

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN FTTH GPON DI CLUSTER GILIMANUK

Kadek Dwi Mahardika Adnyana¹, IGAK Diafari Djuni², NMA Esta Dewi Wirastuti³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali

¹dwi.mahardika98@gmail.com, ²igakdiafari@unud.ac.id, ³dewi.wirastuti@unud.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memenuhi target pembangunan jaringan *homepass* sebanyak 512 *homepass* dari PT. PLN ICON PLUS dalam sektor wilayah UP3 Bali Utara yaitu wilayah Kelurahan Gilimanuk, Kecamatan Melaya, Jembrana dan pemanfaatan perangkat *Optical Line Terminal* (OLT) Huawei dengan total 8 port serta pemanfaatan akses jaringan *backbone* yang sudah tersedia pada wilayah gilimanuk. Gilimanuk secara demografi memiliki luas 56.01 km² dan terdiri dari bangunan perumahan yang dihuni sebanyak 2.451 KK. Untuk mengakomodasi *homepass* dari perumahan gilimanuk, penelitian ini menawarkan skema *cascading* pada *Fiber To The Home* (FTTH) dengan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) yang tepat digunakan namun tetap memperhatikan kualitas jaringan yang disediakan. Dalam mengetahui kelayakan rancangan jaringan dan menentukan skema *cascading* yang sesuai pada *Cluster* Gilimanuk, parameter di dalam perancangan dan implementasi jaringan adalah terfokus pada pengukuran *power link budget* secara teori dan implementasi kemudian nilai *rise time budget* pada simulasi *software* optisystem jaringan.. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa skema *cascading* 1:4 to 1:16 memiliki kelayakan sistem jaringan FTTH yang lebih baik dari skema *cascading* 1:8 to 1:8 dengan nilai Prx : -18.42 dBm, yang tidak melebihi nilai ambang minimum P_{rx} dari standar ITU-T G.984 yaitu -28 dBm, kemudian pada *rise time budget* menunjukkan nilai *rise time system* : 0.25537 ns, yang tidak melebihi batas maksimum *rise time maximum* yaitu 0.292 ns, sehingga skema *cascading* 1:4 to 1:16 layak untuk diimplementasikan.

Kata kunci : Gilimanuk, power link budget, rise time budget, *cascading*, GPON.

ABSTRACT

This research aims to meet the target of building a homepass network of 512 homepasses from PT. PLN ICON PLUS in the North Bali UP3 area sector, namely the Gilimanuk Village area, Melaya District, Jembrana and the use of Huawei Optical Line Terminal (OLT) equipment with a total of 8 ports as well as the use of backbone network access that is already available in the Gilimanuk area. Gilimanuk demographically has an area of 56.01 km² and consists of residential buildings inhabited by 2,451 families. To accommodate homepass from the Gilimanuk housing complex, this research offers a cascading scheme for Fiber To The Home (FTTH) with Gigabit Passive Optical Network (GPON) technology that is appropriate to use but still pays attention to the quality of the network provided. In determining the feasibility of the network design and determining the appropriate cascading scheme for the Gilimanuk Cluster, the parameters in network design and implementation are focused on measuring the power link budget in theory and implementation, then the rise time budget value in the network optisystem software simulation. The results of this research show that the 1:4 to 1:16 cascading scheme has better FTTH network system feasibility than the 1:8 to 1:8 cascading scheme with a Prx value of -18.42 dBm, which does not exceed the minimum Prx threshold value of the ITU-T G standard. 984, namely -28 dBm, then the rise time budget shows the system rise time value: 0.25537 ns, which does not exceed the maximum rise time limit, namely 0.292 ns, so the 1:4 to 1:16 cascading scheme is feasible to implement.

Key Words : Gilimanuk, power link budget, rise time budget, *cascading*, ITU-T G.984, GPON.

1. PENDAHULUAN

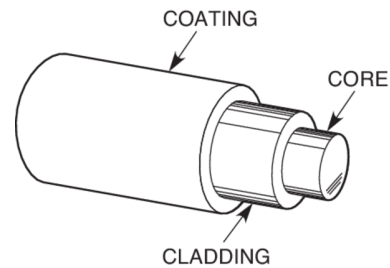
Seiring dengan berkembangnya teknologi dan meningkatnya kebutuhan akan layanan *Triple Play Services* (voice, data, dan video) serta persiapan dalam perkembangan aplikasi *smart office*, *smart home*, dan *smart building* sebagai syarat dalam membangun Industri 4.0 dan *Society 5.0* yang bersifat *hungry bandwidth* [1]. Sehingga untuk memenuhi layanan tersebut diperlukan adanya layanan internet yang *reliable* dan *affordable*. Layanan internet *broadband* adalah solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut sehingga internet *broadband* adalah jenis koneksi internet yang biasa digunakan di rumah, dengan layanan yang memiliki kecepatan dibagi rata sesuai jumlah pengguna atau padatnya penggunaan internet. Layanan *broadband* tidak akan terlepas dengan teknologi FTTH-GPON. Penggunaan splitter pada jaringan distribusi serat optik GPON memungkinkan satu sinyal dapat dibagi menjadi banyak keluaran. Rasio *input* terhadap *output* secara umum disebut dengan *split ratio*. Semakin besar split ratio maka semakin banyak pengguna yang dapat terhubung ke sebuah *Optical Line Terminal* (OLT). *Splitter* yang digunakan pada GPON adalah jenis *passive splitter* dimana sinyal optik dipecah tanpa adanya regenerasi atau penguatan, intensitas cahaya sinyal akan semakin berkurang semakin besar *splitting ratio* yang digunakan. Hal ini akan berpengaruh langsung pada kualitas sinyal terima di sisi ONU. ITU-T G.984 GPON menyatakan bahwa FTTH-GPON dapat mengirimkan sinyal dengan data *uplink* yaitu sebesar 1244,16 Mbps atau 2488,32 Mbps pada *downlink* serta mengikuti standar ITU-T IEEE Standard 802.3ah terkait dengan *splitting providings ratio* berdasarkan ITU-T Recommendation G.983 *specifies split ratios of up to 32*, dan ITU-T Recommendation G.984 *allows split ratios up to 64* [1]. Untuk itu, perlu untuk melakukan optimasi rancangan jaringan untuk menemukan keseimbangan antara kualitas sinyal, yang berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan, dan jumlah

homepass, yang akan berpengaruh terhadap profitabilitas bagi perusahaan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Serat Optik

Serat optik adalah media transmisi gelombang cahaya dengan bagian dalam dari kabel terdiri dari dua bagian, yaitu *core* (bagian tengah) dan *cladding* (bagian luar atau kulit). *Cladding* pada serat optik berfungsi untuk membungkus atau melindungi bagian inti. Struktur penyusun serat optik terdiri atas 3 bagian seperti pada gambar 1, yaitu inti (*core*), *cladding*, dan lapisan jaket (*coating*).



Gambar 1. Struktur dasar penyusun serat optik

Dibandingkan kabel tembaga, serat optik mempunyai keunggulan sebagai berikut [1] :

1. Jarak transmisi lebih jauh.
2. Kapasitas informasi lebih besar.
3. Ukuran kecil dan ringan.
4. Sinyal tahan terhadap interferensi elektromagnetik.
5. Keamanan operasional yang tinggi.
6. Perlindungan data sinyal yang tinggi.

2.2 Skema Komunikasi Serat Optik *Point to Multipoint*

Teknologi jaringan serat optik terdapat beberapa arsitektur jaringan yang disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsinya masing-masing. *Fiber-to-the-X* (FTTx) merupakan jaringan *point to multipoint*, didalam sistem ini terdapat dua atau lebih perangkat aktif. Salah satu perangkat aktif tersebut terpasang disisi *central office* yang berfungsi untuk mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal

optik. Berikut beberapa konfigurasi atau arsitektur jaringan seperti :

1. *Fiber-to-the-Building (FTTB)*
2. *Fiber-to-the-Zone (FTTZ)*
3. *Fiber-to-the-Curb (FTTC)*
4. *Fiber-to-the-Home (FTTH)*

Pada skema konfigurasi optik *Fiber to the home (FTTH)* dimulai dari titik konversi optic hingga ke titik pelanggan atau yang dikenal sebagai *customer premise* [2].

2.3 Elemen-elemen Pasif pada FTTH

Elemen pasif adalah komponen yang tidak memerlukan sumber daya atau catuan dan hanya bekerja sebagai penyalur sinyal cahaya. Contohnya komponen pasif yaitu serat optik, konektor, sambungan, filter optik, dan sebagainya [1]. Berikut beberapa komponen elemen pasif pada FTTH [3] :

1. *Fiber Optics Distribution Box (FODB)*

Di dalam box FODB terdapat *passive optical splitter* yang mencabangkan sebuah inti serat, dan beberapa *output* yang mengarah langsung ke *homepass* atau ke FODB selanjutnya dimana inti serat akan dicabangkan kembali. Menurut fungsi dan lokasinya dari titik sentral, FODB dapat dibagi menjadi FDT dan FAT.

2. Kabel Serat Optik

Kabel serat optik merupakan komponen passive dari jaringan FTTH-GPON yang akan digunakan sebagai media transmisi dari titik OLT sampai dengan titik FAT.

3. *Joint Closure*

Joint closure atau yang bisa juga disebut sebagai *joint box (JB)* seperti gambar 3, digunakan untuk memberikan tempat dan perlindungan bagi sambungan serat optik.

4. *Adaptor/Coupler*

Adaptor serat optik digunakan untuk sambungan antara dua kabel serat optik yang diterminasi dengan kabel *patchcord*.

5. *Patch Cord*

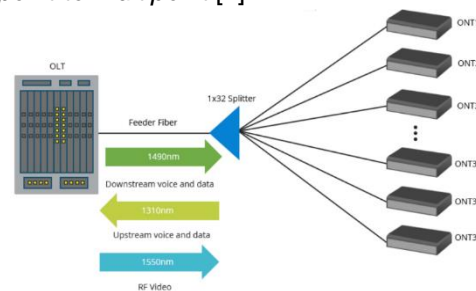
Patchcord merupakan kabel yang berisi sebuah serat optik G.652D atau G.657A1/2 yang terdapat *connector* pada kedua ujungnya.

6. *Passive Optical Splitter*

Passive optical splitter merupakan salah satu dari komponen utama dalam sebuah jaringan FTTH yang berfungsi untuk membagi sebuah sinyal optik dalam sebuah serat optik.

2.4 Konsep Dasar Gigabit *Passive Optical Network (PON)*

GPON merupakan arsitektur jaringan akses *broadband* berbasis serat optik yang menggunakan perangkat pasif optik, sehingga dapat digunakan pada konfigurasi *point-to-multipoint* [4].



Gambar 1. Konfigurasi PON

Perlu diketahui GPON merupakan perkembangan atau inovasi dari teknologi PON. Ada pun perkembangannya adalah sebagai berikut [4].

2.5 Parameter Perancangan

1. *Power link budget*

Power link budget merupakan metode untuk menghitung nilai batasan daya terima atau P_{rx} yang diperbolehkan pada suatu link optic. Faktor-faktor yang mempengaruhi total redaman pada link optik antara lain sumber cahaya dan foto detektor, yang didapatkan dari nilai rugi-rugi kabel, nilai rugi-rugi konektor, nilai rugi-rugi penyambungan, dan nilai *margin system*. Persamaan *power link budget* [4]:

$$\alpha_{total} = L. \alpha_{serat} + NC. \alpha_{con} + NS. \alpha_{spl} + SP \quad (1)$$

$$P_{R_x} = P_{T_x} - \alpha_{tot} - SM \quad (2)$$

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

Keterangan :

P_t = Daya keluaran Sumber Optik (dBm)

P_r = Sensivitas daya maksimum detector (dBm)

SM = *Safety Margin*, berkisar 6-8 dB

α_{total} = Redaman Total Sistem (dB)

L = Panjang serat optic (km)
 α_c = Redaman konektor dB/buah
 α_s = Redaman sambungan (dB/sambungan)
 α_{serat} = Redaman serat optic (dB/km)
 NS = Jumlah sambungan
 NC = Jumlah konektor
 Sp = Redaman Splitter (dB)

2. Rise time Budget

Secara definisi *rise time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh detektor output dalam meningkatkan amplitudo pulsa sinyal dari 10% sampai mencapai 90%, sehingga secara definisi *rise time budget* merupakan metode untuk melihat kemampuan media transmisi dalam mendukung *bandwidth* sinyal informasi yang dilewatkan [4].

$$t_{total} = (t_{tx}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{rx}^2)^{1/2} \quad (4)$$

Keterangan :

t_{total} = total Rise time Budget (ns)
 t_{tx} = rise time transmitter (ns)
 t_{rx} = rise time receiver (ns)
 $t_{intramodal} = t_{material} + t_{waveguide}$ (ns)
 $t_{intermodal}$ = bernilai nol untuk serat *optic single mode* (ns).

Menghitung maksimum *rise time* dari *Bit rate* NRZ menggunakan persamaan 5, yaitu [4]:

$$t_r = \frac{0.7}{B_r} \quad (5)$$

dengan,

B_r = *Bit rate* (Gbps)
 t_r = maksimum *rise time* (ns)

Untuk menghitung $t_{material}$ menggunakan persamaan 6 yaitu [4]:

$$t_{material} = \Delta\sigma \cdot L_{total} \cdot D_m \quad (6)$$

dengan,

$\Delta\sigma$ = Lebar *spectral* (nm)
 L_{total} = Panjang total serat *optic* (km)
 D_m = Dispersi material ($ps/nm.km$)

3. Q-Factor

Nilai *Q-Factor* didapatkan dari hasil simulasi pada blok BER Analyzer. Nilai minimal *Q-Factor* yang diijinkan dari komunikasi optik sebesar 6. Beberapa nilai yang umumnya dikutip untuk BER dan *Q-factor* adalah $Q = 6$ untuk BER = 10-9, $Q = 7$ untuk BER = 10-12, dan $Q = 8$ untuk BER =

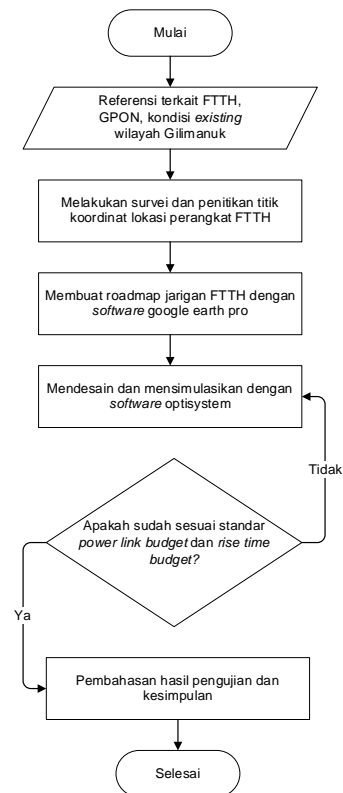
10-15. Semakin tinggi nilai *Q-Factor*-nya maka semakin baik kualitas jaringannya [6].

Pada perancangan jaringan, perlu diperhatikan beberapa hal yang dapat memperkecil nilai *Q-factor*, antara lain semakin besar bit rate dan semakin besar panjang gelombang, nilai *Q-factor* akan semakin kecil. Semakin besar panjang gelombangnya maka pengaruh dispersi semakin besar yang dapat menyebabkan nilai *Q-factor* semakin kecil.

Hubungan BER dengan *Q-factor* adalah semakin besar nilai *Q-factor* maka semakin kecil nilai BER. Semakin kecil nilai BER maka semakin baik kualitas jaringan tersebut.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan kantor PT PLN Iconplus Strategic Business Unit Bali dan Nusa Tenggara yang berlokasi di Jalan Gunung Mandalawangi no. 15 Pemecutan Klod, Denpasar Barat. Alur penelitian ini tercantum pada Gambar 7.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Langkah 1. Studi literatur

Studi literatur dengan mempelajari buku-buku, referensi, artikel, karya tulis terkait FTTH dan GPON.

Langkah 2. Observasi kondisi eksisting

Observasi kondisi eksisting daerah Gilimanuk menentukan batas *coverage* jaringan di area tersebut.

Langkah 3. Desain Perancangan FTTH

Perancangan jaringan distribusi FTTH dengan Google Earth Pro berdasarkan survei lapangan yang dilakukan di masing-masing daerah untuk mengetahui ketersediaan tiang eksisting dan jarak antar rumah.

Langkah 4. Simulasi Perancangan

Simulasi performa jaringan hasil rancangan dengan *software* OptiSystem serta pengujian kelayakan redaman berdasarkan parameter *power link budget* (PLB) dan *rise time Budget*.

Langkah 5. Penetapan jaringan ODN

Penetapan/finalisasi jaringan ODN yang akan diimplementasi.

Langkah 6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil langkah sebelumnya, seluruh hasil analisis *power link budget* dan *rise time budget* akan dibandingkan dengan standar ITU dan nilai maksimum *rise time budget* berdasarkan *bandwidth* FTTH-GPON dan dilakukan penerapan berdasarkan *cascading* yang terbaik.

4.1 Survey dan Penitikan Perangkat

Metode yang pertama akan dilakukan dalam merancang dan mensimulasikan jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) di Gilimanuk dimulai dari titik lokasi jaringan *backbone* berada pada POP (*Point of Presence*) dan *end-user* merupakan ONT yang berada di masing-masing hunian di dalam area cakupan *cluster* FTTH.

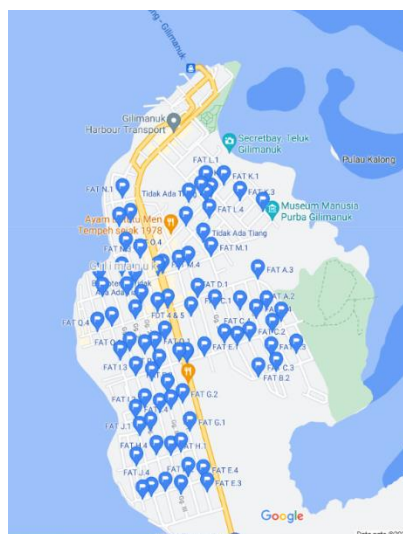
Survey lokasi dilakukan untuk memastikan potensi yang dimiliki di wilayah Gilimanuk tersebut dan melakukan penitikan titik koordinat untuk penempatan perangkat FTTH yang akan dibangun. Potensi yang dimaksud ialah seperti lokasi perumahan, keberadaan tiang PLN, dan keberadaan provider jaringan yang sudah mengisi wilayah tersebut, sehingga data awal ini akan mempermudah dalam pembuatan desain. Hasil survei tersebut dirangkum ke dalam tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Survey Lokasi - Gilimanuk

Data	Keterangan
Jumlah dan Lokasi Rumah (Min. ≥100)	Lebih dari 100 Unit, berdekatan
Tiang PLN	Ada
ISP kompetitor	Ada
Jaringan Existing / Backbone	Ada

Dan berdasarkan hasil survei, diperoleh titik-titik lokasi FAT sesuai gambar 8 berikut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Hasil Penitikan Titik Koordinat plan penempatan Perangkat OLT, FDT, dan FAT

4.2 Desain Jaringan FTTH

Berdasarkan hasil survei dan penitikan perangkat OLT, FDT, dan FAT pada cluster Gilimanuk diperoleh dua desain yaitu *cascading* 1:8 (FDT) to 1:8 (FAT) dan *cascading* 1:4 (FDT) to 1:16 (FAT). Dengan desain *cascading* 1:4 to 1:16 dapat dilihat pada gambar 9 dan diperoleh data jarak sebagai yang tercantum pada tabel 2.

Tabel 2. Titik Koordinat FAT terjauh dan terdekat dari OLT

Titik Koordinat	Perangkat	Jarak dari FDT (m)
-8.174251°, 114.435806°	FAT A.1	200
-8.167927°, 114.433578°	FAT D.4	4140



Gambar 4. Penempatan 32 FAT *cascading* 1:4 to 1:16

Dan untuk desain *cascading* 1:8 to 1:8 dapat dilihat pada gambar 10 dan diperoleh data jarak sebagai yang tercantum pada tabel 3.

Tabel 3. Titik Koordinat FAT terjauh dan terdekat dari OLT

Titik Koordinat	Perangkat	Jarak dari FDT (m)
-8.174251°, 114.435806°	FAT A.1	200
-8.173481°, 114.435235°	FAT D.8	5680



Gambar 5. Penempatan 32 FAT *cascading* 1:8 to 1:8

4.3 Perhitungan Rise time budget dan Rise time budget

1. Cascading 1:4 to 1:16

Perhitungan *power link budget* pada FTTH GPON akan dibatasi hanya pada konfigurasi *downlink* karena perancangan dan implementasi terimplementasi dari perangkat OLT sampai dengan perangkat FAT. Data-data yang digunakan pada perhitungan antara lain terlihat pada tabel 4. berikut:

Tabel 4. Data Parameter perhitungan PLB

Tx OLT	+5 dBm
Rx Sensitivitas (ITU-T G.984)	-28 dBm
Redaman serat optic <i>single mode</i> (1310 nm)	0.35 dB/km
Redaman serat optic <i>single mode</i> (1490 nm)	0.28 dB/km
Redaman <i>splice</i>	0.15 dB/km
Konektor	0.2 dB
Passive Splitter FDT 1:4	7.2 dB
Passive Splitter FDT 1:16	13.5 dB
Jumlah sambungan	3
Jumlah konektor	4
Jarak OLT ke FAT D.4	4248 m
Jarak OLT ke FAT A.1	208 m

Sehingga untuk perhitungan berdasarkan teori adalah sebagai berikut.

Jarak OLT ke FAT D.4 (terjauh)

a. Perhitungan *power link budget downlink* (1490 nm)

Perhitungan *power link budget downlink* pada jarak OLT sampai dengan **FAT D.4 (terjauh)**, sebagai berikut :

Menghitung redaman total:

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + NC \cdot \alpha_{connector} + NS \cdot \alpha_{splicer} + SP$$

$$\alpha_{total} = 4.248 \times 0.28 + 4 \times 0.2 + 3 \times 0.15 + 7.2 + 13.5$$

$$\alpha_{total} = 1.18944 + 0.8 + 0.45 + 7.2 + 13.5$$

$$\alpha_{total} = 23.13944 \text{ dB}$$

Nilai sensitivitas (P_{rx}) adalah sebagai berikut:

$$PR_x = PT_x - \alpha_{tot} - SM$$

$$PR_x = +5 - 23.13944$$

$$PR_x = - 18.13944 \text{ dBm}$$

Sehingga nilai *Margin* daya (M) yang tersisa adalah :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM$$

$$M = (5 - (-26)) - 23.1944 - 3$$

$$M = 4.8056$$

Nilai M yang diperoleh dari hasil perhitungan *downlink* pada *cascading* 1:4

dan 1:16 pada jarak FAT terjauh dan terdekat, memiliki nilai *margin* yang masih berada diatas 0 (nol) dB. Hal ini mengindikasikan bahwa link diatas memenuhi kelayakan *power link budget* berdasarkan ITU-T G.984.

Perhitungan *Rise time Budget* berdasarkan jarak terjauh untuk *cascading* 1:4 to 1:16 adalah 4.140 m.

1. *Bit rate*

- a. 1490 nm (*downlink*) = 2,4 Gbps
- b. 1310 nm (*uplink*) = 1,2 Gbps

2. Koefisien *chromatic* (D)

- a. 1490 nm (*downlink*) = 3,5 ps/nm.km
- b. 1310 nm (*uplink*) = 13,64 ps/nm.km
- c. Lebar spektral ($\sigma\lambda$) = 1 nm
- d. *Rise time transmitter* (t_{tx})= 200 ps = 0.2 ns
- e. *Rise time reciever* (t_{rx}) = 150 ps = 0.15 ns

Perhitungan bit rate, *downlink* dengan Bit rate = 2.4 Gbps, format *line coding* NRZ.

$$t_r = \frac{0.7}{Br}$$

$$t_r = \frac{0.7}{2.4 \times 10^9}$$

$$t_r = 0.292 \text{ ns}$$

Perhitungan *bit rate, uplink* dengan Bit rate = 1.2 Gbps, format *line* RZ.

$$t_r = \frac{0.7}{Br}$$

$$t_r = \frac{0.7}{1.2 \times 10^9}$$

$$t_r = 0.58 \text{ ns}$$

Perhitungan *downlink, dispersion chromatic* pada *cascading* 1:4 to 1:16 dengan jarak dari OLT menuju FAT D.4 (terjauh) sepanjang L = 4.248 km

$$t_f = D \times \sigma\lambda \times L$$

$$t_f = (3.5 \times 10^{-3}) \times 1 \times 4,248$$

$$t_f = 0.014868 \text{ ns}$$

Perhitungan *rise time system* :

$$t_{sys} = \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2}$$

$$t_{sys} = \sqrt{0.15^2 + 0.2^2 + 0.014868^2}$$

$$t_{sys} = 0.25044 \text{ ns}$$

Perhitungan *uplink, dispersion chromatic* pada *cascading* 1:4 to 1:16 dengan jarak dari OLT menuju FAT D.4 (terjauh) sepanjang L = 4.248 km.

$$t_f = D \times \sigma \lambda \times L$$

$$t_f = (13.64 \times 10^{-3}) \times 1 \times 4.248$$

$$t_f = 0.05794$$

Perhitungan *rise time system* :

$$t_{sys} = \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2}$$

$$t_{sys} = \sqrt{0.15^2 + 0.2^2 + 0.05794^2}$$

$$t_{sys} = 0.25662 \text{ ns}$$

2. Cascading 1:8 to 1:8

Untuk *cascading* 1:8 to 1:8 akan memiliki data parameter yang berbeda karena menggunakan tipe *passive splitter* 1:8.

Tabel 5. Data perhitungan PLB pada *cascading* 1:8 to 1:8

Tx OLT	+5 dBm
Rx Sensitivitas (ITU-T G.984)	-28 dBm
Redaman serat optic <i>single mode</i> (1310 nm)	0.35 dB/km
Redaman serat optic <i>single mode</i> (1490 nm)	0.28 dB/km
Redaman <i>splice</i>	0.15 dB/km
Konektor	0.2 dB
<i>Passive Splitter</i> FDT 1:8	10.3 dB
<i>Passive Splitter</i> FDT 1:8	10.3 dB
Jumlah sambungan	3
Jumlah konektor	4
Jarak OLT ke FAT D.8	5168 m
Jarak OLT ke FAT A.1	208 m

Perhitungan *power link budget downlink* dengan pada jarak OLT sampai dengan FAT D.8 (terjauh), adalah sebagai berikut :

Menghitung redaman total:

$$\alpha_{total} = L. \alpha_{serat} + NC. \alpha_{connector} + NS. \alpha_{splicer} + SP$$

$$\alpha_{total} = 5.788 \times 0.25 + 4 \times 0.2 + 3 \times 0.15 + 10.3 + 10.3$$

$$\alpha_{total} = 1.447 + 0.8 + 0.45 + 20.6$$

$$\alpha_{total} = 23.297 \text{ dB}$$

Nilai sensitivitas (P_{rx}) adalah sebagai berikut:

$$PR_x = PT_x - \alpha_{tot} - SM$$

$$PR_x = +5 - 23.297$$

$$PR_x = -18.297 \text{ dBm}$$

Sehingga nilai *Margin* daya (M) yang tersisa adalah :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM$$

$$M = (5 - (-26)) - 23.297 - 3$$

$$M = 4.703$$

Perhitungan *power link budget* untuk *downlink* (1490 nm) pada jarak OLT sampai dengan FAT A.1 (terdekat):

Menghitung redaman total:

$$\alpha_{total} = L. \alpha_{serat} + NC. \alpha_{connector} + NS. \alpha_{splicer} + SP$$

$$\alpha_{total} = 0.208 \times 0.25 + 4 \times 0.2 + 3 \times 0.15 + 10.3 + 10.3$$

$$\alpha_{total} = 0.052 + 0.8 + 0.45 + 20.6$$

$$\alpha_{total} = 21.902 \text{ dB}$$

Nilai sensitivitas (P_{rx}) adalah sebagai berikut:

$$PR_x = PT_x - \alpha_{tot} - SM$$

$$PR_x = +5 - 21.902$$

$$PR_x = -16.902 \text{ dBm}$$

Sehingga nilai *Margin* daya (M) yang tersisa adalah :

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM$$

$$M = (5 - (-26)) - 21.902 - 3$$

$$M = 6.098$$

Nilai M yang diperoleh dari hasil perhitungan *downlink* pada *cascading* 1:8 dan 1:8 pada jarak FAT terjauh dan terdekat, memiliki nilai *margin* yang masih berada diatas 0 (nol) dB. Hal ini mengindikasikan bahwa link diatas memenuhi kelayakan *power link budget* berdasarkan ITU-T G.984.

Perhitungan *rise time Budget* berdasarkan jarak terjauh untuk *cascading* 1:8 to 1:8 adalah 5.680 km, dengan jalur dari OLT ke FAT D.8 baik secara *downlink* maupun *uplink* membutuhkan data sebagai berikut:

1. *Bit rate*
 - a. 1490 nm (*downlink*) = 2,4 Gbps
 - b. 1310 nm (*uplink*) = 1,2 Gbps
2. Koefesien *chromatic* (D)
 - a. 1490 nm (*downlink*) = 3,5 ps/nm.km
 - b. 1310 nm (*uplink*) = 13,64 ps/nm.km
 - c. Lebar spektral ($\sigma\lambda$) = 1 nm

- d. Rise time transmitter (t_{tx}) = 200 ps = 0.2 ns
- e. Rise time receiver (t_{rx}) = 150 ps = 0.15 ns

Perhitungan bit rate, *downlink* dengan Bit rate = 2.4 Gbps, format line coding NRZ.

$$t_r = \frac{0.7}{Br}$$

$$t_r = \frac{0.7}{2.4 \times 10^9}$$

$$t_r = 0.292 \text{ ns}$$

Perhitungan bit rate, *uplink* dengan Bit rate = 1.2 Gbps, format line RZ.

$$t_r = \frac{0.7}{Br}$$

$$t_r = \frac{0.7}{1.2 \times 10^9}$$

$$t_r = 0.58 \text{ ns}$$

Perhitungan *downlink*, dispersion chromatic pada *cascading* 1:8 to 1:8 dengan jarak dari OLT menuju FAT D.8 (terjauh) sepanjang L = 5.680 km

$$t_f = D \times \sigma \lambda \times L$$

$$t_f = (3.5 \times 10^{-3}) \times 1 \times 5.680$$

$$t_f = 0.01988 \text{ ns}$$

Perhitungan rise time system :

$$t_{sys} = \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2}$$

$$t_{sys} = \sqrt{0.15^2 + 0.2^2 + 0.01988^2}$$

$$t_{sys} = 0.25572 \text{ ns}$$

Perhitungan *uplink*, dispersion chromatic pada *cascading* 1:8 to 1:8 dengan jarak dari OLT menuju FAT D.8 (terjauh) sepanjang L = 5.680 km

$$t_f = D \times \sigma \lambda \times L$$

$$t_f = (13.64 \times 10^{-3}) \times 1 \times 5.680$$

$$t_f = 0.0774$$

Perhitungan rise time system :

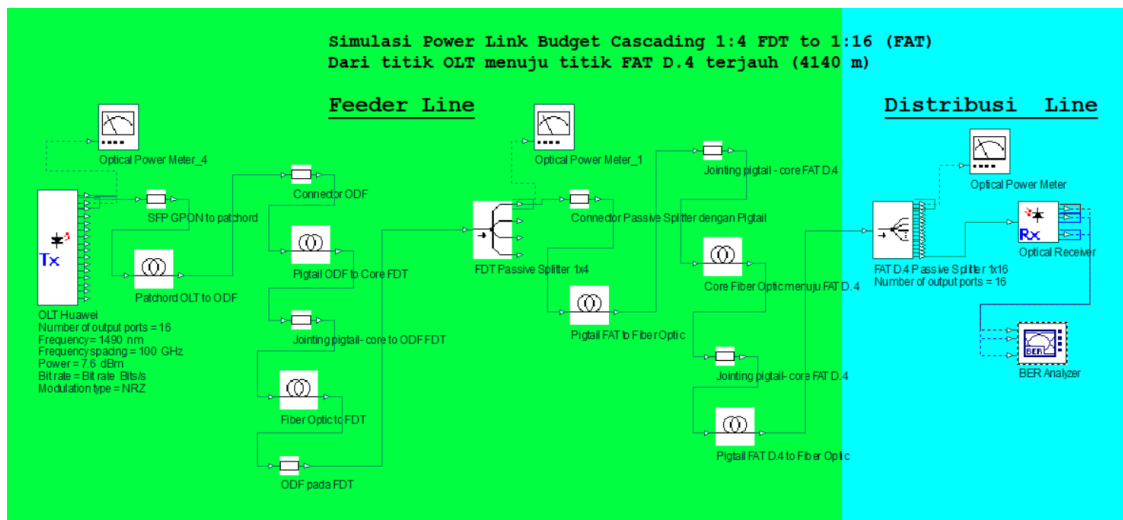
$$t_{sys} = \sqrt{t_{rx}^2 + t_{tx}^2 + t_f^2}$$

$$t_{sys} = \sqrt{0.15^2 + 0.2^2 + 0.0774^2}$$

$$t_{sys} = 0.81490 \text{ ns}$$

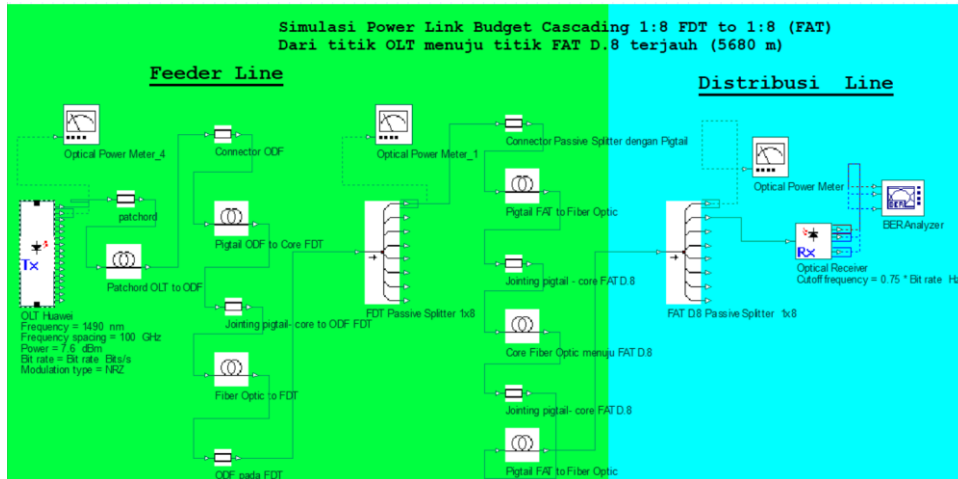
4.4 Simulasi Perancangan

Metode berikutnya yang digunakan dalam perancangan jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) adalah dengan melakukan simulasi pada *software* Optisystem v7.0 pada aplikasi ini akan membuat skema rancangan sesuai dengan skenario yang dibuat sehingga Optisystem akan menampilkan nilai *power link budget* yang dicapai pada ONT dengan acuan jarak terjauh dan jarak terdekat guna untuk menentukan *cascading* yang optimal digunakan dalam implementasi jaringan FTTH-GPON di *cluster* Gilimanuk.



Gambar 6. Konfigurasi jaringan FTTH *cascading* 1:4 to 1:16 *Downlink* dengan jarak OLT ke FAT D.4 (terjauh)

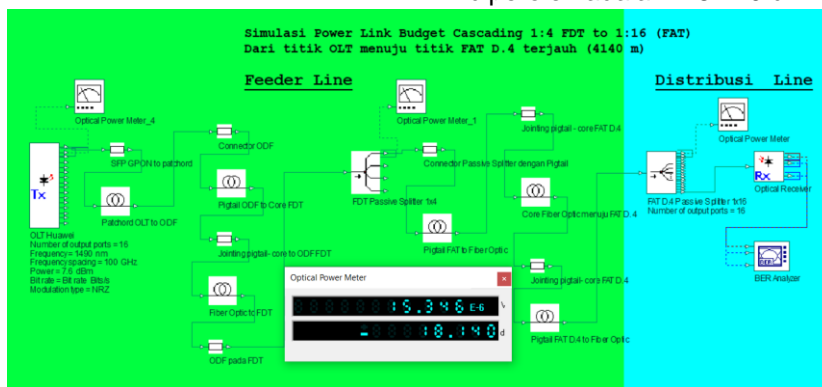
Skema *cascading* 1:4 to 1:16 dapat dilihat pada gambar 6, konfigurasi tersebut dirancang berdasarkan data perhitungan pada tabel 4. Untuk skema *cascading* 1:8 to 1:8 dapat dilihat pada gambar 7, dengan konfigurasi yang dirancang berdasarkan pada tabel 5.



Gambar 7. Konfigurasi jaringan FTTH *cascading* 1:8 to 1:8 Downlink dengan jarak OLT ke FAT D.8 (terjauh)

1. Hasil Simulasi Perancangan 1:4 to 1:16 Untuk P_{rx} hasil simulasi *downlink* berdasarkan *software* simulasi optisystem

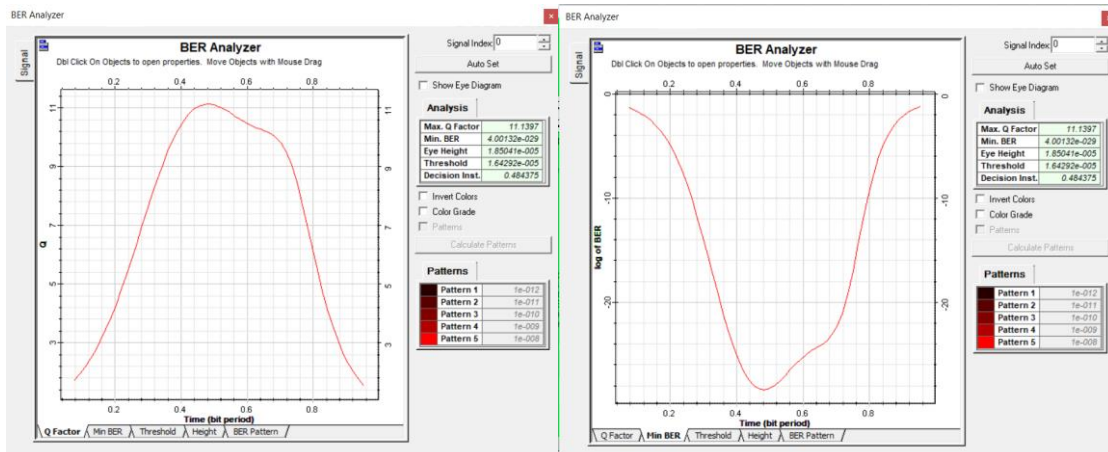
menggunakan skema *cascading* 1:4 to 1:16 dengan jarak OLT ke FAT D.4 dapat dilihat pada gambar 8. dengan hasil simulasi yang diperoleh adalah -18.140 dBm .



Gambar 8. Hasil simulasi *downlink cascading* 1:4 to 1:16 dengan jarak OLT ke FAT D.4 (terjauh)

Untuk hasil simulasi Q-Factor pada *cascading* 1:4 to 1:16 dengan jarak OLT ke FAT D.4 menunjukkan nilai 11.1397 dan hasil simulasi BER pada optisystem

dengan *cascading* 1:4 to 1:16 dengan jarak OLT ke FAT D.4 menunjukkan nilai 4.00132×10^{-29} dengan visualisasi seperti gambar 9. sebagai berikut :

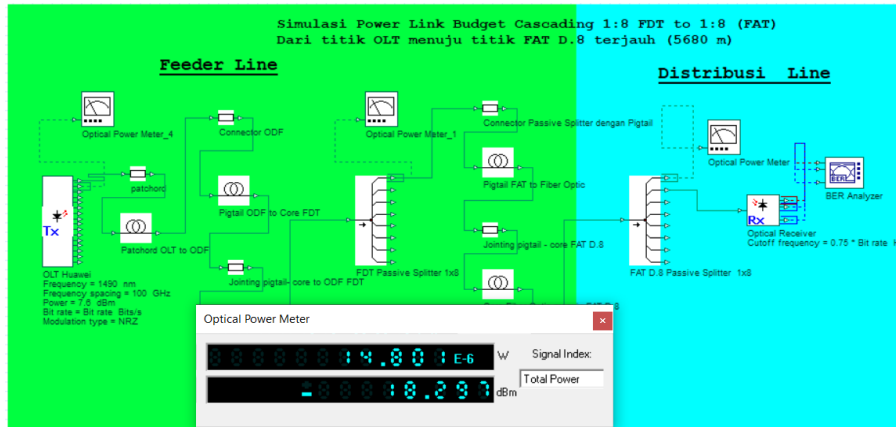


Gambar 9. Q-factor (a) dan nilai Bit Error Rate (BER) (b) *cascade* 1:4-1:16

2. Hasil Simulasi Perancangan 1:8 to 1:8

Untuk P_{rx} hasil simulasi *downlink* berdasarkan simulasi optisystem menggunakan skema *cascading* 1:8 to

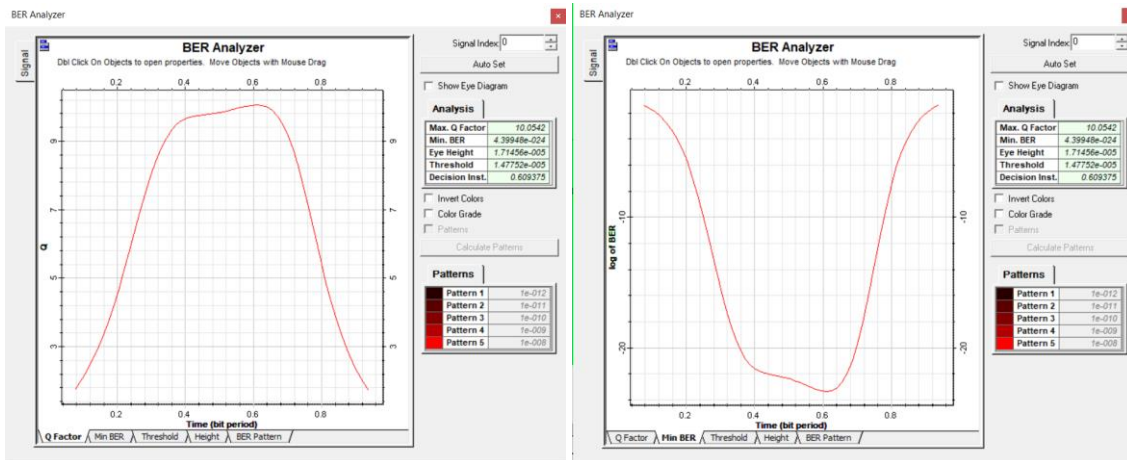
1:8 dengan jarak OLT ke FAT D.8 adalah -18.297 dBm seperti divisualisasikan seperti gambar 10.



Gambar 10. Hasil simulasi *downlink cascading* 1:8 to 1:8 dengan jarak OLT ke FAT D.8 (terjauh)

Hasil simulasi Q-Factor pada *cascading* 1:8 to 1:8 dengan jarak OLT ke FAT D.8 menunjukkan nilai 10.0542, kemudian untuk hasil simulasi BER pada

optisystem dengan *cascading* 1:8 to 1:8 dengan jarak OLT ke FAT D.8 menunjukkan nilai 4.39948×10^{-24} dengan visualisasi seperti gambar 11. sebagai berikut :



Gambar 11. Q-factor (Kiri) dan nilai *Bit Error* BER (Kanan) *cascade* 1:8-1:8

4.5. Analisis Perbandingan Rancangan *Cascading* 1:4 to 1:16 dan *Cascading* 1:8 to 1:8

Tabel 6. Hasil Perhitungan dan Simulasi Skema *cascading* 1:4 to 1:16 konfigurasi *downlink*

Parameter	Jarak	Nilai	Nilai Standar ITU-T G.984	Keterangan
PLB (Perhitungan) (P_{rx})	4248 m	-18.13944 dBm	Min. -28 dBm	Sesuai Standar
PLB (Simulasi Optisystem)	4248 m	-18.140 dBm	Min. -28 dBm	Sesuai Standar
Rise Time Budget	4248 m	0.25537 ns	Rise time _{sys} < 0.292 ns (Rise time _{max})	Sesuai, tidak melebihi t_r
BER (<i>Bit error rate</i>) (Simulasi Optisystem)	-	4.00132×10^{-29}	Min. 10^{-9}	Sesuai Standar
Q-Factor (Simulasi Optisystem)	-	11.1397	Min. 6	Sesuai Standar

Tabel 7. Hasil Perhitungan dan Simulasi Skema *cascading* 1:8 to 1:8 konfigurasi *downlink*

Parameter	Jarak	Nilai	Nilai Standar ITU-T G.984	Keterangan
PLB (Perhitungan)	5680 m	-18.297 dBm	Min. -28 dBm	Sesuai Standar
PLB (Simulasi Optisystem)	5680 m	-18.297 dBm	Min. -28 dBm	Sesuai, tidak melebihi t_r
Rise Time Budget	5680 m	0.25537 η_s	Rise time _{sys} < 0.292 ns (Rise time _{max})	Sesuai, tidak melebihi t_r
BER (<i>Bit error rate</i>) (Simulasi Optisystem)	-	4.39448x10 ⁻²⁹	Min. 10 ⁻⁹	Sesuai Standar
Q-Factor (Simulasi Optisystem)	-	10.542	Min. 6	Sesuai Standar

Berdasarkan tabel 6 dan tabel 7 diperoleh hasil perhitungan power link budget, rise time budget, BER, dan Q-Factor pada dua skema *cascading* berdasarkan parameter perhitungan dari tabel 4 dan tabel 5. Dua skema tersebut sudah memenuhi standar minimum dari kelayakan parameter jaringan FTTH-GPON yang mengacu standar ITU-T G.984. Sehingga desain *cascading* yang terbaik untuk jaringan FTTH Cluster Gilimanuk merupakan skema *cascading* 1:4 to 1:16 terbaik untuk diimplementasikan pada cluster Gilimanuk.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis perancangan jaringan FTTH GPON di cluster Gilimanuk, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan pada tabel Hasil Perhitungan dan Simulasi Skema *cascading* 1:4 to 1:16 konfigurasi *downlink* dan Hasil Perhitungan dan Simulasi Skema *cascading* 1:8 to 1:8 konfigurasi *downlink*, diperoleh hasil perhitungan dan simulasi 2 skema *cascading* sebagai proses awal dalam menentukan skema *cascading* yang layak untuk Cluster Gilimanuk, bahwa skema *cascading* 1:4 to 1:16 menghasilkan nilai power link budget, rise time budget, nilai BER (Bit error rate) dan nilai Q-Factor yang lebih baik dibandingkan dengan skema *cascading* 1:8 to 1:8, serta parameter kelayakan tersebut sudah berada diatas nilai minimum dalam standar ITU-T G.984 FTTH GPON.
2. Hasil perhitungan skema *cascading* 1:4 to 1:16 melalui parameter power link budget dan hasil simulasi perancangan dengan optisystem memiliki nilai yang sama yaitu nilai Prx = -18.13944 dBm dan sudah memiliki nilai yang tidak melebihi nilai minimum Prx dari standar ITU-T G.984 yaitu -28 dBm dan skema

ini termasuk dalam kategori layak untuk diimplementasikan.

3. Berdasarkan hasil pengukuran dengan alat ukur opm dari implementasi cluster Gilimanuk dengan *cascading* 1:4 to 1:16 memiliki nilai Prx : -18.42 dBm, hasil ini memiliki nilai yang tidak melebihi nilai minimum Prx dari standar ITU-T G.984 yaitu -28 dan dengan hasil tersebut skema *cascading* 1:4 to 1:16 sudah berhasil di implementasikan serta layak untuk digunakan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Keiser, G. 2003. Optical Communication Essentials. New York: "McGraw-Hill. William W. S. Wei. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Pearson Addison Wesley."
- [2] Keiser, G. 2010. Optical Fiber Communications (Fourth Edition). New York: McGraw-Hill.
- [3] ITU-T.2016. "Characteristics of a single-mode optical fibre and cable. Series G: Transmission Systems and Media", Telecommunication Standardization Sector of ITU, ITU-T G.652.
- [4] Wiley, John 2010. Fiber Optic Communication Systems. Canada: John Wiley & Sons.
- [5] PT Indonesia Comnets Plus, 2019. "Standar Konstruksi Dan Instalasi Serat optik, Mekanika Konstruksi Kabel Serat optik Pada Tower dan Pole PLN. Jakarta".