

Analisis Perbandingan Jaringan FTTH Dengan Teknologi GPON dan XGPON

Hasan Al Fathi
Fakultas Teknik Elektro, Teknik
Telekomunikasi
Telkom University
Jakarta, Indonesia
hasanalfathi@student.telkomuniversity.
ac.id

Dhoni Putra Setiawan
Fakultas Teknik Elektro, Teknik
Telekomunikasi
Telkom University
Bandung, Indonesia
setiawandhoni@telkomuniversity.ac.id

Lia Hafiza
Fakultas Teknik Elektro, Teknik
Telekomunikasi
Telkom University
Jakarta, Indonesia
liahfza@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Seiring dengan perkembangan teknologi yang beredar di masyarakat, informasi dan hiburan yang dapat diterima dan memiliki performansi yang tinggi sudah pasti sangat dibutuhkan. Untuk memenuhi hal tersebut maka diperlukan jaringan yang mendukung performansi tersebut. Untuk sekarang jaringan yang mampu memberikan performansi terbaik adalah fiber *optic*. Perkembangan teknologi juga sangat berpengaruh terhadap perkembangan komunikasi serat optik, mulai dari perkembangan teknologi GPON hingga XGPON. Teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) yang menyediakan *bandwidth* transmisi hingga 2.5 Gbps yang berkembang menjadi XGPON (10 *Gigabit Passive Optical Network*) dengan penambahan kapasitas *bandwidth* yang besar mencapai 10 Gbps.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan hasil perbandingan menggunakan teknologi GPON dan XGPON. Parameter-parameter tersebut adalah *Power Link Budget*, *Rise Time Budget* untuk kelayakan sistem dan *Q Factor*, *Bit Error Rate* (BER) untuk performansi sistem dengan menggunakan *Software OptiSystem* dan perhitungan secara sistematis.

Dari hasil yang telah di analisis dengan *OptiSystem* dan hitungan secara matematis yaitu terbukti bahwa jaringan XGPON layak diimplementasikan untuk kedepannya di perumahan Kavling Agraria, karena telah memenuhi standar jaringan yang ditetapkan oleh PT.Telkom dengan nilai BER 7.40885×10^{-194} , *Power Link Budget* bernilai -12.503 dBm, *Rise Time Budget* bernilai 0.320078 ns, SNR bernilai 35.46923 dB dan Q factor bernilai 29.6778, sedangkan GPON memiliki nilai BER sebesar 1.2159×10^{-235} , *Power Link Budget* sebesar -15.653, *Rise Time Budget* sebesar 0.79789 ns dan *Q factor* sebesar 32.756.

Kata Kunci : FTTH, GPON, XGPON, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, BER, *Optisystem*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan di dunia teknologi yang kita gunakan saat ini semakin berkembang khususnya di dunia telekomunikasi. Kebutuhan di dunia telekomunikasi tidak hanya pada layanan suara saja tetapi tersedia juga layanan *triple play* seperti data, gambar, dan video (multimedia). Untuk dapat mengakses layanan tersebut maka dibutuhkan *bandwidth* yang lebih besar dengan kecepatan tinggi. Serat optik menjadi salah satu solusi yang dapat meningkatkan nilai jasa layanan telekomunikasi sehingga mampu memenuhi kebutuhan pengguna. Untuk dapat mengakses layanan tersebut maka dibutuhkan layanan *bandwidth* yang lebih besar dengan kecepatan tinggi. Untuk mengatasi kebutuhan tersebut maka dibutuhkan teknologi yang mampu menyediakan *bandwidth* yang besar sampai ke pelanggan. Dengan demikian muncul jaringan FTTH yang menyediakan media transmisi optik sampai ke pelanggan. *Fiber to The Home* (FTTH) merupakan salah satu jaringan serat optik. Pembangunan jaringan ini dimulai dari Sentral Telepon Otomat (STO) hingga ke pelanggan. Dengan menggunakan sistem jaringan optik ini memungkinkan lebih luasnya layanan yang akan digunakan oleh pelanggan. Perancangan jaringan serat optik dapat dibuat dengan menggunakan *Software OptiSystem* yaitu *software* yang dapat mempermudah teknisi dalam membuat perancangan jaringan *Fiber to The Home* (FTTH) [1].

Perkembangan teknologi telekomunikasi pada masa sekarang ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Menurut BPS (Badan Pusat Statistik) masyarakat di Kota Tangerang mengalami penambahan jumlah penduduk tiap tahun nya. Sehingga kebutuhan internet juga akan terus meningkat dan kebutuhan *bandwidth* juga meningkat [2].

Pada masa sekarang ini GPON diyakini masih dapat menangani kebutuhan tersebut tetapi jika dilihat dari perkembangan masyarakat dan layanan yang berbasis internet yang berkembang setiap tahun, dengan menggunakan perhitungan peramalan demand, GPON sudah tidak dapat lagi menangani kebutuhan pada tahun

2040 mendatang. Berdasarkan jurnal yang berjudul *Optical Access Network Migration from GPON to XGPON* dan *Analysis of Coexisting GPON and NG-PON1 (10G-PON) Systems*, untuk peningkatan kapasitas dari jaringan serat optik yang telah dibangun dapat digunakan metode rekonfigurasi dan migrasi teknologi dari GPON ke XGPON [3].

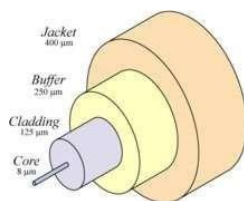
Salah satu teknologi dalam jaringan FTTX yang digunakan yakni *Passive Optical Network (PON)* dengan panjang kabel serat optik terbatas yakni hanya mencapai 20 km. Teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) dikembangkan oleh *standard ITU.T G.98x series* untuk mendukung layanan *broadband*. Teknologi GPON berada pada *standard ITU.T G.984 series* dimana menyediakan *bandwidth* transmisi hingga 2.5 Gbps. Seiring dengan meningkatnya layanan berbasis internet yang digunakan masyarakat, maka kebutuhan akan *bandwidth* semakin meningkat. Pengembangan dari teknologi *Gigabit Optical Network (GPON)* menjadi XGPON (*10 Gigabit Passive Optical Network*) yang secara umum memiliki konfigurasi yang sama. XGPON berada pada *standard ITU.T G.987 series* dengan penambahan kapasitas *bandwidth* yang semakin besar yakni mencapai 10 Gbps [4].

Oleh sebab itu dalam tugas akhir ini akan membandingkan analisis kedua teknologi GPON dan XGPON dengan mengukur parameter *Power Link Budget*, *Rise Time Budget* dan menghitung performansi *Q factor*, *Bit Error Rate*.

II. KAJIAN TEORI

2.1 Fiber Optik

Fiber optik adalah media transmisi yang mentransmisikan sinyal cahaya dari lokasi ke lokasi lainnya dengan kecepatan yang optimal sebagai gelombang pembawa informasi yang akan dikirimkan. Transmisi bisa dilakukan dengan kecepatan tinggi karena sistem kerjanya menggunakan pembiasan cahaya. Cahaya yang digunakan untuk proses transmisinya adalah LED atau laser [5].



Gambar 2.1 Serat Optik[5]

Fiber optik terdiri dari 4 bagian utama yaitu :

1. *Core* atau inti adalah tempat terjadinya *Total*

Internal Reflection (TIR) yang biasanya terbuat dari silika dengan dopping germanium oksida atau fosfor oksida dan indeks bias sekitar 1,5 serta jari-jari 8-200µm.

2. *Cladding* atau selimut adalah pembungkus *core*, agar cahaya yang merambat keluar dari *core* terpantul kembali ke dalam *core*. Sehingga tidak ada pulsa yang hilang di perjalanan. Jari-jari *cladding* lebih besar dibandingkan *core* dan indeks biasnya lebih kecil dibandingkan *core*.
3. *Buffer/coating* bagian dari serat *optic* yang berbeda dari *cladding* dan *core*. Lapisan *coating* ini terbuat dari bahan plastik yang elastis.

Jacket adalah pelindung *core* dan *cladding* dari gangguan luar yang terbuat dari bahan plastik. Adapun Kelebihan dan Kekurangan *Fiber*. sebagai berikut:

1. Kelebihan

- a) Memiliki kecepatan transmisi yang tinggi dengan kapasitas mencapai 1 GB/detik.
- b) Bahannya terbuat dari kaca dan plastik sehingga tahan terhadap karat.
- c) Ukuran kabel sangat kecil dan fleksibel.
- d) Kabel ini memanfaatkan gelombang cahaya sehingga tidak terganggu oleh adanya gelombang elektromagnetik seperti gelombang radio.
- e) Fiber optik tidak mengandung aliran listrik sehingga mencegah terjadinya kebakaran akibat konsleting.

2. Kekurangan

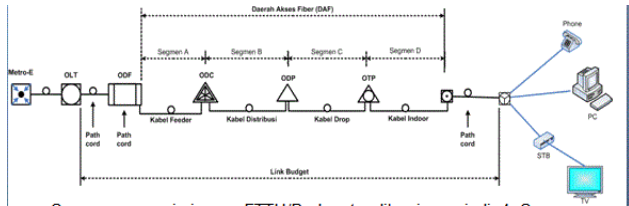
Biaya instalasi dan perawatan cenderung lebih mahal daripada jenis kabel lainnya.

- a) Membutuhkan sumber cahaya yang kuat.
- b) Kabel harus dipasang dengan jalur berbelok untuk memaksimalkan kecepatan dan kelancaran transmisi cahaya. (Sumber: Maxmanroe, 2018).
- c) Dapat mentransmisikan data dengan jarak yang cukup jauh tanpa adanya bantuan penguat sinyal.

2.2 Fiber To The Home (FTTH)

FTTH (*Fiber to the Home*) adalah jaringan *optic* yang dimana jaringan tersebut berakhir di rumah pelanggan pada perangkat ONT. Perkembangan FTTH ini tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi serat *optic* yang dapat mengganti kabel konvensional atau biasa disebut kabel tembaga.

Dan juga di dorong untuk mendapatkan layanan *Triple Play Service* yaitu layanan akses internet yang cepat, suara (jaringan telepon, PSTN) dan video (TV Kabel) dalam satu infrastruktur pada unit pelanggan. Penghantaran teknologi FTTH ini dapat menghemat biaya operasi dan memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan [6]. Arsitektur Jaringan FTTH :



Gambar 2.2 Konfigurasi jaringan FTTH [7]

Arsitektur jaringan FTTH memiliki beberapa komponen yang diantaranya sebagai berikut:

1. OLT atau *Optical Line Terminal*
2. ODF atau *Optical Distribution Frame*
3. *Feeder Cable*
4. ODC atau *Optical Distribution Cabinet*
5. *Cable distribution*
6. ODP atau *Optical Distribution Point*
7. *Drop optic*
8. OTP atau *Optical Termination Premises*
9. *Indoor fiber optic cables*
10. *Raset Optic*
11. ONT/ONU yaitu *Optical Network Terminal*

2.3 10-Gigabit Capable Passive Optical Network (XG-PON)

10-Gigabit Capable Passive Optical Network (XG-PON) merupakan salah satu jaringan akses PON (*Passive Optical Network*) dimana minimal *rate* transmisinya mencapai 10 Gbps dalam satu arah ataupun bisa disebut *subclass* nya dari NG-PON1. Kapasitas yang mencapai 10 Gbps adalah kecepatan hilir ke semua pengguna yang terhubung ke PON yang sama, dan kecepatan hulu 2,5 Gbit/detik menggunakan teknik *multiplexing* untuk data yang saling mengganggu. Dimana pengguna memiliki perangkat jaringan yang mengubah sinyal *optic* menjadi sinyal yang digunakan dalam membangun kabel, seperti *ethernet* dan *analog* kabel layanan telepon biasa. XG-PON memiliki kapasitas *downstream* 9.953 (10) Gbps dan memiliki kapasitas *Upstream* 2.488 (2.5) Gbps. XG-PON sendiri memiliki panjang gelombang *downstream* 1577nm dan panjang gelombang *upstream* 1270 nm. Keunggulan XG-PON adalah dapat menggunakan jaringan FTTH ODN yang sama dengan

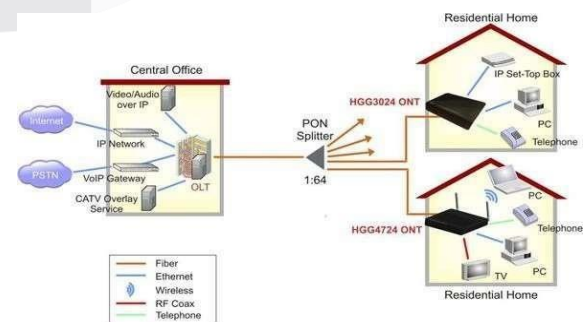
jaringan *optic* dan *splitter optic*, tetapi ONT dan OLT harus diubah atau ditingkatkan agar kompatibel dengan XG-PON.

Tabel 2.1 Kapabilitas Transmisi XG-PON [8]

Item	Requirement	Remark
<i>Upstream Speed</i>	2.5Gbit/s XGPON1	10 Gbit/s aka X-PON2 is for future study
<i>Downstream Speed</i>	10Gbit/s	
<i>Multiplexing Method</i>	TDMA(Up)/TDM(down)	
<i>Loss Budget</i>	29 dB to 31dB	Extendeed class 33dB under study
<i>Split ratio</i>	1:64 (1:256 in the logical layer)	
<i>Fiber distance</i>	20km (60km in the logicallayer)	Reach extender under study
<i>Coexistence</i>	With GPON (1310-1490nm) With RF-Video (1550nm)	

Komponen yang akan digunakan XG-PON hampir sama dengan GPON. Hanya saja ada beberapa komponen yang diganti supaya bisa mendukung teknologi XG-PON ini. Tetapi fungsinya sama saja seperti OLT dan ONT.

2.4 Gigabyte Passive Network (GPON)



Gambar 2.3 Topologi GPON [9]

GPON merupakan singkatan dari *Gigabit Passive Optical Network* adalah salah teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T yaitu ITU-T G-984, yang mempunyai *standart* spesifikasi *bit rate* tinggi, perbaikan keamanan, dan mempunyai pemilihan protokol layer 2 yaitu ATM, GEM, dan *Ethernet*. Pada GPON menggunakan serat optik sebagai media pentransmisiannya. Dengan cara kerja suatu perangkat diletakkan pada sentral kemudian akan mendistribusikan trafik *triple play*. Yang termasuk pada *triple play* adalah suara/ *voip*, multimedia dan data didistribusikan melalui satu *core* kabel optik disisi pelanggan saja. Pada teknologi GPON mempunyai teknik distribusi secara pasif yaitu dengan mendistribusikan dari arah sentral kearah pelanggan dengan menggunakan *splitter* pasif (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32). Pada GPON menggunakan teknologi TDMA sebagai metode *multiplexingnya*, digunakan teknik TDMA yaitu sebagai teknik *multiple access upstream* dengan dengan data *rate* sebesar 1,2 Gbps, serta digunakan metode *broadcast* arah *downstream* sebesar 2.5 Gbps. Pada GPON menggunakan GEM (GPON *Encapsulation Methode* atau *ATM Cell*) untuk membawa *packed based* dan layanan TDM membuat GPON lebih baik karena memiliki efisiensi *bandwidth* yang lebih baik yaitu 93%.

Pada Gambar 2.3 merupakan topologi GPON dengan mempunyai prinsip kerja yaitu mengirimkan informasi sampai dengan pelanggan menggunakan kabel serat optik, OLT mengirimkan sinyal atau data maka *splitter* berfungsi pada serat optik tunggal mengirim ke berbagai ONU. Pada bagian ONU memberikan sinyal atau data ke pelanggan. Pada arsitektur GPON menggunakan TDM (*Time Division Multiplexing*) yang sesuai dengan layanan T1, E1, dan DS3 [9].

Keunggulan dari GPON adalah :

1. GPON dapat membagi *bandwidth* sampai dengan 32 ONT.
2. Pada GPON mendukung aplikasi *triple play* (suara, video, dan data)
3. Dapat mengatur alokasi *bandwidth*.
4. Lebih efisien dalam biaya pemasangan dan pemeliharaan.
5. Dengan GPON dapat mengurangi penggunaan kabel
6. Lebih transparan mengenai laju bit dan data format

Kekurangan dari GPON adalah:

1. GPON lebih mahal terhadap teknologi lain misal GEAPON.
2. Mempunyai batasan *bandwidth upstream* terbatas pada 622 Mbps.
3. GPON memiliki model layer yang tidak sederhana.
4. Memiliki *tranreceiver* yang mahal yaitu pada laju 2.4 Gbps.

2.5 Parameter Transmisi Komunikasi Optik

2.5.1 Power Link Budget

Perhitungan *Power Budget* adalah sebagai berikut:

$$\alpha_t = (L \times a_{\text{serat}}) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + S_p \quad [16]$$

Nilai daya yang diterima di ONT atau di sisi pelanggan dihitung dengan persamaan:

$$R = P_s - (.a_c + n_s.a_{SP} + a_f \cdot L + a_{\text{Splitter}}) \quad [16]$$

Keterangan:

α_t	= Redaman total sistem (dB)
L	= Panjang total serat optik (km)
a_{SP}	= Redaman serat optik (dB/km)
a_f	= Redaman Fiber (Db)
α_c	= Redaman konektor (dB/buah)
N_c	= Jumlah konektor
P_s	= Power kirim dari OLT
N_s	= Jumlah sambungan
α_{Splitter}	= Redaman <i>Splitter</i> (d/B)
S_p	= <i>Splitter</i> (dB)
P_t	= Daya keluaran sumber optik (dBm)
P_r	= Power <i>Recieve</i> (dBm)
P_{rx}	= Daya terima, sensitivitas penerima (dBm)
P_{tx}	= Daya kirim (dBm).

2.5.2 Rise Time Budget

Dalam sistem komunikasi digital, pengkodean secara umum dapat dengan menggunakan *return-to-zero* (RZ) dan *non-return-to-zero* (NRZ). Untuk pengkodean dengan menggunakan NRZ, diperlukan hanya satu transisi untk setiap bit. Berbeda dengan pengkodean dengan menggunakan RZ, karena RZ memerlukan dua transisi untuk tiap bit. Untuk sistem komunikasi digital dapat di analisis berdasarkan *rise-time* [10].

1. Persamaan *rise time budget* adalah sebagai berikut:

$$t_{\text{sys}} = \sqrt{T_{rx}^2 + T_{tx}^2} + T_f^2 \quad [17]$$

Keterangan:

T_{tx}	= <i>Rise time</i> pemancar (ns)
T_{rx}	= <i>Rise time</i> penerima (ns)
T_f^2	= <i>Dispersion Chromatic</i>

2. Besarnya *rise time disperse material* dapat dihitung dengan persamaan: $T_{\text{material}} = D \times \sigma \lambda \times L$

Keterangan:

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

L = Panjang serat optik (km)

Dm = Dispersi material (ps/nm.km).

2.5.3 Bit Error Rate

Bit Error Rate merupakan parameter untuk mengevaluasi transmisi data dari suatu sistem dengan melihat jumlah bit yang salah pada penerima dengan membandingkan bit yang dikirim. BER dihitung dengan membandingkan deretan bit yang ditransmisikan terhadap bit yang diterima dan menghitung banyaknya *error* [11]. Persamaan adapun *Bit Error Rate* sebagai berikut:

$$BER = P_e(Q) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-Q^2/2}}{Q}$$

$$BER = \frac{4}{2} X \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) [18]$$

Keterangan : Q = *Quantum Noise*

P_e = *Probability Error*

2.6 Software Optisystem

OptiSystem merupakan sebuah *software* simulasi yang digunakan untuk mendesain jaringan *Fiber Optik* yang ingin di implementasikan secara real. Pada *optisystem* dilengkapi dilengkapi *Graphical User Interface* (GUI) menyeluruh yang terdiri atas *project layout*, komponen netlis, model komponen serta tampilan grafik. *OptiSystem* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi suatu jaringan *fiber optic* dari sentral sampai ke pelanggan. *OptiSystem* digunakan untuk mendesain dan jaringan *fiber optic* sebelum diimplementasikan secara real. *Software* ini lebih mudah diperoleh sehingga semua orang dapat mensimulasikan dan menghitung *loss* pada perangkat optik tanpa mengeluarkan biaya yang tinggi dan mendapatkan tingkat keakuratan perhitungan menggunakan *Software OptiSystem* [12].



OptiSystem
Optiwave

Gambar 2.4 Software Optisystem [12]

2.7 Google Earth

Google Earth memungkinkan Anda melakukan perjalanan dan belajar tentang dunia melalui *globe virtual*.

Anda bisa melihat citra satelit, peta, medan, bangunan 3D, dan banyak lagi. Di lain sisi, *Earth Studio* merupakan program untuk membuat animasi informasi geospasial dalam pembuatan konten diam dan video dimana *google earth* ini digunakan untuk menentukan lokasi dalam penelitian ini (sumber: google earth,2021).



Gambar 2.5 Google Earth (sumber Google Earth,2021).

2.8 Perbandingan Jurnal

Berikut adalah perbandingan jurnal dari penelitian sebelumnya.

2.8.1 Analisis unjuk Kerja Hybrid GPON dan XGPON

Pada penelitian ini membahas untuk kerja migrasi dari GPON dan XGPON yakni dengan menambahkan perangkat XGPON pada jaringan GPON yang sudah ada menggunakan panjang gelombang untuk proses pentransmisiian sinyal informasi. Menggunakan *splitter* 1:64 dan menggunakan *Software OptiSystem* [4].

2.8.3 Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) di Desa Pedan Telkom Klaten menggunakan Teknologi GPON untuk Layanan Triple Play.

Pada perancangan jaringan FTTH GPON didapatkan hasil pengukuran langsung didapatkan nilai *Power Link Budget* -18,283 dBm untuk *downlink* -8.248 untuk *uplink* pada titik terjauh, dan *Rise Time Budget*, yang diukur pada titik terjauh. Nilai *Rise Time Budget*nya <70% dengan nilai (0,363)nm untuk *Downlink* dan (0.251)ns untuk *Uplink*. [1].

2.8.4 Analisis Perancangan Teknolog. Hybrid GPON dan XGPON pada Jaringan FTTH di Perumahan Batununggal.

Pada peneliti ini merancang jaringan *hybrid* dengan menggabungkan teknologi GPON dan XGPON untuk menambah kapasitas dan sebagai proses bertahap untuk migrasi teknologi ke XGPON. Perancangan ini dimulai dengan menentukan lokasi, pengumpulan data, dan spesifikasi perangkat yang digunakan oleh PT. Telkom. Kemudian akan dianalisis berdasarkan parameter yang telah ditetapkan berupa *link power budget*, *rise time budget*, *signal to noise ratio*, dan *bit error rate*. [3].

2.8.5 Analisis Performasi Teknologi XGPON Menggunakan Splitter

Hasil dari penelitian ini menunjukkan performansi XGPON menggunakan *splitter* 1:2 sampai 1:64 menunjukkan jaringan yang layak diimplementasikan untuk transmisi *upstream* jarak 20 km dapat menggunakan daya sebesar 2 dBm, *splitter* 1:2 sampai 1:16 jarak 40 km menggunakan daya sebesar 2 dBm dan daya 4 dBm untuk *splitter* 1:32. Kemudian jaringan yang layak diimplementasikan untuk *splitter* 1:2 sampai 1:4 data *upstream* jarak 60 km dapat menggunakan daya sebesar 2 dBm, daya 4 dBm untuk *splitter* 1:8 dan daya 6 dBm untuk *splitter* 1:16. Jaringan yang layak diimplementasikan untuk *splitter* 1:2 data *upstream* pada jarak 80 km dapat menggunakan daya sebesar 2 dBm, daya 4 dBm untuk *splitter* 1:4 dan daya 7 dBm untuk *splitter* 1:8. Jaringan yang layak diimplementasikan untuk transmisi *downstream* *splitter* 1:4 sampai 1:64 dapat menggunakan daya 4 dBm. Jaringan yang layak diimplementasikan untuk *splitter* 1:2 sampai 1:16 *downstream* jarak 40 km dapat menggunakan daya sebesar 2 dBm, 5 dBm untuk *splitter* 1:32 dan 6 dBm 1:64 jarak 40 km. Jaringan yang layak diimplementasikan untuk *splitter* 1:2 sampai 1:8 *downstream* dapat menggunakan daya sebesar 2 dBm jarak 60 km. Jaringan yang layak diimplementasikan untuk *splitter* 1:2 *downstream* menggunakan daya sebesar 4 dBm jarak 80 km. [13].

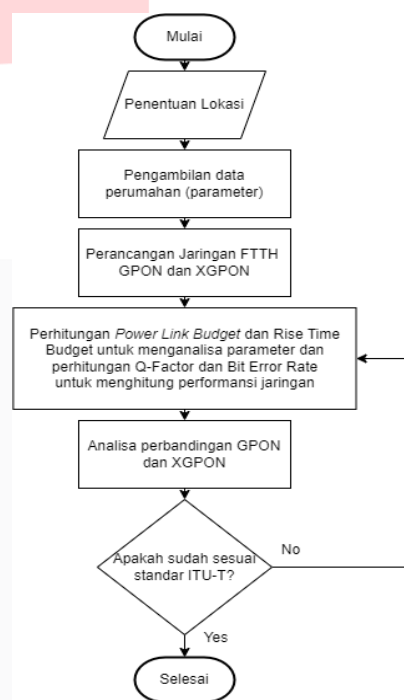
2.8.2 Perancangan dan Pengukuran Performasi Jaringan FTTH dengan Teknologi GPON menggunakan Aplikasi OptiSystem di Kelurahan Surau Gadang.

Hasil perbandingan antara pengukuran *OptiSystem* dan pengukuran di lapangan didapatkan hasil redaman yang berbeda, dimana hasil pengukuran pada *OptiSystem* dengan jarak terjauh dibangkitkan daya penerima sebesar -18,277 dBm, sedangkan pengukuran lapangan pelanggan dengan jarak terjauh tersebut menghasilkan daya -15,52 dBm. Parameter *Rise Time Budget* yang didapat dari perhitungan adalah 0.029 ns yang sudah memenuhi standar kelayakan yaitu tidak lebih dari 0,219, sedangkan nilai *bit error rate* pada simulasi adalah 8.11464×10^{-33} yang sudah memenuhi standar kelayakan belum lebih dari 10^{-9} . SNR sebesar 50,044831 dB yang juga memenuhi standar SNR minimum sebesar 21,5 dB. Dari hasil perhitungan dan hasil simulasi didapatkan nilai yang masih memenuhi standar kelayakan jaringan FTTH. Sehingga rancangan tersebut layak untuk dilaksanakan[14].

III. METODE

3.1 Rancangan Penelitian

Untuk dapat merancang atau mendesain sebuah jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) dibutuhkan data yang akurat dan perhitungan yang benar agar jaringan yang dirancang benar-benar layak untuk digunakan oleh pelanggan. Data yang didapat kemudian diolah sehingga didapatkan hasil perancangan awal. Hasil perancangan awal kemudian di uji parameter kelayakannya berupa *Power Link Budget* dan *Rise Time Budget*. Mengukur hasil performansi *Q Factor* dan *Bit Error Rate*. Pada bagian ini memaparkan langkah-langkah bagaimana proses pelaksanaan penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Flowchart

3.2 Penentuan Lokasi

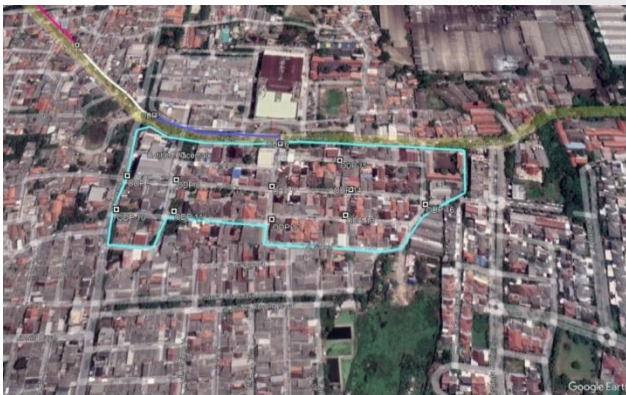
Lokasi perancangan untuk tugas akhir ini adalah Perumahan Kavling Agraria yang berada di Kecamatan Karawaci, Kota Tangerang. -6.1956587779598875, 106.61832703216378. Pada gambar 3.3 adalah cakupan wilayah yang ingin di simulasikan kedalam Software Optisystem mulai dari STOPasar Baru [OLT] hingga ke pelanggan terjauh [ODP].



Gambar 3.2 Lokasi Distribusi OLT-ODC



Gambar 3.3 Lokasi Distribusi ODC-ODP



Gambar 3.4 Lokasi Distribusi ODP

3.3 Perancangan Konfigurasi FTTH GPON dan XGPON

Konfigurasi adalah suatu sistem yang bisa menggabungkan suatu alat ke alat lainnya dan menjadikan suatu

rancangan, dan perancangan jaringan akses GPON dan XGPON menggunakan aplikasi *Software OptiSystem* dan *Google Earth*. *Google earth* merupakan suatu aplikasi yang di ciptakan oleh perusahaan *keyhole inc* pada 2004, sebelumnya aplikasi tersebut bernama *Earth viewer* dan pada tahun 2005 terjadi perubahan nama. Saat ini *google earth* merupakan salah satu aplikasi gratis yang bisa di dimanfaatkan oleh setiap orang untuk melihat datum bumi dari udara. *OptiSystem* adalah sebuah perangkat lunak yang mempunyai desain yang lengkap yang dapat digunakan untuk mensimulasikan *link* optik pada lapisan transmisi dan membuat perancangan jaringan.

Optical Line Terminal yang digunakan dalam perancangan ini sesuai dengan *standard* ITU-T G.984 dan yang di rekomendasikan oleh PT. Telkom. Tabel 3.1 menunjukan spesifikasi perangkat OLT.

3.3.1 Parameter jaringan GPON

Perancangan jaringan ini dibuat sesuai dengan konfigurasi FTTH ITU-T G.984.2 seperti gambar di bawah ini:

Tabel 3.1 Parameter Jaringan GPON [15].

Parameter	Spesifikasi	Unit
<i>Optical Transmitter Power</i>	5	dBm
<i>Downlink Wavelength</i>	1490	Nm
<i>Uplink Wavelength</i>	1310	Nm
<i>Video Wavelength</i>	1550	Nm
<i>Spectrum width</i>	1	Nm
<i>Video Wavelength</i>	2,4	Gbps
<i>Upstream rate</i>	1,2	Gbps

Optical Rise Time	160	Ps
-------------------	-----	----

3.3.2 Parameter jaringan XGPON

Perancangan jaringan ini dibuat sesuai dengan konfigurasi FTTH ITU-T G.984.2 seperti gambar di bawah ini :

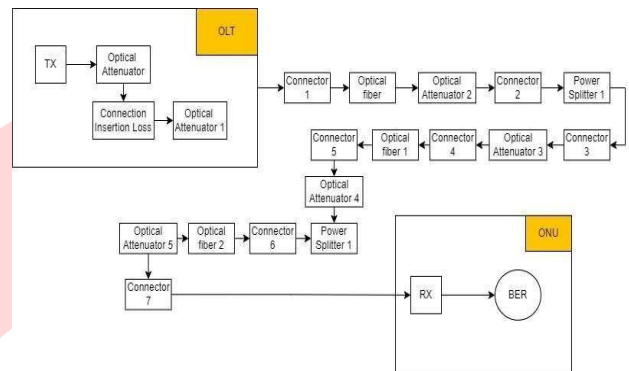
Tabel 3.2 Parameter Jaringan XGPON [3]

Parameter	Spesifikasi	Unit
Optical transmitter [9]	8	dBm
Downlink Wavelength [9]	1550	Nm
Downstream Rate [9]	10	Gbps
Maximum Receiver Sensivity [9]	-28,5	dBm
Fiber Optik G988.2 [9]	10-100	Km
Power Supply[3]	-48	V
Redaman Serat[3]	0.2	dB/Km
Upstream Rate[3]	2,5	Gbps
Uplink Wavelength [3]	1270	Nm

- Kabel *Fiber Optic* pada ODC di teruskan ke ODP dengan *splitter* 1:8 dengan dengan jarak 2 km.
- Kabel *Fiber Optic* pada ODP diteruskan hingga ke rumah pelanggan melalui ONT dengan jarak 1 Km.

Desain jaringan FTTH berbasis XGPON adalah sebagai berikut:

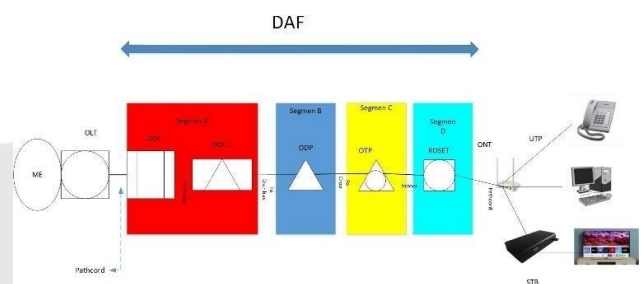
- OLT dihubungkan dengan ODC menggunakan



Fiber Optic dengan *splitter* 1:4 dengan Redaman 17,45 Db dengan jarak 4 Km.

- Kabel *Fiber Optic* pada ODC di teruskan ke ODP dengan *splitter* 1:8 dengan jarak 2 Km
- Kabel *Fiber Optic* pada ODP diteruskan hingga ke rumah pelanggan melalui ONT dengan jarak 1 km.

KONFIGURASI FTTH ITU-T G.984.2



Gambar 3.5 Desain Jaringan FTTH

3.4 Pengumpulan Data Perancangan

Pengumpulan data pada perancangan jaringan ini dilakukan dengan *survey* ke tempat yang akan di jadikan data untuk perancangan jaringan. Perumahan Kavling Agraria merupakan hunian lama yang berada di Jl Teuku Umar, Kota Tangerang. Dalam pengumpulan data perancangan ini dilakukan perhitungan jumlah bangunan yang ada, Perumahan Kavling Agraria ini memiliki 176 Unit rumah.

Desain jaringan FTTH berbasis GPON adalah sebagai berikut:

- OLT dihubungkan dengan ODC menggunakan *Fiber Optic* dengan *splitter* 1:4 dengan jarak 4 Km.

3.5 Perancangan Jaringan terjauh dengan Software Optisystem

Perancangan jaringan FTTH dimulai dari *survey* lokasi yang akan dijadikan tempat perancangan dimana perlu diperhatikan perangkat-perangkat telkom di sekitar lokasi, apakah memungkinkan atau tidak. Seperti ODC maka perlu melakukan *survey* jalur *feeder* menuju STO yang paling efektif. Berdasarkan pada letak Kavling Agraria perancangan akan dibuat berdasarkan posisi STO terdekat. Wilayah Kavling Agraria masuk dalam STO Pasar baru. Dengan menggunakan jalur yang ada akan dibuat perancangan jaringan FTTH. Untuk ONT diambil jarak terjauh dikarenakan ingin mengetahui hasil dari parameternya layak untuk diuji atau tidak.

Perancangan jaringan FTTH dengan *OptiSystem* dibuat dua bagian yaitu berbasis GPON dan XGPON sesuai dengan konsep pada penelitian ini.

Gambar 3.6 Perancangan Jaringan FTTH

3.6 Spesifikasi Perangkat

Perangkat yang dibutuhkan untuk perhitungan parameter *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Bit Error Rate* dan *Q Factor* dalam perbandingan teknologi GPON dan XGPON adalah sebagai berikut:

3.6.1 Perangkat Pendukung untuk Simulasi

Dalam perancangan simulasi perhitungan parameter dan performansi ini, membutuhkan beberapa perangkat untuk mendukung agar penelitian ini dapat tercapai. Diantaranya adalah perangkat keras dan perangkat lunak. Adapun perangkat keras dan perangkat lunak yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Hardware Laptop

Untuk mendukung perhitungan simulasi agar berjalan dengan baik, maka harus diperhatikan juga komponen perangkat pada laptop/komputer. Penulis menggunakan laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.3 Spesifikasi Hardware

Windows	Windows10
Processor	I7 600u 2.6 Ghz (4CPUs)
RAM	8Gb DDR3L

GPU	Intel HD Graphics 520 + Nvidia GeForce 940M Display Resolution FHD (1920x1080) 14 inc
HDD	500 Gb
Interface	HDMI 3X USB 3.1 1X Memori Slot Kamera

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi paparan objektif peneliti terhadap hasil- Bab ini akan membahas mengenai data-data hasil pengukuran dan simulasi yang telah dilakukan sesuai dengan metodologi penelitian. Hasil perancangan dan perbandingan dilakukan menggunakan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) berbasis GPON dan XGPON. Berikut ini adalah pemaparan dan pembahasan mengenai hasil tersebut.

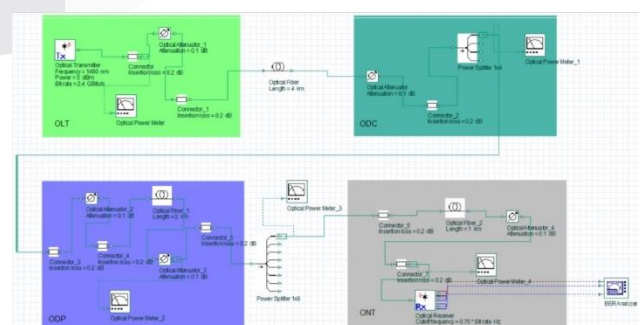
4.1 Simulasi Perancangan pada OptiSystem

Pada penelitian ini untuk memastikan informasi yang didapat, bahwa Jumlah rumah yang berada di perumahan Kavling Agraria sebanyak 174 Unit dan mempunyai 16 ODP yang tersebar di sebagian jalan. Adapun ODP yang digunakan pada penelitian ini yaitu ODP terjauh (ODP16) yang berada di Jl. Nakula no 28.

4.1.1 Hasil Perancangan OptiSystem

a. FTTH berbasis GPON

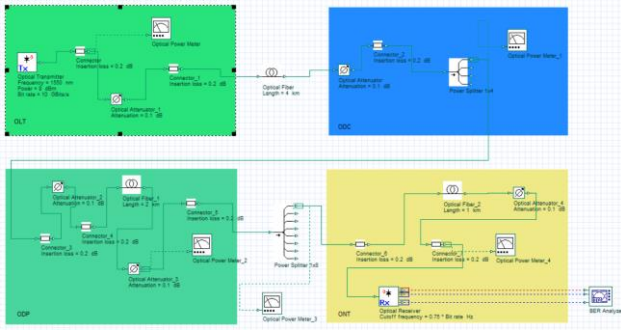
Pada tahap ini dilakukan konfigurasi dengan mengatur parameter *layout* dengan *bitrate* 2,4 Gbps dan sensitifitas -28 dBm. Adapun konfigurasi yang dilakukan pada



OptiSystem dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 4.1 Konfigurasi FTTH berbasis GPON

b. FTTH berbasis XGPON



Gambar 4.2 Konfigurasi FTTH berbasis XGPON

4.1.2 Hasil Optical Power Meter GPON dan XGPON



Gambar 4.3 Daya Terima pada FTTH berbasis GPON



Gambar 4.4 Daya Terima pada FTTH berbasis XGPON

Perhitungan *Optical Power Meter* GPON digunakan untuk mengetahui besar nilai redaman total dari daya pemancar sampai ke penerima. Standar yang digunakan ITU-T daya yang terima dalam teknologi GPON sebesar -28 dBm dan XGPON -28,5 dBm.

Pada penelitian ini, teknologi GPON dan XGPON yang diimplementasikan pada jaringan FTTH di Perumahan Kavling Agraria masing-masing menggunakan panjang gelombang GPON 1.490nm XGPON 1550nm untuk *downstream* dan GPON 1.310nm XGPON 1.270nm untuk *upstream*. Perhitungan akan dihitung berdasarkan jarak terjauh antara *user* dan *sentral*. Jarak dari STO sampai ke ONT adalah 6 km. Berikut adalah hasil perhitungan *Power Link Budget*:

GPON:

$$R = PS - (ac + ns \times aSP + af \times L + aSplitter)$$

$$R = 5 - (0.2 \times 7 + 2 \times 3 + 0.2 \times 3.98 + 11.4)$$

$$R = -14.596 \text{ dBm}$$

XGPON

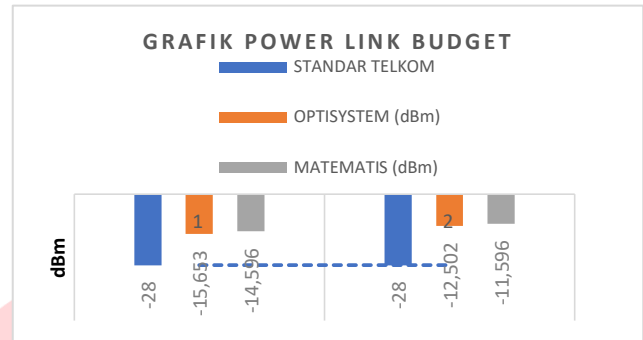
$$R = PS - (ac + ns \times aSP + af \times L + aSplitter)$$

$$R = 8 - (0.2 \times 7 + 2 \times 3 + 0.2 \times 3.98 + 11.4)$$

$$R = -11.596 \text{ dBm}$$

Tabel 4.1 Hasil Analisa Power Link Budget

Teknologi	OptiSystem	Matematis
GPON	-15.653 dBm	-14.596 dBm
XGPON	-12.502 dBm	-11.596 dBm



Gambar 4.5 Hasil Analisa *Powerlink Budget*

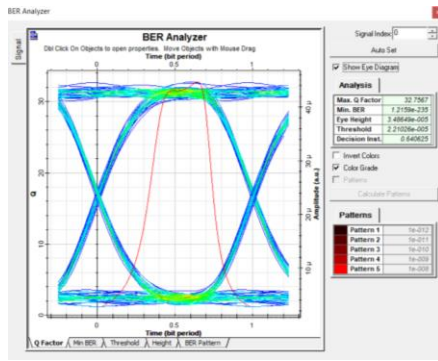
Berdasarkan gambar 4.5 perhitungan kelayakan sistem untuk *Power Link Budget* dari teknologi GPON yang di dapatkan dari simulasi *optisystem* nilai Prx sebesar -15,653 dBm sedangkan untuk XGPON didapatkan nilai Prx sebesar -12,502. Hasil perhitungan yang didapatkan dari menghitung secara manual dari teknologi GPON di dapatkan nilai sebesar -14,596 dBm sedangkan XGPON sebesar -11,596 dBm. Nilai total redaman yang telah dihitung di atas masih berada pada nilai redaman maksimal yang ditentukan oleh ITU-T sebesar -28 dBm. XGPON memiliki *Power Link Budget* yang lebih baik dibandingkan dengan GPON. Ini berarti XGPON memiliki performasi yang lebih besar dalam jaringannya. Maka *link* optik ini memenuhi syarat dari sisi total redaman.

4.1.3 Hasil Analisis *Bit Error Rate* (BER)

Bit Error Rate adalah salah satu cara untuk mengetahui kualitas sinyal yang dikirimkan melalui sistem komunikasi fiber optik. Melalui *BER analyzer* dalam *Software OptiSystem*, dapat dihasilkan nilai BER, sekaligus grafik *Q-Factor* dan *eye diagram*.

a. FTTH berbasis GPON

Gambar 4.6 merupakan contoh tampilan hasil pengukuran sebuah *BER analyzer* pada jaringan FTTH berbasis GPON.



Gambar 4.6 Eye diagram pada BER analyzer FTTH berbasis GPON

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa dengan BER analyzer dapat diperoleh berbagai parameter yaitu *Q-factor* sebesar 32.7567, BER 1.2159×10^{-235} , serta parameter eye diagram yaitu *threshold* dan *eye height*. Validasi terhadap simulasi dilakukan dengan membandingkan nilai *Q-factor* dan BER hasil simulasi terhadap persamaan teoritis.

Perhitungan daya sinyal yang diterima (P_r) (diukur menggunakan OPM): Konversi Daya Terima ke mW:

$$P_r = 10^{\left(\frac{Pr(dBm)}{10}\right)}$$

$$P_r = 10^{\left(\frac{-15.653}{10}\right)} \approx 3.496 \times 10^{-16} \text{ mW}$$

Perhitungan daya signal:

Indeks bias kabel (n) = 1.465

Arus gelap (I_{dark}) = 100nA (atau $I_{dark} = 100 \times 10^{-9}A$)

Hambatan (R) = 120Ω

Konstanta (h) = $6.62607015 \times 10^{-34}$

Kecepatan cahaya (c) $\approx 3 \times 10^8 m/s$

Menghitung frekuensi Cahaya (ν): panjang gelombang cahaya (λ) yang dihitung menggunakan indeks bias (n) dan frekuensi cahaya (ν):

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 m/s}{1.465} \approx 2.05 \times 10^8 Hz$$

menghitung jumlah Foton (n_q):

$$n_q = \frac{I_{dark} \times R}{h \times \nu}$$

$$n_q = \frac{100 \times 10^{-9} A \times 120 \Omega}{6.62607015 \times 10^{-34} \times 2.05 \times 10^8 Hz} \approx 9.253 \times 10^{17}$$

Menghitung daya signal (P_{signal}):

$$P_{signal} = P_r \times \left(\frac{n_q}{h\nu}\right)^2$$

$$P_{signal} = 3.496 \times 10^{-16} \times$$

$$\left(\frac{9.253 \times 10^{17}}{6.62607015 \times 10^{-34} \times 2.05 \times 10^8}\right)^2$$

$$P_{signal} = 5.951 \times 10^{-33} \text{ Watt}$$

$$P_{signal(dBm)} = 10 \times 10_{log}$$

$$(P_{signal}) \approx -332.3 \text{ dBm}$$

$$P_{signal(A)} = 10^{\left(\frac{-332.3}{10}\right)} \approx 2.130128 \times 10^{-14} A$$

Perhitungan Noise (menggunakan rumus dari Johnson-Nyquist):

Arus gelap (I_{dark}) = $100 \times 10^{-9} A$ (100 nA)

Lebar pita (B) = $1 \times 10^3 \text{ Hz}$ (1 kHz)

Suhu (T) = 300 K (satu Kelvin)

$$\text{Thermal Noise} = \sqrt{4kTB}$$

$$\text{Thermal Noise} = \sqrt{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^3}$$

$$\text{Thermal Noise} \approx 8.49 \times 10^{-14} \text{ Watt}$$

$$\text{Thermal Noise (Amper)} = \sqrt{\frac{8.49 \times 10^{-14}}{120}} \approx 2.15 \times 10^{-15} A$$

Perhitungan SNR :

$$SNR (dB) = 10 \times \log_{10}\left(\frac{P_{signal}}{\text{thermal noise}}\right)$$

$$SNR (dB) = 10 \times \log_{10}\left(\frac{2.130128 \times 10^{-14} A}{2.15 \times 10^{-15} A}\right)$$

$$SNR (dB) = 10 \times \log_{10}(9.895)$$

$$SNR (dB) \approx 9.97 \text{ Db}$$

Perhitungan Nilai Q :

$$Q (dB) = 20 \log_{10}\left(2 \left(\frac{SNR}{2}\right)\right)$$

$$Q (dB) = 20 \log_{10}\left(2 \left(\frac{9.895}{2}\right)\right)$$

$$Q (dB) = 20 \log_{10}(2(4.9475))$$

$$Q (dB) = 20 \log_{10}(9.895) \approx 19.971 \text{ dB}$$

Perhitungan nilai pendekatan BER :

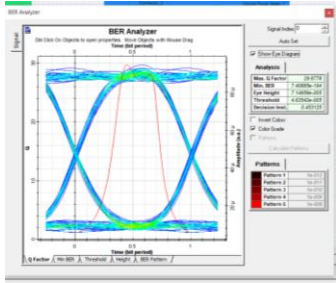
$$BER = P_e(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q}$$

$$BER = P_e(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \frac{e^{-\frac{4.9475^2}{2}}}{4.9475}$$

$$BER = 3.9026 \times 10^{-21}$$

b. FTTH berbasis GPON

Gambar 4.7 merupakan contoh tampilan hasil pengukuran sebuah BER analyzer pada jaringan FTTH berbasis XGPON



Gambar 4.7 Eye diagram pada BER analyzer FTTH berbasis XGPON

Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa dengan BER analyzer dapat diperoleh berbagai parameter yaitu Q-factor sebesar 29.6778, BER 7.40885×10^{-194} , serta parameter eye diagram yaitu threshold dan eye height.

Validasi terhadap simulasi dilakukan dengan membandingkan nilai Q-factor dan BER hasil simulasi terhadap persamaan teoritis.

Perhitungan daya sinyal yang diterima (P_r) (diukur menggunakan OPM) Konversi Daya Terima ke mW:

$$P_r = 10^{\left(\frac{Pr(dBm)}{10}\right)}$$

$$P_r = 10^{\left(\frac{-12.503}{10}\right)} \approx 5.548 \times 10^{-6} mW$$

Perhitungan daya signal:

$$\text{Indeks bias kabel } (n) = 1.465$$

$$\text{Hambatan } (R) = 120 \Omega$$

Menghitung daya signal (P_{signal}):

$$P_{signal} = P_r \times \left(\frac{n_a}{h\nu}\right)^2$$

$$P_{signal} = 5.548 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1.456}{120}\right)^2$$

$$P_{signal} = 5.548 \times 10^{-6} \times (0.0122083)^2$$

$$P_{signal} = 5.548 \times 10^{-6} \times 0.0149044^2$$

$$P_{signal} = 8.276 \times 10^{-12}$$

Perhitungan Noise (menggunakan rumus dari Johnson-Nyquist):

$$\text{Arus gelap } (I_{dark}) = 100 \times 10^{-9} A \text{ (100 nA)}$$

$$\text{Lebar pita } (B) = 1 \times 10^3 \text{ Hz (1 kHz)}$$

$$\text{Suh}(T) = 300 K \text{ (satuan Kelvin)}$$

$$\text{Thermal Noise} = \sqrt{4kTB}$$

$$\text{Thermal Noise} = \sqrt{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^3}$$

$$\text{Thermal Noise} \approx 8.49 \times 10^{-14} \text{ Watt}$$

$$\text{Thermal Noise (Amper)} = \sqrt{\frac{8.49 \times 10^{-14}}{120}} \approx 2.15 \times 10^{-15} A$$

Perhitungan SNR :

$$SNR (dB) = 10 \times \log_{10}\left(\frac{P_{signal}}{\text{Thermal Noise}}\right)$$

$$SNR (dB) = 10 \times \log_{10}\left(\frac{8.276 \times 10^{-12} A}{2.15 \times 10^{-15} A}\right)$$

$$SNR (dB) \approx 21.923 \text{ dB}$$

Perhitungan Nilai Q :

$$Q (dB) = 20 \log_{10} \left(2 \left(\frac{SNR}{2}\right)\right)$$

$$Q (dB) = 20 \log_{10} \left(2 \left(\frac{21.923}{2}\right)\right)$$

$$Q (dB) = 20 \log_{10}(2(10.9615))$$

$$Q (dB) = 20 \log_{10}(21.923) \approx 26.818 \text{ dB}$$

Perhitungan nilai pendekatan BER :

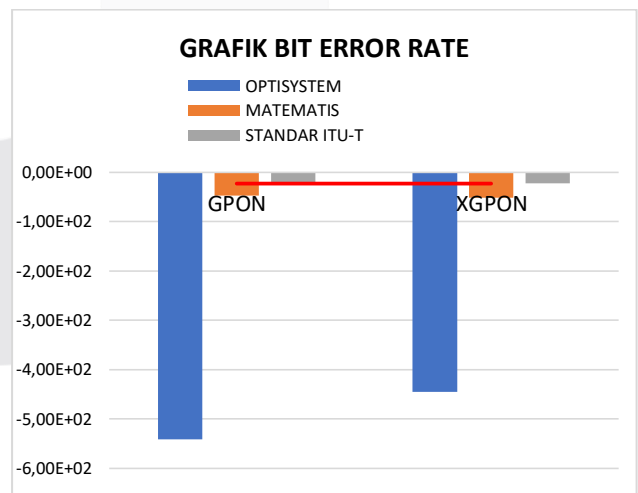
$$BER = P_e(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q}$$

$$BER = P_e(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \frac{e^{-\frac{10.9615^2}{2}}}{10.9615}$$

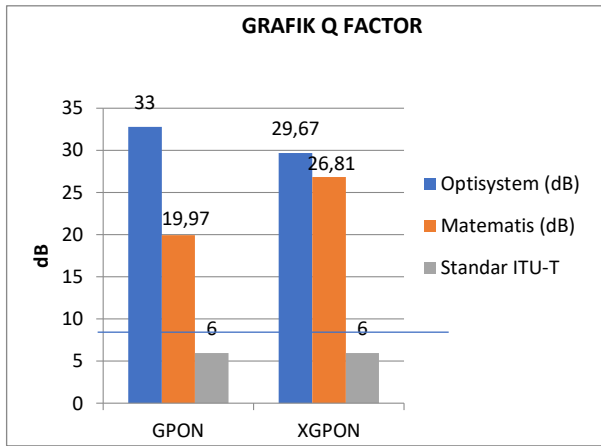
$$BER = 4,096 \times 10^{-23}$$

Tabel 4.2 Analisa SNR, BER, QFactor

Teknologi	Optisystem			Matematis		
	SNR	BER	QFactor	SNR	BER	QFactor
GPON	-	1.215×10^{-235}	32.7567 dB	9,97 dB	3.90×10^{-21}	19.9 dB
XGPON	-	7.408×10^{-194}	29.6778 dB	21.9 dB	4.09×10^{-23}	26.8 dB



Gambar 4.8 Grafik Bit Error Rate



Gambar 4.9 Grafik *Q-factor*

Berdasarkan perhitungan matematis diatas, daya *noise* yang didapatkan GPON sebesar 2.15×10^{-15} A, BER 3.9026^{-21} dan SNR $9,97$ dB. sedangkan XGPON daya *noise* yang didapatkan 2.15×10^{-15} A, BER $4,096 \times 10^{-23}$ dan SNR 21.923 dB. Kedua teknologi tersebut bisa dikatakan memiliki SNR yang sangat baik kualitasnya dikarenakan keduanya memiliki SNR yang sudah sesuai dengan standar yang sudah ditentukan oleh PT.Telkom yaitu sebesar minimal 21.5 dBm atau BER maksimal 10^{-9} (GPON) dan maksimal 10^{-3} (XGPON). Semakin tinggi nilai SNR maka semakin baik kualitasnya. Dan semakin kecil nilai BER maka semakin bagus kualitas suatu jaringan karena tingkat kesalahan bit yang rendah. Sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi XGPON dapat diimplementasikan sangat baik. Adapun nilai margin dari *Q-factor* untuk GPON yaitu 19.971 dB sedangkan untuk XGPON sebesar 26.818 dB, berdasarkan perhitungan *Q-Factor* diatas keduanya telah memenuhi kelayakan yang telah ditetapkan oleh PT. Telkom yaitu $>6,36$ (GPON) dan $>3,09$ (XGPON).

4.1.4 Hasil Perhitungan Rise Time Budget dari GPON

Perhitungan *Rise Time Budget* dilakukan dari ONT dengan jarak terjauh yang terhubung ODP dengan total jarak dari STO sampai ke ONT adalah 6 km.

Bit Rate

1490 nm (*downlink*) = $2,4$ Gbps

1310 nm (*uplink*) = $1,2$ Gbps Koefisien *chromatic* (D)

1490 nm (*downlink*) = $3,5$ ps/nm.km

1310 nm (*uplink*) = $13,64$ ps/nm.km Lebar spektral ($\sigma\lambda$) = 1 nm

Rise time transmitter (*ttx*) = 200 ps = 0.2 ns

Rise time receiver (*trx*) = 150 ps = 0.15 ns

Bit Rate Downlink (Br) = $2,4$ Gbps

$$Tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{2.4 \times 10^9} = 0.2917 \text{ ns}$$

Bit Rate Uplink (Br) = $1,2$ Gbps dengan format RZ, maka nilai Rise Time adalah:

$$Tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{1.2 \times 10^9} = 0.5833 \text{ ns}$$

Perhitungan Downlink

$$tf = D \times \sigma\lambda \times L$$

$$tmat = (3.5 \times 10^{-3}) \times 1 \times 6 = 0.021 \text{ ns}$$

Sehingga, perhitungan *rise time system* sebagai berikut:

$$tys = \sqrt{Trx^2 + Ttx^2 + Tf^2}$$

$$tys = \sqrt{0.15^2 + 0.2^2 + 0.021^2}$$

$$tys = 0.25575 \text{ ns}$$

Perhitungan Uplink:

$$tf = D \times \sigma\lambda \times L$$

$$tmat = (13.64 \times 10^{-3}) \times 1 \times 6 = 0.0818 \text{ ns}$$

Sehingga, perhitungan *rise time system* sebagai berikut:

$$tys = \sqrt{Trx^2 + Ttx^2 + Tf^2}$$

$$tys = \sqrt{0.15^2 + 0.2^2 + 0.0818^2}$$

$$tys = 0.79789 \text{ ns}$$

4.1.5 Hasil Perhitungan Rise Time Budget dari XGPON

Perhitungan *Rise Time Budget* dilakukan dari ONT dengan jarak terjauh yang terhubung ODP dengan total jarak dari STO sampai ke ONT adalah 6 km.

Bit Rate

1550 nm (*downlink*) = 10 Gbps

1270 nm (*uplink*) = $2,5$ Gbps

Koefisien *chromatic* (D)

1550 nm (*downlink*) = $0,0016$ ps/nm.km

1270 nm (*uplink*) = $0,01386$ ps/nm.km

Lebar spektral ($\sigma\lambda$) = $0,1$ nm

Rise time transmitter (*ttx*) = 35 ps = 0.035 ns

Rise time receiver (*trx*) = 35 ps = 0.035 ns

Bit Rate Downlink (Br) = 10 Gbps

$$Tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{10 \times 10^9} = 7E - 11 \text{ ns}$$

Bit Rate Uplink (Br) = $2,5$ Gbps dengan format RZ, maka nilai Rise Time adalah:

$$Tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{2.5 \times 10^9} = 2.8E - 10 \text{ ns}$$

Perhitungan Downlink:

$$tf = D \times \sigma \lambda \times L$$

$$tmat = (0.0016 \times 10^{-3}) \times 0.1 \times 6 = 0.00000021 \text{ ns}$$

Sehingga, perhitungan *rise time system* sebagai berikut:

$$tys = \sqrt{Trx^2 + Ttx^2 + Tf^2}$$

$$tys = \sqrt{0.035^2 + 0.035^2 + 0.00000096^2}$$

$$tys = 0.049749 \text{ ns}$$

Perhitungan Uplink:

$$tf = D \times \sigma \lambda \times L$$

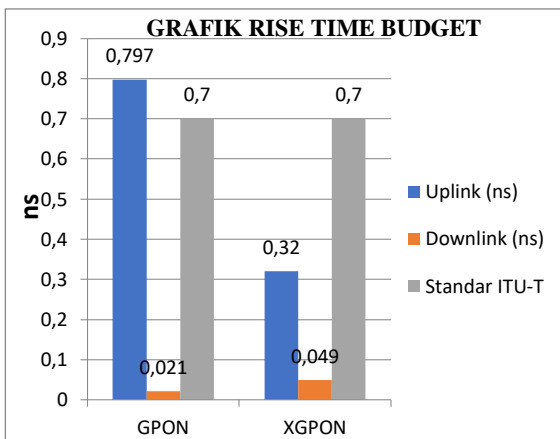
$$tmat = (0.001386 \times 10^{-3}) \times 0.1 \times 6 = 0.000008316 \text{ ns}$$

Sehingga, perhitungan *rise time system* sebagai berikut:

$$tys = \sqrt{Trx^2 + Ttx^2 + Tf^2}$$

$$tys = \sqrt{0.035^2 + 0.035^2 + 0.000008316^2}$$

$$tys = 0.320078 \text{ ns}$$



Gambar 4.10 Grafik Rise Time Budget

Dari hasil perhitungan yang diperoleh didapatkan nilai *rise time budget* dari GPON didapatkan 0.021 ns (*downlink*) dan 0.79789 ns (*uplink*), sedangkan XGPON yaitu 0.049749 ns (*downlink*) dan 0.3200788 ns (*uplink*). Nilai ini berada jauh dibawah waktu batasan yang bernilai $<0,7 \times 10^{-9}$ untuk pengkodean NRZ. Melihat hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa teknologi XGPON memenuhi kelayakan *Rise Time Budget*.

Tabel 4.3 Standar Parameter ITU-T

Parameter Jaringan	Standar ITU-T	
	GPON	XGPON
PLB	-28dBm	-28dBm
BER	10^{-9}	10^{-9}
RTB	$<0,7 \times 10^{-9}$	$<0,7 \times 10^{-9}$
QFactor	$>6,36$	$>3,09$

Tabel 4.4 Hasil Analisa *OptiSystem* dan Matematis

<i>OptiSystem</i>		Matematis	
GPON	XGPON	GPON	XGPON
-15,653 dBm	-12,503 dBm	-14,596 dBm	-11,596 dBm
1.2159×10^{-235}	7.40885×10^{-194}	3.9026×10^{-21}	$4,096 \times 10^{-23}$
-	-	0,79789ns	0,320078ns
32.7567dB	29.6778dB	19.971dB	26.818dB

Berdasarkan hasil menggunakan *OptiSystem* dan secara matematis terhadap keempat parameter kinerja jaringan yang diujikan, yaitu *Power Link Budget*, *Bit Error Rate* dan *Rise Time Budget*, dapat disimpulkan nilai rata-rata dari *Power Link Budget* pada jaringan GPON menggunakan *OptiSystem* sebesar -15,563 dan jika dihitung secara sistematis yaitu sebesar -14,596. Pada jaringan XGPON menggunakan *OptiSystem* sebesar -12,503 dan secara matematis sebesar -11,596. XGPON memiliki *Power Link Budget* yang lebih baik dibandingkan dengan GPON. Ini berarti XGPON memiliki performasi yang lebih besar dalam jaringannya.

Nilai Margin rata-rata *Bit Error Rate* pada GPON dengan *OptiSystem* sebesar 1.2159×10^{-235} dan jika dihitung secara matematis sebesar 3.9026×10^{-21} . sedangkan XGPON dengan menggunakan *OptiSystem* yaitu 7.40885×10^{-194} dan secara sistematis sebesar $4,096 \times 10^{-23}$. Kedua teknologi tersebut bisa dikatakan memiliki SNR yang sangat baik kualitasnya dikarenakan keduanya memiliki SNR yang sudah sesuai dengan standar yang sudah ditentukan oleh Standar ITU-T yaitu sebesar minimal 21.5 dBm atau BER maksimal 10^{-9} (GPON) dan maksimal 10^{-3} (XGPON). Semakin tinggi nilai SNR maka semakin baik kualitasnya. Dan semakin kecil nilai BER maka semakin bagus kualitas suatu jaringan karena tingkat kesalahan bit yang rendah. Semakin tinggi nilai SNR maka semakin baik kualitasnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi XGPON dapat diimplementasikan sangat baik.

Adapun nilai rata-rata dari *Rise Time Budget* pada GPON sebesar 0,79789ns sedangkan XGPON sebesar 0,320078ns. Nilai ini berada jauh dibawah waktu batasan yang bernilai atau $<0,7 \times 10^{-9}$ untuk pengkodean NRZ. Melihat hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa teknologi XGPON memenuhi kelayakan *Rise Time Budget*.

Nilai rata-rata margin dari *Q-Factor* pada GPON dengan menggunakan *OptiSystem* sebesar 32.7567dB dan secara matematis yaitu 19.971dB, sedangkan pada XGPON hasil dari *OptiSystem* sebesar 29.6778dB dan jika dihitung secara sistematis yaitu sebesar 26.818dB. Semakin tinggi *bit rate* yang digunakan maka semakin kecil nilai *Q-factor* yang didapat. Berdasarkan nilai diatas keduanya telah memenuhi kelayakan yang telah ditetapkan oleh Standar ITU-T yaitu >6,36 (GPON) dan >3,09 (XGPON).

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dengan *Software OptiSystem* dan perhitungan secara manual, maka didapatkan kesimpulan seperti berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis *OptiSystem* dan secara matematis dari kedua teknologi GPON dan XGPON diperoleh kesimpulan bahwa XGPON memiliki performansi yang lebih unggul berdasarkan parameter-parameter yang diukur pada penelitian ini. Yakni memiliki nilai *Power Link Budget* sebesar -12.503dBm, BER 7.40885×10^{-194} , Rise Time Budget bernilai 0.320078 ns, SNR bernilai 35.46923 dB dan *Qfactor* bernilai 29.6778. Kemudian jika semakin besar *bit Error rate* dan panjang gelombang yang digunakan, Maka nilai *Q factor* akan semakin kecil. Penyebab lainnya adalah panjang gelombang yang digunakan pada arah *upstream* XGPON lebih besar daripada panjang gelombang pada arah *upstream* GPON.
2. Pada penelitian ini, meskipun XGPON menunjukkan hasil performansi yang lebih unggul daripada GPON, namun teknologi GPON yang diterapkan pada Perumahan Kavling Agraria saat ini masih layak untuk digunakan. Sehingga, jika perkembangan jumlah pelanggan telah meningkat dan teknologi GPON sudah tidak dapat memenuhi standar performansi yang ditetapkan, maka dimungkinkan teknologi XGPON menjadi salah satu solusi selanjutnya.

REFERENSI

- [1] Susilo Johan, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Di Desa Pedan Telkom Klaten Menggunakan Teknologi Gigabyte Passive Optical Network (GPON) Untuk Layanan Triple Play". Vol 4, No 3 2018.
- [2] Badan Pusat Statistik (BPS) Tangerang. Diakses pada 6 Februari 2024 dari <https://tangerangkota.bps.go.id/indicator/12/177/1/jumlah-penduduk-kota-tangerang-berdasarkan-data-dinas-kependudukan-dan-catatan-sipil.html>.
- [3] Nur Rizky Yulizar, (2015). "Analisis Perancangan Teknologi Hybrid GPON dan XGPON Pada Jaringan FTTH di Perumahan Batununggal". Vol 2, No 2.
- [4] Mardho Tillah, Dodi Zulherman, Fauza Khair, "Analisis Unjuk kerja Hybrid GPON dan XGPON", 21 April 2019.
- [5] Dinas Komunikasi Informatika, Statistik dan Persandian Provinsi Sulawesi Selatan. "Fiber Optik" Diakses pada 30 Maret 2023, <https://sulselprov.go.id/welcome/post/fiber-optik#>.
- [6] Alfarizi Muhammad, Rosmiati Mia, Mutiara Giva A, (2015). "Pembuatan Desain Jaringan FTTH pada Perumahan Buah Batu Square Bandung". Core, Vol.1, No.2, hal. 2.
- [7] Al Akbar, (2017). "Fiber To The Home (FTTH)", Sas Laboratory, hal. 1
- [8] International Telecommunication. (2010). *Optical Access Transmission: XG-PON system aspects*. Lisbon. FTTH Council.
- [9] Gozali Alfian Akbar. (2022, 23 Desember. "Pengertian GPON (Gigabyte Passive Optical Network)". Diakses pada 14 Februari 2024, dari <https://it.telkomuniversity.ac.id/gpon-gigabit-capable-passive-optical-network/>
- [10] Pratama Bagas Olivian.(2019). "Analisis Perbandingan Kinerja Pengkodean", Desember 2019.
- [11] Aksara Tri Deschie, Satriya Bayu A, Setiabudi Dodi. "Analisa Perbandingan BER dan PAPR dalam Transmisi Citra pada Sistem 4G LTE", Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEDI), hal. 3.
- [12] Purwatiningsih A. (2015). "Pembuatan Modul Pengukuran dan Analisis Loss Fiber Optik Menggunakan Software Optisystem". Applied Science, Vol. 1, No.3, hal. 1.
- [13] Pamungkas Septiana Nugraha, "Analisis Performansi Teknologi XGPON Menggunakan Splitter". Vol 4, No 3 (2017).
- [14] Fitri Silvia, Siska Aulia, Asril Adila, "Perancangan dan Pengukuran Performansi Jaringan Fiber To The Home Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network Menggunakan Aplikasi Optisystem Di Kelurahan Surau Gadang". Vol. 11 No 2 November 2021.
- [15] Brilian Dermawan, "Analisis jaringan FTTH Berteknologi GPON", 1 Januari 2016.

- [16] Fikri Al Irsyad, "Analisis Perancangan Jaringan Fiber Optik Di Lingkungan Kampus FT Untirta". Vol.11, No.1 (2022).
- [17] Rahmansyah Mirza, "Analisis Optical Power Budget dan Rise Time Budget pada jaringan FTTH berbasis PON". Juli 2017.
- [18] Samudro Wahyu A, "Perancangan jaringan akses FTTH menggunakan Teknologi XGPON di perumahan Griya Japan Raya Mojekerto". Vol.8, No.6 Desember 2022.

