



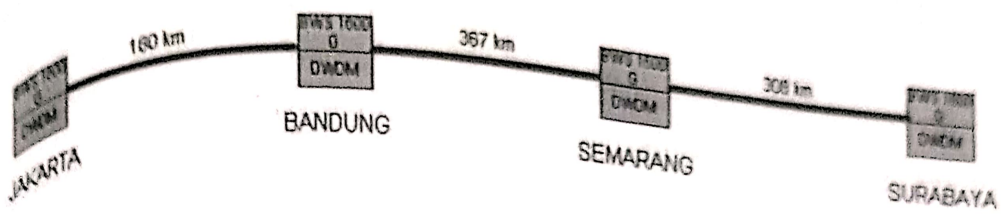
BAB IV

ANALISIS REGENERASI SINYAL PADA TEKNOLOGI DWDM LINK JAKARTA - SURABAYA

4.1 Analisis Regenerasi Sinyal Link Jakarta – Surabaya

Pada bab sebelumnya telah diuraikan mengenai faktor-faktor yang berkaitan mengenai regenerasi sinyal dan aplikasinya pada jaringan fiber optic. Dari aplikasi dan persamaan diatas dapat digunakan untuk menganalisa chromatic dispersion, PMD, kompensator, OSNR, BER, RSL, dan regenerator pada sistem DWDM link Jakarta - Surabaya, nilai-nilai parameter yang dihasilkan pada jaringan tersebut sesuai dengan spesifikasi perangkat yang digunakan oleh PT. Bakrie Telecom. Analisis regenerasi sinyal ini akan menganalisa besarnya nilai parameter-parameter yang berkaitan dengan proses regenerasi sinyal sesuai dengan standart internasional yang telah ditetapkan oleh ITU-T. ITU-T telah mengeluarkan batasan nilai yang mempengaruhi kualitas dari sinyal yang ditransmisikan pada jaringan fiber optic. Dengan standart yang telah ditentukan oleh ITU-T, proses regenerasi sinyal dapat ditentukan operasionalnya secara teknis pada aplikasinya di lapangan. Parameter-parameter yang digunakan sesuai spesifikasi dengan perangkat yang digunakan oleh PT. Bakrie Telecom. Perangkat DWDM yang digunakan oleh PT Bakrie Telecom adalah Huawei dengan tipe BWS 1600 G, demikian juga dengan media transmissi yang digunakan adalah fiber optic tipe G.652D. Perangkat yang digunakan harus sama dengan tipe DWDM yang digunakan. tipe DWDM yang digunakan dengan format STM-16, didalam DWDM tersebut terdapat *transponder* yang fungsinya untuk merubah sinyal elektrik menjadi sinyal cahaya. Dalam analisa ini tidak menentukan gain dan noise figure optical amplifier (EDFA) karena gain dan noise telah diketahui dispesifikasi perangkat huawei, jadi dianalisa ini membahas parameter-parameter yang berkaitan dengan regenerasi pada jaringan DWDM link Jakarta – Surabaya yang dilakukan pada PT. Bakrie Telecom.

PT. Bakrie Telecom mempunyai Jaringan backbone terdiri dari 4 node sentral yang terhubung secara linear. Jalur utamanya adalah Jakarta, Bandung, Semarang, dan Surabaya. Untuk link Jakarta – Surabaya mempunyai jarak total 895 km, untuk lebih jelasnya lihat tabel dibawah ini;



DATE : 26/10/2009

Gambar 4.1 Jaringan Fiber Optik Jakarta – Surabaya

Segment	Distance
Jakarta – Bandung	180 km
Bandung – Semarang	367 km
Semarang – Surabaya	308 km
TOTAL	855 km

Tabel 4.1 Jarak link Jakarta – Surabaya

Berikut adalah spesifikasi jaringan fiber optik yang terdiri dari spesifikasi fiber optic ITU-T G.652D yang digunakan oleh PT.Bakrie Telecom beserta nilai dan perangkat 3R Regenerator ITU WSH 200 3R berikut satuannya :



Table 4/G.652 – G.652.D attributes

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1310 nm
	Range of nominal values	8.6-9.5 μm
Cladding diameter	Tolerance	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
	Nominal	125.0 μm
Core concentricity error	Maximum	$\pm 1 \mu\text{m}$
Cladding noncircularity	Maximum	0.6 μm
Cable cut-off wavelength	Maximum	1.0%
Macrobend loss	Radius	1260 nm
	Number of turns	30 nm
	Maximum at 1625 nm	100
Proof stress	Minimum	0.1 dB
Chromatic dispersion coefficient	$\lambda_{0.01\text{dB}}$	0.69 GPa
	$\lambda_{0.05\text{dB}}$	1300 nm
	$S_{0.05\text{dB}}$	1324 nm
		0.092 ps/nm ² × km
Cable attributes		
Attribute	Detail	Value
Attenuation coefficient	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 2)	0.4 dB/km
	Maximum at 1383 nm ± 3 nm	(Note 3)
	Maximum at 1550 nm	0.3 dB/km
PMD coefficient	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

NOTE 1 – According to 6.2, a maximum PMD_Q value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cable PMD_Q.

NOTE 2 – This wavelength region can be extended to 1260 nm by adding 0.07 dB/km induced Rayleigh scattering loss to the attenuation value at 1310 nm. In this case, the cable cut-off wavelength should not exceed 1250 nm.

NOTE 3 – The sampled attenuation average at this wavelength shall be less than or equal to the maximum value specified for the range, 1310 nm to 1625 nm, after hydrogen ageing according to IEC 60793-2-50 regarding the B1.3 fibre category.

Tabel 4.2 Spesifikasi Fiber Optic ITU-T G.652D



Table I/G.652 – Representative value of concatenated optical fibre links

Attenuation coefficient (Note)	Wavelength region		Typical link value
	Chromatic dispersion coefficient	1260 nm – 1360 nm	
1530 nm – 1565 nm			0.275 dB/km
1565 nm – 1625 nm			0.35 dB/km
	D ₁₅₅₀		17 ps/nm × km
	S ₁₅₅₀		0.056 ps/nm ² × km

NOTE – Typical link value corresponds to the link attenuation coefficient used in ITU-T Recs G.957 and G.691.

Tabel 4.3 Parameter Attenuasi dan CD coefficient fiber optic ITU-T G.652D

Differential group delay

Maximum PMD _Q (ps/√km)	Implied fibre induced maximum DGD (ps)	Channel bit rates
No specification		Up to 2.5 Gbit/s
0.5	25.0	10 Gbit/s
	19.0 (Note)	10 Gbit/s
	7.5	40 Gbit/s
0.20	19.0	10 Gbit/s
	7.0	40 Gbit/s
0.10	12.0	10 Gbit/s
	5.0	40 Gbit/s

Tabel 4.4 Spesifikasi DGD pada fiber optic ITU-T G.652D

Table 6/G.692 – Maximum dispersion for applications on G.652 fibre

Application code	L	V	U	nV3-y.2	nL5-y.2	nV5-y.2	nL8-y.2
Maximum dispersion (ps/nm)	1600	2400	3200	7200	8000	12 000	12 800

Tabel 4.5 Standart ITU-T G.692 maximum dispersion

Performance Specifications¹

Parameter	Minimum	Typical	Maximum
	Optical Characteristics		
Input wavelength	1260 nm		
Input sensitivity at BER 10 ⁻⁹ at 2488 Mb/s (1500-1615 nm)	-29 dBm		
Input overload power at BER 10 ⁻⁹	-8 dBm	-31 dBm	
Transmission rate	45 Mb/s	-7 dBm	1615 nm
Wavelength stability	-105 pm		
Output power level (100 km option)	-1 dBm		
Dispersion penalty at 2488 Mb/s			40 Gb/s
Extinction ratio		0 dBm	105 pm
Electrical Characteristics			
DC supply voltage	8.2 dB		2 dBm
Power dissipation		9.5 dB	2 dB at 100 km
Alarm relay signals		-48 V	
Physical Dimensions			
Size (H x W x L)		Dry contact	8.5 W
Weight (approximate)			
Environmental Characteristics			
Operating ambient temperature		6.8 x 1.0 x 8.8 inches (17.27 x 2.54 x 22.35 cm)	
Storage temperature		1.4 lbs (0.635 kg)	
Relative humidity (non-condensing)	-5 °C		
	-40 °C		
			55 °C
			85 °C
	5 %		95 %

Note: This product should be deployed in accordance with your company's deployment directives.
 1. Unless otherwise noted, all specifications are guaranteed over the life, operating temperatures, wavelength range, and input voltage range specified.

Tabel 4.6 Spesifikasi 3R regenerasi ITU WSH 200 3R

Berikut ini adalah spesifikasi jaringan DWDM yang digunakan oleh PT. Bakrie Telecom :

No.	Parameter	Nilai
1.	Rugi Konektor	0,05 dB
2.	Splice Loss	0,01 dB
3.	Daya Receiver Minimal	-18 dBm
4.	Daya Masukan	-8 dBm
5.	Margin	4dBm
6.	Kapasitas	40 Gbps

Tabel 4.7 Spesifikasi jaringan DWDM PT Bakrie Telecom

λ	Frequency (THz)	Wavelength(nm)
01	192.1	1560.61
02	192.2	1559.79
03	192.3	1558.98
04	192.4	1558.17
05	192.5	1557.36
06	192.6	1556.55
07	192.7	1555.75
08	192.8	1554.94
09	192.9	1554.13
10	193.0	1553.33
11	193.1	1552.52
12	193.2	1551.72
13	193.3	1550.92
14	193.4	1550.12
15	193.5	1549.32
16	193.6	1548.51

Tabel 4.8 Panjang gelombang jaringan DWDM yang digunakan PT Bakrie Telecom

4.1.1 Perhitungan Total Loss (CL)

a. Link Jakarta – Bandung

$$CL = \alpha * L + \alpha_{fc} * x + \alpha_{cr} * y$$

$$CL = (0,275 \times 180) + (0,01 \times 8) + (0,05 \times 12)$$

$$CL = 49,5 + 0,08 + 0,6$$

$$CL = 50,18 \text{ dB}$$

b. Link Bandung – Semarang

$$CL = \alpha * L + \alpha_{fc} * x + \alpha_{cr} * y$$

$$CL = (0,275 \times 367) + (0,01 \times 12) + (0,05 \times 24)$$

$$CL = 100,925 + 0,12 + 1,2$$

$$CL = 102,245 \text{ dB}$$



c. Link Semarang - Surabaya

$$CL = \alpha \cdot L + \alpha \cdot f \cdot x + \alpha \cdot \gamma \cdot y$$

$$CL = (0,278 \times 300) + (0,01 \times 9) + (0,05 \times 22)$$

$$CL = 84,7 + 0,09 + 1,1$$

$$CL = 85,89 \text{ dB}$$

Link	Distance	α	$\alpha \cdot f$	x	$\alpha \cdot \gamma$	y	CL
	(km)	(dB/km)	(dB/x)		(dB/y)		(dB)
Jakarta-Bandung	100	0.276	0.01	8	0.05	12	50.18
Bandung-Semarang	367	0.276	0.01	12	0.05	24	102.245
Semarang-Surabaya	300	0.276	0.01	9	0.05	22	85.89

Table 4.9 Perhitungan Loss Total Jaringan

4.1.2 Analisis Perhitungan Receive Signal Level (RSL)

a. Link Jakarta - Bandung

Diketahui : Pin = - 8 dBm

Gain → OBU = 19 dB;

OAU = 22 dB; 22dB;

OPU = 18 dB;

CL = 50,18 dB

Margin = 4 dBm

N = 16 (jumlah panjang gelombang yang digunakan)

$$RSL = P_{in} - CL + G + M + 10 \log N$$

$$RSL = - 8 - 50,18 + 81 + 4 + 10 \log 16$$

$$RSL = 38,86 \text{ dBm}$$

b. Link Bandung - Semarang

Diketahui : Pin = - 8 dBm

Gain → OBU = 19 dB;

OAU = 22 dB; 22dB;22dB;22dB;22dB;

OPU = 18 dB;

CL = 102,245 dB

Margin = 4 dBm

N = 16 (jumlah panjang gelombang yang digunakan)

$$RSL = P_{in} - CL + G + M + 10 \log N$$

$$RSL = -8 - 102,245 + 147 + 4 + 10 \log 16$$

$$RSL = 52,795 \text{ dBm}$$

a.Link Semarang - Surabaya

Diketahui : $P_{in} = -8 \text{ dBm}$
 Gain \rightarrow OBU = 19 dB;
 OAU = 22 dB; 22dB; 22dB; 22dB;
 OPU = 18 dB;
 CL = 85,89 dB
 Margin = 4 dBm
 N = 16 (jumlah panjang gelombang yang digunakan)

$$RSL = P_{in} - CL + G + M + 10 \log N$$

$$RSL = -8 - 85,89 + 125 + 4 + 10 \log 16$$

$$RSL = 47,15 \text{ dBm}$$

Link	P_{in} (dBm)	CL (dB)	Gain (dB)	Margin (dBm)	10 log N (dB)	RSL (dBm)
Jakarta-Bandung	-8	50.18	81	4	12.04	38.86
Bandung-Semarang	-8	102.245	147	4	12.04	52.795
Semarang-Surabaya	-8	85.89	125	4	12.04	47.15

Tabel 4.10 Perhitungan RSL

4.1.3 Analisis Perhitungan Chromatic Dispersion (CD)

a.Link Jakarta - Bandung

Besarnya nilai dispersion pada link Jakarta - Bandung (tanpa Dispersion Compensator) adalah :

$$\text{Dispersion} = \text{CD coef} \times \text{Distance}$$

$$= 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \times 180 \text{ km}$$

$$= 3.060 \text{ ps / nm}$$

Dengan nilai tersebut, tentunya telah melampaui batas dari standart ITU-T G.692 yang mengatur tentang besarnya nilai maximum dispersion, yaitu 1.600 ps / nm. Jika link Jakarta - Bandung dihubungkan tanpa Dispersion Compensator (DC), maka dapat dipastikan data yang dikirimkan akan EROR atau tidak dapat diterima dengan benar oleh receiver. Hal ini disebabkan karena terlalu besarnya nilai dispersi pada link Jakarta -

Bandung. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan pemasangan Dispersion Compensator (DC) yang memiliki nilai Chromatic Dispersion coefficient negatif yaitu $-85 \text{ ps / nm}^2 \cdot \text{km}$, penempatan Dispersion Compensator (DC) dapat ditentukan dengan menghitung mempergunakan batas maksimum nilai dispersi yang telah ditetapkan oleh ITU-T G.692 (lihat tabel).

Nilai Maksimum = 1.600 ps / nm
 Nilai tersebut akan terletak pada jarak = Maximum Dispersion : CD coef
 $= 1.600 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm}^2 \cdot \text{km}$
 $= 94,117 \text{ km}$

Dari hasil perhitungan tersebut dispersion compensator akan dipasang pada jarak 94,17 km. Dispersion Compensator (DC) akan mereduksi nilai dispersi yang terjadi pada transmisi sinyal optic. Panjangnya kumparan DC dapat kita hitung, panjang DC tersebut adalah :

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= 1.600 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm}^2 \cdot \text{km} \\ &= 18,823 \text{ km} \end{aligned}$$

Besarnya nilai dispersion yang masih tersisa setelah penempatan DC adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance DC}) \\ &= 17 \text{ ps / nm}^2 \cdot \text{km} \times (180 - 94,117) \text{ km} \\ &= 17 \text{ ps / nm}^2 \cdot \text{km} \times 85,883 \text{ km} \\ &= 1.460,011 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Meskipun nilai tersebut berada di bawah standart ITU-T, namun PT Bakrie Telecom melakukan compensating nilai dispersi hingga bernilai 100 ps / nm pada sisi receiver. Penempatan kompensator dilakukan sebelum sinyal optic didemultiplexing, yaitu pada jarak 180 km. Panjang kumparan DC untuk mereduksi Dispersi pada sinyal optic tersebut adalah :

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= (1.460,011 - 100) \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm}^2 \cdot \text{km} \\ &= 16 \text{ km} \end{aligned}$$

Panjang kumparan DC adalah 16 km, dengan demikian setelah dilakukan compensating dispersi yang kedua kali pada link Jakarta – Bandung, maka besarnya nilai dispersi yang terjadi pada sisi receiver adalah 100 ps / nm . Sinyal Optic tersebut akan didemultiplexing dan dikonversi menjadi sinyal elektrik oleh transponder format STM – 16, kemudian sinyal elektrik tersebut diterima pada end point sentral node Bandung pada jarak 180 km.

b. Link Bandung – Semarang

Besarnya nilai dispersion pada link Bandung – Semarang (tanpa Dispersion

Compensator) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times \text{Distance} \\ &= 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \times 367 \text{ km} \\ &= 6.239 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Dengan nilai tersebut, tentunya telah melampaui batas dari standart ITU-T G.692 yang mengatur tentang besarnya nilai maximum dispersion, yaitu 2.400 ps / nm. Jika link Bandung – Semarang dihubungkan tanpa Dispersion Compensator (DC), maka dapat dipastikan data yang dikirimkan akan EROR atau tidak dapat diterima dengan benar oleh receiver. Hal ini disebabkan karena terlalu besarnya nilai dispersi pada link Bandung – Semarang. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan pemasangan Dispersion Compensator (DC) yang memiliki nilai dispersi pada link Bandung – Semarang sebesar -85 ps / nm*km, penempatan Dispersion coefficient negatif yaitu -85 ps / nm*km, menghitung mempergunakan batas maximum Dispersion Compensator (DC) dapat ditentukan dengan ITU-T G.692 (lihat tabel).

$$\text{Nilai Maksimum} = 2.400 \text{ ps / nm}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai tersebut akan terletak pada jarak} &= \text{Maximum Dispersion} : \text{CD coef} \\ &= 2.400 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \\ &= 141,176 \text{ km} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dispersion compensator akan dipasang pada jarak 141,176 km. Dispersion Compensator (DC) akan mereduksi nilai dispersi yang terjadi pada transmissi sinyal optic. Panjangnya kumparan DC dapat kita hitung, panjang DC tersebut adalah :

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= 2.400 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \\ &= 28,23 \text{ km} \end{aligned}$$

Pada link Bandung – Semarang diperlukan lebih dari satu pemasangan DC, hal ini disebabkan karena nilai dispersi yang tersisa setelah compensating yang pertama memiliki nilai yang besar. Besarnya nilai dispersion yang masih tersisa setelah penempatan DC pertama adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance of 1'st DC}) \\ &= 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \times (367 - 141,176) \text{ km} \\ &= 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \times 225,824 \text{ km} \\ &= 3.839,008 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Nilai tersebut berada diatas batas standart ITU-T G.692, untuk mereduksinya maka akan dipasang DC yang kedua pada jarak :

$$\text{Nilai Maksimum} = 2.400 \text{ ps / nm}$$

$$\text{Nilai tersebut akan terletak pada jarak} = \text{Maximum Dispersion} : \text{CD coef}$$



Jarak DC ini merupakan jarak yang diukur dari penempatan DC yang pertama, atau jika diukur dari sentral node Bandung maka jaraknya adalah :

$$\begin{aligned} &= 2.400 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm} * \text{ km} \\ &= 141,176 \text{ km} \\ \text{Distance of 2'nd DC} &= 141,176 \text{ km} + 141,176 \text{ km} \\ &= 282,352 \text{ km} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dispersion compensator akan dipasang pada jarak 282,352 km yang diukur dari sentral node Bandung. Dispersion Compensator (DC) akan mereduksi nilai dispersi yang terjadi pada transmisi sinyal optic. Panjangnya kumparan DC dapat kita hitung, panjang DC tersebut adalah :

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= 2.400 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm} * \text{ km} \\ &= 28,23 \text{ km} \end{aligned}$$

Besarnya nilai dispersion yang masih tersisa setelah penempatan DC yang kedua adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance of 2'nd DC}) \\ &= 17 \text{ ps / nm} * \text{ km} \times (367 - 282,352) \text{ km} \\ &= 17 \text{ ps / nm} * \text{ km} \times 84,648 \text{ km} \\ &= 1.439,016 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Meskipun nilai tersebut berada di bawah standart ITU-T, namun PT Bakrie Telecom melakukan compensating nilai dispersi hingga bernilai 100 ps / nm pada sisi receiver. Penempatan kompensator dilakukan sebelum sinyal optic didemultiplexing, yaitu pada jarak 367 km. Panjang kumparan DC untuk mereduksi Dispersi pada sinyal optic tersebut adalah :

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= (1.439,016 - 100) \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm} * \text{ km} \\ &= 15,753 \text{ km} \end{aligned}$$

Panjang kumparan DC adalah 15,753 km, dengan demikian setelah dilakukan compensating dispersi yang ketiga kali pada link Bandung – Semarang, maka besarnya nilai dispersi yang terjadi pada sisi receiver adalah 100 ps / nm. Sinyal Optic tersebut akan didemultiplexing dan dikonversi menjadi sinyal elektrik oleh transponder format STM -16, kemudian sinyal elektrik tersebut diterima pada end point sentral node Semarang.

c. Link Semarang – Surabaya

Besarnya nilai dispersion pada link Semarang – Surabaya (tanpa Dispersion Compensator) adalah :

$$\text{Dispersion} = \text{CD coef} \times \text{Distance}$$

$$= 17 \text{ ps / nm}^2 \text{ km} \times 308 \text{ km}$$

$$= 5.236 \text{ ps / nm}$$

Dengan nilai tersebut, tentunya telah melampaui batas dari standar ITU-T G.692 yang mengatur tentang besarnya nilai maximum dispersion, yaitu 2.400 ps / nm. Jika link Semarang - Surabaya dihubungkan tanpa Dispersion Compensator (DC), maka dapat dipastikan data yang dikirimkan akan EROR atau tidak dapat diterima dengan benar oleh receiver. Hal ini disebabkan karena terlalu besarnya nilai dispersi pada link Semarang - Surabaya. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan pemasangan Dispersion Compensator (DC) yang memiliki nilai Chromatic Dispersion coefficient negatif yaitu -85 ps / nm²km, penempatan Dispersion Compensator (DC) dapat ditentukan dengan menghitung mempergunakan batas maksimum nilai dispersi yang telah ditetapkan oleh ITU-T G.692 (lihat tabel).

Nilai Maksimum = 2.400 ps / nm

Nilai tersebut akan terletak pada jarak = Maximum Dispersion : CD coef

$$= 2.400 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm}^2 \text{ km}$$

$$= 141,176 \text{ km}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dispersion compensator akan dipasang pada jarak 141,176 km. Dispersion Compensator (DC) akan mereduksi nilai dispersi yang terjadi pada transmisi sinyal optic. Panjangnya kumparan DC dapat kita hitung, panjang DC tersebut adalah :

$$L_{dc} = \text{Dispersion} : - (\text{DC coef})$$

$$= 2.400 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm}^2 \text{ km}$$

$$= 28,23 \text{ km}$$

Pada link Semarang - Surabaya diperlukan lebih dari satu pemasangan DC, hal ini disebabkan karena nilai dispersi yang tersisa setelah compensating yang pertama memiliki nilai yang besar. Besarnya nilai dispersion yang masih tersisa setelah penempatan DC pertama adalah :

$$\text{Dispersion} = \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance of 1'st DC})$$

$$= 17 \text{ ps / nm}^2 \text{ km} \times (308 - 141,176) \text{ km}$$

$$= 17 \text{ ps / nm}^2 \text{ km} \times 166,824 \text{ km}$$

$$= 2.836,008 \text{ ps / nm}$$

Nilai tersebut berada diatas batas standart ITU-T G.692, untuk mereduksinya maka akan dipasang DC yang kedua pada jarak :

Nilai Maksimum = 2.400 ps / nm

Nilai tersebut akan terletak pada jarak = Maximum Dispersion : CD coef

$$= 2.400 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm}^2 \text{ km}$$

$$= 141,176 \text{ km}$$

Jarak DC ini merupakan jarak yang diukur dari penempatan DC yang pertama, atau jika diukur dari sentral node Semarang maka jaraknya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Distance of 2'nd DC} &= 141,176 \text{ km} + 141,176 \text{ km} \\ &= 282,352 \text{ km} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dispersi kompensator akan dipasang pada jarak 282,352 km yang diukur dari sentral node Semarang. Dispersi Kompensator (DC) akan mereduksi nilai dispersi yang terjadi pada transmisi sinyal optik. Panjangnya kumparan DC dapat kita hitung, panjang DC tersebut adalah :

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= 2,400 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm} * \text{km} \\ &= 28,23 \text{ km} \end{aligned}$$

Besarnya nilai dispersi yang masih tersisa setelah penempatan DC yang kedua adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance of 2'nd DC}) \\ &= 17 \text{ ps / nm} * \text{km} \times (308 - 282,352) \text{ km} \\ &= 17 \text{ ps / nm} * \text{km} \times 25,648 \text{ km} \\ &= 436,016 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Pada sisi receiver tidak dilakukan compensating kembali karena nilai tersebut masih sangat jauh dari batas nilai maksimum standart ITU-T yaitu 2.400 ps / nm. Dengan demikian besarnya nilai dispersi yang terjadi pada sisi receiver adalah 436,016 ps / nm.

Link	Cdcoef	Distance	Dispersion	Max.Dispersion	Number of DC	Distance		
	(ps/nm*km)	(km)	(ps/nm)	(ps/nm)		1'st DC	2'nd DC	3'rd DC
Jakarta-Bandung	17	180	3060	1600	2	94.117	180	
Bandung-Semarang	17	367	6239	2400	3	141.176	282.352	367
Semarang-Surabaya	17	308	5236	2400	2	141.176	282.352	

Tabel 4.11 Perhitungan Chromatic Dispersion

4.1.4 Analisis Perhitungan Polarization Mode dispersion (PMD)

a.Link Jakarta – Bandung

Besarnya nilai Differential Group Delay (DGD) yang disebabkan oleh efek PMD pada link Jakarta – Bandung adalah :

$$\begin{aligned} \text{DGD} &= \text{PMDcoef} \times \sqrt{\text{Distance}} \\ &= 0,2 \text{ ps} / \sqrt{\text{km}} \times \sqrt{(180 \text{ km})} \\ &= 2,68 \text{ ps} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan tersebut, menunjukkan Differential Group Delay (DGD) yang terjadi pada link Jakarta – Bandung adalah 2,68 ps. Nilai tersebut masih berada dibawah standart yang ditetapkan oleh ITU-T, sehingga sinyal optic tersebut masih dapat diterima dengan benar oleh sisi receiver tanpa harus pemasangan PMD Compensator untuk mereduksi Differential Group Delay (DGD) antara polarisasi gelombang cahaya pada medium fiber optic.

b.Link Bandung – Semarang

Besarnya nilai *Differential Group Delay* (DGD) yang disebabkan oleh efek PMD pada link Bandung – Semarang adalah :

$$DGD = PMDcoef \times \sqrt{Distance}$$

$$= 0,2 \text{ ps} / \sqrt{\text{km}} \times \sqrt{(367 \text{ km})}$$

$$= 3,83 \text{ ps}$$

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan tersebut, menunjukkan Differential Group Delay (DGD) yang terjadi pada link Bandung – Semarang adalah 3,83 ps. Nilai tersebut masih berada dibawah standart yang ditetapkan oleh ITU-T, sehingga sinyal optic tersebut masih dapat diterima dengan benar oleh sisi receiver tanpa harus pemasangan PMD Compensator untuk mereduksi Differential Group Delay (DGD) antara polarisasi gelombang cahaya pada medium fiber optic.

c.Link Semarang – Surabaya

Besarnya nilai *Differential Group Delay* (DGD) yang disebabkan oleh efek PMD pada link Semarang – Surabaya adalah :

$$DGD = PMDcoef \times \sqrt{Distance}$$

$$= 0,2 \text{ ps} / \sqrt{\text{km}} \times \sqrt{(308 \text{ km})}$$

$$= 3,51 \text{ ps}$$

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan tersebut, menunjukkan Differential Group Delay (DGD) yang terjadi pada link Semarang – Surabaya adalah 3,51 ps. Nilai tersebut masih berada dibawah standart yang ditetapkan oleh ITU-T, sehingga sinyal optic tersebut masih dapat diterima dengan benar oleh sisi receiver tanpa harus pemasangan PMD Compensator untuk mereduksi Differential Group Delay (DGD) antara polarisasi gelombang cahaya pada medium fiber optic.

Link	PMD coef (ps/vkm)	Distance (km)	DGD ps
Jakarta-Bandung	0.2	180	2.68
Bandung-Semarang	0.2	367	3.83
Semarang-Surabaya	0.2	308	3.51

Tabel 4.12 Perhitungan DGD

4.1.5 Analisis Perhitungan OSNR dan BER

a. Link Jakarta – Bandung

Pada jaringan fiber optic link Jakarta – Bandung, disisi receiver dapat diketahui besarnya daya sinyal optic yang diterima dengan menggunakan power meter dan spectrum analyzer (SA). Selain itu dengan perangkat tersebut dapat diketahui pula besarnya daya noise yang terjadi pada proses transmisi fiber optic. Dari pengukuran Optical Signal to Noise Ratio (OSNR) yang terjadi, dapat ditentukan besarnya nilai parameter lain yang dapat ditentukan adalah Bit Error Rate (BER). ITU – T telah menetapkan standart nilai nilai BER minimum untuk transmisi digital pada jaringan fiber optic, batasan untuk nilai BER adalah 10^{-12} . Berikut ini adalah analisis pengukuran dan perhitungan untuk menentukan OSNR dan BER pada link Jakarta – Bandung.

Hasil pengukuran daya pada Receiver :

$$\text{Daya Sinyal Optic} = 7.691,304 \text{ mW}$$

$$\text{Daya Sinyal Noise} = 172,962 \text{ mW}$$

Analisis perhitungan OSNR dan BER :

$$\text{OSNR} = 10 \log \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$= 10 \log (7.691,304 : 172,962)$$

$$= 16,48 \text{ dB}$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 * (\text{OSNR})$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 * (16,48)$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 23,896$$

$$\text{Log (BER)} = - 13,196$$

$$\text{BER} = 10^{-13,196}$$

Berdasarkan hasil perhitungan OSNR dan BER pada link Jakarta – Bandung, maka dapat dipastikan nilai BER tersebut berada di atas nilai minimum yang telah ditetapkan oleh standart ITU – T. Pada link Jakarta – Bandung tidak dilakukan proses 3R Regeneration, hal tersebut dikarenakan sinyal optic yang diterima pada receiver memiliki kualitas yang baik, sehingga dapat dikodekan secara benar.

b. Link Bandung – Semarang

Pada jaringan fiber optic link Bandung – Semarang, disisi receiver dapat diketahui besarnya daya sinyal optic yang diterima dengan menggunakan power meter dan spectrum analyzer (SA). Selain itu dengan perangkat tersebut dapat diketahui pula besarnya daya noise yang terjadi pada proses transmisi fiber optic. Dari pengukuran tersebut Signal to Noise Ratio (OSNR) yang terjadi, dapat ditentukan besarnya nilai parameter lain yang dapat ditentukan adalah Bit Error Rate (BER). ITU – T telah menetapkan standart nilai nilai BER minimum untuk transmisi digital pada jaringan fiber optic, batasan untuk nilai BER adalah 10^{-12} . Berikut ini adalah analisis pengukuran dan perhitungan untuk menentukan OSNR dan BER pada link Bandung – Semarang.

Hasil pengukuran daya pada Receiver :

Daya Sinyal Optic = 190.326,823 mW

Daya Sinyal Noise = 7.055,151 mW

Analisis perhitungan OSNR dan BER :

$$OSNR = 10 \log \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$= 10 \log (190.326,823 : 7.055,151)$$

$$= 14,31 \text{ dB}$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 * (\text{OSNR})$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 * (14,31)$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 20,7495$$

$$\text{Log (BER)} = - 10,0495$$

$$BER = 10^{-10,0495}$$

Berdasarkan hasil perhitungan OSNR dan BER tersebut pada link Bandung – Semarang, maka dapat dipastikan nilai BER tersebut berada di bawah nilai minimum yang telah ditetapkan oleh standart ITU – T. Perlu dilakukan proses 3R Regeneration pada sentral Node Semarang, hal ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas sinyal yang terdegradasi sepanjang transmisi fiber optic. Penurunan ini dapat disebabkan oleh adanya noise figure (NF) dari perangkat Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) dan Dispersion Compensator (DC) yang digunakan pada link tersebut. Noise yang besar akan memperkecil nilai OSNR dan memperbesar nilai BER. Oleh karena itu perlu dilakukan 3R Regeneration yang dapat mereduksi noise yang ada dan memperbaiki sinyal optic.

c.Link Semarang – Surabaya

Pada jaringan fiber optic link Semarang – Surabaya, disisi receiver dapat



diketahui besarnya daya sinyal optic yang diterima dengan menggunakan power meter dan spectrum analyzer (SA). Selain itu dengan perangkat tersebut dapat diketahui pula besarnya daya noise yang terjadi pada proses transmisi fiber optic. Dari pengukuran Optical Signal to Noise Ratio (OSNR) yang ada pada receiver, dapat ditentukan besarnya nilai parameter lain yang dapat ditentukan adalah Bit Error Rate (BER). ITU - T telah menetapkan standart nilai nilai BER minimum untuk transmisi digital pada jaringan fiber optic, batasan untuk nilai BER adalah 10^{-12} . Berikut ini adalah analisis pengukuran dan perhitungan untuk menentukan OSNR dan BER pada link Semarang - Surabaya.

Hasil pengukuran daya pada Receiver :

Daya Sinyal Optic = 51.880,003 mW

Daya Sinyal Noise = 1.659,629 mW

Analisis perhitungan OSNR dan BER :

$$OSNR = 10 \log \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$= 10 \log (51.880,003 : 1.659,629)$$

$$= 14,95 \text{ dB}$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 \cdot (\text{OSNR})$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 \cdot (14,95)$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 21,6775$$

$$\text{Log (BER)} = - 10,9775$$

$$BER = 10^{-10,9775}$$

Berdasarkan hasil perhitungan OSNR dan BER tersebut pada link Semarang - Surabaya, maka dapat dipastikan nilai BER tersebut berada di bawah nilai minimum yang telah ditetapkan oleh standart ITU - T. Perlu dilakukan proses 3R Regeneration pada sentral Node Surabaya, hal ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas sinyal yang terdegradasi sepanjang transmisi fiber optic. Penurunan ini dapat disebabkan oleh adanya noise figure (NF) dari perangkat Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) dan Dispersion Compensator (DC) yang digunakan pada link tersebut. Noise yang besar akan memperkecil nilai OSNR dan memperbesar nilai BER. Oleh karena itu perlu dilakukan 3R Regeneration yang dapat mereduksi noise yang ada dan memperbaiki sinyal optic.

Link	P.SO (mW)	P.N (mW)	OSNR (mW)	BER
Jakarta-Bandung	7691.304	172.962	16.48	$10^{-10,036}$
Bandung-Semarang	190326.823	7055.151	14.31	$10^{-10,0495}$
Semarang-Surabaya	51880.003	1659.629	14.95	$10^{-10,0773}$

Table 4.13 Perhitungan OSNR dan BER

4.1.6 Analisis Regenerasi Sinyal Pada Node Sentral Semarang

Berdasarkan hasil perhitungan OSNR dan BER, perlu dilakukan regenerasi pada node sentral Semarang. Dengan menggunakan perangkat 3R Regenerator ini, dapat mereduksi noise dan memulihkan kembali sinyal optik yang ditransmisikan. Berikut ini merupakan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah proses 3R Regenerasi.

Sebelum 3R Regenerasi :

$$\text{Daya Sinyal Optik} = 190.326,823 \text{ mW}$$

$$\text{Daya Sinyal Noise} = 7.055,151 \text{ mW}$$

$$\text{OSNR} = 14,31 \text{ dB}$$

$$\text{BER} = 10^{-10,0495}$$

Sesudah 3R Regenerasi :

$$\text{Daya Sinyal Optik} = 192.137,241 \text{ mW}$$

$$\text{Daya Sinyal Noise} = 877,230 \text{ mW}$$

$$\text{OSNR} = 10 \log \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$= 10 \log (192.137,241 : 877,230)$$

$$= 23,405 \text{ dB}$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 * (\text{OSNR})$$

$$= 10,7 - 1,45 * 23,405$$

$$= 10,7 - 33,93725$$

$$= - 23,237$$

$$\text{BER} = 10^{-23,237}$$

Hasil tersebut menunjukkan 3R Regenerasi ini sangat efektif untuk mereduksi noise yang terdapat pada sinyal optik, sehingga dapat digunakan pada system long haul transmission.

KONDISI	P.SO	P.N	OSNR	BER
	(mW)	(mW)		
Sebelum	190326.823	7055.151	(dB)	$10^{-18.888}$
Sesudah	192137.241	877.23	14.31	$10^{-22.987}$
			23.405	

Table 4.14 Analisis sebelum dan sesudah regenerasi pada node Semarang

4.1.7 Analisis Renegerasi Sinyal Pada Node Sentral Surabaya

Berdasarkan hasil perhitungan OSNR dan BER, perlu dilakukan regenerasi pada node sentral Surabaya. Dengan menggunakan perangkat 3R Regenerator ini, dapat mereduksi noise dan memulihkan kembali sinyal yang ditransmissikan. Berikut ini merupakan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah proses 3R Regenerasi.

Sebelum 3R Regenerasi :

- Daya Sinyal Optik = 51.880,003 mW
- Daya Sinyal Noise = 1.659,629 mW
- OSNR = 14,95 dB
- BER = $10^{-18,9775}$

Sesudah 3R Regenerasi :

- Daya Sinyal Optik = 52.230,240 mW
- Daya Sinyal Noise = 476,820 mW
- OSNR = $10 \log \left(\frac{S}{N} \right)$
- = $10 \log (52.230,240 : 476,820)$
- = 20,4 dB

$$\begin{aligned} \text{Log (BER)} &= 10,7 - 1,45^*(\text{OSNR}) \\ &= 10,7 - 1,45*20,4 \\ &= 10,7 - 29,58 \\ &= - 18,88 \end{aligned}$$

$$\text{BER} = 10^{-18,88}$$

Hasil tersebut menunjukkan 3R Regenerasi ini sangat efektif untuk mereduksi noise yang terdapat pada sinyal optic, sehingga dapat digunakan pada system long haul transmission.



KONDISI	P.SO	P.N	OSNR	BER
	(mW)	(mW)	(dB)	
Sebelum	51880.003	1659.629	14.95	$10^{-10,9775}$
Sesudah	52230.24	476.82	20.4	$10^{-18,99}$

Table 4.15 Analisis sebelum dan sesudah regenerasi pada node Surabaya

4.2 Analisis End to End Point Link Jakarta – Surabaya

Berikut ini merupakan analisis End to End point link Jakarta – Surabaya yang dihubungkan secara langsung oleh fiber optic type ITU – T G.652D.

a. Loss Total / Canal Loss (CL)

$$CL = L + f_c \cdot x + a \cdot r \cdot y$$

$$CL = (0,275 \times 855) + (0,01 \times 30) + (0,05 \times 58)$$

$$CL = 235,125 + 0,3 + 2,9$$

$$CL = 238,325 \text{ dB}$$

End 2 End	Distance	a	a f _c	x	a r	y	CL
	(km)	(dB/km)	(dB/x)		(dB/y)		(dB)
Jakarta - Surabaya	855	0.275	0.01	30	0.05	58	238.325

Table 4.16 CL end 2 end point

b. Receive Signal Level (RSL)

Diketahui : P_{in} = - 8 dBm

- Gain → OBU = 19 dB;
- OAU = 22 dB x 14 = 308 dB;
- OPU = 18 dB;
- CL = 85,89 dB
- Margin = 4 dBm
- N = 16 (jumlah panjang gelombang yang digunakan)

$$RSL = P_{in} - CL + G + M + 10 \log N$$

$$RSL = - 8 - 238,325 + 345 + 4 + 10 \log 16$$

$$RSL = 114,716 \text{ dBm}$$



End 2 End	P input	CL	GAIN	Margin	10 log N	RSL
	(dBm)	(dB)	(dB)	(dBm)	(dB)	(dBm)
Jakarta - Surabaya	-8	238.325	345	4	12.04	114.716

Tabel 4.17 RSL end 2 end point

c. Chromatic Dispersion (CD)

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times \text{Distance} \\ &= 17 \text{ ps / nm} \times \text{km} \times 855 \text{ km} \\ &= 14.535 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Nilai dispersi tersebut jauh melebihi batas dari standart yang telah ditetapkan oleh ITU-T G.692 yaitu 3.200 ps / nm (lihat tabel). Untuk mereduksi dispersi maka dipasang Dispersion Compensator (DC) pada jarak :

$$\begin{aligned} \text{Nilai maximum} &= 3.200 \text{ ps / nm} \\ \text{Distance} &= \text{maximum dispersion} : \text{CD coef} \\ &= 3.200 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm} \times \text{km} \\ &= 188,235 \text{ km} \end{aligned}$$

Panjang kumparan DC yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Ldc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= 3.200 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm} \times \text{km} \\ &= 37,647 \text{ km} \end{aligned}$$

Nilai dispersion yang masih tersisa setelah penempatan DC pertama adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance of 1'st DC}) \\ &= 17 \text{ ps / nm} \times \text{km} \times (855 \text{ km} - 188,235 \text{ km}) \\ &= 11.335,005 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Kemudian untuk mereduksinya kembali akan dipasang Dispersion Compensator (DC) yang kedua pada jarak :

$$\begin{aligned} \text{Distance} &= \text{maximum dispersion} : \text{CD coef} \\ &= 3.200 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm} \times \text{km} \\ &= 188,235 \text{ km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total distance} &= \text{Distance 1'st DC} + \text{Distance 2'nd DC} \\ &= 188,235 \text{ km} + 188,235 \text{ km} \\ &= 376,47 \text{ km} \end{aligned}$$

Panjang kumparan DC yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Ldc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= 3.200 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm} \times \text{km} \end{aligned}$$



$$= 37,647 \text{ km}$$

Nilai dispersion yang masih tersisa setelah penempatan DC kedua adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance of total DC}) \\ &= 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \times (855 \text{ km} - 376,47 \text{ km}) \\ &= 8.135,01 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Kemudian untuk mereduksinya kembali akan dipasang Dispersion Compensator (DC) yang ketiga pada jarak :

$$\begin{aligned} \text{Distance} &= \text{maximum dispersion} : \text{CD coef} \\ &= 3.200 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \\ &= 188,235 \text{ km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total distance} &= \text{Distance 1'st DC} + \text{Distance 2'nd DC} + \text{Distance 3'rd DC} \\ &= 188,235 \text{ km} + 188,235 \text{ km} + 188,235 \text{ km} \\ &= 564,705 \text{ km} \end{aligned}$$

Panjang kumparan DC yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= 3.200 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \\ &= 37,647 \text{ km} \end{aligned}$$

Nilai dispersion yang masih tersisa setelah penempatan DC ketiga adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance of total DC}) \\ &= 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \times (855 \text{ km} - 564,705 \text{ km}) \\ &= 4.935,015 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

Kemudian untuk mereduksinya kembali akan dipasang Dispersion Compensator (DC) yang keempat pada jarak :

$$\begin{aligned} \text{Distance} &= \text{maximum dispersion} : \text{CD coef} \\ &= 3.200 \text{ ps / nm} : 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \\ &= 188,235 \text{ km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total distance} &= \text{Distance 1'st DC} + \text{Distance 2'nd DC} + \text{Distance 3'rd DC} + \text{Distance 4'th DC} \\ &= 188,235 \text{ km} + 188,235 \text{ km} + 188,235 \text{ km} + 188,235 \text{ km} \\ &= 752,94 \text{ km} \end{aligned}$$

Panjang kumparan DC yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} L_{dc} &= \text{Dispersion} : - (\text{DC coef}) \\ &= 3.200 \text{ ps / nm} : 85 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \\ &= 37,647 \text{ km} \end{aligned}$$

Nilai dispersion yang masih tersisa setelah penempatan DC keempat adalah :

$$\begin{aligned} \text{Dispersion} &= \text{CD coef} \times (\text{Total Distance} - \text{Distance of total DC}) \\ &= 17 \text{ ps / nm} \cdot \text{km} \times (855 \text{ km} - 752,94 \text{ km}) \\ &= 1.735,02 \text{ ps / nm} \end{aligned}$$

End 2 End	CD coef	Distance	Dispersion	Max Dispersion	Number of DC	Distance (km)			
	(ps/nm ² km)	(km)	(ps/nm)	(ps/nm)		1 st DC	2 nd DC	3 rd DC	4 th DC
Jakarta - Surabaya	17	855	14535	3200	4	188.235	376.47	564.705	752.94

Tabel 4.18 Chromatic Dispersion(CD) end 2 end

Nilai tersebut masih berada dibawah standart ITU - T, maka dispersi yang diterima pada sisi receiver adalah 1.735,02 ps / nm.

d. Polarization Mode Dispersion (PMD)

Besarnya nilai Differential Group Delay (DGD) yang disebabkan oleh efek PMD pada link Jakarta - Surabaya adalah :

$$\begin{aligned} \text{DGD} &= \text{PMD coef} \times \sqrt{\text{Distance}} \\ &= 0.2 \text{ ps} / \sqrt{\text{km}} \times \sqrt{(855 \text{ km})} \\ &= 5.85 \text{ ps} \end{aligned}$$

End 2 End	PMD coef	Distance	DGD
	(ps / $\sqrt{\text{km}}$)	(km)	(ps)
Jakarta - Surabaya	0.2	855	5.85

Tabel 4.19 PMD end 2 end point

Nilai tersebut masih berada dibawah standart ITU - T yaitu 7,0 ps, dengan demikian tidak diperlukan PMD compensator pada jaringan ini.

e. Optical Signal to Noise Ratio (OSNR) dan Bit Error Rate (BER)

diketahui Daya sinyal optik = 114,716 dBm

$$\text{Daya sinyal Noise} \rightarrow \text{NF} = 16 + 5 \text{ dB} = 60 \text{ dB (EDFA)}$$

$$\text{NF} = 4 + 5 \text{ dB} = 20 \text{ dB (DC)}$$

$$\text{N} = 60 \text{ dB} + 20 \text{ dB}$$

$$\text{N} = 100 \text{ dB}$$

$$\text{OSNR} = 10 \log \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$= 10 \log S - 10 \log N$$

$$= 114,716 \text{ dB} - 100 \text{ dB}$$

$$= 14,716 \text{ dB}$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 \cdot (\text{OSNR})$$

$$= 10,7 - 1,45 \cdot 14,716$$

$$= 10,7 - 21,3382$$

$$= - 10,638$$

$$BER = 10^{-10,638}$$

End 2 End	P.SO	P.N	OSNR	BER
	(dBm)	(dBm)	(dB)	
Jakarta - Surabaya	114.716	100	14.716	$10^{-10,638}$

Table 4.20 OSNR & BER end 2 end point

Nilai tersebut berada di bawah standart ITU -T, yaitu 10^{-12} . Dengan demikian perlu dilakukan regenerasi sinyal pada node sentral Surabaya untuk mereduksi Noise yang terlalu besar.

f. Regenerasi pada sentral node Surabaya

Perbandingan daya sebelum dan sesudah proses 3R Regenerasi :

Sebelum Regenerasi :

Daya sinyal optic = 114,716 dBm

Daya noise = 100 dB

OSNR = 14,716 dB

BER = $10^{-10,638}$

Sesudah Regenerasi :

Daya sinyal optic = 115,716 dBm

Daya noise = 80 dB

$$OSNR = 10 \log \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$= 10 \log S - 10 \log N$$

$$= 115,716 \text{ dB} - 80 \text{ dB}$$

$$= 35,716 \text{ dB}$$

$$\text{Log (BER)} = 10,7 - 1,45 \cdot (\text{OSNR})$$

$$= 10,7 - 1,45 \cdot 35,716$$

$$= 10,7 - 51,7882$$

$$= - 41,08$$

$$BER = 10^{-41,08}$$



REGENERASI	P.SO	P.N	OSNR	BER
	(dBm)	(dBm)	(dB)	
sebelum	114.716	100	14.716	$10^{-16.438}$
sesudah	115.716	80	35.716	$10^{-41.04}$

Tabel 4.21 Analisis Daya sebelum dan sesudah Regenerasi end 2 end point

hasil tersebut merupakan parameter yang diterima pada node central Surabaya, setelah dilakukan regenerasi sinyal optik, nilai noise dapat direduksi. Sinyal yang diterima oleh receiver akan dikonversi oleh transponder STM - 16, kemudian akan diudakan kembali untuk pengujian data sesuai kebutuhan PT Delta Telekom.