

Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Private Village, Cikoneng

Design of Fiber to The Home Access Network Using Gigabit Passive Optical Network Technology at Private Village, Cikoneng

Ignitia Gita.D.P¹, Sugito, S.Si.,MT², Ageak Raporte Bermano,S.T³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ ignatiagita@gmail.com, ² sugito@telkomuniversity.ac.id, ³ 860147@telkom.co.id

Abstrak

Kebutuhan masyarakat akan layanan akses yang cepat semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh perkembangan teknologi yang semakin pesat. Untuk mendapatkan layanan akses yang cepat, tentu dibutuhkan media akses yang memiliki bandwidth cukup besar agar kebutuhan akses cepat dapat terpenuhi. Serat optik merupakan salah satu media transmisi yang memiliki bandwidth yang besar dan dapat menanggulangi masalah bandwidth yang dialami.

Private Village, Cikoneng yang berlokasi di jalan Cikoneng, Bojongsoang, Bandung Selatan, merupakan hunian minimalis dan modern. PT.Telkom mempunyai inisiatif untuk memberikan layanan *Fiber To The Home* (FTTH) menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) kepada seluruh hunian yang berada di wilayah Bandung untuk dapat memberikan performansi yang baik pada layanan yang diberikan oleh PT. Telkom. Private Village sendiri merupakan salah satu hunian baru yang masih dibangun dan akan dilakukan perancangan FTTH.

Parameter-parameter *Link Power Budget* dan *Rise Time Budget* dihitung untuk kelayakan sistem dan BER untuk *permormance* sistem yang disimulasikan pada *OptySystem* Dari perhitungan *link power budget*, total redaman yang dihasilkan sebesar 24,74016 dB untuk *downstream* dan 10,3927 dB untuk *upstream*. Hasil daya di penerima bernilai -21, 74016 untuk *downstream* dan -7,3927 untuk *upstream*. Nilai ini masih diatas standar minimal daya di penerima yang ditetapkan oleh PT.Telkom yaitu -23dBm. Sedangkan untuk nilai *Rise Time Budget* yang didapatkan bernilai baik karena t_{system} bernilai 0,25 ns untuk *downstream* dan 0,25 ns untuk *upstream* yang lebih kecil dari batasan waktu untuk setiap pengkodean. Untuk parameter performansi sistem yaitu BER yang dihasilkan dari simulasi *OptiSystem*, didapatkan nilai BER *downstream* sebesar $14,09703 \times 10^{-35}$ dan untuk *upstream* sebesar 0. Sehingga dapat disimpulkan kedua nilai tersebut memenuhi nilai minimum BER yang ditentukan untuk optik yaitu 10^{-9} .

Kata Kunci: FTTH, *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Bit Error Rate (BER)*, *Opti System*

Abstract

Public needs access service that is quickly growing. This is due to the rapid technological developments. To get a quick access service, will require access media that has an enough large bandwidth in order to be able to quickly access needs are met. Optical fiber transmission medium is one which has a large bandwidth and can overcome bandwidth problems experienced. Optics-based systems can deliver a variety of digital information, such as voice, video, data, and so more effectively.

Private Village, located at Cikoneng, Bojongsoang, South Bandung, is minimalist and modern residential. PT.Telkom has an initiative to provide *Fiber To The Home* (FTTH) using technology *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) to all residential dwelling located in Bandung in order to give a good performance in the services provided by PT. Telkom. Private Village is one of the new homestay were still under construction and will be designed FTTH.

Calculation of the parameters of feasibility and performance that want to implement at Private Village Residence. These parameters are *Link Power Budget* and *Rise Time Budget* for the feasibility of the system and BER for permormance system that simulated the *OptySystem* From the calculations manually *link power budget*, the total attenuation produced at 24,74016 dB for *downstream* and 10,3927 dB. Result of receive power at -21, 74016 for

downstream and $-7,3927$ for upstream. These values is still above the minimum power limit at receiver based on PT.Telkom at -23 dBm. For system performance parameters are generated from the simulation BER OptiSystem, BER values obtained for $4,09703 \times 10^{-35}$ for downstream and for upstream at 0. It can be concluded that both values meet the specified minimum value for optic BER is 10^{-9} .

Keywords: FTTH, Link Power Budget, Rise Time Budget, Bit Error Rate (BER), Opti System

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat memicu bertambahnya kebutuhan masyarakat akan layanan akses yang cepat. Hal ini begitu disadari oleh pihak PT.Telkom sebagai operator telekomunikasi untuk mengembangkan teknologi yang dapat menangani kebutuhan para pelanggannya. Salah satu masalah dalam layanan akses yang cepat adalah kebutuhan *bandwidth* yang besar agar kebutuhan akses cepat dapat terpenuhi. Serat optic merupakan salah satu media transmisi yang memiliki *bandwidth* yang besar dan dapat menanggulangi masalah *bandwidth* yang dialami. Teknologi serat optic yang memberikan solusi untuk permasalahan *bandwidth* adalah *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). GPON merupakan teknologi FTTx yang dapat mengirimkan informasi sampai ke pelanggan menggunakan kabel optik. Salah satu jenis FTTx ini adalah FTTH (*Fiber To The Home*). FTTH memungkinkan penggunaan serat optik secara keseluruhan mulai dari sentral hingga ke pelanggan. Dalam tugas akhir ini akan dirancang jaringan FTTH di Private Village serta dilakukan evaluasi dan analisa terhadap jaringan yang telah dirancang.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan rancangan suatu jaringan layanan akses yang diharapkan dapat diimplementasikan secara nyata untuk layanan *triple play* (*voice, data, video*). Selain itu dengan melakukan penelitian ini dapat diketahui apa saja perangkat yang digunakan dalam penerapan teknologi GPON sesuai dengan kebutuhan lapangan.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang aspek desain perencanaan jaringan optik untuk layanan *triple play* dengan menggunakan teknologi GPON studi kasus Private Village, Cikoneng, Bandung Selatan, dimana hal yang dibahas dan dianalisis meliputi perancangan jaringan FTTH dimulai dari sentral (STO Cijawura) hingga ke pelanggan (*homepass*), penerapan teknologi GPON pada FTTH, penentuan pemakaian dan penempatan perangkat yang digunakan berdasarkan kebutuhan lapangan, Penentuan perangkat berdasarkan layanan akses dan fasilitas yang ditawarkan oleh pihak penyedia hunian, dan Penentuan pengaruh nilai parameter-parameter yang terkait terhadap kelayakan dan performansi perancangan, seperti *link power budget*, *rise time budget*, dan *bit error rate*.

Metode yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini adalah studi literature, survey lapangan dan lokasi untuk menentukan lokasi jalur dan hunian serta letak perangkat yang disesuaikan dengan kebutuhan dan keadaan lapangan, Konsultasi dan diskusi dengan dosen pembimbing dan pihak PT. Telkom yang menangani jaringan akses khususnya jaringan akses serat optik untuk hunian, Pengukuran dan pengumpulan data, diperoleh dari survey lapangan dan juga data dari PT.Telkom, serta Analisis dan membuat perancangan jaringan FTTH.

2. Dasar Teori

2.1 Arsitektur Jaringan Lokal Akses Fiber

Sistem jarlokaf paling sedikit memiliki dua buah perangkat opto-elektronik yaitu satu perangkat opto-elektronik di sisi sentral dan satu perangkat di sisi pelanggan selanjutnya disebut Titik Konversi Optik (TKO). Perbedaan letak TKO menimbulkan modus aplikasi atau arsitektur jarlokaf yang berbeda pula yaitu:

1. Fiber To The Building (FTTB)

TKO terletak di dalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi basement. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indoor. FTTB dapat dianalogikan dengan Daerah Catu Langsung (DCL) pada jaringan akses tembaga.

2. Fiber To The Zone (FTTZ)

TKO terletak di suatu tempat di luar bangunan, baik di dalam kabinet maupun manhole. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa kilometer. FTTZ dapat dianalogikan sebagai pengganti RK.

3. Fiber To The Curb (FTTC)

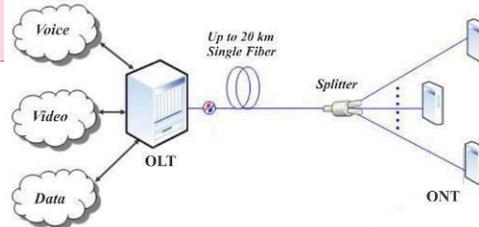
TKO terletak di suatu tempat di luar bangunan, baik di dalam kabinet, di atas tiang maupun manhole. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga hingga beberapa ratus meter. FTTC dapat dianalogikan sebagai pengganti KP.

4. Fiber To The Home (FTTH)

TKO terletak di rumah pelanggan. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indoor atau IKR hingga beberapa puluh meter. FTTH dapat dianalogikan sebagai pengganti Terminal Blok (TB).

2.2 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

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 1.2 Gbps untuk upstream.



Gambar 2.1 Arsitektur GPON

Prinsip 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 optical splitter (splitter fiber)* serat optik tunggal.

2.3 Parameter Kelayakan Hasil Perancangan

2.3.1 Link Power Budget

Power Link Budget dihitung sebagai syarat agar *link* yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung *Link power budget* dapat dihitung dengan rumus:^[6]

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \dots (2.1)$$

Bentuk persamaan untuk perhitungan margin daya adalah :

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{total} - SM \dots (2.2)$$

Keterangan :

- Pt = Daya keluaran sumber optik (dBm)
- Pr = Sensitivitas daya detektor (dBm)
- SM = Safety margin, berkisar 6-8 dB
- α_{tot} = Redaman Total sistem (dB)
- L = Panjang serat optik (Km)

- α_c = Redaman Konektor (dB/buah)
- α_s = Redaman sambungan
- α_{serat} = Redaman serat optik (dB/ Km)
- Ns = Jumlah sambungan
- Nc = Jumlah konektor
- Sp = Redaman Splitter (dB)

Margin daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol), margin daya adalah daya yang masih tersisa dari power transmit setelah dikurangi dari loss selama proses pentransmision, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitifitas *receiver*.

2.3.2 Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan.^[6]

Untuk menghitung Rise Time budget dapat dihitung dengan rumus :

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

t_{tx} = Rise time transmitter (ns)

t_{rx} = Rise time receiver (ns)

$t_{intermodal}$ = bernilai nol (serat single mode)

$t_{intramodal} = \Delta\sigma \times L \times Dm$

$\Delta\sigma$ = Lebar Spektral (nm)

L = Panjang serat optik (Km)

Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km)

2.3.3 Bit Error Rate (BER)

Bit error rate merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Sensitivitas merupakan daya optik minimum dari sinyal yang datang pada bit error rate yang dibutuhkan. Kebutuhan akan BER berbeda-beda pada setiap aplikasi, sebagai contoh pada aplikasi komunikasi membutuhkan BER bernilai 10^{-10} atau lebih baik, pada beberapa komunikasi data membutuhkan BER bernilai sama atau lebih baik dari 10^{-12} . BER untuk system komunikasi optik sebesar 10^{-9} . Faktor-faktor yang mempengaruhi BER antara lain noise, interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, redaman, multipath fading, dll.^[8]

2.4 Peramalan Trafik dan Permintaan

Peramalan kebutuhan internet untuk masa depan merupakan faktor yang sangat penting dalam merancang suatu jaringan telekomunikasi. Dengan mengetahui besarnya kebutuhan telepon suatu daerah dapat diperkirakan sarana dan prasarana pendukung serta besarnya biaya yang dibutuhkan dalam merancang suatu jaringan telekomunikasi. Beberapa metode yang digunakan dalam peramalan kebutuhan demand menurut pendekatan makro antara lain:^[9]

2.4.1 Metode Linier

Metode regresi linier digunakan apabila perkembangan kebutuhan internet pada tahun yang akan datang akan sama dengan tingkat perkembangan kebutuhan internet pada tahun sebelumnya.

2.4.2 Metode Kuadratik

Metode regresi non linier umumnya digunakan jika perkembangan kebutuhan internet pada tahun yang akan datang meningkat dengan cepat. Metode ini bagus digunakan untuk melakukan peramalan kebutuhan internet jangka pendek selama data informasi dari tahun yang sebelumnya dikerjakan secara baik.

2.4.3 Metode Pertumbuhan Eksponensial

Trend pertumbuhan eksponensial adalah kecenderungan data dimana perubahannya semakin lama semakin bertambah secara eksponensial.

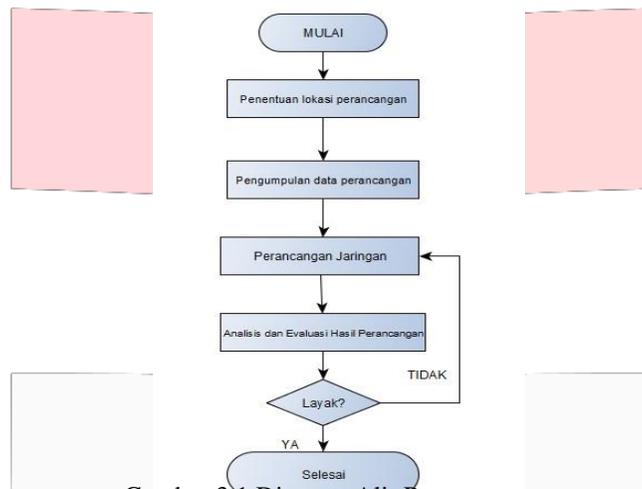
2.4.4 Model Kurva S

Trend kurva S adalah kecenderungan data dalam kasus dimana data time series mengikuti bentuk kurva S. Karakteristik kurva S adalah pada awalnya pertumbuhan lambat, kemudian meningkat pesat dan sampai pada titik tertentu kemudian melambat lagi dan cenderung tetap.

3. Perancangan Jaringan dan Simulasi

3.1 Diagram Alir Perancangan

Langkah awal dari Tugas Akhir ini adalah menentukan lokasi perancangan. Lokasi yang dipilih adalah *Private Village*, di Jalan Cikoneng, Terusan Buah Batu, Bandung Selatan. Setelah didapatkan lokasi, dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan dalam perancangan ini seperti jumlah *homepass* (HP) dan fasilitas yang ditawarkan oleh pihak penyedia. Penentuan dan peletakan perangkat akan dipengaruhi oleh jumlah *homepass* dan fasilitas yang ditawarkan oleh pihak penyedia. Setelah semua data dikumpulkan dan peramalan dilakukan, perancangan jaringan FTTH sudah bisa dilakukan. Analisis dan evaluasi terhadap perancangan dilakukan setelah didapat hasil rancangan. Apabila hasil analisis perancangan yang dilakukan tidak memenuhi standar parameter yang ditentukan, maka harus dilakukan perancangan ulang sampai standar kelayakan parameter terpenuhi. Jika hasil evaluasi perancangan sudah memenuhi standar kelayakan parameter yang ditentukan maka perancangan sudah selesai.

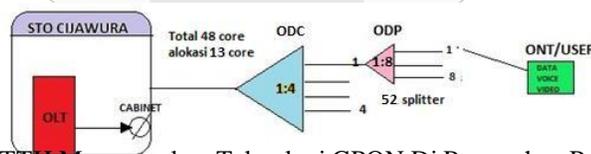


Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

3.2 Perancangan Jaringan

3.2.1 Perancangan Jaringan FTTH di Private Village, Cikoneng

Total rumah yang akan di bangun di perumahan pada daerah Cikoneng adalah 358 rumah yang terdiri dari kelas menengah atas dan menengah. Sedangkan jumlah rumah yang telah terbangun sampai saat ini adalah 64 rumah dan rumah yang belum terbangun adalah sebanyak 289 rumah. Dalam perancangan ini akan dirancang jaringan dari STO Cijaura hingga ke rumah pelanggan. Jumlah ONT yang akan dipasang sesuai dengan jumlah rumah yang akan dipasang yaitu sebanyak 358 ONT. Jaringan FTTH dengan teknologi GPON pada perumahan Private Village dapat dilihat di gambar 3.2



Gambar 3.2 Jaringan FTTH Menggunakan Teknologi GPON Di Perumahan Private Village, Cikoneng

Berdasarkan gambar tersebut, OLT menuju ke ODC menggunakan 288 core kabel optik G. 652 yang dibagi menjadi 1 ODC berdasarkan pada letak rumah pelanggan. ODC mempunyai 12 core fiber optik yang disebar menjadi 12 splitter 1:4. Kemudian dari ODC disebar ke ODP 1:8 yang berjumlah 9 dan ODP 1:16 yang berjumlah 21 diteruskan ke pelanggan dengan kabel optik G.657 dengan jumlah ONT sebanyak 358 ONT.

3.2.2 Daftar perangkat

Dari perancangan jaringan FTTH yang sudah dilakukan, ada perangkat existing dan beberapa perangkat yang dibutuhkan untuk melengkapi perancangan. Perangkat-perangkat tersebut dapat dilihat pada table 3.2.

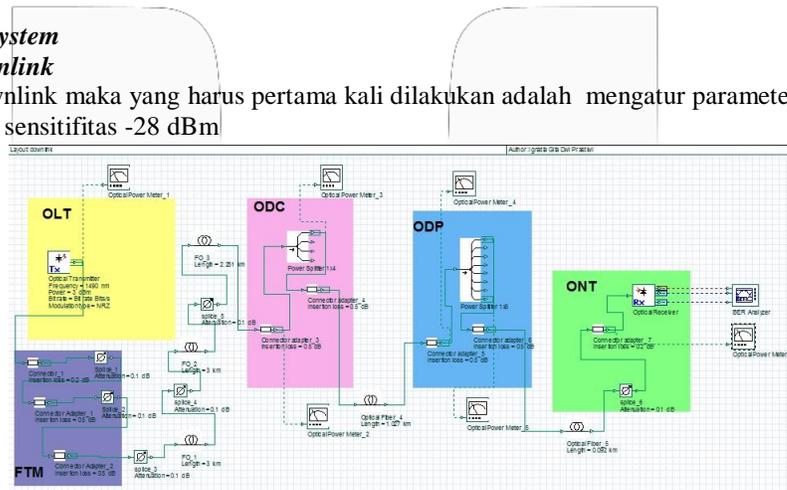
Tabel 3.2 Daftar Perangkat Existing

No	Perangkat	Jumlah	Uraian Pekerjaan
1	ODC-C-288 Splitter	1 buah	Pengadaan dan pemasangan cabinet ODC (outdoor) kap 288 core dengan space untuk splitter modular termasuk material adaptor SC/UPC, pigtail, pondasi berlapis keramik, lantai kerja, patok pengaman (5 buah), berikut pelabelan.
2	PS-1-4-ODC	13 buah	Pengadaan dan pemasangan Pssive Splitter 1:4, type modular, untuk ODC, termasuk pigtail.
3	ODP-CA-8	6 buah	Pengadaan dan pemasangan ODP type Closure Aerial Kap 8 core berikut space passive spliter (1:8), adapter SC/UPC,berikut pelabelan.
4	ODP-CA-16	20 buah	Pengadaan dan pemasangan ODP type Closure Aerial Kap 16 core berikut space 2 pasive spliter (1:8), adapter SC/UPC,berikut pelabelan.
5	ODP-PL-8	2 buah	Pengadaan dan pemasangan ODP (Pilar) kap 8 core termasuk pigtail, berikut space 1 spliter (1:8), pelabelan.
6	ODP-PL-16	2 buah	Pengadaan dan pemasangan ODP (Pilar) kap 16 core termasuk pigtail, berikut space 2 spliter (1:8), pelabelan.
7	PS-1-8-ODC	52 buah	Pengadaan dan pemasangan Passive Splitter 1:8, type PLC/Modular, for ODP, termasuk adaptor.
8	AC-OF-SM-24D	3122 meter	Pengadaan dan pemasangan Kabel Udara Fiber Optik Single Mode 24 core G 652 D (termasuk perijinan PEMDA, PU, Warga)
9	Optical Drop Cable	13490 meter	Pengadaan dan pemasangan Kabel Udara Single Mode Optik G.657
10	PU-S7.0-140	101 buah	Pengadaan dan Pemasangan Tiang Besi 7 meter, berikut cat & cor pondasi dan assesories - kekuatan tarik 140 kg
11	PU-S9.0-140	5 buah	Pengadaan dan Pemasangan Tiang Besi 9 meter, berikut cat & cor dan assesories - kekuatan tarik 140 kg

3.3 Simulasi pada Opti System

3.3.2 Konfigurasi Downlink

Pada simulasi downlink maka yang harus pertama kali dilakukan adalah mengatur parameter layout dengan bitrate 2,488 Gbps dan sensitifitas -28 dBm

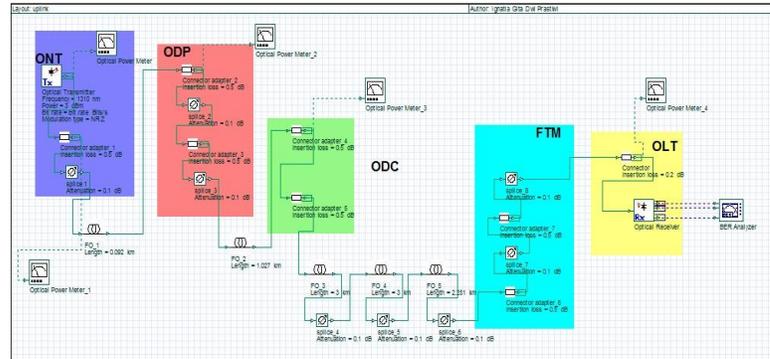


Gambar 4.1 Konfigurasi Downlink

Berdasarkan hasil perancangan tersebut didapatkan nilai BER adalah $4,09703 \times 10^{-35}$. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai BER ideal transmisi serat optik yaitu 10^{-9} . Daya terima yang terukur pada *Optical Power Meter* (OPM) adalah -20,953 dBm.

3.3.3 Konfigurasi Uplink

Pada simulasi *Uplink* maka yang pertama harus dilakukan adalah mengatur layout dengan nominal bit-rate 1,244 Gbps, dan *sensitivity* -29 dBm.



Gambar 4.2 Konfigurasi Uplink

Berdasarkan hasil perancangan tersebut didapatkan nilai BER adalah 0. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai BER ideal transmisi serat optik yaitu 10^{-9} . Daya terima yang terukur pada *Optical Power Meter* (OPM) adalah -20,953 dBm.

3.4 Perhitungan Power Link Budget dan Rise Time Budget

3.4.2 Power Link Budget

a. Power Link Budget Downstream

Pada perhitungan *power link budget* ini diambil jarak pelanggan (ONT) dengan lokasi terjauh dari STO untuk mengatasi standar kelayakan karena letak pelanggan yang bervariasi dan supaya memenuhi kelayakan bagi jarak yang terdekat.

- $\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp = 24,74016 \text{ dB}$
- Sehingga perhitungan margin daya sebagai berikut :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total}$$

Dimana, $P_r = P_t - \alpha_{total}$
 $P_r = -21,74016 \text{ dBm}$

Sehingga $M = (P_t - P_r(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM = 3,26 \text{ dBm}$

Didapatkan M dari perhitungan *downstream* menghasilkan 3,26 dBm ($M > 0$), maka dapat disimpulkan link ini memenuhi kelayakan *power link budget* sebagai jaringan akses.

b. Power Link Budget Upstream

Untuk perhitungan *upstream*, karena dilihat dari sisi pelanggan (ONT) maka nilai redaman *splitter* akan disesuaikan dengan melakukan perhitungan redaman perangkat *splitter* ideal dibandingkan dengan redaman perangkat *splitter* yang dipilih.

- $\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp = 10,3927 \text{ dB}$
- Sehingga perhitungan margin daya sebagai berikut :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total}$$

Dimana, $P_r = P_t - \alpha_{total}$
 $P_r = (3 - 10,3927) \text{ dBm}$
 $= -7,3927 \text{ dBm}$

Sehingga $M = (P_t - P_r(\text{Sensitivitas})) - \alpha_{total} - SM = 17,6073 \text{ dBm}$

Didapatkan M dari perhitungan *upstream* menghasilkan 17,6073 dBm ($M > 0$), maka dapat disimpulkan link ini memenuhi kelayakan *power link budget* sebagai jaringan akses.

3.4.3 Rise Time Budget

a. Rise Time Budget Downlink

Perhitungan *Rise time budget* dilakukan dengan jarak calon pelanggan terjauh (jarak OLT sampai ONT terjauh) adalah 9,322 km.

Dengan jalur STO Cijawura \rightarrow \rightarrow ODP terjauh \rightarrow ONT, maka *rise time budget* untuk *downlink* dapat dihitung menggunakan persamaan (3):

- Bit rate downlink (Br) = 2.488 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$t_r = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{(2,488 \times 10^9) \text{ s}}$$

$$= 0,28135 \times 10^{-9} \text{ s}$$

- Menentukan $t_{\text{intramodal}}$ dan t_{material}

$$t_{\text{material}} = \Delta\sigma \cdot L \cdot Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 9,322 \text{ km} \times 3,5 \text{ ps/nm.km}$$

$$= 0,0032627 \text{ ns}$$

$t_{\text{intramodal}} = 0$, karena serat optik yang digunakan adalah *single mode*.

- t untuk serat optik single mode:

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

$$= [(0,15)^2 + (0,0032627)^2 + 0^2 + (0,2)^2]^{1/2} = 0,25 \text{ ns}$$

Dari perhitungan, diketahui *rise time* total sebesar 0,25 ns sehingga nilai *rise time* system masih dibawah nilai maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0,28135 ns. Dapat disimpulkan bahwa sistem perencanaan jaringan akses FTTH ini memenuhi kelayakan *rise time budget* bagi *downlink*.

b. Rise Time Budget untuk Uplink

Perhitungan *Rise time budget* dilakukan dengan jarak calon pelanggan terjauh (jarak OLT sampai ONT terjauh) adalah 9,322 km.

Dengan jalur ONT → ODP terjauh → ODC → STO, maka *rise time budget* untuk *uplink* dapat dihitung menggunakan persamaan (3):

- Bit rate *downlink* (Br) = 1,244 Gbps dengan format NRZ, sehingga :

$$t_r = \frac{0,7}{Br} = 0,5627 \times 10^{-9} \text{ s}$$

- Menentukan $t_{\text{intramodal}}/t_{\text{material}}$

$$t_{\text{material}} = \frac{(1,244 \times 10^9 \times 0,7)}{3,5} = 0,0032627 \text{ ns}$$

$t_{\text{intramodal}} = 0$, karena serat optik yang digunakan adalah *single mode*

- t untuk serat optik single mode:

$$t_{\text{total}} = (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intramodal}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} = 0,25 \text{ ns}$$

Dari perhitungan, diketahui *rise time* total sebesar 0,25 ns sehingga nilai *rise time* system masih dibawah nilai maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0,5627 ns. Dapat disimpulkan bahwa sistem perencanaan jaringan akses FTTH ini memenuhi kelayakan *rise time budget* bagi *upstream*.

3.5 Analisis Hasil Perancangan

Berdasarkan perhitungan manual, didapatkan *powerlink budget* pada *receiver (Rx) downstream* dengan *power* sebesar -21,74016 dBm, sedangkan pada simulasi di *Opti System* didapatkan *power* sebesar -20,953 dBm. Sedangkan, hasil perhitungan manual untuk *upstream* didapatkan *power* pada *receiver (Rx)* sebesar -7,3927 dBm, sedangkan pada simulasi di *Opti System* didapatkan *power* sebesar -7,432 dBm.

Nilai yang didapatkan melalui perhitungan manual dan perhitungan *Opti System* tidak memiliki perbedaan yang terlalu besar, yaitu 0,7886 dB untuk *downstream* dan 0,0393 dB untuk *upstream*. Hal ini membuktikan perancangan ini layak dan mendekati perhitungan ideal.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan pada obyek perencanaan jaringan akses fiber optik di Perumahan Private Village, Cikoneng untuk 5 tahun kedepan dengan jarak calon pelanggan terjauh adalah 9,322 km, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem dikatakan layak dengan memenuhi syarat *link power budget*, karena berdasarkan perhitungan manual didapatkan nilai daya -21,74016 dBm untuk *downstream* dan -7,3927 untuk *upstream*, kedua nilai tersebut masih diatas batas minimum daya di penerima yang ditetapkan oleh PT.Telkom, yaitu -23 dBm. Jadi signal yang telah ditransmisikan oleh OLT di STO masih dapat sepenuhnya diterima oleh ONT di sisi pelanggan.

2. Berdasarkan perhitungan *rise time budget*, pengkodean NRZ dapat digunakan dalam perancangan jaringan akses FTTH ini. Pengkodean NRZ memiliki batas waktu 0,25 ns untuk *downstream*, nilai tersebut masih dibawah nilai waktu batas yang bernilai 0,28135 ns. Sedangkan, untuk *upstream* pengkodean NRZ memiliki batas waktu 0,25 ns, nilai tersebut masih dibawah nilai waktu batas yang bernilai 0,5627 ns. Sehingga dapat disimpulkan batas *rise time* perancangan jaringan akses FTTH ini memenuhi *rise time budget* untuk *downstream* dan *upstream*.
3. Berdasarkan simulasi pada *Opti System* didapatkan nilai BER untuk konfigurasi *downstream* sebesar $4,09703 \times 10^{-35}$ dan untuk *upstream* sebesar 0. Sehingga dapat disimpulkan kedua nilai tersebut memenuhi nilai minimum BER yang ditentukan untuk optik yaitu 10^{-9} .
4. Kebutuhan perangkat pada perancangan ini adalah 1 buah ODC-C-288 Splitter, 13 buah PS-1-4-ODC, 9 buah ODP-CA-8, 16 buah ODP-CA-16, 2 buah ODP-PL-8, 2 buah ODP-PL-16, 51 buah PS-1-8-ODC, 3122 meter AC-OF-SM-24D, 13490 meter *Optical Drop Cable*, 5 buah tiang 9, dan 101 buah tiang 7.

4.2 Saran

Disusunya Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari kekurangan dan ketidaksempurnaan, maka untuk kedepannya jika ada yang ingin melanjutkan tugas akhir ini ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk seterusnya, antara lain:

1. Diharapkan untuk perancangan selanjutnya agar perancangan jaringan dibuat dari STO sampai ke ONT.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengukur langsung ke lapangan agar mendapatkan hasil yang akurat daripada di *Google Earth*.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan memasukan faktor ekonomi berupa biaya perancangan.

Daftar Pustaka:

- [1] Al-Adawiyah, Rabiah. *Evaluasi Perancangan Jaringan FTTH Dengan Teknologi GPON di Komplek Green Mansion Jakarta* [Jurnal]. Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2010
- [2] Divisi Akses. "Panduan Desain FTTH." PT, Telkom Indonesia, 2012.
- [3] Fakhri A, Aldrin. *Pengenalan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)* [Jurnal] . Telkom University, Bandung, 2014.
- [4] Fiber Optic Association, Inc, FTTH PON Types, California USA, 2015,
- [5] ITU-T Rec. G.984.1 (03/2008).
- [6] Keiser, Gerd. "FTTX Concepts and Applications." Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. 2006.
- [7] Laboratorium Sistem Komunikasi Serat Optik, "Modul Praktikum Sistem Komunikasi Serat Optik", Telkom University, Bandung, 2013
- [8] Legawa, Tri. *Penerapan Teknologi DLC (Digital Loop Carrier) pada Jaringan Lokal Akses Fiber* [Jurnal]. Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [9] Muhamad Ramadhan Mardiana Siahaan.. "PERANCANGAN JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME (FTTH) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) DI PERUMAHAN SETRA DUTA BANDUNG." IT Telkom.2012
- [10] Nainggolan, Bilpen. *Parameter Kualifikasi Teknis Implementasi Teknologi GPON* [Jurnal]. PT Telekomunikasi Indonesia, Bandung, 2009.
- [11] Utomo, Iwan Gustopo. "Literatur Analisa Implementasi Teknologi Jaringan Kabel Optik". Jakarta : FT Universitas Indonesia. 2010.
- [12] ZTE Corporation. "ZX10 C300: Optical Access Coverage Equipment – Product Description", 2011.