

# Analisis Kualitas Layanan *Fiber To The Home* Berteknologi *Gigabit Passive Optical Network* Pada *Link STO Sukawati*

I Made Ari Pradipta<sup>1</sup>, P.K. Sudiarta<sup>2</sup>, G.Sukadarmika<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali - Indonesia  
Email : ari\_pradipta@yahoo.co.id<sup>1</sup>, sudiarta@unud.ac.id<sup>2</sup>, sukadarmika@unud.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRAK

*Gigabit Passive Optical Network* adalah teknologi jaringan akses berbasis fiber optik yang mampu menyediakan data rate dan bandwidth yang tinggi. Dengan keunggulan tersebut, PT.TELKOM menerapkannya pada layanan *IndiHome*. *STO Sukawati* baru saja selesai melakukan proses migrasi sehingga analisis kualitas layanan diperlukan untuk memastikan sudah sesuai standar ITU-T.G.984. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana kualitas jaringan layanan *IndiHome Link STO Sukawati*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengukuran, perhitungan dan simulasi. Pada metode pengukuran data diambil di PT. Telkom. Pada metode perhitungan dilakukan secara matematis dan metode simulasi menggunakan program *OptiSystem*. Hasil dari pengukuran, perhitungan dan simulasi dibandingkan dan kemudian diklasifikasikan menurut standari ITU-T G.984. Parameter yang dibandingkan yaitu *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *BER*, dan *Q-factor*. Hasil pengukuran pada pelanggan terjauh didapatkan hasil Prx yaitu -21.823 dBm, pada simulasi dan perhitungan didapatkan -19.964 dBm dan -19.985 dBm. Untuk perhitungan *Rise Time Budget* didapatkan rise time total sebesar 0.264 ns masih di bawah maksimum rise time dari bitrate sinyal NRZ yaitu sebesar 0.2917 ns. Hasil *BER* dan *Q-factor* didapatkan  $1,3 \times 10^{-17}$  dan 8,45857. Kualitas jaringan *IndiHome* dikategorikan layak, karena sudah memenuhi standar ITU-T G.984.

**Kata kunci :** *Optisystem, Power Link Budget, Rise Time Budget, BER, Q-factor.*

## ABSTRACT

*Gigabit Passive Optical Network* is an optical fiber-based access network technology that is able to provide high data rates and bandwidth. With these advantages, PT. TELKOM applies it to *IndiHome* services. *STO Sukawati* has just finished the migration process so that an analysis of service quality is needed to ensure that it is in accordance with ITU-T.G.984 standards. The purpose of this study was to study how the quality of the *Sukawati STO IndiHome Link* service network. The method used in this study is the method of measurement, calculation and simulation. In the data measurement method taken at PT. Telkom. The calculation method is done mathematically and the simulation method uses the *OptiSystem* program. The results of measurements, calculations and simulations are compared and then classified according to the standard ITU-T G.984. The parameters that are compared are *Power Link Budget*, *Rise Time Budget*, *BER*, and *Q-factor*. The measurement results for the furthest customers were obtained by Prx, which was -21.823 dBm, in the simulation and calculation obtained -19,964 dBm and -19,985 dBm. For the *Rise Time Budget* calculation a total rise time of 0.264 ns is still below the maximum rise time of the NRZ signal bit rate of 0.2917 ns. The results of *BER* and *Q-factor* were obtained  $1.3 \times 10^{-17}$  and 8.45857. The quality of the *IndiHome* network is categorized as feasible, because it meets the ITU-T G.984 standard.

**Keywords :** *Optisystem, Power Link Budget, Rise Time Budget, BER, Q-factor.*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan akses data semakin meningkat menyebabkan teknologi

jaringan akses mengalami kemajuan yang sangat cepat. Keterbatasan akan jaringan tembaga yang dinilai belum cukup untuk

mengakomodir permintaan kapasitas *bandwidth* dan *bitrate* membuat penyedia layanan komunikasi seperti PT. Telkom, memulai transisi dari penggunaan kabel tembaga ke jaringan serat optik dengan membuat layanan IndiHome. Layanan IndiHome diimplementasikan ke jaringan FTTH berteknologi GPON.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana kualitas jaringan layanan IndiHome Link STO Sukawati. Adapun parameter yang diperlukan untuk mengetahui kualitas dari sebuah jaringan, di antaranya adalah *Power Link Budget* (Prx), *Rise Time Budget* Q-factor, dan *bit error rate* (BER) [1].

Penulis melakukan penelitian berdasarkan dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu "Analisis Pengujian Implementasi Perangkat *Fiber to the Home* (FTTH) dengan *OptiSystem* pada Link STO Ahmad Yani ke Apartemen Gateway" oleh Aghina Fatyah Sabika [2]. Perbedaan dari penelitian tersebut adalah ditambahkan parameter kualitas layanan q-factor. Analisis

pada penelitian ini menggunakan metode yang terdiri dari simulasi, pengukuran dan perhitungan. Simulasi menggunakan program *OptiSystem*. *OptiSystem* merupakan perangkat lunak yang komprehensif yang memungkinkan untuk mendesain, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik. Dari hasil simulasi, pengukuran dan perhitungan selanjutnya dilakukan perbandingan dengan standar ITU-T G.984 untuk menentukan apakah layanan IndiHome telah layak atau tidak.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Komunikasi Optik

Arsitektur jaringan mengacu pada desain jaringan komunikasi dan menyediakan kerangka kerja untuk spesifikasi jaringan dari komponen fisik untuk layanan. Jaringan akses adalah bagian dari jaringan komunikasi yang langsung terhubung ke pengguna akhir. Dalam rangka untuk menentukan *interworking* infrastruktur pasif dan aktif, adalah penting untuk membuat perbedaan yang jelas antara topologi digunakan untuk penyebaran serat (infrastruktur pasif) dan teknologi yang digunakan untuk

mengangkut data melalui serat (peralatan aktif) [2].

Secara umum arsitektur jaringan JARLOKAF mulai dari pusat layanan sampai dengan pelanggan adalah sebagai berikut [2]:

1. OLT (*Optical Line Terminal*) sebagai daerah pusat dari sistem jaringan.
2. ODF (*Optical Distribution Frame*) atau sebagai tempat peralihan dari kabel serat optik outdoor dengan kabel serat optik indoor,
3. ODC (*Optical Distribution Cabinet*) atau perangkat Lemari Kabel *Fiber Optic*.
4. ODP (*Optical Distribution Point*) atau kotak distribusi layanan ke pelanggan
5. ONT/ONU *Optical Network Terminal* atau *Optical Network Unit*.

### 2.2 Gigabit Passive Optical Network

*Gigabit Passive Optical Network* (GPON) merupakan arsitektur jaringan akses berbasis serat optik yang menggunakan konsep *point-to-multipoint* Jaringan GPON ini memiliki keunggulan yaitu memiliki koneksi kecepatan tinggi dan memungkinkan akses internet secara cepat terkoneksi [1][2].

ITU-T G.984 merupakan standar yang dikeluarkan oleh ITU-T untuk teknologi GPON. GPON merupakan evolusi dari standar BPON. Standar teknologi ini mengizinkan beberapa pilihan kecepatan, tetapi untuk industri seragam antara 2,488 Mbps untuk *downstream* dan 1,244 Mbps untuk *upstream*. *Power Link Budget* nilainya harus berkisar antara -10 dBm sampai -28 dBm, nilai BER minimal harus  $10^{-9}$  atau 6 dalam q-factor [3].

### 2.3 Optisystem

*OptiSystem* adalah program simulasi sistem komunikasi optik untuk perancangan, pengujian, dan optimalisasi untuk hampir semua jenis *link* optik pada *physical* layer dari jaringan optik. Tingkatan simulator berdasarkan pemodelan sistem komunikasi serat optik yang realistis, *OptiSystem* memiliki kemampuan simulasi yang kuat dan komponen sistem yang benar-benar hierarkis. Kemampuannya dapat dengan mudah diperluas dengan penambahan komponen-komponen dan antar muka yang simpel. Program ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan simulasi perancangan jaringan *fiber optic*.

**2.4 Parameter Kualitas Jaringan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada Skripsi ini, diambil parameter kualitas jaringan. Parameter ini merupakan parameter yang menentukan kualitas jaringan transmisi GPON untuk layanan IndiHome, sebagai berikut.

**a. Power Link Budget**

Perhitungan *power link budget* untuk mengetahui batasan redaman total yang diizinkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima, digunakan persamaan (1) [3][4]:

$$P_{rx} = P_{tx} - (L_{optic} + L_{con} + L_{ins} + L_{split}) \dots (1)$$

Dengan :

- $P_{tx}$  = Transmit Power
- $L_{optic}$  = Fiber Loss
- $L_{con}$  = Connector Loss
- $L_{ins}$  = Insertion Loss
- $L_{split}$  = Splitter Loss

**b. Rise Time Budget**

Dalam sistem komunikasi digital, pengkodean secara umum menggunakan *return-to-zero* (RZ) dan *non-return to-zero* (NRZ). Keterbatasan dari *rise-time* akan menyebabkan data terdistorsi sehingga data tersebut akan *loss*. *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus. *Rise Time Budget* ditunjukkan dengan persamaan (2) [3][4]:

$$T_{total} = (T_{tx}^2 + T_{fiber}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{\frac{1}{2}} \dots (2)$$

Dengan:

- $T_{tx}$  = Transmit Rise Time
- $T_{rx}$  = Receive Rise Time
- $T_{fiber} = linewidth \times L \times dispersion$
- $T_{intermodal} = 0$  (menggunakan *singlemode*)

Menurut standar ITU-T G.984 [3][4], *rise time* dikategorikan layak harus memenuhi persamaan (3).

$$T_{total} \leq T_r \dots (3)$$

Dengan :

$$T_r = \frac{0.7}{bit\ rate}$$

**c. Bit Error Rate (BER)**

BER untuk sistem komunikasi optik menurut ITU-T G.984 sebesar  $10^{-9}$ . Faktor-faktor yang mempengaruhi BER antara lain *noise*, interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, redaman, *multipath fading*[5][6].

**d. Q-Factor**

Dalam sistem komunikasi serat optik khususnya DWDM, minimal nilai *Q-Factor* yang ditentukan oleh ITU-T G.984 adalah 6 atau  $10^{-9}$  dalam *Bit Error Rate* (BER)[6].

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan pada layanan IndiHome area STO Sukawati kabel *Feeder* nomor 02 dengan 3 kabel distribusi. Gambar 1 adalah distribusi jaringan kabel *feeder 02*. Kabel *feeder* ini terletak di Jalan Raya Celuk dengan rincian Panjang kabel *feeder* yaitu 2.5 km dan menggunakan jenis kabel *fiber optic* G.652D.



Gambar 1 Distribusi kabel Feeder 02

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan berikut ini.

- a. Melakukan pengumpulan data kualitas jaringan Prx, BER dan data pendukung lainnya.
- b. Melakukan simulasi pada *Optisystem* dengan memasukkan data yang telah didapatkan sebelumnya.
- c. Melakukan perhitungan matematis dan membandingkan dengan standar ITU-T G.984.
- d. Melakukan analisis hasil dari simulasi dengan pengukuran dan selanjutnya dibandingkan dengan standar ITU-T G.984.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil Ukur dan Perhitungan

###### a. Power Link Budget

Pengukuran dan perhitungan *Power Link Budget* (Prx) dilakukan pada ODP terjauh dengan 3 sampel pelanggan di setiap ODP dengan rincian ODP-SWI-FB/01 sebanyak 3 sampel pelanggan, ODP-SWI-FB/08 sebanyak 3 dan ODP-SWI-FB/23 sebanyak 3. Dengan demikian ada 9 sampel digunakan untuk analisis. Data Hasil Ukur Didapatkan di PT. Telkom Witel Denpasar.

Perhitungan Prx menggunakan persamaan (1). Tabel 1 merupakan hasil Prx pengukuran dan perhitungan.

**Tabel 1** Nilai Prx pada sampel terjauh

No.	ODP	Hasil Ukur (dBm)	Hasil Perhitungan (dBm)
1	ODP-SWI-FB/01	-20,81	-19,694
2		-20,68	-19,711
3		-20,67	-19,684
4	ODP-SWI-FB/08	-17,056	-15,831
5		-16,968	-15,856
6		-16,834	-15,824
7	ODP-SWI-FB/23	-21,823	-19,985
8		-21,54	-19,963
9		-21,81	-19,972

Berdasarkan hasil ukur dan hasil hitung seperti terlihat pada tabel 1, hasil ukur cenderung memiliki hasil yang lebih tinggi dari pada hasil perhitungan dengan hasil tertinggi -21,823 dBm. Sedangkan untuk hasil perhitungan hasil tertinggi adalah -19,985 dBm.

###### b. Rise Time Budget

Perhitungan *Rise Time Budget* dilakukan pada sampel jarak terjauh yaitu ODP-SWI-FB/23 dengan jarak 4,768 Km.

Mencari  $T_{fiber}$  dengan  $Linewidth = 1\text{ nm}$  dan  $dispersion = 0,018\text{ ns/nm.km}$  menggunakan persamaan (2).

$$T_{fiber} = 1\text{ nm} \times 4,768\text{ km} \times 0,018\text{ ns/nm.km} = 0,0858\text{ ns}$$

Mencari  $T_{total}$  menggunakan persamaan (2), dengan  $T_{tx} = 0,15\text{ ns}$ ,  $T_{rx} = 0,2\text{ ns}$ ,  $T_{intermodal} = 0$  karena menggunakan kabel fiber jenis *singlemode*.

$$T_{total} = (0,15^2 + 0,0858^2 + 0 + 0,2^2)^{\frac{1}{2}} = 0,264\text{ ns}$$

Mencari  $T_r$  dengan  $Bit\ rate = 2,4\text{ Gbps}$ :

$$T_r = \frac{0,7}{(2,4 \times 10^9)} = 0,2917\text{ ns}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil  $T_{total}$  sebesar 0,264 ns, nilai ini di bawah  $T_r$ , yaitu 0,2917 ns, sehingga menurut persamaan (3) maka *rise time budget* sudah memenuhi standar.

##### 4.3 Hasil Simulasi

Simulasi menggunakan program *Optisystem* dengan daya pancar pada *transmitter* 5 dBm, kabel serat optik memiliki redaman sebesar 0,28 dB/km. Panjang gelombang yang digunakan pada simulasi yaitu 1490 nm, redaman setiap konektor yaitu 0,2 dB. Untuk *passive splitter* menggunakan 3 jenis dengan rincian : *passive splitter* 1:4 dengan redaman ideal 7,25 dB, *passive splitter* 1:8 dengan redaman ideal 10,38 dB, dan *passive splitter* 1:16 dengan redaman ideal 14,1 dB.

###### a. Power Link Budget

Simulasi *Power Link Budget* dilakukan pada ODP terjauh dengan 3 sampel pelanggan di setiap ODP dengan rincian ODP-SWI-FB/01, ODP-SWI-FB/08 dan ODP-SWI-FB/23. Dengan demikian ada 9 sampel digunakan untuk analisis. Tabel 2 merupakan 9 sampel hasil simulasi Prx.



**Tabel 2** Nilai Prx pada saat simulasi

No.	ODP	Hasil Simulasi (dBm)
1	ODP-SWI-FB/01	-19,674
2		-19,690
3		-19,664
4	ODP-SWI-FB/08	-15,831
5		-15,856
6		-15,825
7	ODP-SWI-FB/23	-19,964
8		-19,942
9		-19,952

Berdasarkan hasil simulasi seperti terlihat pada tabel 2, hasil simulasi tertinggi terdapat pada ODP-SWI-FB/23 dengan nilai -19,964 dBm. Sedangkan untuk hasil simulasi terendah terdapat pada ODP-SWI-FB/08 dengan nilai -15,825 dBm.

**b. Bit Error Rate dan Q Factor**

Simulasi *Power Link Budget* dilakukan pada ODP terjauh dengan 3 sampel pelanggan di setiap ODP dengan rincian ODP-SWI-FB/01, ODP-SWI-FB/08 dan ODP-SWI-FB/23. Dengan demikian ada 9 sampel digunakan untuk analisis. Tabel 3 merupakan 9 sampel hasil simulasi *Bit Error Rate* dan *Q-Factor*.

**Tabel 3** Nilai *Bit Error Rate* dan *Q Factor* pada saat simulasi

No.	ODP	Q-factor	BER
1	ODP-SWI-FB/01	8,39067	$2,4 \times 10^{-17}$
2		8,09874	$2,7 \times 10^{-16}$
3		8,45857	$1,3 \times 10^{-17}$
4	ODP-SWI-FB/08	7,8751	$1,7 \times 10^{-15}$
5		8,03301	$4,7 \times 10^{-16}$
6		8,36709	$2,9 \times 10^{-17}$
7	ODP-SWI-FB/23	7,78228	$3,5 \times 10^{-15}$
8		7,63601	$1,1 \times 10^{-14}$
9		7,82154	$2,6 \times 10^{-15}$

Berdasarkan hasil simulasi seperti terlihat pada tabel 3, untuk Q-factor hasil simulasi tertinggi terdapat pada ODP-SWI-FB/08 dengan nilai 8,36709, nilai terendah terdapat pada ODP-SWI-FB/23 dengan nilai 7,63601. Sedangkan untuk BER hasil

simulasi tertinggi terdapat pada ODP-SWI-FB/08 dengan nilai  $2,9 \times 10^{-17}$ , nilai terendah terdapat pada ODP-SWI-FB/23 dengan nilai  $1,1 \times 10^{-14}$

**4.4 Analisis Hasil**

Berdasarkan hasil dari pengukuran, perhitungan dan simulasi yang bisa dilihat pada tabel 4 didapatkan nilai *Rx Power* (Prx) pada saat pengukuran bervariasi antara -16,834 dBm sampai dengan -21,823 dBm. Pada hasil perhitungan dan simulasi didapatkan nilai Prx yang hampir sama.

**Tabel 4** Perbandingan nilai Prx

No.	ODP	Hasil Ukur (dBm)	Hasil Perhitungan (dBm)	Hasil Simulasi (dBm)
1	ODP-SWI-FB/01	-20,81	-19,694	-19,674
2		-20,68	-19,711	-19,690
3		-20,67	-19,684	-19,664
4	ODP-SWI-FB/08	-17,056	-15,831	-15,831
5		-16,968	-15,856	-15,856
6		-16,834	-15,824	-15,825
7	ODP-SWI-FB/23	-21,823	-19,985	-19,964
8		-21,54	-19,963	-19,942
9		-21,81	-19,972	-19,952

Pada tabel 4 terlihat pada hasil simulasi dan perhitungan cenderung memiliki hasil Prx yang lebih kecil dari pada hasil pengukuran. Nilai Prx terbesar pada saat simulasi yaitu -19.964 dBm, hasil pada perhitungan yaitu -19.985 dBm sedangkan pengukuran yang didapatkan PT. Telkom [7] yaitu -21.823 dBm. Setelah diklasifikasikan, hasil ukur, perhitungan dan simulasi menunjukkan bahwa sudah memenuhi standar ITU-T G.984 karena nilai Prx tertinggi masih dalam rentang nilai -10 dBm sampai dengan -28 dBm.

Untuk *rise time budget*, didapatkan *rise time* total ( $T_{total}$ ) sebesar 0.264ns masih di bawah maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ yaitu sebesar 0.2917ns. Berarti menurut persamaan 5 dapat disimpulkan bahwa sistem telah memenuhi standar *rise time budget*. Hasil simulasi BER dan Q-factor didapatkan nilai BER yang terbesar adalah  $1,3 \times 10^{-17}$ , sedangkan Q-factor didapatkan 8,45857. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan sudah memenuhi standar

ITU-T G.984 yaitu BER minimal  $10^{-9}$  dan Q-factor minimal bernilai 6.

Dari hasil ukur, perhitungan dan simulasi yang dilakukan, untuk layanan IndiHome di wilayah layanan STO Sukawati, dikatakan layak karena berdasarkan hasil penelitian kualitas jaringan GPON sudah memenuhi standar ITU-T G.984.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengukuran, perhitungan dan simulasi didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai Prx terbesar pada saat simulasi didapatkan -19.964 dBm, hasil pada perhitungan yaitu -19.985 dBm sedangkan pada pengukuran sebesar nilai -21.823 dBm dan setelah diklasifikasikan, hasil ukur, perhitungan dan simulasi menunjukkan bahwa sudah memenuhi standar ITU-T G.984 karena nilai Prx tertinggi tidak melebihi dari -28 dBm.
2. *Rise time budget*, sudah sesuai standar karena pada saat perhitungan didapatkan *rise time* total ( $T_{total}$ ) sebesar 0.264 ns masih di bawah maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ yaitu sebesar 0.2917ns.
3. Hasil simulasi BER dan Q-factor didapatkan nilai BER dan Q-factor sudah memenuhi standar ITU-T G.984 yaitu BER minimal  $10^{-9}$  dan Q-factor minimal bernilai 6.
4. Berdasarkan hasil penelitian jaringan IndiHome dikategorikan sudah layak dan baik karena sudah memenuhi standar dari ITU-T G.984 yaitu nilai Prx tertinggi masih dalam rentang -10 dBm sampai dengan -28 dBm, nilai BER tidak melebihi  $10^{-9}$  dan nilai *q-factor* minimal 6. Dari hasil perhitungan *rise time budget* menunjukkan bahwa sudah sesuai persamaan yaitu nilai  $T_{total} \leq T_r$ .

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramundia, Ngakan Oka. Sudiarta, P.K. dan Gunantara, N. Analisis Pengukuran Kualitas Jaringan GPON pada Layanan IPTV PT.Telkom di Wilayah Denpasar, Bali. *Jurnal SPEKTRUM Vol. 2, No. 2*; 2015.
- [2] Sabika, Aghina Fatyah. Hambali, Akhmad. Oceanto, Andy Audy. Analisis Pengujian Implementasi Perangkat *Fiber to the Home* (FTTH) dengan STO Ahmad Yani ke Apartemen Gateway. *e-Proceeding of Engineering Vol 1 No.1*; 2015.
- [3] ITU-T Rec. G.984. *Gigabyte-Capable Passive Optical Network (GPON) General Characteristics*. Geneva: ITU-T, 2003.
- [4] ITU-T Rec. G.974. *Test methods applicable to optical fibre submarine cable systems* Geneva: ITU-T, 2004.
- [5] Keiser, Gerd. *Optical Fiber Communications*, Second Edition. Pricenton, New Jersey: McGRAW-HILL. 2001.
- [6] Ivaniga ,Tomáš. *Evaluation of the bit error rate and Q-factor in optical networks : IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*. Slovakia: 2014.
- [7] PT. Telkom Witel Denpasar, Laporan Kinerja Jaringan FTTH bulan Oktober 2018.