

**PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* DENGAN
TEKNOLOGI *GIGABITE PASSIVE OPTICAL NETWORK*
PADA PERUMAHAN ROYAL KOPO BANDUNG**

*DESIGN OF FIBER TO THE HOME ACCESS NETWORK USING
GIGABITE PASSIVE OPTICAL NETWORK TECHNOLOGY AT ROYAL KOPO BANDUNG*

Dwi Wulansari¹, Hafidudin², Tatang Wiguna³

^{1,2}Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

³PT. Telkom Indonesia, Bandung

¹dwiwulansari@student.telkomuniversity.ac.id,

²hafid@tass.telkomuniversity.ac.id, ³tw@telkom.co.id

Abstrak

Jaringan akses *Fiber Optic* merupakan salah satu media transmisi yang memiliki kapasitas bandwidth yang lebih besar dibandingkan dengan kapasitas bandwidth jaringan tembaga sebel. Pada jaringan FTTH memiliki kecepatan lebih tinggi sehingga dinilai mampu memenuhi kebutuhan umnya layanan telekomunikasi saat ini.

Perancangan jaringan akses FTTH menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). Teknologi GPON dapat menghasilkan kapasitas *bandwidth* yang lebih besar, akses lebih cepat dan mendukung aplikasi *triple play services*. Perancangan jaringan FTTH dipilih lokasi perumahan Royal Kopo Bandung. Perancangan jaringan FTTH dilakukan dengan tiga tahapan yaitu perancangan pada aplikasi *Optisystem*, perancangan pada *Google Earth* dan perancangan pada *AutoCAD*. Setelah perancangan selesai maka akan dilakukan perhitungan terhadap parameter-parameter kelayakan dan performansi sistem perancangan ini. Parameter-parameter tersebut adalah *Power Link Budget*, *Rise Time Budget* dan *Bit Error Rate*.

Hasil dari proyek akhir ini, dirancang dan direalisasikan jaringan akses *Fiber Optic* yang menggunakan teknologi GPON. Melalui penelitian ini, diperoleh nilai *Power Link Budget* sebesar < -28 dBm, *Bit Error Rate* bernilai $\leq 1 \times 10^{-9}$, *Q-Factor* bernilai ≥ 6 , dan *Rise Time Budget* sebesar 0.2508 ns (*downlink*) dan nilai sebesar 0.2500 ns (*Uplink*). Dari nilai tersebut merupakan standar yang telah ditentukan oleh ITU-T dan PT. Telkom.

Kata kunci: FTTH, GPON, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Bit Error Rate*.

Abstract

Fiber Optic access network is one of the transmission media that has a greater bandwidth capacity compared to the previous copper network bandwidth capacity. The FTTH network has a higher speed so that it is considered capable of meeting the needs of telecommunications services today.

FTTH access network is designed using Gigabit Passive Optical Network (GPON) technology. GPON technology can produce greater bandwidth capacity, faster access, and support for triple-play services. The design of the FTTH network was chosen as the housing location of Royal Kopo Bandung. The FTTH network design is done in three stages, namely designing the Opticsystem application, designing on Google Earth and designing on AutoCAD. After the design is complete, the calculation of the feasibility and performance parameters of the design system will be calculated. These parameters are the Power Link Budget, Rise Time Budget, and Bit Error Rate.

*The results of this final project, designed and realized Fiber Optic access networks that use GPON technology. Through this research, a Power Link Budget value of < -28 dBm, Bit Error Rate of $\leq 1 \times 10^{-9}$, Q-Factor of ≥ 6 , and Rise Time Budget of 0.2508 ns (*downlink*) and value of 0.2500 ns (*Uplink*). This value is a standard determined by ITU-T and PT. Telkom.*

Keywords: FTTH, GPON, *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *Bit Error Rate*.

1. Pendahuluan

Jaringan akses *Fiber To The Home* (FTTH) pada saat ini merupakan jaringan yang mampu memberikan performansi terbaik. *Fiber To The Home* (FTTH) merupakan salah satu infrastruktur yang dapat menggantikan jaringan akses tembaga sebelumnya karena dinilai memiliki kecepatan akses yang lebih tinggi. Dengan adanya permintaan layanan dari masyarakat mendorong operator untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dari permintaan tersebut operator melakukan perubahan di sisi jaringan akses tembaga yang dinilai masih kurang mencukupi kebutuhan yang diinginkan. Keterbatasan yang dimiliki oleh jaringan akses tembaga ialah dari sisi kecepatan yang masih kurang, maka dari itu jaringan akses tembaga digantikan oleh jaringan akses *Fiber Optic* untuk mengatasi masalah yang ada dalam masyarakat sekarang.

Jaringan akses *Fiber Optic* dinilai memiliki kemampuan lebih baik daripada jaringan akses tembaga. Jaringan akses *Fiber Optic* memiliki kapasitas *bandwidth* mencapai 50 GHz, kapasitas ini lebih besar dari kapasitas *bandwidth* yang dimiliki oleh jaringan akses kabel tembaga. Dari sisi kecepatan yang dimiliki jaringan akses *Fiber Optic* mampu mencapai 1.5 Mbps untuk jarak kurang dari 2.5 Km, dan 2.5 Gbps untuk jarak 200 Km. Dengan adanya teknologi *Fiber Optic* tersebut mampu menghubungkan jaringan akses hingga ke rumah pelanggan secara langsung, jaringan akses tersebut dikenal sebagai jaringan *Fiber to the Home* (FTTH). Jaringan *Fiber to the Home* (FTTH) ialah jaringan yang mampu menjangkau kawasan perumahan maupun kawasan padat penduduk, dari teknologi FTTH inilah yang diharapkan mampu memberikan solusi terhadap masalah yang ada pada masyarakat Indonesia dan juga mampu memberikan layanan yang sesuai harapan masyarakat Indonesia.

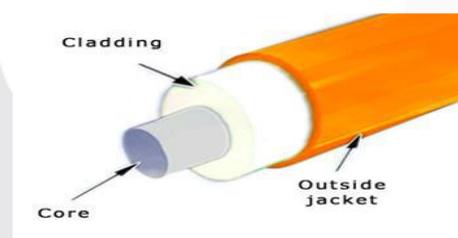
Pada proyek akhir ini dilakukan kerjasama dengan PT Telkom untuk melakukan perancangan jaringan akses *Fiber To The Home* (FTTH) pada wilayah perumahan Royal Kopo Bandung yang masih termasuk kawasan *Green Field* atau wilayah yang belum ada jaringan FTTH sebelumnya. Selain belum adanya pembangunan FTTH, alasan lain dilakukannya perancangan FTTH pada wilayah perumahan Royal Kopo karena wilayah tersebut memiliki *demand* yang tinggi atau potensi pasar yang tinggi. Pada perancangan ini menggunakan teknologi GPON. Penggunaan teknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network) merupakan teknologi FTTx yang dapat mengirimkan informasi pada pelanggan dengan baik jika dibandingkan dengan teknologi *Fiber Optic Passive* lainnya, dikarenakan GPON mampu menjalankan jaringan akses berbasis *Triple Play*.

2. Dasar Teori

2.1 *Fiber Optic*

Fiber Optik adalah saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dan lebih kecil dari sehelai rambut dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah sinar LED [1]. Kabel ini berdiameter 120 mikrometer. Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias udara, karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi fiber optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi [1].

Serat optik membentuk kabel yang sedemikian halus hingga ketebalan mencapai 1 mm untuk dua puluh helai serat [1]. Serat ini ringan dan kapasitas kanalnya sangat besar. Perkembangan teknologi serat optik saat ini telah menghasilkan *attenuation* <20 dB/Km [1].



Gambar 2.1 Bagian-bagian Serat Optik

2.2 *Fiber To The Home*

FTTH merupakan arsitektur jaringan kabel fiber optik didistribusikan sampai ke rumah pelanggan. Teknologi FTTH ini mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan teknologi jaringan yang masih menggunakan kabel tembaga atau teknologi *wireless*. Salah satu keunggulan dari teknologi FTTH ini adalah kemampuan menyalurkan sinyal sampai dengan 100 Mbps yang stabil dan mampu melayani pelanggan sampai radius kurang lebih 20 Km[5].

2.3 *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*

GPON adalah salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan GE-PON (*Gigabit Ethernet PON*), yaitu PON versi IEEE yang berbasis teknologi Ethernet.

GPON merupakan teknologi FTTx yang dapat mengirimkan informasi sampai ke pelanggan menggunakan kabel optik. Prinsip kerja dari GPON, ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat optik tunggal dapat mengirimkan serat optik

tunggal dapat mengirim ke berbagai ONU, untuk ONU sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan pelanggan [12].

2.4 Rise Time Budget (RTB)

Rise Time Budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital [2]. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan [14]. 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 RZ (*Return-to-Zero*) [14]. Untuk menghitung RTB dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$t_{system} = (t_{tx}^2 + t_{material}^2 + t_{intermodal}^2)^{1/2} \quad (2.1)$$

Dimana :

t_{tx} = Rise Time transmitter (ns)

t_{rx} = Rise time receiver (ns)

$t_{intermodal} = 0$ (single mode)

$t_{intramodal} = t_{material} + t_{waveguide}$

$t_{material} = \Delta\sigma \times L \times D_m$

$t_{waveguide} = t_w = \frac{L}{c} [n_2 + n_2 \times \Delta \times (\frac{vb}{av})]$

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

L = Panjang serat optik (Km)

D_m = Dispersi Material (ps/nm.Km)

N_2 = Indeks bias selubung

c = Kecepatan rambat cahaya (3×10^8 m/s²)

$v = \sqrt{\frac{2\pi \cdot a \cdot n_1}{\lambda} \cdot (2\Delta s)}$ m/s

a = Jari-jari inti (m)

n_1 = indeks bias inti

n_2 = Indeks bias selubung

2.5 Power Link Budget (PLB)

Power Link Budget (PLB) bertujuan untuk mengetahui batasan redaman total yang diijinkan antara daya yang dikeluarkan dari pemancar dan sensitivitas penerima [18]. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan standarisasi ITU-T G.984 dan juga peraturan peraturan yang diterapkan oleh PT. Telkom, yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dan redaman total tidak lebih dari 28 dB atau P_r maksimum -28 dBm [3]. Perhitungan *Link Budget* ini sangat penting dalam suatu perancangan jaringan karena dengan *Link Budget* kita dapat mengetahui seberapa besar daya yang akan dipancarkan oleh pemancar agar dapat diterima dengan baik di sisi penerima [3]. Untuk perumusan *power link budget* yang terdiri dari redaman total, daya yang diterima pada sisi penerima, dan nilai margin sistem dapat dilihat pada persamaan berikut [18] :

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{kabel} + \alpha_{connector} \cdot n_{connector} + \alpha_{splice} \cdot n_{splice} + \alpha_{splitter} \quad (2.2)$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{total} - SM \quad (2.3)$$

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM \quad (2.4)$$

Dimana :

P_t = Daya keluaran sumber optik (dBm)

P_r = Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)

SM = Safety margin, berkisar 6-8 dB

α_{total} = Redaman Total sistem (dB)

L = Panjang serat optik (Km)

α_c = Redaman konektor (dB/buah)

α_c	= Redaman sambungan (dB/sambungan)
α serat	= Redaman serat optik (dB/Km)
N_s	= Jumlah sambungan
N_c	= Jumlah konektor
S_p	= 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*.

2.6 Bit Error Rate (BER)

Sinyal optik yang dikirimkan melalui jaringan FTTH berupa pulsa-pulsa cahaya yang masing-masing membawa satu bit data [1]. Tidak semua bit dapat terkirim sempurna. BER didefinisikan sebagai jumlah terjadinya *error* tiap jumlah bit data terkirim pada suatu sistem digital. Apabila jumlah bit eror adalah N_E dan jumlah bit total terkirim adalah N_T maka [3].

$$BER = \frac{N_E}{N_T} \quad (2.5)$$

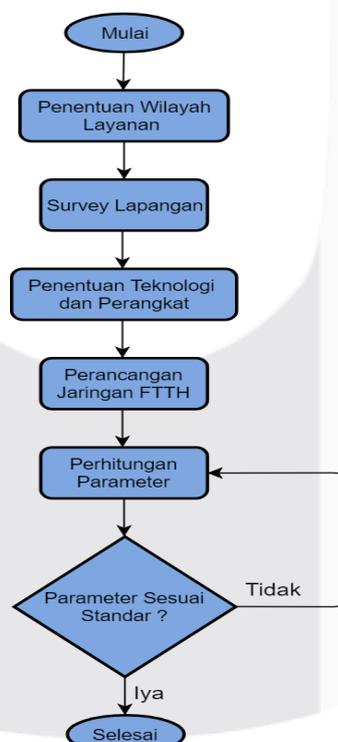
Pada jaringan komunikasi optik secara umum, nilai BER yang harus dipenuhi adalah tidak boleh lebih dari besar 1×10^{-9} ($BER \leq 1 \times 10^{-9}$), sedangkan untuk nilai *Q-Factor* harus lebih dari 6 ($Q \geq 6$) [14].

2.7 Bill Of Quantity (BOQ)

Skema pada perancangan FTTH harus dilengkapi dengan adanya perhitungan jumlah material dan biaya yang diperlukan. Hal tersebut dituangkan dalam bentuk tabel (*Bill of Quality*) yang dimaksudkan dapat mempermudah dalam menentukan biaya keseluruhan dalam perancangan FTTH [7]. Perangkat pada BOQ sendiri memiliki *designator* yang digunakan untuk membedakan tiap perangkat.

3. Perancangan Jaringan

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Penentuan Wilayah Layanan

Wilayah layanan perancangan untuk proyek akhir ini adalah Perumahan Royal Kopo Bandung yang berada di Jalan Taman Kopo Indah I, Margahayu, Kecamatan Margahayu, Bandung, Jawa Barat. Lokasi perancangan ini merupakan wilayah yang telah ditentukan oleh PT Telkom Bandung. Royal Kopo merupakan kawasan perumahan yang termasuk dalam kategori kawasan *Green Field* atau kawasan yang sebelumnya tidak ada jaringan tembaga maupun jaringan optik. Lokasi tersebut dipilih berdasarkan permintaan pihak calon pelanggan untuk dilakukan pembangunan jaringan fiber optik.



Gambar 3.2 Wilayah Layanan

3.3 Survey Lapangan

Survey lapangan dilakukan dengan dua metode, yaitu melalui aplikasi *Google Earth* dan survey langsung di lapangan. Survey pertama dilakukan dengan aplikasi *Google Earth* yang bertujuan untuk mengetahui perkiraan panjang kabel dan untuk mengetahui lokasi dari titik-titik penempatan perangkat, seperti : ODP (*Optical Distribution Point*) dan ODC (*Optical Distribution Cabinet*). Survey tersebut juga bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan survey lapangan secara langsung.

Dengan adanya fitur *Google Street View* pada *Google Earth* memudahkan pekerja untuk mengetahui gambaran lokasi perancangan dan dapat mengetahui lokasi tiang yang sudah ada yang nantinya akan dijadikan sebagai *Branching* untuk ODP baru.

Survei lokasi secara langsung dikarenakan pada aplikasi *google earth* dianggap kurang akurat pada kondisi *real* terdapat kendala seperti adanya perbedaan panjang jalur kabel pada perancangan, sehingga menyebabkan perbedaan sebesar 10 % -15 % . Survei langsung juga bertujuan untuk melihat kondisi lokasi, karena tidak menutup kemungkinan adanya permukaan tanah yang tidak merata pada lokasi perancangan.

3.4 Penentuan Teknologi dan Perangkat

Berikut ini merupakan nilai karakteristik tiga jenis *wearable antenna* yang diperoleh setelah dilakukan tahap optimasi:

a. *Gigabite Passive Optical Network*

GPON adalah salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan GEPON (*Gigabit Ethernet PON*), yaitu PON versi IEEE yang berbasis teknologi Ethernet. Sebelum menggunakan jaringan optik, wilayah tersebut merupakan wilayah *Green Field* atau wilayah yang belum ada jaringan tembaga maupun jaringan optik.

GPON merupakan teknologi FTTH yang dapat mengirimkan informasi sampai ke pelanggan menggunakan kabel optik. Prinsip kerja dari GPON, ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat optik tunggal dapat mengirimkan serat optik tunggal dapat mengirim ke berbagai ONU, untuk ONU sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan pelanggan.

b. *Optical Line Termination (OLT)*

Pemilihan OLT harus disesuaikan dengan jarak dan banyaknya redaman yang dapat terjadi di sepanjang link. *Power Transmit* harus mencukupi kebutuhan agar dapat memenuhi parameter *power link budget*. OLT yang digunakan pada perancangan FTTH di Proyek Akhir ini adalah OLT MA5800-X17 dengan spesifikasi terdapat pada tabel berikut :

Tabel 3 1 Spesifikasi OLT

Parameter	Spesifikasi	Unit
Optical Transmit Power max	5	dBm
Downlink Wavelength	1490	Nm
Uplink Wavelength	1310	Nm
Video Wavelength	1550	Nm
Spectrum Width	1	Nm
Downstream Rate	2,488	Gbps
Upstream Rate	1,2	Gbps
Optical Rise Time	150	ps
Optical Fall Time	150	ps
Max. Work Temperature	65	°C
Min. Work Temperature	-40	°C
Power Supply (DC)	-48	V
Max. Receiver Sensitivity	-28	dBm

c. Serat Optik

Tabel 3 2 Spesifikasi Fiber Optik G.657

Parameter	Spesifikasi	Unit
Attenuation (1310 nm)	≤ 0.35	dB/Km
Attenuation (1383 nm)	≤ 0.31	dB/Km
Attenuation (1550 nm)	≤ 0.21	dB/Km
Attenuation (1625 nm)	≤ 0.23	dB/Km

Tabel 3 3 Spesifikasi Fiber Optik G.652D

Parameter	Spesifikasi	Unit
Attenuation 1310 nm	≤ 0.35	dB/Km
Attenuation 1550 nm	≤ 0.21	dB/Km
Attenuation 1490 nm	≤ 0.28	dB/Km
Chromatic Dispersion (1285nm – 1330nm)	≤ 3.5	ps(nm,km)
Chromatic Dispersion (1550nm)	≤ 18	ps(nm.km)

d. Splitter

Splitter merupakan komponen pasif yang dapat memisahkan daya optik dari satu input serat ke dua atau beberapa output serat. Pada perancangan jaringan akses FTTH ini hanya menggunakan *splitter* 1:4 dan 1:8. Berikut adalah spesifikasi perangkat yang digunakan.

Tabel 3. 4 Spesifikasi Splitter

Parameter	Spesifikasi	Unit
Splitter 1:4	7.25	dB
Splitter 1:8	10.38	dB
Splitter 1:16	14.10	dB
Splitter 1:32	17.45	dB

e. Optical Network Termination (OLT)

Optical Network Termination (ONT) merupakan perangkat yang berada di sisi pelanggan dari sistem jaringan ONT mempunyai fungsi utama yaitu menjadi perangkat yang terhubung langsung dengan para pelanggan ONT menyediakan *native service interfaces* kepada pelanggan.

Tabel 3. 5 Spesifikasi ONT

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Downstream Rate	2.488	Gbps
Upstream Rate	1.244	Gbps
Downlink wavelength	1490	Gbps
Uplink Wavelength	1310	Nm
Video Wavelength	1550	Nm
Max. Transmission Distance	20	Km
Power Consumption	≤ 10	Watt
Sensitivity	≤ -25	dBm
Optical Rise Time	200	ps
Optical Fall Time	200	ps
Max. Work Temperature	45	$^{\circ}\text{C}$
Min. Work Temperature	-10	$^{\circ}\text{C}$

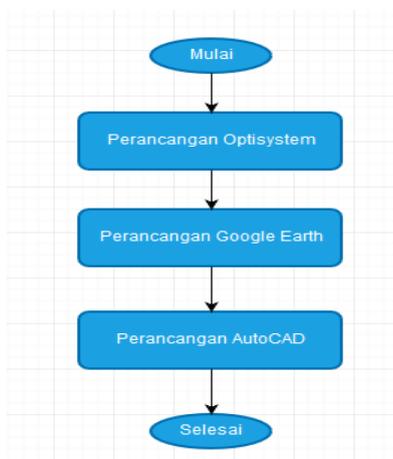
f. Konektor

Pada perancangan jaringan ini menggunakan konektor dengan tipe SC. Konektor SC digunakan pada bagian OLT,ODC,ODP dan ONT. Spesifikasi konektor seperti berikut :

Parameter	Spesifikasi	Unit
Fiber Type	SM 9/125	-
Insertion Loss	0.25	dB

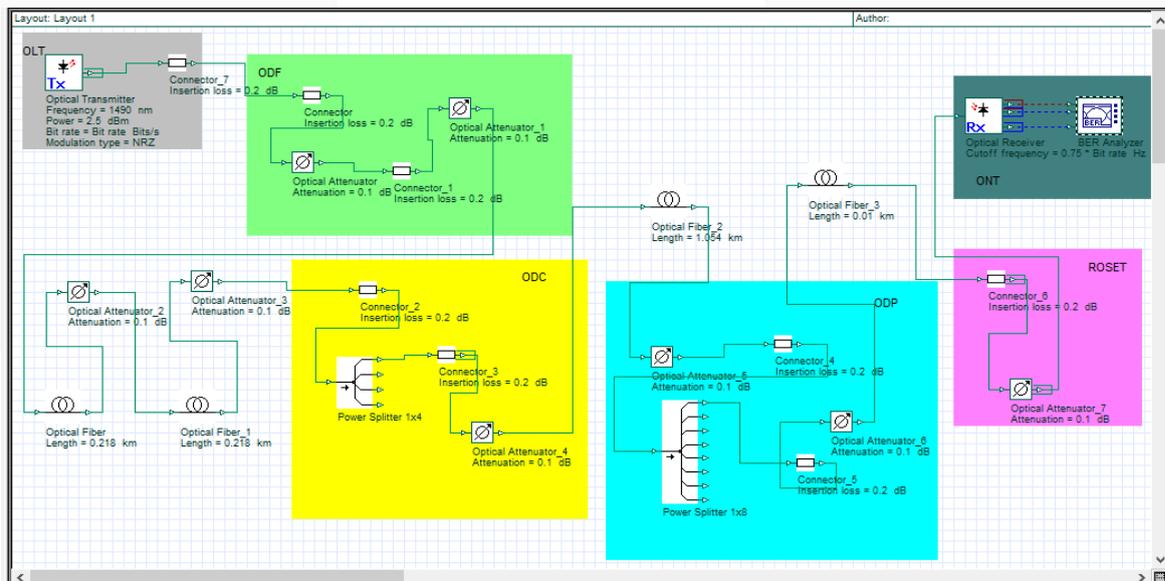
3.5 Perancangan Jaringan FTTH

Perancangan jaringan FTTH dimulai dengan penentuan STO terdekat pada perumahan yaitu STO Tegalega. Setelah itu dilakukan penentuan rute untuk penarikan kabel dari STO hingga kerumah pelanggan. Penentuan rute kabel dilakukan sedemikian rupa agar tidak memakan banyak kabel. Pada perancangan jaringan akses FTTH ini digunakan tiga *software* yaitu, *Optisystem*, *Google Earth*, dan *AutoCad*.



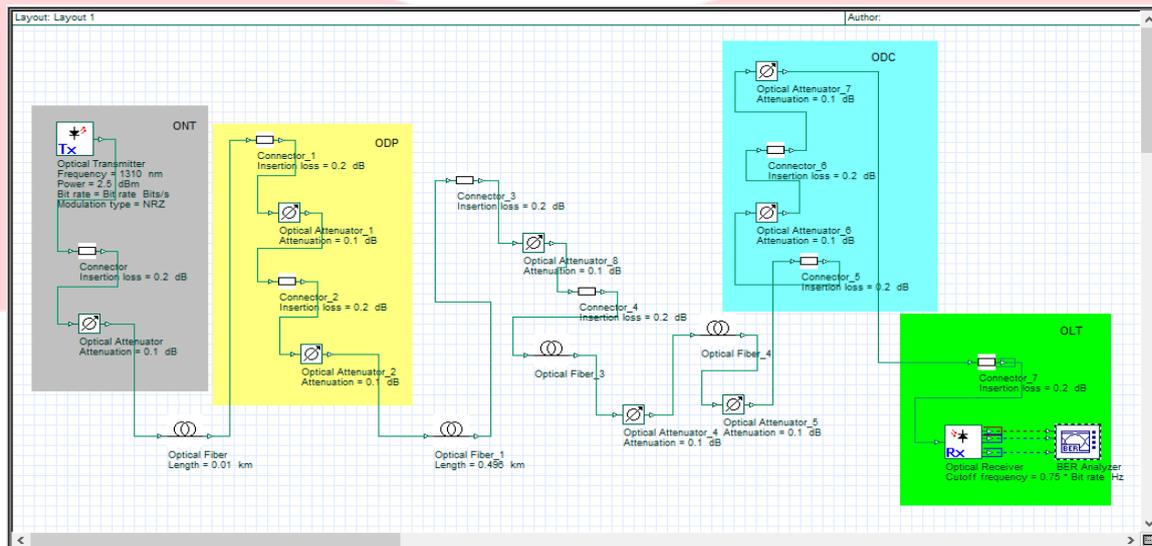
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan FTTH

a. Perancangan *Optisystem*



Gambar 3.4 Perancangan Optisystem Downlink

Berdasarkan gambar 3.5 yang merupakan perancangan jaringan FTTH dengan arah downlink dengan *wavelength* 1490 nm di perangkat central atau OLT dan daya *output* 2.5 dBm, dilengkapi dengan 7 konektor dan dua buah *splitter* 1:4 sebanyak 1 buah yang terletak pada ODC, dan *splitter* 1:8 sebanyak 3 buah yang terletak pada masing-masing ODP, serta dilengkapi dengan *optical receiver* (ONT). Perangkat yang akan ditambahkan sebagai sebuah deteksi parameter yang berada di simulasi *optisystem* adalah BER Analyzer yang berperan untuk mengetahui besarnya nilai *Bit Error Rate* (BER) serta faktor kualitas yang biasa disebut *Q-factor* dengan menampilkan sebuah diagram berupa periode bit bersama dengan *eye diagram*.



Gambar 3.5 Perancang Optisystem Uplink

Berdasarkan gambar 3.6 telah dilakukan perancangan untuk arah *Uplink* memiliki komponen *wavelength* 1310 nm di perangkat central atau OLT dan daya *output* 2.5 dBm, dilengkapi dengan 7 konektor dan dua buah *splitter* 1:4 sebanyak 1 buah yang terletak pada ODC, dan *splitter* 1:8 sebanyak 3 buah yang terletak pada masing-masing ODP, serta dilengkapi dengan *optical receiver* (ONT). Perangkat yang akan ditambahkan sebagai sebuah deteksi parameter yang berada di simulasi *optisystem* adalah *BER Analyzer* yang berperan untuk mengetahui besarnya nilai *Bit Error Rate* (BER) serta faktor kualitas yang biasa disebut *Q-factor* dengan menampilkan sebuah diagram berupa periode bit bersama dengan *eye diagram*.

b. Perancangan *Google Earth*

Perancangan jaringan FTTH selanjutnya ialah menggunakan aplikasi *Google Earth*. Perancangan ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu menentukan boundary wilayah perancangan, menentukan jalur kabel dari ODC hingga ODP, dan menentukan penambahan tiang baru.

1. Penentuan *Boundary* Wilayah Perancangan

Penentuan *boundary* pada *Google Earth* dilakukan agar proses pengerjaan perancangan FTTH ini tidak keluar dari jalur perancangan dan supaya wilayah yang dirancang dapat dibatasi. Penentuan *boundary* di *Google Earth* juga menjadi acuan dalam menentukan boundary pengerjaan perancangan jaringan akses FTTH dalam proyek akhir.

Gambar 3. 6 *Boundary* Wilayah

2. Menentukan Jalur Kabel dari ODC hingga ODP

Pada perancangan jaringan FTTH dilakukan penentuan jalur kabel dari ODC hingga ODP. Penentuan jalur ini bertujuan untuk mengetahui rute kabel dilapangan dan mengetahui panjang kabel yang dibutuhkan dalam perancangan jaringan. Panjang kabel dari OLT hingga ODC membutuhkan 0.436 Km, ODC hingga ODP membutuhkan 1.054 Km, dan ODP hingga ONT membutuhkan 0.010 KM.



Gambar 3.7 Jalur dari ODC ke ODP

3. Menentukan Penambahan Tiang

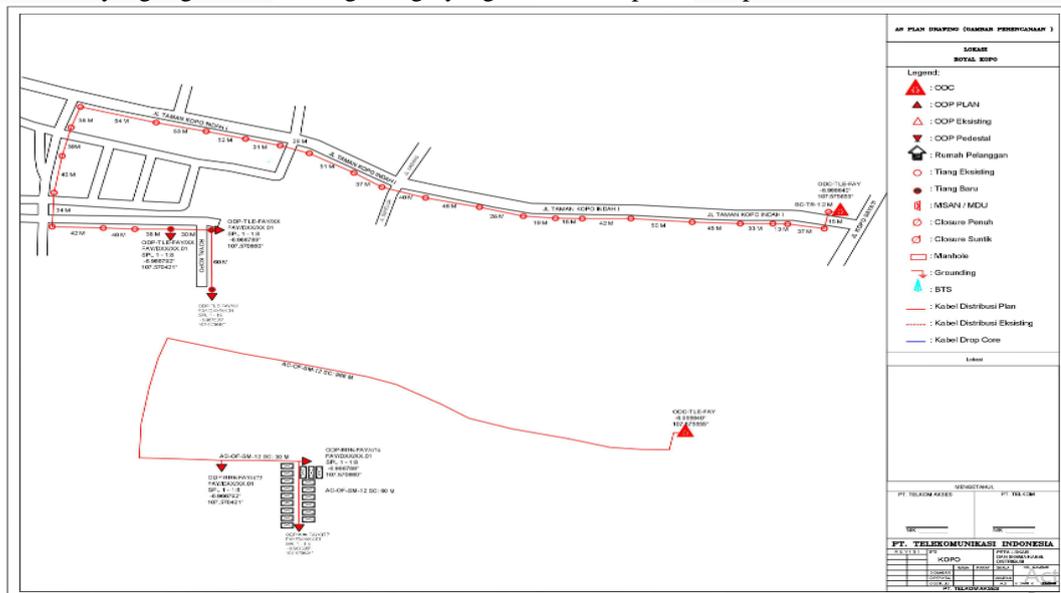
Menentukan penambahan tiang merupakan tahap akhir pada *Google Earth*. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui dimana akan dilakukan proses percabangan kabel dari ODP eksisting ke ODP baru. Jumlah ODP sebelum dilakukan perancangan ialah sebanyak 29 buah tiang eksisting dan dilakukan penambahan tiang baru sebanyak 3 buah.



Gambar 3.8 Penambahan Tiang

c. Perancangan Pada *AutoCAD*

Pada perancangan hasil dari survei secara langsung dan dari aplikasi *Google Earth* akan dikonversi dengan aplikasi *AutoCAD* dengan menggambar denah lokasi dengan tambahan gambar perangkat seperti ODC dan ODP yang digambarkan dengan logo yang sudah ditetapkan oleh perusahaan.



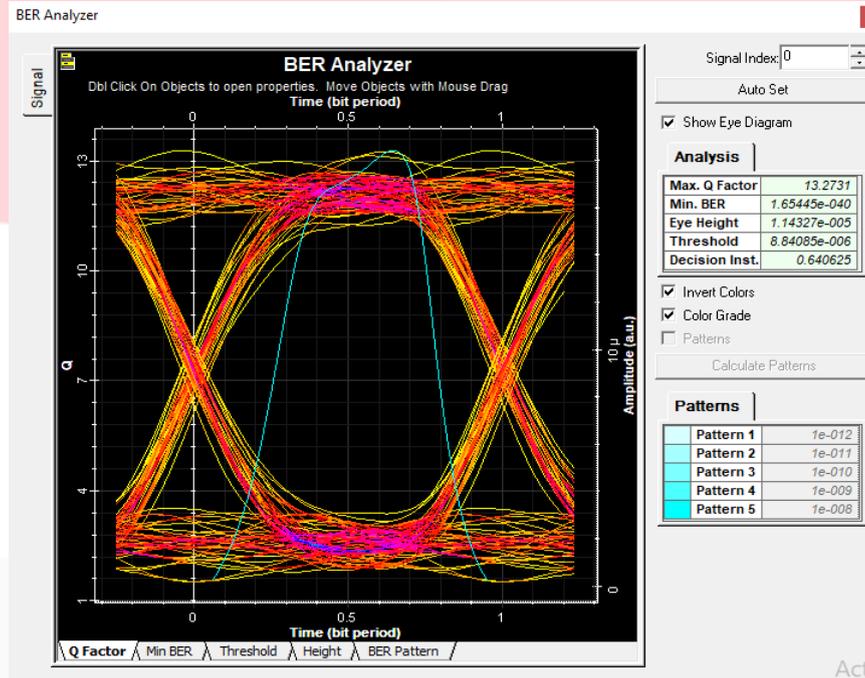
Gambar 3.9 Logo Perangkat

Denah yang dibuat berupa sketsa dari lokasi perancangan yang digambarkan dengan jalan dan logo perangkat yang disambungkan dengan garis yang menggambarkan rute kabel. Pada logo nantinya akan diberikan label, untuk logo label akan diberikan label panjang kabel dari satu titik ke titik yang lain, pada ODC akan diberikan label berupa nama ODC yang namanya sudah ditetapkan oleh PT. Telkom dan lokasi berupa koordinat ODC. Untuk label ODP akan diberikan label berupa koordinat ODP jumlah splitter dan nama ODP baru.

4. Pengujian Rancangan dan Analisis Hasil

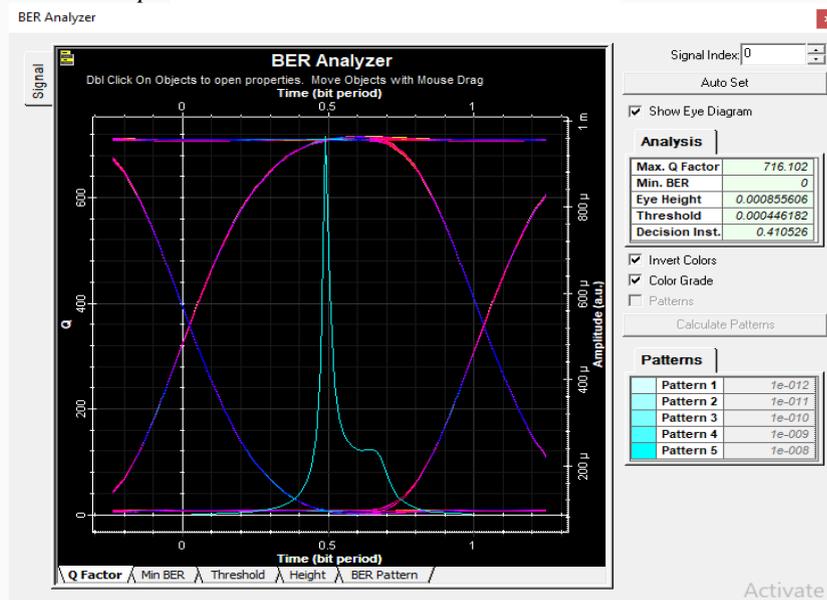
4.1 Hasil Simulasi Pada *Optisystem* Pengukuran *Bit Error Rate* (BER)

a. Hasil Simulasi BER *Downlink*



Gambar 4.1 Hasil BER *Downlink*

b. Hasil Simulasi BER *Uplink*



Gambar 4.2 Hasil BER *Uplink*

Berdasarkan gambar 4.3 bahwa simulasi telah dilakukan pada perancangan arah *downlink* dengan jarak simulasi terjauh. Pada hasil simulasi terlihat bahwa nilai parameter *Bit Error Rate* (BER) yaitu sebesar 1.654×10^{-40} dan nilai parameter *Q-factor* yaitu sebesar 13.2731. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan nilai parameter *Bit Error Rate* dan *Q-factor* layak diterapkan karena nilai tersebut masih memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu *Bit Error Rate* ($\leq 1 \times 10^{-9}$) dan *Q-factor* (≥ 6).

Pada gambar 4.4 merupakan hasil simulasi perancangan arah *Uplink* dengan jarak terjauh. Pada hasil simulasi nilai parameter *Bit Error Rate* (BER) yaitu sebesar 0 dan nilai parameter *Q-factor* yaitu sebesar 716.102, berdasarkan hasil yang telah didapatkan nilai parameter tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu *Bit Error Rate* (0) dan *Q-factor* (> 6).

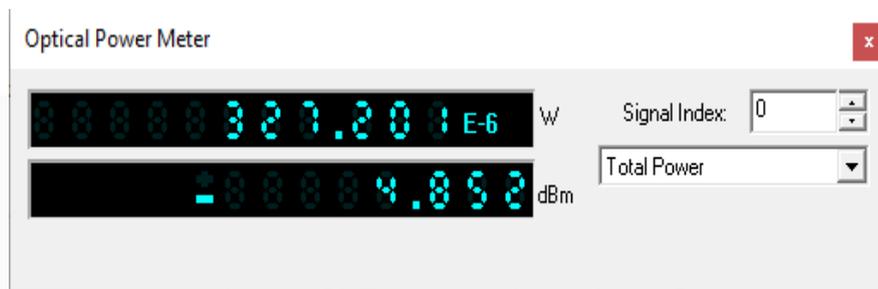
c. Hasil Simulasi daya terima *Downlink*



Gambar 4.1 Daya Terima Downlink

Pada gambar 4.3 merupakan hasil simulasi aplikasi *Optisystem downlink* untuk nilai daya terima pada rangkaian sebesar -22.454 dBm yang menandakan simulasi dengan power 2.5 dB memenuhi syarat karena nilai daya yang diterima lebih kecil dari -28 dB.

d. Hasil simulasi daya terima *Uplink*



Gambar 4.4 Daya Terima Uplink

Pada gambar 4.4 merupakan hasil simulasi aplikasi *Optisystem downlink* untuk nilai daya terima pada rangkaian sebesar -4.852 dBm yang menandakan simulasi dengan power 2.5 dB memenuhi syarat karena nilai daya yang diterima lebih kecil dari -28 dB.

e. Hasil Pengukuran *Output ODP* di Lapangan

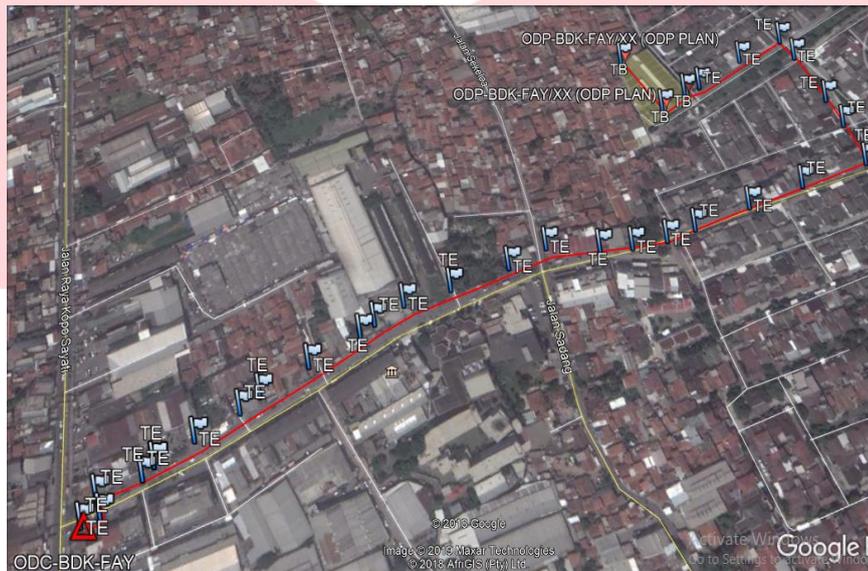
PORT	ODP Terjauh	ODP 2 Menengah	ODP 3 Terdekat
1	-23.20 dBm	-23.33 dBm	-23.25 dBm
2	-23.22 dBm	-23.32 dBm	-23.24 dBm
3	-22.27 dBm	-23.33 dBm	-23.24 dBm
4	-23.35 dBm	-23.29 dBm	-23.22 dBm
5	-23.21 dBm	-23.31 dBm	-23.23 dBm
6	-22.29 dBm	-23.34 dBm	-23.24 dBm
7	-21.29 dBm	-23.30 dBm	-23.22 dBm
8	-23.29 dBm	-23.33 dBm	-23.20 dBm

Gambar 4.5 Hasil pengukuran *Output ODP* di Lapangan

Pada gambar 4.5 menunjukkan hasil pengukuran *output ODP* pada implementasi di lapangan, dari hasil yang pengukuran tersebut memperoleh hasil rata-rata sebesar -22.765 dBm. Dari hasil yang telah diperoleh menunjukkan bahwa implementasi memenuhi nilai standar yang telah ditentukan sebesar -28 dBm.

Dari hasil perancangan jaringan akses FTTH menunjukkan bahwa nilai simulasi dari aplikasi *Optisystem* daya maksimum yang diterima sebesar -22.454 dBm dan hasil implementasi di lapangan memperoleh nilai daya maksimum yang diterima rata-rata sebesar -22.765 dBm. Dari kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa simulasi dan implementasi perancangan jaringan FTTH memenuhi standar ialah sebesar -28 dBm.

4.2 Hasil Perancangan pada Google Earth



Gambar 4.10 Hasil Perancangan Google Earth

Berdasarkan gambar 4.5 menunjukkan hasil rancangan jaringan pada aplikasi *Google Earth*. Pada hasil perancangan telah ditentukan jalur kabel distribusi dari ODC hingga sampai ke ODP perumahan Royal Kopo Bandung dan telah ditentukan jumlah ODP baru pada lokasi perancangan yaitu membutuhkan tiga ODP baru diantaranya ODP-BDK-FAY/075, ODP-BDK-FAY/076, dan ODP-BDK-FAY/077 untuk melayani 18 pelanggan. Keseluruhan ODP menggunakan splitter 1:8, sehingga setiap ODP mampu melayani 8 rumah. Jadi kapasitas ODP pada perancangan dapat mencukupi kebutuhan pelanggan.

4.3 Perhitungan Parameter PLB dan RTB

Pada perhitungan PLB, ONT yang memiliki jarak terjauh adalah ONT yang berada pada cakupan ODP-BDK-FAY/077 dengan jarak total dari OLT sampai ke ODP adalah 1.5 km. *Homepass* dengan jarak menengah berada di cakupan ODP-BDK-FAY/076 dengan jarak total dari OLT ke ODC adalah 1.44 km dan *homepass* dengan jarak terdekat berada pada cakupan ODP-BDK-FAY/075 dengan jarak total dari OLT hingga ke ODP adalah 1.14 km. Untuk perhitungan nilai PLB dapat diuraikan sebagai berikut :

Downlink

A. Jarak Terjauh

$$\begin{aligned} \alpha_{total} &= L \cdot \alpha_{kabel} + \alpha_{connector} \cdot n_{connector} + \alpha_{splice} \cdot n_{splice} + \alpha_{splitter} \\ &= (1.5 \times 0.28) + (0.2 \times 7) + (0.05 \times 8) + (7.25 + 10.38) \\ &= 19.85 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{rx} &= P_t - \alpha_{total} - SM \\ &= 2.5 - 19.85 - 6 \\ &= -23.35 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Margin Daya} &= (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM \\ &= (2.5 - (-29)) - 19.85 - 6 \\ &= 5.65 \text{ dBm} \end{aligned}$$

B. Jarak Menengah

$$\begin{aligned} \alpha_{total} &= L \cdot \alpha_{kabel} + \alpha_{connector} \cdot n_{connector} + \alpha_{splice} \cdot n_{splice} + \alpha_{splitter} + \text{Redaman Instalasi} \\ &= (1.44 \times 0.28) + (0.2 \times 7) + (0.05 \times 8) + (7.25 + 10.38) \\ &= 19.833 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{rx} &= P_t - \alpha_{total} - SM \\ &= 2.5 - 19.833 - 6 \\ &= -23.333 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Margin Daya} &= (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM \\ &= (2.5 - (-29)) - 19.833 - 6 \\ &= 5.667 \text{ dBm} \end{aligned}$$

C. Jarak Terdekat

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{total}} &= L \cdot \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} \cdot n_{\text{connector}} + \alpha_{\text{splice}} \cdot n_{\text{splice}} + \alpha_{\text{splitter}} \\ &= (1.14 \times 0.28) + (0.2 \times 7) + (0.05 \times 8) + (7.25 + 10.38) \\ &= 19.749 \text{ dB}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{rx}} &= P_{\text{t}} - \alpha_{\text{total}} - \text{SM} \\ &= 2.5 - 19.749 - 6 \\ &= -23.249 \text{ dBm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Margin Daya} &= (P_{\text{t}} - P_{\text{r}}) - \alpha_{\text{total}} - \text{SM} \\ &= (2.5 - (-29)) - 19.749 - 6 \\ &= 5.751 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Uplink

A. Jarak Terjauh

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{total}} &= L \cdot \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} \cdot n_{\text{connector}} + \alpha_{\text{splice}} \cdot n_{\text{splice}} + \alpha_{\text{splitter}} \\ &= (1.5 \times 0.35) + (0.2 \times 7) + (0.05 \times 8) + (7.25 + 10.38) \\ &= 19.955 \text{ dB}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{rx}} &= P_{\text{t}} - \alpha_{\text{total}} - \text{SM} \\ &= 2.5 - 19.955 - 6 \\ &= -23.455 \text{ dBm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Margin Daya} &= (P_{\text{t}} - P_{\text{r}}) - \alpha_{\text{total}} - \text{SM} \\ &= (3 - (-29)) - 23.455 - 6 \\ &= 5.545 \text{ dBm}\end{aligned}$$

B. Jarak Menengah

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{total}} &= L \cdot \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} \cdot n_{\text{connector}} + \alpha_{\text{splice}} \cdot n_{\text{splice}} + \alpha_{\text{splitter}} \\ &= (1.44 \times 0.35) + (0.2 \times 7) + (0.05 \times 8) + (7.25 + 10.38) \\ &= 19.934 \text{ dB}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{rx}} &= P_{\text{t}} - \alpha_{\text{total}} - \text{SM} \\ &= 2.5 - 19.934 - 6 \\ &= -23.434 \text{ dBm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Margin Daya} &= (P_{\text{t}} - P_{\text{r}}) - \alpha_{\text{total}} - \text{SM} \\ &= (2.5 - (-29)) - 19.934 - 6 \\ &= 5.566 \text{ dBm}\end{aligned}$$

C. Jarak Terdekat

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{total}} &= L \cdot \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} \cdot n_{\text{connector}} + \alpha_{\text{splice}} \cdot n_{\text{splice}} + \alpha_{\text{splitter}} \\ &= (1.14 \times 0.35) + (0.2 \times 7) + (0.10 \times 12) + (7.25 + 10.38) \\ &= 19.829 \text{ dB}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{rx}} &= P_{\text{t}} - \alpha_{\text{total}} - \text{SM} \\ &= 2.5 - 19.829 - 6 \\ &= -23.329 \text{ dBm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Margin Daya} &= (P_{\text{t}} - P_{\text{r}}) - \alpha_{\text{total}} - \text{SM} \\ &= (2.5 - (-29)) - 19.829 - 6 \\ &= 5.671 \text{ dB}\end{aligned}$$

Nilai redaman total dari hasil perhitungan masih berada dibawah nilai redaman maksimal yang ditentukan oleh PT. Telkom yang diberikan untuk mitranya, yaitu sebesar 28 dB, maka link pada perancangan tersebut memenuhi syarat dari sisi total redaman, dari perhitungan tiga jarak nilai redaman total untuk setiap jarak masih memenuhi syarat, karena nilai redaman masing-masing jarak kurang dari 28 dB.

Untuk nilai daya yang diterima harus lebih besar atau sama dengan nilai sensitivitas detector yaitu -29 agar perangkat penerima dapat bekerja dengan baik, dari ketiga hasil perhitungan daya terima yang memiliki nilai daya terima yang masih memenuhi syarat.

Pada nilai margin daya harus lebih besar dari 0 dB, dan dari hasil ketiga perhitungan tersebut memenuhi syarat karena memiliki nilai lebih besar dari 0 dB.

Hal ini membuktikan bahwa perancangan dengan daya 2.5 dBm baik dari sisi *downlink* maupun *uplink* masih memenuhi persyaratan dari nilai perangkat untuk nilai redaman total, nilai daya terima, dan nilai margin daya.

Downlink

Bit Rate downlink (Br) 2.488 Gbps dengan pengkodean NRZ :

$$T_r \text{ NRZ} = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{2.488 \times 10^9} = 0.2917 \text{ ns}$$

$$T_r \text{ RZ} = \frac{0.35}{Br} = \frac{0.35}{2.488 \times 10^9} = 0.1458 \text{ ns}$$

Menentukan t intramodal / t material

$$\begin{aligned} T_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 1.5 \text{ Km} \times 0.01364 \text{ ns/nm.Km} \\ &= 0.02046 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta s &= \frac{n_1 - n_2}{n_1} \\ &= 3.412 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{\frac{2.3,14.4,5 \mu\text{m}.1,465}{1,49} \cdot (2.3,14 \cdot 10^{-3})} \text{ m/s} \\ &= 2.295 \end{aligned}$$

Jadi, untuk nilai Rise Time Budget downlink :

$$\begin{aligned} t_{\text{system}} &= (t_{tx}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{tx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15^2 + 0.02046^2 + 0^2 + 0,2^2)^{1/2} \\ &= 0,2508 \text{ ns} \end{aligned}$$

Uplink

Bit Rate Uplink (Br) 1.244 Gbps dengan pengkodean NRZ :

$$T_r \text{ NRZ} = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{1.244 \times 10^9} = 0.5833 \text{ ns}$$

$$T_r \text{ RZ} = \frac{0.35}{Br} = \frac{0.35}{1.244 \times 10^9} = 0.2917 \text{ ns}$$

Menentukan t intramodal / t material

$$\begin{aligned} T_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 1.5 \text{ Km} \times 0.00356 \text{ ns/nm.Km} \\ &= 0.00534 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta s &= \frac{n_1 - n_2}{n_1} \\ &= 3.412 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{\frac{2.3,14.4,5 \mu\text{m}.1,465}{1,49} \cdot (2.3,14 \cdot 10^{-3})} \text{ m/s} \\ &= 2.295 \end{aligned}$$

Jadi, untuk nilai Rise Time Budget uplink :

$$\begin{aligned} t_{\text{system}} &= (t_{tx}^2 + t_{\text{material}}^2 + t_{\text{intermodal}}^2 + t_{tx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15^2 + 0.00534^2 + 0^2 + 0,2^2)^{1/2} \\ &= 0,2500 \text{ ns} \end{aligned}$$

Setelah melakukan hasil perhitungan total Rise Time Budget dari bit rate NRZ untuk downlink memperoleh nilai sebesar 0.2508 ns masih dibawah nilai maksimum RTB sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns dan diatas nilai maksimum RZ sebesar 0.1458 ns . Dari perhitungan RTB untuk uplink memperoleh nilai sebesar 0.2500 ns masih berada dibawah nilai maksimum RTB sinyal NRZ sebesar 0.5833 ns dan sinyal RZ sebesar 0.2917 ns.

5. Kesimpulan

Jaringan akses FTTH mampu dirancang dan direalisasikan, serta dapat bekerja dengan baik pada standar PT. Telkom dan ITU-T

Berdasarkan hasil simulasi dan perancangan jaringan akses FTTH wilayah Royal Kopo Bandung memiliki performansi kerja yang baik dan layak untuk diterapkan pada wilayah tersebut karena memenuhi standar PT. Telkom dan ITU-T

Dari perhitungan PLB dengan tiga kondisi jarak, pada arah *downlink* dihasilkan α total jarak terjauh (19.85), jarak menengah (19.833 dB), dan jarak terdekat (19.749 dB). Untuk arah *Uplink* dihasilkan α total jarak terjauh (19.955 dB), jarak menengah (19.934 dB) dan jarak terdekat (19.829 dB). Ini menunjukkan bahwa perancangan sudah memenuhi standar ITU-T G.984, yakni nilai maksimum 28 dB.

Dari perhitungan nilai daya *receiver* dan margin daya untuk arah *downlink* ialah jarak terjauh (-23.249 dBm dan 5.65 dBm), jarak menengah (-23.333 dBm dan 5.667 dBm) dan jarak terdekat (-23.249 dBm dan 5.751 dBm). Untuk arah *uplink* ialah jarak terjauh (-23.455 dBm dan 5.545 dBm), jarak menengah (-23.434 dBm dan 5.566 dBm) dan jarak terdekat (-23.329 dBm dan 5.671 dBm). Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil yang yang dipadatkan masih memenuhi standar ITU-T G.984 yaitu dengan nilai maksimum daya *receiver* -28 dBm dan nilai margin daya > 0 .

Dari perhitungan RTB, pada *downlink* didapatkan rise time total sebesar 0.2508 ns untuk jarak terjauh nilai tersebut masih dibawah nilai maksimum RTB dari bit rate sinyal NRZ sebesar 0.2917 ns, tetapi berada diatas nilai bit rate sinyal RZ sebesar 0.1458 ns. Pada *uplink* memiliki nilai sebesar 0.2500 ns untuk jarak terjauh. Hal ini menunjukkan link memenuhi kelayakan RTB dengan nilai maksimum rise time dari bit rate NRZ sebesar 0.5833 ns dan bit rate RZ sebesar 0.2917 ns. Dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi RTB sinyal NRZ dan RZ.

Daftar Pustaka

- [1] Serat Optik. https://id.wikipedia.org/wiki/Serat_optik#cite_note-Agrawal-1 (diakses pada tanggal 28 Juli 2019)
- [2] Maulana, Angga Julian. 2012. Perencanaan Desain Jaringan Metro FTTH di Universitas Indonesia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.
- [3] Keiser, Gerd. 2006. *FTTX Concepts Applications*. Canada : John Wiley & Sons, Inc., Publication, Page: 193-197.
- [4] Divisi Access. *Transfer Knowledge FTTH/FTTB*, Penyusunan Design, BoQ & Justifikasi Segmen Tip. PT. Telkom Indonesia. 2009.
- [5] M. Koswara. Manfaat Pemasangan Optical Termination Premises Dalam Jaringan Fiber To The Home. JETT, Vol. 3, No. 2, Page: 380-391.2016.
- [6] T. N. Damayanti and H. Putri. Sistem Komunikasi Optik. 1st ed. Bandung: Henry Media, 2014
- [7] P. T. I. Tbk. Pedoman Desain Jaringan FTTH. PT. Telkom Indonesia. Tbk. 2013.
- [8] Pratomo, D. 2011. Pemanfaatan Prinsip Kerja Sensor Serat Optik Pergeseran untuk Mendesain Alat Ukur Massa. Fakultas Matematika dan IPA. Universitas Sebelas Maret.
- [9] <https://ahambali.staff.telkomuniversity.ac.id/> (diakses pada tanggal 27 Juli 2019)
- [10] Zanger, Henry, Cynthia Zanger. 1991. *Fiber Optics : Communication and Other Applications*. New York: Maxwell Macmillan International Editions In Engineering.
- [11] Teknik Telekomunikasi <https://www.academia.edu/7431669/Ebook-gatot-santoso-1> (diakses pada tanggal 27 Juli 2019)
- [12] Johnson, Malcolm. 2010. *Optical Fibre, Cables and Systems*. Swiss : ITU-T.
- [13] Nurwahibah, Desto Rina Ridla. 2014. Aplikasi Kalkulasi Power Link Budget dan Rise Time Budget Berbasis Android. Universitas Telkom. Bandung.
- [14] Agrawal, Govind P. 2002. *Fiber-Optic Communication Systems*. New York : A John Willey & Sons, Inc. 3rd Edition. Page : 192- 194.
- [15] Hammadi, Ali, Ravinder Talwar, Hari Singh. 2017. *A Case Study on the Architecture, Design, Implementation and Testing of Fiber To The Home Green Network In Kuwait*. International Journal of Current Engineering and Technology. Vol 7. No.5. Arum, Juwita Sekar. 2015. Perancangan Jaringan Akses FTTH Menggunakan Teknologi GPON di Batalyon Kavaleri/Cobra. Universitas Telkom. Bandung.
- [16] Analisis Perhitungan PLB. https://www.researchgate.net/profile/Arsyad_Widhianto/ (Diakses pada tanggal 20 Juli 2019)
- [17] Y. Mohamad Indra , S. Devie Ryana, S. Mia Rosmiati. Perancangan Jaringan FTTH (*Fiber To The Home*). *E-Proceeding of Applied Science*. Pp. 325, 2016.
- [18] Dermawan, Brilian dkk. Analisis Jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) Berteknologi GPON (*Gigabite Passive Optical Network*). Universitas Diponegoro Semarang. 2016.
- [19] Somantri, Febry Ramadhan. Perancangan *Fiber To The Home* (FTTH) Untuk Wilayah Perumahan Sukasari Baleendah. Universitas Telkom. Pp. 1022. 2017.
- [20] Laboratorium Sistem Komunikasi Optik. Modul Sistem Komunikasi Optik. Telkom University. Bandung. 2018.