

Perancangan Jaringan Fiber To The Mobile Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network Di Kecamatan Pangalengan Bandung

1st Moh. Kholid Abrori
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

kholidabrori@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Akhmad Hambali
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ahambali@telkomuniversity.ac.id

3rd Nachwan Mufti A
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nachwanma@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kecamatan Pangalengan memiliki luas wilayah sebesar 272.94 km², serta jumlah penduduk sebanyak 154.29 ribu dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1.07 % per tahun. Perancangan ini ditujukan untuk daerah tertinggal, terdepan dan terluar serta diterapkan kedalam sektor perkebunan, industri, perdagangan dan pariwisata.

GPON dikembangkan oleh *ITU-T* dengan standar *ITU-T G.984*, sebagai *Broadband Access* berbasis kabel serat optik. Serat optik dapat dibagi untuk data *downstream* dengan panjang gelombang 1490nm dan *upstream* dengan panjang gelombang 1310nm. Arsitektur *Gigabit Passive Optical Network* berjalan dengan sistem *point-to-multipoint* menggunakan *splitter* pasif untuk membagi jaringannya. Kecepatan *upstream* 1.2Gbps sedangkan *downstream* 2.4Gbps.

FTTM merupakan bentuk jaringan optik dengan keluaran yang menjangkau pelanggan *cellular* dan dirancang pada wilayah yang membutuhkan. *FTTM* menginduk pada sentral *STO* terdekat. *FTTM* dirancang dengan dua model desain *ENode-B* yakni *twostage* dan *singlestage*. Hasil *Twostage* matematis dan simulasi diperoleh, nilai *Prx* -19,36 dBm dan -13,913dBm, *SNR* sebesar 23,86dB, *Q-Factor* 7,79 dan 6,16, hasil *BER* $3,4 \times 10^{-15}$ dan $3,5 \times 10^{-10}$. *Singlestage* matematis dan simulasi diperoleh, nilai *Prx* -8,03 dBm dan -13,688dBm, *SNR* sebesar 26,58dB, *Q-Factor* 10,66 dan 6,21, hasil *BER* $7,8 \times 10^{-27}$ dan $2,5 \times 10^{-10}$. *Powerreceived*, *Q* dan *BER* pada rancangan *twostage singlestage* terpenuhi *ITU-T G984*. Total biaya implementasi perancangan Tugas Akhir ini sebesar Rp2.997.841.859,88.

Kata kunci - *GPON*, *FTTM*, *ENode-B*, *twostage*, *singlestage*.

I. PENDAHULUAN

Data transfer merupakan layanan yang selalu

digunakan oleh masyarakat meliputi suara, foto, *streaming* dan *video*. Penggelaran jaringan serat optik dengan *bandwidth* yang tinggi sampai 64Tbps mampu untuk menampung *data transfer*. Jalur pendistribusian jaringan ini menggunakan *Fiber To The Mobile* yang dapat mencakup wilayah pelosok dengan bentuk keluaran *ENode-B*. Serta *Gigabit Passive Optical Network* sebagai *backbone* dalam jaringan akses optik.

GPON merupakan teknologi akses yang dikembangkan oleh *ITU-T* dengan standar *G984* berjalan sebagai *Broadband Access* berbasis kabel serat optik. Serat optik didalam *GPON* berupa serat tunggal, dapat dibagi untuk data *downstream* dengan panjang gelombang 1490nm dan *upstream* panjang gelombang 1310nm saat proses *stransmisi* berlangsung.

Fiber To The Mobile merupakan bentuk jaringan optik dengan keluaran yang menjangkau pelanggan *cellular*. *FTTM* menginduk pada sentral *STO* terdekat. Menerapkan *WDM* pada *ONT*. *FTTM* dirancang dengan dua model desain *ENode-B* yakni *twostage* dan *singlestage*[1].

Peneliti melakukan perancangan jaringan *Fiber To The Mobile* dengan menerapkan teknologi *Gigabit Passive Optical Network*. Perancangan internet pada wilayah terdepan, tertinggal, terbelakang serta sektor perkebunan, industri, perdagangan, pendidikan dan pariwisata di wilayah Pangalengan Bandung. Membuka peluang pemanfaatan internet bagi masyarakat, dengan jaringan telekomunikasi pada wilayah tersebut[2].

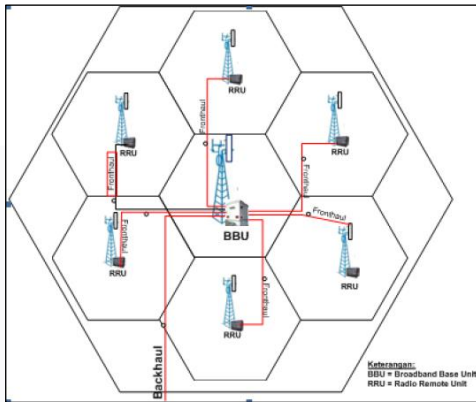
II. DASAR TEORI

A. FTTM

Fiber To The Mobile merupakan bentuk jaringan optik dengan keluaran yang dapat menjangkau

pelanggan cellular dan dapat dirancang pada wilayah yang membutuhkan. Penerapan *Fiber To The Mobile* menginduk pada sentral STO terdekat. Panjang gelombang jaringan *Fiber To The Mobile* untuk *downstream* 1490nm pada OLT dan pada sisi *upstream* 1310nm dengan menerapkan *Wavelength Division Multiplexing (WDM)* pada ONT. Penerapan *WDM* berfungsi untuk menjalankan layanan *data transfer* meliputi *video, streaming* dan *data*. Teknologi optik yang dapat berjalan pada jaringan *Fiber To The Mobile* adalah *PON, GPON, XGPON*[3].

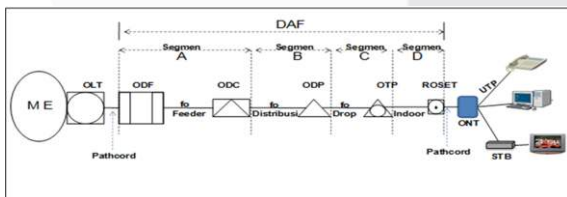
Arsitektur distribusi *Fiber To The Mobile* dimulai dari jalur *backhaul* sebagai keluaran selanjutnya menggunakan *Broadband Base Unit (BBU)* yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal sedangkan *Radio Remote Unit (RRU)* sebagai distribusi sinyal menuju pelanggan *cellular*[4].



GAMBAR 2.1
Arsitektur Backhaul FTTH

B. GPON

Gigabit Passive Optical Network (GPON) merupakan perkembangan teknologi dari sebelumnya *Passive Optical Network (PON)* yang dikeluarkan oleh *IEEE* dan *Gigabit Ethernet Passive Optical Network (GEAPON)*. *GPON* memiliki komponen sebagai penunjang jaringan yakni *Optical Line Terminal, Optical Distribution Cabinet, Optical Distribution Point* dan *Optical Network Terminal / Optical Network Unit*. Standar yang dikeluarkan oleh *ITU-T* untuk *GPON* adalah *G984*[5][6].



GAMBAR 2.2
Arsitektur GPON

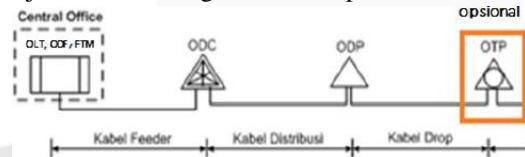
TABEL 2.1
ITU-T G984[7]

KARAKTERISTIK	GPON
Standarisasi	ITU-T G.984
Frame	ATM / GEM
Speed upstream	1.2 Gbps
Speed downstream	2.4 Gbps
Layanan	Data, suara, video
Jarak transmisi	10km / 20km
Maksimum jumlah cabang	64
Wavelength upstream	1310nm
Wavelength downstream	1490nm
Splitter	Passive
Modulasi	NRZ
Powerrange Tx	-1,5 hingga 5 dBm
Powerrange Rx	-28 hingga -8 dBm
Sensitivity	-27dBm

C. ENODE-B

ENodeB atau kepanjangan dari *Evolved Node-B* merupakan bentuk lain dari *base station* dengan keluaran *backhaul FTTH* dimana jangkauan serta penempatan dapat disesuaikan. *ENode-B* memiliki tiga bagian utama yakni Antena, bagian perangkat yang menyambung ke perangkat *user* berupa fisik yang terlihat; Modul radio, berfungsi untuk melakukan modulasi dan demodulasi saat sinyal dalam proses dikirim atau diterima dilapisan jaringan; Modul digital, melakukan pengolahan sinyal kirim dan terima pada lapisan udara dan lapisan jaringan inti melewati sambungan *backhaul* dengan kecepatan tinggi[4][7].

FTTH memiliki rangkaian mulai dari *STO* yang terdapat *OLT* kemudian disalurkan dengan kabel feeder ke *ODC* menuju *ODP* dengan kabel distribusi serta menuju *ENode-B* dengan kabel drop.

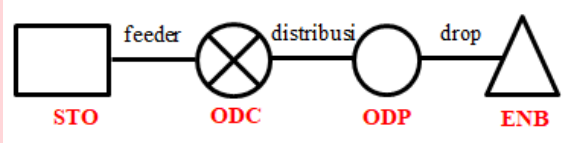


Gambar 2.3
Desain Umum ENB[4]

1. Twostage

Two stage adalah jaringan *FTTH* dengan model desain jaringan penuh yang memiliki jarak keluaran lebih dari 8km per perangkat. Jalur yang digunakan pada *two stage* ini dimulai dari *STO* kemudian disalurkan dengan kabel *feeder* ke *ODC* menuju *ODP*

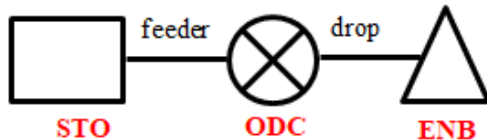
dengan kabel distribusi serta menuju *ENode-B* dengan kabel *drop*.



GAMBAR 2.4
ENB Twostage

2. Singlestage

Single stage merupakan jaringan *FTTM* dengan sambungan langsung *ENode-B* tanpa melewati *ODP*. Jalur yang digunakan pada jaringan single stage ini meliputi *STO* dengan sambungan *feeder* kemudian menuju *ODC* dengan menggunakan kabel distribusi menuju *ENode-B* langsung.



Gambar 2.5
ENB Singlestage

D. PARAMETER

1. Link Power Budget

$$\alpha_{tot} = L \cdot \alpha_f + N_C \cdot \alpha_C + N_S \cdot \alpha_S + S_p \quad (1)$$

Keterangan :

α_{tot} = Redaman total (dB); α_S = Redaman *splice*/sambungan (dB sambungan); α_f = Redaman serat optik (dB/km); α_C = redaman konektor (dB/konektor); N_C = Jumlah konektor; N_S = Jumlah sambungan; L = Panjang serat optik (km)

2. Powerreceived

$$Power\ Received = P_{tx} - atotal - SM \quad (2)$$

P_{tx} = Daya sinyal input; $atotal$ = LPB; SM = *Safety Margin* redaman (3-8)(dB)

3. Rise Time Budget

$$t_f = D \cdot \sigma_\lambda \cdot L$$

$$t_{sys} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \quad (3)$$

Keterangan:

t_f merupakan dispersi total pada serat (ns); D koefisien dispersi (1310nm upstream = 0,0035(ps/nm.km) dan 1490nm downstream = 0,01364(ps/nm.km)); σ_λ lebar

spektral (nm); L panjang serat optik (km); t_{sys} adalah nilai rise time budget [ns]; t_{tx} rise time pengiriman [ns]; t_{rx} rise time penerima [ns]; dan t_f dispersi [ns].

Batas waktu *NRZ* 70% dari periode bit T_b , *RZ* dengan batasan waktu 35% dari T_b . Satu T_b berbanding terbalik dengan kecepatan data.

4. Signal Noise Ratio

Hasil terpenuhi $SNR \geq 22$

$$SNR\ (dB) = 10 \log \frac{(P_{rx} R M)^2}{2 \cdot q \cdot P_{rx} \cdot R M^2 \cdot F(M) \cdot B_e + \frac{4 \cdot K_B \cdot T \cdot B_e}{RL}} \quad (4)$$

Keterangan:

P_{rx} = Daya datang (watt); R = *Responsitivity* (A/W); M = *Avalanche Photodiode Gain*; Q = *Electron charge* ($1,69 \times 10^{-19}$); $F(M)$ = *Noise figure*; B_e = *Receiver electrical bandwidth* (Hz); K_B = *Konstanta Boltzmann's* ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K); T = Suhu ruangan (298 K); RL = *Resistansi* (Ω)

5. Q-Factor

Hasil terpenuhi $Q \geq 6$

$$Q = \frac{10 \cdot \frac{SNR}{10}}{2} \quad (5)$$

6. Bit Error Rate

Hasil terpenuhi $BER \geq 10^{-9}$

$$BER = \frac{1}{Q \sqrt{2\pi}} \exp \frac{(-Q)^2}{2} \quad (6)$$

III. PERANCANGAN

Standar parameter pada penelitian ini menggunakan data pada Tabel 3.1 [8][6][7].

TABEL 3.1
Parameter penelitian

ITEM	SPESIFIKASI	STANDAR
Splitter 1:2	3,70 dB	ITU-T G.671
Splitter 1:4	7,25 dB	
Splitter 1:8	10,38 dB	
1260-1360	0,500	ITU-T G.987.2
1530-1565	0,275	
1565-1625	0,350	
Layanan	Data, suara, video	ITU-T G.984
Jarak transmisi	10km / 20km	
Maksimum jumlah cabang	64	

ITEM	SPESIFIKASI	STANDAR
Wavelength upstream	1310nm	
Wavelength downstream	1490nm	
Splitter	Passive	
Modulasi	NRZ	ITU-T G.652.D
Powerrange Tx	-1,5 hingga 5 dBm	
Powerrange Rx	-28 hingga -8 dBm	
Sensitivity	-28 dBm	
Attenuasi wavelenght 1550	0,2 dB	ITU-T G.652.D

$$\text{Signal-to-Noise-Rasio} = \frac{1,9 \times 10^{-10} A}{7,8 \times 10^{-13} A} = 243,58$$

$$\text{SNR dB} = 10 \log 243,58 = \mathbf{23,86dB}$$

Singlestage

$$\text{Signal-to-Noise-Rasi} = \frac{3,6 \times 10^{-10} A}{7,9 \times 10^{-13} A} = 455,69$$

$$\text{SNR dB} = 10 \log 455,69 = \mathbf{26,58Db}$$

f. Q-Factor

Twostage

$$Q = \frac{10^{\frac{23,86}{2}}}{2} = \mathbf{7,79}$$

Singlestage

$$Q = \frac{10^{\frac{26,58}{2}}}{2} = \mathbf{10,66}$$

g. Bit Error Rate

Twostage

$$\text{BER} = \frac{1}{7,79\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-7,79^2}{2}$$

$$\text{BER} = \mathbf{3,4 \times 10^{-15}}$$

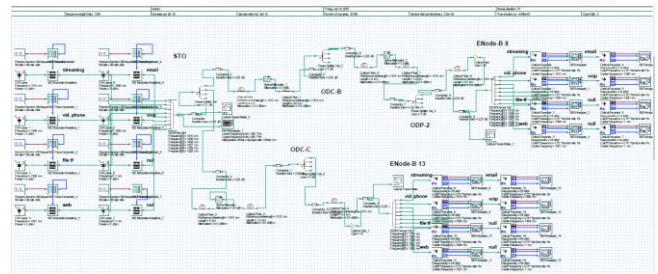
Singlestage

$$\text{BER} = \frac{1}{10,66\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-10,66^2}{2}$$

$$\text{BER} = \mathbf{7,8 \times 10^{-27}}$$

2. Simulasi Optisystem

Penelitian pada tugas akhir ini menggunakan aplikasi *Optisystem* versi 20.0.



GAMBAR 3.1 Simulasi Optisystem

1. Perhitungan Matematis

a. Link Power Budget

Twostage

$$\alpha_T = \alpha_{OLT-ODC} + \alpha_{ODC-ODP} + \alpha_{ODP-ONT}$$

$$= 3,41 + 9,705 + 12,25$$

$$= \mathbf{25,36 dB}$$

Singlestage

$$\alpha_T = \alpha_{OLT-ODC} + \alpha_{ODC-emb}$$

$$= 2,89 + 8,14$$

$$= \mathbf{11,03 dB}$$

b. Powerreceived

Twostage

$$\text{Power Rx} = 6 - 25,36$$

$$= \mathbf{-19,36 dBm}$$

Singlestage

$$\text{Power Rx} = 3 - 11,03$$

$$= \mathbf{-8,03 dBm}$$

c. Margin system

Twostage

$$M = (6 - (-28)) - 25,36 - 6$$

$$= \mathbf{2,64dBm}$$

Singlestage

$$M = (3 - (-28)) - 11,03 - 8$$

$$= \mathbf{11,9dBm}$$

d. Rise Time Budget

Hasil dari harus memenuhi persamaan $RTB = T_{sys} < T_r$.

$$t_f = 0,01364 \cdot 1 \cdot 7 = 0,09$$

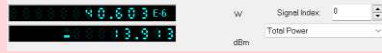
$$t_{sys} = \sqrt{0,15 + 0,2 + 0,09} = \mathbf{0,26 ns}$$

e. SNR

Twostage

- Powerreceived

Powerreceived pada simulasi *optisystem* didapatkan nilai pada rancangan *twostage* sebesar -13,913dBm serta pada rancangan *singlestage* didapat nilai -13,688dBm.



GAMBAR 3.2 Hasil Prx Twostage



GAMBAR 3.3 Hasil Prx Singlestage

- Q-factor dan BER

Hasil Q-factor pada simulasi *optisystem* untuk rancangan *twostage* mendapatkan nilai 6,16 serta rancangan *singlestage* memiliki nilai 6,21. Sedangkan hasil *BER* dari simulasi *optisystem* pada rancangan *twostage* mendapatkan nilai $3,5 \times 10^{-10}$ serta rancangan *singlestage* bernilai $2,5 \times 10^{-10}$.

Max. Q Factor	6.16401
Min. BER	3.54071e-10
Eye Height	5.37061e-06
Threshold	6.17458e-06
Decision Inst.	0.578125

GAMBAR 3.4 BER Analyzer Twostage

Max. Q Factor	6.2181
Min. BER	2.51337e-10
Eye Height	5.66992e-06
Threshold	6.53582e-06
Decision Inst.	0.539063

GAMBAR 3.5 BER Analyzer Singlestage

3. List of Material FTTM

Jumlah material yang dibutuhkan untuk menghitung Bill of Quantity didapat dari perhitungan harga material dan jasa.

TABEL 3.2 Material Penelitian

ODC		ODP		ENB	
Nama	Jumlah	Nama	Jumlah	Nama	Jumlah
feeder	13.728	distribusi	5.226	drop	4.107
Terminal		Terminal		Terminal	
ODC Splitter	2	ODP Splitter	2	OTP	2
Join Closure	1	-	-	Antena ENB	2
-	-	-	-	Menara ENB	2
Kabel		Kabel		Kabel	
Kabel FO Aerial G.625D	13.728	Kabel Aerial G.652C	5.226	Kabel Aerial G.657	4.107

ODC		ODP		ENB	
Tiang besi Aerial	275	Tiang Besi Aerial	105	Tiang besi Aerial	82
-	-	-	-	Tiang ENB	2
Aksesoris		Aksesoris		Aksesoris	
Alat sambung kabel	3	Alat sambung kabel	1	Konektor	82
Splitter 1:4	2	Splitter 1:8	2	Aksesoris Tiang	82
Patchcord	275	Konektor	105	-	-
Konektor	275	Aksesoris Tiang	105	-	-
Aksesoris tiang	275	-	-	-	-

IV. HASIL

Dalam proses analisis peneliti melakukan perhitungan dengan standar yang sudah ada serta mencapai nilai standar tersebut. Spesifikasi yang harus dicapai oleh peneliti adalah nilai sensitifitas redaman -28dBm, modulasi sesuai dengan ITU-T G.652D dan ITU-T G984. Nilai *downstream* sebesar 2,5Gbps, *power received* ≥ -28 dBm, *Powertransceiver* sebesar -1,5 hingga 5dBm sesuai dengan standar ITU-T G984. Selain itu nilai dari *Rise Time Budget* 35% RZ dan 70% NRZ, SNR ≥ 22 dB, Q-Factor ≥ 6 dan BER $\leq 10^{-9}$.

Input power masing-masing layanan 8dBm input total pada sisi *STO* memiliki nilai 13,74dBm dengan menggunakan *OPM*. *Powerreceived* yang dihasilkan dari perhitungan matematis dan simulasi mendapat nilai < -28 dBm. Nilai *RTB* terbaik mendapatkan hasil 0,26ns maka modulasi yang digunakan adalah *NRZ*. *Q-Factor* dari perhitungan matematis dan simulasi mendapatkan nilai ≥ 6 , maka hasil Q pada tugas akhir ini terpenuhi Persamaan 5. *BER* yang dihasilkan dari perhitungan dan simulasi memperoleh nilai $\leq 10^{-10}$, maka hasil *BER* disini terpenuhi Persamaan 6. Perbedaan hasil nilai antara matematis dengan simulasi *optisystem* disebabkan oleh perangkat simulasi *optisystem* tidak memiliki *tools* untuk menghitung *marginssystem*.

TABEL 4.1 Perbandingan Matematis dan Simulasi

Parameter	Matematis		Simulasi	
	Twostage	Singlestage	Twostage	Singlestage

Powerreceive d	-19,36 dBm	-8,03 dBm	- 13,913dB m	- 13,688dB m
LPB	25,36 dB	11,03 dB	-	-
RTB	0,26ns = NRZ	0,26ns = NRZ	NRZ	NRZ
Q-Factor	7,79	10,66	6,16	6,21
BER	$3,4 \times 10^{-15}$	$7,8 \times 10^{-27}$	$3,5 \times 10^{-10}$	$2,5 \times 10^{-10}$
Eyehigh	-	-	$5,3 \times 10^{-6}$	$5,6 \times 10^{-6}$
Threshold	-	-	$6,1 \times 10^{-10}$	$6,5 \times 10^{-10}$

[7] pp. 0–244, 1991.
International Telecommunications Union, “Optical Fibres, Cables and Systems,” pp. 144–147, 2009.

[8] G. Keiser, “GPON Characteristics,” *FTTX Concepts Appl.*, pp. 155–169, 2006, doi: 10.1002/047176910x.ch9.

V. KESIMPULAN

FTTM dirancang dengan dua model desain *ENode-B* yakni *twostage* dan *singlestage*. Dari kedua desain tersebut mendapatkan hasil, *Twostage* matematis dan simulasi secara berurutan diperoleh, nilai Prx -19,36 dBm dan -13,913dBm, SNR sebesar 23,86dB, Q-Factor 7,79 dan 6,16, hasil BER $3,4 \times 10^{-15}$ dan $3,5 \times 10^{-10}$. *Singlestage* matematis dan simulasi secara berurutan diperoleh, nilai Prx -8,03 dBm dan -13,688dBm, SNR sebesar 26,58dB, Q-Factor 10,66 dan 6,21, hasil BER $7,8 \times 10^{-27}$ dan $2,5 \times 10^{-10}$. *Powerreceived*, *Q* dan *BER* pada rancangan *twostage singlestage* terpenuhi ITU-T G984. Total biaya implementasi perancangan Tugas Akhir ini sebesar Rp2.997.841.859,88.

REFERENSI

[1] J. Wiley, *FROM GSM to LTE-ADVANCED AN INTRODUCTION TO MOBILE NETWORKS AND MOBILE BROADBAND.* .

[2] bps kab.bandung, “KECAMATAN PANGALENGAN DALAM ANGKA 2021,” *bps*, 2021. <https://bandungkab.bps.go.id/indicator/153/54/1/luas-daerah-menurut-kecamatan-di-kabupaten-bandung.html> (accessed Sep. 28, 2022).

[3] D. Network, “PT TELEKOMUNIKASI INDONESIA Tbk . PEDOMAN INSTALASI,” 2010.

[4] Z. Abidin, “PR_402_08_Pedoman_Desain_dan_Planning_i-ODN.pdf.” PT Telkom Indonesia, p. 182, 2019.

[5] A. F. Gifary, “PERANCANGAN JARINGAN AKSES FIBER TO THE HOME MENGGUNAKAN TEKNOLOGI XGPON DI KAMPUNG KUNTI KIDUL BOYOLALI,” no. 1, p. 40257, 2021.

[6] G. Kaiser, “Optical Fiber Comuncations, Singapore : Mc Graw Hill Higher Education.”