

## PERENCANAAN OPTICAL AMPLIFIER PADA JARINGAN PALAPA RING UNTUK LINK AMBON (MALUKU) - SORONG (PAPUA)

### *Planning Of Optical Amplifier Palapa Ring Network, Link Ambon (Maluku) – Sorong (Papua)*

Ahyadan Weka Pratomo<sup>1</sup>, Akhmad Hambali<sup>2</sup>, Afief Dias Pambudi<sup>3</sup>.

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>adanweka@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>ahambali@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>afiefdiaspambudi@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Dalam menjadikan seluruh masyarakat Indonesia yang cepat mengetahui segala informasi, pemerintah melakukan kerja sama dengan beberapa perusahaan telekomunikasi menggelar mega-proyek serat optik bawah laut yang dinamakan *Palapa Ring*. Jaringan inilah yang akan menghubungkan Ambon - Sorong yang dapat terkoneksi dengan jaringan tersebut agar masalah ketinggalan informasi tidak terjadi lagi.

Pada penelitian ini dilakukan penempatan *optical amplifier* dan analisis *link power budget* dan *bit error rate* dengan menggunakan beberapa skema. Skema 1 ROA (*Raman Optical Amplifier*) ditempatkan pada jarak 128 km dari titik labuh di Ambon dan sorong. Sedangkan antar ROA diberi jarak 127 km. Di skema 2 jarak ROA nya menggunakan jarak maksimal sistem tanpa menggunakan penguat yaitu 128 km. Pada skema 3 ini penempatan ROA nya berbeda dengan skema 2. Hal ini bertujuan untuk mengurangi redaman yang dihasilkan oleh *splice* antar perangkat dengan jarak 100 km antar ROA.

Hasil dari penelitian ini pada skema 1 digunakan maka ROA yang dibutuhkan hanya 3 buah, namun pada skema ini daya terima pada *receiver* hanya -53,9 dBm dan nilai BER yang didapat dengan nilai *Qfactor* tersebut adalah 0,129. Skema 2 digunakan maka ROA yang dibutuhkan lebih banyak dari skema 1 yaitu 4 buah ROA, sehingga pada skema ini daya terima pada *receiver* -24,1 dBm dengan nilai BER yang didapat dengan nilai *Qfactor* tersebut adalah  $0,67 \cdot 10^{-4}$ . Pada skema 3 ini, diperoleh daya terima di *receiver* sebesar -23,7 dBm dan nilai BER yang didapat dengan nilai *Qfactor* tersebut adalah  $4,718 \cdot 10^{-5}$ . Dengan nilai *link power budget* dan nilai BER, skema 3 yang lebih baik diantara skema a1 dan 2.

**Kata kunci :** *Palapa Ring, Link Power Budget, Bit Error Rate, Qfactor, Ambon, Sorong*

#### Abstract

*In making the entire people of Indonesia quickly find out all the information, the government is working with several telecom companies hold a mega-project of optical fiber submarine called Palapa Ring. This network will connect Ambon - Sorong to be connected to the network so that the problem does not happen again miss the information.*

*In this research the placement of optical amplifiers and power link budget analysis and bit error rate by using several schemes. Scheme 1 ROA (Raman Optical Amplifier) is placed at a distance of 128 km from the point of landing in Ambon and Sorong. While the distance between the ROA by 127 km. In the second scheme within its ROA using the maximum distance without using amplifier system is 128 km. In the third scheme is placing its ROA is different from the scheme 2. It aims to reduce the attenuation produced by a splice between devices at a distance of 100 km between the ROA.*

*The results of this study on the scheme first used the ROA takes only 3 pieces, but in the scheme received power at the receiver only -53.9 dBm and BER values obtained with the Qfactor value is 0.129. Scheme 2 use the ROA that it takes more than one scheme that is 4 pieces ROA, so this scheme received power at the receiver -24.1 dBm with a BER value obtained by the Qfactor value is  $0,67 \cdot 10^{-4}$ . In this third scheme, gained acceptance in the receiver of -23.7 dBm and BER values obtained with the Qfactor value is  $4,718 \cdot 10^{-5}$ . With the value of a link power budget and the value of BER, 3 better scheme between scheme a1 and 2.*

**Keywords:** *Palapa Ring, Link Power Budget, Bit Error Rate, Qfactor, Ambon, Sorong*

#### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan letak geografis yang cukup luas dan terdiri dari beberapa pulau yang menjadikan komunikasi dan informasi terhambat oleh waktu dan jarak. Untuk mengatasi hambatan geografis

ini, dibutuhkan jaringan telekomunikasi yang dapat memperkecil jarak dan mempersingkat waktu untuk menyatukan pulau-pulau di Indonesia dalam satu lingkaran jaringan komunikasi.

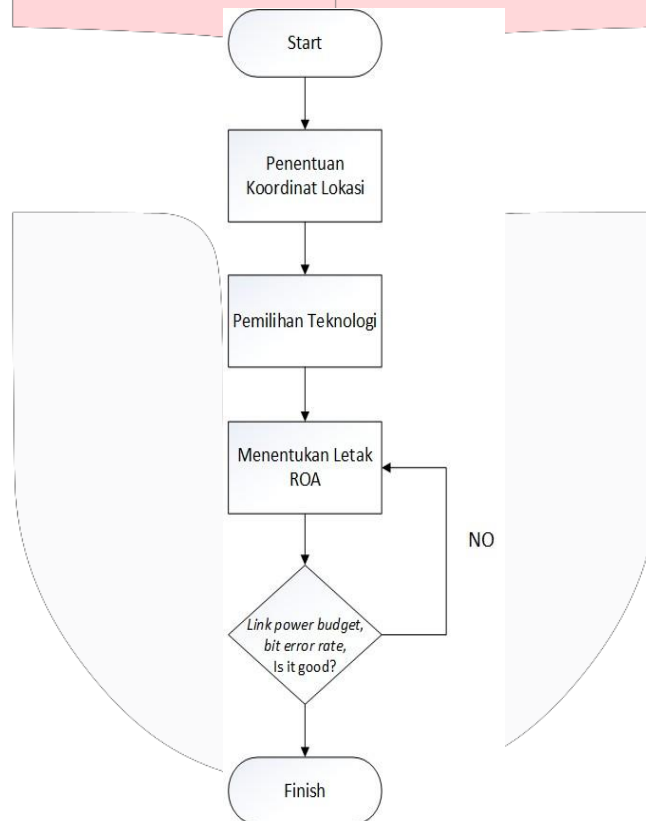
Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka Pemerintah bekerja sama dengan perusahaan telekomunikasi membuat mega-proyek jaringan kabel serat optik berkapasitas tinggi yang dibetangkan dibawah laut dan berfungsi sebagai penghubung komunikasi dan informasi antara pulau-pulau di Indonesia yang bernama “*Palapa Ring*”.

Pada proyek jaringan kabel serat optik bawah laut ini akan menempuh jarak yang jauh. Dengan jarak yang jauh transmisi akan terbatas oleh adanya rugi-rugi transmisi, yang disebabkan oleh kehilangan daya karena faktor *losses* dan dispersi. Untuk transmisi jarak jauh, daya yang hilang akan menyebabkan sinyal semakin lemah hingga sisi *receiver*. Dengan demikian peranan penguat optik sangatlah penting untuk menguatkan kembali intensitas sinyal pada saat ditransmisikan. Raman *optical amplifier* (ROA) merupakan salah satu jenis penguat optik yang dapat menguatkan pada panjang gelombang berapapun<sup>[1]</sup>, memiliki *noise figure* (NF) yang rendah, keleluasaan dalam pemilihan gain medium, serta *gain bandwidth* yang lebar<sup>[2]</sup>.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis perancangan posisi optical amplifier yaitu Raman *Optical Amplifier* (ROA) pada jaringan serat optik bawah laut Ambon – Sorong. Penelitian ini juga akan menghitung *link power budget* dan analisis performansi dari *link* tersebut.

**2. Dasar Teori**

Untuk memudahkan pengerjaan perencanaan maka dibuat *flowchart* tentang urutan hal-hal yang harus dikerjakan sehingga diharapkan pengerjaan perencanaan dapat berurutan dan sistematis.



**Gambar 2.1** Diagram Alir

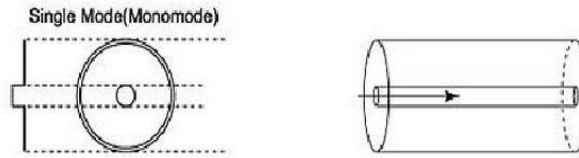
**2.1. Infrastruktur Jaringan Palapa RING**

Infrastruktur jaringan palapa ini akan menghubungkan 33 provinsi dan 460 kabupaten di Indonesia dengan data kecepatan tinggi dan berkapasitas besar mencapai 320 GBps sampai dengan 40 TBps dengan jaringan serat optik bawah laut sepanjang 35.280 km dan serat optik bawah tanah sepanjang 21.708 km.

Keberadaan jaringan ini memiliki tujuan utama untuk mendukung *sovereignty* dan ketahanan nasional. Disamping itu, membuat sambungan jarak jauh yang mudah & murah, penetrasi jaringan telpon dan internet, membangun infrastruktur fundamental jaringan komunikasi, dan mengatasi kesenjangan info antar daerah.

2.2. Transmisi Microwave

serat optik dengan inti (*core*) yang sangat kecil (biasanya sekitar 8,3 mikron), diameter intinya sangat sempit mendekati panjang gelombang sehingga cahaya yang masuk ke dalamnya tidak terpantul-pantul ke dinding selongsong (*cladding*). Bahagian inti serat optik *single-mode* terbuat dari bahan kaca silika (SiO<sub>2</sub>) dengan sejumlah kecil kaca *Germania* (GeO<sub>2</sub>) untuk meningkatkan indeks biasnya. Untuk mendapatkan performa yang baik pada kabel ini, biasanya untuk ukuran selongsongnya adalah sekitar 15 kali dari ukuran inti (sekitar 125 mikron). Kabel untuk jenis ini paling mahal, tetapi memiliki kelemahan (kurang dari 0.35dB per kilometer), sehingga memungkinkan kecepatan yang sangat tinggi dari jarak yang sangat jauh. Standar terbaru untuk kabel optik bawah laut adalah ITU-T G.655.



Gambar 2. 3 Kabel serat optik

2.3. Link Power Budget

Agar dapat dilakukan analisa terhadap kelayakan suatu sistem komunikasi kabel laut yang direncanakan, maka perlu dilakukan perhitungan *link power budget*. Dengan *link power budget*, level daya di *receiver* dapat diketahui apakah di atas sensitivitas detector atau tidak. Suatu sistem dapat dikatakan layak jika level daya di *receiver* lebih besar dari sensitivitas detektor.

Tabel 3.1 Spesifikasi perangkat rekomendasi ITU-T

| NO | Spesifikasi Perangkat           | Keterangan  |
|----|---------------------------------|---|
| 1  | Parameter disain                | Laju bit : 10Gbps<br>Margin : 6dB                                     |
| 2  | Serat Single Mode (ITU-T G.655) | Redaman : 0.25 dB/km<br>Panjang/roll (laut) : 100km                   |
| 3  | Laser diode (1550nm)            | Rise Time : 35 ps<br>Lebar Spektral : 0.1 nm<br>Daya Transmit : 4 dBm |
| 4  | APD Detector (1550nm)           | Rise Time : 35 ps<br>Sensitivitas min. : -31 dBm                      |
| 5  | Raman Optical Amplifier         | Gain ROA : 33dB   |
| 6  | Komponen lain                   | Redaman Konektor : 0.5 dB/konektor<br>Redaman Splice : 0.2 dB/splice  |

Untuk mengetahui apakah penguat diperlukan atau tidak dalam perencanaan sistem komunikasi serat optik bawah laut dengan menghitung sistem mampu tanpa penguat seberapa jauh jaraknya :

$$L_{\text{max}} = \frac{P_{\text{Tx}} - P_{\text{Rx}} - 2\alpha L + M}{\alpha} \tag{2.1}^{[4]}$$

Perhitungan jarak ini bertujuan untuk mengetahui jumlah penguat yang dibutuhkan sistem dan jarak maksimal antar penguat sehingga kestabilan sistem tetap terjaga dengan baik.

$$P_{\text{in-1}} + G - \alpha - M = P_{\text{in-2}} \tag{2.2}^{[4]}$$

Dengan asumsi terjadi kondisi  $P_{\text{in-1}} = P_{\text{in-2}}$

$$\alpha = G - M$$

$$\alpha = \left[ \frac{L_{\text{max}}}{100\text{km}} - 1 \right] \alpha_{\text{dB}} + L_{\text{max}} \alpha_{\text{dB}} + 2\alpha_{\text{dB}}$$

$$\alpha = \frac{L_{\text{max}}}{100\text{km}} \left[ \frac{L_{\text{max}}}{100\text{km}} - 1 \right] \alpha_{\text{dB}} + 2\alpha_{\text{dB}} \tag{2.3}$$

Untuk mengetahui jumlah penguat yang diperlukan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut

:

$$\text{Jumlah Penguat} = \frac{L}{100} - 1 \tag{2.4}^{[4]}$$

Perhitungan jarak ini bertujuan untuk mengetahui jumlah penguat yang dibutuhkan sistem dan jarak maksimal antar penguat sehingga kestabilan sistem tetap terjaga dengan baik.

$$P_{in-1} + G - \alpha - M = P_{in-2} \tag{2.5}^{[4]}$$

Dengan asumsi terjadi kondisi  $P_{in-1} = P_{in-2}$

$$\alpha = G - M$$

$$a = \left[ \frac{L}{100} - 1 \right] a_f + L a_i + 2a_c$$

$$a = L \left[ \frac{a_f}{100} - a_i \right] - a_c + 2a_c \tag{2.6}^{[4]}$$

Untuk mengetahui jumlah penguat ROA yang diperlukan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Jumlah Penguat} = \frac{L}{100} - 1 \tag{2.7}^{[4]}$$

**2.4. Bit Error Rate**

Dalam perhitungan BER ini digunakan spesifikasi perangkat APD photodetector sesuai dengan recommendation ITU-T G.698.1 yaitu sebagai berikut :

**Tabel 3.11** Spesifikasi APD Photodetector

| NO | Spesifikasi APD Photodetector | Keterangan                   |
|----|-------------------------------|------------------------------|
| 1  | Responsivitas                 | $R = 0.8 \text{ A/W}$        |
| 2  | Konstanta Boltzman            | $K_B = 1.38 \times 10^{-23}$ |
| 3  | Bulk Dark Current             | $I_D = 1 \mu\text{A}$        |
| 4  | Photocurrent                  | $I_P = 2 \mu\text{A}$        |

$$R = \frac{1}{2} \left( \frac{I_P}{I_D} \right)^{1/2} \tag{2.8}^{[4]}$$

**2.5. Qfactor**

Untuk menghitung BER dengan rumus diatas harus diketahui atau harus mencari Qfactor terlebih dahulu.

Mencari Qfactor dengan rumus sebagai berikut :

$$I_P = R \cdot P_{opt} \tag{2.9}^{[4]}$$

$$\frac{I_P}{R} = \frac{P_{opt}}{R} \tag{2.10}^{[4]}$$

$$Q = \frac{V_{on} - V_{off}}{\sigma_{on} + \sigma_{off}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\text{Signal}}{\text{Noise}}} \tag{2.11}^{[4]}$$

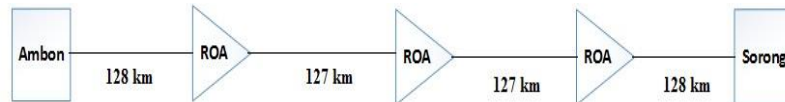
**3. Hasil Perencanaan**

**3.1 Kebutuhan Kapasitas**

Dalam penempatan optical amplifier ini dilakukan beberapa perhitungan seperti, link power budget dan performansi link yang sudah ditetapkan dengan beberapa skema. Perhitungan link power budget dan performansinya dilakukan agar kita mengetahui daya yang diterima dan performansinya bagus atau tidak berdasarkan recommendation ITU-T G.973. Dengan menggunakan recommendation ITU-T G973 spesifikasi dapat dilihat pada gambar table 3.1 dibawah ini.

**3.1.1 Skema 1**

Diketahui jarak maksimal sistem tanpa penguat adalah 128 km, maka ROA ditempatkan pada jarak 128 km dari titik labuh di Ambon dan sorong. Sedangkan antar ROA diberi jarak 127 km. dapat dihitung daya penerima ( $P_r$ ) dari link tersebut dengan :



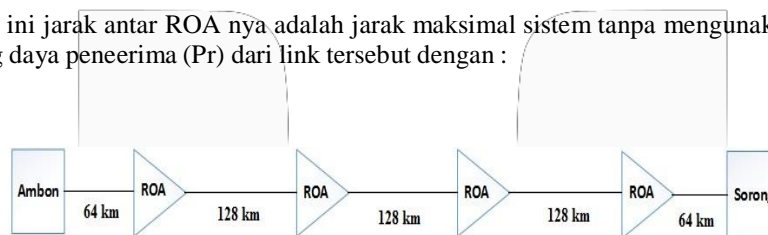
**Gambar 3.1** Penempatan ROA pada skema 1

**Tabel 3.1** Daya terima pada skema 1

| Link           | $P_t$ (dBm) | $\alpha_{tot}$ (dB) | M (dB) | G (dB) | $P_r$ (dBm) |
|----------------|-------------|---------------------|--------|--------|-------------|
| Ambon – ROA1   | 4           | 32.6                | 6      | 0      | -34.6       |
| ROA 1 – ROA 2  | -34.6       | 32.35               | 6      | 33     | -39.95      |
| ROA 2 – ROA 3  | -39.95      | 32.35               | 6      | 33     | -45.3       |
| ROA 3 – Sorong | -45.3       | 32.6                | 6      | 33     | -50.9       |

**3.1.2 Skema 2**

Pada skema ini jarak antar ROA nya adalah jarak maksimal sistem tanpa menggunakan penguat yaitu 128 km. Dapat dihitung daya penerima ( $P_r$ ) dari link tersebut dengan :



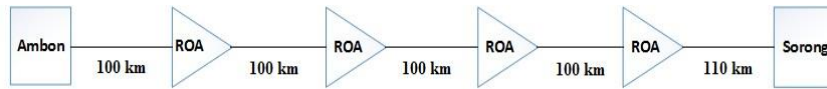
**Gambar 3.2** Penempatan ROA pada skema 2

**Tabel 3.2** Daya terima pada skema 2

| Link           | $P_t$ (dBm) | $\alpha_{tot}$ (dB) | M (dB) | G (dB) | $P_r$ (dBm) |
|----------------|-------------|---------------------|--------|--------|-------------|
| Ambon – ROA1   | 4           | 16.15               | 6      | 0      | -18.15      |
| ROA 1 – ROA 2  | -18.15      | 32.6                | 6      | 33     | -23.75      |
| ROA 2 – ROA 3  | -23.75      | 32.6                | 6      | 33     | -29.35      |
| ROA 3 – ROA 4  | -29.35      | 32.6                | 6      | 33     | -34.95      |
| ROA 4 – Sorong | -34.95      | 16.15               | 6      | 33     | -24.1       |

**3.1.3 Skema 3**

Pada skema terakhir ini sama seperti skema 2 yaitu menggunakan 4 buah ROA. Tetapi pada skema 3 ini penempatan ROA nya berbeda dengan skema 2. Hal ini bertujuan untuk mengurangi redaman yang dihasilkan oleh splice antar perangkat. Didapat perhitungan daya penerima ( $P_r$ ) dari link tersebut :

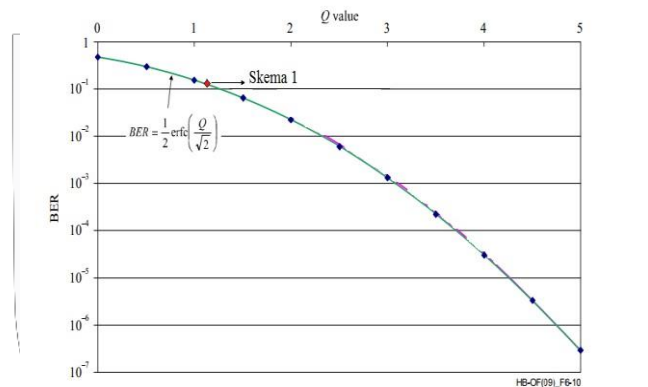


Gambar 3.3 Penempatan ROA pada skema 3

Tabel 3.3 Daya terima pada skema 3

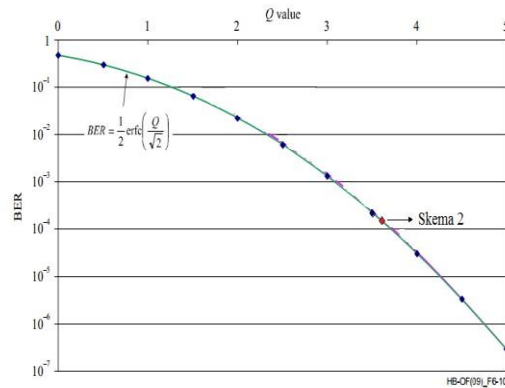
| Link           | $P_t$ (dBm) | $\alpha_{tot}$ (dB) | M (dB) | G (dB) | $P_r$ (dBm) |
|----------------|-------------|---------------------|--------|--------|-------------|
| Ambon – ROA1   | 4           | 25.4                | 6      | 0      | -27.4       |
| ROA 1 – ROA 2  | -27.4       | 25.4                | 6      | 33     | -25.8       |
| ROA 2 – ROA 3  | -25.8       | 25.4                | 6      | 33     | -24.2       |
| ROA 3 – ROA 4  | -24.2       | 25.4                | 6      | 33     | -22.6       |
| ROA 4 – Sorong | -22.6       | 28.1                | 6      | 33     | -23.7       |

3.2 Hasil Bit Error Rate dan Qfactor



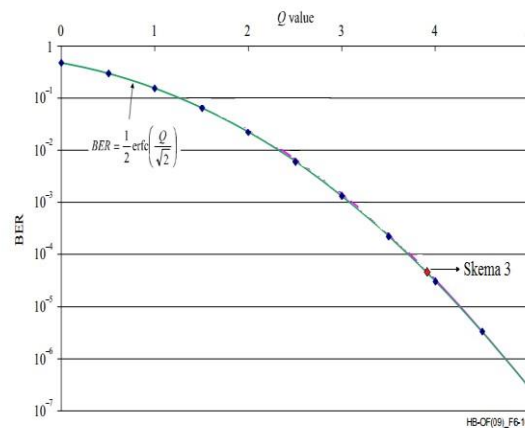
Gambar 3.4 Grafik BER dan Qfactor Skema 1

Pada Skema 1 dengan perhitungan di bab 3 dari daya tersebut didapat nilai Qfactor sebesar 1,13. Dilihat dari gambar 3.4 diatas dan perhitungan di bab 3, nilai BER yang didapat dengan nilai Qfactor tersebut adalah 0,129. Nilai BER tidak begitu baik karena BER yang bagus mendekati nol.



**Gambar 3.** Grafik BER dan Qfactor Skema 2

Di skema 2 ini dengan perhitungan di bab 3 dari daya tersebut didapat nilai Qfactor sebesar 3,83. Dilihat dari gambar 3.5 diatas dan perhitungan di bab 3, nilai BER yang didapat dengan nilai Qfactor tersebut adalah  $0,67 \cdot 10^{-4}$ . Nilai BER lebih baik dari skenario sebelumnya karena daya yang diterima juga lebih baik.



**Gambar 3.6** Grafik BER dan Qfactor Skema

Dengan perhitungan di bab 3 dari daya tersebut didapat nilai Qfactor sebesar 3,905. Dilihat dari gambar 3.6 dibawah dan perhitungan di bab 3, nilai BER yang didapat dengan nilai Qfactor tersebut adalah  $4,718 \cdot 10^{-5}$ . Nilai BER pada skenario ini yang paling baik di antara skenario lainnya.

#### 4. Kesimpulan

Dengan panjang kabel yang dipasang adalah 510 km, maka link membutuhkan amplifiier yang digunakan sebanyak 4 buah. Dari hasil perhitungan link power budget skenario 1 didapat daya terima di penerima adalah -50,9 dBm. Daya terima tersebut jauh dari sensitivitas minimum receiver yang sebesar -32 dBm. Jadi skema 1 ini tidak bisa diterapkan.

Hasil perhitungan link power budget skenario 2 didapat daya terima di penerima lebih baik dari skema sebelumnya adalah -24,1 dBm. Skema 2 ini dapat diterapkan karna daya terima diatas sensitivitas minimum receiver akan tetapi pada skema ini masih bisa di optimalkan. Hasil perhitungan link power budget skenario didapat daya terima di penerima adalah -23,7 dBm, tidak beda jauh dengan daya terima di skema 2 tetapi skema 3 ini lebih baik. Skema ini dapat diterapkan seperti halnya sekema 2 tetapi pada skema ini lebih optimal dari skema 2.



Skema 3 bit error rate nya termasuk baik tetapi lebih baik dari skema 2. Pada skema 3 bit error rate nya adalah  $4,718.10^{-5}$  dibandingkan dengan bit error rate skema 1 dan 2, skema 3 nilainya mendekati nol.

### Daftar Pustaka

- [1] Beshr, Arwa H. dan Moustafa H. Aly. "Raman Gain and Raman Gain Coefficient for SiO<sub>2</sub>, GeO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Glasses," 24th Nat. Radio Sci. Conf., 2007.
- [2] Beshr, Arwa H., Moustafa H. Aly, dan A.K. Aboul Seoud. "Amplified Spontaneous Emission Noise Power in Distributed Raman Amplifiers," Int. J. Scientific and Engineering Research, vol. 5, issue 5, May 2012.
- [3] Information Memorandum: Palapa Rings Project. (2006). Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur.
- [4] Keiser, Gerd, "Optical Fiber Communications 4<sup>th</sup> edition ,".

