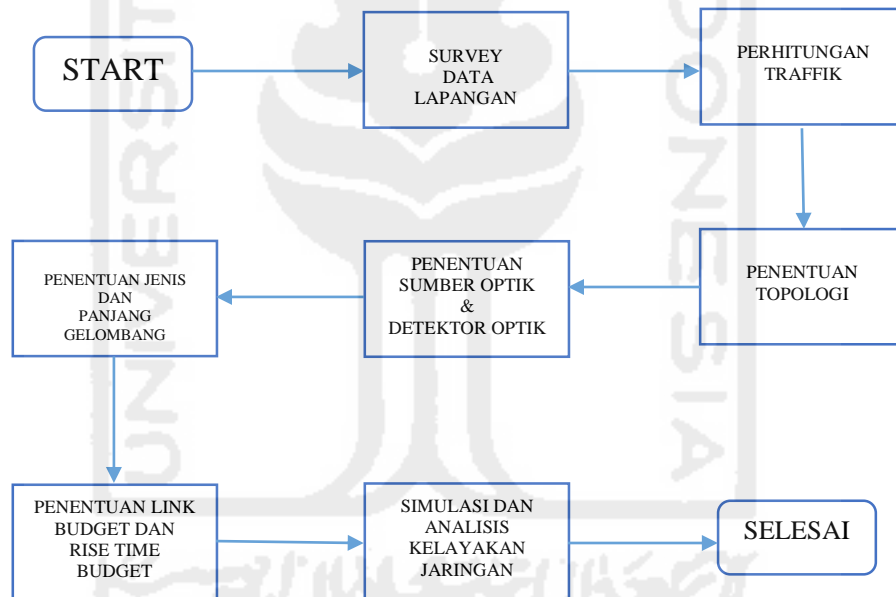


## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian kali ini dilalui dalam beberapa tahapan demi tahapan, hal tersebut ditampilkan melalui diagram alir sebagaimana pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.2. Perhitungan Traffik

Tahap estimasi pelanggan layanan dilakukan agar nantinya jalur *backbone* dapat di gunakan dalam jaringan 4G LTE. Data yang didapat berdasarkan informasi situs Pemerintah Kabupaten Sleman diketahui besar populasi Sleman adalah sebanyak 850.221 jiwa. Setelah itu mengalikannya dengan data penetrasi seluler nasional yang diperkirakan Kementrian KOMINFO sebesar 150 %, sehingga didapat estimasi pelanggan seluler secara keseluruhan. Data tersebut dikali dengan penetrasi operator A sebesar 42 % yang bersumber dari laporan tahunan operator A pada tahun 2013 [23]. Data estimasi pelanggan operator dikali dengan data asumsi penetrasi layanan LTE untuk mendapatkan asumsi pelanggan LTE operator A. Untuk perhitungan lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

**Tabel 3.1** Estimasi Jumlah Pelanggan Tahun Pertama[5]

No	Variabel	Nilai	Formula
1	Populasi Sleman	850221	A
2	Penetrasi seluler Indonesia	150%	B
3	Estimasi pelanggan seluler	1275331.5	$C = A \times B$
4	Penetrasi operator A	42%	D
5	Estimasi pelanggan operator A	535639,23	$E = C \times D$
6	Penetrasi layanan LTE	20%	F
7	Asumsi pelanggan LTE operator A	107128	$F \times E$

Sehingga estimasi pelanggan masing-masing kecamatan di Kabupaten Sleman ditampilkan pada Tabel 3.2 berikut ini:

**Tabel 3.2** Tabel estimasi pelanggan tiap kecamatan tahun 2013[5]

No	Kecamatan	Luas (km <sup>2</sup> )	Pelanggan tahun pertama		
			Total	Kepadatan(user/km <sup>2</sup> )	Persentase
Index	A	B	C	D = (C/B)	E
1	Berbah	22,99	5068	221	5%
2	Cangkringan	47,99	3321	70	3%
3	Depok	35,55	13746	387	13%
4	Gamping	29,25	8289	284	8%
5	Godean	26,84	7213	269	7%
6	Kalasan	35,84	6882	193	6%
7	Minggir	27,27	4355	160	4%
8	Mlati	28,52	8447	297	8%
9	Moyudan	27,26	4233	156	4%
10	Ngaglik	38,52	8312	216	8%
11	Ngemplak	35,71	5592	157	5%
12	Pakem	43,84	3870	89	4%
13	Prambanan	41,35	5544	135	5%
14	Seyegan	26,63	5311	200	5%
15	Sleman	31,31	6999	224	7%
16	Tempel	32,49	5845	180	5%
17	Turi	43,09	4101	96	4%
Total		574,46	107128	3334	101%

Melalui persamaan 2.12 sebagai berikut: (3.1)

$$U_n = U_o(1 + gf)^n$$

dimana

$U_n$  = Prediksi user pada tahun ke- n

$U_o$  = Total *user* pada tahun pertama

$gf$  = angka pertumbuhan pelanggan

$n$  = tahun prediksi

Dengan asumsi pertumbuhan pelanggan operator A berdasarkan *Annual Report 2013* yakni sebanyak 5,1 % dari total pelanggan seluruhnya maka didapat:

$$\begin{aligned}
 U_5 &= 107128 (1 + 0,051)^5 \\
 &= 107128 (1,051)^5 \\
 &= 107128 (1,2823) \\
 &= 137378 \text{ user}
 \end{aligned}$$

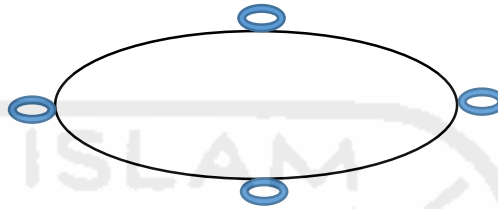
Maka selama 5 tahun terdapat kenaikan estimasi jumlah pelanggan sebanyak 30.250 *user*.

### 3.3. Penentuan Topologi

Topologi jaringan dengan bentuk *ring* merupakan konfigurasi yang dipilih untuk diimplementasikan pada perencanaan ini. Pemilihan rute atau jalur serat optik merupakan salah satu komponen yang harus benar-benar dipertimbangkan karena hal ini menyangkut beberapa hal. Karena hal ini terkait dengan sambungan kabel atau *splice*, jenis kabel serat optik, jumlah *power transmit* dan perlu atau tidaknya komponen penguat. Alasan dipilihnya topologi *ring* dalam perancangan ini yaitu:

- a. Memudahkan *survey* di lapangan.
- b. Mudah diimplementasikan di lapangan.
- c. *Maintenance*/pemeliharaan serat optik yang mudah.
- d. Mudah untuk melakukan pelacakan dan pengisolasian kesalahan dalam jaringan karena menggunakan konfigurasi *point to point*.

Setelah mengetahui alasan dipilihnya topologi ring pada perancangan, untuk memudahkan perancangan. Penjelasan ilustrasi topologi *wdm ring* terlihat pada gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Topologi *WDM Ring*

Dari hasil survey maka Kabel yang digunakan pada perencanaan ini adalah kabel darat yang mempunyai 96 inti serat, kabel ini akan ditanam dalam tanah dengan kedalaman kurang lebih 1,5 m. Tabel 3.3 dibawah adalah jarak penghubung jaringan optik dan tabel 3.4 *link* distribusinya.

**Tabel 3.3** Jarak Kabel Serat Optik *Link Backbone*

No	<i>Link Backbone</i>	Jarak (km)
1	Seyegan-Tempel	10,1
2	Tempel-Pakem	18,8
3	Pakem-Ngemplak	9,5
4	Ngemplak-Kalasan	8,4
5	Kalasan-Depok	12,8
6	Depok-Gamping	13,6
7	Gamping -Seyegan	11,7
	Total	84,9 km

**Tabel 3.4** Jarak Kabel Serat Optik *Link* Distribusi

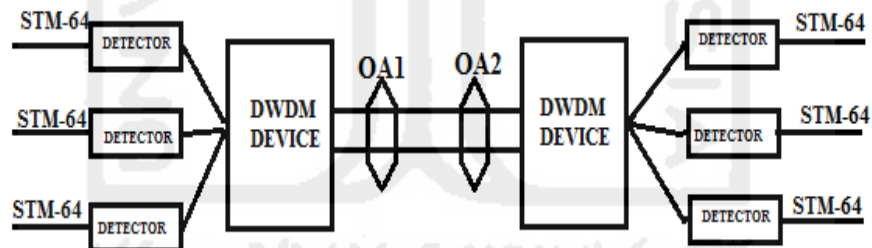
No	<i>Link</i> Distribusi Optik	Jarak (Km)
1	Seyegan-Minggir	11,65
2	Seyegan-Moyudan	10,4
3	Seyegan-Godean	9,3
4	Pakem-Turi	6,3
5	Pakem-Cangkringan	7,7
6	Kalasan-Berbah	8,6
7	Kalasan-Prambanan	7,4
	Total	61,35 km

#### 3.4. Penentuan Sumber Optik dan Detektor Optik

Menentukan sumber optik yang digunakan. Pilihan sumber optik untuk jarak dekat adalah LED. Sedangkan untuk jarak jauh umumnya digunakan *Laser Diode* (LD). Kemudian langkah Selanjutnya perlu menentukan detektor optik yaitu pemilihan detektor optik diutamakan dibandingkan komponen-komponen lainnya karena dengan mengetahui detektor optik yang digunakan terlebih dahulu, kita dapat memastikan bahwa sinyal yang sampai ke bagian penerima masih dapat dideteksi dengan baik oleh detektor optik. Pilihan detektor optik ada dua: *PIN photodiode* dan *Avalanche photodiode*. *Laser diode* dipilih karena mempunyai karakteristik yang handal yaitu dapat memancarkan cahaya dengan intensitas tinggi, stabil, terfokus dan merambat dengan kecepatan sangat tinggi, sehingga dapat menempuh jarak sangat jauh. Pada detektor *Avalanche photodiode* dipilih karena dapat meningkatkan *sensitivitas receiver* hingga 10 dB dan mempunyai sensitifitas tinggi.

### 3.5. Penentuan Jenis Dan Panjang Gelombang

Perangkat STM-16 dan STM-64 yang diintegrasikan dengan teknologi DWDM tetap hanya membutuhkan satu pasang *core* optik untuk menghubungkan bagian *transmitter* dengan bagian *receiver*. STM-64 dipilih karena STM-64 merupakan struktur tertinggi didalam jaringan SDH dan mampu memberikan kecepatan hingga 9.953,280 Mbps (10 Gbps) yang artinya sudah dapat untuk memenuhi standar kecepatan teknologi *backbone* dengan transmisi dalam jumlah besar pula. Untuk pemenuhan kebutuhan kapasitas kanal pada perangkat terminal STM-64 dibutuhkan sebanyak 7 buah perangkat. Gambar 3.3 adalah konfigurasi STM-64.



**Gambar 3.3** Konfigurasi Perangkat STM-64

Kemudian selanjutnya menentukan pemilihan mode kabel yang akan digunakan. Untuk jarak sangat dekat digunakan *step-index multimode*, untuk jarak dekat hingga menengah digunakan *graded-index multimode*, untuk jarak jauh atau kepentingan transmisi yang berkualitas sangat tinggi dapat digunakan *step-index*

*singlemode*. Setelah itu tentukan panjang gelombang yang akan digunakan. Serat *multimode* dirancang untuk beroperasi pada 850 dan 1300 nm, sedangkan serat *singlemode* dioptimalkan untuk panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. Dalam menentukan panjang gelombang serat optik yang digunakan, perlu dicermati bahwa semakin besar panjang gelombang serat optik, maka attenuasi per kilometer pada serat juga akan semakin kecil.

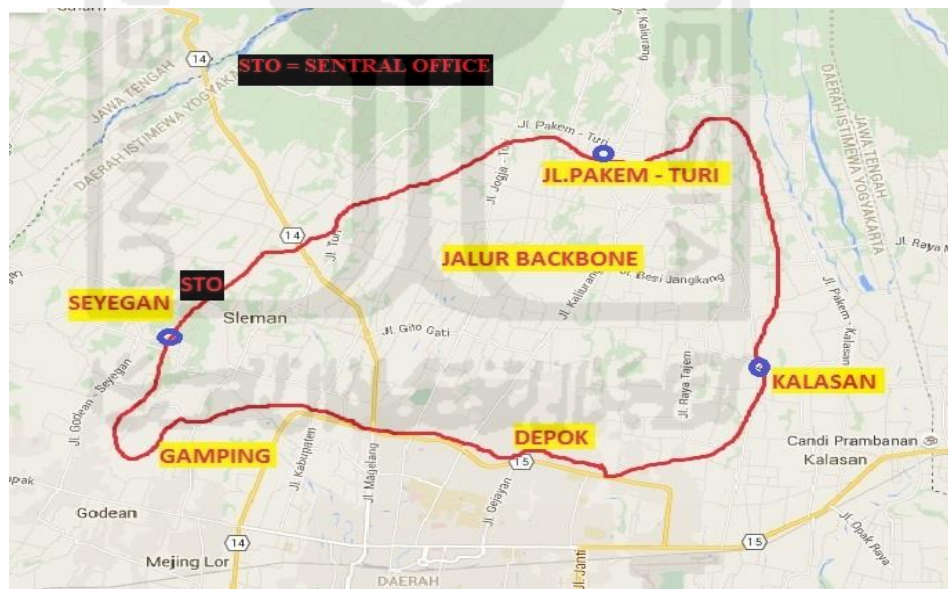
Pada perancangan ini *single mode* dipilih karena *single mode* dapat membawa data dengan *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan dengan *multi mode*, dapat membawa data dengan lebih cepat dan 50 kali lebih jauh dibandingkan dengan *multi mode*, *Core* yang digunakan lebih kecil dari *multi mode* dengan demikian gangguan-gangguan di dalamnya akibat distorsi dan *overlapping* pulsa sinar menjadi berkurang. Inilah yang menyebabkan *single mode fiber optic* menjadi lebih reliabel, stabil, cepat, dan jauh jangkauannya.

### **3.6 Penentuan Rute dan Distribusi Jaringan Optik**

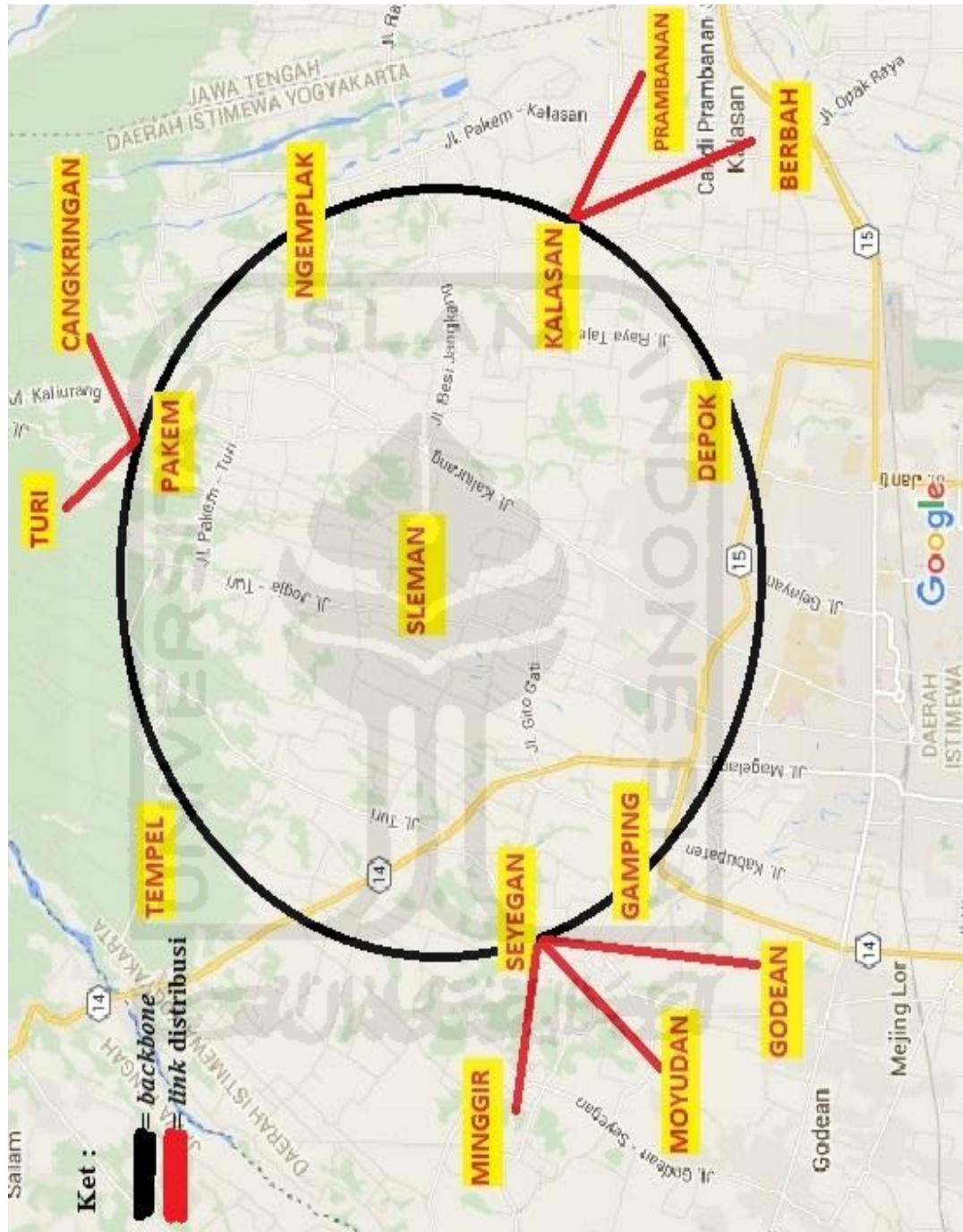
Dalam perancangan jaringan optik untuk distribusi 4G LTE diperlukan adanya penentuan *coverage* & rute transmisi jaringan agar dapat mengetahui daerah yang akan ditentukan dalam perancangan serta dapat mengetahui besar *power budget* dalam suatu wilayah yang kita rancang tersebut, kemudian diperlukan perancangan distribusi jaringan optik dari jaringan utama *backbone* menuju ke beberapa area. Agar memudahkan dalam pendistribusian jaringan optik tersebut. Untuk memaksimalkan



jaringan 4G LTE dalam kemampuan *handover* dan *roaming* ke jaringan bergerak *eksisting* maka cakupan jaringan distribusi optik harus diperluas juga. Jaringan utama/*backbone* perlu dirancang agar optimal dan sinyal yang dikirim sampai *ke end-point* sesuai dengan yang diinginkan. Fungsi dari sistem pengkabelan *backbone* adalah untuk menyediakan koneksi antara *main distribution area*, *horizontal distribution area*, dan merupakan *entrance area*. Sistem pengkabelan *backbone* terdiri dari kabel *backbone*, *main cross-connect*, *horizontal cross-connect*, terminasi mekanikal, dan *patch cord* yang digunakan untuk koneksi silang *backbone-to-backbone*. Gambar 3.4 dan 3.5 dibawah ini adalah gambar rute jaringan *backbone* optik dan transmisi wilayah Sleman.



**Gambar 3.4** Rute Jaringan *Backbone* Sleman



Gambar 3.5 Rute Backbone Transmisi Optik Keseluruhan

Struktur frame terendah yang didefinisikan dalam standar SDH adalah STM-1 (*Synchronous Transport Module level 1*) dengan laju bit 155,520 Mbit/s (155 Mbps). Ini berarti STM-1 terdiri dari 2430 byte dengan durasi frame 125 $\mu$  s. *Bit rate* atau kecepatan transmisi untuk level STM-16 mencapai 2.488,320 Mbps (2,5 Gbps). Perangkat STM-16 sudah mampu untuk mendistribusikan sinyal dari jaringan utama/*backbone* menuju jaringan optik untuk distribusi 4G LTE. Menurut ITU-T G-707 jarak yang dapat dicakup untuk STM 16 adalah 160 km, tetapi jarak tersebut hanya dapat dicapai dengan menggunakan *post amplifier* (penguat) optic dan *pre-amplifier* sedangkan untuk STM 64 jarak yang dapat dicakup adalah sebesar 40 – 80 km. Jadi untuk distribusi optik 4G LTE digunakan perangkat STM-16 untuk membedakan antara jaringan utama/*backbone* dengan jaringan khusus distribusi 4G LTE itu sendiri dan jaringan pendistribusian jaringan optik hanya digelar satu kabel dari *splitter* menuju *end network* agar mempermudah perancangan jaringan optik dan pembagian distribusi optiknya.

### 3.6.1 Parameter Perencanaan Jaringan Serat Optik

Parameter perencanaan yang digunakan pada jaringan ini, disesuaikan dengan standar yang berlaku di ITU-T G 6.55. Parameter perencanaan serat optik tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5** Parameter Perencanaan Jaringan Serat Optik

<b>Data Teknis Perencanaan <i>Link</i> Sleman</b>	
<b>1. Parameter Desain</b>	
<i>Bit rate</i> (B)	10 Gbps (STM-64)
Jarak <i>link</i> (Llink)	84,9 km
Format modulasi	NRZ
Panjang gelombang operasi	1550 nm
MARGIN operasi (Ms)	3dB
Jumlah konektor ( $N_c$ )	14
<b>2. Komponen SKSO</b>	
<b>A. Serat Optik <i>Single Mode</i> : ITU-T G6.55 (<i>Non Zero Dispersion Shifted Fiber</i>)</b>	
Attenuasi ( $\alpha_f$ )	0,3 dB/km
Dispersi kromatik (D)	3,5 ps/nm.km
<b>B. <i>Optical Interface</i></b>	
<b>B.1 Pengirim (<i>Transmitter</i>)</b>	
<i>Rise time</i> ( $t_{tx}$ )	60 ps
Lebar spektral ( $\sigma_\lambda$ )	0,1 nm
Daya transmit ( $p_{tx}$ )	9 dBm
<b>B.2 Penerima (<i>Receiver</i>)</b>	
<i>Rise time</i> ( $t_{rx}$ )	35 ps
Sensitivitas minimum ( $p_{rx}$ )	-38 dBm
<b>C. <i>Komponen Tambahan</i></b>	
Redaman Konektor ( $\alpha_c$ )	0,3 dB/konektor
Redaman <i>Splice</i> ( $\alpha_s$ )	0,05 dB/ <i>splice</i>
<i>Gain Edfa</i> (G)	20 dBm

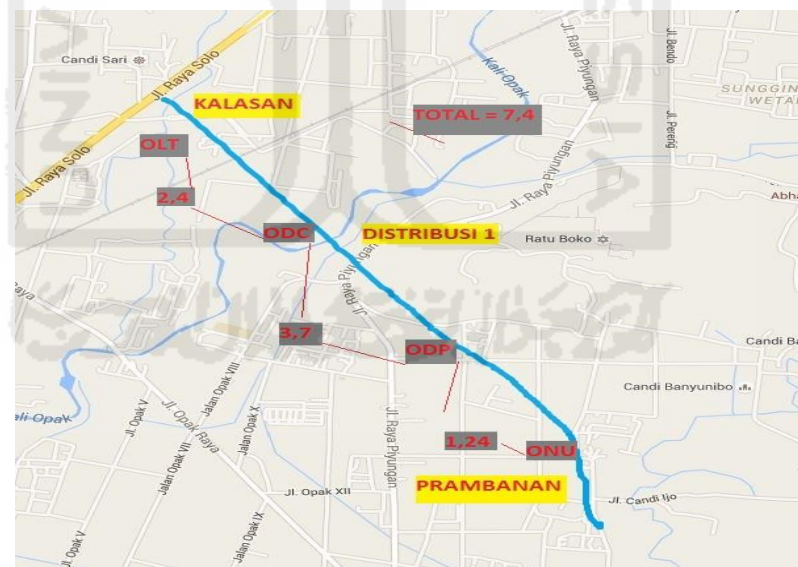
### 3.7 Perhitungan *Link Power Budget*

Dengan menggunakan data-data parameter pada Tabel 3.5, maka dapat dihitung *power budget* untuk perencanaan sistem komunikasi serat optik.

### 3.7.1. Link Power Budget Jalur Distribusi

Perhitungan redaman dibutuhkan untuk mendapatkan *range* yang sesuai dengan ditentukan yaitu minimum *power (receiver Sensitivity) downlink* pada *receiver (Rx)* yaitu -21 dBm dan *uplink* -28 dBm (mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2). Maka jaringan tersebut bisa dikatakan bagus atau tidak akan terjadi gangguan secara teknikal dari media transmisi dan perhitungan redaman juga menentukan apakah *link* distribusi optik sudah layak diimplementasikan atau belum. Gambar 3.6 - 3.12 dibawah ini adalah perhitungan distribusi tiap *link* menggunakan persamaan 2.16.

#### a. Distribusi *link* Kalasan – Prambanan



**Gambar 3.6** Rute Distribusi Optik Kalasan-Prambanan

Redaman Kabel OLT-ODC = 2,46 Km x 0,35 dB = 0,861 dB



Redaman Kabel ODC-ODP = 3,7 Km x 0,35 dB = 1,295 dB

Redaman Kabel ODP-ONU = 1,24 Km x 0,35 dB = 0,434 dB

Redaman *Splitter* ODC = 1:2 = 4,0 dB

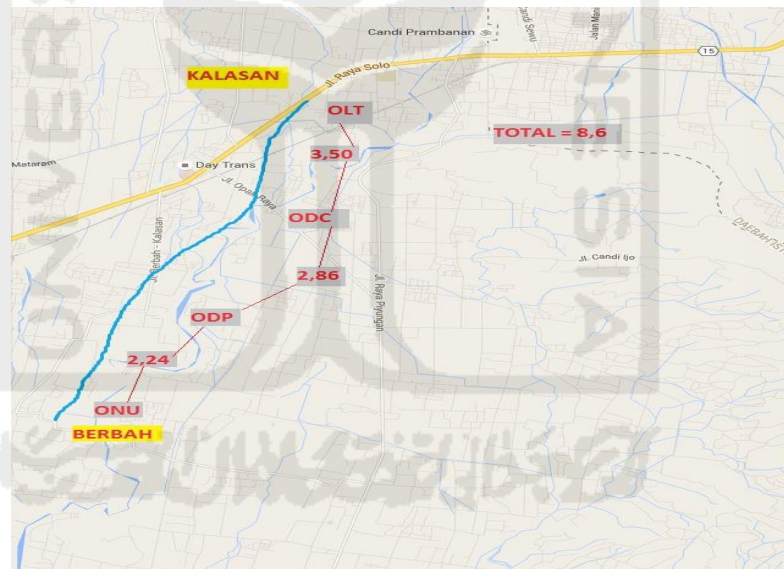
Redaman *Splitter* ODP = 1:4 = 7,5 dB

Redaman *Splice* Total = 3 x 0,1 dB = 0,3 dB

Konektor yang digunakan = 4 x 0,2 = 0,8 dB

Redaman TOTAL ONU A = 0,861+1,295+0,434+4,0+7,5+0,3+0,8=15,19 dB

**b. Distribusi *Link* Kalasan- Berbah**



**Gambar 3.7** Rute Distribusi Optik Kalasan-Berbah

Redaman Kabel OLT-ODC = 3,50 Km x 0,35 dB = 1,225 dB

Redaman Kabel ODC-ODP = 2,86 Km x 0,35 dB = 1,001 dB

Redaman Kabel ODP-ONU = 2,24 Km x 0,35 dB = 0,784 dB

Redaman *Splitter* ODC = 1:2 = 4,0 dB

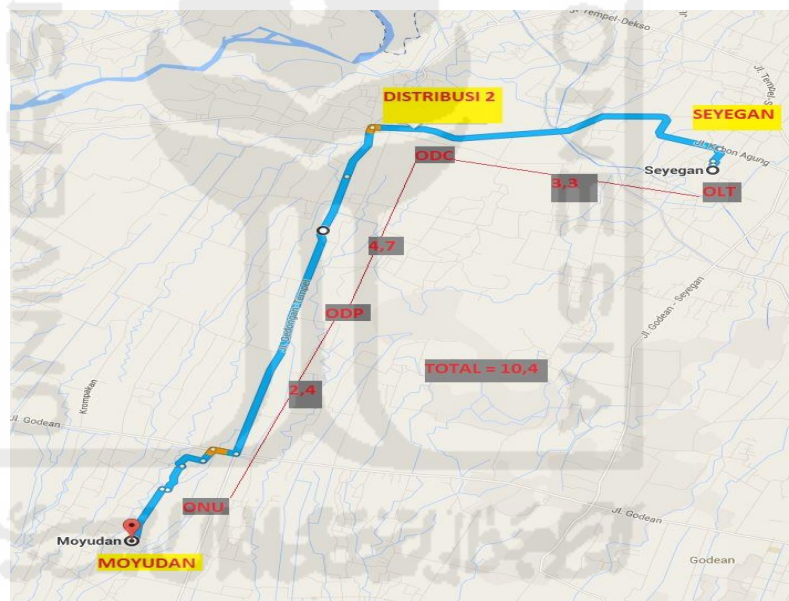
Redaman *Splitter* ODP = 1:4 = 7,5 dB

Redaman *Splice* Total = 3 x 0,1 dB = 0,3 dB

Konektor yang digunakan = 4 x 0,2 = 0,8 dB

Redaman TOTAL ONU B = 1,225 + 1,001 + 0,784 + 4,0 + 7,5 + 0,3 + 0,8 = 15,61 dB

c. Distribusi *Link* Seyegan- Moyudan



**Gambar 3. 8** Rute Transmisi Distribusi Optik Seyegan-Moyudan

Redaman Kabel OLT-ODC = 3,3 Km x 0,35 dB = 1,155 dB

Redaman Kabel ODC-ODP = 4,7 Km x 0,35 dB = 1,645 dB

Redaman Kabel ODP-ONU = 2,4 Km x 0,35 dB = 0,84 dB

Redaman *Splitter* ODC = 1:2 = 4,0 dB

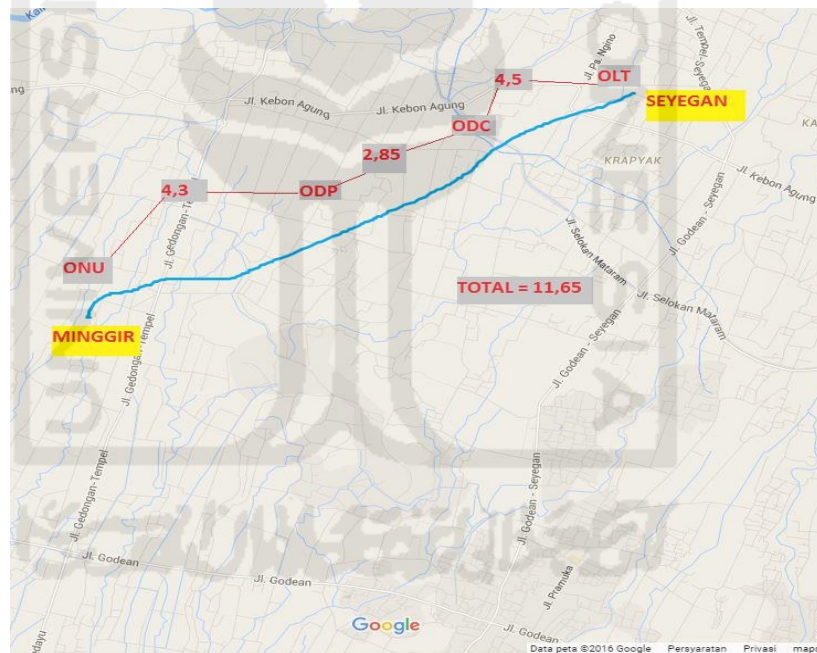
Redaman *Splitter* ODP = 1:4 = 7,5 dB

Redaman *Splice* Total = 3 x 0,1 dB = 0,3 dB

Konektor yang digunakan = 4 x 0,2 = 0,8 dB

Redaman TOTAL ONU C = 1,155+1,645+0,84+4,0+7,5+0,3+0,8=16,24 dB

#### d. Distribusi *Link* Seyegan-Minggir



**Gambar 3.9** Rute Distribusi Optik Seyegan-Minggir

Redaman Kabel OLT-ODC = 4,5 Km x 0,35 dB = 1,575 dB

Redaman Kabel ODC-ODP = 2,85 Km x 0,35 dB = 0,9975 dB



Redaman Kabel ODP-ONU = 4,3 Km x 0,35 dB = 1,505 dB

Redaman *Splitter* ODC = 1:2 = 4,0 dB

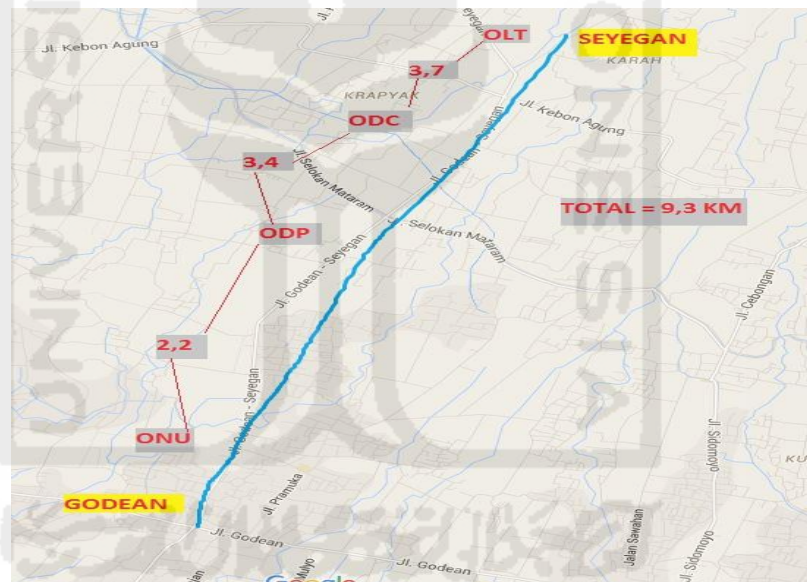
Redaman *Splitter* ODP = 1:4 = 7,5 dB

Redaman *Splice* Total = 3 x 0,1 dB = 0,3 dB

Konektor yang digunakan = 4 x 0,2 = 0,8 dB

Redaman Total ONU D = 1,575+0,9975+1,505+4,0+7,5+0,3+0,8=16,6775 dB

e. Distribusi *Link* Seyegan-Godean



**Gambar 3.10** Rute Distribusi Optik Seyegan-Godean

Redaman Kabel OLT-ODC = 3,7 Km x 0,35 dB = 1,295 dB

Redaman Kabel ODC-ODP = 3,4 Km x 0,35 dB = 1,19 dB



Redaman Kabel ODP-ONU = 1,7 Km x 0,35 dB = 0,595 dB

Redaman *Splitter* ODC = 1:2 = 4,0 dB

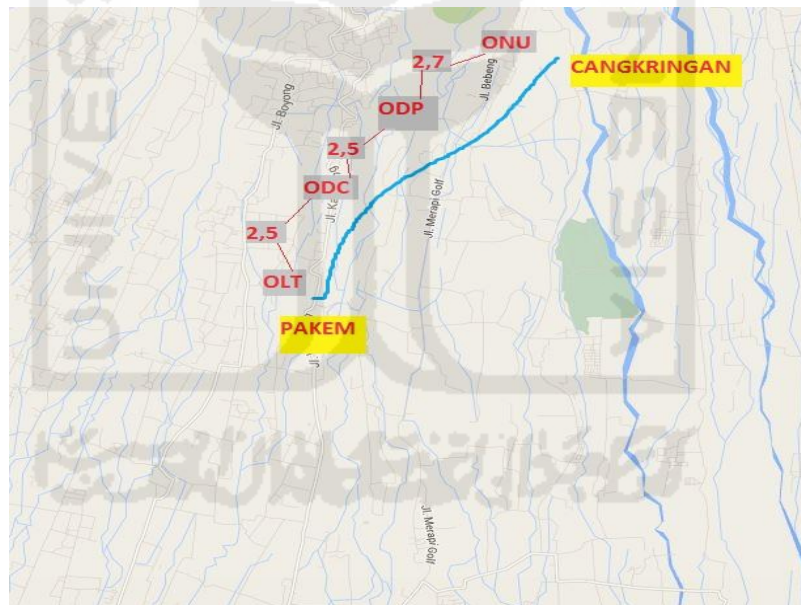
Redaman *Splitter* ODP = 1:4 = 7,5 dB

Redaman *Splice* Total = 3 x 0,1 dB = 0,3 dB

Konektor yang digunakan = 4 x 0,2 = 0,8 dB

Redaman TOTAL ONU F = 0,84+0,63+0,595+4,0+7,5+0,3+0,8=14,655 dB

g. Distribusi *Link* Pakem-Cangkringan



**Gambar 3.12** Rute Distribusi Optik Pakem-Cangkringan

Redaman Kabel OLT-ODC = 2,5 Km x 0,35 dB = 0,875 dB

Redaman Kabel ODC-ODP = 2,5 Km x 0,35 dB = 0,875 dB

Redaman Kabel ODP-ONU = 2,7 Km x 0,35 dB = 0,945 dB

Redaman *Splitter* ODC = 1:2 = 4,0 dB

Redaman *Splitter* ODP = 1:4 = 7,5 dB

Konektor yang digunakan = 4 x 0,2 = 0,8 dB

Redaman *Splice* Total = 3 x 0,1 dB = 0,3 dB

Redaman TOTAL ONU G = 0,875+0,875+0,945+4,0+7,5+0,3+0,8=15,295 dB (3.2)

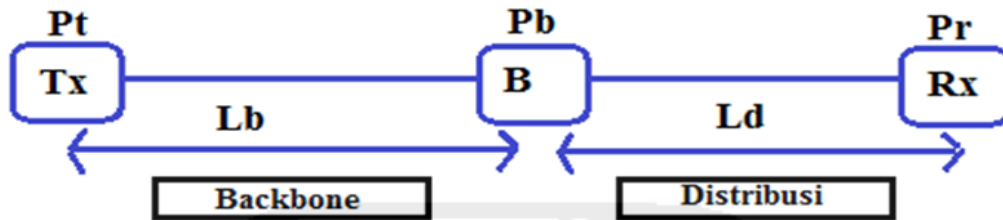
Maka dari hasil *Link* Distribusi secara keseluruhan, hasil rata-rata total *loss* pada tiap *Link* distribusi dihimpun pada tabel berikut :

**Tabel 3.6 Total Loss Link Distribusi**

<i>Link</i> Distribusi	Total <i>Loss</i>
Kalasan – Prambanan	15,19 dB
Kalasan – Berbah	15,61 dB
Seyegan – Moyudan	16,24 dB
Seyegan – Minggir	16,67 dB
Seyegan- Godean	15,855 dB
Pakem – Turi	14,655 dB
Pakem – Cangkringan	15,295 dB

Jadi, Total *Loss* maksimum pada *link* distribusi adalah 16,67 dB atau 16,67 dBm

### 3.7.2. Perhitungan *Loss Power Budget* pada Jalur *Backbone*



Gambar 3.13 *Illustrasi Design Link Backbone Dan Distribusi*

1. Diketahui nilai minimum power (*receiver Sensitivity*) *downlink* pada *receiver* (Rx) yaitu -21 dBm dan *uplink* -28 dBm (mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2). Maximum *loss* pada jalur *distribusi* nya adalah 16,67 dB (*Ld*).
2. Power minimum pada *backbone* ( $P_b$ ) =  $P_r + L_d = -21 + 16,67 = -4,33$  dBm
3. Power transmit pada *backbone* ( $P_t$ ) = 9 dBm
4. Maximum *loss* pada *link backbone* yang diperbolehkan ( $L_b$ ) =  $P_t - P_b = 9 - (-4,33) = 13,33$  dB
5. Menghitung *Loss* total dengan persamaan 2.2 yang terjadi pada *link backbone*

$$= (\alpha_c \times N_c) + (\alpha_f \times L) + (\alpha_s \times N_s) + M_s \quad (3.3)$$

$$= (0,3 \times 14) + (0,3 \times 84,9) + (0,05 \times 46) + 3$$

$$= (4,2) + (25,47) + (2,3) + 3$$

$$= 34,97 \text{ dBm}$$

6. Maka diambil kesimpulan bahwa *loss real* lebih besar daripada *maximum loss* pada jalur *backbone* itu sendiri dan pada perancangan ini diperlukan penguat *amplifier* agar daya yang sampai pada detektor optik tetap optimal.

$$Loss\ real - Loss\ maximum = 34,97 - 13,33 = 21,64\ dBm.$$

7. Besar penguatan 1 EDFA yaitu 20 dBm , maka dibutuhkan sejumlah 2 EDFA untuk mengatasi besar *loss* sebesar 21,64 dBm
8. Sehingga *power* pada Rx bisa dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{Rx} &= P_{Tx} - Loss\ total + Gain\ amplifier & (3.4) \\ &= 9 - 34,97 - 16,67 + 40 \\ &= -2,64\ dBm \end{aligned}$$

Jadi hasil perancangan *power* sudah sesuai dengan standart yang ditentukan. Satuan dB yang dipakai adalah singkatan dari *decibel*, merupakan satuan perbandingan level sinyal jika nilainya positif maka disebut faktor penguatan (*gain*), jika nilainya negatif disebut redaman (*loss*). Adapun dBm adalah satuan level daya yang digunakan.

### 3.7.3. Perhitungan Rise Time Budget

Perhitungan *rise time* sistem mengacu pada tabel parameter pada tabel 3.5, kemudian nilai *rise time* sistem akan diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.12, maka *rise time* sistem untuk STM-64 (10 Gbps) dengan format pengkodean NRZ adalah :

$$\begin{aligned} \text{adalah : } t_{sis} &= \frac{0,7}{BR} = \frac{0,7}{10 \times 10^{-9}} = 70\ ps \\ &= 0,07 \cdot 10^{-9} s \\ &= 0,07 \cdot 10^{-12} s = 70\ ps & (3.5) \end{aligned}$$

Agar hasil transmisi dapat diterima dengan baik, degradasi waktu total transmisi dari suatu hubungan digital tidak boleh melebihi 70 persen dari periode bit NRZ (*non-return-to-zero*). Setelah dihitung nilai *rise time* sistem untuk format pengkodean NRZ, maka selanjutnya menghitung nilai *rise time* perencanaan tiap *sublink* dengan menggunakan persamaan 2.10 dan 2.11.

- a. *Link* Seyegan -Tempel

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \\
 &= (3,5 \text{ ps/nm.km}) \times (0,1 \text{ nm}) \times (10,01 \text{ km}) \\
 &= 3,535 \text{ ps}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

$$\begin{aligned}
 tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{60^2 + 35^2 + 3,535^2} \\
 &= \sqrt{4837,4962} = 69,552 \text{ ps}
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

- b. *Link* Tempel-Pakem

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \\
 &= (3,5 \text{ ps/nm.km}) \times (0,1 \text{ nm}) \times (18,8 \text{ km}) \\
 &= 6,58 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{px}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{60^2 + 35^2 + 6,58^2} \\
 &= \sqrt{4868,2964} = 69,773 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

c. *Link Pakem-Ngemplak*

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \\
 &= (3,5 \text{ ps/nm.km}) \times (0,1 \text{ nm}) \times (9,5 \text{ km}) \\
 &= 3,325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{px}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{60^2 + 35^2 + 3,325^2} \\
 &= \sqrt{4836,055} = 69,541 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

d. *Link Ngemplak-Kalasan*

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \\
 &= (3,5 \text{ ps/nm.km}) \times (0,1 \text{ nm}) \times (8,4 \text{ km}) \\
 &= 2,94
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{px}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{60^2 + 35^2 + 2,94^2} \\
 &= \sqrt{4833,6436} = 69,524 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

e. *Link Kalasan-Depok*

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \\
 &= (3,5 \text{ ps/nm.km}) \times (0,1 \text{ nm}) \times (12,8 \text{ km}) \\
 &= 4,48 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

$$tr = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{px}^2 + t_f^2}$$



$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{60^2 + 35^2 + 4,48^2} \\
 &= \sqrt{4845,0704} = 69,606 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

f. *Link* Depok-Gamping

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \\
 &= (3,5 \text{ ps/nm.km}) \times (0,1 \text{ nm}) \times (13,6 \text{ km}) \\
 &= 4,76 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{px}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{60^2 + 35^2 + 4,76^2} \\
 &= \sqrt{4847,6576} = 69,625 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

g. *Link* Gamping-Seyegan

$$\begin{aligned}
 t_f &= D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \\
 &= (3,5 \text{ ps/nm.km}) \times (0,1 \text{ nm}) \times (11,7 \text{ km}) \\
 &= 4,095 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 tr &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{px}^2 + t_f^2} \\
 &= \sqrt{60^2 + 35^2 + 4,095^2} \\
 &= \sqrt{4841,769} = 69,582 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *rise time budget*, diperoleh bahwa *rise time* untuk *Link* keseluruhan Sleman memenuhi nilai *rise time* sistem. Nilai maksimum *rise time* sistem yang menjadi acuan adalah 70 ps dan hasil perhitungan diatas sudah layak

diimplementasikan di lapangan. Hal ini berarti bahwa sinyal yang sampai ke detektor optik dapat diterima dengan baik karena tidak ada terjadi *distorsi* yang mengganggu pembacaan sinyal. Oleh karena itu komponen tambahan kompensator dispersi (DCM) tidak diperlukan lagi.

### 3.7.4. Pehitungan Jumlah *Splice* dan Konektor

Pada persamaan 2.12, maka jumlah sambungan kabel serat optik yang diperlukan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut :

- a. *Link* Seyegan -Tempel

$$N_s = \frac{L_{link}}{L_{kabel}} + 2 = \frac{10,1 \text{ km}}{3 \text{ km}} + 2 = 5,36 \approx 6 \text{ splice} \quad (3.8)$$

- b. *Link* Tempel-Pakem

$$N_s = \frac{L_{link}}{L_{kabel}} + 2 = \frac{18,8 \text{ km}}{3 \text{ km}} + 2 = 8,26 \approx 9 \text{ splice}$$

- c. *Link* Pakem-Ngemplak

$$N_s = \frac{L_{link}}{L_{kabel}} + 2 = \frac{9,5 \text{ km}}{3 \text{ km}} + 2 = 5,16 \approx 6 \text{ splice}$$

- d. *Link* Ngemplak-Kalasan

$$N_s = \frac{L_{link}}{L_{kabel}} + 2 = \frac{8,4 \text{ km}}{3 \text{ km}} + 2 = 4,8 \approx 5 \text{ splice}$$

- e. *Link* Kalasan-Depok

$$N_s = \frac{L_{link}}{L_{kabel}} + 2 = \frac{12,8 \text{ km}}{3 \text{ km}} + 2 = 6,26 \approx 7 \text{ splice}$$

- f. *Link* Depok-Gamping

$$N_s = \frac{L_{link}}{L_{kabel}} + 2 = \frac{13,6 \text{ km}}{3 \text{ km}} + 2 = 6,53 \approx 7 \text{ splice}$$

g. *Link* Gamping-Seyegan

$$N_s = \frac{L_{link}}{L_{kabel}} + 2 = \frac{11,7 \text{ km}}{3 \text{ km}} + 2 = 5,9 \approx 6 \text{ splice}$$

Jadi total *splice* yang dibutuhkan dalam perancangan ini adalah 46 *splice*. Berdasarkan penjelasan pada bab 2.8 dijelaskan bahwa *splice* pada perencanaan selain menghubungkan serat optik tiap jarak 3 km, juga diperlukan penambahan 2 *splice* untuk sambungan ke terminal, dimana jumlah *splice* untuk *sublink* dapat dilihat pada perhitungan bab 3.7. Dan untuk jumlah konektor, tiap *sublink* memiliki 2 buah konektor yang menghubungkan masing-masing terminal dengan total 14 konektor

### 3.8 Pemilihan Teknologi GPON Untuk Distribusi Optik

*Backhaul* dan *Core Network* berada dalam satu lingkungan *hybrid* dari 2G, 2.5G, 3G dan 4G LTE. *Backhaul Access / Pre-agregasi* menggunakan opsi yang berbeda dari tiap perkembangan teknologi selulernya. Misalnya *Legacy* 2G dan sistem 2.5G menggunakan PDH *Microwave*. Jaringan distribusi perlu ditentukan teknologi transportnya agar sinyal yang dikirim dari jaringan *backbone* dapat sampai ke titik eNodeB sesuai yang diinginkan dan sesuai dari ketentuan 4G LTE. Dalam implementasi jaringan *backbone* SDH yang berbasis *wdm/dwdm* diperlukan teknologi jaringan terbaru untuk distribusi menuju layanan 4G LTE agar dapat mendukung jaringan *backhaul* dan *core network*. Dipilihlah teknologi GPON untuk mendukung akses layanan *backhaul* dan *core network* agar dalam mentransmisikan sinyal menjadi lebih baik dengan adanya teknologi GPON yang mempunyai kecepatan yang

cukup mumpuni dalam transmisi data dan memiliki kecepatan akses *uplink-downlink* yang lebih baik maka dari itu GPON menjadi pilihan untuk menunjang *transport backhaul* dan *core network* 4G LTE.

### 3.8.1. Power Link Budget GPON

Berdasarkan ketentuan dari ITU-T G.984 mengenai sistem transmisi dan media pengantar jaringan GPON, bahwa terdapat 3 *class* dari redaman yang diizinkan antara OLT dan ONT.

- a. *Class A* : 5 to 20 dB.
- b. *Class B* : 10 to 25 dB.
- c. *Class C* : 15 to 30 dB.

Maka yang dipergunakan dalam perancangan ini yaitu rentang redaman *class B* memiliki maksimum redaman sebesar 25 dB. Pada ONT ditetapkan standar *output power* +2 dBm dan OLT ditetapkan standar *detector sensitivity* -30 dBm. Maka untuk mencari total *link power budget* antara ONT dan OLT. Digunakan perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Link Power Budget} &= \text{ONT} - \text{OLT} && (3.9) \\
 &= 2 - (-30) \\
 &= 32 \text{ dB.}
 \end{aligned}$$

Total *link budget* sebesar 32 dB akan *loss* oleh beberapa elemen seperti *splitter*, *connector*, *splice* dari kabel optik yang besar nilainya bervariasi, *optical attenuation* sebesar 0,35 dB/km, dan lain-lain. Untuk proses implementasi yang

diizinkan adalah *total loss power* harus lebih kecil dari *total link power budget* serta batas minimal dari sisa *margin* adalah 3,15 dB.

Tabel 3.7 menunjukkan parameter perancangan GPON yang ditetapkan oleh standar ITU-T G.984. Dari 4 *link type* yang masing masing berbeda jarak. Dimana pemotongan kabel dilakukan 1 kali, *splitter* yang digunakan 1, konektor yang digunakan adalah 3 buah.

**Tabel 3.7** Parameter Perencanaan GPON

<i>Components</i>	<i>Insertion Loss</i>	<i>System margin</i>
<i>Initial Power Budget</i>	1,5 dB	32 dB
<i>WDM Coupler Loss (1x 1,5 dB)</i>	0,4 dB	
<i>Central Office Patch Cord Loss</i>	3,0 dB	
<i>Power Available For Class B</i>		27,1
<i>Power Splitter Loss (1x32)</i>	18 dB	
<i>Splice Loss (1x0,1 dB)</i>	0,1 dB	
<i>Connector Loss (3x0,2 dB)</i>	0,6 dB	
<i>Cable Attenuation (1km x 0,35 dB/Km)</i>	0,35 dB	
<i>Cable Attenuation (5km x 0,35 dB/Km)</i>	1,75 dB	
<i>Cable Attenuation (10Km x 0,35 dB/Km)</i>	3,50 dB	
<i>Cable Attenuation (15Km x 0,35 dB/Km)</i>	5,25 dB	
<i>Remaining Power Margin (1km)</i>		8,05 dB
<i>Remaining Power Margin (5km)</i>		6,65 dB
<i>Remaining Power Margin (10km)</i>		4,90 dB
<i>Remaining Power Margin (15km)</i>		3,15 dB

Pada Tabel 3.7 dapat dilihat perhitungan *Link Power Budget* tidak melebihi *system margin*. Jadi Nilai *Remaining Power Margin* memperlihatkan bahwa perangkat GPON dapat diimplementasikan.

### 3.8.2. Rise Time Budget GPON

*Rise time budget* merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisis sistem transmisi digital. Umumnya degradasi total waktu transisi dari *link* digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit untuk data NRZ (*Non-Return-to-Zero*) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (*Return-to-Zero*). Tabel 3.8 dibawah adalah standar dari ITU-T G.984 yang menjadi acuan dalam parameter perhitungan *rise time budget*.

**Tabel 3.8** Parameter *rise time* GPON ITU-T G.984

Keterangan	Nilai
Panjang Gelombang ( $\lambda$ )	1310 nm dan 1490 nm
Lebar Spektral ( $\Delta\sigma$ ) (DML/EML)	0,5 nm / 0,3 nm
Dispersi material ( $D_m$ ) uplink	0,018 ps/nm.Km
<i>Rise time transmitter</i> ( $t_{tx}$ ) (DML/EML)	$(100 \times 10^{-3} / 30 \times 10^{-3})$ ns
<i>Rise time receiver</i> ( $t_{rx}$ )	$200 \times 10^{-3}$ ns
Dispersi material ( $D_m$ ) uplink	0,0356 ps/nm.km
Panjang optik ( <i>Llink</i> )	4,5 km

*Uplink*

*Bit Rate downlink* dengan persamaan 2.13 ( $Br$ ) = 2,4 Gbps dengan format NRZ, sehingga:

$$tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{2,4 \times 10^9} = 0,2917 \text{ ns} \quad (3.10)$$

$$\text{Menentukan } T = T_{\text{material}} = \Delta\sigma \times L \times Dm \quad (3.11)$$

$$= 0,5 \text{ nm} \times 4,5 \text{ km} \times 0,018 \text{ ns/nm.km} = 0,0405 \text{ ns}$$

$$T_{\text{modus}} = 0, \text{ karena } \textit{singlemode}$$

Sehingga besar untuk serat optik *singlemode* adalah:

$$t_{total} = (t_{tx^2} + t_{material^2} + t_{modus^2} + t_{tx^2})^{\frac{1}{2}} \quad (3.12)$$

$$= [(0,1)^2 + (0,0405)^2 + (0)^2 + (0,2)^2]^{\frac{1}{2}} = 0,2272 \text{ ns}$$

*Downlink*

Bit Rate *uplink* (Br) = 1,2 Gbps dengan format NRZ, sehingga:

$$tr = \frac{0,7}{Br} = \frac{0,7}{1,2 \times 10^9} = 0,5833 \text{ ns}$$

Menentukan  $T = T_{material} = \Delta\sigma \times L \times Dm$

$$= 0,5 \text{ nm} \times 4,5 \text{ Km} \times 0,00356 \text{ ns/nm.km}$$

$$= 0,0801 \text{ ns}$$

$T_{modus} = 0$ , karena *singlemode*

$$t_{total} = (t_{tx^2} + t_{material^2} + t_{modus^2} + t_{tx^2})^{\frac{1}{2}}$$

$$= [(0,1)^2 + (0,0801)^2 + (0)^2 + (0,2)^2]^{\frac{1}{2}} = 0,2375 \text{ ns}$$

Dari hasil perhitungan *rise time* total terlihat bahwa nilai masih dibawah maksimum *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0,2917 ns (*uplink*) dan 0,5833 ns (*downlink*). Berarti dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi *rise time budget*.

## BAB IV

### SIMULASI DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Simulasi *Backbone Link Loss*

Simulasi menggunakan *Optisystem 10* yang pertama dilakukan untuk mengetahui *backbone link loss* kemudian tahap selanjutnya dilakukan simulasi *link* distribusi berdasarkan parameter yang ada di bab 3. Hasilnya akan diketahui apakah sinyal yang ditransmisikan sudah sesuai atau belum dan mengetahui seberapa besar *link loss* pada jaringan *backbone* yang telah dirancang. Tabel 4.1 dibawah ini adalah data parameter *backbone link loss*.

Tabel 4.1 Parameter Kabel Fiber Optik

Deskripsi	Nilai	Satuan
Panjang gelombang	1550	nm
Jarak	85	km
Redaman	0,35	dB/km
Type dispersi	konstan	
Dispersi	1,8-6	ps/nm/km
Kemiringan Dispersi	0,075	ps/nm/km
Perbedaan slot	0,2	Ps/km
<i>Model type</i>	<i>scalar</i>	
Tipe propagasi	<i>exponential</i>	
Tipe perhitungan	<i>noniterative</i>	
Jumlah iterasi	2	
Tahap	Variabel	
Batas kondisi	berkala	
Filter	0,05	
Kalkulasi terendah	1200	nm
Kalkulasi tertinggi	1700	nm





#### 4.1.1. Power Hasil Simulasi

Hasil *total power* pada simulasi *Optisystem* membuktikan bahwa system telah dirancang dengan benar dan parameter juga telah sesuai dengan hasil perancangan. *Output* pada system perancangan menunjukkan hasil bervariasi dari *input* awal *link backbone* sebesar 9 dBm. Gambar 4.2, 4.3 dan 4.4 dibawah menunjukkan hasil *output power link backbone*.



Gambar 4.2 Output Power Link Backbone A



Gambar 4.3 Output Power Link Backbone B



**Gambar 4.4** *Output Power Link Backbone C*



**Gambar 4.5** *Output Power Link Backbone D*

Maka dari masing-masing output tadi diambil nilai 11,436 untuk input awal *link* distribusi GPON. Hasil total power keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2** *Optical Power Meter Keseluruhan*

<b><i>Output</i></b>	<b><i>Nilai</i></b>	<b><i>Satuan</i></b>
<i>Optical power meter 1</i>	11,436	dBm
<i>Optical power meter 2</i>	-14,367	dBm
<i>Optical power meter 3</i>	-42,212	dBm
<i>Optical power meter 4</i>	-52,838	dBm

Pada perhitungan didapat hasil yang berbeda karena keakuratan *software optisystem* yang lebih optimal dibandingkan perhitungan secara real seperti hasil perhitungan dibawah ini.

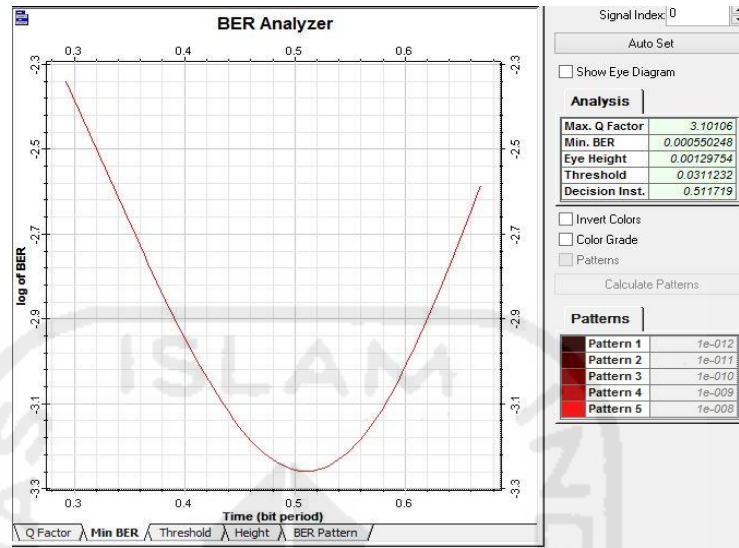
*Loss* total yang terjadi pada *link backbone* `

$$\begin{aligned}
 &= (\alpha_c \times N_c) - (\alpha_f \times L) - (\alpha_s \times N_s) - M_s & (3.3) \\
 &= (0,3 \times 14) - (0,3 \times 84,9) - (0,05 \times 46) - 3 \\
 &= (4,2) - (25,47) - (2,3) - 3 \\
 &= 34,97 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

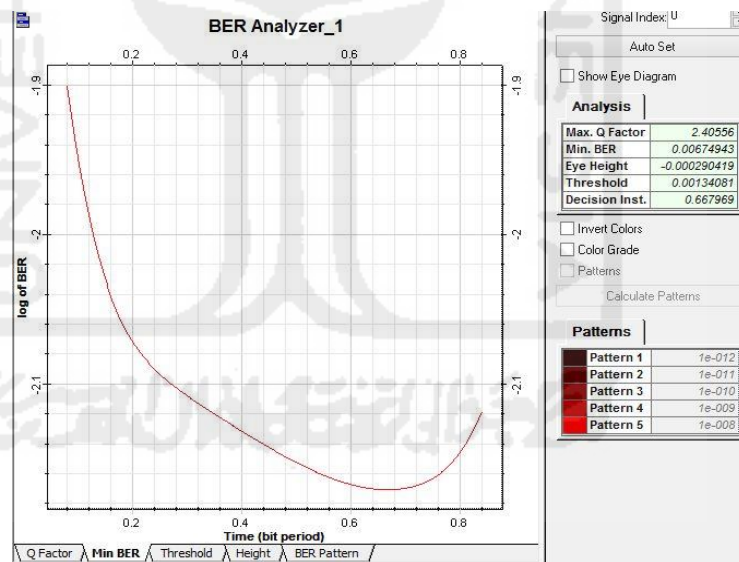
Akan tetapi hasil tersebut tidak terlalu berpengaruh besar pada performansi jaringan karena hasil tersebut masih dalam jangkauan hasil simulasi *optisystem* seperti yang tertera pada tabel 4.2 diatas.

#### 4.1.2. *Bit Error Ratio* (BER)

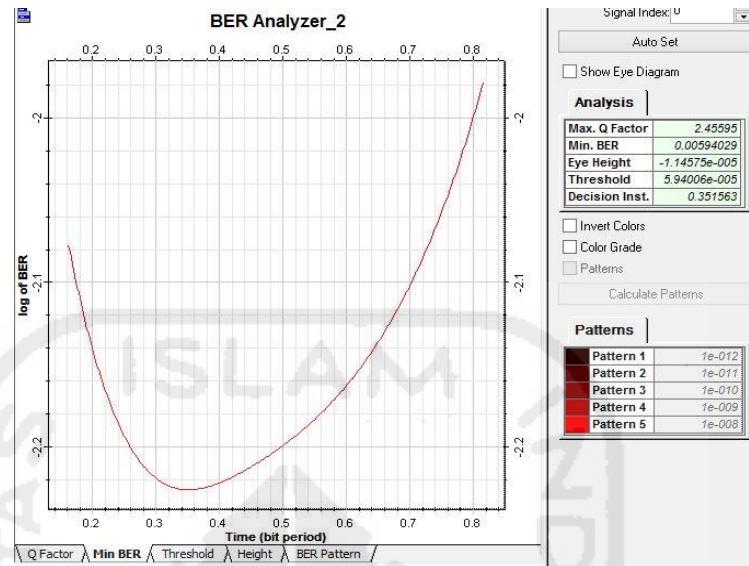
Pada transmisi digital, jumlah kesalahan bit adalah jumlah bit yang diterima dari aliran data melalui saluran komunikasi yang telah berubah karena *noise*, gangguan distrosi. Simulasi yang digunakan pada *optisystem* mendapatkan hasil yang bagus pada nilai BER yaitu dengan minimum BER  $5 \times 10^{-4}$ ,  $6 \times 10^{-3}$ ,  $6 \times 10^{-3}$ . Gambar 4.2, 4.3 dan 4.4 berikut adalah masing-masing minimal BER pada simulasi.



Gambar 4.6 BER Di Titik G



Gambar 4.7 BER di Titik H



Gambar 4.8 BER Di Titik I

#### 4.2. Simulasi *Link* Distribusi

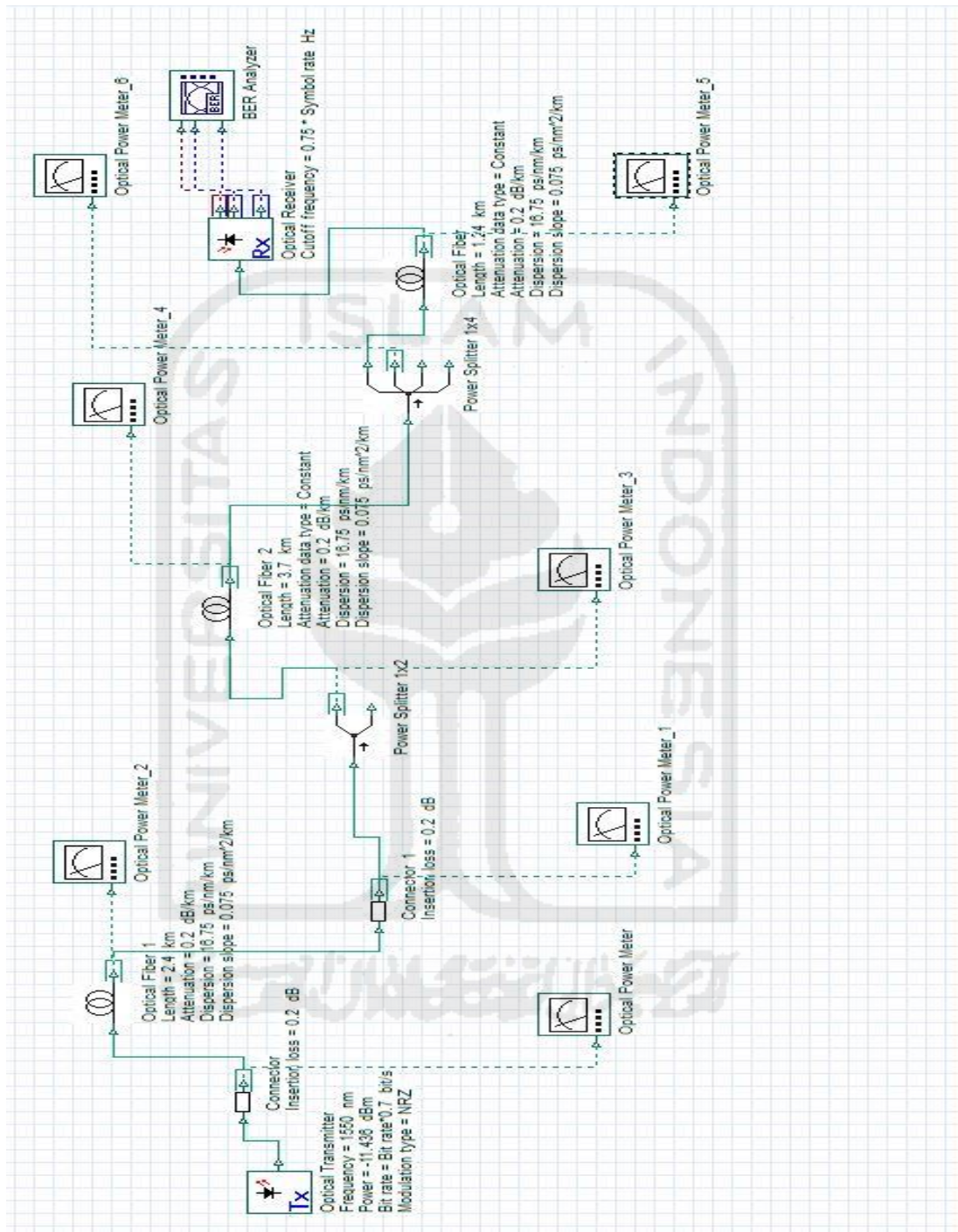
Simulasi menggunakan menggunakan *Optisystem 10* selanjutnya dilakukan untuk mengetahui *system* dari *link* distribusi optik yang telah di rancang. *Software Optisystem* mengklarifikasi apakah sinyal yang ditransmisikan dari *link backbone* sudah sesuai atau tidak dan mengetahui seberapa besar *link loss* pada jaringan distribusi yang telah dirancang. Tabel 4.3 dibawah ini adalah data parameter *backbone link loss*

**Tabel 4.3** Konfigurasi *Hardware*

<b>Jenis Peralatan</b>	<b>Nilai</b>
Fiber optik	Redaman = 0,2 dB/km
	Dispersi = 16,75 ps/nm/km
	Jarak = 2-20 km
<i>Laser diode</i>	<i>Power</i> = 10 dBm
<i>Photodetector</i>	<i>Responsivity</i> = 0,9 A/W
<i>band-pass filter</i>	0,75*bit rate
<i>Splitter bidirectional</i>	1x2 – 1x4

Setelah desain dibuat dengan data parameter, kemudian dilakukan perhitungan *loss power budget* dengan skenario membandingkan hasil perhitungan yang dilakukan di lapangan dengan menggunakan *software* simulasi *OptiSystem 10* dengan menggunakan daya 11 dBm. Selanjutnya dilakukan klarifikasi dengan *software Optisystem* untuk menguji kualitas rancangan seperti pada gambar 4.9 dibawah ini.





Gambar 4.9 Simulasi Distribusi *Link Loss* Dengan *Optisystem*



#### 4.2.1. Output Power Hasil Simulasi

Hasil di *Optisystem* yang menunjukkan hasil -25,010 dBm seperti pada gambar berbeda dengan hasil perhitungan yang diambil untuk salah satu perbandingan yaitu *link* kalasan yang mempunyai nilai -26,626. Gambar 4.10 dibawah ini menunjukkan nilai *output power* dari simulasi *optisystem*.



**Gambar 4.10** Output Power Link Distribusi

Dibawah ini adalah hasil perhitungan untuk salah satu *link* distribusi GPON Kalasan yang kemudian dibandingkan nilainya dalam simulasi *optisystem*.

$$\text{Redaman Kabel OLT-ODC} = 2,46 \text{ Km} \times 0,35 \text{ dB} = 0,861 \text{ dB}$$

$$\text{Redaman Kabel ODC-ODP} = 3,7 \text{ Km} \times 0,35 \text{ dB} = 1,295 \text{ dB}$$

$$\text{Redaman Kabel ODP-ONU} = 1,24 \text{ Km} \times 0,35 \text{ dB} = 0,434 \text{ dB}$$

$$\text{Redaman Splitter ODC} = 1:2 = 4,0 \text{ dB}$$

$$\text{Redaman Splitter ODP} = 1:4 = 7,5 \text{ dB}$$

$$\text{Redaman Splice Total} = 3 \times 0,1 \text{ dB} = 0,3 \text{ dB}$$

$$\text{Redaman splicing} = 0,1 \text{ dB} \times 3 = 0,3 \text{ dB}$$

$$\text{Konektor yang digunakan} = 4 \times 0,2 = 0,8 \text{ dB}$$

Redaman TOTAL ONU A =  $0,861+1,295+0,434+4,0+7,5+0,3+0,8=15,19$  dB.

*Power* yang diterima pada ONU A =  $-11,474 -15,19= -26,626$  dB

Akan tetapi kedua hasil diatas masih sesuai dengan range yang ditentukan yaitu nilai minimum *power (receiver Sensitivity) downlink* pada *receiver (Rx)* yaitu -21 dBm dan *uplink* -28 dBm (mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2). Hal tersebut dinyatakan bahwa *system* yang dirancang sudah sesuai dengan hasil perhitungan dan layak diimplementasikan di lapangan.

