

# ANALISIS LINK BUDGET JARINGAN SERAT OPTIK GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK

Puti Mayangsari Fhatony <sup>(1)</sup>, Naemah Mubarakah <sup>(2)</sup>

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail : [mayangfhatony@gmail.com](mailto:mayangfhatony@gmail.com)

## Abstrak

Meningkatnya kebutuhan data *service* memerlukan suatu Jaringan Lokal Akses Fiber yang lebih handal yaitu *Fiber to The Home* (FTTH) yang menawarkan paket lengkap untuk layanan *triple play* (data, audio, dan video). Teknologi yang mendukung layanan *triple play* adalah *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) yang mendukung *bit rate* yang lebih tinggi dan ketersediaan *bandwidth* yang besar. Penulisan ini membahas tentang uji kelayakan jaringan serat optik berbasis GPON dengan menghitung besar daya sinyal yang diterima pelanggan (Pr), *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Bit Error Rate* (BER) pada pelanggan di gedung Witel Malang. Pengambilan data dilakukan dari OLT (*Optical Line Terminal*) yang terletak di STO (Sentral Telepon Otomat) Blimbing yang terhubung kabel *feeder* sejauh 509 m ke ODC (*Optical Distribution Cabinet*) yang terletak di depan gedung Witel Malang, yang kemudian diteruskan ke ONU (*Optical Network Unit*). Dari hasil pengukuran daya sinyal yang diterima pelanggan (Pr) dan BER untuk semua pelanggan dinyatakan layak karena telah memenuhi standar. Dari hasil perhitungan SNR, hanya 4 pelanggan yang memiliki standar kelayakan SNR untuk sistem komunikasi serat optik. Hal ini disebabkan oleh pengaruh jarak sehingga mempengaruhi total *loss* sepanjang saluran optik ke suatu pelanggan yang akhirnya berpengaruh terhadap daya sinyal yang diterima oleh pelanggan.

**Kata Kunci : FTTH, GPON, daya sinyal terima, SNR, BER**

## 1. Pendahuluan

Serat optik merupakan helaian optik murni yang sangat tipis (tebalnya setipis rambut manusia) dan dapat membawa data informasi digital untuk jarak jauh. Helaian tipis ini tersusun dalam bundelan yang dinamakan kabel serat optik dan berfungsi mentransmisikan (mengirim) cahaya, hampir tanpa kerugian. Karena bukan penghantar listrik, kabel kebal terhadap interferensi listrik [1].

Seiring dengan perkembangan pembangunan dan meningkatnya kebutuhan data *service*, maka diperlukan suatu Jaringan Lokal Akses Fiber yang lebih handal dengan prospek untuk jangka waktu yang lama. Jaringan Lokal Akses Fiber (JARLOKAF) adalah jaringan yang menggunakan serat optik untuk menghubungkan antara sentral lokal dengan terminal pelanggan. *Fiber to The Home* (FTTH) menawarkan paket lengkap untuk layanan *triple play* (data, audio dan video) dengan kecepatan tinggi serta *bandwidth* yang besar.

FTTH didefinisikan sebagai arsitektur jaringan optik mulai dari sentral *office* (STO) hingga ke perangkat pelanggan. Dalam jaringan akses fiber FTTH terdapat segmen-segmen catuan, antara lain: catuan kabel *feeder*, catuan

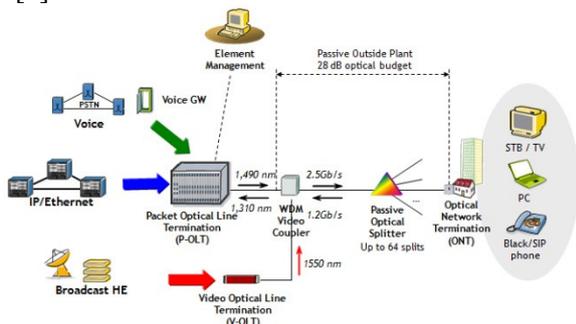
kabel distribusi, catuan kabel *drop* dan catuan kabel *indoor*, serta pelanggan aktif yaitu OLT dan ONU/ONT. TKO (Titik Konversi Optik) terletak di dalam rumah pelanggan, terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga *indoor* hingga beberapa puluh meter saja. FTTH dapat dianalogikan sebagai pengganti Terminal Blok (TB) [2].

## 2. Studi Pustaka

GPON merupakan teknologi yang didukung oleh jaringan akses serat optik dan memiliki kapasitas *bandwidth* besar, kecepatan akses lebih cepat, serta dapat melayani tiga layanan (*triple play*) berupa data, suara dan video. Bila sebelumnya pelanggan dalam menggunakan internet membutuhkan modem, melakukan panggilan telepon atau IPTV dengan peralatan berbeda, maka penerapan GPON menyebabkan pelanggan bisa menggunakan layanan tersebut hanya pada satu alat bernama ONU (*Optical Network Unit*). Namun, dalam proses transmisi melalui serat optik tidak menutup kemungkinan terjadinya degradasi sinyal yang disebabkan karena redaman dan dispersi sehingga dapat mengganggu proses transmisi [3].

Prinsip kerja GPON itu sendiri ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk membuat serat optik tunggal dapat mengirim ke beberapa ONU, untuk ONU sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan pengguna.

*Passive splitter* merupakan *optical fiber coupler* sederhana yang membagi sinyal optik menjadi beberapa *path* (*multiple path*) atau sinyal-sinyal kombinasi dalam satu jalur. *Splitter* juga berfungsi sebagai perute dan pengkombinasi berbagai sinyal optik. Arsitektur GPON dapat dilihat pada Gambar 1 [4].



Gambar 1 Arsitektur GPON.

Konfigurasi jaringan GPON pada dasarnya dapat dibagi menjadi 3 bagian [5]:

- a. Optical Line Terminal (OLT)
 

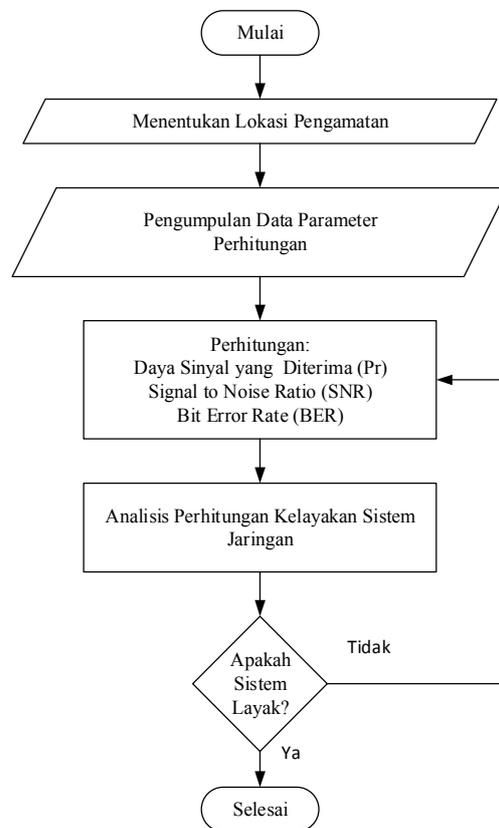
OLT menyediakan *interface* antara sistem PON dengan penyedia layanan (*service provider*) data, video dan jaringan telepon. Bagian ini akan membuat link ke sistem operasi penyedia layanan melalui *Elemen Managemen System* (EMS).
- b. Optical Distribution Network (ODN)
 

ODN menyediakan sarana transmisi optik dari OLT terhadap pengguna dan sebaliknya. Transmisi ini menggunakan komponen optik pasif. ODN menyediakan peralatan transmisi optik antara OLT dan ONU.
- c. Optical Network Termination/Unit (ONT/ONU)
 

ONU menyediakan *interface* antara jaringan optik dengan pelanggan. Sinyal optik yang ditransmisikan melalui ODN diubah oleh ONU menjadi sinyal elektrik yang diperlukan untuk *service* pelanggan.

### 3. Metodologi Penelitian

Adapun langka-langkah dalam melakukan analisa dan perhitungan jaringan serat optik teknologi GPON (*gigabit passive optical Network*) di gedung Witel Malang dapat dilihat dengan diagram alur pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alur Penelitian

#### 3.1 Daya Sinyal Diterima (Pr)

Perhitungan daya sinyal yang diterima diuraikan dari persamaan (1).

$$P_r = P_t - C_L - M_a (dB) \quad (1)$$

Dimana,

$P_i = P_t$  = Daya sinyal *input* yang dikirim (dB)

$P_o = P_r$  = Daya sinyal diterima *receiver* (dB)

$C_L$  = Total *loss* saluran (dB)

$M_a$  = *Safety Margin* (dB)

#### 3.2 Signal to Noise Ratio (SNR)

*Signal to Noise Ratio* merupakan perbandingan antara daya sinyal terhadap daya noise pada satu titik yang sama, dan dapat dirumuskan seperti pada persamaan (2) [6].

$$\frac{S}{N} = \frac{2 \left[ P_{opt} \left( \frac{\eta q}{h\nu} \right) \right]^2 M^2}{\left[ 2q i_D + 4q P_{opt} \left( \frac{\eta q}{h\nu} \right) M^2 F(M) + \frac{4k T_{eff}}{R_{eq}} \right] B} \quad (2)$$

Dimana,

- $P_{opt}$  = Daya sinyal yang diterima (Watt)
- $\frac{\eta q}{h\nu} = R$  = Responsivitas
- $M$  = Loss margin system pada *detector* cahaya (apabila yang digunakan adalah APD)
- $q$  = Muatan elektron ( $1,6 \times 10^{-19} C$ )
- $i_D$  = Arus gelap (A)
- $B$  = Bandwidth detektor cahaya (Hz)
- $k$  = Konst. Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23}$  Joule/K)
- $T_{eff}$  = Temperature noise efektif (K)
- $R_{eq}$  = Resistansi ekivalen ( $\Omega$ )

### 3.3 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital, dimana dapat dihitung dengan Persamaan (3) [7].

$$BER = Pe(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{Q^2}{2}} \quad (3)$$

Dimana,

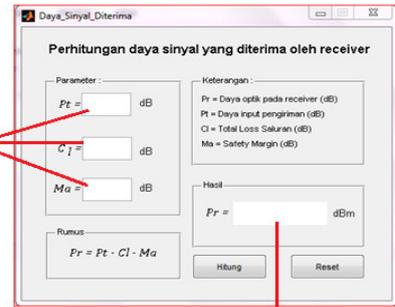
- $Q$  = Quantum noise
- $Pe$  = Probability Error

Standar *link budget* jaringan fiber optik GPON dari OLT hingga ONT adalah 28 dB. Namun, untuk mengantisipasi kebutuhan operasional (perbaikan jaringan) maka desain FTTH dengan maksimum redaman 25 dB atau ekivalen dengan panjang fiber optik dari OLT sampai dengan ONT maksimum 17 km [8].

Makin tinggi SNR, makin baik mutu komunikasinya. Standar SNR untuk Sistem Komunikasi Serat Optik adalah 21,5 dB. Standar dari *Bit Error Rate* (BER) yaitu  $1 \times 10^{-9}$ , dimana sebuah sistem jaringan komunikasi serat optik tidak boleh lebih dari standar yang telah ditentukan [6].

Setiap perhitungan dilakukan dengan menggunakan GUI yang didesain menjadi kalkulator praktis pada program MATLAB agar semakin mempermudah dan lebih teliti dalam melakukan perhitungan daya sinyal diterima, SNR maupun BER. Adapun tampilan GUI untuk perhitungan daya sinyal terima (Pr) dapat dilihat pada Gambar 3.

Masukan data parameter sesuai dengan keterangan yang ada

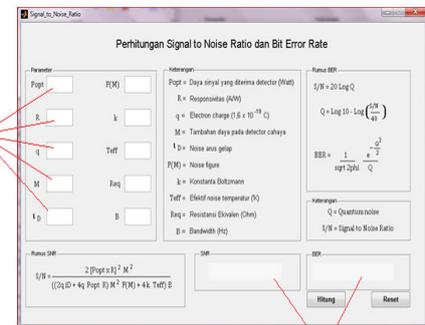


kolom hasil

Gambar 3 Tampilan GUI untuk perhitungan daya sinyal terima (Pr).

Gambar 4 menunjukkan tampilan GUI untuk perhitungan SNR dan BER.

Masukan data parameter yang dibutuhkan sesuai dengan keterangan



kolom hasil

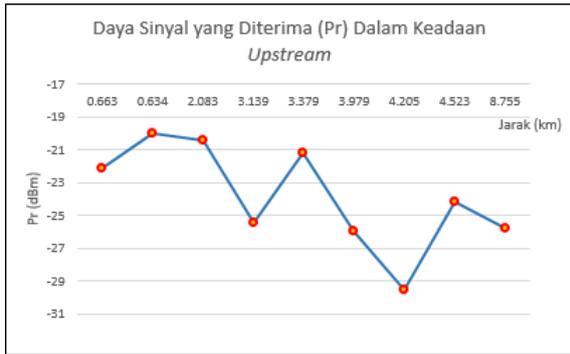
Gambar 4 Tampilan GUI untuk perhitungan SNR dan BER.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan program protocol PUTTY. Sehingga didapat data spesifikasi parameter *link power budget* jaringan serat optik dari STO Blimbing sampai dengan gedung Witel Malang.

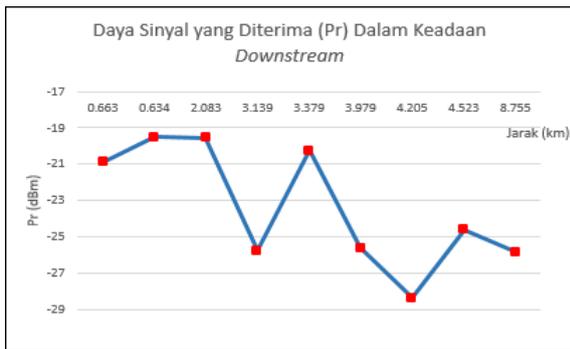
### 4.1 Daya Sinyal yang Diterima (Pr)

Setelah melakukan perhitungan terhadap 9 pelanggan, maka dapat kita lihat grafik daya sinyal yang diterima oleh pelanggan terhadap jarak pelanggan ke OLT. Untuk daya sinyal yang diterima saat keadaan *upstream* dapat kita lihat pada Gambar 5 dan untuk daya sinyal yang diterima saat keadaan *downstream* dapat kita lihat pada Gambar 6.



Gambar 5 Grafik Daya yang diterima (Pr) oleh pelanggan terhadap jarak (*upstream*).

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa daya sinyal yang diterima paling tinggi adalah pada pelanggan kedua dengan jarak 0,634 km dan *loss* total 14,3219 dB yang merupakan *loss* total yang paling kecil dan jarak yang paling dekat dari yang lainnya. Sedangkan daya sinyal yang diterima paling rendah adalah pada pelanggan 5ke-tujuh dengan jarak 4,205 km dan *loss* total 23.90175 dB dimana merupakan *loss* total yang paling besar dari yang lainnya.



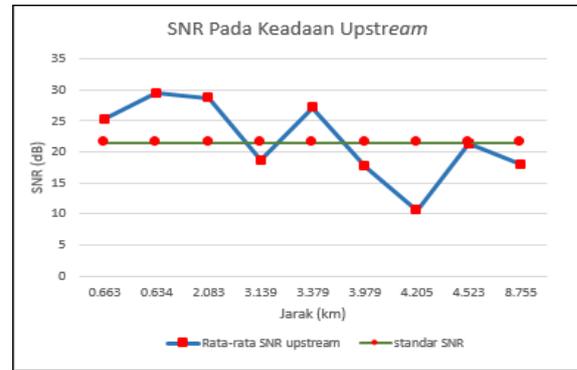
Gambar 6 Grafik Daya yang diterima (Pr) oleh pelanggan terhadap jarak (*downstream*).

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa daya sinyal yang diterima paling tinggi tetap pada pelanggan kedua dan daya sinyal yang diterima paling rendah tetap pada pelanggan ke-tujuh. Hal ini disebabkan oleh pengaruh jarak sehingga mempengaruhi total *loss* sepanjang saluran optik ke suatu pelanggan yang akhirnya berpengaruh terhadap daya sinyal yang diterima oleh pelanggan.

Berdasarkan standar *link budget* [8], jaringan fiber optik pada setiap pelanggan dalam keadaan *upstream* maupun *downstream* dinyatakan layak karena besar *loss* total terbesar yaitu 23,90175 dB, yang artinya kurang dari batas maksimum redaman pada jaringan fiber optik yaitu 25 dB.

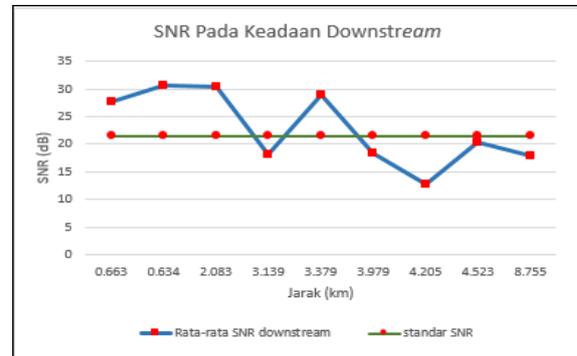
### 4.2 Signal to Noise Ratio (SNR)

Setelah melakukan perhitungan terhadap 9 pelanggan, maka dapat kita lihat grafik SNR pada pelanggan terhadap jarak pelanggan ke OLT. Untuk SNR dalam keadaan *upstream* dapat dilihat pada Gambar 7 dan untuk SNR dalam keadaan *downstream* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7 SNR pada pelanggan terhadap jarak (*upstream*).

Nilai SNR tertinggi pada keadaan *upstream* terjadi pada pelanggan kedua dengan nilai SNR sebesar 29,46457 dB dan nilai SNR terendah terjadi pada pelanggan ke-tujuh dengan nilai SNR sebesar 10.5477 dB.



Gambar 8 SNR pada pelanggan terhadap jarak (*downstream*).

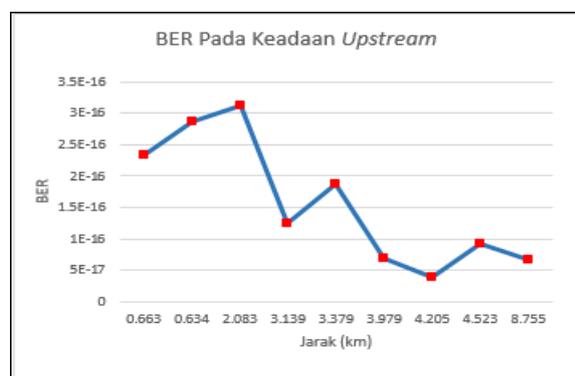
Nilai SNR tertinggi pada keadaan *downstream* tetap terjadi pada pelanggan kedua dengan nilai SNR sebesar 30,75207 dB dan nilai SNR terendah terjadi pada pelanggan ke-tujuh dengan nilai SNR sebesar 12,8167 dB.

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 dan Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa dalam keadaan *upstream* maupun *downstream* hanya 4 pelanggan yang dinyatakan layak berdasarkan standarisasi SNR yaitu pelanggan pertama, kedua, ke-tiga dan ke-lima. Hal ini disebabkan oleh jarak *central office* ke pelanggan yang berpengaruh terhadap total *loss* sepanjang

saluran optik ke suatu pelanggan, yang akhirnya berpengaruh terhadap daya sinyal yang diterima ( $P_r$ ) pelanggan. Total *loss* juga dipengaruhi oleh *splitter* dan konektor yang digunakan. Sehingga dapat kita lihat pada pelanggan ke-empat terjadi penurunan dibandingkan pelanggan ke-lima, karena pelanggan ke-empat memiliki total *loss* lebih besar dari pelanggan ke-lima.

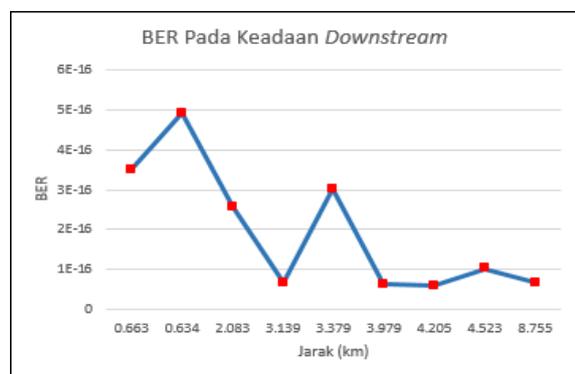
#### 4.3 Bit Error Rate (BER)

Setelah melakukan perhitungan terhadap 9 pelanggan, maka dapat kita lihat grafik BER pada pelanggan terhadap jarak pelanggan ke OLT. Untuk BER dalam keadaan *upstream* dapat dilihat pada Gambar 9 dan untuk BER dalam keadaan *downstream* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9 BER pada pelanggan terhadap jarak (*upstream*).

Berdasarkan Gambar 9 pelanggan ketiga memiliki nilai BER terbesar yaitu  $3,12149 \times 10^{-16}$ . Pelanggan ke-tujuh memiliki nilai BER terkecil yaitu  $3,94511 \times 10^{-17}$ .



Gambar 10 BER pelanggan terhadap jarak (*downstream*).

Berdasarkan Gambar 10 pelanggan kedua memiliki nilai BER terbesar yaitu  $4,93237 \times 10^{-16}$ . Pelanggan ke-tujuh memiliki

nilai BER terkecil yaitu  $6,07624 \times 10^{-17}$ . Dimana daya sinyal yang diterima oleh pelanggan kedua cenderung lebih tinggi daripada daya sinyal yang diterima oleh pelanggan ke-tujuh, sehingga nilai BER pelanggan kedua lebih besar daripada BER yang diperoleh oleh pelanggan ke-tujuh.

Dilihat dari hasil perhitungan BER baik *upstream* maupun *downstream* dinyatakan bahwa semua pelanggan dinyatakan layak dalam perhitungan BER, karena semua pelanggan memiliki nilai BER lebih kecil dari  $1 \times 10^{-9}$ , dengan BER terbesar yang didapat selama perhitungan yaitu  $4,95673 \times 10^{-16}$ .

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Jarak *central office* ke pelanggan berpengaruh terhadap total *loss* sepanjang saluran optik ke pelanggan, keduanya mempengaruhi daya sinyal yang diterima ( $P_r$ ) oleh setiap pelanggan. Total *loss* juga dipengaruhi oleh *splitter* maupun konektor yang digunakan. Makin besar nilai daya sinyal yang diterima ( $P_r$ ) oleh setiap pelanggan, maka makin besar pula nilai SNR dan BER yang terjadi di setiap pelanggan.
- Besarnya daya sinyal yang diterima ( $P_r$ ) oleh pelanggan dipengaruhi oleh daya yang dikirimkan ( $P_t$ ) dan total *loss* disepanjang jalur serat optik pada tiap pelanggan ke *central office*. Total *loss* terbesar yaitu 23,90175 dB. Sehingga, setiap pelanggan dinyatakan layak karena total *loss* setiap pelanggan kurang dari batas maksimum redaman yaitu 25 dB.
- Dari hasil perhitungan SNR, hanya 4 pelanggan yang memiliki standar kelayakan SNR. Hal ini disebabkan oleh pengaruh jarak yang juga berpengaruh pada total *loss* sepanjang saluran optik ke suatu pelanggan.
- Pada perhitungan BER, semua pelanggan dinyatakan layak dalam perhitungan BER, karena semua pelanggan memiliki nilai BER lebih kecil dari  $1 \times 10^{-9}$ , dengan BER terbesar yang didapat selama perhitungan yaitu  $4,95673 \times 10^{-16}$ .

**6. Daftar Pustaka**

- [1] R. Nugraha, Serat Optik, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2006, pp. 1-2.
- [2] PT. Telekomunikasi Indonesia, "Trend Teknologi dan Layanan," in *Modul Training*, Bandung, 2012.
- [3] A. P. Perdana, A. Hambali and B. Uripno, "Analisis Dispersion Power Penalty Pada Implementasi Teknologi GPON Studi Kasus Area STO Centrum Bandung," *Dispersion Power Penalty*, p. 2, 2012.
- [4] P. Hardjono, Training Center (Course Development) GPON, Bandung: PT. Telkom, 2008, pp. 2-7.
- [5] A. Nugroho, "Teknologi Gigabit-Capable Passive Optical Network (GPON) Sebagai Triple Play Service," pp. 4-6, 2010.
- [6] R. L. Freeman, *Telecommunication Transmission Handbook*, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1991, pp. 732-734.
- [7] S. B. Hasanuddin, R. S. Sadjad and Z. Y. Baitanu, "Jaringan Lokal Akses Fiber Dengan Konfigurasi Jaringan Fiber To The Home," pp. 7, 9, 2012.
- [8] PT. Telekomunikasi Indonesia, *Panduan Desain FTTH*, Jakarta: PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk. Divisi Akses, 2012, pp. 9-11.