

PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* (FTTH) MENGUNAKAN TEKNOLOGI 10 - *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK* (XGPON) UTNUK PERUMAHAN GRAHA YASA ASRI DENGAN DUCTING BERSAMA

Rizky Mauludy Muttaqien¹, Akhmad Hambali, Ir., MT.², Musarah Wim.³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Elektro, Telkom University, Bandung

¹muttaqienrizky28@gmail.com, ²bphambali@gmail.com,

Abstrak

Perumahan Graha Yasa Asri yang berada pada Jalan Reni Jaya Tanggerang merupakan konsep hunian *townhouse* yang memiliki berbagai fasilitas lengkap dan modern. PT. Telkom di Bandung memiliki inisiatif untuk memberikan layanan *Fiber To The Home* (FTTH) menggunakan teknologi 10 - *Gigabit Passive Optical Network* (XGPON) kepada seluruh hunian lama maupun hunian baru untuk dapat memberikan performansi yang baik pada layanan yang diberikan oleh PT. Telkom.

Dalam tugas akhir ini dilakukan perhitungan terhadap parameter-parameter kelayakan dan performansi sistem perancangan FTTH yang ingin diimplementasikan pada Perumahan Graha Yasa Asri. Parameter-parameter tersebut adalah *Link Power Budget* dan *Rise Time Budget* untuk kelayakan sistem. Nilai parameter tersebut dihitung secara manual dan dibandingkan dengan hasil menggunakan perangkat lunak *Opti System*. Selain itu parameter lainnya adalah *Bit Error Rate* (BER) untuk performansi sistem. Parameter ini dapat dilihat dengan membuat simulasi perancangan jaringan pada *Opti System*.

Hasil perhitungan manual *link power budget*, yaitu total redaman yang dihasilkan untuk jarak terjauh adalah sebesar 6,2328 dB untuk *link upstream* dan 21,2328 dB untuk *link downstream*. Hasil dari perhitungan tersebut masih memenuhi standar yang ditentukan oleh ITU-T G.984 yang kemudian diikuti oleh PT. Telkom, yaitu sebesar 28 dBm. Berdasarkan nilai total redaman pada jarak terjauh didapatkan nilai daya terima sebesar -23.328 dBm untuk *upstream* dan -20.537 dBm untuk *downstream*. Untuk nilai *rise time budget* di link *downstream* didapatkan nilai waktu batasan adalah sebesar 0,07 ns untuk pengkodean NRZ dan 0,035 ns untuk pengkodean RZ. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai t_{system} adalah sebesar 0,049507299 ns. Hasil *rise time budget* yang didapatkan bernilai baik karena t_{system} yang lebih kecil dari batasan waktu untuk pengkodean NRZ namun tidak untuk RZ. Sedangkan untuk nilai *rise time budget upstream* didapatkan nilai waktu batasan adalah sebesar 0,28 ns untuk pengkodean NRZ dan 0,14. ns untuk pengkodean RZ. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai t_{system} adalah sebesar 0.050229354 ns. Hasil *rise time budget* yang didapatkan bernilai baik karena t_{system} yang lebih kecil dari batasan waktu untuk tiap pengkodean. Untuk parameter performansi sistem yaitu BER yang dihasilkan dari simulasi di *Opti System*, didapatkan nilai BER untuk *upstream* $3,03372 \times 10^{-10}$ dan nilai BER untuk *downstream* $5,07235 \times 10^{-10}$. Kedua nilai tersebut memenuhi nilai minimum BER yang ditentukan untuk optik, yaitu 10^{-9} .

Kata kunci: FTTH, GPON, Link Power Budget, Rise Time Budget, Bit Error Rate, CityLight Residence, Opti System

Abstract

Yasa Graha Asri located at Jalan Reni Jaya Tangerang is a residential concept townhouse that has a complete range of facilities and modern. PT. Telkom in Bandung initiative to provide Fiber To The Home (FTTH) technology using 10 - Gigabit Passive Optical Network (XGPON) to all existing and new residential dwelling to be able to give a good performance on the services provided by PT. Telkom.

In this final project calculation of the parameters of the feasibility and performance of the system design FTTH who want implemented on Graha Asri Yasa. These parameters are Link Power Budget and Rise Time Budget for the feasibility of the system. The parameter values manually counted and compared with the results of using the software Opti System. Besides other parameters are the Bit Error Rate (BER) for system performance. These parameters can be seen by making a simulation of network design at Opti System.

The results of manual calculations link power budget, the total attenuation produced for the farthest distance is equal to 6.2328 dB to link upstream and downstream 21.2328 dB for the link. The results of these calculations are still meets the standards specified by ITU-T G.984, followed by PT. Telkom, which is 28 dBm. Based on the total value of attenuation at the farthest distance value obtained by the received power dBm to -23.328 -20.537 dBm for the upstream and downstream. For the rise time value downstream link budget in the time limit value obtained was 0.07 ns for coding NRZ and RZ 0.035 ns for coding. From the calculation results obtained t_{system} value is equal to 0.049507299 ns. Results obtained rise time budget well worth it because t_{system} smaller than a time limit for NRZ encoding but not separately RZ. As for the value of rise time budget value obtained upstream time limit is 0.28 ns for NRZ encoding and 0.14. ns for RZ coding. From the calculation results obtained t_{system} value is equal to 0.050229354 ns. Results obtained rise time budget well worth it because t_{system} smaller than a time limit for each encoding. For the parameters that the system BER

performance resulting from the simulation in Opti System, obtained BER value to 3.03372×10^{-10} upstream and downstream BER value to 5.07235×10^{-10} . Both these values meet the minimum value specified for the optical BER, namely 10^{-9} .

Keywords: FTTH, GPON, Link Power Budget, Rise Time Budget, Bit Error Rate, CityLight Residence, Opti System

1. Pendahuluan

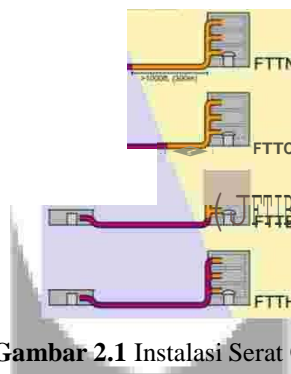
Berkembangnya berbagai teknologi membuat kebutuhan masyarakat akan layanan akses yang cepat meningkat dengan pesat. Hal ini begitu disadari oleh pihak PT. Telkom sehingga operator ini telah mengembangkan teknologi yang mampu menangani permintaan pelanggan yang semakin meningkat. Teknologi 10 - *Gigabit Passive Optical Network* (XGPON) merupakan teknologi yang mampu menangani permintaan akan layanan akses yang cepat. Salah satu implementasi dari teknologi ini adalah *Fiber To The Home* (FTTH), yang menggunakan serat optik secara keseluruhan mulai dari sentral sampai ke pelanggan. Perumahan Graha Yasa Asri merupakan sebuah hunian baru yang sedang dalam tahap pembangunan, yang akan mengimplementasikan FTTH sehingga dapat memberikan layanan *triple play* (voice, video, data) yang menjadi ciri khas teknologi GPON. Perancangan jaringan akses yang dilakukan pada Perumahan Graha Yasa Asri menggunakan metode eksperimental sehingga variabel-variabel tertentu dapat diubah untuk mendapatkan hasil yang memenuhi standar yang telah ditentukan.

2. Jaringan Pasif Optik

2.1 Arsitektur Jaringan Lokal Akses Fiber^[2]

Jaringan lokal akses fiber secara umum memiliki 2 perangkat opto elektronik, di sisi sentral dan di sisi pelanggan. Untuk perangkat di sisi pelanggan dapat disebut dengan Titik Konversi Optik (TKO). Perbedaan TKO akan menimbulkan perbedaan jarlokaf seperti di bawah ini:

- FTTN : Fiber To The Node, penggunaan serat optik sampai ke kabinet, setelah itu didistribusikan ke kabinet-kabinet lainnya.
- FTTC : Fiber To The Cabinet, penggunaan serat optik lebih panjang dibandingkan FTTN.
- FTTB : Fiber To The Building, penggunaan serat optik sampai ke gedung-gedung. Untuk distribusi dari TKO ke pelanggan masih menggunakan kabel tembaga.
- FTTH : Fiber To The Home, penggunaan serat optik mulai dari sentral sampai ke pelanggan. TKO pada FTTH berada di ruangan pelanggan.



Gambar 2.1 Instalasi Serat Optik

2.2 Gigabit Passive Optical Network

Gigabyte Passive Optical Network (XGPON) adalah suatu teknologi akses yang dikategorikan sebagai broadband access berbasis fiber optik. XGPON merupakan salah satu 13 teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T G.987x.. Keunggulannya adalah bandwidth yang ditawarkan bisa mencapai 10 Gbps (downstream) dan upstream 2.5 Gbps sampai pelanggan tanpa adanya kehilangan bandwidth. Komponen – kompponen ada teknologi XGOPN antara lain :

- Optical Line Terminal (OLT) atau biasa disebut juga dengan Optical Line Termination adalah perangkat yang berfungsi sebagai titik akhir (end-point) dari layanan jaringan optik pasif. Perangkat ini mempunyai dua fungsi utama, antara lain:
 - Melakukan konversi antara sinyal listrik yang digunakan oleh penyedia layanan dan sinyal optik yang digunakan oleh jaringan optik pasif.
 - Mengkoordinasikan multiplexing pada perangkat lain di ujung jaringan, atau biasa disebut dengan Optical Network Terminal (ONT) atau Optical Network Unit (ONU).

2. Fiber Distribution Terminal (FDT) / ODC adalah suatu perangkat pasif yang diinstalasi dilapangan (Outdoor) dan juga bisa didalam ruangan / di MDF Gedung HRB (Indoor), yang mempunyai fungsi sebagai berikut :
 - Sebagai titik terminasi ujung kabel feeder dan pangkal kabel distribusi
 - Sebagai titik distribusi kabel dari kapasitas besar (feeder) menjadi beberapa kabel yang kapasitasnya lebih kecil lagi (distribusi) untuk fleksibilitas.
 - Tempat Splitter.
 - Tempat penyambungan
3. Optical Network Terminal (ONT) adalah suatu perangkat aktif (Opto -Elektik) yang dipasang disisi pelanggan, dimana ONT tersebut mempunyai fungsi sebagai berikut:
 - Mengubah sinyal Optik menjadi sinyal elektrik.
 - Sebagai alat demultiplex.
4. Splitter adalah suatu perangkat pasif yang berfungsi untuk membagi informasi sinyal optik (gelombang cahaya), kapasitas distribusi dari spliter bermacam – macam yaitu 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, dan 1:64, spesifikasi teknis dan ada juga yang inputnya 2 seperti 2:16 dan 2:32. PT. Telkom menggunakan splitter yang inputnya 1 dan pemakaiannya sampai 1:32 saja karena dipersyaratkan sesuai ITU.T.984.2 link budget redaman maksimal 28 dB. Spesifikasi perangkat OLT mempunyai power transmits sebesar (+5 s/d +1.5) dB, sedangkan sensitifitas sebesar (-8 s/d -27) dB.

2.3 Parameter Untuk Kelayakan Hasil Perancangan

2.3.1 Link Power Budget

Link power budget dapat diartikan secara sederhana sebagai total redaman pada daya optik yang diijinkan antara sumber cahaya dan fotodetektor, yang didapatkan dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, dan margin sistem.^[7]

Untuk perumusan *link power budget* yang terdiri dari redaman total, daya yang diterima penerima, dan nilai margin sistem dapat dilihat pada persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3) di bawah ini. :

$$\text{[Empty Box]} \tag{2.1}$$

$$\text{[Empty Box]} \tag{2.2}$$

$$\text{[Empty Box]} \tag{2.3}$$

Margin daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol). Margin daya adalah daya yang masih tersisa dari daya pancar *transmitter* setelah dikurangi dari *loss* selama proses penransmisian, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitifitas *receiver*.^[2]

2.3.2 Rise Time Budget^[7]

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. 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 *rate* data.

Tabel 2.3 Spesifikasi Rise Time Budget

Bit Rate (downstream/upstream)	10 Gbps / 2.5 Gbps
Rise Time Transmitter	35 ps
Rise Time Receiver	35 ps
Dispersi Material (downstream/upstream)	0,0016 ns / 0,01386
Lebar Spectral	0,1 nm

Untuk menghitung *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus:

$$(\quad) \quad (2.4)$$

$$T_{\text{material}} = \Delta \sigma \times L \times D_m \quad (2.5)$$

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 sistem komunikasi optik sebesar 10^{-9} (Freeman: 1998).

2.4 Opti System

Opti System merupakan sebuah paket simulasi yang inovatif untuk sistem komunikasi optik yang dapat merancang, menguji, dan mengoptimalkan secara virtual, hampir semua link optik di lapisan fisik untuk spektrum yang luas dari jaringan optik. Perangkat lunak ini merupakan *system level* simulator yang didasarkan pada pemodelan realistik sistem komunikasi serat optik.

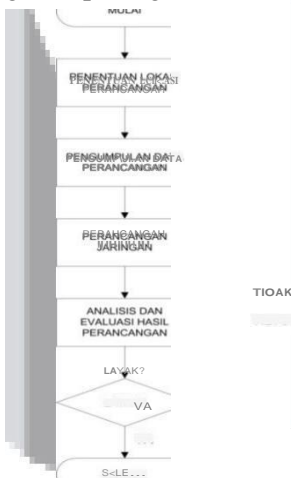
Opti System memiliki *library* yang cukup lengkap untuk komponen-komponennya. Perangkat ini memiliki kemampuan dapat dengan mudah dihubungkan dengan berbagai komponen yang ada di dalamnya.

3. Perancangan Jaringan dan Simulasi

3.1 Diagram Alir perancangan

Langkah awal dari Tugas Akhir ini adalah menentukan lokasi perancangan. Lokasi yang dipilih adalah Perumahan Graha Yasa Asri di Jalan Reni Jaya, Tangerang. 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.

Diagram alir utama untuk perancangan dapat digambarkan seperti pada gambar 3.1 berikut ini



Gambar 3.1 : Diagram Alir

3.2 Perancangan Jaringan

3.2.1 Perancangan Jaringan FTTH dengan Ducting Bersama

Total rumah yang akan dibangun di Perumahan Graha Yasa Asri adalah 101 rumah yang terdiri dari kelas menengahatas dan menengah. Dalam perancangan simulasi ini akan dirancang jaringan dari OLT Ciputat hingga ke rumah pelanggan dengan ductin bersama. Jumlah ONT yang akan dipasang sesuai dengan jumlah rumah yang akan dipasang yaitu sebanyak 101 ONT. Jaringan FTTH dengan teknollogi XGPON pada Perumahan Graha Yasa Asri dapat dilihat di gambar 3.2

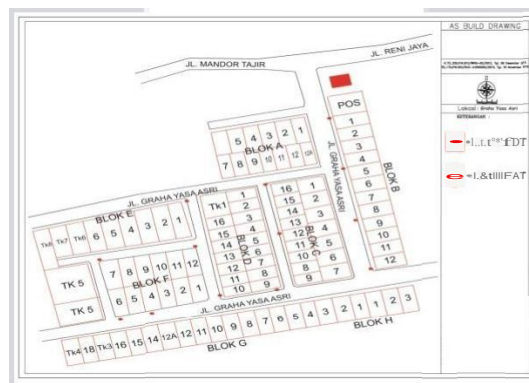


Gambar 3.2 : Jaringan FTTH dari OLT – Perumahan

Berdasarkan gambar tersebut, OLT menuju ke FDT menggunakan 288 core kabel jenis G.652D. Kemudian dari FDT disebar ke FAT yang berjumlah 13, lalu diteruskan lagi hingga ke pelanggan dengan jenis kabel G.657 dengan jumlah ONT sebanyak 101.

3.2.2 Perancangan Letak FDT dan FAT

Dari perancangan jaringan FTTH yang sudah dilakukan, sebelum membuat simulasi konfigurasi *downstream* dan *upstream* dengan menggunakan *Optisystem* dilakukan perancangan letak FDT dan FAT di Perumahan Graha Yasa Asri. Perancangan ini berguna untuk mengetahui jarak terjauh perangkat ONT ataupun pelanggan yang akan digunakan sebagai acuan pada simulasi *Optisystem*.



Gambar 3.3 Perancangan Letak FDT dan FAT

3.3 Perhitungan Link Power Budget

Perhitungan link power budget untuk mengetahui batasan redaman total yang diijinkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima. Perhitungan link power budget dilakukan berdasarkan standarisasi ITU-T G.984 dan juga peraturan yang diterapkan oleh PT. Innovate Indonesia yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dengan batas redaman total 28 dB.

Downstream

$$\alpha_{tot} = (6.164 \times 0.273) + (6 \times 0.2) + (11+7.8)$$

$$\alpha_{tot} = 21.682772 \text{ dB}$$

Maka didapatkan nilai Prxseperti dibawah ini:

Daya terima:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - SM$$

$$Pr = 3 - 21,682772 -6$$

$$Pr = -24,682772 \text{ dBm}$$

Upstream

$$\alpha_{tot} = (6,164 \times 0,273) + (6 \times 0,2) + (2+1,8)$$

$$\alpha_{tot} = 6,682772 \text{ dB}$$

Daya terima:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot}$$

$$Pr = 0,5 - 6,682772 - 6$$

$$Pr = -11,182772 \text{ dBm}$$

Dari hasil perhitungan membuktikan bahwa link memenuhi persyaratan nilai daya minimum dengan nilai sensitivitas detektor yang digunakan adalah -22 s/d -28 dBm. Hal ini juga sesuai dengan standar ITU-T dan PT.Jabar Telematika dengan daya terima minimum sebesar -29dBm.

3.3 Perhitungan Rise Time Budget (RTB)

Perhitungan *Rise Time Budget* dilakukan pada ONT dengan jarak terjauh, yaitu pada ONT TK-08 yang terletak pada blok E Perumahan Graha Yasa Asri, yang memiliki jarak 6,164 km.

Downstream

$$Tr = \dots = \dots = 0,07 \text{ ns (pengkodean NRZ)}$$

$$Tr = \dots = \dots = 0,035 \text{ ns (pengkodean RZ)}$$

Dengan menggunakan rumus (2.4) didapatkan Ttotal sebesar 0,0495 ns. Nilai ini berada dibawah batasan pengkodean NRZ. Melihat hasil perhitungan diatas maka bisa disimpulkan bahwa sistem *downstream* akan terpenuhi secara *Rise Time Budget* jika menggunakan pengkodean NRZ.

Upstream

$$Tr = \dots = \dots = 0,28 \text{ ns (pengkodean NRZ)}$$

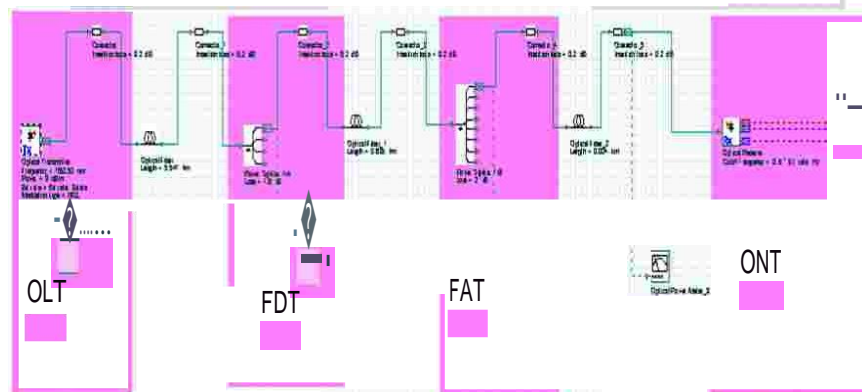
$$Tr = \dots = \dots = 0,14 \text{ ns (pengkodean RZ)}$$

Dengan menggunakan rumus (2.4) didapatkan Ttotal sebesar 0,0502293544 ns. Nilai ini berada dibawah batasan pengkodean NRZ dan RZ. Dengan kata lain link *Upstream* akan terpenuhi secara *Rise Time Budget* jika menggunakan pengkodean NRZ ataupun RZ.

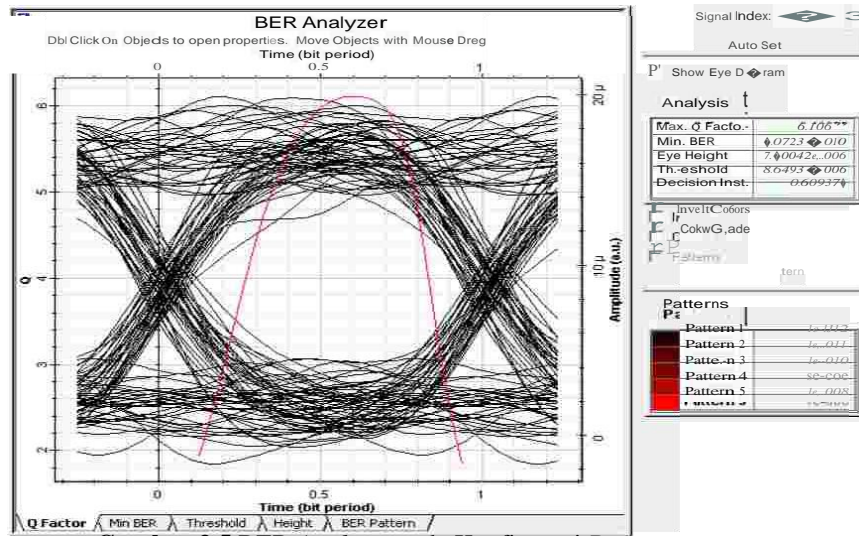
3.5 Simulasi pada Optisystem

3.3.1 Konfigurasi Downstream

Pada simulasi Downstream yang harus pertama kali dilakukan adalah mengatur parameter layout dengan bitrate 10 Gbps dan sensitivitas -29 dBm



Gambar 3.4 Konfigurasi Downstream



Gambar 3.5 BER Analyzer pada Konfigurasi Downstream

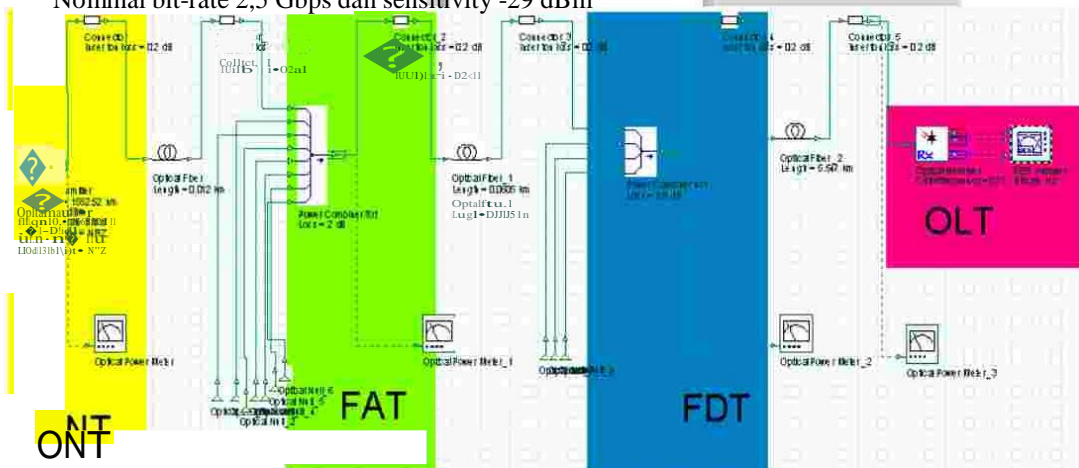


Gambar 3.6 Daya Terima Pada Konfigurasi Downstream

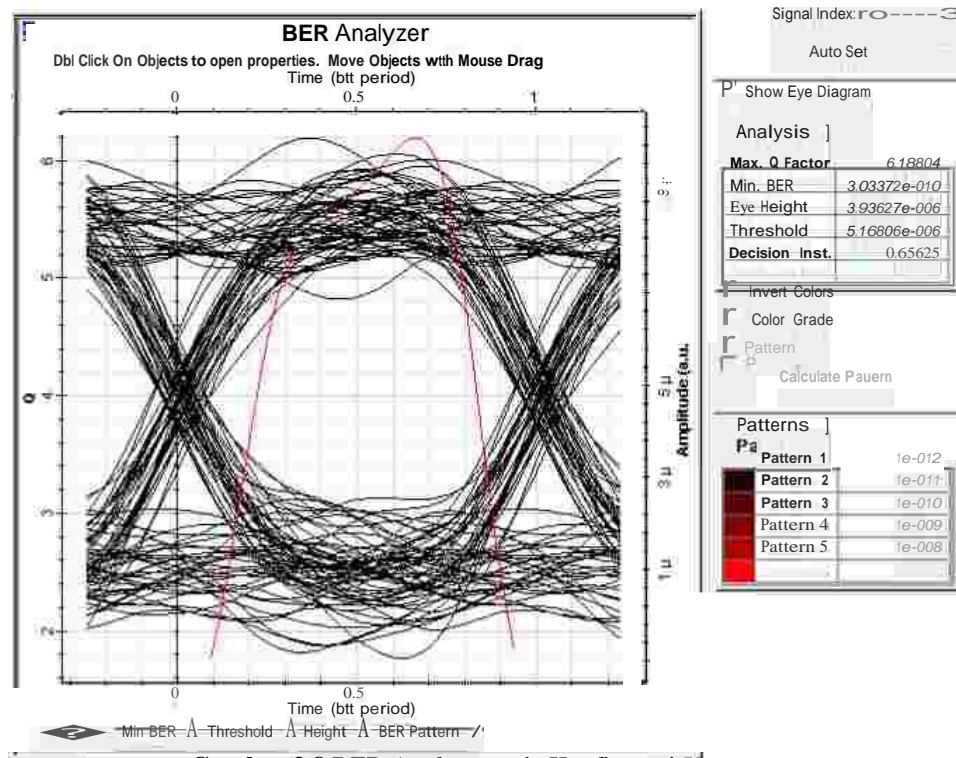
Berdasarkan hasil simulasi perancangan tersebut didapatkan nilai BER adalah $5,07235 \times 10^{-10}$. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai BER ideal transmisi serat optik yaitu 10^{-9} . Nilai Q-Factor sebesar 6.10655 lebih tinggi dari nilai Q-Factor ideal transmisi serat optik yaitu 6. Daya terima yang terukur pada Optical Power Meter (OPM) adalah -20,537 dBm.

3.3.2 Konfigurasi Upstream

Pada simulasi Upstream maka yang pertama harus dilakukan adalah mengatur layout dengan Nominal bit-rate 2,5 Gbps dan sensitivty -29 dBm



Gambar 3.7 Konfigurasi Upstream



Gambar 3.8 BER Analyzer pada Konfigurasi Upstream



Gambar 3.9 Daya Terima pada Konfigurasi Upstream

Berdasarkan hasil simulasi perancangan tersebut didapatkan nilai BER adalah $3,23372 \times 10^{-10}$. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai BER ideal transmisi serat optik yaitu 10^{-9} . Nilai *Q-Factor* sebesar 6,18804, lebih tinggi dari nilai *Q-Factor* ideal transmisi serat optik yaitu 6. Daya terima yang terukur pada *Optical Power Meter* (OPM) adalah 23,328.

3.4 Analisis Hasil Perancangan

Berdasarkan simulasi perancangan dengan menggunakan *Optisystem* untuk parameter performansi system yaitu BER yang dihasilkan didapatkan nilai BER *Downstream* sebesar $5,07235 \times 10^{-10}$ dan untuk *Upstream* sebesar $3,03372 \times 10^{-10}$. Sehingga dapat disimpulkan kedua nilai tersebut memenuhi nilai minimum BER yang ditentukan untuk optic yaitu 10^{-9} . Parameter performansi system *Q-Factor* pada *Downstream* sebesar 6,10655 dan *Upstream* sebesar 6,18804, *Q-Factor* dapat dikatakan memenuhi standar karena baik *Downstream* maupun *Upstream* menunjukkan nilai diatas 6 pada *Q-Factor* agar dapat dikatakan baik. Dengan sensitivitas perangkat ONT sebesar -29 dBm, hasil perhitungan menggunakan *Optisystem* untuk pelanggan terjauh *Receive Power* menunjukkan angka sebesar -20,537 dBm sehingga dapat dikatakan pengujian implementasi ini layak.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan pada obyek perencanaan akses

fiber optik di Perumahan Graha Yasa Asri dengan jarak ONT terjauh adalah 6,164 km dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem dikatakan layak dengan memenuhi syarat *Link Power Budget*, karena berdasarkan kalkulasi simulasi *Optisystem* didapatkan nilai daya -20,537 dBm untuk *Downstream* dan -23,328 dBm untuk *Upstream*. Kedua nilai tersebut masih diatas batas minimum daya di

- penerima yang ditetapkan oleh PT.Telkom yaitu -28 dBm. Jadi sinyal yang telah ditransmisikan oleh OLT masih dapat sepenuhnya diterima oleh ONT di sisi pelanggan.
2. Berdasarkan kalkulasi *Q-Factor* pada simulasi *Optisystem* untuk *Downstream* 6,10655 dan *Upstream* 6,18804 terpenuhi. Dimana factor kualitas yang akan menentukan bagus atau tidaknya kualitas suatu link dalam system komunikasi serat optic khususnya XGPON, minimal ukuran *Q-Factor* yang bagus adalah 6.
 3. Berdasarkan simulasi pada *Optisystem* didapatkan nilai BER untuk konfigurasi *Downstream* sebesar $5,07235 \times 10^{-10}$ dan untuk *Upstream* sebesar $3,23372 \times 10^{-10}$. Sehingga dapat disimpulkan kedua nilai tersebut memenuhi nilai minimum BER yang ditentukan untuk optic yaitu 10^{-9} .
 4. Berdasarkan perhitungan kelayakan sistem untuk rise time budget, jenis pengkodean NRZ dan RZ dapat digunakan dalam perancangan ini. Pengkodean NRZ memiliki batas 70% dari kecepatan data yaitu 0,07 ns untuk downstream dan 0,28 ns untuk upstream. Pengkodean RZ memiliki batas 35% dari kecepatan data yaitu 0.035 untuk downstream dan 0,14 untuk upstream. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai tsystem sebesar 0,0502 ns untuk upstream dan downstream. Nilai tsystem tersebut untuk downstream masih di bawah batas pengkodean NRZ namun tidak dengan RZ. Nilai tsystem tersebut untuk upstream masih dibawah batas pengkodean NRZ dan RZ.
 5. Ducting Bersama ini merupakan salah satu cara untuk membuat estetika perkotaan menjadi lebih baik. Penggalian duct disesuaikan dengan kondisi tanah yang ada. Jarak antar manhole satu dengan yang lain sekitar 250 m.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengukur performansi jaringan yang berada di lapangan secara langsung dan membandingkan dengan hasil simulasi serta perhitungan dan juga untuk selanjutnya diharapkan dapat menambahkan teknologi microtrenching.

Daftar Pustaka:

- [1] Fairdaus, Ramla., "Dasar-Dasar Parameter Elektris Radio Access Network (Ran) Dalam Dunia Telekomunikasi", <http://mandorkawat2009.com> [accessed tanggal 27 Maret 2015].
- [2] Dwi Safitri.Rinna, "EVALUASI PERANCANGAN JARINGAN FTTH (Fiber To TheHome) DENGAN TEKNOLOGI GPON (Gigabit Passive Optical Network) (Studi Kasus Plaza 1 Pondok Indah Jakarta Selatan)", Institut Teknologi Telkom,Bandung, 2011.
- [3] Legawa, Tri. Penerapan Teknologi DLC (Digital Loop Carrier) pada Jaringan Lokal Akses Fiber [Jurnal]. Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [4] Utomo, Iwan Gustopo. "Literatur Analisa Implementasi Teknologi Jaringan Kabel Optik". Jakarta : FT Universitas Indonesia. 2010.
- [5] Rahayu, Rosanti. "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network(GPON) Studi Kasus Di Buah Batu Regensi Bandung".Institut Teknolog Telkom,Bandung, 2012

