

## PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE CURB* (FTTC) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *10-GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS* (XGPON) STUDI KASUS STO CEMPAKA PUTIH DENGAN DUCTING BERSAMA

Dimas Hendratno<sup>1</sup>, Akhmad Hambali<sup>2</sup>, Musarah Wim<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik Elektro, Telkom University, Bandung [dimashendratno@gmail.com](mailto:dimashendratno@gmail.com),  
[Akhmadhambali@telkomuniversity.ac.id](mailto:Akhmadhambali@telkomuniversity.ac.id), [Musarahwim@gmail.com](mailto:Musarahwim@gmail.com)

### Abstrak

Dalam tugas akhir ini, peneliti merancang jaringan *Fiber To The Curb* (FTTC) menggunakan teknologi *10 Gigabit Capable Passive Optical Network* (XGPON) dari STO Cempaka putih ke 7 MSAN yang akan dirancang dan mensimulasikannya menggunakan perangkat lunak dengan membuat jalur awal lalu penentuan perangkat, spesifikasi, tata letak dan volume yang digunakan. Kemudian untuk kelayakan sistem di analisa menggunakan parameter *link power budget*, sedangkan untuk performansi sistem di analisa dengan parameter BER (Bit Error Rate) dan akan dibandingkan dengan hasil perancangan apakah sistem yang telah dirancang layak atau tidak. Bandwidth yang digunakan dalam perancangan ini yaitu 10 Gbps untuk *downstream* dan 2.5 Gbps untuk *upstream*. serta akan dianalisis penggunaan *ducting* bersama sesuai dengan estetika dan keindahan tempat. Perbedaan Tugas Akhir ini dengan Tugas akhir yang sebelumnya adalah dengan menggunakan *ducting* dan juga dengan menggunakan teknologi *10 Gigabit Capable Passive Optical Network* (XGPON).

Berdasarkan perhitungan kelayakan sistem untuk *link power budget* didapatkan nilai redaman terbesar untuk *downstream* bernilai 9,56 dB dengan nilai  $P_{rx}$  sebesar -12,56 dBm. Sedangkan untuk *upstream* nilai redaman terbesar bernilai 10,2591 dB dengan nilai  $P_{rx}$  sebesar -15,9591 dBm. Hasil perhitungan yang didapatkan masih berada di atas standar yang ditentukan oleh ITU-T dan PT. Telkom, yaitu sebesar -28 dBm. Sedangkan perhitungan kelayakan sistem untuk *rise time budget*, jenis pengkodean NRZ dan RZ dapat digunakan dalam perancangan ini. Pengkodean NRZ memiliki batas 70% dari kecepatan data yaitu 70 ps untuk *downstream* dan 35 ps untuk *upstream*. Pengkodean RZ memiliki batas 35% dari kecepatan data yaitu 280 ps untuk *downstream* dan 140 ps untuk *upstream*. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $t_{system}$  sebesar 50 ps untuk *upstream* dan 49 ps *downstream*. Nilai  $t_{system}$  *downstream* hanya memenuhi *rise time budget* NRZ, sedangkan nilai  $t_{system}$  *Upstream* memenuhi *rise time budget* NRZ dan RZ. Berdasarkan hasil simulasi perancangan jaringan pada perangkat lunak *Opti System* dengan melihat nilai BER, kualitas transmisi perancangan ini baik. Nilai BER yang didapatkan pada simulasi adalah sebesar  $3,729 \times 10^{-99}$  untuk *downstream* dan mendekati nol (0) untuk *upstream*. Nilai ideal untuk *bit error rate* pada transmisi serat optik adalah  $10^{-9}$ .

**Kata Kunci :** FTTC, MSAN, *LinkPower Budget*, *Rise Time Budget*, *Bit Error Rate*, XGPON

### Abstract

In this thesis, the researchers devised a *Fiber To The Curb* (FTTC) technology using *10 Gigabit Capable Passive Optical Network* (XGPON) on STO Cempaka white to 7 MSAN be designed and simulating using the software to create the initial path and the determination of the device, specifications, layout and volume. Then to the feasibility of the system in the analysis used the *link power budget*, while for performance analysis system with parameter BER (Bit Error Rate) and will be compared with the results perancangan whether the system has been designed feasible or not. Bandwidth used in this design is 10 Gbps downstream and 2.5 Gbps upstream. and will be analyzed using appropriate *ducting* along with aesthetics and beauty of the place. Final difference with previous final task is to use *ducting* and also by using technology *10 Gigabit Capable Passive Optical Network* (XGPON).

Based on the feasibility calculation system to *link power budget* available for downstream greatest attenuation value worth 9.56 dB with  $P_{rx}$  value of -12.56 dBm. As for the largest upstream attenuation value worth 10.2591 dB with  $P_{rx}$  value of -15.9591 dBm. The calculation result obtained is still above the standard specified by ITU-T and PT. Telkom, which amounted to -28 dBm. While the eligibility calculation system for the *rise time budget*, NRZ and RZ encoding type can be used in this design. NRZ encoding has a limit of 70% of the data rate is 70 ps to 35 ps for the downstream and upstream. RZ encoding has a limit of 35% of the data speed is 280 ps to 140 ps for the downstream and upstream. From the calculation results obtained  $t_{system}$  value of 50 ps to 49 ps upstream and downstream.  $T_{system}$  value downstream *rise time budget* only meet NRZ, while the value of *Upstream*  $t_{system}$  meet

rise time budget NRZ and RZ. Based on the simulation results on the network design software Opti System to see the value of BER, the transmission quality is good design. Values obtained in the simulation BER is equal to  $3.729 \times 10^{-99}$  for downstream and close to zero (0) to upstream. The ideal value for the bit error rate in the optical fiber transmission is  $10^{-9}$ .

**Keyword:** FTTC, MSAN, Link Power Budget, Rise Time Budget, Bit Error Rate, XGPON

---

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi, khususnya jaringan kabel semakin lama semakin berkembang pesat. Ini ditandai dengan berkembangnya layanan yang ditawarkan oleh operator yang meliputi voice, ADSL, Internet Protokol Television (IPTV), dan wifi. Untuk memenuhi kebutuhan bandwidth yang semakin besar dan mendukung *Jakarta Free Cooper Project*, PT.Telkom melakukan modernisasi jaringan akses *Fiber To The Curb* (FTTC) menggunakan perangkat Multi Service Access Node (MSAN) di seluruh wilayah Jabodetabek. Selain biaya yang lebih murah, modernisasi menggunakan perangkat Multi Service Access Node (MSAN) ini juga lebih ekonomis dan mendukung layanan *Indihome* yakni layanan Triple Play dari Telkom yang terdiri dari Telepon Rumah, Internet dan IPTV.

Pada saat ini pemerintah sedang menyiapkan pembangunan saluran kabel serat optik bawah tanah bersama (Ducting Bersama). Program ini sebagai solusi atas kebutuhan infrastruktur broadband dan tuntutan estetika kota. Program ducting bersama ini akan diimplementasikan di beberapa daerah hingga nasional. Penulis merancang FTTC di STO Cempaka Putih dengan menggunakan ducting bersama dan akan dianalisis apakah program ducting bersama layak untuk diaplikasikan pada jaringan akses FTTC.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Serat Optik

Fiber optik adalah sebuah media transmisi fisik yang terbuat dari kaca dilapisi isolator sebagai pelindung berguna untuk menyalurkan informasi berupa gelombang cahaya. Serat optik mempunyai bentuk yang halus dan memiliki ketebalan hingga 1 mm untuk dua puluh helai serat. Selain ringan, kapasitas kanal dari serat ini sangat besar.

### 2.2 FTTC(fiber to the curb)

FTTC merupakan suatu format penghantar informasi berupa gelombang cahaya dari pusat penyedia (*provider*) ke kabinet yang berlokasi di pinggir jalan dengan menggunakan serat optik sebagai medium penghantar. Jumlah pelanggan yang bisa dilayani biasanya hingga ratusan pelanggan. FTTC menggunakan kabel tembaga untuk koneksi dari kabinet ke rumah-rumah.

### 2.3 XGPON(10-Gigabyte Capable Optical Network)

*10 Gigabyte Passive Optical Network* (XGPON) adalah suatu teknologi akses yang dikategorikan sebagai *broadband access* berbasis fiber optik. XGPON merupakan salah satu 13 teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T G.987x.. Keunggulannya adalah *bandwidth* yang ditawarkan bisa mencapai 10 Gbps (*downstream*) dan upstream 2.5 Gbps sampai pelanggan tanpa adanya kehilangan *bandwidth*.

### 2.4 Ducting

Ducting adalah penyaluran pipa jika di jabarkan kira-kira adalah bahan atau material yang digunakan untuk mengarahkan atau menyalurkan udara atau lainnya ke arah tertentu dengan mempertimbangkan tiap-tiap tujuan akhir tersebut menjadi bagian beban terhadap dimensi atau diameter media penyalur pada sepanjang perjalanan hingga titik akhir beban tersebut keluar dari media penyalur.

**2.5 Parameter Kelayakan sistem**

**2.5.1 Rise Time Budget (RTB)**

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (non-return-to-zero) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (return-to-zero). Satu periode bit didefinisikan sebagai resiprokal dari rate data.

Untuk menghitung Rise Time budget dapat dihitung dengan rumus:

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

Keterangan :

- ttx = Rise time transmitter (ns)
- trx = Rise time receiver (ns)
- tintermodal = bernilai nol (untuk serat optik single mode)
- tintramodal =  $\Delta\sigma \times L \times Dm$
- $\Delta\sigma$  = Lebar Spektral (nm)
- L = Panjang serat optik (Km)
- Dm = Dispersi Material (ps/nm.Km)

**2.5.2 Link Power Budget (LPB)**

Link power budget dihitung sebagai syarat agar link yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung link powerbudget dapat dihitung dengan rumus:

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot} - SM$$

**2.5.3 Bit Error Rate (BER)**

BER merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Dimana BER dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(S/N) = 20 \text{ Log } 2Q$$

Sehingga diperoleh nilai pendekatan:

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

Dimana, Q = Quantum noise dan Pe = Probability Error

**2.6 Optisystem**

*Optical System* merupakan *software engineering* yang dapat mensimulasikan suatu jaringan *fiber optic*, baik berupa desain ataupun optimasi performansi. Software ini memiliki semua modul yang berkaitan dengan jaringan *fiber optic* seperti; *transmitter, amplifier, multiplexer, fiber optic* itu sendiri, *Receiver, filter optik, splitter*, dan lainnya. Untuk pengetesan performansi dapat digunakan visualizer *library* meliputi; *optical power meter, BER Analyzer*, dan lainnya.

**3. Perancangan Jaringan FTTC**

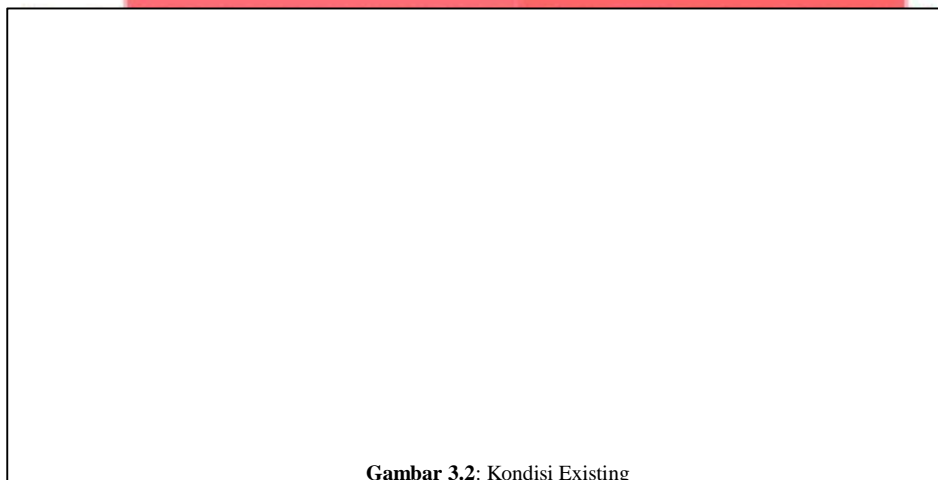
**3.1 Langkah Perancangan**

Langkah awal dari Tugas Akhir ini adalah menentukan lokasi perancangan STO Cempaka Putih dengan menggunakan ducting bersama dan akan dianalisis apakah program ducting bersama layak untuk diaplikasikan pada jaringan akses FTTC. dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan dalam perancangan ini seperti jumlah jaringan eksisting yang akan dimigrasi ke jaringan XGPON-FTTC, letak RK, jumlah pelanggan serta jumlah pelanggan yang akan dimigrasi sesuai dengan data hasil validasi awal. Data-data ini diperlukan untuk proses migrasi dari jaringan eksisting ke jaringan XGPON-FTTC. Setelah semua data dikumpulkan, perancangan jaringan XGPON-FTTC sudah bisa dilakukan. Analisis dan evaluasi terhadap perancangan dilakukan setelah didapat hasil rancangan. Apabila hasil analisis perancangan yang dilakukan tidak memenuhi standar parameter yang ditentukan, maka harus dilakukan

perancangan ulang sampai standar kelayakan parameter terpenuhi. Jika hasil evaluasi perancangan sudah memenuhi standar kelayakan parameter yang ditentukan maka perancangan sudah selesai.

### 3.2 Survey Lokasi dan Penentuan Lokasi

OLT untuk jaringan akses pada perancangan FTTC pada STO Cempaka Putih, STO Cempaka Putih merupakan STO yang menangani dimana 7 MDU untuk jaringan akses FTTC akan dibangun. Jalur yang digunakan merupakan jalur *Ducting Bersama* yang akan dibangun disepanjang jalan Letjen Suprpto, Jakarta Pusat hingga ke MSAN yang akan dibangun. OLT yang berada di STO Cempaka Putih berada di koordinat Latitude:  $6^{\circ}10'26.93''S$  dan Longitude:  $106^{\circ}51'35.99''E$ .



Gambar 3.2: Kondisi Existing

### 3.3 Spesifikasi Perangkat

#### a. Optical Line Termination (OLT)

Pemilihan OLT harus disesuaikan dengan jarak dan banyaknya redaman yang dapat terjadi di sepanjang link. *Power transmit* (Ptx) harus mencukupi agar dapat memenuhi parameter *power link budget*. Selain itu pemilihan OLT juga harus mempertimbangkan nilai lebar spektral, *rise time* dan *fall time* yang diharapkan bernilai relatif kecil agar tidak melewati batas dispersi atau nilai *rise time budget*. OLT yang digunakan pada perancangan FTTC di Tugas Akhir ini adalah OLT AN5116-06.

#### b. Serat Optik

Serat optik yang digunakan adalah serat optik jenis Single Mode dengan spesifikasi serat rekomendasi ITU-T G.652D dari OLT sampai ke MSAN. Serat itu tersebut dibungkus dengan menggunakan kabel *loose tube*.

#### c. Konnektor

Jenis konektor yang digunakan adalah *Subscriber Connector* (SC). Konektor terdapat pada OLT, tepatnya penghubung antara frame input dan output pada FDM. Selain di OLT.

#### d. Perangkat Receiver (MSAN)

Receiver merupakan bagian sistem yang berfungsi menerima sinyal yang dipropagasikan untuk kemudian diolah dalam proses selanjutnya. Secara umum, fungsi utama receiver adalah memisahkan sinyal info dari gangguan noise untuk kemudian direkonstruksi kembali sehingga sesuai dengan info yang dikirim. MSAN yang digunakan oleh PT. Telkom untuk perancangan ini adalah AN5006-30.

### 3.4 Kelayakan Sistem

#### 3.4.1 Link Power Budget (LPB)

Data-data yang digunakan pada perhitungan antara lain :

- Daya keluaran sumber optik (OLT) : [2 ; 4] dBm
- Sensitivitas detektor (OLT/ONT) : [-28; -8] dBm

- Redaman Serat optik G.652D (1578/1270) : (0.273/ 0.47) dB/Km
- Redaman *FusionSplice* : 0.1 dB/splice
- Konektor : 0.2 dBm
- PS 1:4 dengan konektor : 7.8 dB
- Jumlah Sambungan : 1 buah
- Jumlah Konektor : 4 buah

Downstream 1578 nm

Jarak MSAN terjauh (MRAF):

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p$$

$$\alpha_{tot} = (3.53 \times 0.273) + (4 \times 0.2) + (7.8)$$

$$\alpha_{tot} = 9,56 \text{ dB}$$

Maka didapatkan nilai  $P_{rx}$  seperti dibawah ini:

Daya terima:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - \text{Safety Margin}$$

$$Pr = 3 - 9,56 - 6$$

$$Pr = -12,56 \text{ dBm}$$

Uplink 1270 nm

Jarak MSAN terjauh:

$$\alpha_{tot} = (3.53 \times 0.47) + (4 \times 0.2) + (7,8)$$

$$\alpha_{tot} = 10,2591 \text{ dB}$$

Daya terima:

$$Pr = Pt - \alpha_{tot} - \text{Safety Margin}$$

$$Pr = 0,3 - 10,2591 - 6$$

$$Pr = -15,9591 \text{ dBm}$$

**3.4.2 Rise Time Budget (RTB)**

Perhitungan *rise time budget* dilakukan pada MSAN dengan jarak terjauh, yaitu yang terletak pada MRAF yang memiliki jarak 3.53 km.

➤ Downstream 1578 nm

*Bit Ratedownstream* (Br) = 10 Gbps sehingga :

$$\text{dengan format NRZ, } t_r = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{10 \times 10^9} = 0,07 \text{ ns} = 70 \text{ ps}$$

$$\text{dengan format RZ, } t_r = \frac{0.35}{Br} = \frac{0.35}{10 \times 10^9} = 0,035 \text{ ns} = 35 \text{ ps}$$

Menentukan  $t_{intra\text{modal}}$ :

$$T_{\text{material}} = \Delta\sigma \times L \times D_m$$

$$T_{\text{material}} = 0.1 \text{ nm} \times 3.53 \text{ km} \times 0.016 = 0.00056496 \text{ ns}$$

$T_{\text{intermodal}} = 0$ , karena serat optik yang digunakan adalah Single Mode.

Sehingga perhitungan  $t_{\text{system}}$  untuk *downstream* adalah sebagai berikut:

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

$$t_{\text{system}} = (0,035^2 + 0.00056496^2 + 0^2 + 0,035^2)^{1/2} = 0.049500699 \text{ ns} = 49 \text{ ps}$$

➤ Upstream 1270 nm



4.2 Analisis Kelayakan Sistem

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan kelayakan sistem Kondisi Existing

PARAMETER YANG DIHITUNG	UPSTREAM		DOWNSTREAM	
Power Link Budget (Perhitungan Manual)	-15,9591 dBm		-12,56 dBm	
Power Link Budget (menggunakan Simulator)	-11,534 dBm		-15,416 dBm	
Rise time budget	280 ps(NRZ)	180 ps(RZ)	70 ps(NRZ)	35 ps(RZ)
	50 ps		49 ps	
Bit Error Rate	0		3,7249e 10 <sup>-99</sup>	

Tabel 4.2(a) Hasil Perhitungan kelayakan sistem dengan ducting

PARAMETER YANG DIHITUNG	UPSTREAM		DOWNSTREAM	
Power Link Budget (Perhitungan Manual)	-16,429 dBm		-12,83 dBm	
Rise time budget	280 ps(NRZ)	180 ps(RZ)	70 ps(NRZ)	35 ps(RZ)
	50 ps		50 ps	
Bit Error Rate	0		2,3201e 10 <sup>-87</sup>	

4.3 Analisis Perancangan Ducting

Pada perancangan jalur ducting ini dapat kita ketahui bahwa pada setiap MSAN membutuhkan satu manhole pada setiap ODC. Jadi total manhole yang akan digunakan adalah 7 manhole. Sedangkan jalur ducting pada perancangan ini akan dibuat sepanjang 3,5 km.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan hasil perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan seperti berikut:

- Berdasarkan perhitungan kelayakan sistem kondisi existing untuk link power budget didapatkan nilai redaman terbesar untuk downstream bernilai 9,56 dB dengan nilai Prx sebesar -12,56 dBm. Sedangkan untuk upstream nilai redaman terbesar bernilai 10,2591 dB dengan nilai Prx sebesar -15,9591 dBm. Dan pada perhitungan kelayakan sistem dengan Ducting, untuk link power budget didapatkan nilai redaman terbesar untuk downstream bernilai 9,83 dB dengan nilai Prx sebesar -12,83 dBm. Sedangkan untuk upstream nilai redaman terbesar bernilai 10,72957 dB dengan nilai Prx sebesar -16,429 dBm.

Hasil perhitungan yang didapatkan masih berada di atas standar yang ditentukan oleh ITU-T dan PT. Telkom, yaitu sebesar -28 dBm.

2. Berdasarkan perhitungan kelayakan sistem untuk *Rise time budget*, jenis pengkodean NRZ dan RZ dapat digunakan dalam perancangan ini. Pengkodean NRZ memiliki batas 70% dari kecepatan data yaitu 70 ps untuk *downstream* dan 35 ps untuk *upstream*. Pengkodean RZ memiliki batas 35% dari kecepatan data yaitu 280 ps untuk *downstream* dan 140 ps untuk *upstream*. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai *t<sub>system</sub>* sebesar 50 ps untuk *upstream* dan 49 ps *downstream*. Nilai *t<sub>system</sub>* *downstream* hanya memenuhi *Rise time budget* NRZ, sedangkan nilai *t<sub>system</sub>* *Upstream* memenuhi *Rise time budget* NRZ dan RZ. Dan pada perhitungan kelayakan sistem dengan *Ducting*, untuk *Rise time budget*, jenis pengkodean NRZ dan RZ dapat digunakan dalam perancangan ini. Pengkodean NRZ memiliki batas 70% dari kecepatan data yaitu 70 ps untuk *downstream* dan 35 ps untuk *upstream*. Pengkodean RZ memiliki batas 35% dari kecepatan data yaitu 280 ps untuk *downstream* dan 180 ps untuk *upstream*. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai *t<sub>system</sub>* sebesar 50 ps untuk *upstream* dan 50 ps *downstream*. Nilai *t<sub>system</sub>* *downstream* hanya memenuhi *Rise time budget* NRZ, sedangkan nilai *t<sub>system</sub>* *Upstream* memenuhi *Rise time budget* NRZ dan RZ
3. Berdasarkan hasil simulasi perancangan jaringan pada perangkat lunak Opti System dengan melihat nilai BER, kualitas transmisi perancangan ini baik. Nilai BER yang didapatkan pada simulasi adalah sebesar  $3,729 \times 10^{-99}$  untuk *downstream* dan mendekati nol (0) untuk *upstream*. Nilai ideal untuk Bit Error Rate pada transmisi serat optik adalah  $10^{-9}$ . Sedangkan pada hasil simulasi menggunakan *ducting* nilai dari BER adalah sebesar  $2,3201 \times 10^{-87}$  untuk *downstream*. Dan untuk *upstream* nilai BER nya sebesar 0.
4. Berdasarkan perhitungan parameter kelayakan sistem, maka hasil yang optimal pada perancangan ini adalah dengan menggunakan kondisi existing, tetapi jika menggunakan *ducting* akan lebih baik lagi untuk menambah keindahan kota. Dikarenakan perbandingan parameter antara kondisi existing dengan kondisi menggunakan *ducting* hanya mengalami kenaikan redaman tidak terlalu besar maka sebaiknya menggunakan *ducting*.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan yang dilakukan, ada beberapa saran yang akan ditambahkan oleh penulis seperti berikut:

1. Dalam perancangan ini, penulis menyarankan untuk menggunakan attenuator 10 dB di uplink card MSAN, hal ini disarankan dikarenakan spesifikasi perangkat untuk Link Power Budget berada diantara -12 hingga -20 dB
2. Dalam perancangan ini sebaiknya menggunakan metode *ducting* karena untuk menambah keindahan kota dan mengurangi kabel udara. Setelah diperhitungkan dengan parameter yang ada, jika kita menggunakan *ducting* nilai parameter-parameter tersebut masih bisa dikatakan baik.
3. Untuk penelitian berikutnya diharapkan perancangan *ducting* bersama pada FTTC ini dapat direalisasikan, karena untuk menambah estetika kota dan mengurangi banyaknya kabel udara yang melintang di setiap sudut kota.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] ITU-T Recommendation G.652, Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.
- [2] Modul Telkom Akses Digital Life/Overview Ftcc/2013
- [3] <https://www.itu.int>
- [4] <http://mandorkawat2009.com/2015/03/15/hama-hama-fiber-optic-yang-membuat-jaringan-sering-mengalami-kerusakan-dan-terganggu/>
- [5] <http://hk.fiberhomegroup.com/en/Operators/126/515.aspx>
- [6] <http://www.atomic.physics.lu.se>