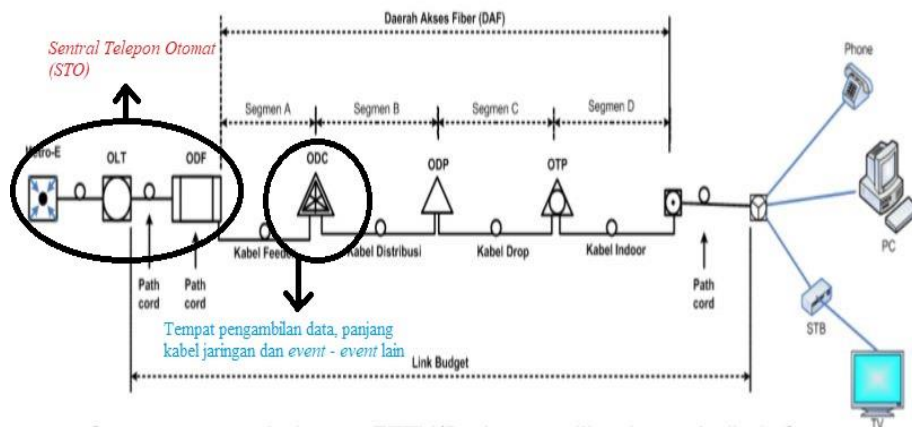


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Spesifikasi Jaringan *Fiber To The Home (FTTH)*

Sistem komunikasi jaringan *Fiber To The Home (FTTH)* PT. Telkom Indonesia dalam pelaksanaannya dikelola oleh anak perusahaannya yaitu PT. Telkom Akses yang tersebar sampai kabupaten dan kota di seluruh Indonesia. PT. Telkom Akses berwenang untuk mengelola jaringan *Fiber To The Home* mulai dari perancangan, pembangunan, pengadaan barang, perawatan hingga melakukan perbaikan jaringan mulai dari STO hingga ONT dipelanggan. Jaringan *Fiber To The Home* mulai dari sisi penyedia (STO) hingga ke pelanggan (ONT/ONU), pada umumnya terdiri atas dua klasifikasi perangkat yaitu perangkat aktif dan perangkat pasif. Perangkat aktif adalah perangkat yang memerlukan aliran daya listrik dalam pengoperasiannya, perangkat aktif yang berada di sisi sentral yaitu *Optical Line Terminal (OLT)* dan *Optical Network Termination (ONT)* merupakan perangkat aktif yang berada disisi pelanggan. Kemudian perangkat pasif adalah perangkat pendukung jaringan *Fiber To The Home* yang tidak memerlukan energi listrik maupun yang lain karena sifatnya yang hanya mentransmisikan sinyal cahaya, contoh perangkat pasif yaitu konektor, *coupler*, serat optik, *splitter* dan yang lainnya. Jaringan *fiber to the home* yang digunakan oleh PT. Telkom pada umumnya terdiri atas empat segmen mulai dari *Sentral Telepon Otomat (STO)* disisi *transmitter* hingga ke *Optical Network Termination (ONT)* disisi pelanggan. Dimana perangkat yang digunakan pada jaringan *ftth* secara berurutan sebagai berikut :*Metro Ethernet (Metro – E)*, *Optical Line Terminal (OLT)* *Optical Distribution Frame (ODF)*, *Optical Distribution Cabinet (ODC)*, *Optical Distribution Point (ODP)*, dan *Optical Network Termination (ONT)*.



Gambar 4.1 Elemen dan topologi *Fiber To The Home*  
 Sumber : Modul-1 Telkom Indonesia Overview FTTH

Secara umum jaringan *Fiber To The Home* mulai dari sisi sentral (*STO*) hingga ke sisi pelanggan (*ONT*) terbagi dalam empat segmen atau bagian. Pada gambar 4.1 diatas adalah pembagian segmen dan topologi *Fiber To The Home* yang digunakan PT. Telkom. Sebelum masuk kedalam pembagian segmen jaringan *Fiber To The Home* disisi *Sentral Telepon Otomat (STO)* terdapat tiga perangkat utama yaitu *Metro Ethernet (Metro-E)*, *Optical Line Terminal (OLT)* dan *Optical Distribution Frame (ODF)*. *Metro Ethernet (Metro-E)* merupakan sumber pertama dan utama dalam jaringan *Fiber To The Home* yang mampu menjangkau skala metro atau perkotaan. *Optical Line Terminal (OLT)* adalah perangkat pengkonversi sinyal listrik dan mengkoordinasikan *multiplexing* pada perangkat selanjutnya. *Optical Distribution Frame (ODF)* adalah perangkat peralihan dari optik *indoor* ke *outdoor* dan sebaliknya. Dalam sistem komunikasi jaringan *FTTH* PT. Telkom dibagi menjadi empat segmen yaitu segmen A, segmen B, segmen C dan segmen D.

Segmen A merupakan bagian yang masih berada dilingkup *central officer (STO)* yang menggunakan catuan kabel *feeder* dengan dengan jenis kabel serat optik *singlemode* tipe *G.652D* yang menghubungkan perangkat *metro-E* ke *OLT* yang memiliki sifat opto-elektrik yang artinya mengubah atau mengkonversi sinyal listrik menjadi sinyal optik, dan juga

menghubungkan dari *OLT* menuju *ODF*. Kemudian juga menghubungkan ke *ODC* yang merupakan tempat titik ujung dari kabel *feeder*. Selain itu disegmen A ini juga terdapat perangkat pendukung baik yang berada di *STO* maupun di *ODC* seperti splitter 1: 4, sambungan, *pathcore* dan juga konektor.

Segmen B merupakan catuan kabel distribusi yang juga masih menggunakan kabel serat optik *singlemode* jenis G.652D. Pada segmen B ini serat optik sebagai kabel pembagi (sekunder) yang akan menghubungkan *ODC* dengan *ODP*, dimana *ODP* akan menjadi ujung dari kabel distribusi. Didalam segmen B masih terdapat perangkat pasif pendukung seperti konektor *splitter* 1:8 dan juga sambungan.

Pada segmen C ini kabel yang digunakan adalah catuan *drop* dimana akan mengubungkan *ODP* dengan *Optical Terminal Premises (OTP)*. Di *OTP* ini juga sebagai tempat titik pangkal kabel *drop* dan juga sekaligus sebagi ujung kabel *drop*.

Segmen D merupakan bagian yang menggunakan catuan kabel *indoor* yang mana fungsinya untuk meneruskan informasi berupa gelombang cahaya yang menghubungkan *OTP* ke *ONT* yang berada sisi pelanggan.

Pada penelitian tugas akhir ini penulis melakukan pengukuran dan pengambilan data di *STO* Pakem, Sleman, Yogyakarta. Pengambilan data sendiri dilakukan dengan pengukuran langsung di *ODC* terdekat dari *STO* Pakem, *ODC* sendiri berada di segmen A yang mana telah dijelaskan sebelumnya bahwa *ODC* menjadi ujung kabel *feeder*. Pengukuran hanya mungkin dilakukan di *ODC* saja karena apabila dilakukan pengukuran pada perangkat *OLT* di *STO* akan mengganggu transmisi data pada sisi pelanggan secara langsung.

## 4.2 Analisis Perhitungan Performansi Jaringan *Fiber To The Home (FTTH)*

Perhitungan dengan menggunakan parameter - parameter tertentu dapat digunakan untuk mengetahui kualitas performansi atau keandalan suatu jaringan FTTH. Dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan perhitungan terhadap beberapa *sample* pelanggan dengan menggunakan empat parameter sebagai standar kualitas jaringan FTTH, keempat parameter tersebut adalah *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal to Noise Ratio (SNR)* dan *Bit Error Rate (BER)*, setiap parameter menggunakan standar yang telah ditetapkan oleh PT, Telkom. Perhitungan dilakukan dengan melakukan pengukuran terlebih dahulu terhadap FTTH dari sisi sentral hingga pelanggan untuk memperoleh data – data yang sesuai dengan indikator perhitungan. Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan *sample* terhadap empat pelanggan pengguna FTTH PT. Telkom yang berada di STO Pakem, namun pada analisis perhitungan ini disajikan dua contoh perhitungan yaitu pelanggan satu dan pelanggan ke tiga.

### 4.2.1 Analisis Perhitungan Pelanggan Satu

Perhitungan tiap indikator akan dilakukan perhitungan dengan membagi menjadi dua bagian yaitu *downstream* dan *upstream*, perhitungan ini berdasarkan data pelanggan mulai dari sisi sentral hingga sisi pelanggan sesuai dengan yang ada pada PT. Telkom khususnya di STO Pakem, Sleman, Yogyakarta.

Berkaitan dengan data pelanggan satu ini, tidak terdapat beban dipelanggan sehingga dari STO Pakem kemudian menuju ODC hingga ke ujung kabel tanpa melalui ODP dan ONT.

Jarak antara STO – ODC            0,4252 km

   ODC – ONT            1,6499 km

Sehingga jarak antara STO – ONT adalah 2,0751 km

#### 4.2.1.1 Analisis *Link Power Budget*

Perhitungan *Link Power Budget* sangat dipengaruhi oleh panjang kabel distribusi dari sentral ke pelanggan, selain itu jumlah konektor dan sambungan juga menjadi faktor yang akan mempengaruhi nilai redaman.

Tabel 4.1 Data *Link Power Budget* Pelanggan Satu

Parameter	<i>Downstream</i>	<i>Upstream</i>
Panjang Gelombang ( $\lambda$ )	1490 nm	1310 nm
Daya Keluaran Optik ( $P_t$ )	5 dBm	5 dBm
Sensitivitas Detektor ( $P_r$ )	-28 dBm	-28 dBm
Redaman Serat G.562.D ( $\alpha_{serat}$ )	0.28 dB/km	0.35 dB/km
Redaman Sambungan ( $\alpha_s$ )	0.05 dB/ <i>splice</i>	0.05 dB/ <i>splice</i>
Redaman Konektor ( $\alpha_c$ )	0.25 dB/ <i>splice</i>	0.25 dB/ <i>splice</i>
Redaman <i>Splitter</i> 1 : 4 ( $S_p$ )	7.25 dB	7.25 dB
Redaman <i>Splitter</i> 1 : 8 ( $S_p$ )	10.38 dB	10.38 dB
Jumlah Sambungan ( $N_s$ )	1	1
Jumlah Konektor ( $N_c$ )	5	5
Panjang Serat Optik (L)	2,0751 km	2,0751 km

##### *Downstream 1490 nm*

$$a_{tot} = L \cdot \alpha_f + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p$$

$$M = (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s$$

$$\begin{aligned} a_{tot} &= (2,0751 \times 0,28) + (1 \times 0,05) + (5 \times 0,25) + (7,25 + 10,38) \\ &= 19,511 \text{ dB} \end{aligned}$$

Daya diterima :

$$P_r = P_t - a_{tot} - SM$$

$$= 5 - 19,511 - 6$$

$$= - 20,511 \text{ dBm}$$

Margin Daya

$$M = (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s$$

$$= (5 - (-28)) - 19,511 - 6$$

$$= 7,489 \text{ dBm}$$

Upstream 1310 nm

$$a_{tot} = L \cdot a_f + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + S_p$$

$$M = (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s$$

$$a_{tot} = (2,0751 \times 0,35) + (1 \times 0,05) + (5 \times 0,25) + (7,25 + 10,38)$$

$$= 19,6562 \text{ dB}$$

Sensitivitas Daya :

$$P_r = P_t - a_{tot} - SM$$

$$= 5 - 19,6562 - 6$$

$$= - 20,6562 \text{ dBm}$$

Margin Daya

$$M = (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s$$

$$= (5 - (-28)) - 19,6562 - 6$$

$$= 7,3438 \text{ dBm}$$

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Link Power Budget*

Redaman Total	Data Satu	Data Dua	Data Tiga	Data Empat
Dw	19,511 dB	19,507 dB	20,647 dB	21,661 dB
Up	19,656 dB	19,614 dB	21,002 dB	22,157 dB

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Sensitivitas Daya

Daya Diterima (Pr)	Data Satu	Data Dua	Data Tiga	Data Empat
Dw	-20,511 dBm	-20,507 dBm	-21,647 dBm	-22,661 dBm
Up	-20,656 dBm	-20,614 dBm	-22,002 dBm	-23,157 dBm

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Margin Daya (M)

Marrgin Daya (M)	Data Satu	Data Dua	Data Tiga	Data Empat
Dw	7,489 dBm	7,492 dBm	6,352 dBm	5,338 dBm
Up	7,343 dBm	7,385 dBm	5,998 dBm	4,843 dBm

Hasil perhitungan *link power budget* diatas menunjukkan nilai redaman total *downstream* dan *upstream*, nilai tersebut memenuhi standar yang diterapkan oleh PT. Telkom yaitu sebesar 19 – 25 dB. Apabila diperhatikan nilai yang diperoleh dari data pelanggan satu hingga empat memiliki selisih redaman yang kecil, perbedaan nilai redaman tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti panjang kabel jaringan, jumlah sambungan hingga jumlah konektor. Panjang kabel jaringan bervariasi mulai dari yang terpendek data pelanggan satu yaitu 2,0751 km hingga yang terpanjang adalah data pelanggan keempat yaitu 7,0774 km. Kemudian

untuk nilai sensitivitas daya ( $P_r$ ) dapat dilihat pada tabel 4.3 dengan standar harus dibawah  $-28$  dBm. Nilai ( $P_r$ ) merupakan daya yang diterima oleh ONT pada sisi pelanggan, berbeda dengan nilai redaman yang bernilai positif, sensitivitas daya bernilai negatif. Sedangkan untuk nilai margin daya harus lebih dari 0 (nol) ketika daya yang dikirim dari sentral sampai ONT pelanggan, nilainya sesuai dengan standar yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan FTTH untuk jalur ini telah sesuai dengan standar ITU-T G.984 dan PT. Telkom.

#### 4.2.1.2 Analisis Rise Time Budget

Perhitungan dengan parameter *Rise Time Budget* memperhatikan rugi – rugi dispersi atau pelebaran pulsa optik yang bisa saling tumpang tindih yang bisa berpengaruh terhadap *bit error*.

Tabel 4.5 Data *Rise Time Budget* Pelanggan satu

<b>Parameter</b>	<b><i>Downstream</i></b>	<b><i>Upstream</i></b>
Panjang Gelombang ( $\lambda$ )	1490 nm	1310 nm
Lebar Spektral ( $\Delta\theta$ )	1 nm	1 nm
<i>Rise Time Transmitter</i> ( $t_{tx}$ )	$150 \times 10^{-3}$ (OLT)	$200 \times 10^{-3}$ (ONT)
<i>Rise Time Receiver</i> ( $t_{rx}$ )	$150 \times 10^{-3}$ (OLT)	$150 \times 10^{-3}$ (OLT)
Dispersi Material	13.64 ps/nm/km	3.56 ps/nm/km
Pengkodean	NRZ	NRZ
Indeks Bias Inti $n_1$	1.48	1.48
Indeks Bias Selubung	1.46	1.46
Jari-jari Inti	9 $\mu$ m	9 $\mu$ m
Kecepatan Cahaya	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
<i>Bit Rate</i>	2.4 Gbps	1.4 Gbps
Panjang Serat Optik (L)	2,0751 km	2,0751 km



### Downstream 1490 nm

*Bit Rate downstream* yang digunakan adalah 2,4 Gbps.

$$\text{Dengan format NRZ, } tr = \frac{0,7}{B_r} = \frac{0,7}{2,4 \times 10^9} = 0,2917 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned} t_{material} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 2,0751 \text{ km} \times 0,01364 \text{ ns/nm.km} \\ &= 0,0283 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{2\pi \times a}{\lambda} \times n_1 \times (2 \times \Delta_s)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 9}{1,49 \mu m} \times 1,465 (2 \times 3,412 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} \\ &= 4,5906 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{waveguide} &= \frac{L}{c} \left[ n_2 + \left( n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv} \right) \right] \\ &= \frac{2,0751}{3 \times 10^8} [1,46 + (1,46 \times 3,412 \times 10^{-3} \times 1,435)] \\ &= 1,0148 \times 10^{-5} \text{ ns} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} t_{total} &= (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{rx}^2)^{\frac{1}{2}} \\ &= [0,15^2 + (0,0283 + 1,0148 \times 10^{-5})^2 + 0^2 + 0,2^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= 0,2516 \text{ ns} \end{aligned}$$

### Upstream 1310 nm

*Bit Rate downstream* yang digunakan adalah 1,2 Gbps.

$$\text{Dengan format NRZ, } tr = \frac{0,7}{B_r} = \frac{0,7}{1,2 \times 10^9} = 0,5833 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned} t_{material} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 2,0751 \text{ km} \times 0,00356 \text{ ns/nm.km} \\ &= 7,387 \times 10^{-3} \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{2\pi \times a}{\lambda} \times n_1 \times (2 \times \Delta_s)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 9}{1,31 \mu m} \times 1,465 (2 \times 3,412 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} \\ &= 5,2214 \end{aligned}$$

$$t_{waveguide} = \frac{L}{c} \left[ n_2 + \left( n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv} \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2,0751}{3 \times 10^8} [1,46 + (1,46 \times 3,412 \times 10^{-3} \times 2,062)] \\
&= 1,0167 \times 10^{-5} \text{ ns}
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
t_{total} &= (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{rx}^2)^{\frac{1}{2}} \\
&= [0,15^2 + (3,387 \times 10^{-3} + 1,0167 \times 10^{-5})^2 + 0^2 + 0,2^2]^{\frac{1}{2}} \\
&= 0,2501 \text{ ns}
\end{aligned}$$

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan *Rise Time Budget*

<i>Rise Time Budget</i>	Data Satu	Data Dua	Data Tiga	Data Empat
Dw	0,2516 ns	0,2508 ns	0,2593 ns	0,2679 ns
Up	0,2501 ns	0,2606 ns	0,2506 ns	0,2512 ns

Berdasarkan hasil perhitungan total *rise time budget* diatas dapat diketahui bahwa semakin pendek kabel jaringan dan semakin sedikit jumlah sambungan serta konektor maka akan semakin kecil pula nilai *Rise Time Budget* , pada tabel 4.6 diatas nilai yang diperoleh berada dibawah batas maksimum untuk *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ *downstream* (2,4 Gbps) yaitu sebesar 0,292 ns. Kemudian untuk nilai *upstream* sama halnya dengan *downstream* yang berada dibawah nilai yang diterapkan dimana nilai *rise time bit rate* NRZ untuk *upstream* (1.2 Gbps) sebesar 0,5833 ns.

#### 4.2.1.3 Analisis *Signal to Noise Ratio*

*Signal to Noise Ratio* merupakan parameter yang menentukan keandalan jaringan dengan melakukan perbandingan daya sinyal yang diterima dengan jumlah *noise* total. Sinyal yang diterima ( $P_r$ ) berasal dari sinyal daya perhitungan di *link power budget* yang kemudian dibandingkan dengan jumlah noise total dari *Noise Dark Current*, *Thermal noise*, dan *Shot Noise*. Dimana hasil perhitungan daya yang diterima pada analisis *link*

power budget. Dimana nilai downstream -20.511 dBm dan upstream -20.6562 dBm.

Downstream 1490 nm

a. Signal Power

$$P_{opt} = P_r = 10^{\frac{-20,511}{10}}$$

$$= 8,89 \times 10^{-3} mWatt$$

$$= 8,89 \times 10^{-6} Watt$$

$$Signal\ power = 2(P_r \times \frac{\eta q}{hv})^2$$

$$= 2(8,89 \times 10^{-6} \times 0,85)^2$$

$$= 1,142 \times 10^{-10} A$$

b. Noise Dark Current

$$Noise\ dark\ current = 2q i_D B$$

$$= 2(1,6 \times 10^{-19})(2 \times 10^{-9})(2,4 \times 10^9)$$

$$= 1,536 \times 10^{-18}$$

c. Thermal Noise

$$Thermal\ noise = \frac{4 k T_{eff} B}{R_{eq}}$$

$$= \frac{4 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 290 \times 2,4 \times 10^9}{50}$$

$$= 7.6838 \times 10^{-13} A$$

d. Shot Noise

$$Shot\ noise = 2q \left( 2 P_r \frac{\eta q}{hv} \right) B$$

$$= 2 \times 1,6 \times 10^{-19} (2 \times 8,89 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 2,4 \times 10^9)$$

$$= 1.606 \times 10^{-14}$$

$$Total\ noise = Noise\ dark + Thermal\ noise + Shot\ noise$$

$$= 1.536 \times 10^{-18} + 7.6838 \times 10^{-13} + 1.606 \times 10^{-14}$$

$$= 7.7998 \times 10^{-14}$$

$$SNR = \frac{\frac{S}{N} pk}{rms} = \frac{signal\ power}{total\ noise} = \frac{1.142 \times 10^{-10}}{7.7998 \times 10^{-14}} = 146.414$$

$$\begin{aligned}
SNR_{dB} &= 10 \log SNR \\
&= 10 \log 146.414 \\
&= 21.65 \text{ dB}
\end{aligned}$$

Upstream 1310 nm

e. *Signal Power*

$$\begin{aligned}
P_{opt} = P_r &= 10^{\frac{-20.656}{10}} \\
&= 8.5976 \times 10^{-3} \text{ mWatt} \\
&= 8.5976 \times 10^{-6} \text{ Watt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Signal power} &= 2 \left( P_r \times \frac{\eta q}{h\nu} \right)^2 \\
&= 2 (8.5976 \times 10^{-6} \times 0.85)^2 \\
&= 1.068 \times 10^{-10} \text{ A}
\end{aligned}$$

f. *Noise Dark Current*

$$\begin{aligned}
\text{Noise dark current} &= 2q i_D B \\
&= 2(1.6 \times 10^{-19})(2 \times 10^{-9})(1.25 \times 10^9) \\
&= 8 \times 10^{-19}
\end{aligned}$$

g. *Thermal Noise*

$$\begin{aligned}
\text{Thermal noise} &= \frac{4 k T_{eff} B}{R_{eq}} \\
&= \frac{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 290 \times 1.25 \times 10^9}{50} \\
&= 4.002 \times 10^{-13} \text{ A}
\end{aligned}$$

h. *Shot Noise*

$$\begin{aligned}
\text{Shot noise} &= 2q \left( 2 P_r \frac{\eta q}{h\nu} \right) B \\
&= 2 \times 1.6 \times 10^{-19} (2 \times 8.598 \times 10^{-6} \times 0.85 \times 1.25 \times 10^9) \\
&= 5.846 \times 10^{-15}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total noise} &= \text{Noise dark} + \text{Thermal noise} + \text{Shot noise} \\
&= 8 \times 10^{-19} + 4.002 \times 10^{-13} + 5.846 \times 10^{-15} \\
&= 4.0604 \times 10^{-13}
\end{aligned}$$

$$SNR = \frac{\frac{S}{N}pk}{rms} = \frac{signal\ power}{total\ noise} = \frac{1.068 \times 10^{-10}}{4.0604 \times 10^{-13}} = 263.02$$

$$SNR_{dB} = 10 \log SNR$$

$$= 10 \log 263.02$$

$$= 24.199\ dB$$

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan *Signal to Noise Ratio*

SNR	Data Satu	Data Dua	Data Tiga	Data Empat
Dw	21,651 dB	21,741 dB	19,396 dB	17,379 dB
Up	24,199 dB	24,279 dB	21,525 dB	19,225 dB

Dalam perhitungan SNR nilainya semakin tinggi maka kualitas suatu jaringan semakin bagus, berdasarkan perhitungan diatas nilai SNR untuk *downstream* sebesar 21.65 dB dan untuk *upstream* sebesar 24.199 dB. Untuk nilai SNR standar PT. Telkom yaitu sebesar 21,5 dB, sehingga kedua perhitungan untuk jalur pelanggan tersebut masih diatas standar yang ditentukan, dengan spesifikasi jaringan bagus dan koneksi stabil. Dapat diperhatikan pada tabel 4.7 hasil perhitungan data pelanggan mengalami penurunan kualitas jaringan dari pelanggan satu ke pelanggan empat.

#### 4.2.1.4 Analisis *Bit Error Rate (BER)*

Perhitungan untuk *Bit Error Rate (BER)* didasarkan pada perhitungan banyaknya jumlah bit yang rusak ketika sinyal ditransmisikan, nilai BER sangat dipengaruhi oleh nilai SNR yang telah kita hitung sebelumnya.

##### Downstream 1490 nm

$$21.65 = 10 \log 2Q$$

$$\log 2Q = \frac{21.65}{20}$$

$$= 1.0825$$

$$2Q = 10^{10.825}$$

$$2Q = 12.092$$

$$Q = \frac{12.092}{2}$$

$$Q = 6.064$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q}$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2 \times 3.14}} \cdot \frac{e^{-\frac{6.064^2}{2}}}{6.064}$$

$$BER = 7.619 \times 10^{-10}$$

Upstream 1310 nm

$$24.199 = 10 \log 2Q$$

$$\log 2Q = \frac{24.199}{20}$$

$$= 1.209$$

$$2Q = 10^{1.209}$$

$$2Q = 16.18$$

$$Q = \frac{16.18}{2}$$

$$Q = 8.09$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q}$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2 \times 3.14}} \cdot \frac{e^{-\frac{8.09^2}{2}}}{8.09}$$

$$BER = 3.028 \times 10^{-16}$$

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan *Bit Error Rate*

BER	Data Satu	Data Dua	Data Tiga	Data Empat
Dw	$7.619 \times 10^{-10}$	$5.174 \times 10^{-10}$	$5.174 \times 10^{-10}$	$1,199 \times 10^{-4}$
Up	$3.028 \times 10^{-16}$	$1.631 \times 10^{-16}$	$1.631 \times 10^{-16}$	$2,546 \times 10^{-6}$

Berdasarkan perhitungan BER diatas nilai *downstream* berada diangka  $7.619 \times 10^{-10}$  dan untuk upstream sebesar  $3.028 \times 10^{-16}$ , nilai tersebut sudah berada diatas standar yang telah ditentukan oleh PT. Telkom yaitu

sebesar  $1 \times 10^{-9}$  yang artinya setiap 1 milyar bit yang ditransmisikan bit yang boleh salah atau rusak hanya 1 bit.

#### 4.2.2 Analisis Perhitungan Pelanggan Tiga

Seperti halnya pada analisis data satu, pada analisis ini pengukuran dilakukan pada ODC yang terletak di STO Pakem dengan perhitungan downstream dan upstream untuk setiap indikator untuk *link power budget*, *rise time budget*, SNR dan BER. Namun, dalam pengukuran ini jalur telah memiliki pelanggan dimana sinyal yang ditransmisikan dari sentral akan melewati ODC, ODP hingga menuju ONT.

Jarak antara STO – ODC      0.4252 km

ODC – ONT      4.6379 km

Sehingga jarak antara STO – ONT adalah 5.0631 km

##### 4.2.2.1 Analisis Link Power Budget Data Tiga

Analisis *link power* ini sama seperti perhitungan sebelumnya hanya saja, data ketiga ini event – event seperti jumlah sambungan dan jumlah konektor sudah dapat terlihat, sehingga kemungkinan besar nilai redaman total akan lebih tinggi dibandingkan jalur tanpa beban.

Tabel 4.9 Data *Link Power Budget* Pelanggan Tiga

<b>Parameter</b>	<b>Downstream</b>	<b>Upstream</b>
Panjang Gelombang ( $\lambda$ )	1490 nm	1310 nm
Daya Keluaran Optik ( $P_t$ )	5 dBm	5 dBm
<i>Sensitivitas Detektor</i> ( $P_r$ )	-28 dBm	-28 dBm
Redaman Serat G.562.D ( $\alpha_{serat}$ )	0.28 dB/km	0.35 dB/km
Redaman Sambungan ( $\alpha_s$ )	0.05 dB/ <i>splice</i>	0.05 dB/ <i>splice</i>
Redaman Konektor ( $\alpha_c$ )	0.25 dB/ <i>splice</i>	0.25 dB/ <i>splice</i>
Redaman <i>Splitter</i> 1 : 4 ( $S_p$ )	7.25 dB	7.25 dB

<b>Parameter</b>	<b>Downstream</b>	<b>Upstream</b>
Redaman <i>Splitter</i> 1 : 8 ( $S_p$ )	10.38 dB	10.38 dB
Jumlah Sambungan ( $N_s$ )	2	2
Jumlah Konektor( $N_c$ )	6	6
Panjang Serat Optik (L)	5,0631 km	5,0631 km

Downstream 1490 nm

$$a_{tot} = L \cdot a_f + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + S_p$$

$$M = (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s$$

$$\begin{aligned} a_{tot} &= (5.0631 \times 0.28) + (2 \times 0.05) + (6 \times 0.25) + (7.25 + 10.38) \\ &= 20.6476 \text{ dB} \end{aligned}$$

Daya diterima :

$$\begin{aligned} P_r &= P_t - a_{tot} - SM \\ &= 5 - 20.6476 - 6 \\ &= -21.6476 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Margin Daya

$$\begin{aligned} M &= (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s \\ &= (5 - (-28)) - 20.6476 - 6 \\ &= 6.3524 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Upstream 1310 nm

$$a_{tot} = L \cdot a_f + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + S_p$$



$$M = (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s$$

$$\begin{aligned} a_{tot} &= (5.0631 \times 0.35) + (2 \times 0.05) + (6 \times 0.25) + (7.25 + 10.38) \\ &= 21.002 \text{ dB} \end{aligned}$$

Sensitivitas Daya :

$$\begin{aligned} P_r &= P_t - a_{tot} - SM \\ &= 5 - 21.002 - 6 \\ &= -22.002 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Margin Daya

$$\begin{aligned} M &= (P_t - P_r) - a_{tot} - M_s \\ &= (5 - (-28)) - 21.002 - 6 \\ &= 5.998 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *link budget* data ketiga dengan jalur *transmisi* yang telah memiliki beban, dapat diketahui nilai *link budget downstream* 20.6476 dB dan untuk *upstream* 21.002 dB. Nilai untuk *downstream* maupun *upstream* berada dibawah nilai standar redaman total yang ditetapkan oleh PT. Telkom yaitu sebesar 19 – 25 dB. Bisa dibandingkan dengan nilai *link power budget* data satu yang nilai redaman totalnya lebih kecil 1 hingga 2 dB, hal ini karena adanya *event –event* berupa sambungan dan konektor disaluran *transmisi*.

#### 4.2.2.2 Analisis Rise Time Budget

Perhitungan dengan indikator *Rise Time Budget* dengan memperhatikan rugi – rugi dispersi atau pelebaran pulsa optik yang bisa saling tumpang tindih yang bisa berpengaruh terhadap *bit error*. Nilai rise time pada data ketiga kemungkinan besar akan mengalami kenaikan

dibandingkan data kesatu, hal ini disebabkan panjang serat optik yang bertambah panjang.

Tabel 4.10 Data *Rise Time Budget* Pelanggan tiga

<b>Parameter</b>	<b><i>Downstream</i></b>	<b><i>Upstream</i></b>
Panjang Gelombang ( $\lambda$ )	1490 nm	1310 nm
Lebar Spektral ( $\Delta\lambda$ )	1 nm	1 nm
<i>Rise Time Transmitter</i> ( $t_{tx}$ )	$150 \times 10^{-3}$ (OLT)	$200 \times 10^{-3}$ (ONT)
<i>Rise Time Receiver</i> ( $t_{rx}$ )	$150 \times 10^{-3}$ (OLT)	$150 \times 10^{-3}$ (OLT)
Dispersi Material	13.64 ps/nm/km	3.56 ps/nm/km
Pengkodean	NRZ	NRZ
Indeks Bias Inti $n_1$	1.48	1.48
Indeks Bias Selubung	1.46	1.46
Jari-jari Inti	9 $\mu\text{m}$	9 $\mu\text{m}$
Kecepatan Cahaya	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^8$
<i>Bit Rate</i>	2.4 Gbps	1.4 Gbps
Panjang Serat Optik (L)	5,0631 km	5,0631 km

*Downstream 1490 nm*

*Bit Rate downstream* yang digunakan adalah 2.4 Gbps.

Dengan format NRZ,  $t_r = \frac{0.7}{B_r} = \frac{0.7}{2.4 \times 10^9} = 0.2917 \text{ ns}$

$$\begin{aligned}
 t_{material} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\
 &= 1 \text{ nm} \times 5.0631 \text{ km} \times 0.01364 \text{ ns/nm.km} \\
 &= 0.0690 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{2\pi \times a}{\lambda} \times n_1 \times (2 \times \Delta_s)^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{2 \times 3.14 \times 9}{1.49 \mu\text{m}} \times 1.465 (2 \times 3.412 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} \\
 &= 4.5906
 \end{aligned}$$

$$t_{waveguide} = \frac{L}{c} \left[ n_2 + \left( n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv} \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{5.0631}{3 \times 10^8} [1.46 + (1.46 \times 3.412 \times 10^{-3} \times 1.435)] \\
&= 2.4761 \times 10^{-5} \text{ ns}
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
t_{total} &= (t_{tx}^2 + t_{inramodal}^2 + t_{inramodal}^2 + t_{rx}^2)^{\frac{1}{2}} \\
&= [0.15^2 + (0.0690 + 2.4761 \times 10^{-5})^2 + 0^2 + 0.2^2]^{\frac{1}{2}} \\
&= 0.2593 \text{ ns}
\end{aligned}$$

### Upstream 1310 nm

*Bit Rate downstream* yang digunakan adalah 1.2 Gbps.

Dengan format NRZ,  $tr = \frac{0.7}{B_r} = \frac{0.7}{1.2 \times 10^9} = 0.5833 \text{ ns}$

$$\begin{aligned}
t_{material} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\
&= 1 \text{ nm} \times 5.0631 \text{ km} \times 0.00356 \text{ ns/nm.km} \\
&= 0.01802 \text{ ns}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
v &= \frac{2\pi \times a}{\lambda} \times n_1 \times (2 \times \Delta_s)^{\frac{1}{2}} \\
&= \frac{2 \times 3.14 \times 9}{1.31 \mu m} \times 1.465 (2 \times 3.412 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} \\
&= 5.2214
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_{waveguide} &= \frac{L}{c} \left[ n_2 + \left( n_2 \times \Delta_s \times \frac{dv_b}{dv} \right) \right] \\
&= \frac{5.0631}{3 \times 10^8} [1.46 + (1.46 \times 3.412 \times 10^{-3} \times 2.0062)] \\
&= 2.4809 \times 10^{-5} \text{ ns}
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
t_{total} &= (t_{tx}^2 + t_{inramodal}^2 + t_{inramodal}^2 + t_{rx}^2)^{\frac{1}{2}} \\
&= [0.15^2 + (0.01802 + 2.4809 \times 10^{-5})^2 + 0^2 + 0.2^2]^{\frac{1}{2}} \\
&= 0.2506 \text{ ns}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan total *rise time budget* diatas nilai *downstream* sebesar 0.0180 ns, nilai tersebut berada dibawah batas maksimum untuk *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ *downstream* (2,4 Gbps) yaitu sebesar 0,292 ns. Kemudian untuk nilai *upstream* sama halnya dengan

*downstream* yang berada dibawah nilai maksimum dengan nilai perhitungan 0.2506 ns, dimana nilai *rise time bit rate NRZ* untuk *upstream* (1.2 Gpbs) sebesar 0,5833 ns.

#### 4.2.2.3 Analisis *Signal to Noise Ratio (SNR)*

Untuk menghitung nilai SNR diperlukan hasil perhitungan daya yang diteima pada analisis *link power budget*. Dimana nilai *downstream* -21.6476 dBm dan *upstream* -22.002 dBm. Hal ini menunjukkan bahwa *link power budget* dan SNR memiliki hubungan satu sama lain.

##### Downstream 1490 nm

###### a. *Signal Power*

$$\begin{aligned} P_{opt} = P_r &= 10^{\frac{-21.6476}{10}} \\ &= 6.842 \times 10^{-3} \text{mWatt} \\ &= 6.842 \times 10^{-6} \text{Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Signal power} &= 2 \left( P_r \times \frac{\eta q}{h\nu} \right)^2 \\ &= 2 (6.842 \times 10^{-6} \times 0.85)^2 \\ &= 6.764 \times 10^{-11} \text{ A} \end{aligned}$$

###### b. *Noise dark current*

$$\begin{aligned} \text{Noise dark current} &= 2q i_D B \\ &= 2(1.6 \times 10^{-19})(2 \times 10^{-9})(2.4 \times 10^9) \\ &= 1.536 \times 10^{-18} \end{aligned}$$

###### c. *Thermal noise*

$$\begin{aligned} \text{Thermal noise} &= \frac{4 k T_{eff} B}{R_{eq}} \\ &= \frac{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 290 \times 2.4 \times 10^9}{50} \\ &= 7.6838 \times 10^{-13} \text{ A} \end{aligned}$$

###### d. *Shot noise*

$$\begin{aligned} \text{Shot noise} &= 2q \left( 2 P_r \frac{\eta q}{h\nu} \right) B \\ &= 2 \times 1.6 \times 10^{-19} (2 \times 6.842 \times 10^{-6} \times 0.85 \times 2.4 \times 10^9) \\ &= 8.932 \times 10^{-15} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total noise} &= \text{Noise dark} + \text{Thermal noise} + \text{Shot noise} \\
&= 1.536 \times 10^{-18} + 7.6838 \times 10^{-13} + 8.932 \times 10^{-15} \\
&= 7.773 \times 10^{-13}
\end{aligned}$$

$$\text{SNR} = \frac{\frac{S}{N} pk}{rms} = \frac{\text{signal power}}{\text{total noise}} = \frac{6.764 \times 10^{-11}}{7.773 \times 10^{-13}} = 87.019$$

$$\begin{aligned}
\text{SNR}_{dB} &= 10 \log \text{SNR} \\
&= 10 \log 87.019 \\
&= 19.396 \text{ dB}
\end{aligned}$$

Upstream 1310 nm

e. Signal power

$$\begin{aligned}
P_{opt} = P_r &= 10^{\frac{-22.002}{10}} \\
&= 6.306 \times 10^{-3} \text{ mWatt} \\
&= 6.306 \times 10^{-6} \text{ Watt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Signal power} &= 2 \left( P_r \times \frac{\eta q}{h\nu} \right)^2 \\
&= 2 (6.306 \times 10^{-6} \times 0.85)^2 \\
&= 5.746 \times 10^{-11} \text{ A}
\end{aligned}$$

f. Noise dark current

$$\begin{aligned}
\text{Noise dark current} &= 2q i_D B \\
&= 2(1.6 \times 10^{-19})(2 \times 10^{-9})(1.25 \times 10^9) \\
&= 8 \times 10^{-19}
\end{aligned}$$

g. Thermal noise

$$\begin{aligned}
\text{Thermal noise} &= \frac{4 k T_{eff} B}{R_{eq}} \\
&= \frac{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 290 \times 1.25 \times 10^9}{50} \\
&= 4.002 \times 10^{-13} \text{ A}
\end{aligned}$$

h. Shot noise

$$\begin{aligned}
\text{Shot noise} &= 2q \left( 2 P_r \frac{\eta q}{h\nu} \right) B \\
&= 2 \times 1.6 \times 10^{-19} (2 \times 6.306 \times 10^{-6} \times 0.85 \times 1.25 \times 10^9) \\
&= 4.288 \times 10^{-15}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total noise} &= \text{Noise dark} + \text{Thermal noise} + \text{Shot noise} \\
&= 8 \times 10^{-19} + 4.002 \times 10^{-13} + 4.288 \times 10^{-15} \\
&= 4.044 \times 10^{-13}
\end{aligned}$$

$$\text{SNR} = \frac{\frac{S}{N} pk}{rms} = \frac{\text{signal power}}{\text{total noise}} = \frac{1.088 \times 10^{-10}}{4.061 \times 10^{-13}} = 142.08$$

$$\begin{aligned}
\text{SNR}_{dB} &= 10 \log \text{SNR} \\
&= 10 \log 142.08 \\
&= 21.525 \text{ dB}
\end{aligned}$$

Nilai yang diperoleh dari perhitungan data pelanggan ketiga sebesar 19,396 dB untuk *downstream* dengan data tersebut menunjukkan bahwa jaringan SNR sesuai standar yang ditetapkan oleh PT. Telkom yaitu sebesar 21.5 dB hal ini terjadi karena total *noise* yang terlalu tinggi. Sedangkan untuk nilai *upstream* 21.525 dB, nilai tersebut masih sesuai dengan standar.

#### 4.2.2.4 Analisis Bit Error Rate (BER)

Nilai hasil perhitungan *BER* terpengaruh oleh hasil perhitungan *SNR*, berdasarkan perhitungan *SNR downstream* sebelumnya jaringan tidak sesuai standar yang ditetapkan, sehingga ada kemungkinan nilai *BER downstream* ini juga berada dibawah standar yang ada. Perhitungan untuk *Bit Error Rate (BER)* didasarkan pada perhitungan banyaknya jumlah bit yang rusak ketika sinyal ditransmisikan.

##### Downstream 1490 nm

$$19.396 = 10 \log 2Q$$

$$\log 2Q = \frac{19.396}{20}$$

$$= 0.996$$

$$2Q = 10^{0.996}$$

$$2Q = 9.908$$

$$Q = \frac{9.908}{2}$$

$$Q = 4.954$$

$$\text{BER} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q}$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2 \times 3.14}} \cdot \frac{e^{-\frac{4.954^2}{2}}}{4.954}$$

$$BER = 3.774 \times 10^{-7}$$

#### Upstream 1310 nm

$$21.525 = 10 \log 2Q$$

$$\log 2Q = \frac{21.525}{20}$$

$$= 1,076$$

$$2Q = 10^{1,076}$$

$$2Q = 11,912$$

$$Q = \frac{11,912}{2}$$

$$Q = 5,956$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2 \pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q}$$

$$BER = \frac{1}{\sqrt{2 \times 3.14}} \cdot \frac{e^{-\frac{5,956^2}{2}}}{5,956}$$

$$BER = 1,631 \times 10^{-16}$$

Berdasarkan perhitung BER diatas diketahui bahwa nilai *downstream* sebesar  $3.774 \times 10^{-7}$ , nilai tersebut berada dibawah standar dan dapat dikatakan tidak layak. Kemudian untuk nilai *upstream*  $1,631 \times 10^{-16}$  nilai tersebut telah memenuhi standar yang telah ditetapkan.

### **4.3 Analisis Tabel Hasil Perhitungan Keandalan Jaringan FTTH**

Setelah dilakukan perhitungan terhadap empat *sample* pelanggan di STO Pakem dapat diketahui kualitas jaringan berdasarkan *parameter link power budget, rise time budget, SNR*, dan juga *BER* dengan menyesuaikan standar yang telah ditetapkan atau digunakan oleh PT. Telkom Indonesia. Sehingga dapat diketahui kualitas dan kelayakan dari jaringan FTTH yang berasal dari STO Pakem, Sleman, Yogyakarta.

### 4.3.1 Keandalan Kualitas Jaringan Dengan *Link Power Budget*

Setelah sebelumnya telah dilakukan perhitungan terhadap parameter – parameter yang ada, berikut ini adalah tabel keandalan *link power budget*, sensitivitas daya dan margin daya.

Tabel 4.11 Keandalan *Link Power Budget*

<b>Nama Data</b>	<b><i>Dw &amp; Up</i></b>	<b>Redaman Total</b>	<b>Standar</b>	<b>Andal / tidak andal</b>
Data satu	<i>Dw</i>	19,511 dB	19 - 28 dB	Andal
	<i>Up</i>	19,656 dB		Andal
Data dua	<i>Dw</i>	19,507 dB	19 - 28 dB	Andal
	<i>Up</i>	19,614 dB		Andal
Data tiga	<i>Dw</i>	20,647 dB	19 - 28 dB	Andal
	<i>Up</i>	21,002 dB		Andal
Data empat	<i>Dw</i>	21,661 dB	19 - 28 dB	Andal
	<i>Up</i>	22,157 dB		Andal

Tabel 4.12 Keandalan Sensitivitas Daya ( $P_r$ )

<b>Nama Data</b>	<b><i>Dw &amp; Up</i></b>	<b><math>P_r</math></b>	<b>Standar</b>	<b>Layak / tdk layak</b>
Data satu	<i>Dw</i>	-20,511 dBm	> -28 dBm	Andal
	<i>Up</i>	-20,656 dBm		Andal



<b>Nama Data</b>	<b><i>Dw &amp; Up</i></b>	<b><math>P_r</math></b>	<b>Standar</b>	<b>Andal / tidak andal</b>
Data dua	<i>Dw</i>	-20,507 dBm	> -28 dBm	Andal
	<i>Up</i>	-20,614 dBm		Andal
Data tiga	<i>Dw</i>	-21,647 dBm	> -28 dBm	Andal
	<i>Up</i>	-22,002 dBm		Andal
Data empat	<i>Dw</i>	-22,661 dBm	> -28 dBm	Andal
	<i>Up</i>	-23,157 dBm		Andal

Tabel 4.13 Keandalan Margin Daya (M)

<b>Nama Data</b>	<b><i>Dw &amp; Up</i></b>	<b>Margin daya</b>	<b>Standar</b>	<b>Andal / tidak andal</b>
Data satu	<i>Dw</i>	7,489 dBm	> 0 dBm	Andal
	<i>Up</i>	7,343 dBm		Andal
Data dua	<i>Dw</i>	7,492 dBm	> 0 dBm	Andal
	<i>Up</i>	7,385 dBm		Andal
Data tiga	<i>Dw</i>	6,352 dBm	> 0 dBm	Andal
	<i>Up</i>	5,998 dBm		Andal
Data empat	<i>Dw</i>	5,338 dBm	> 0 dBm	Andal
	<i>Up</i>	4,843 dBm		Andal

Berdasarkan tabel 4.10 hasil perhitungan diatas untuk parameter *link power budget* menunjukkan bahwa keempat *sample* pelanggan dikategorikan Layak dioperasikan, hal ini bisa dilihat bahwa redaman total baik *downstream* maupun *upstream* berada dilevel standar yang ditetapkan yaitu 19 – 28 dB. Nilai redaman akan mempengaruhi kecepatan cahaya yang dirambatkan pada serat optik sehingga cahaya yang dikirimkan pada sisi penerima akan melemah. Nilai redaman 19 – 28 dB merupakan nilai yang ideal bagi berkas cahaya, apabila nilai redaman diatas 25 dB maka akan terjadi penurunan kecepatan akses data, bahkan apabila redaman terus meningkat akan menyebabkan koneksi hilang dan terputus. Salah satu faktor meningkatnya nilai redaman adalah sambungan serat optik, dimana jumlah sambungan serat tidak bisa diprediksi jumlahnya karena putusnya kabel jaringan bisa terjadi karena berbagai faktor seperti cuaca.

Daya yang diterima ( $P_r$ ) oleh ONT juga dikategorikan Layak yaitu nilainya kurang dari – 28 dBm. Nilai daya yang diterima minus dikarenakan telah melewati perangkat aktif maupun pasif, dan ONT sensitivitasnya hanya bisa menerima daya yang minus, apabila positif maka perangkat ONT bisa mengalami kerusakan.

Dan yang terakhir margin daya yaitu daya yang tersisa setelah mentransmisikan berkas cahaya menuju sisi pelanggan, berdasarkan tabel 4.12 nilai margin daya dipengaruhi oleh panjang jaringan serat optik, dimana nilai tertinggi margin daya berada pada data satu dan terendah pada data empat. Namun keempat tersebut dikategorikan sebagai jaringan Layak digunakan dimana semua nilainya berada diatas 0 dBm. Penurunan nilai margin daya akan berpengaruh terhadap kecepatan berkas cahaya yang dikirimkan ke sisi pelanggan, sehingga kecepatan akses internet juga akan mengalami penurunan, sebaliknya jika nilai margin daya tinggi maka kecepatan akses internet akan lebih cepat. Dilihat dari hubungannya tabel 4.10 berbanding terbalik dengan tabel 4.12, dimana semakin tinggi nilai redaman total link budget maka nilai margin daya akan menurun.

Dalam upaya memperbaiki kualitas jaringan maka perlu dilakukan *maintenance* secara berkelanjutan pada titik – titik sambungan yang ada diperangkat jaringan seperti ODP, ODC ataupun di ODF. Selain *maintenance* yang teratur juga bisa dilakukan penggantian kabel *pathcord*, kabel *dropcore*, kabel distribusi atau kabel *feeder* jika masih diperoleh nilai redaman yang tinggi.

#### 4.3.2 Keandalan Kualitas Jaringan Dengan *Rise Time Budget*

Parameter *rise time* dipengaruhi oleh *dispersi* yang terjadi pada serat optik, *Dispersi* merupakan terjadinya pelebaran pulsa yang menyebabkan terjadinya pergeseran panjang gelombang sehingga berpengaruh terhadap *bandwidth*. Berikut ini adalah tabel keandalan hasil perhitungan *sample* pelanggan.

Tabel 4.14 Keandalan *Time Rise Budget*

<b>Nama Data</b>	<b>Nilai Dw</b>	<b>Standar NRZ</b>	<b>Andal / tdk andal</b>	<b>Nilai Up</b>	<b>Standar NRZ</b>	<b>Andal / tdk andal</b>
Data satu	0,2516 ns	<0,292 ns	Andal	0,2501 ns	<0,5833 ns	Andal
Data dua	0,2508 ns	<0,292 ns	Andal	0,2606 ns	<0,5833 ns	Andal
Data tiga	0,2593 ns	<0,292 ns	Andal	0,2506 ns	<0,5833 ns	Andal
Data empat	0,2679 ns	<0,292 ns	Andal	0,2512 ns	<0,5833 ns	Andal

Pada tabel 4.14 semua jaringan baik *downstream* maupun *upstream* diaktegorikan Layak untuk dioperasikan, dimana untuk nilai *downstream* masih dibawah nilai standar berdasarkan *NRZ* yaitu 0,292 ns. Begitu pula dengan nilai *upstream NRZ* yang nilainya belum melampaui 0,5833 ns. Pengkodean pada *rise time* digunakan adalah pengkodean *NRZ* yang memiliki kecepatan transmisi data yang tinggi yaitu 1 Gbps, maksud dari

kecepatan 1 Gbps tersebut adalah kecepatan transmisi setiap bit akan memerlukan waktu  $10^{-9}$  s. Parameter *rise time* dipengaruhi oleh *dispersi* yang terjadi pada serat optik, dispersi yang terjadi adalah *dispersi kromatis* karena kabel serat optik yang digunakan adalah kabel singlemode. *Dispersi* merupakan terjadinya pelebaran pulsa yang menyebabkan terjadinya pergeseran panjang gelombang sehingga berpengaruh terhadap *bandwidth*. Dalam *rise time* terdapat persyaratan yang harus dipenuhi akibat adanya dispersi agar sistem dapat mentransmisikan data 1 Gbps. Batas dari *rise time* tidak boleh lebih dari 70 % *time periode* ( $t_s < 0,7 \times 10^{-9}$ ). Berdasarkan tabel kelayakan diatas semua nilai baik *downstream* maupun *upstream* masih dibawah  $0,7 \times 10^{-9}$ .

#### 4.3.3 Keandalan Kualitas Jaringan Dengan *Signal to Noise Ratio*

Parameter SNR didasarkan pada total derau yang terdapat pada kabel serat optik, tentunya terdapat standar suatu jaringan dikategorikan andal atau sebaliknya. Berikut ini tabel keandalan SNR dari jaringan sample pelanggan.

Tabel 4.15 Keandalan *Signal to Noise Ratio*

Nama Data	<i>Dw &amp; Up</i>	SNR	Standar	Andal / tidak andal
Data satu	<i>Dw</i>	21,651 dB	> 21,5 dB	Andal
	<i>Up</i>	24,199 dB		Andal
Data dua	<i>Dw</i>	21,741 dB	> 21,5 dB	Andal
	<i>Up</i>	24,279 dB		Andal
Data tiga	<i>Dw</i>	19,396 dB	> 21,5 dB	Tidak Andal
	<i>Up</i>	21,525 dB		Andal

<b>Nama Data</b>	<b><i>Dw &amp; Up</i></b>	<b>SNR</b>	<b>Standar</b>	<b>Andal / tidak andal</b>
Data empat	<i>Dw</i>	17,379 dB	> 21,5 dB	Tidak Andal
	<i>Up</i>	19,225 dB		Tidak Andal

Pada tabel 4.8 hasil *SNR* menunjukkan bahwa tidak semua jaringan pelanggan Layak, bisa dilihat pada *downstream* pelanggan ketiga yang mana nilainya adalah 19,396 dB dibawah nilai standar yang ditetapkan oleh PT Telkom yaitu 21,5 dB. Kemudian pelanggan keempat baik *downstream* maupun *upstream* nilainya 17,379 dB dan 19,225 dB, sehingga dikategorikan tidak Layak. Hal ini bisa terjadi karena jarak serat optik yang cukup jauh hal ini bisas dilihat bahwa pelanggan ketiga dan keempat memiliki jarak terjauh dan memiliki lebih banyak sambungan dan konektor. Nilai *SNR* yang berada dibawah standar menyebabkan kualitas jaringan menurun yang memungkinkan bisa terjadi penurunan kecepatan *transmisi* data, sering terputus koneksinya, atau bahkan tidak *connect*. Faktor yang mempengaruhi dispersi yaitu adanya noise dalam serat optik sepanjang kabel dapat bersifat akustik maupun elektris. Namun untuk nilai tersebut kemungkinan hanya akan meyebabkan penurunan kecepatan transmisi data karena nilainya tidak terpaut jauh dari standar yang ditetapkan yaitu 21,5 dB.

#### **4.3.4 Keandalan Kualitas Jaringan Dengan *Bit Error Rate***

*Bit Error Rate (BER)* merupakan ukuran kinerja sistem untuk mengetahui berapa jumlah bit yang rusak selama pengiriman data dari sumber hingga ke penerima. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan parameter *Bit Error Rate* pada sample pelanggan.

Tabel 4.16 Keandalan *Bit Error Rate*

<b>Nama Data</b>	<b><i>Dw</i> &amp; <i>Up</i></b>	<b><i>BER</i></b>	<b>Standar</b>	<b>Layak / tdk layak</b>
Data satu	<i>Dw</i>	$7.619 \times 10^{-10}$	$< 1 \times 10^{-9}$	Layak
	<i>Up</i>	$3.028 \times 10^{-16}$		Layak
Data dua	<i>Dw</i>	$5.174 \times 10^{-10}$	$< 1 \times 10^{-9}$	Layak
	<i>Up</i>	$1.631 \times 10^{-16}$		Layak
Data tiga	<i>Dw</i>	$3.774 \times 10^{-7}$	$< 1 \times 10^{-9}$	Tidak Layak
	<i>Up</i>	$1,631 \times 10^{-16}$		Layak
Data empat	<i>Dw</i>	$1,199 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-9}$	Tidak Layak
	<i>Up</i>	$2,546 \times 10^{-6}$		Tidak Layak

Berdasarkan tabel 4.9 diatas hasil perhitungan *bit error rate* menunjukkan pelanggan ketiga untuk *downstream* dikategorikan tidak layak dimana nilainya sebesar  $3.774 \times 10^{-7}$ . Kemudian untuk pelanggan keempat nilai *downstream* adalah  $1,199 \times 10^{-4}$  dan nilai *upstream* adalah  $2,546 \times 10^{-6}$ , nilai tersebut juga berada dibawah standar yang ditetapkan. Ketidaklayakan pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 memiliki kemiripan terutama pada pelanggan tiga dan empat hal ini menunjukkan bahwa *SNR* dan *BER* memiliki hubungan keterkaitan. Dimana semakin kecil nilai *SNR* maka semakin kecil juga nilai *BER* atau saling berbanding lurus. Ketidaklayakan *BER* dapat menyebabkan gangguan pada jaringan terutama ketika perbedaan waktu. Contohnya jika pelanggan satu dan empat melakukan *download* dengan ukuran file yang besarnya sama waktu yang dibutuhkan akan

berbeda dimana pelanggan empat akan lebih lama, begitu pula ketika akan *upload*. Selain itu, ada kemungkinan bahwa data yang dikirimkan akan mengalami kerusakan sehingga data yang terkirim tidak utuh atau rusak. Faktor yang mempengaruhi bit error yaitu kebisingan saluran transmisi, distorsi dan yang paling berpengaruh adalah redaman pada kabel serat optik.