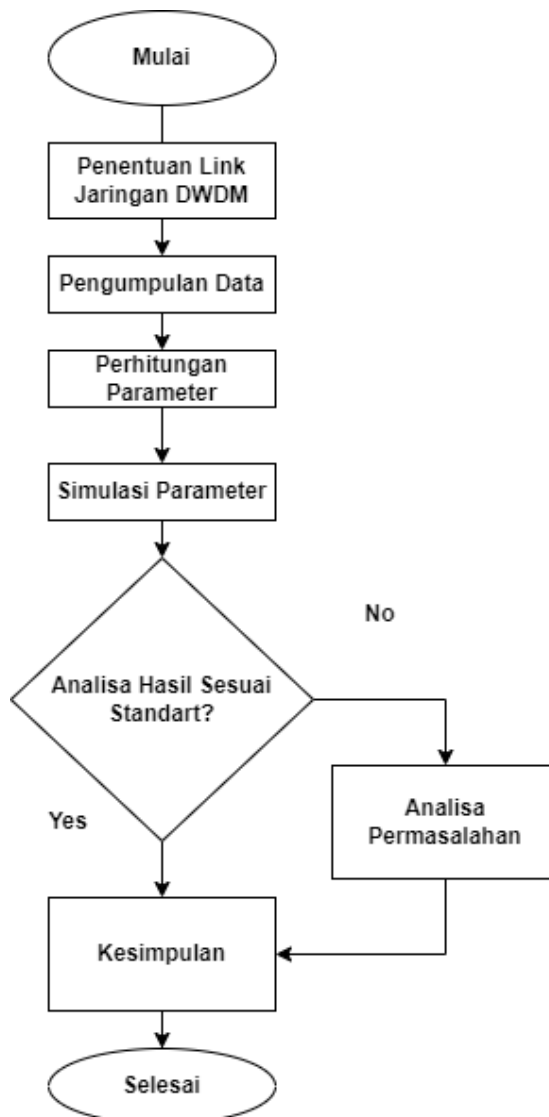


## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 PARAMETER PERENCANAAN

Penelitian ini memakai perancangan jaringan DWDM menggunakan *software Optisystem 20*. Pada sistem jaringan ini akan di aplikasikan penguat Optik OPA dan OBA untuk implementasi *Pre Amplifier* dan *Booster Amplifier*. Dalam analisis pengaruh penguat optik dengan parameter *Power Received*, *Q Factor*, dan OSNR.



**Gambar 3. 1. Diagram Alir Sistem**

Berdasarkan Gambar 3.1 diperlihatkan diagram alir atau langkah-langkah pemrosesan yang dimulai dengan konfigurasi koneksi jaringan backbone DWDM. Desain yang dicapai dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini:

**Tabel 3. 1. Target Perencanaan**

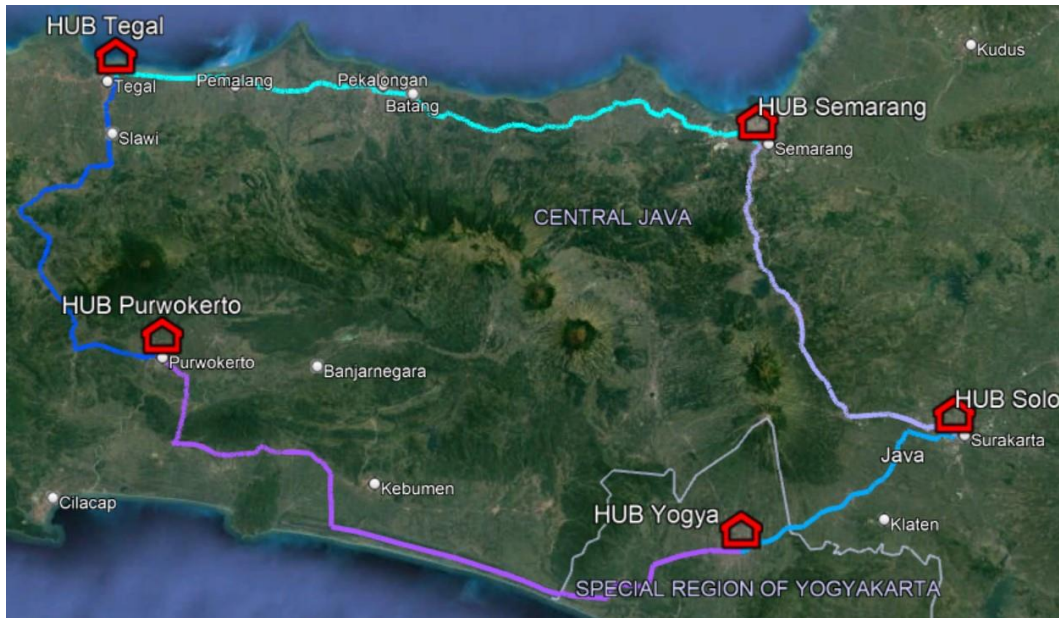
No	Parameter	Nilai
1	<i>Power Received</i>	-7 sampai +2 dBm
2	<i>Q Factor</i>	$\geq 6$
3	BER ( <i>Bit Error Rate</i> )	$\leq 10^{-9}$
4	OSNR ( <i>Optikal Signal Noise Ratio</i> )	13.5 dB

### 3.2 PENENTUAN LINK JARINGAN DWDM

Penetapan daerah penelitian topologi ban untuk Jawa Tengah dan DIY meliputi kota Tegal - Semarang - Solo - Yogyakarta - Purwokerto. Data penelitian cincin DWDM untuk penelitian Jawa Tengah dan DIY tercantum pada Tabel 3.2:

**Tabel 3. 2. Data Penelitian jaringan DWDM ring Jateng & DIY**

No	Data	Nilai
1	<i>Link Tegal – Semarang</i>	160 (km)
2	<i>Link Semarang – Solo</i>	96 (km)
3	<i>Link Solo – Yogya</i>	66 (km)
4	<i>Link Yogya – Purwokerto</i>	172 (km)
5	<i>Link Purwokerto – Tegal</i>	106 (km)
6	Tipe Kabel	Single Mode
7	Bit Rate	10 Gbps
8	OMU 40	N = 40 (channel max)
9	OBA-w2220	Max Gain = 22 dBm, <i>output</i> max = 20 dBm
10	OPA-w2212	Max Gain = 22 dBm, <i>Output</i> max = 12 dBm
11	OTU10G-gsp (trunk, 800ps, PIN)	-6 dBm s/d -9 dBm (Best Input)
12	Frequency	1520,1530,1540,1550,1560,1570, 1580, 1590, 1600, 1610, 1620
13	Power	0 dBm



**Gambar 3. 2. Jaringan DWDM Ring Jateng & DIY**

**Tabel 3. 3. Lokasi HUB**

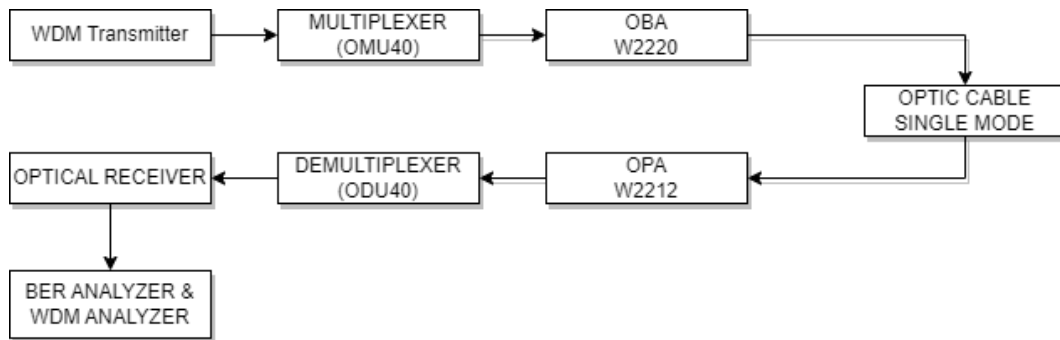
HUB	Koordinat	
	Long	Lat
Tegal	-6.871528	109.1513084
Semarang	-7.004339	110.4247695
Solo	-7.577025	110.8153028
Yogya	-7.802017	110.3913695
Purwokerto	-7.418732	109.2295399

Topologi ring pada Gambar 3.2 dan Tabel 3.3 adalah konfigurasi yang dipilih untuk analisis ini. Mempertimbangkan tingkat kinerja, koneksi kabel, jenis kabel optik dan tingkat daya transmisi, dan apakah diperlukan penambahan penguat optik [19].

Penelitian menunjukkan bahwa topologi ini menggunakan kabel udara dengan 48 inti serat. Kabel ini kemudian dipasang menggunakan tiang penyangga yang berjarak 40-50 meter tergantung kondisi di lapangan.

### 3.3 PERENCANAAN MODEL

Pada sistem jaringan DWDM akan diaplikasikan menggunakan *optical amplifier EDFA* untuk mengimplementasikan *preamplifier* dan *booster amplifier*. Gambar 3.3 di bawah ini adalah diagram blok dari sistem komunikasi jaringan DWDM.



**Gambar 3. 3. Jaringan DWDM menggunakan penguat Optik**

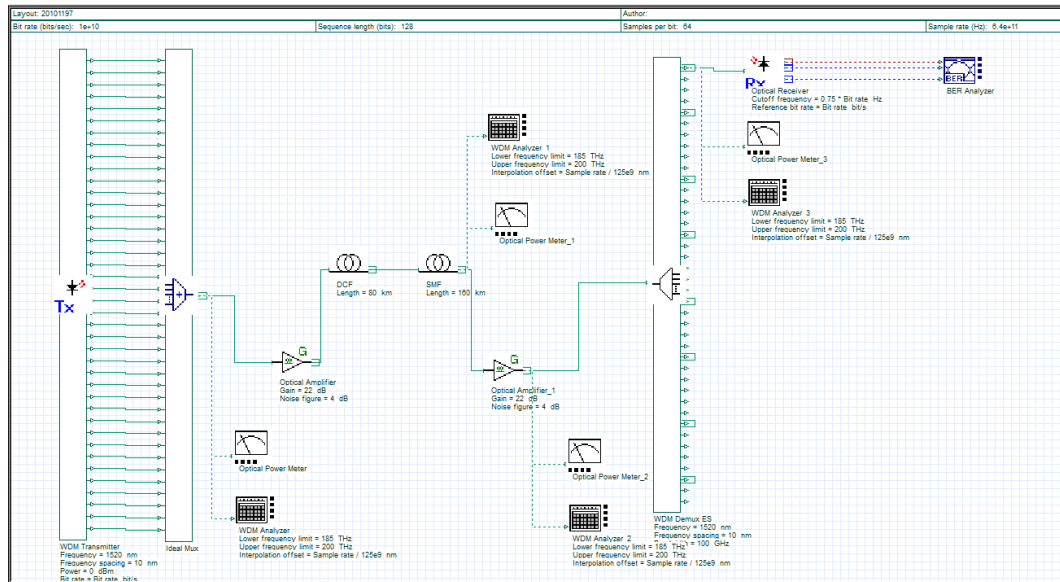
Keterangan:

- a. WDM Transmitter komponen yang menghubungkan sumber sinyal informasi dengan multiplexer. Pengkodean digital pada pemancar menggunakan NRZ (Non-Return-to-Zero), karena pelemahan waktu konversi tautan digital tidak melebihi 70% dari periode bit.
- b. OMU40 (*Optical Multiplexer Unit (40)*), adalah perangkat yang posisinya pertama kali setelah menggunakan OTU (*Optical Transponder*) untuk memilih *channel* yang akan digunakan.
- c. OBA-w2220 (*Optical Booster Amplifier*), adalah perangkat yang dipasang setelah OMU. Kode w2220 menentukan bahwa kapasitas daya maksimum yang diperkuat adalah 22dBm dan daya output maksimum adalah 20dBm.
- d. *Fiber Optic Single Mode*, Media transmisinya adalah kabel *fiber optic*. Single mode digunakan karena jenis serat optik biasanya digunakan untuk transmisi jarak jauh.  
DCF (*Dispersion Compensation Fiber*), adalah metode untuk mengatasi masalah dispersi pada serat optik.
- e. OPA-w2212 (*Optical Pre – Amplifier*), adalah perangkat yang diinstal setelah OBA. Kode w2212 menentukan bahwa kemampuan daya yang diperkuat maksimum adalah 22dBm dan daya keluaran maksimum adalah 12dBm.
- f. ODU40 (*Optikal De – Multiplexer Unit (40)*), adalah input dari modul OTU di sisi penerima.
- g. *Optical Receiver*, komponen yang menerima sinyal informasi dari demultiplexer. Termasuk *PIN Photodetector*, yaitu perangkat yang

mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. *Generator 3R*, mengubah 1 *input* sinyal listrik menjadi 3 *output* sinyal yang berbeda.

- h. *BER Analyzer & WDM Analyzer*, untuk mengetahui nilai *Q-Factor*, nilai BER, Sinyal Power, dan OSNR.

### 3.4 Model Perancangan Optisystem



**Gambar 3. 4. Model Perancangan Menggunakan Optisystem 20**

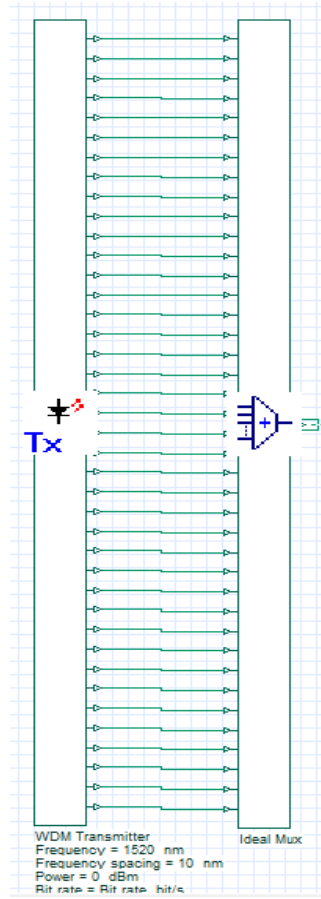
#### 3.4.1 Perancangan Blok Transmitter

Sistem komunikasi blok dapat memproses dan menghasilkan bit informasi untuk ditransmisikan melalui serat optik. Komponen dalam WDM transmitter meliputi *Pseudo Random Bit Sequence* dan *Non Return to Zero*.

PRBS bertujuan untuk menghasilkan Bit dengan pola dan rate yang telah ditentukan. Bit-bit yang dihasilkan oleh PRBS kemudian dienkripsi dengan menggunakan salah satu teknik enkripsi, yaitu NRZ. Teknik pengkodean NRZ dipilih karena memberikan keuntungan berupa perlindungan terhadap interferensi yang lebih baik dan tidak terpengaruh oleh tingkat tegangan. [20]

Selain *multiplexer*, sertakan *Transponder* sebagai alat yang mengubah panjang gelombang setiap sinyal tertentu yang akan dibawa oleh sinyal..

Penggunaan perangkat menggunakan OMU40 yang artinya dapat membawa kanal sebanyak maksimal 40 kanal transmisi. Dengan kecepatan 10 Gbps.



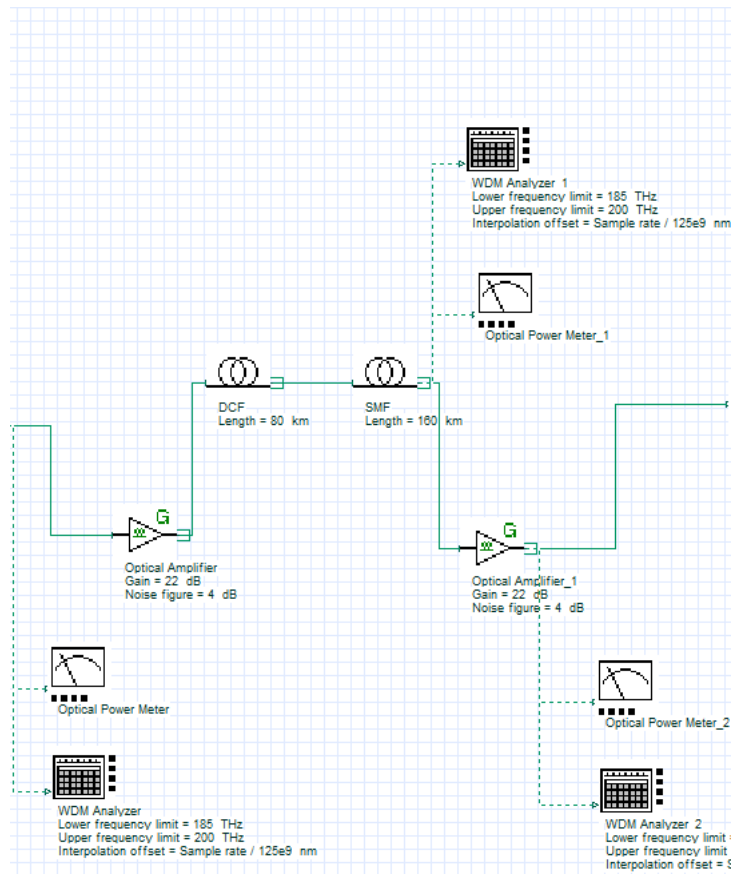
**Gambar 3. 5. Blok Transmitter**

### 3.4.2 Perancangan Blok Media Transmisi

Fiber optik yang digunakan adalah *single-mode fiber* (SMF), karena memiliki keunggulan *bandwidth* yang tinggi dan jangkauan yang lama.

Untuk memaksimalkan volume media transmisi, diperlukan *optical amplifier* EDFA yang diimplementasikan sebagai *preamplifier* dan *gain amplifier*. Pada perancangan ini menggunakan OPA (sebagai *preamp*) dengan max gain 22 dBm dan OBA (*boost amplifier*) dengan max gain 22 dBm.

Kemudian ditambahkan juga Dispersion Compensating Fiber (DCF) sebagai media untuk mengurangi disperse yang ada pada kabel fiber optik.

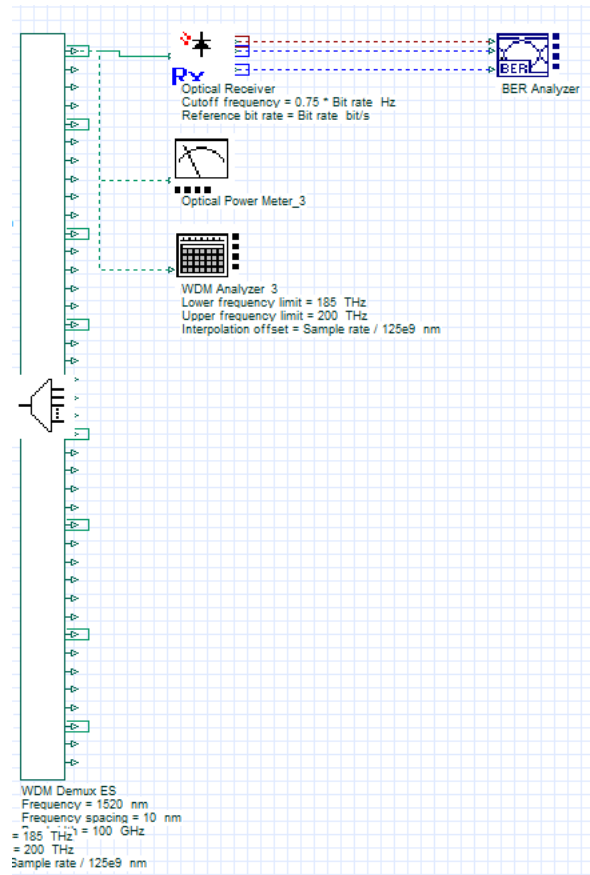


**Gambar 3. 6. Blok Media Transmisi**

### 3.4.3 Perancangan Blok Receiver

Bagian yang menerima sinyal optik, sebelum sinyal tersebut diterima oleh *pin photodetector*, sinyal tersebut terlebih dahulu dimodulasi pada *pin demultiplexer*, Bagian ini akan mengkonversi sinyal dengan berbagai panjang gelombang menjadi sinyal dengan satu panjang gelombang saja dan menghasilkan angka sebagai output. filter yang berbeda untuk deteksi selanjutnya pada *pin photodetector*.

Untuk memperoleh hasil pengujian terdapat *WDM Analyzer* & *BER Analyzer* agar dapat di tunjukan nilai Q-Factor, BER, Power Signal dan OSNR.



**Gambar 3. 7. Blok Media Receiver**

### 3.5 Perhitungan Parameter

#### 3.5.1 Perhitungan Lokasi Tegal - Semarang

Pada perhitungan ini akan dimulai dari lokasi Tegal - Semarang dengan jarak 160 km dengan rata-rata *loss* 0.27 dB, daya ideal pada modul OBA 2220 (*gain* 25 dB dan maksimum  $P_n$  20 dBm maks) dan modul OPA 2212 (*Gain* 25 dB dan 12 dBm  $P_n$ ) dengan operasi total  $\lambda$  11.

- a. Menghitung *power output 1 channel* ( $P_s$ )

$$P_{Max} = 20 \text{ dBm}$$

$$N = 40 \text{ (OMU output Max)}$$

Persamaan :

$$P_s = P_{Max} - 10 \log (N)$$

Maka :

$$P_s = 20 - 10 \log 40$$

$$P_s = 4 \text{ dBm}$$

- b. Menghitung *power output 11 channel* ( $P_s$ )



$$P_s = 4 \text{ dBm}$$

$$n = 11$$

Persamaan :

$$P_n = P_s + 10 \log (n)$$

Maka :

$$P_n = 4 + 10 \log 11$$

$$P_n = 4 + 10.4$$

$$P_n = 14.4 \text{ dBm}$$

- c. Menghitung *power input* OPA (Jarak Tegal Semarang 160 km)

$$P_n = P_n \text{ OBA (Hasil Perhitungan point b)}$$

$$\text{Gain} = 22$$

$$\text{Loss FO} = 160 \times 0.27 \text{ dB} = 43.2 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$P_i \text{ OPA} = P_n \text{ OBA} - \text{Loss FO}$$

Maka :

$$P_i \text{ OPA} = 14.4 - 43.2$$

$$P_i \text{ OPA} = -28.8 \text{ dBm}$$

- d. Menghitung nilai *power output* OPA ( $P_n$  OPA)

$$P_i \text{ OPA} = -28.8 \text{ (Perhitungan point c)}$$

$$\text{Gain OPA} = 22$$

Persamaan :

$$P_n \text{ OPA} = P_i \text{ OPA} + \text{Gain OPA}$$

Maka :

$$P_n \text{ OPA} = -28.8 + 22$$

$$P_n \text{ OPA} = -6.8 \text{ dBm}$$

- e. Menghitung jumlah Redaman *Splice* (sambungan kabel)

$$L_{\text{Link}} = 160 \text{ km}$$

$$L_{\text{Kabel}} = 3 \text{ km/roll}$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice}} = 0.15 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{L_{\text{link}}}{L_{\text{Kabel}}} \times 0.15$$

Maka :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{160}{3} \times 0.15$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = 8 \text{ dB}$$

f. Menghitung Jumlah Redaman Konektor

Jumlah Konektor dalam 1 Link Tegal – Semarang = 6 Konektor

$$\text{LOSS}_{\text{Connector}} = 0.25 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = \text{Jumlah Connector} \times \text{Loss Connector}$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 6 \times 0.25$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 1.5 \text{ db}$$

g. Menghitung Jumlah daya Keluaran

Persamaan:

$$P_{\text{Out}} = P_{\text{n OPA}} - \text{LOSS}_{\text{splice Total}} - \text{LOSS}_{\text{Connector Total}}$$

$$P_{\text{Out}} = - 6.8 - 8 - 1.5$$

$$P_{\text{Out}} = - 16.3$$

h. Perhitungan Q Factor

$$P_{\text{in}} = - 16.3 \text{ dBm} = 2.34 \times 10^{-5} \text{ watt}$$

$$R = 1 \text{ A/W}$$

$$M = 10$$

$$q = 1.69 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$K_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$R_L = 30 \Omega$$

$$F(M) = M^x$$

$$X = 0.7$$

$$B_e = 10 \text{ Ghz}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

Persamaan :

$$SNR = \frac{(P_{\text{in}}RM)^2}{2qP_{\text{in}}RM^2F(M)B_e + \frac{4K_BTB_e}{R_L}}$$

$$SNR = \frac{(2.34 \times 10^{-5} \times 1 \times 10)^2}{(2 \times 1.69 \times 10^{-19} \times 2.34 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^2 \times 10^{0.7} \times 10^{10}) + \frac{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^{10}}{30}}$$

$$SNR = \frac{5.47 \times 10^{-8}}{39.63 \times 10^{-12} + 5.52 \times 10^{-12}}$$

$$SNR = 1211,51716500554 \text{ Watt}$$

$$SNR = 30.83 \text{ dB}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{30.83}{20}}}{2}$$

$$Q = 17.39$$

- i. Perhitungan BER (Bit Error Rate)

Persamaan :

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

$$BER = \frac{1}{3.37\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{17.39^2}{2}}$$

$$BER = -150.88425844172 = 1.5 \times 10^2$$

- j. Perhitungan OSNR

$$OSNR = \frac{1}{2} Q(Q + \sqrt{2})$$

$$OSNR = \frac{1}{2} 17.39(3.37 + \sqrt{2})$$

$$OSNR = 41.59$$

### 3.5.2 Perhitungan Semarang – Solo

Dalam perhitungan ini akan dimulai dari lokasi Semarang – Solo dengan jarak 96 km. dengan rata-rata *loss* 0.27 dB, daya ideal ada pada modul OBA 2220 (25 dB *Gain* dan 20 dBm *Pn*) dan modul OPA 2212 (25 dB *Gain* dan 12 dBm *Pn max.*) dengan  $\lambda$  aktif sebesar 11.

- a. Menghitung *power output* 1 channel ( $P_s$ )

$$P_{Max} = 20 \text{ dBm}$$

$$N = 40 \text{ (OMU output Max)}$$

Persamaan :

$$P_S = P_{\text{Max}} - 10 \log (N)$$

Maka :

$$P_S = 20 - 10 \log 40$$

$$P_S = 4 \text{ dBm}$$

b. Menghitung *power output* 11 channel ( $P_S$ )

$$P_S = 4 \text{ dBm}$$

$$n = 11$$

Persamaan :

$$P_n = P_S + 10 \log (n)$$

Maka :

$$P_n = 4 + 10 \log 11$$

$$P_n = 4 + 10.4$$

$$P_n = 14.4 \text{ dBm}$$

c. Menghitung *power input* OPA (Jarak Semarang-Solo 96 km)

$$P_n = P_n \text{ OBA (Hasil Perhitungan point b)}$$

$$\text{Gain} = 22$$

$$\text{Loss FO} = 96 \times 0.27 \text{ dB} = 25.92 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$P_i \text{ OPA} = P_n \text{ OBA} - \text{Loss FO}$$

Maka :

$$P_i \text{ OPA} = 14.4 - 25.92$$

$$P_i \text{ OPA} = - 11.52 \text{ dBm}$$

d. Menghitung nilai *power output* OPA ( $P_n \text{ OPA}$ )

$$P_i \text{ OPA} = - 11.52 \text{ (Perhitungan point c)}$$

$$\text{Gain OPA} = 22$$

Persamaan :

$$P_n \text{ OPA} = P_i \text{ OPA} + \text{Gain OPA}$$

Maka :

$$P_n \text{ OPA} = - 11.52 + 22$$

$$P_n \text{ OPA} = 10.48 \text{ dBm}$$

e. Menghitung jumlah Redaman *Splice* (sambungan kabel)

$$L_{\text{Link}} = 96 \text{ km}$$

$$L_{\text{Kabel}} = 3 \text{ km/roll}$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice}} = 0.15 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{L_{\text{link}}}{L_{\text{Kabel}}} \times 0.15$$

Maka :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{96}{3} \times 0.15$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = 4.8 \text{ dB}$$

f. Menghitung Jumlah Redaman Konektor

Jumlah Konektor dalam 1 Link Semarang – Solo = 6 Konektor

$$\text{LOSS}_{\text{Connector}} = 0.25 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = \text{Jumlah Connector} \times \text{Loss Connector}$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 6 \times 0.25$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 1.5 \text{ db}$$

g. Menghitung Jumlah daya Keluaran

Persamaan:

$$P_{\text{Out}} = P_{\text{n OPA}} - \text{LOSS}_{\text{splice Total}} - \text{LOSS}_{\text{Connector Total}}$$

$$P_{\text{Out}} = 10.48 - 4.8 - 1.5$$

$$P_{\text{Out}} = 4.18$$

h. Perhitungan Q Factor

$$P_{\text{in}} = 4.18 \text{ dBm} = 2.62 \times 10^{-3} \text{ watt}$$

$$R = 1 \text{ A/W}$$

$$M = 10$$

$$q = 1.69 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$K_{\text{B}} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$R_{\text{L}} = 30 \text{ } \Omega$$

$$F(M) = M^x$$

$$X = 0.7$$

$$B_{\text{e}} = 10 \text{ Ghz}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

Persamaan :

$$SNR = \frac{(PinRM)^2}{2qPinRM^2F(M)B_e + \frac{4K_BTB_e}{R_L}}$$

$$SNR = \frac{(2.62 \times 10^{-3} \times 1 \times 10)^2}{(2 \times 1.69 \times 10^{-19} \times 2.62 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^2 \times 10^{0.7} \times 10^{10}) + \frac{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^{10}}{30}}$$

$$SNR = \frac{6.86 \times 10^{-4}}{4.44 \times 10^{-9} + 5.52 \times 10^{-12}}$$

$$SNR = 154312.6563371664 \text{ Watt}$$

$$SNR = 51.88 \text{ dB}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{51.88}{20}}}{2}$$

$$Q = 196.32 = 1.96 \times 10^2$$

i. Perhitungan BER (Bit Error Rate)

Persamaan :

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

$$BER = \frac{1}{3.37\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{196.32^2}{2}}$$

$$BER = -19270,4494 = 1.92 \times 10^3$$

j. Perhitungan OSNR

$$OSNR = \frac{1}{2} Q(Q + \sqrt{2})$$

$$OSNR = \frac{1}{2} 196.32(3.37 + \sqrt{2})$$

$$OSNR = 4.69 \times 10^2$$

### 3.5.3 Perhitungan Solo – Yogya

Dalam perhitungan ini akan dimulai dari Solo – Yogya dengan jarak 66 km. dengan rata-rata *loss* 0,27 dB, daya ideal ada pada modul OBA 2220 (25 dB *gain* dan 20 dBm max Pn *gain*) dan OPA 2212 (25 dB *gain* dan max Pn *gain*) modul 12 dBm) dengan total level operasi 11  $\lambda$ .

- a. Menghitung *power output 1 channel* ( $P_s$ )

$$P_{\text{Max}} = 20 \text{ dBm}$$

$$N = 40 \text{ (OMU output Max)}$$

Persamaan :

$$P_s = P_{\text{Max}} - 10 \log (N)$$

Maka :

$$P_s = 20 - 10 \log 40$$

$$P_s = 4 \text{ dBm}$$

- b. Menghitung *power output 11 channel* ( $P_s$ )

$$P_s = 4 \text{ dBm}$$

$$n = 11$$

Persamaan :

$$P_n = P_s + 10 \log (n)$$

Maka :

$$P_n = 4 + 10 \log 11$$

$$P_n = 4 + 10.4$$

$$P_n = 14.4 \text{ dBm}$$

- c. Menghitung *power input* OPA (Jarak Solo - Yogya 66 km)

$$P_n = P_n \text{ OBA (Hasil Perhitungan point b)}$$

$$\text{Gain} = 22$$

$$\text{Loss FO} = 66 \times 0.27 \text{ dB} = 17.82 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$P_i \text{ OPA} = P_n \text{ OBA} - \text{Loss FO}$$

Maka :

$$P_i \text{ OPA} = 14.4 - 17.82$$

$$P_i \text{ OPA} = - 3.42 \text{ dBm}$$

- d. Menghitung nilai *power output* OPA ( $P_n$  OPA)

$$P_i \text{ OPA} = -3.42 \text{ (Perhitungan point c)}$$

$$\text{Gain OPA} = 22$$

Persamaan :

$$P_n \text{ OPA} = P_i \text{ OPA} + \text{Gain OPA}$$

Maka :

$$P_n \text{ OPA} = -3.42 + 22$$

$$P_n \text{ OPA} = 18.58 \text{ dBm}$$

e. Menghitung jumlah Redaman *Splice* (sambungan kabel)

$$L_{\text{Link}} = 66 \text{ km}$$

$$L_{\text{Kabel}} = 3 \text{ km/roll}$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice}} = 0.15 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{L_{\text{link}}}{L_{\text{Kabel}}} \times 0.15$$

Maka :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{66}{3} \times 0.15$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = 3.3 \text{ dB}$$

f. Menghitung Jumlah Redaman Konektor

Jumlah Konektor dalam 1 Link Solo - Yogya = 6 Konektor

$$\text{LOSS}_{\text{Connector}} = 0.25 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = \text{Jumlah Connector} \times \text{Loss Connector}$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 6 \times 0.25$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 1.5 \text{ db}$$

g. Menghitung Jumlah daya Keluaran

Persamaan:

$$P_{\text{Out}} = P_n \text{ OPA} - \text{LOSS}_{\text{splice Total}} - \text{LOSS}_{\text{Connector Total}}$$

$$P_{\text{Out}} = 18.58 - 3.3 - 1.5$$

$$P_{\text{Out}} = 13.78$$

h. Perhitungan Q Factor

$$P_{\text{in}} = 13.78 \text{ dBm} = 2 \times 10^{-2} \text{ watt}$$

$$R = 1 \text{ A/W}$$

$$M = 10$$



$$\begin{aligned}
q &= 1.69 \times 10^{-19} \text{ C} \\
K_B &= 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \\
R_L &= 30 \ \Omega \\
F(M) &= M^x \\
X &= 0.7 \\
B_e &= 10 \text{ Ghz} \\
T &= 300 \text{ K}
\end{aligned}$$

Persamaan :

$$SNR = \frac{(PinRM)^2}{2qPinRM^2F(M)B_e + \frac{4K_BTB_e}{R_L}}$$

$$SNR = \frac{(2 \times 10^{-2} \times 1 \times 10)^2}{(2 \times 1.69 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^2 \times 10^{0.7} \times 10^{10}) + \frac{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^{10}}{30}}$$

$$SNR = \frac{4 \times 10^{-2}}{3.38 \times 10^{-8} + 5.52 \times 10^{-12}}$$

$$SNR = 1183238,7136775295 \text{ Watt}$$

$$SNR = 60.73 \text{ dB}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{60.73}{20}}}{2}$$

$$Q = 543.838 = 5.43 \times 10^2$$

i. Perhitungan BER (Bit Error Rate)

Persamaan :

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

$$BER = \frac{1}{3,37 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{543.838^2}{2}}$$

$$BER = -147879.563330 = 1.47 \times 10^5$$

j. Perhitungan OSNR

$$OSNR = \frac{1}{2} Q(Q + \sqrt{2})$$

$$OSNR = \frac{1}{2} 543.838(3.37 + \sqrt{2})$$

$$OSNR = 13 \times 10^2$$

### 3.5.4 Perhitungan Yogya – Purwokerto

Dalam perhitungan ini akan dimulai dari lokasi Yogya – Purwokerto dengan jarak 172 km. dengan rata-rata *loss* 0,27 dB, daya ideal ada pada modul OBA 2220 (25 dB *gain* dan 20 dBm max Pn *gain*) dan OPA 2212 (25 dB *gain* dan max Pn *gain*) modul 12 dBm) dengan total level operasi 11  $\lambda$ .

a. Menghitung *power output 1 channel* ( $P_s$ )

$$P_{Max} = 20 \text{ dBm}$$

$$N = 40 \text{ (OMU output Max)}$$

Persamaan :

$$P_s = P_{Max} - 10 \log (N)$$

Maka :

$$P_s = 20 - 10 \log 40$$

$$P_s = 4 \text{ dBm}$$

b. Menghitung *power output 11 channel* ( $P_s$ )

$$P_s = 4 \text{ dBm}$$

$$n = 11$$

Persamaan :

$$P_n = P_s + 10 \log (n)$$

Maka :

$$P_n = 4 + 10 \log 11$$

$$P_n = 4 + 10.4$$

$$P_n = 14.4 \text{ dBm}$$

c. Menghitung *power input* OPA (Jarak Yogya - Purwokerto 172 km)

$$P_n = P_n \text{ OBA (Hasil Perhitungan point b)}$$

$$\text{Gain} = 22$$

$$\text{Loss FO} = 172 \times 0.27 \text{ dB} = 46.44 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$P_i \text{ OPA} = P_n \text{ OBA} - \text{Loss FO}$$

Maka :

$$P_i \text{ OPA} = 14.4 - 46.44$$

$$P_i \text{ OPA} = - 32.04 \text{ dBm}$$

d. Menghitung nilai *power output* OPA ( $P_n \text{ OPA}$ )

$$P_i \text{ OPA} = - 32.04 \text{ (Perhitungan point c)}$$

$$\text{Gain OPA} = 22$$

Persamaan :

$$P_n \text{ OPA} = P_i \text{ OPA} + \text{Gain OPA}$$

Maka :

$$P_n \text{ OPA} = - 32.04 + 22$$

$$P_n \text{ OPA} = -10.04 \text{ dBm}$$

e. Menghitung jumlah Redaman *Splice* (sambungan kabel)

$$L_{\text{Link}} = 172 \text{ km}$$

$$L_{\text{Kabel}} = 3 \text{ km/roll}$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice}} = 0.15 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{L_{\text{link}}}{L_{\text{Kabel}}} \times 0.15$$

Maka :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{172}{3} \times 0.15$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = 8.6 \text{ dB}$$

f. Menghitung Jumlah Redaman Konektor

Jumlah Konektor dalam 1 Link Yogya - Purwokerto = 6 Konektor

$$\text{LOSS}_{\text{Connector}} = 0.25 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = \text{Jumlah Connector} \times \text{Loss Connector}$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 6 \times 0.25$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 1.5 \text{ db}$$

g. Menghitung Jumlah daya Keluaran

Persamaan:

$$\begin{aligned}
P_{\text{Out}} &= P_n \text{ OPA} - \text{LOSS}_{\text{splice Total}} - \text{LOSS}_{\text{Connector Total}} \\
P_{\text{Out}} &= -10.04 - 8.6 - 1.5 \\
P_{\text{Out}} &= -20.14
\end{aligned}$$

h. Perhitungan Q Factor

$$\begin{aligned}
P_{\text{in}} &= -20.14 \text{ dBm} = 9.68 \times 10^{-6} \text{ watt} \\
R &= 1 \text{ A/W} \\
M &= 10 \\
q &= 1.69 \times 10^{-19} \text{ C} \\
K_B &= 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \\
R_L &= 30 \text{ } \Omega \\
F(M) &= M^x \\
X &= 0.7 \\
B_e &= 10 \text{ Ghz} \\
T &= 300 \text{ K}
\end{aligned}$$

Persamaan :

$$SNR = \frac{(P_{\text{in}} R M)^2}{2q P_{\text{in}} R M^2 F(M) B_e + \frac{4K_B T B_e}{R_L}}$$

$$SNR = \frac{(9.68 \times 10^{-6} \times 1 \times 10)^2}{(2 \times 1.69 \times 10^{-19} \times 9.68 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^2 \times 10^{0.7} \times 10^{10}) + \frac{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^{10}}{30}}$$

$$SNR = \frac{9.37 \times 10^{-9}}{16.39 \times 10^{-12} + 5.52 \times 10^{-12}}$$

$$SNR = 427.65860337745 \text{ Watt}$$

$$SNR = 26.31 \text{ dB}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{26.31}{20}}}{2}$$

$$Q = 10.338$$

- i. Perhitungan BER (Bit Error Rate)

Persamaan :

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

$$BER = \frac{1}{3,37\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{10,338^2}{2}}$$

$$BER = -53,115$$

- j. Perhitungan OSNR

$$OSNR = \frac{1}{2} Q(Q + \sqrt{2})$$

$$OSNR = \frac{1}{2} 10,338(3,37 + \sqrt{2})$$

$$OSNR = 24,729$$

### 3.5.5 Perhitungan Purwokerto – Tegal

Dalam perhitungan ini akan dimulai dari lokasi Purwokerto – Tegal dengan jarak 106 km. dengan rata-rata *loss* 0,27 dB, daya ideal ada pada modul OBA 2220 (25 dB *Gain* dan 20 dBm *Pn*) dan modul OPA 2212 (25 dB *Gain* dan 12 dBm *Pn max.*) dengan  $\lambda$  aktif sebesar 11.

- a. Menghitung *power output 1 channel* ( $P_s$ )

$$P_{Max} = 20 \text{ dBm}$$

$$N = 40 \text{ (OMU output Max)}$$

Persamaan :

$$P_s = P_{Max} - 10 \log (N)$$

Maka :

$$P_s = 20 - 10 \log 40$$

$$P_s = 4 \text{ dBm}$$

- b. Menghitung *power output 11 channel* ( $P_s$ )

$$P_s = 4 \text{ dBm}$$

$$n = 11$$

Persamaan :

$$P_n = P_s + 10 \log (n)$$

Maka :

$$P_n = 4 + 10 \log 11$$

$$P_n = 4 + 10.4$$

$$P_n = 14.4 \text{ dBm}$$

- c. Menghitung *power input* OPA (Jarak Purwokerto - Tegal 106 km)

$$P_n = P_n \text{ OBA (Hasil Perhitungan point b)}$$

$$\text{Gain} = 22$$

$$\text{Loss FO} = 106 \times 0.27 \text{ dB} = 28.62 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$P_i \text{ OPA} = P_n \text{ OBA} - \text{Loss FO}$$

Maka :

$$P_i \text{ OPA} = 14.4 - 28.62$$

$$P_i \text{ OPA} = -14.22 \text{ dBm}$$

- d. Menghitung nilai *power output* OPA ( $P_n$  OPA)

$$P_i \text{ OPA} = -14.22 \text{ (Perhitungan point c)}$$

$$\text{Gain OPA} = 22$$

Persamaan :

$$P_n \text{ OPA} = P_i \text{ OPA} + \text{Gain OPA}$$

Maka :

$$P_n \text{ OPA} = -14.22 + 22$$

$$P_n \text{ OPA} = 7.78 \text{ dBm}$$

- e. Menghitung jumlah Redaman *Splice* (sambungan kabel)

$$L_{\text{Link}} = 106 \text{ km}$$

$$L_{\text{Kabel}} = 3 \text{ km/roll}$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice}} = 0.15 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{L_{\text{link}}}{L_{\text{Kabel}}} \times 0.15$$

Maka :

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = \frac{106}{3} \times 0.15$$

$$\text{LOSS}_{\text{splice Total}} = 5.3 \text{ dB}$$

- f. Menghitung Jumlah Redaman Konektor

Jumlah Konektor dalam 1 Link Yogya - Purwokerto = 6 Konektor

$$\text{LOSS}_{\text{Connector}} = 0.25 \text{ dB}$$

Persamaan :

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = \text{Jumlah Connector} \times \text{Loss Connector}$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 6 \times 0.25$$

$$\text{LOSS}_{\text{Connector Total}} = 1.5 \text{ db}$$

g. Menghitung Jumlah daya Keluaran

Persamaan:

$$P_{\text{Out}} = P_{\text{n OPA}} - \text{LOSS}_{\text{splice Total}} - \text{LOSS}_{\text{Connector Total}}$$

$$P_{\text{Out}} = 7.78 - 5.3 - 1.5$$

$$P_{\text{Out}} = 0.98$$

h. Perhitungan Q Factor

$$P_{\text{in}} = 0.98 \text{ dBm} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ watt}$$

$$R = 1 \text{ A/W}$$

$$M = 10$$

$$q = 1.69 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$K_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$R_L = 30 \Omega$$

$$F(M) = M^x$$

$$X = 0.7$$

$$B_e = 10 \text{ Ghz}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

Persamaan :

$$SNR = \frac{(P_{\text{in}}RM)^2}{2qP_{\text{in}}RM^2F(M)B_e + \frac{4K_BTB_e}{R_L}}$$

$$SNR = \frac{(1.25 \times 10^{-3} \times 1 \times 10)^2}{(2 \times 1.69 \times 10^{-19} \times 1.25 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^2 \times 10^{0.7} \times 10^{10}) + \frac{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 10^{10}}{30}}$$

$$SNR = \frac{1.56 \times 10^{-4}}{2.12 \times 10^{-9} + 5.52 \times 10^{-12}}$$

$$SNR = 73393.80481011706 \text{ Watt}$$

$$SNR = 48.66 \text{ dB}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{SNR}{20}}}{2}$$

$$Q = \frac{10^{\frac{48.66}{20}}}{2}$$

$$Q = 135.509 = 1.35 \times 10^2$$

i. Perhitungan BER (Bit Error Rate)

Persamaan :

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

$$BER = \frac{1}{3.37\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{135.509^2}{2}}$$

$$BER = 9.18 \times 10^{-3}$$

j. Perhitungan OSNR

$$OSNR = \frac{1}{2} Q(Q + \sqrt{2})$$

$$OSNR = \frac{1}{2} 135.509(3.37 + \sqrt{2})$$

$$OSNR = 324.152 = 3.24 \times 10^2$$