

ANALISA DAN PERANCANGAN MIGRASI JARINGAN DWDM BACKBONE JAKARTA- SURABAYA PT TELKOM INDONESIA

ANALYSIS AND DESIGN OF MIGRATION DWDM BACKBONE NETWORK JAKARTA- SURABAYA

¹Ario Adi Prabowo, ²Akhmad Hambali, Ir, MT., ³Odang Yusuf, S.Si

1,2,3 Teknik Telekomunikasi – Fakultas Teknik – Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹ariomail@yahoo.com, ² akhmad.hambali@gmail.com, odang @telkom.co.id

ABSTRAK

Jaringan Backbone Telkom Jakarta – Surabaya merupakan jaringan inti berkapasitas besar yang menghubungkan Jakarta dan Surabaya, dimana jaringan tersebut memiliki peranan penting dalam kegiatan komunikasi antar kota, seiring dengan bertambahnya kebutuhan pelanggan akan kebutuhan media internet maka perlu juga penambahan kapasitas jaringan demi memenuhi kebutuhan tersebut. Sehingga evaluasi sangatlah perlu dilakukan di jaringan existing demi mengetahui kelayakan jaringan dimasa sekarang dan dimasa depan.

Dalam tugas akhir ini akan dianalisis kinerja link SKSO backbone Jawa, dimana pada awalnya teknologi backbone Jakarta – Surabaya menggunakan teknologi Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) berkapasitas 40 Gbps dan akan dilakukan perencanaan ulang menjadi 100 Gbps. Analisis dilakukan berdasarkan beberapa parameter performansi yaitu Link Power Budget, Rise Time Budget, dan Optical Signal Noise Ratio.

Dari hasil rekonfigurasi menyeluruh, di lakukan pergantian serat optik G.652 menjadi G.655, setelah dilakukan pergantian kabel tersebut, dilakukan penempatan ulang amplifier menggunakan metoda Link Power Budget dengan jumlah 60 node, serta dilakukan perhitungan OSNR manual hanya terhadap noise figure. Pada perhitungan hasil rekonfigurasi, OSNR didapatkan nilai 46.79 dB untuk link Utara Inner, didapatkan 46.66 untuk link utara Outer, 46.96 untuk link Selatan Outer, dan 46.78 untuk link Selatan Inner

Backbone Network Telkom Jakarta - Surabaya is a large-capacity core network that connects Jakarta and Surabaya, where the network has an important role in the communication activities between cities, along with increasing needs of customers will need internet media it is necessary to also increase network capacity to meet those needs. So evaluation is necessary in order to know the feasibility of the existing network in the present network and for the future.

In this final performance will be analyzed SKSO backbone link Java, where at first the technology backbone Jakarta - Surabaya using technology Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) capacity of 40 Gbps and will be re-plan to 100 Gbps. The analysis was conducted based on several performance parameters, namely Link Power Budget, Rise Time Budget, and Optical Signal to Noise Ratio.

From the results of a thorough reconfiguration, in doing turn into G.655 optical fiber G.652, after the turn of the cable, amplifiers redeployment done using the method jumlah Link Power Budget with 60 nodes, as well as manual calculation of OSNR on noise figure only. In the calculation results of the reconfiguration, 46.79 dB OSNR values obtained for the North Inner links, obtained 46.66 Outer north to link, to link South Outer 46.96, and 46.78 for the Inner South links

1. PENDAHULUAN

PT. Telkom Indonesia, Tbk sebagai salah satu operator telekomunikasi Indonesia dituntut untuk selalu handal dalam menangani berbagai permasalahan agar dapat memuaskan pelanggannya, salah satu masalah yang sering di hadapi adalah permintaan jaringan yang membutuhkan bit rate yang sangat tinggi dan bandwidth yang lebar, untuk mengatasi masalah tersebut PT. Telkom Indonesia, Tbk merencanakan menaikkan kapasitas *Link DWDM* Jakarta – Surabaya dari 40 Gbps menjadi 100 Gbps. Perlu adanya perancangan yang matang mengenai

kalkulasi, penempatan, serta jenis penguat dan DCM yang akan digunakan. Pada skripsi ini akan dibahas tentang “ Analisa dan Perencanaan Migrasi Jaringan DWDM Backbone Jakarta – Surabaya PT Telkom Indonesia”

1.1 Tujuan

Tujuan penyusunan tugas akhir dimaksudkan untuk melakukan analisis kelayakan konfigurasi jaringan optik DWDM baru 100 Gbps yang akan menghubungkan Jakarta dengan Surabaya serta melakukan rekonfigurasi. Juga melakukan perhitungan OSNR akhir pada tiap jalur-jalurnya.

$$+ 54.15 \times 0.35 + 7$$

$$P_{\text{out}} = 29.67$$

$$P_{\text{net}} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}} = -2.5 \text{ dBm} - 29.67 \text{ dB} = -32.18$$

Kali ini tipe penguat yang digunakan ialah line amplifier, atau biasa disebut OLA. Nilai penguat dari OLA tidaklah sama dengan booster amplifier, nilai penguat dari OLA bisa atur besarnya sesuai dengan kebutuhan, pengaturan tersebut memiliki range berkisar antara 20-31 dB. Sehingga nilai penguat yang ideal untuk *link* Cikampek – Subang sebesar :

$$-32.18 \text{ dBm} + A \text{ dB} = -6 \text{ dBm}$$

$$A \text{ dB} = 27 \text{ dB}$$

Dimana A merupakan nilai penguat ideal yang dibutuhkan, dengan penguat sebesar 27 dB, daya yang di terima di kota Subang menjadi :

$$-2.5 \text{ dBm} + 27 \text{ dB} - 29.67 \text{ dB} = - 5.17 \text{ dBm}$$

Perhitungan seperti ini terus dilakukan hingga didapatkan nilai penguatan pada tiap kota. Terkadang menemukan kasus dimana nilai penguat yang ideal lebih besar dari range maksimal yang di tetapkan oleh perangkat OAU yakni melebihi 31 dB, bisa disiasatinya dengan menaikan nilai penguatan di kota- kota sebelumnya. Karena nilai di penguatan di kota sebelumnya juga mempengaruhi daya penerimaan di kota selanjutnya. Dan hal yang perlu diperhatikan ialah nilai daya pada penerima **tidak boleh** melebihi daya transmit awal, yakni sebesar 3 dB. Berikut hasil kebutuhan daya pada tiap kota di jalur *Inner* utara.

A-B	Daya Out Kota A	G.655	G.652	Daya di Kota B	Daya Out Setelah dikuatkan	Kebutuhan Penguat di kota B
		(Km)	(Km)			
Jatinegara - Cikampek	3	51,2	35,19	-2,506	24,49	27
Cikampek - Subang	24,49	7	54,15	-5,178	22,82	28
Subang - Kadipaten	22,82	74,61		-5,024	21,97	27
Kadipaten - Cirebon	21,97		52,92	-5,378	23,62	29
Cirebon - Tegal	23,62	78,76		-5,331	21,66	27
Tegal - Pekalongan	21,66	71,43		-5,329	18,67	24
Pekalongan - Weleri	18,67	56,48		-4,34	19,66	24
Weleri - Semarang	19,66	57,21		-3,546	26,45	30
Semarang - Purwodadi	26,45	82,73		-3,557	27,44	31
Purwodadi - Cepu	27,44	94,89		-5,811	23,18	29
Cepu - Babat	23,18	78,64		-5,732	14,26	20
Babat - Lamongan	14,26	31,43		-2,063	17,93	20
Lamongan - Kebalen	17,93	48,66		-2,989	-2,98	-

Gambar 2. 2 Kebutuhan penguat jalur Inner Utara

2.2 Kebutuhan *Dispersion Compensation Module*

Kebutuhan DCM merupakan kebutuhan mutlak untuk menekan angka dispersi, sehingga toleransi dispersi dapat terpenuhi. Pada kasus kali ini *bit rate* yang digunakan ialah 1 Gbps. Sehingga Toleransi Dispersi dan *Rise Time* yang diizinkan dengan menggunakan *line coding* NRZ ialah sebesar : $\frac{0.75}{10^9} = \frac{0.75}{10^9} = 7$

ps

Batas toleransi dispersi yang diizinkan ialah

sebesar 7 ps. Dimana nilai dispersi sendiri dapat dihitung menggunakan persamaan (2.11) dikarenakan dalam kasus ini digunakan dua jenis fiber yang berbeda yakni G.655 dan G.652.

Dengan menggunakan persamaan tersebut dapat dihitung nilai dispersi di kota Cikampek setelah melewati serat optik G.655 sepanjang 51,2 Km dan serat optic G.652 sepanjang 35,19 Km. *Rise time* transmit dan *receiver* sebesar 3 ps serta nilai waktu dispersi intramodal sebesar 0 dikarenakan penggunaan serat optik yang digunakan adalah *single mode*.

$$D_{total} = \sqrt{D_{SM}^2 + D_{DM}^2 + D_{DM}^2}$$

$$D_{total} = \sqrt{18 + \{5.0,05.51,2\} + (15.0,05 \cdot 35,19)^2}$$

$$= 39,21 \text{ ps}$$

Nilai tersebut sangat jauh dibandingkan dengan nilai toleransi yang di tetapkan diawal yakni sebesar 7 ps. Maka diperlukan suatu alat yang disebut DCM, DCM merupakan perangkat yang bekerja dengan mengompensasi jarak sejauh L_c . sehingga akibat adanya kompensasi jarak tersebut maka nilai dispersi juga akan terkompensasi.

Pentuan nilai kompensasi sampai saat ini masih terbilang bebas dan belum ada ketetapan yang mengatur, tetapi jika memperhatikan dasar serta perhitungan matematisnya, dengan melihat persamaan (3.1) jika digunakan kompensasi jarak yang besar pada kedua jenis serat optik (L_{ac} & L_{bc} besar), maka nilai persamaan akan menjadi :

$$\{(\sigma_{1a} \cdot (D_{SM} - D_{DM}) + (\sigma_{1b} \cdot (D_{SM} - D_{DM}))\} < 0$$

Dan jika kembali kedalam persamaan (3.1) nilai itu justru tidak akan mengkompensasikan nilai dispersi. Maka gunakan jarak kompensasi yang sesuai sehingga menghasilkan :

$$\{(\sigma_{1a} \cdot (D_{SM} - D_{DM}) + (\sigma_{1b} \cdot (D_{SM} - D_{DM}))\} \geq 0$$

Maka untuk menentukan DCM yang sesuai untuk mengkompensasi risetime sebesar 39.21 ps menjadi ≤ 7 ps dapat digunakan DCM G.655 sebesar 20 dan DCM G.652 sebesar 40 di kota Cikampek. Sehingga dengan persamaan :

$$D_{total} = \sqrt{3^2 + 7^2 + \{(\sigma_{1a} \cdot (D_{SM} - D_{DM}) + (\sigma_{1b} \cdot (D_{SM} - D_{DM}))\}^2}$$

$$D_{total} = \sqrt{3^2 + 3^2 + \{(5.0,05 \cdot (51.2 - 20) + (15 \cdot 0,05 \cdot (35.19 - 40))\}^2}$$

$$D_{total} = \sqrt{18 + 4,1925}$$

$$D_{total} = 5,964 \text{ ps}$$

didapatkan nilai 5,964 ps. Dimana nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan 7 ps. Hal yang sama juga dilakukan secara *trial & error* menggunakan *Microsoft excel*. Sehingga di dapatkan kompensasi jarak tiap kota di *Link* Jatinegara – Kebalen via

Dari	Ke	Jarak		DCM G.655 (Km)	DCM G.652 (Km)	Tsys (ps)
		G.655	G.652			
Jatinegara	Cikampek	51.20	35.19	20	40	5.96
Cikampek	Subang	7.00	54.15	0	50	6.45
Subang	Kadipaten	74.61		60		5.60
Kadipaten	Cirebon		52.92	0	50	4.77
Cirebon	Tegal	78.76		60		6.32
Tegal	Pekalongan	71.43		60		5.12
Pekalongan	Wleri	56.48		40		5.91
Wleri	Semarang	57.21		40		6.04
Semarang	Purwodadi	82.73		80		4.30
Purwodadi	Cepu	94.89		80		5.64
Cepu	Babat	78.64		60		6.30
Babat	Lamongan	31.43		20		5.12
Lamongan	Kebalen	48.66		40		4.76

$$D_{total} = \sqrt{3^2 + 3^2 + \{(\sigma_{1a} \cdot (D_{SM} - D_{DM}) + (\sigma_{1b} \cdot (D_{SM} - D_{DM}))\}^2}$$

Gambar 2. 3 Kebutuhan DCM Jalur *Inner* utara

III. ANALISA PERANCANGAN

Hasil Konfigurasi yang di desain oleh Huawei memiliki kendala, dimana kendala tersebut adalah , ada satu kasus dimana dalam satu kota harus digunakan penguat dengan penguatan melebihi 31 dB. Jika pelajari lagi mengenai OLA, OLA tidak dapat diatur besaran penguatan daya melebihi 31 dB. Penguatan melebihi 31 dB hanya boleh di pakai ketika tidak adanya penggunaan DCM pada *Link* tersebut. Hal ini menjadi masalah karen Huawei sendiri menjanjikan hanya menggunakan satu Amplifier pada tiap kota untuk kasus *downlinkk* dan satu amplifier pada kasus *uplink*.

Timbul pertanyaan "Mengapa Tidak menggunakan daya penguatan yang maksimal di tiap kota? Mungkin itu bisa mengkompensasi daya yang hilang pada kota kota selanjutnya,". Ya memang, hal itu dapat saja dilakukan, tetapi harus dipahami terlebih dahulu bahwa, suatu OLA memiliki range daya yang dapat diterima. Sehingga jika terlalu memaksimalkan daya yang masuk ke dalam OAU, Amplifier tidak akan merespon daya tersebut karena diluar dari range daya yang dapat diterima, jika hal ini terjadi dapat diakali dengan menggunakan *Attenuator* sebagai peredam daya, sehingga daya yang sebelumnya terlalu besar untuk masuk kedalam OAU, sekarang dapat diterima dengan Baik.

Ada beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengatasi masalah ini, sebelum mencari solusi, telaah dulu permasalahan yang terjadi. Permasalahan yang terjadi ialah pada Jalur *Inner* selatan di kota sidareja dibutuhkan penguatan yang melebihi kemampuan dari penguat itu sendiri, dan juga pada kota Purwokerto dan solo pada jalur *Inner* selatan. Permasalahan ini muncul diakibatkan redaman yang sangat besar yang diakibatkan oleh penggunaan Serat optik *G.652*. serat optik *G.652* dirasa cukup mengkhawatirkan jika masih tetap digunakan sebagai transmisi *long haul*. Sekarang ini *G.652* lebih cenderung digunakan untuk kapabilitas WDM Metro, dimana jarak yang harus ditransmisikan tidak terlalu panjang dan kapasitas transmisinya yang tidak terlalu besar, lain halnya dengan jaringan *backbone* yang memiliki kapasitas yang sangat besar, ini akan menjadi masalah di kemudian hari jika masih menggunakan serat optik *G.652*.

Solusi yang saya berikan ialah mengganti keseluruhan Serat optik existing yang masih

menggunakan *G.652* . sehingga untuk kasus *Backbone*, sepenuhnya menggunakan serat optik *G.655* saja. Sehingga diperlukan konfigurasi atau perencanaan jaringan ulang untuk memenuhi permintaan desain 100 Gbps tersebut.

3.1 Rekonfigurasi

Untuk pengimplementasian kapasitas besar dan jarak yang cukup panjang (*Long Haul*) diperlukan perancangan yang matang dalam menentukan penempatan penguat dan penempatan DCM. Untuk menentukan penempatan perangkat tersebut, dibutuhkan beberapa data untuk melakukan perhitungan serta pengambilan keputusan dalam suatu analisis. Tahap rekonfigurasi ini di bagi kedalam tiga tahap, yakni penempatan penguat dengan menggunakan metode *Link Power Budget*, kebutuhan DCM dengan metode *Rise Time Budget*, serta perhitungan OSNR. Perancangan baru masih tetap menggunakan perangkat Huawei sehingga data yang digunakan tetaplah sama menggunakan data pada table.

3.2 Penempatan Penguat

Dalam melakukan penempatan penguat digunakanlah metode *Link Power Budget*, dimana prinsip dasarnya ialah, penguat di tempatkan, ketika daya yang dipancarkan melalui panjang serat optik tertentu telah melewati nilai sensitivitas penerima, saat itulah dibutuhkan suatu perangkat yan bernama OLA sebagai penguat yang menaikan nilai daya, agar daya yang sampai dipenerima tidak melewati batas sensitivitasnya.

Untuk kasus penempatan kali ini, tidak bisa sembarang menempatkan penguat ketika daya yang dikirimkan sudah melewati daya sensitivitas penerima, melainkan harus mengetahui terlebih dahulu kondisi existing jaringan *backbone* mengenai sentral ataupun kota transit *link* transmisi tersebut. Daftar kota transit beserta jarak dapat dilihat di lampiran A.

Setelah mengetahui titik kota transit serta jarak antar kotanya, dapat dilakukan penempatan perangkat amplifier sesuai kebutuhannya. Pertama harus dihitung jarak maksimal yang mampu ditempuh oleh satu booster, Booster yang digunakan disini, memanfaatkan adalah booster dengan daya terbesar yakni booster 29 dB :

$$P_{max} = 3 \text{ dBm} + 29 \text{ dB} = 31 \text{ dBm}$$

Dengan menggunakan persamaan (2.2) dan dengan nilai $P_{tx} = 31 \text{ dBm}$, di dapatkan :

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha L + G - L_{sp} - L_{dc} - L_{pl} - L_{pl} - L_{dc} - L_{sp} - L_{pl} - L_{dc} - L_{sp}$$

$$= \frac{31 - (-6) - 2(0.5) + 0.05}{0.25 + \frac{0.05}{3}}$$

$$= 112.9 \text{ km}$$

ambil kasus di *link Inner* selatan, Cikupa sebagai kota pengirim hingga Rungkut sebagai kota penerima. 112.9 Km merupakan jarak maksimal yang dapat ditempuh menggunakan Booster. Dapat dilihat pada tabel diatas, jumlahkan jarak antar kota dari Cikupa sampai suatu kota, yang mana hasil penjumlahan jarak tersebut tidak boleh melebihi 112.9 Km. Sehingga di dapat kota Jasinga sebagai kota Penempatan Amplifier Selanjutnya yakni dengan jarak Cikupa – Jasinga mencapai 107 Km.

Setelah mengetahui jarak tersebut serta menentukan lokasi penempatan amplifier, hitung daya yang di terima di kota jasinga dengan menggunakan persamaan (2.3), didapatkan hasil sebesar -4.48 dBm. Selanjutnya gunakan *amplifier* dengan nilai terbesar, yakni OLA dengan penguat 31 dB di kota Jasinga, sehingga menghasilkan daya pengirim dari kota Jasinga sebesar

$$P_{tx} = -4.48 \text{ dBm} + 31 \text{ dB} = 26.517 \text{ dBm}$$

Kembali gunakan Persamaan (2.2) untuk menghitung panjang maksimal yang dapat di tempuh dengan daya transmit 26.517 dBm. Didapatkan maksimal *link* sepanjang 92.125 Km. kembali lakukan penjumlahan jarak tiap kota setelah kota Jasinga. Sehingga didapatkan kota Cicurug sebagai kota penempatan *amplifier* Selanjutnya dengan jarak 90 Km dari kota Jasinga. Pemberian penguat juga disesuaikan dengan penguat, bebas memberikan nilai penguat asalkan gain yang ingin diberikan masih dalam batas range, serta ketersediaan atau kemampuan penguat dalam menerima daya, karena biasanya sebuah penguat memiliki range atau batas maksimal dan minimal daya yang bisa ia kuatkan.

Lakukan pengerjaan ini secara berulang kali sampai di kota Tujuan. Untuk kasus arah balik, tidak perlu lagi menentukan kota mana yang akan ditempatkan amplifier, hanya perlu melakukan perhitungan kebutuhan *Gain* yang ideal disesuaikan dengan letak keberadaan *amplifier* yang sudah di desain sebelumnya. Perhitungan tetap sama dengan seperti pada perhitungan evaluasi jaringan Huawei, di karenakan pada jalur *uplink* lokasi atau node perangkat sudah di plot, tinggal melakukan pengukuran daya yang dibutuhkan. Begitu pula dengan jalur lainnya, arah *downlink* gunakan metode penempatan *Link power Budget*. Hasil desain dan kebutuhan penguatan dapat dilihat langsung di Lampiran A.

Kedepannya tidak perlu lagi menentukan letak perangkat seperti DCM, alat tersebut yang harus menyesuaikan sendiri kebutuhannya terhadap jarak yang sudah di desain berdasarkan perhitungan ini. Tentulah kebutuhan itu tetap ditentukan, sebesar apa nilai kompensasi yang harus digunakan untuk sebuah link.

3.3 Kebutuhan DCM

Karena pada kasus ini hanya menggunakan satu jenis fiber saja dapat dengan mudah menentukan berapa kompensasi yang harus diberikan di tiap kota. Dengan menggunakan persamaan (2.8) hitung maksimal jarak tanpa menggunakan DCM :

$$7^2 = 3^2 + 3^2 + (0.05 \cdot 5)^2$$

$$49 = 18 + 0.0625$$

$$L = \sqrt{\frac{31}{0.0625}}$$

$$L = 22.271$$

Jarak maksimal suatu *link* tanpa menggunakan DCM adalah sebesar 22.271. Maka ketika dikenakan jarak antar *amplifier* sebesar

X Km

dimana

X > 22.271 Km

maka diperlukan minimal DCM sebesar Y, dimana Y

Y = X – 22.271

Dan Y tidak boleh sebesar Z, dimana Z

Z > X

Dan perhatikan, DCM G.655 hanya memiliki jenis kompensasi yang terbatas yakni 20/40/60/80/100/120 saja. Maka gunakan DCM yang kompensasinya lebih besar sama dengan Y. Gunakan Kasus *Inner* selatan sebagai contoh. Cikupa – Jasinga berjarak 107 Km, maka :

$$Y = 107 - 22.271 = 85.271$$

Kota Jasinga memerlukan DCM yang lebih besar atau sama dengan dari 85.271 yakni DCM 100. Selanjutnya Jasinga – Cicurug, berjarak 90 Km, maka :

$$Y = 90 - 22.271 = 67.729$$

Kota Cicurug memerlukan DCM yang lebih besar atau sama dengan dari 67.72 yakni DCM 60. Langkah ini dilakukan terus menerus sampai di setiap kota didapatkan nilai kompensasinya.

Dalam kasus lain bisa digunakan DCM G.652 untuk mengkompensasi nilai dispersi, tapi harus diingat bahwa, nilai kompensasi yang diberikan oleh DCM G.652 dalam satu kilometer besarnya mencapai 15 ps, sedangkan DCM G.655 hanya mampu memberika nilai kompensasi dalam 1 Km nya sebesar 5 ps. Berikut kebutuhan DCM jalur *outter* selatan downlink :

A-B	G.655	DCM (G.655) (berada di kota B)	Tsys (kota B)
Cikupa - Jasinga	107	100	4,58
Jasingan - Cicurug	90	80	4,92
Cicurug - Ciranjang	81,5	60	6,84
Ciranjang - Rancaekek	84,16	80	4,36
Rancaekek - Rajapolah	77,57	60	6,10
Rajapolah - Sidareja	96,2	80	5,86
Sidareja - Kroya	63,77	60	4,34
Kroya - Kroya 2	62,58	60	4,29
Kroya 2 - Purworejo	105,27	100	4,44
Purworejo - Yogyakarta	79,82	60	6,52
Yogyakarta - Solo	73,73	60	5,45
Solo - Walikun	61,7	40	6,88
Walikun - Madiun	68,31	60	4,72
Madiun - Kertosono	74,7	60	5,61
Kertosono - Kandangan	66,95	60	4,58
Kandangan - Malang	71,13	60	5,07
Malang - Rungkut	92,3	80	5,23

Gambar 2. 4 Kebutuhan DCM jalur *outter* Selatan
3.4 Perhitungan OSNR

Untuk menghitung OSNR stage pertama, ambil jalur yang ingin di tinjau yakni misalkan *Inner* Utara, lalu gunakan persamaan (2.12), dimana P_{in} merupakan daya masuk stage pertama (yang masuk ke OAU pertama) dalam watt, nilai noise figure juga dalam watt serta nilai Δf dalam Ghz, maka :

$$\begin{aligned}
 \text{OSNR} &= \frac{P_{in}}{N_{in} \cdot \Delta f} \\
 &= \frac{10^{-0.0000356178}}{(3,166) \cdot (6,62602 \cdot 10^{-34}) \cdot (1,94 \cdot 10^9 + 14) \cdot (12,5 \cdot 10^9 + 9)} \\
 &= 6.25E+04 \\
 &= 47.95 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk memperoleh nilai OSNR_{12} dilanjutkan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{OSNR}_{12} &= 1 / (1 / \text{OSNR} + NF \cdot h \cdot v \cdot \Delta f) \\
 &= 3.03E+04 \\
 &= 44.81 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Berlanjut ke stage tiga :

$$\begin{aligned}
 \text{OSNR}_{12} &= 1 / (1 / \text{OSNR}_{12} + NF \cdot h \cdot v \cdot \Delta f) \\
 &= 3.68E+04 \\
 &= 45.66 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan seperti ini berlanjut hingga OAU terakhir yakni OSNR_{12} , dimana hasil akhir OSNR_{12} ialah sebesar 46,17 dB. Hasil lengkap tiap jalur dan tiap *amplifier* dapat dilihat di Lampiran A

3.5 Perhitungan Q dan BER

Tidak berhenti dalam melakukan perhitungan SNR, sekarang dilakukan peninjauan ke dalam nilai BER, dimana akan dilakukan pengonversian nilai

SNR pada Stage terakhir di setiap *link point – point* menjadi nilai *bit error rate*. Dimana :

- *Inner* Utara, mencapai OSNR dengan nilai OSNR sebesar 46.17 dB
- *Outter* Utara, encapai OSNR dengan nilai OSNR sebesar 46.66 dB
- *Outter* Selatan, mencapai OSNR dengan nilai OSNR sebesar 46.96 dB
- *Inner* Selatan, mencapai OSNR dengan nilai OSNR sebesar 46.78 dB

Maka :

Nilai BER untuk *Inner* Utara, bisa di dapat nilai Q terlebih dahulu dengan persamaan (2.13),

$$\begin{aligned}
 S/N &= 20 \log Q \\
 Q &= \frac{10^{\frac{S/N}{20}}}{2} \\
 Q &= \frac{10^{\frac{46.17}{20}}}{2} \\
 Q &= 101.734
 \end{aligned}$$

Setelah mendapat nilai BER maka melalui persamaan (2.14),

$$\begin{aligned}
 \text{BER} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{Q^2} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{101.734^2} \\
 \text{BER} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{101.734} \\
 \text{BER} &= 0
 \end{aligned}$$

Nilai BER untuk *link* lainnya, dipastikan memiliki nilai yang sama yakni BER = 0, dikarenakan nilai SNR yang hampir sama, direntan 46 dB.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1Kesimpulan

Berdasarkan teori, perhitungan dan analisis pada desain awal dan rekonfigurasi dalam tugas akhir ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kebutuhan OLA yang di buat oleh Huawei sekiranya membutuhkann 62 node , sedangkan hasil rekonfigurasi membutuhkan 60 node penguat.
2. Terjadi permasalahan pada konfigurasi Huawei, dimana terjadi penguatan yang terlalu besar melebihi kemampuan *amplifier* dalam menguatkan daya.
3. Pada perencanaan ini mutlak menggunakan system line coding NRZ di karenakan $35\% / \text{bit rate} < 70\% / \text{bit rate} < t_{system}$ untuk meminimalisir tingkat penggunaan DCM. Penggunaan DCM harus digunakan untuk

- menyelesaikan masalah t_{system} yang terlalu besar, melebihi 70% */bit rate*.
4. Pada perhitungan hasil rekonfigurasi, OSNR didapatkan nilai 47.01 dB untuk *Link Utara Inner*, didapatkan 48,63 untuk *Link utara Outer*, 49,22 untuk *Link Selatan Outer*, dan 48.23 untuk selatan *Inner*. Standart OSNR untuk DWDM sendiri ialah 30 dB di ujung penguat . Sehingga dapat diambil kesimpulan perencanaan tersebut dikatakan layak.
 5. Penggunaan serat optik G.655 untuk kasus jaringan *backbone* berkapasitas besar dan berjarak jauh merupakan hal yang tidak dapat di tawar lagi, di karenakan jenis serat NZDSF ini merupakan serat optik yang memiliki nilai redaman yang sangat rendah pada panjang Gelombang 1550 nm, dan memiliki nilai disperse material yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil pada panjang gelombang 1550 nm.

4.2 Saran

Adapun saran dari proses pengerjaan tugas akhir ini untuk selanjutnya :

1. Melakukan skenario terbaru untuk mendesain jaringan Backbone
2. Mendesain hasil perancangan menggunakan Optisystem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Keiser, Gerd, “*Optical Fiber Communication 4th Edition*”, Mc.Graw-Hill Inc., 2008.
- [2] Hoss, Robert J, “*Fiber Optic Communication Design Handbook*”, Prentice-Hall Internaatinal Edition.,1990.
- [3] Jacobs,Ira,, ”*Optical Fiber Communication Technology and System Overview*” Handbook of Optics. (3rd ed.). United States : McGreaw-Hill.,2010.
- [4] Senior, John M.,, “*Optical Fiber Communications Principles and Practice. (3rd ed.)*”. Inggris : Prentice Hall.,2010.
- [5] Farrell, Gerald, “*Introduction to System Planning and Power Budgeting*”,DIT, December 2005.
- [6] Sitorus, Melissa Gilbert, “*EVALUASI PERFORMANSI TEKNOLOGI DWDM JARINGAN NON-HOMOGEN PADA SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK REGIONAL METRO JAWA BARAT*”, Tugas Akhir IT Telkom, Bandung, 2012
- [7] Leza, Yorashaki Martha “*PERENCANAAN DWDM JAKARTA - BANTEN*”, Tugas Akhir Universitas Indonesia, Depok, 2011
- [8] “*Hardware Description*’, Shenzen, Huawei Technologies Co, 2011.
- [9] Sitorus, Maya Armys Roma “*ANALISIS PERENCANAAN SERAT OPTIK DWDM JALUR SEMARANG SOLO JOGYAKARTA DI PT. INDOSAR, Tbk*”, Tugas Akhir Universitas Telkom, Depok, 2009
- [10] Telkom, I. T. (2010). *Diktat Kuliah SKSO lanjut*. Bandung.
- [11] Gumaste, Ashwin, ”*DWDM Network Designs and Engineering Solutions*”, Ciscopress, Indianapolis,2003.
- [12] Mulyono, Dwi Agus, “*Solusi Kontingensi Kabel Optik Non-Homogen pada Perangkat DWDM ZTE PT.Telkom*” Tugas Akir Undip, Semarang,2010.