

# ANALISIS POWER LINK BUDGET PADA JARINGAN FTTH DI KELURAHAN JATIRASA BEKASI

Jeffri<sup>1\*</sup>, Sri Hartanto<sup>2</sup>, Slamet Purwo Santosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Krisnadwipayana; Kota Bekasi; jeffri2097@gmail.com

<sup>2</sup>Universitas Krisnadwipayana; Kota Bekasi; srihartanto@unkris.ac.id

<sup>3</sup>Universitas Krisnadwipayana; Kota Bekasi; slametpurwosantosa@unkris.ac.id

Received: 24 Agustus 2024

Accepted: 5 Oktober 2024

Published: 12 Oktober 2024

## Keywords:

*Fiber To The Home;*

*Power Link Budget;*

*Rise Time Budget;*

*Optisystem.*

## Correspondent Email:

[Jeffri2097@gmail.com](mailto:Jeffri2097@gmail.com)

**Abstrak.** Kebutuhan masyarakat dan kemajuan teknologi telah meningkatkan kecepatan data yang diperlukan untuk mengakses internet. Sebagai metode transmisi, PT. Telkom Indonesia menggunakan kabel serat optik di jaringan *Fiber To The Home* (FTTH). Ada banyak sambungan konektor karena pemasangan konektor kabel *drop wire precon* SC yang tidak sesuai standar. Di jaringan FTTH, kabel serat optik terdekat berjarak 3,4 km dari OLT di STO Pekayon ke ODC, yang berjarak 3 km dengan *splitter* 1:4. Selanjutnya, kabel ini terhubung ke ODP dengan *splitter* 1:8, yang berjarak 0,2 km dari OLT ke ONT. Jarak total dari OLT ke ODP terjauh adalah 3,612 km. Hasil perhitungan *downlink* menunjukkan nilai BER  $1,131 \times 10^{-34}$  bit/s, nilai redaman perangkat -21,707 dBm, dan nilai *Q factor* 12,22. *Uplink* menunjukkan nilai BER 0 bit/s, nilai redaman perangkat -3,301 dBm, dan nilai *Q factor* 198,28. Pada ODP jarak terjauh, nilai *power link budget downlink* adalah -18,04 dBm dan *uplink* adalah -18,11 dBm. *Rise time budget* total *downlink* dan *uplink* adalah 0,26 ns, masih di bawah *rise time* maksimum *bit rate* sinyal NRZ *downlink* adalah 0,29 ns dan NRZ *downlink* adalah 0,58 ns. Menurut analisis berikut, jaringan FTTH memenuhi standar ITU-T G.984 dan perusahaan.

**Abstract.** High data speeds are necessary for Internet access due to societal demands and technological improvements. PT Telkom Indonesia's Fiber To The Home (FTTH) network utilizes fiber optic cables for technological development. The Precon SC drop wire cable contains several connector connections due to non-standard installation. A power link budget study helps optimize the FTTH network in Kelurahan Jatirasa, Bekasi. This network uses fiber optic cables from the OLT at STO Pekayon to the ODC, 3 km away, with a 1:4 splitter, and then to ODP with a 1:8 splitter, 0.2 km from OLT to ONT. The entire distance from OLT to the farthest ODP is 3.612 kilometers. Downlink measurements reveal a BER of  $1.131 \times 10^{-34}$  bits/s, a device dredging value of -21.707 dBm, and a *Q factor* of 12.22. Uplink data reveal a BER of 0 bits/s, a device degradation value of -3.301 dBm, and a *Q factor* of 198.28. The power link budget for the farthest ODP is -18.04 dBs downlink and -18.11 dBs uplink. The rise time budget for both downlink and uplink is 0.26 ns, below the maximum rise time for NRZ transmissions. This research indicates that the FTTH network conforms with the ITU-T G.984 standard.

## 1. PENDAHULUAN

Serat optik mengirimkan cahaya atau sinyal optik dari sumber cahaya ke detektor cahaya pada penerima. Salah satu manfaat fiber optik adalah lebar pita yang luas dan penipisan rendah, ukuran yang kecil dan ringan, tidak ada kebocoran antara serat optik dan kabel, dan kualitas transmisi yang luar biasa [1].

PT. Telkom Indonesia didorong oleh kemajuan teknologi dan kebutuhan masyarakat untuk akses internet kecepatan tinggi. PT. Telkom Indonesia meningkatkan teknologinya dengan menerapkan kabel fiber optik untuk sistem transmisi FTTH. Kabel serat optik dapat mengirimkan data pada kecepatan 2,5 Gbps hingga 5 Gbps dalam jarak 200 kilometer [2].

Parameter yang sesuai dengan peralatan yang digunakan dalam kalkulasi *power link budget*. Digunakan untuk mengevaluasi dan menghitung nilai attenuasi total yang ingin dikirimkan jaringan serat optik ke klien dari OLT. menghitung hubungan antara daya *output transmitter* dan sensitivitas penerima. Perhitungan ini didasarkan pada ITU-T G.984 dan peraturan PT Telkom Indonesia, STO Pekayon, yang menyatakan bahwa penurunan seluruhnya tidak melebihi -24 dBm atau Pr-28 dBm [3].

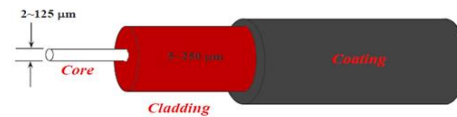
Nilai redaman (*loss*) yang melampaui batas standar PT. Telkom Indonesia, Witel Bekasi pada STO Pekayon yaitu -24 dBm, terjadinya banyak sambungan konektor dan adaptor pada kabel *drop wire*, serta pemasangan konektor kabel *drop wire precon SC* yang tidak sesuai standar. sangat mempengaruhi kestabilan dan kecepatan internet pelanggan. Diharapkan penelitian ini akan memberikan gambaran mendalam tentang kondisi dan kemungkinan evaluasi jaringan FTTH di area kelurahan jatirasa, kota bekasi dan meningkatkan kualitas jaringan layanan, dapat diharapkan tingkat kepuasan pelanggan akan meningkat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Serat Optik

Serat optik adalah media transmisi ataupun jenis kabel dengan diameter antara 2 dan 125 mikrometer. Dihasilkan dari bagian kecil plastik atau kaca, sekitar ukuran rambut. Umumnya, cahaya berasal dari laser maupun *Light Emitting Diode* (LED). Inti serat (*Core*), selimut (*Cladding*), dan Jaket (*Coating*) adalah

lapisan serat optik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 [4], [5] :



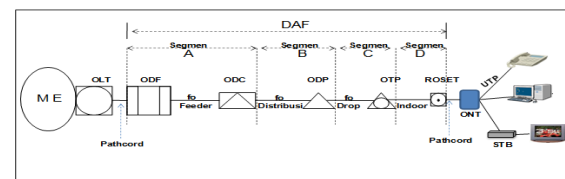
Gambar 2.1 Struktur Serat Optik

Lapisan serat optik dari yang paling dalam adalah :

Serat (Core) : dengan rentang diameter lebih kurang 2  $\mu\text{m}$  s/d 125  $\mu\text{m}$   
 Selimut (Cladding) : dengan rentang diameter lebih kurang 5  $\mu\text{m}$  s/d 250  $\mu\text{m}$   
 Jaket (Coating)

### 2.2. Fiber To The Home (FTTH)

Untuk menyusun struktur, *Fiber To The Home* (FTTH) mengaplikasikan media serat kaca untuk menentukan lokasi titik konversi optik di rumah pelanggan. Sinyal cahaya ditelusuri sebagai sinyal listrik melalui berbagai peranti pada titik konversi optik. Teknologi baru untuk serat optik yang berkembang, dapat mengubah kabel saluran tembaga, memungkinkan perkembangan teknologi ini untuk berkembang [6]. Jaringan FTTH memiliki peranti aktif, ditunjukkan Gambar 2.5. Peranti ini termasuk *Optical Line Terminal* (OLT), *Optical Network Terminal/Unit* (ONT/U), berikut kabel *indoor* dan kabel *feeder*, distribusi, dan *drop* [7].



Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan FTTH [8]

### 2.3 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON adalah peningkatan dari *Broadband Passive Optical Network* (BPON) dan standar ITU-T G.984. Menawarkan kecepatan yang lebih tinggi, perlindungan yang lebih baik, dan pilihan protokol dua tingkat (GEM, *Ethernet*, dan ATM) tetapi ATM tidak dapat digunakan. Dengan bandwidth 2,5 Gbps dan efisiensi 93% dari *GPON Encapsulation Method* (GEM), teknologi ini menggunakan

segmen frame untuk meningkatkan *Quality Of Services* (QOS).

Namun, menurut standar teknologi, perusahaan telekomunikasi menggunakan kecepatan *downstream* 2,4 Gbps dan *upstream* 1,2 Gbps [9]. Membandingkan dengan teknologi optik lainnya, distribusi trafik dilaksanakan secara pasif melewati *splitter* 1:2 atau 1 banding 2, 1:4 atau 1 banding 4, 1:8 atau 1 banding 8, 1:16 atau 1 banding 16, 1:32 atau 1 banding 32, hingga 1:64 atau 1 banding 16 [10].

#### 2.4 Optical Line Network (OLT)

*Optical Line Network* (OLT) adalah peranti aktif dalam STO yang terletak di tengah-tengah terminasi. OLT adalah tempat untuk mengubah sinyal elektrik yang dikirim oleh *Internet Service Provider* (ISP) menjadi sinyal optik [1]. OLT mampu menjangkau sampai dengan 17 km [11]. Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi peranti yang digunakan untuk perencanaan FTTH.

**Tabel 2.1 Perincian OLT [12]**

Parameter	Spesifikasi
<i>Optical Transmit</i>	3 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>Downstream Rate</i>	2,4 Gbps
<i>Upstream Rate</i>	1,2 Gbps
<i>Optical Rise Time</i>	150 ps
<i>Optical Fall Time</i>	150 ps
<i>Max. Work Temperature</i>	-65 °C
<i>Min. Work Temperature</i>	-40 °C
<i>Power Supply Direct Current (DC)</i>	-48 V
<i>Receiver Sensitivity</i>	-28 dBm

#### 2.3 Kabel Serat Optik

Serat optik umumnya berupa *single-mode* G.652D, tergantung pada jenis instalasinya, tanam langsung, *duct*, atau *aerial*. Kabel ini berguna untuk mentransmisikan informasi berupa sinyal optik dari hasil konversi perangkat optik-elektrik [13].

Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 menunjukkan masing-masing spesifikasi kabel serat optik.

**Tabel 2.2 Spesifikasi Kabel G.657A [9]**

Parameter Atenuasi	Spesifikasi (db/km)
1310 nm	$\leq 0,35$
1383 nm	$\leq 0,31$
1550 nm	$\leq 0,21$
1652 nm	$\leq 0,23$

**Tabel 2.3 Spesifikasi Kabel G.652D [9]**

Parameter Atenuasi	Spesifikasi (db/km)
1310 nm	$\leq 0,35$
1490 nm	$\leq 0,28$
1550 nm	$\leq 0,21$
Parameter Dispersi kromatik	Spesifikasi (ps/(nm.km))
1285 nm-1330 nm	$\leq 3,5$
1550 nm	$\leq 18$

#### 2.5 Splitter

*Splitter* digunakan untuk membagi jalur kabel serat optik. Menunjukan *splitter* mempunyai satu *port* masukan dan beberapa *port* keluaran, sehingga operator jaringan FTTH hanya dapat menggunakan satu kabel serat optik untuk melayani pelanggan [9]. Tabel 2.4 menunjukkan redaman pada masing-masing jumlah *port*.

**Tabel 2.4 Loss Splitter [14]**

Jumlah Port	Loss Splitter (dB)
1:2	2,8-4,0
1:4	7,25
1:8	10,38
1:16	13,10
1:32	17,45
1:64	18

#### 2.6 Konektor

Nilai redaman konektor berbeda-beda untuk masing-masing jenis konektor, yang umumnya difungsikan untuk menghubungkan satu perangkat ke perangkat lain. Konektor biasanya dipasang dengan kabel, baik *patch cord* maupun *pigtail* [15]. Tabel 2.5 menunjukkan spesifikasi konektor.

**Tabel 2.5 Spesifikasi Konektor**

Parameter	Spesifikasi
<i>Fiber Type</i>	SM 9/125
<i>Insertion Loss</i>	0,2 dB

## 2.7 Optical Network Terminal (ONT)

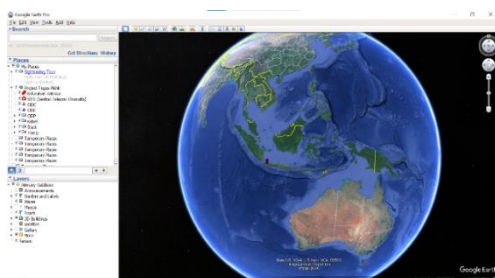
Sebuah perangkat aktif dapat mengonversikan sinyal optik sebagai sinyal elektrik. Sinyal yang sudah diganti ini dapat digunakan untuk menyediakan fasilitas data, telepon dan video. ONT ditempatkan di pelanggan atau di ujung jaringan FTTH [12]. Tabel 2.6 menunjukkan spesifikasi ONT.

**Table 2.6 Spesifikasi ONT [16]**

Parameter	Spesifikasi
<i>Optical T<sub>x</sub> Power</i>	0,5 to 5 dBm
<i>Downstream Rate</i>	2,4 Gbps
<i>Upstream Rate</i>	1,2 Gbps
<i>Downlink Wavelength</i>	1490 nm
<i>Uplink Wavelength</i>	1310 nm
<i>Video Wavelength</i>	1550 nm
<i>Max. Transmission</i>	20 km
<i>Power Consumption</i>	≤ 10 Watt
<i>Sensitivity</i>	≤ -25 dBm
<i>Optical Rise Time</i>	200 ps
<i>Optical Fall Time</i>	200 ps
<i>Max. Work Temperature</i>	45 °C
<i>Min. Work Temperature</i>	-10 °C

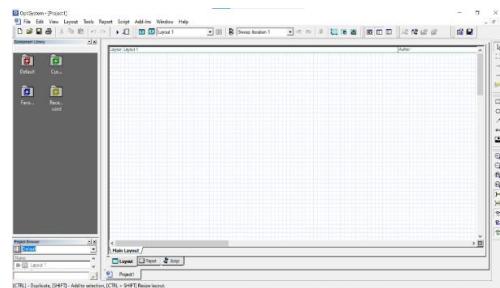
## 2.8 Google Earth Pro

Google Earth Pro adalah aplikasi geospasial yang dikembangkan oleh Keyhole, Inc. Ini menampilkan bumi secara virtual melalui superimposed gambar yang dikumpulkan dari fotografi udara, pemetaan satelit, dan Geographic Information System (GIS) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 [8].

**Gambar 2.3 Google Earth Pro**

## 2.9 Optisystem

Optisystem adalah program *software* simulasi yang difungsikan untuk merancang jaringan serat optik yang belum digunakan secara nyata. Tampilan Optisystem ditunjukkan pada Gambar 2.4. Optisystem memungkinkan melakukan analisis dan kalkulasi *loss* dan *power budget*. Pada Optisystem *software* yang difungsikan untuk simulasi jaringan serat optik dari sentral ke pengguna. Sistem menampilkan grafik *Bit Error Rate (BER)*, *Q Factor* dan *Eye diagram*. Sebelum jaringan serat optik diimplementasikan secara nyata, *software* optisystem digunakan untuk merancang dan membangun jaringan [10].

**Gambar 2.4 OptiSystem**

## 2.10 Power Link Budget

Perhitungan *power link budget* direncanakan untuk menghitung bujet daya yang dibutuhkan penerima sehingga level sensitivitas tidak rendah dari minimum. Tujuan perhitungan ini adalah untuk memastikan apakah peranti dan parameter desain yang dipilih dapat mengirimkan daya sinyal ke pelanggan sesuai dengan persyaratan performansi yang sesuai [10].

$$a_{total} = (L \cdot a_{serat}) + (N_c \cdot a_c) + (N_s \cdot a_s) + a_{sp} \quad (1)$$

Keterangan :

$P_t$  = Daya keluaran sumber optik (dBm)

$P_r$  = Sensitivitas daya maks detector (dBm)

$a_{total}$  = Redaman total system (dB)

$L$  = Panjang serat optik (km)

$a_c$  = Redaman konektor (dB/konektor)

$a_s$  = Redaman sambungan (dB/sambungan)

$a_{serat}$  = Redaman serat optik (dB/km)

$N_s$  = Jumlah sambungan

$N_c$  = Jumlah konektor

$a_{sp}$  = Redaman *splitter* (dB)

$$P_r = P_t - a_{total} \quad (2)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung margin daya adalah :

$$M = (P_t - P_r) - a_{total} - SM \quad (3)$$

Keterangan :

$P_t$  = Daya keluaran sumber optik (dBm)

$P_r$  = Sensitivitas daya maks detector (dBm)

$a_{total}$  = Redaman total system (dB/km)

SM = *Safety Margin*, (6 dB)

### 2.11 Rise Time Budget

Batasan *disperse* satu *link* serat optik dapat dihitung dengan metode *rise time budget*. Metode ini sangat bermanfaat untuk melakukan analisis pola transmisi digital. Penurunan waktu pergantian dari *link* digital biasanya tidak lebih dari 70% dari satu rentang waktu bit *Non-Return-to-Zero* (NRZ) atau 35% dari satu rentang waktu bit data *Return-to-Zero* (RZ) [17].

$$t_f = D \cdot \sigma\lambda \cdot L_{sist} \quad (4)$$

$$t_{sistem} = \sqrt{(t_{tx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2)} \quad (5)$$

Keterangan :

$t_f$  = *Rise time fiber* (ps)

D = Koefisien dispersi ( $\frac{ps}{nm}$  km)

$\sigma\lambda$  = Lebar spektral (nm)

$t_{sistem}$  = Total *rise time budget* (ps)

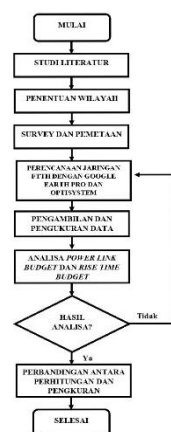
$t_{tx}$  = *Rise time* sumber optik (ps)

$t_{rx}$  = *Rise time* penerima (ns).

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Langkah-Langkah Penelitian

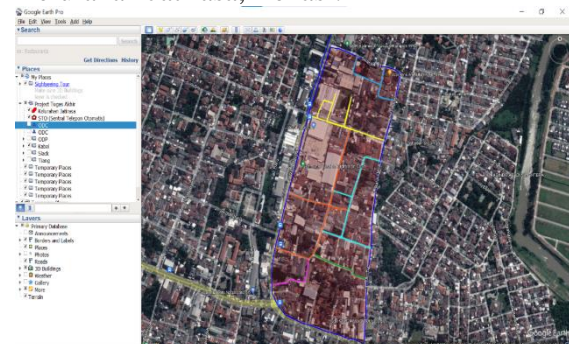
Prosedur penelitian analisis *power link budget* pada jaringan FTTH PT. Telkom Indonesia di Kelurahan Jatirasa, Bekasi, ditunjukkan pada gambar 3.1 bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

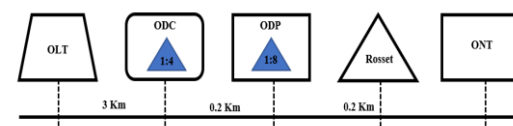
### 3.2 Penentuan Lokasi Penelitian

Untuk menerapkan jaringan FTTH di Kelurahan Jatirasa, Bekasi, langkah pertama adalah membuat denah FTTH. *Google Earth Pro*. Mempermudah perencanaan tanpa harus melakukan survey langsung ke lapangan, dan memiliki fitur untuk mengukur jarak dari titik satu ke titik lainnya. Dalam penelitian ini menggunakan jarak dari STO Pekayon Bekasi jika pelanggan memiliki lokasi yang sudah memenuhi standar perusahaan untuk penerapan FTTH di wilayah tersebut. Gambar 3.2 menunjukkan gambar jaringan FTTH di Kelurahan Jatirasa, Bekasi.



Gambar 3.2 Jaringan FTTH di Kelurahan Jatirasa, Bekasi

Sebagai OLT, STO Pekayon terletak di jalan Pulo Ribung, Pekayon. Selanjutnya, itu dihubungkan ke ODC melalui kabel Feeder, dan kabel distribusi yang membawa ONT pada rumah klien yang terkoneksi ke FTTH.



Gambar 3.3 Rencana Jarak Antar Perangkat Yang Dianalisa

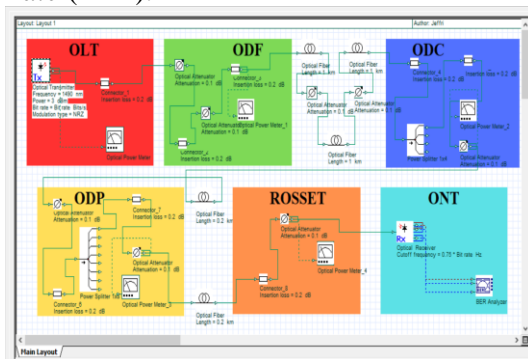
Pada Gambar 3.3 menunjukkan serat optik yang diterapkan pada jaringan FTTH pada jarak terdekat di Kelurahan Jatirasa, Bekasi, berasal dari OLT di STO Pekayon dan menuju ODC berjarak 3 km dengan *splitter* 1:4. Selanjutnya, kabel ini terhubung ke ODP dengan *splitter* 1:8 berjarak 0,2 km hingga ONT. Rentang serat optik dari OLT ke ONT adalah 3,4 km.

### 3.3 Perencanaan Jaringan FTTH Optisystem

Pada Gambar 3.4 menunjukkan perencanaan jaringan FTTH dengan arah *downlink* yang mempunyai panjang frekuensi

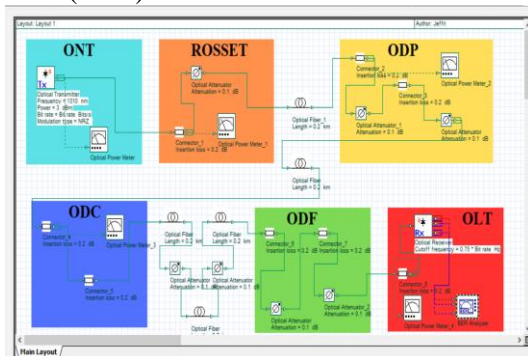


1490 nm di peranti sentral atau OLT dan daya keluaran 3 dBm. Jaringan ini dipasang dengan delapan konektor, *splitter* 1:4 di ODC dan *splitter* 1:8 di setiap ODP, serta *optical receiver* yaitu ONT. BER Analyzer akan disertakan sebagai peranti untuk membaca parameter di simulasi sistem optik. Ini akan menunjukkan periode *bit* dan diagram mata untuk mengetahui besarnya jumlah *Bit Error Rate* (BER).



**Gambar 3.4 Perencanaan Optisystem Downlink**

Pada Gambar 3.5 menunjukkan perencanaan jaringan FTTH dengan arah *uplink* yang mempunyai panjang frekuensi 1310 nm di peranti sentral atau OLT dan daya keluar 3 dBm. Jaringan ini dipasang dengan delapan konektor, dua *splitter* 1:4 sejumlah 1 buah di ODC dan *splitter* 1:8 sejumlah 4 buah di setiap ODP, serta *optical receiver* yaitu ONT. BER Analyzer akan disertakan sebagai peranti untuk mendeteksi parameter yang ada dalam simulasi sistem optik. Ini akan menunjukkan periode *bit* dan diagram mata untuk mengetahui besarnya jumlah *Bit Error Rate* (BER).



**Gambar 3.5 Perencanaan Optisystem Uplink**

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Dari Simulasi Optisystem

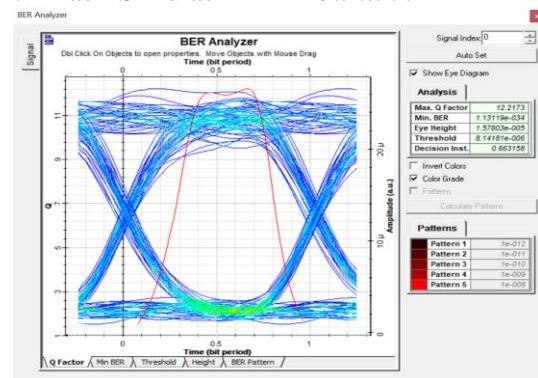
Pada software Optisystem akan digunakan untuk simulasi hasil perencanaan dalam konfigurasi *Uplink* dari OLT ke ONT dan *Downlink* dari ONT ke OLT. Pada Tabel 1 simulasi dimulai dari sampel ODP terjauh yang dikirim dari sentral.

**Tabel 4.1 Jarak OLT ke ONT**

NO	ODP	Jarak STO ke ODP (km)	Jarak
1	ODP-PKY-FFY-50	3,2	Terdekat
2	ODP-PKY-FFY-54	3,324	Menengah
3	ODP-PKY-FFX-59	3,612	Terjauh

Untuk simulasi penelitian, software optisystem digunakan untuk melakukan simulasi perencanaan dengan parameter *Bit Error Rate* (BER) *Downlink* dan *Uplink* dari sentral ke pengguna terjauh.

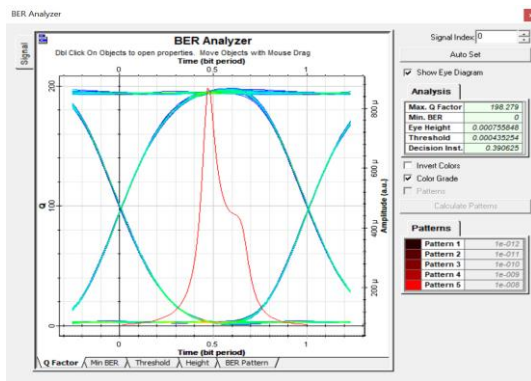
#### 1. Hasil Simulasi BER Downlink



**Gambar 4.1 Hasil BER Downlink**

Hasil simulasi perencanaan arah *downlink* dengan jarak terjauh ditunjukkan pada Gambar 4.1. Berdasarkan perolehan simulasi, nilai parameter *Bit Error Rate* (BER) yaitu  $1,131 \times 10^{-34}$  dan nilai *Q Factor* adalah 12,22 yang menunjukkan bahwa nilai parameter memenuhi persyaratan, yaitu *Bit Error Rate* ( $\leq 1 \times 10^{-9}$ ) dan *Q-factor* ( $\geq 6$ ).

#### 2. Hasil Simulasi BER Uplink



Gambar 4.2 Hasil BER Uplink

Hasil simulasi perencanaan arah *uplink* dengan jarak terjauh ditunjukkan pada Gambar 4.2. Berdasarkan perolehan simulasi, nilai parameter *Bit Error Rate* (BER) yaitu 0 dan nilai *Q Factor* adalah 198,28 yang menunjukkan bahwa nilai parameter tersebut memenuhi persyaratan, yaitu *Bit Error Rate* (0) dan *Q-factor* ( $> 6$ ).

Hasil perbandingan BER *Downlink* dan *Uplink* pada simulasi Optisystem dari ODP jarak terdekat, menengah, dan terjauh ditunjukkan Tabel 4.2 dan 4.3 maka nilai parameter memenuhi standar.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Optisystem Perangkat ODP Downlink

ODP	Jarak (km)	Nilai $P_{rx}$	Nilai BER	Q Factor
ODP-PKY-FFY-50	3,2	-21,256	$1,296 \times 10^{-12}$	6,99
ODP-PKY-FFY-54	3,324	-21,346	$1,897 \times 10^{-12}$	6,95
ODP-PKY-FFY-59	3,612	-21,707	$1,131 \times 10^{-34}$	12,22

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Optisystem Perangkat ODP Uplink

ODP	Jarak (km)	Nilai $P_{rx}$	Nilai BER	Q Factor
ODP-PKY-FFY-50	3,2	-3,051	0	222,74
ODP-PKY-FFY-54	3,324	-3,060	0	221,87

ODP-PKY-FFY-59	3,612	-3,301	0	198,28
----------------	-------	--------	---	--------

## 4.2 Perhitungan Power Link Budget

Penghitungan *power link budget* GPON akan dibagi menjadi dua bagian karena teknologi GPON mempunyai panjang gelombang transmisi yang asimetris. Perhitungan ini akan menghitung jarak yang ada antara OLT mengarah ONT klien. Oleh sebab itu, panjang gelombang *uplink* yaitu 1310 nm dan *downlink* yaitu 1490 nm akan memenuhi persyaratan untuk rentang yang dekat. Pada tahap ini, kalkulasi *power link budget* serta *rise time budget* dilaksanakan untuk jaringan yang telah direncanakan dengan memakai persamaan (1), (2) dan (3). Tabel 4.4 adalah perincian peranti yang diterapkan pada perhitungan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Perincian Perangkat Power Link Budget

Perangkat	Spesifikasi
Optical Transmit Power ( $P_t$ )	3 dBm
Sensitivitas Detektor OLT ( $P_{rx}$ )	-28 dBm
Loss Splitter 1:4	7,25 dB
Loss Splitter 1:8	10,38 dB
Total Jarak (L)	3,612 km
Downlink Wavelength	1490 nm
Uplink Wavelength	1310 nm
SM (Safety Margin)	6 dB

Perhitungan *Downlink* :

- Redaman Total

$$\begin{aligned} \alpha_{total} &= (L \times \alpha_f) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + \alpha_{splitter} \\ &= (3,612 \times 0,28) + (8 \times 0,2) + (8 \times 0,1) + (7,25 + 10,38) \\ &= 1,0113 + 1,6 + 0,8 + 17,63 \\ &= 21,04 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Power link budget/Power daya penerima

$$\begin{aligned} P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{total} \\ &= 3 - 21,04 \\ &= -18,04 \text{ dBm} \end{aligned}$$

- Margin Daya

$$\begin{aligned} M &= (P_{tx} - P_{rx}(\text{sensitivity})) - \alpha_{total} - SM \\ &= (3 - (-28)) - 21,04 - 6 \\ &= 3,96 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Perhitungan *Uplink* :

- Redaman Total

$$\alpha_{total} = (L \times \alpha_f) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + \alpha_{splitter}$$

$$\begin{aligned}
 &= (3,612 \times 0,35) + (8 \times 0,2) + (8 \times 0,1) + \\
 &\quad (7,25 + 10,38) \\
 &= 1,0836 + 1,6 + 0,8 + 17,63 \\
 &= 21,11 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

- *Power link budget/Power* daya penerima

$$\begin{aligned}
 P_{rx} &= P_{tx} - \alpha_{total} \\
 &= 3 - 21,11 \\
 &= -18,11 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

- *Margin Daya*

$$\begin{aligned}
 M &= (P_{tx} - P_{rx}(\text{sensitivity}) - \alpha_{total} - SM) \\
 &= (3 - (-28)) - 21,11 - 6 \\
 &= 3,89 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Karena jarak paling jauh antara peranti sentral dan pengguna yaitu ODP-PKY-FFX-59, daya redaman yang diterima masih dianggap layak karena di bawah standar maksimal yang ditentukan. Oleh sebab itu, kalkulasi *power link budget* dapat dianggap layak.

Perhitungan di atas menunjukkan level daya yang diterima pelanggan pada titik ONT. Perhitungan untuk level daya yang diterima ODC dan ODP adalah sebagai berikut.

- *Level Daya ODC*

$$\begin{aligned}
 P_r \text{ ODC} &= P_t - (\alpha_f (\text{OLT-ODC}) + \alpha_s + \alpha_c + \alpha_{splitter}) \\
 &= 3 - (0,84 + 1,6 + 0,8 + 7,25) \\
 &= 3 - 10,49 \\
 &= -7,49 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

- *Level Daya ODP*

$$\begin{aligned}
 P_r \text{ ODP} &= P_t - (\alpha_f (\text{OLT-ODP}) + \alpha_s + \alpha_c + \alpha_{splitter}) \\
 &= 3 - (0,84 + 0,115 + 1,6 + 0,8 + 7,25 + 10,38) \\
 &= 3 - 20,99 \\
 &= -17,99 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

### 4.3 Perhitungan Rise Time Budget

Batas dispersi jaringan serat optik sanggup ditetapkan lewat *rise time budget*. Prosedur ini sangat berguna guna menganalisis sistem transmisi digital. Tujuannya yakni guna mengenali apakah presentasi jaringan selaku totalitas sudah tercapai serta apakah kanal dapat penuh kapasitas yang di harapkan. Persamaan (4) serta persamaan (5) di dasar ini digunakan buat kalkulasi *rise time budget*. Secara universal, menurunkan waktu transisi pada *link digital* kurang dari maupun sama dengan 70% sejak satu rentang waktu *bit Non-Return-to-zero* (NRZ). Tabel 4. 5 yaitu perincian peranti

yang digunakan dalam perhitungan yaitu selaku berikut.

**Tabel 4.2 Perinciaan Perangkat Rise time budget**

Perangkat	Spesifikasi
<i>Downlink Wavelength</i>	1490 nm
<i>Uplink Wavelength</i>	1310 nm
<i>Bit rate Downlink</i>	2,4 Gbps
<i>Bit rate Uplink</i>	1,2 Gbps
<i>Rise time transmitter (t<sub>x</sub>) OLT</i>	150 x 10 <sup>-3</sup> ns
<i>Rise time transmitter (t<sub>x</sub>) ONT</i>	200 x 10 <sup>-3</sup> ns
Lebar spektral ( $\sigma\lambda$ )	1 nm
Panjang serat optik (L)	3,612 km
Dispersi material (D <sub>m</sub> ) <i>Downlink</i>	0,01364 ns/nm.km
Dispersi material (D <sub>m</sub> ) <i>Uplink</i>	0,00356 ns/nm.km

Perhitungan *Downlink* :

- Perhitungan *bit rate*

$$\begin{aligned}
 t_r &= \frac{0,7}{br} \\
 &= \frac{0,7}{2,4 \times 10^9} = 0,29 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *dispersion chromatic*

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \times \sigma\lambda \times L \\
 &= (13,64 \times 10^{-3}) \times 1 \times 3,612 \\
 &= 0,05 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *rise time system*

$$\begin{aligned}
 t_{sys} &= \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,04926^2} \\
 &= 0,26 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Uplink* :

- Perhitungan *bit rate*

$$\begin{aligned}
 t_r &= \frac{0,7}{br} \\
 &= \frac{0,7}{1,2 \times 10^9} = 0,58 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *dispersion chromatic*

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \times \sigma\lambda \times L \\
 &= (3,5 \times 10^{-3}) \times 1 \times 3,612 \\
 &= 0,013 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *rise time system*

$$\begin{aligned}
 t_{sys} &= \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{0,15^2 + 0,2^2 + 0,012642^2} \\
 &= 0,26 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

Hasil kalkulasi untuk ODP-PKY-FFX-59, ODP dengan jarak terjauh dari OLT mengarah ONT menyatakan bahwa *rise time*



*budget* arah *downlink* total sejumlah 0,26 ns masih berada di bawah *rise time budget* maksimal *bit rate* indikasi *downlink* NRZ sejumlah 0,29 ns, serta *rise time budget uplink* sejumlah 0,25 ns masih berada di bawah *rise time budget* maksimal *bit rate* indikasi *uplink* NRZ sejumlah 0,58 ns. Ini menunjukkan maka sistem mencukupi *rise time budget*.

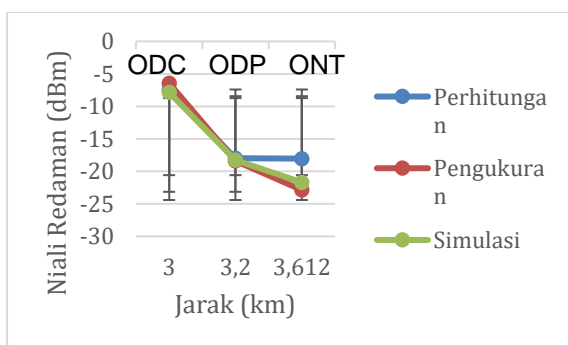
#### 4.4 Hasil Analisis Perhitungan dan Hasil Pengukuran

Setelah perhitungan dilakukan menggunakan persamaan dan pengukuran perangkat serta simulasi pada Optisystem. Hasilnya disajikan dalam Tabel 4.6, yang menunjukkan perbandingan antara hasil perhitungan dan pengukuran daya yang diterima menggunakan jarak terjauh dari OLT.

**Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Perhitungan, Pengukuran dan Simulasi**

Pre mise s	Jara k (km )	Perhitu ngan Downli nk (dBm)	Penguk uran Downli nk (dBm)	Simul asi Down link (dBm)
ODC	3	-7,49	-6,43	-7,85
ODP	3,2	-17,99	-18,40	- 18,254
ONT	3,61 2	-18,04	-22,88	- 21,707

Hasil perhitungan, pengukuran, dan simulasi ditunjukkan oleh grafik perbandingan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan, Pengukuran dan Simulasi**

Tabel serta grafik perolehan perhitungan, pengukuran serta simulasi menampilkan jika *link* di atas lebih rendah dari Standar ITU- T G.

984, yakni optimal -28 dBm serta standar industri yakni -24 dBm. Sehingga, tingkat daya yang diterima sebanding dengan standar kelayakan *power link budget*.

#### 5. KESIMPULAN

Hasil dari analisis yang dilaksanakan pada kelurahan Jatirasa Bekasi telah menghasilkan kesimpulan sebagai berikut.

- Hasil perencanaan dianggap layak pada simulasi peranti yang dibuat menggunakan optisystem secara *downlink* dan *uplink*. Dengan jalur terjauh dari pusat ke pengguna berjarak 3,612 km, ODP terjauh memiliki nilai BER sejumlah  $1,131 \times 10^{-34}$  bit/s, nilai redaman perangkat ( $P_{rx}$ ) sejumlah -21,707 dBm, dan nilai *Q factor* sejumlah 12,22 di *downlink*. Di *uplink*, nilai BER sejumlah 0 bit/s, nilai redaman perangkat ( $P_{rx}$ ) sejumlah -3,301 dBm, dan nilai *Q factor* sejumlah 198,28.
- Berdasarkan analisis kalkulasi *power link budget*, ODP jarak paling jauh dari sentral ke pengguna adalah 3,612 km, dengan nilai *power link budget* sejumlah -18,04 dBm pada *downlink* dan -18,11 dBm pada *uplink*. Ini menentukan maka jaringan FTTH telah mencukupi standar ITU-T G.984.
- Hasil perhitungan ODP jarak terjauh dari sentral menunjukkan bahwa *rise time budget* total *downlink* sejumlah 0,26 ns tetap di bawah level *rise time* maksimum *bit rate* sinyal *downlink* NRZ sejumlah 0,29 ns, serta *rise time budget* total *uplink* sejumlah 0,26 ns tetap di bawah level *rise time* maksimum *bit rate* sinyal *uplink* NRZ sejumlah 0,58 ns. Ini menentukan maka sistem mencukupi *rise time budget*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hartanto, "Penerapan IPTV Pada Jaringan Serat Optik FTTH," *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 67–76, 2018, [Online]. Available:

- <https://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/JKT/E/article/download/1182/870>
- [2] R. R. Syahputra, M. Bagaswara, and D. B. Santoso, "Analisis Redaman (Loss) Rata-Rata Pada Jaringan Fttth Di Btr Blok O Bekasi," *J. Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, p. 80, 2021, doi: 10.30591/polektro.v10i2.2586.
  - [3] S. Purwo and T. Andiyanto, "Perencanaan Jaringan FTTH Dengan Teknologi GPON Di Perumahan Bumi Dirgantara Permai," *J. Elektro Krisna*, vol. 7, no. 2, pp. 45–56, 2019.
  - [4] M. K. Nurwijaya, "Analisis Gangguan Dan Identifikasi Kabel Fiber Optic Menggunakan Otdr Di Otb Cirebon-Brebes R4," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4263.
  - [5] S. Purwo and R. Wina Meyliani, "Analisa Jaringan FTTH (Fiber To The Home) Dengan Teknologi GPON Di Perumahan Pekayon Indah," *J. Elektro Krisna*, vol. 5, no. 3, 2018.
  - [6] G. Ferdian Raka Putra, "Analisa Performansi Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Pada Link STO Tugu Di Perumahan Tugu Banjaran Semarang," *Tek. Jur. Fak. Elektro Semarang, Univ.*, 2023.
  - [7] H. Fadillah, N. Mufti Ardiansyah, and B. Pamukti, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home Dengan Teknologi 10-Gigabit-Capable Passive Optical Network di Perumahan Angkasa Indah Permai Banda Aceh," *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 6, pp. 3647–3735, 2022.
  - [8] M. Irsal and Y. Saragih, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home ( FTTH ) Menggunakan Aplikasi Google Earth Pro," *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, no. April, 2023, doi: 10.30604/jti.v5i1.133.
  - [9] S. Purwo Santosa, "Analisa Jaringan FTTH Dengan Teknologi GPON," *J. Elektro Krisna*, vol. 5, no. 3, 2017, [Online]. Available: [https://repository.unkris.ac.id/id/eprint/239/1/jurnal 3 juni 2020.pdf](https://repository.unkris.ac.id/id/eprint/239/1/jurnal%203%20juni%202020.pdf)
  - [10] D. Saptun Susilawati Sinaga, F. Imansyah, and T. Pontia, "Implementasi Optisystem Pada Perancangan Akses Fiber To The Home (FTTH) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)," *J. Elektro*, 2020.
  - [11] R. Rahmawati *et al.*, "Analisis Transmisi Pada Panjang Gelombang 1490 Single Mode Fiber Optik Dari Odip (Optical Distribution Point) Sampai Ke Pelanggan (Studi Kasus PT. Telkom STO 1 Kendari)," *J. Fokus Elektroda*, vol. 8, no. 2, pp. 141–147, 2023, [Online]. Available: <https://elektroda.uho.ac.id/>
  - [12] W. Dwi, Hafidudin, and W. Tatang, "Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network Pada Perumahan Royal Kopo Bandung," *J. e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 1644–1660, 2019.
  - [13] P. Muliandhi, E. Husna Faradiba, and B. Adi Nugroho, "Analisa Konfigurasi Jaringan FTTH dengan Perangkat OLT Mini untuk Layanan Indihome di PT. Telkom Akses Witel Semarang," *J. Elektr.*, vol. 12, no. 1, p. 7, 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i1.1977.
  - [14] M. Faathir Haq, "Perancangan Dan Analisa Jaringan FTTB Dengan Metode GPON Berbasis Software Optisystem Pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin," *Diss.Universitas Hasanuddin*, 2023, [Online]. Available: [https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/29090/1/D041181345\\_skripsi\\_05-04-2023.pdf](https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/29090/1/D041181345_skripsi_05-04-2023.pdf)
  - [15] N. Jamal, M. Ulfa, and A. Sri Irtawaty, "Analisis Jarak Jangkauan Jaringan Fiber To The Home ( FTTH ) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network ( Gpon ) Berdasarkan Link Power Budget," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 8, no. September, pp. 203–207, 2021.
  - [16] M. Zen Saifuddin, R. Elliyati Nuryaningsih, and A. P. Sardju, "Analisis Unjuk Kerja Jaringan Gigabit Passive Optical Network ( GPON ) PT. Telkom Ternate," *J. PROtek*, vol. 04, no. 2, pp. 84–93, 2017.
  - [17] N. Sabah, F. Imansyah, and T. Pontia W, "Perancangan Jaringan Akses FTTH Dengan Teknologi GPON Menggunakan Algoritma Genetika Di 'Kota Satelit' Kubu Raya," *J. Elektro*, 2020.