu I dan II Bandung, mengimplementasikan teknologi GPON dengan trafik tinggi sesuai standar kelayakan,serta evaluasi jaringan yang didesign dengan analisis perhitungan *power link budget*, *rise time budget*, serta peramalan demand. Dalam perancangan Tugas Akhir ini materi yang dibahas yaitu: area

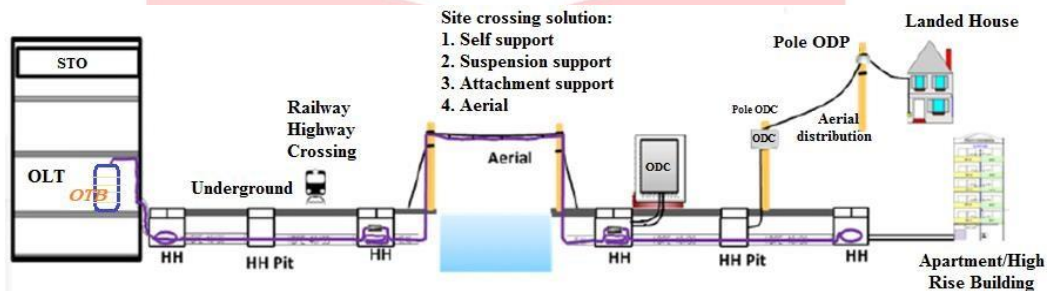
perancangan hanya dibatasi untuk distribusi ke daerah perumahan saja, pemilihan pelanggan berdasarkan data dari *developer* perumahan dan PT. Telkom, jenis kabel optik yang digunakan menggunakan standar ITU-T G.652a dan G.657, hasil perancangan disesuaikan dengan standar yang digunakan oleh PT. Telkom, analisis yang digunakan dalam perhitungan hanya menggunakan *sample upstream* saja, serta hasil pengukuran nilai kelayakan BER di simulasi *Optiystem7* tidak menggunakan analisis diagram mata, tapi hanya nominal angkanya saja.

2. Teori

A. Konsep FTTH^[1]

FTTH merupakan suatu format transmisi sinyal optik dari pusat penyedia (provider) ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai media kirimnya. Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan teknologi serat optik yang menggantikan penggunaan kabel tembaga, serta munculnya layanan yang dikenal dengan istilah *Triple Play Service* dimana pelanggan bisa menikmati layanan data, *voice*, dan *video* semakin membuat FTTH ini diminati.

Dalam perancangan jaringan FTTH terdapat batas maksimum agar layanan yang diterima pelanggan tetap dapat diterima dengan baik yaitu 20 km. Dimana jarak tersebut terukur mulai dari sisi penyedia layanan (*service provider*) yang terdapat pada kantor utama dan alatnya dikenal dengan *Optical Line Terminal (OLT)*.



Gambar 1 Konfigurasi Fiber to the Home

Sinyal optik dengan panjang gelombang 1490 nm dari hilir (*downstream*) dan sinyal optik dengan panjang gelombang 1310 nm dari hulu (*upstream*) digunakan untuk mengirim data, suara, dan video digital. Sedangkan untuk layanan video kabel dikonversi dahulu ke format optik dengan panjang gelombang 1550 nm oleh *optical video transmitter*. Sinyal optik 1550 nm dan 1490 nm ini digabungkan oleh *coupler* yang ditransmisikan ke pelanggan secara bersamaan. Jadi di FTTH terjadi pengiriman informasi yang berbeda dari tiga panjang gelombang secara simultan dan berbagai arah dalam satu kabel serat optik yang sama.

Tabel 1 Standar Penggunaan Panjang Gelombang Optik

Status	layanan	wavelength	loss/km
<i>Downstream</i>	data, suara, dan	1490 nm	0.28 dB
<i>Upstream</i>	video digital	1310 nm	0.35 dB
-	CATV	1550 nm	0.25 dB

B. Prinsip Gigabit Passive Optical Network (GPON) ^[3]

Sesuai teknologi PON maka GPON yang merupakan evolusinya memiliki prinsip kerja dimana ketika informasi dikirim dari sisi OLT dengan serat optik tunggal, informasi akan didistribusikan dengan *splitter* yang memungkinkan informasi terbagi ke dalam beberapa percabangan, dan selanjutnya akan diterima *Optical Network Terminal (ONT)* yang terdapat di sisi pelanggan berada. Oleh sebab itu sesuai prinsip kerjanya tersebut maka PON dikenal memiliki sistem *point-to-multipoint*, yaitu pendistribusian informasi dari serat ke arsitektur *premise network* digunakan *splitter* sebagai perantaranya.

Arsitektur sistem GPON berdasarkan pada TDM (*Time Division Multiplexing*) sehingga mendukung layanan T1, E1, dan DS3. Berbeda dengan sistem multiplexer lainnya, GPON memiliki *layer Physical Media Dependent (PMD)* yang dilengkapi dengan *Forward Error Correction (FEC)*.

Tabel 2 Standar Teknologi GPON

Karakteristik	GPON
Speed Upstream	1.2 G / 2.4 Gbps
Speed Downstream	1.2 G / 2.4 Gbps
Layanan	data, suara, video
Jarak transmisi	10 km / 20 km
Maksimum jumlah cabang	64
Wavelength upstream	1310 nm
Wavelength downstream	1490 nm
Splitter	Pasif

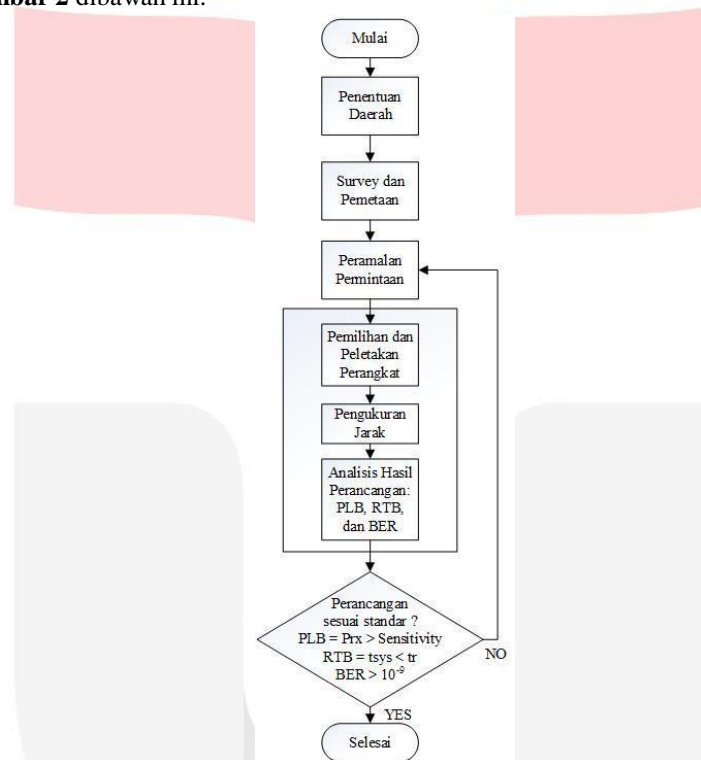
Kelayakan sistem GPON didasarkan pada persyaratan mulai dari perangkat hingga standar pengoperasiannya, antara lain sebagai berikut:

- beroperasi dengan *line rates* pada 2.488 Gbps *downstream* dan 1.244 Gbps *upstream* dalam sebuah serat, serta sistem GPON harus sesuai dengan ITU-T G.984x series (G.984.1/2/3/4).
- modul GPON dapat diekspansi, yang memungkinkan terbentuknya sistem perangkat yang fleksibel.
- sistem arsitektur GPON harus dalam satu rak yang terintegrasi untuk semua layanan, dimana dikontrol oleh sebuah *Network Management System* (NMS).
- arsitektur internal *backplane* perangkat GPON harus berbasis arsitektur *Internet Protocol* (IP), selanjutnya *switching* bersifat *non-blocking matrix*.

3. Alur Perancangan

A. Perancangan Simulasi

Dalam Tugas Akhir ini penulis membuat perancangan berdasarkan pada syarat batasan tertentu agar data yang dianalisa terpenuhi hasil yang optimal. Batasan perancangan jaringan serat optik tersebut dapat dilihat pada diagram alir pada **Gambar 2** dibawah ini.



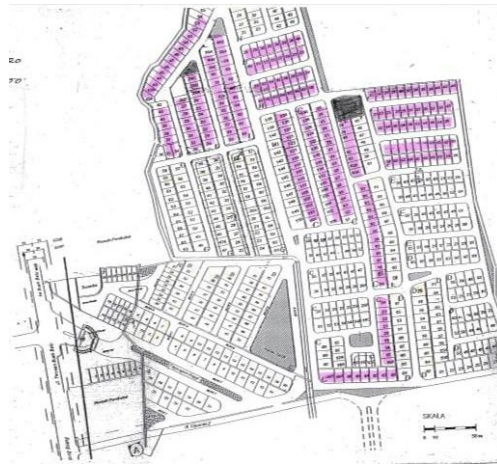
Gambar 2 Diagram Alir Perancangan Jaringan Serat Optik

B. Penentuan Daerah Perumahan PBB I dan II

Perumahan Permata Buah Batu (PBB) I dan II adalah proyek perumahan yang dibawah oleh PT. Marga Tirta Kencana. Perumahan ini terletak di dua lokasi yang terpisah. Kedua perumahan ini memungkinkan dibuat FTTH karena melihat lokasinya yang strategis dekat akses tol Buah Batu, dekat dengan kampus Telkom University sehingga bisa dijadikan *passive income*, selain itu keamanan lingkungannya yang terjaga dengan adanya satpam yang jaga 24 jam.^[5]

• Perumahan Permata Buah Batu I

Perumahan PBB I yang dibangun 3 tahun lebih awal dari PBB 2 dan berlokasi di Jalan Raya Bojongsoang ini adalah perumahan yang cukup berkembang, hal ini dapat dilihat dari penghuninya yang banyak memiliki kendaraan selain itu juga hampir tidak ada rumah yang benar-benar kosong tidak terurus. Jika ada pun, rumah tersebut siap dihuni sebagai kontrakan atau kostan untuk mahasiswa karena posisi PBB I yang ada di depan gerbang utama Telkom University.

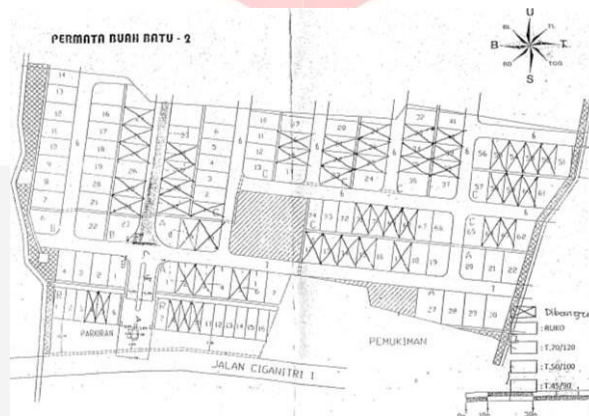


Gambar 3 Peta Perumahan PBB I

Berdasarkan *site plan* pada **Gambar 3** tersebut direncanakan PBB 1 yang memiliki total luas tanah sebesar 121.193 m² merupakan proyek perumahan yang terdiri atas 605 rumah dengan tiga tipe luas bangunan, 29 rumah toko termasuk sebuah toserba, serta terdapat juga sebuah masjid sebagai fasilitas ibadah.

- **Perumahan Permata Buah Batu II**

Menyusul di tahun 2013 PBB 2 dibangun pada wilayah Jalan Ciganitri, sekitar satu kilometer dari PBB I. Perbedaannya PBB 2 ini memiliki luas tanah yang tidak sebesar PBB 1 yaitu hanya 21.523 m² serta rumah-rumah di PBB 2 masih dalam perkembangan dimana rumah-rumahnya masih ada yang dalam proses pembangunan.



Gambar 4 Peta Perumahan PBB II

Seperti dijelaskan sebelumnya, dapat dilihat pada *site plan* **Gambar 4** tersebut dari 113 rumah baru 47 rumah terbangun dan dari rencana 16 rumah toko baru sepertiganya yang sudah dibangun. Hal tersebutlah yang mendorong penulis untuk merancang jaringan FTTH dari nol.

C. Survey dan Pemetaan Rute Kabel

Perancangan jaringan serat optik dalam pembangunan FTTH adalah sesuatu yang penting, karena merupakan awal sebelum pemasangan perangkat dan komponen mengingat besarnya biaya instalasi komunikasi serat optik ini tidaklah murah, jadi penting untuk dipikirkan secara matang. Perencanaan FTTH dimulai dari survey lokasi dimana perlu diperhatikan perangkat-perangkat penting seperti keadaan sekitar lokasi apakah ada ODC eksisting terdekat, tiang eksisting, atau jika sudah tidak ada kemungkinan kapasitas tersisa disekitar ODC eksisting maka perlu melakukan survey jalur *feeder* menuju STO yang paling efektif.

Berdasarkan pada keadaan perumahan PBB dari segi jumlah penduduk, tipe perumahan, serta jumlah rumah yang terbangun maka dalam perancangan akan dipertimbangan penarikan kabel dari STO terdekat. Dan untuk wilayah Perumahan PBB ini masuk dalam cakupan STO Cijaura yang berlokasi di Jl. Ciwastra No.245, Buahbatu, Kota Bandung, Jawa Barat 40286. Dari STO ini rute kabel yang diarahkan menuju lokasi pelanggan akan didistribusikan menggunakan kabel *feeder* menuju ke *Optical Distribution Cabinet* (ODC).

Pada perancangan rute kabel ini akan dipilih lokasi yang paling baik dengan beberapa pertimbangan yaitu: jarak, ODC terdekat dengan lokasi, dan tentunya kapasitas ODC yang masih mencukupi. Ketika sudah didapatkan rute yang sesuai, perancangan dilanjutkan dengan penentuan kabel distribusi ke sisi pelanggan sehingga akan didapatkan jumlah pelanggan total yang menentukan jumlah ONT yang akan digunakan.

Pemetaan rute kabel di sini digunakan *Google Earth* untuk menggambarkan rute kabel *feeder* PBB I maupun PBB II. Dimana pada PBB I ini jarak antara STO Telkom Cijaura dengan ODC FBM mencapai 4.832 m. ODC FBM ini memiliki kapasitas sebanyak 288 dimana cukup untuk memenuhi distribusi kesetiap rumah pelanggan di PBB I ini. Sedangkan untuk PBB II dipilih ODC FBJ yang berlokasi di Perumahan Griya Bandung Asri 2 (GBA2) yang berjarak sekitar 4.227 m dari STO Telkom Cijaura. ODC ini dipilih karena masih memiliki kapasitas 288 yang mencukupi distribusi ke semua rumah pelanggan di PBB II yang berjumlah 129 *homepass*.

D. Peramalan Demand

Peramalan demand adalah proses memprediksi pertambahan permintaan layanan dan kebutuhan *bandwidth* dari suatu daerah. Dalam perancangan ini, digunakan peramalan *time forecast* untuk perkiraan *bandwidth* yang akan digunakan enam tahun kedepan. Hasil peramalan yang dihitung dalam kalkulasi *forecast* ini digunakan software Minitab17 sehingga dalam perhitungan kebutuhan *bandwidth* akan lebih mudah.

Pemilihan jenis peramalan agar sesuai didasari dari kalkulasi keempat tren yang umum digunakan yaitu linear; kuadrat; eksponensial; serta kurva-s yang diperoleh pada kalkulasi Minitab17. Dimana peramalan yang paling baik dapat terlihat dari nilai MAPE terkecil yang dihasilkan. Nilai MAPE ini menandakan bahwa seberapa besar keceroran peramalan yang terjadi. Perbandingan hasil peramalan keempat tren yang sudah dikalkulasi dengan Minitab17 tersebut kemudian diperoleh peramalan yang paling sesuai sebagai berikut.

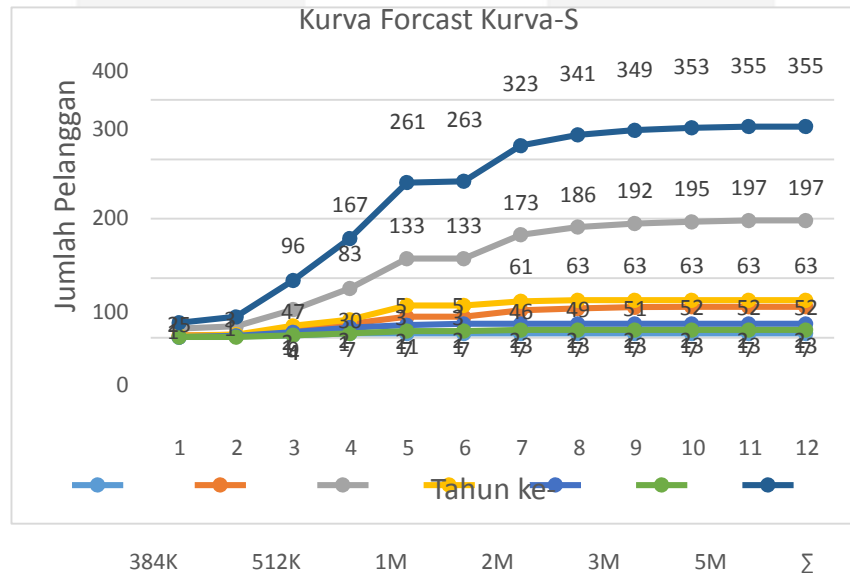
• **Peramalan Paket PBB I**

Adapun berdasar data-data yang sudah penulis dapatkan dari PT. Telkom, diperoleh data penggunaan *Speedy* di PBB I pada **Tabel 3** terhitung dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2015 sebagai berikut:

Tabel 3 Data Pengguna *Speedy* PBB I

Tahun	384K	512K	1M	2M	3M	5M
2010	*1	4	15	3	*1	*1
2011	2	5	19	5	3	1
2012	4	12	47	20	9	4
2013	7	23	83	30	17	7
2014	7	35	133	54	21	11
2015	7	35	133	54	23	11

Data pada **Tabel 3** adalah total pertumbuhan pengguna *Speedy* selama enam tahun, dimana dengan asumsi nilai di tahun 2010 untuk tiga layanan tertentu (384 Kbps, 3 Mbps, dan 5 Mbps) penulis asumsikan data sesungguhnya tidak ada pelanggan menjadi terdapat pemakai di tahun tersebut. Dilakukannya pengambilan asumsi ini adalah supaya terlihat keseluruhan tren peramalan sehingga yang paling sesuai dapat terlihat bagaimana minat pelanggan PBB I ini nantinya terhadap tawaran *IndiHome* yang mengusung *full fiber*. Dan setelah dilakukan kalkulasi menggunakan beberapa tren dengan Minitab 17 tersebut, didapatkanlah data *forecast* enam tahun kedepan sebagai berikut:



Gambar 5 Peramalan dengan Tren Kurva-S

Berdasar data yang diperoleh 6 tahun terakhir sesuai **Gambar 5**, pada tahun ke-1 sampai tahun ke-6, didapat persamaan hasil peramalan tren kurva-s dari kalkulasi Minitab17. Sehingga untuk 6 tahun kedepan didapatkan persamaan $Y_t = (10^3) / (5,04842 + 162,042 \times (0,461202^t))$ untuk *sample* layanan 1 Mbps. Dari hasil seluruh persamaan tersebut menghasilkan peramalan 6 tahun mendatang sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil Peramalan Kurva-S

Tahun	384K	512K	1M	2M	3M	5M	Σ
2016	7	46	173	61	23	13	324
2017	7	49	186	63	23	13	341
2018	7	51	192	63	23	13	350

2019	7	52	195	63	23	13	354
2020	7	52	197	63	23	13	356
2021	7	52	197	63	23	13	357
MAPE	8,53	14,62	13,08	17,04	3,21	21,12	
MAD	0,34	2,24	7,41	2,96	0,20	0,52	
MSD	0,20	7,55	99,01	11,33	0,06	0,39	

Sesuai **Tabel 4** peramalan paket *speedy* enam tahun kedepan, dengan menggunakan tren kurva-s didapatkan hasil peningkatan pelanggan sampai enam tahun kedepan. Walaupun peningkatannya tidak sejauh tren-tren sebelumnya dan cukup jauh dari nilai total *homepass* di PBB I.

• Peramalan Paket PBB II

Melihat jumlah rumah yang terdapat di PBB II lebih sedikit dari jumlah rumah di PBB I, maka untuk peramalan permintaan bagi calon pelanggan di PBB II ini bisa digunakan peramalan PBB I. Hal ini dipilih karena karakteristik PBB II memiliki pola perkembangan yang serupa karena masih dalam satu developer, sehingga akan berpengaruh pada pola pertumbuhan permintaannya akan memiliki nilai yang mendekati.

Hasil peramalan dapat dilihat dari **Tabel 4** dimana menggunakan kurva-s seperti yang sudah diramalkan sebelumnya, namun karena jumlah rumah di PBB II yang tidak terlalu banyak dan baru ditempati sekitar tahun 2013 maka digunakan asumsi yang disesuaikan dengan kondisi tersebut. Hasil peramalan yang mungkin untuk PBB II dapat dilihat pada **Tabel 5** berikut.

Tabel 5 Hasil Peramalan Kurva-S PBB II

Tahun	384K	512K	1M	2M	3M	5M	Σ
2016	10,3	23,6	34,8	30,6	17,3	6,7	123,31
2017	10,8	24,1	38,2	30,6	17,4	6,7	127,77
2018	11,1	24,3	40,3	30,6	17,4	6,7	130,36
2019	11,2	24,3	41,5	30,6	17,4	6,7	131,82
2020	11,2	24,4	42,3	30,6	17,4	6,7	132,63
2021	11,2	24,4	42,7	30,6	17,4	6,7	133,07
MAPE	8,61	10,6	6,78	18,7	15,3	31	
MAD	0,6	0,77	0,47	1,96	2,02	0,9	
MSD	0,66	0,78	0,42	4,65	7,18	1,4	

Pada peramalan tersebut dapat dilihat bahwa untuk peramalan 6 tahun mendatang permintaan PBB II hanya akan terpenuhi sampai di tahun 2017, sedangkan untuk tahun-tahun berikutnya jumlah permintaan melebihi jumlah penduduk/rumah yang terbangun. Oleh karena itu untuk tahun 2018 setelahnya, permintaan masih bisa terpenuhi apabila dilakukan perluasan cakupan rumah dengan dibangun rumah sesuai jumlahnya lagi.

E. Perancangan Jaringan GPON

Perancangan jaringan FTTH diperlukan beberapa pertimbangan yakni dibutuhkan berapa banyak penggunaan *splitter* dan ONT, kabel apa yang akan dipergunakan sepanjang rute (udara ataukah tanam), berapa panjang kabel distribusi dengan jumlah tube dan corenya, dan tentunya pemilihan rute terefisien ke sisi pelanggan nantinya.

Dalam Tugas Akhir ini lebih difokuskan bagaimana perancangan kabel distribusinya yakni dari sisi ODP hingga ke ONT di sisi pelanggan, hal ini bertujuan untuk penghematan dana serta memanfaatkan jaringan terdekat yang sudah ada dan kapasitasnya masih mampu menampung layanan di lokasi perancangan ini. Sedangkan untuk jaringan dari STO hingga ke ODC digunakan jaringan terdekat dengan lokasi yang sudah tersedia sehingga perancangan cukup meminta data ke STO bagaimana jarak dan komponen apa saja yang terdapat di sepanjang link *feeder* yang digunakan. Gambar berikut menjabarkan jaringan FTTH dengan menggunakan teknologi GPON.

4. Analisis

A. Kebutuhan Bandwidth

Setelah dilakukan perhitungan peramalan permintaan, berdasar hasil forecasting tersebut dipilih tren dengan nilai MAPE paling kecil. MAPE digunakan sebagai indikator dalam pemilihan ini sebab dengan MAPE akan memperlihatkan seberapa besar perbandingan *keerroran* suatu peramalan dengan beberapa tren yang dibandingkan.

Oleh sebab itu setelah didapatkan nilai MAPE paling kecil, maka data pada tren dengan MAPE terkecil itulah yang digunakan sebagai data utama dalam dasar perhitungan kebutuhan *Bandwidth* di Perumahan PBB I dan PBB II ini. Kebutuhan *Bandwidth* merupakan hal yang tidak kalah penting dalam perancangan, karena dalam jaringan

migrasi tentu terdapat pemakaian layanan sebelumnya dimana data tersebut bisa membantu si perancang supaya bisa memperkirakan layanan baru yang nantinya akan tergelar dapat beroperasi dengan baik dalam jangka waktu yang sesuai. Sebab jika perancangan jaringan migrasi ini tidak diprediksikan jangka waktunya, akan menimbulkan kerugian terhadap perusahaan yang mengelarnya karena melihat biaya instalasi jaringan optik ini tidaklah murah.

Berikut adalah perkiraan kebutuhan kanal enam tahun mendatang dengan pemilihan tren *kurva-s* yang memiliki hasil nilai MAPE paling kecil dari keempat tren yang telah diuji.

Tabel 6 Kapasitas Bandwidth 2021

PBB I			PBB II		
Jenis Layanan (Mbps)	Banyak Pelanggan (<i>homepass</i>)	Total Bandwidth (Mbps)	Jenis Layanan (Mbps)	Banyak Pelanggan (<i>homepass</i>)	Total Bandwidth (Mbps)
0,384	7	2,688	0,384	11	4,224
0,512	52	26,624	0,512	24	12,288
1	197	197	1	41	41
2	63	126	2	30	60
3	23	69	3	17	51
5	13	65	5	6	30
Total Bandwidth yang dibutuhkan (Mbps)		486,312	Total Bandwidth yang dibutuhkan (Mbps)		198,512

Berdasarkan perhitungan forecasting dengan tren Kurva-S maka didapat total *bandwidth* yang dibutuhkan dalam perancangan FTTH di Perumahan PBB I ini adalah 486,312 Mbps, sedangkan untuk PBB II kebutuhan *bandwidth* sebesar 198,512 Mbps dengan data terlampir di **Tabel 6** tersebut.

B. Perhitungan Analisa Link^[2]

Hasil perancangan yang sudah didapat seperti pemilihan tata letak perangkat serta jarak keseluruhan lokasi selanjutnya diperlukan analisa nilai kelayakan sistem suatu FTTH yang hendak dibangun akan lulus uji atau tidak nantinya. Selain pentingnya performansi dan masalah biaya di komunikasi optik, perancang harus berhati-hati dalam memilih komponen untuk memastikan bahwa level performansi yang diinginkan adalah terbaik yang bisa bertahan sampai jangka waktu lama. Melalui keseluruhan data yang telah terkumpul tersebut, maka perhitungan kelayakan ini juga akan dikalkulasikan bersama nilai detail spesifikasi perangkat yang dipergunakan oleh perusahaan terkait.

Power Link Budget dapat didefinisikan sebagai total redaman *link* optik yang diijinkan sepanjang sumber hingga di titik penerima, yang didapat dari redaman kabel; redaman konektor; redaman penyambungan; serta *margin system*. Sedangkan untuk mencari nilai daya yang diterima di *photodetector* atau disisi pelanggan dapat dihitung dengan persamaan P_{rx} . Adapun dikenal *redudancy* atau *margin system* atau margin daya (M) yang disyaratkan harus memiliki nilai minimal 0. Nilai ini berarti bahwa daya yang masih tersisa dari power transmit setelah dikurangi dari loss selama proses pentransmisian, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitifitas *receiver*. Perhitungan redaman total, daya terima, serta margin daya tersebutlah yang dikenal dengan analisa *power link budget*, yang perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut.

downstream

Perhitungan redaman total yang didapatkan adalah:

$$\begin{aligned}
 \alpha_{\text{total}} &= \alpha_{\text{fiber}} + \alpha_{\text{splice}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{margin}} \\
 \alpha_{\text{total}} &= (6,053 \cdot 0,35) + (0,02932 \cdot 0,35) + ((7,0,5) + 0,25) + ((7,0,1) + 0,2) + 7,25 + 10,5 \\
 \alpha_{\text{total}} &= 24,529 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Perhitungan nilai P_{rx} yang didapatkan adalah:

$$\begin{aligned}
 P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{\text{total}} \\
 P_{rx} &= 2,6 - 23,77881 \text{ dB} \\
 P_{rx} &= -21,929 \text{ dBm}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Batasan nilai margin seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 M &= (P_{tx} - P_{rx}) - \alpha_{\text{total}} - SM \\
 M &= (2,6 - (-29)) - 24,52881 \text{ dB} - 6 \text{ dB} \\
 M &= 1,071 \text{ dBm}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Berdasar perhitungan *link power budget* di atas dengan *sample* perangkat terjauh PBB I didapatkan nilai redaman total (α_{total}) sebesar 24,529 dB, nilai ini berada di bawah nilai redaman maksimal yang ditentukan oleh ITU-T serta PT. Telkom, yaitu sebesar 28 dB, maka *link* ini memenuhi syarat dari sisi total redaman. Pada perhitungan tersebut didapatkan nilai daya di *receiver* (P_{rx}) sebesar -21,929 dBm, hal ini membuktikan bahwa perancangan dengan daya awal 2,6 dB masih memenuhi persyaratan dari perangkat untuk nilai minimum daya terima yaitu sebesar -29 dBm. Serta nilai *margin* daya yang diperoleh sebesar 1,071 dB, menandakan perhitungan tersebut masih berada di atas 0 (nol) sehingga konfigurasi *downlink* PBB I tersebut memenuhi kelayakan *link power budget*. Sedangkan untuk perhitungan di PBB II maupun nilai *uplink* memiliki persamaan yang sama dan komponen yang serupa dengan perhitungan tersebut, perbedaannya hanya terletak di jarak link yang perlu disesuaikan.

Rise Time Budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat optik. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. 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-to-zero*). Satu periode *bit* didefinisikan sebagai resiprokal dari *data rate*.^[5] Untuk menghitung *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Downstream

$$\text{menggunakan NRZ; } t_r = \frac{0,7}{B} = \frac{0,7}{2,488 \times 10^9} = 0,2813505 \text{ ns} \quad (4)$$

$$\text{menggunakan RZ; } t_r = \frac{0,35}{B} = \frac{0,35}{2,488 \times 10^9} = 0,1406752 \text{ ns.}$$

$$t_{\text{intermodal}} = 0 \text{ (untuk single mode)}$$

$$t_{\text{material}} = \Delta\sigma \times L \times D_m = 1 \text{ nm} \times 6,09732 \text{ km} \times 3,5 \text{ ps/mm.km} = 0,02134062 \text{ ns} \quad (5)$$

$$t_{\text{system}} = \sqrt{(t_{\text{tx}})^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2} \quad (6)$$

$$t_{\text{system}} = \sqrt{(0,15 \text{ ns})^2 + (0,02134062 \text{ ns})^2 + 0^2 + (0,2 \text{ ns})^2}$$

$$t_{\text{system}} = 0,06296$$

Berdasar perhitungan tersebut, perancangan ini dinyatakan baik karena untuk *rise time budget* nilai $t_r > t_{\text{sys}}$ masih terpenuhi. Sedangkan untuk nilai *upstream* perhitungannya masih serupa dengan **persamaan 4** perbedaannya hanya terdapat pada nilai B_r yang disesuaikan pada laju upstream yaitu 2,488 Gbps. Sedangkan untuk nilai t_{sys} di PBB II pun juga memiliki persamaan yang menyerupai persamaan di atas, bedanya terdapat di nilai jarak pada *intermodal* dengan nilai t_{rx} nya disesuaikan dengan keadaan PBB II. Setelah dilakukan perhitungan baik PBB I maupun PBB II keduanya masih dikatakan bagus dari segi *downstream* maupun *upstream*.

Bit Error Rate adalah perbandingan banyaknya bit yang error (N_e) terhadap total bit yang ditransmisikan (N_t) dalam selang waktu satu detik dengan rentang 0 hingga 1.^[2] Persamaan BER secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{BER} = \frac{N_e}{N_t} \quad (7)$$

Simulasi Optisystem yang membantu dalam analisis nilai BER untuk melihat informasi digital yang dikirimkan pada komunikasi optik ini selain menunjukkan kelayakan nilai BERnya pun juga sampai dengan baik ke sisi pelanggan. Didapat pada *downstream* $9,4952 \times 10^{-18}$ untuk PBB I sedangkan di PBB II bernilai jauh semakin baik yaitu sebesar $8,77867 \times 10^{-264}$. Dan pada sisi *upstream*nya pun bernilai semakin baik yaitu 0 untuk kedua perumahan ini. Baik buruknya nilai BER ini dilihat dari standar untuk komunikasi optik sebesar 10^{-9} .

5. Kesimpulan

Sesuai perancangan dan hasil analisa data yang ada di Perancangan Jaringan FTTH dengan Teknologi GPON di Wilayah PBB I dan II, maka didapatkan kesimpulan untuk enam tahun kedepan apabila perancangan ini direalisasikan terdapat empat point hasil. Perumahan Permata Buah Batu I dan II keduanya dinyatakan layak dari analisa link power budget sesuai perhitungan *downstream* dari OLT hingga ONT terjauh, dengan nilai -22,2789 dBm untuk PBB I dan -22,1272 dBm untuk PBB II. Dimana kedua nilai ini masih berada dibawah sensitivitas di penerima yaitu senilai -27 dBm, sehingga informasi yang dikirimkan dari OLT masih dapat diterima ONT pelanggan dengan kaulitas masih baik. Pada perhitungan analisa rise time budget di perancangan ini pun masih lulus kelayakan sistem. Baik PBB I maupun PBB II dalam pengiriman *downstream* didapatkan nilai batas 0,56270096 ns untuk jenis pengkodean NRZ. Dimana hasil perhitungan t_{sys} yang didapat dari PBB I senilai 0,06296 ns sedangkan untuk PBB II didapatkan nilai 0,06289 ns. Kedua nilai t_{sys} ini masih jauh dibawah nilai batas pengkodean, karena itu batasan dispersi di PBB I maupun PBB II layak dari segi batas dispersinya. Simulasi Optisystem yang membantu dalam analisis nilai BER untuk melihat informasi digital yang dikirimkan pada komunikasi optik ini sampai dengan baik ke sisi pelanggan juga menunjukkan kelayakan nilai BERnya. Didapat $9,4952 \times 10^{-18}$ untuk PBB I sedangkan di PBB II bernilai jauh semakin baik yaitu sebesar $8,77867 \times 10^{-264}$. Baik buruknya nilai BER ini dilihat dari standar untuk komunikasi optik sebesar 10^{-9} .

DAFTAR PUSTAKA

1. Julian M., A. *Perencanaan Desain Jaringan Metro FTTH di Universitas Indonesia*. Depok: Universitas Indonesia. 2012.
2. Keiser, G. *Optical Fiber Communications* (3rd Ed.). Singapore: Mc Graw Hill. 2000.
3. Margareth, G. Struktur Umum Serat Optik. di *Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH)*. Bandung: Telkom University. 2014.
4. Pramanabawa, I. B. Analisa Rise Time Budget Dan Power Link Budget dari STO Ke Pelanggan Infrastruktur GPON PT. Telekomunikasi Divisi Access Denpasar. 2013.
5. Wordpress.Com. Retrieved From Info Perumahan Bandung: [Http://Infoperumahanbandung.Com/2014/02/18/Permata-Buah-Batu-2-Bojong-Soang/#More-5340](http://Infoperumahanbandung.Com/2014/02/18/Permata-Buah-Batu-2-Bojong-Soang/#More-5340) (Diakses pada 27 November 2014)