

EVALUASI PENERAPAN PENGUAT OPTIK EDFA – RAMAN PADA SISTEM KOMUNIKASI FIBER OPTIK

Baharuddin

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unand

ABSTRACT

The evaluation purpose is to study fiber optic system. As a part of the pipeline gas, a dedicated telecommunication system for voice and data communication is required. The Grissik to Pemping pipeline is 484 km long and includes a total of 6 station along the pipeline route. Fibre optic transmission system package is a part of a composite work package for the combined SCADA and Telecommunication systems.

Since it is not possible to span a distance 252 km long with a single erbium doped fiber amplifier (EDFA), this section will be implemented using an EDFA / Raman based optical amplifier combination. Careful consideration in the selection of EDFA, transmitter type, receiver sensitivity and Raman amplifier is needed to avoid noise due to non-linear effects in the fiber and to address dispersion and attenuation of the system.

Keywords : Fiber optic, voice and data transmission, EDFA, Raman.

1. PENDAHULUAN

Komunikasi merupakan proses penyampaian informasi dari suatu pihak (sumber informasi) ke pihak lain (penerima informasi) melalui suatu media. Dalam sistem komunikasi, media yang digunakan dikelompokkan kepada 2 jenis yaitu "guided" media berupa kabel sebagai penghantar dan "unguided" media yang disebut juga dengan media tanpa kabel (wireless).

Media kabel pada umumnya menggunakan bahan tembaga. Contohnya seperti kabel twin lead untuk transmisi seimbang (balance), "twisted pair" untuk jaringan komputer, koaxial untuk transmisi ke antena pemancar radio, dan lain sebagainya. Saat ini telah ditemukan jenis kabel yang terbuat dari bahan kaca dimana sangat baik digunakan untuk transmisi jarak jauh. Jenis kabel ini dinamakan dengan kabel fiber optik.

Serat optik bekerja dengan cara memanfaatkan cahaya sebagai gelombang pembawa informasi yang akan dikirimkan. Pada bagian pengirim, sinyal informasi yang berupa besaran elektrik diubah dahulu menjadi sinyal optik. Lalu diteruskan ke kanal informasi yang terbuat dari serat optik yang berfungsi sebagai pemandu gelombang. Sesampainya di penerima, berkas cahaya ditangkap oleh detektor cahaya yang berfungsi untuk mengubah besaran optik menjadi besaran elektrik agar dapat diproses kembali untuk mendapatkan informasi.

Selama proses perambatan di sepanjang serat optik, cahaya akan mengalami pelemahan dan pelebaran sinyal. Hal ini dapat disebabkan karena ketidakmurnian bahan serat yang menyerap serta menyebarkan cahaya. Sehingga daya sinyal yang diterima akan berkurang. Untuk komunikasi jarak dekat, pengaruhnya tidak signifikan. Namun untuk komunikasi jarak jauh, akan sangat mempengaruhi sistem.

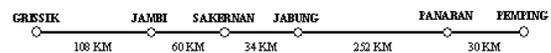
Untuk mengatasi pelemahan dan pelebaran sinyal, dapat digunakan piranti pengulang elektronik

(penguat) yang ditempatkan pada jarak tertentu. Prinsip kerja piranti ini adalah mengubah cahaya yang datang kedalam bentuk elektrik, kemudian sinyal tersebut akan diperkuat dayanya. Selanjutnya diubah kembali menjadi sinyal optik untuk ditransmisikan kembali.

Akan tetapi, penggunaan pengulang elektronik dianggap kurang praktis. Hal ini disebabkan karena peralatan tersebut dapat menyebabkan kesalahan tambahan, membatasi kecepatan transmisi dan lebar bidang serta relatif mahal dalam penerapannya. Seiring dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat telah memunculkan berbagai macam penguat optik tanpa konversi. Salah satunya adalah penguat serat terdoping erbium (*Erbium Doped Fiber Amplifier / EDFA*).

Dengan menggunakan EDFA akan diperoleh pembangkitan sinyal dengan faktor penguatan yang lebih besar dan dapat membawa data dengan kecepatan bit yang lebih tinggi dibanding pengulang elektronik

Jalur pipa antara Grissik ke pulau Pemping (Batam) sepanjang 484 km dimana terdapat 5 stasiun kontrol di sepanjang rute pipa dan 1 stasiun pusat pengendali yang berada di Jambi. Sebagai bagian dari transmisi gas, dibutuhkan sistem telekomunikasi tersendiri untuk komunikasi suara dan data.



Gambar 1.1. Jalur komunikasi optik.

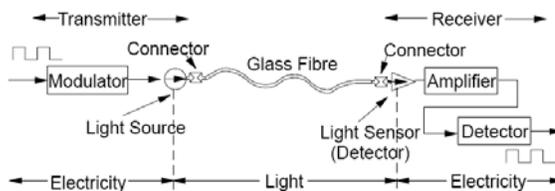
Sistem komunikasi optik STM-16 untuk transmisi 2,5 GHz. Untuk koneksi antar stasiun, dilakukan dengan cara saling menghubungkan perangkat booster STM-16 dengan perangkat STM-16 stasiun terdekatnya. Dimana jenis kabel optik

yang digunakan PT. Transgasindo adalah kabel single mode dengan kapasitas 24 core.

Pada link Grissik – Jambi dan link Jabung – Panaran, perangkat STM-16 tidak mampu bekerja dengan baik karena adanya jarak yang sangat jauh yang memisahkan stasiun tersebut. Hal ini disebabkan karena serat optik mempunyai redaman (attenuation) yang besar untuk jarak tersebut. Sehingga sinyal akan mengalami pelemahan yang besar dan pada akhirnya penerima akan menerima sinyal yang lemah dayanya atau tidak ada sama sekali. Rugi sinyal (losses) juga ditentukan oleh terminasi dari kabel berupa penggunaan konektor.

Untuk mengatasi hal ini, maka dibutuhkan perangkat penguat pada sistem optik agar sinyal dapat sampai dengan baik pada tujuan. Untuk link Grissik – Jambi menggunakan penguat EDFA tunggal. Namun pada link Jabung – Panaran, penggunaan penguat EDFA tunggal tidak mencukupi dalam sistem. Untuk mengatasinya, digunakanlah sistem penguat optik hibrid, yaitu kombinasi penguat EDFA dengan penguat Raman. Dipilihnya penguat EDFA sebagai booster (penguat), karena sesuai dengan daerah kerja sistem komunikasi optik PT. Transgasindo (jalur C band = 1550 nm). Sedangkan penguat Raman ditempatkan pada penerima yang berfungsi sebagai pre amplifier pada perangkat STM-16, yang nantinya akan menaikkan sensitifitas penerima.

2. KONSEP SISTEM TRANSMISI OPTIK



Gambar 2.1. Blok diagram sistem komunikasi optik

Komponen dasar untuk sebuah sistem komunikasi optik diperlihatkan oleh gambar di atas yaitu :

- Sebuah garis bit serial dalam bentuk elektrik diumpangkan ke modulator, dimana akan dikodekan sesuai dengan transmisi fiber.
- Sebuah sumber cahaya (LASER atau LED) ditrigger oleh modulator dan cahaya diumpangkan ke dalam fiber.
- Cahaya merambat pada fiber (akan mengalami dispersi dan kehilangan daya).
- Pada ujung penerima cahaya diumpangkan pada sebuah detektor dan diubah menjadi bentuk elektrik.
- Sinyal kemudian diperkuat dayanya dan diumpangkan pada detektor lain untuk proses decoding sehingga diperoleh bit stream asli kembali.

3. KARAKTERISTIK FIBER OPTIK

Jika sebuah pulsa cahaya dari sebuah sumber cahaya seperti laser atau LED dilewatkan pada kabel fiber, akan mengalami perubahan (penurunan kualitas). Hal ini akan menyebabkan banyak pelemahan (tergantung pada jaraknya), perpanjangan dalam waktu dan cacat. Hal ini disebabkan oleh :

Redaman

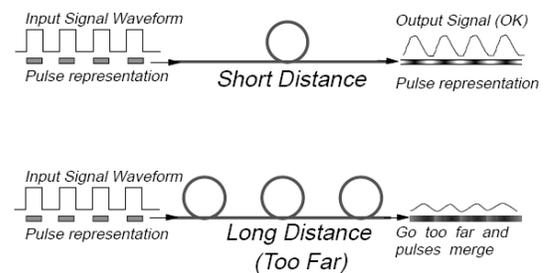
Pulsa akan melemah oleh karena kaca menyerap cahaya, jumlahnya tergantung pada kemurnian bahannya. Dan juga kemurnian bahan juga menyebabkan penghamburan (scattering) cahaya. Jumlah penyerapan dan penghamburan tergantung pada panjang gelombang cahaya dan bahan karakteristik kaca.

Daya Maximum

Ada batasan untuk jumlah daya yang boleh dilewatkan pada power. Jumlahnya kira-kira setengah watt (standar single mode). Hal ini disebabkan karena kenaikan jumlah efek non linier saat jumlah daya ditingkatkan.

Polarisasi

Dalam komunikasi fiber optik, polarisasi cahaya yang merambat akan mengalami perubahan. (Saat ini belum menjadi masalah besar namun di masa akan datang hal ini akan menjadi masalah besar).



Gambar 3.1. Efek Dispersi.

Dispersi

Dispersi terjadi saat pulsa cahaya menyebar keluar selama transmisi dalam fiber. Pulsa menjadi lebih panjang dan akhirnya bercampur dengan pulsa dibelakangnya, sehingga tidak dimungkinkan dilakukan pendeteksian sinyal awal. (Bit informasi dikirim dengan kode 1 = terang, 0 = gelap). Namun dalam transmisi analog sinyal dikirim dalam bentuk sinyal kontinyu, maka dispersi dapat menyebabkan distorsi. Adapun jenis dispersi ada 3, yaitu :

1. Material dispersi (chromatic dispersion)
2. Modal dispersi
3. Waveguide dispersi

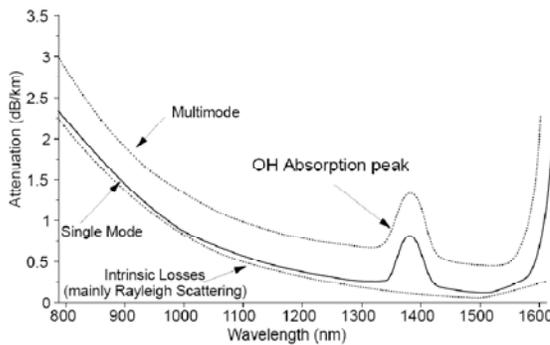
Noise

Salah satu keuntungan dari fiber optik adalah tidak mendapat noise dari sistem luar. Namun ada beberapa noise yang muncul dari alam peralatan itu sendiri. Mode partition noise dapat menjadi masalah dalam fiber single mode dan modal noise untuk fiber multimode.

Bending/Pembengkokan

Redaman akibat pembengkokan ada dua jenis, yaitu macrobending dan microbending.

Karakteristik redaman fiber tergantung kepada komposisi kimia bahan. Pada tahun 1970 redaman fiber berkisar 20 dB/km. Pada tahun 1980 diperoleh 1 dB/km. Tahun 1990 dicapai 0.2 dB/km



Gambar 3.2. Spektrum penyerapan infra red pada fiber

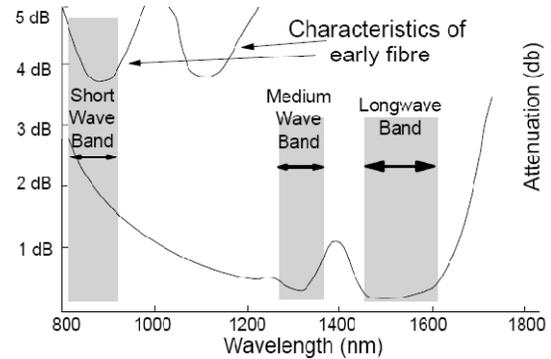
Redaman fiber saat ini dapat ditampilkan dengan kurva gambar 3.3, dimana fiber dapat dibagi atas 3 window atau band :

Short Wavelength Band (First Window)

Jalur ini berada pada 800-900 nm yang merupakan awal ditemukannya fiber optik pada tahun 1970an dan awal 1980an. Jalur ini dapat menghemat biaya dalam hal sumber optik dan detektornya.

Medium Wavelength Band (Second Window)

Jalur ini berada pada 1310 nm dimana digunakan pada pertengahan tahun 1980. Pada kondisi ini dispersinya 0 (pada fiber single mode). Biaya sumber dan detektor optiknya lebih mahal namun redaman fiber adalah 0.4 dB/km.



Gambar 3.3. Window transmisi siskom serat optik

Long Wavelength Band (Third Window)

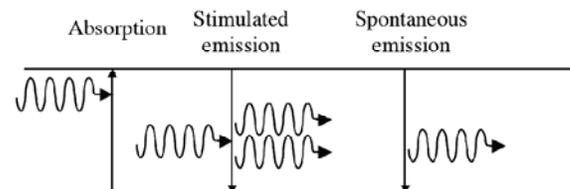
Jalur ini berada pada 1510 nm dan 1600 nm dengan redaman terendah saat ini (0.26 dB/km). Sebagai tambahan, penguat optik digunakan pada jalur ini.

4. PENGUAT OPTIK

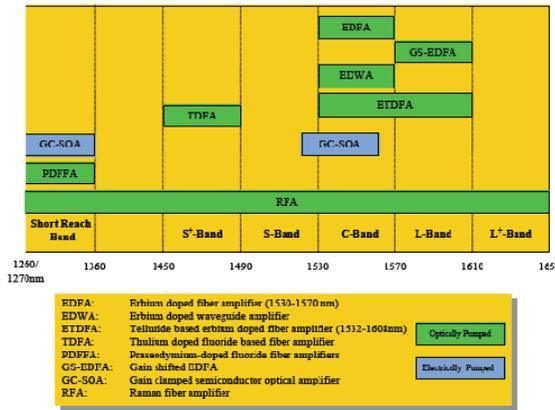
4.1. Prinsip Dasar

Dalam sistem komunikasi fiber optik, jarak transmisi sangat berpengaruh terhadap losses pada fiber. Untuk sistem long-haul, pengurangan redaman dapat diatasi dengan menggunakan repeater elektronik dimana sinyal optik dirubah menjadi arus listrik dan kemudian diregenerasi menggunakan sebuah transmitter. Generator akan sangat kompleks dan mahal untuk sistem gelombang Wavelength Division Multiplexed (WDM). Solusi alternatif adalah menggunakan penguat optik, dimana memperkuat sinyal optik langsung tanpa membutuhkan perubahan ke sinyal elektrik.

Hampir setiap penguat optik memperkuat cahaya melalui stimulasi emisi, mekanisme yang sama digunakan pada laser. Secara umum, gain optik tercapai saat penguat dipompa (cahaya) untuk mendapatkan jumlah inversi. Gain optik umumnya tidak hanya tergantung pada frekuensi (atau panjang gelombang) dari sinyal, tetapi juga pada intensitas berkas lokal pada setiap titik di dalam penguat.



Gambar-4.1 Karakteristik cahaya dalam serat optik



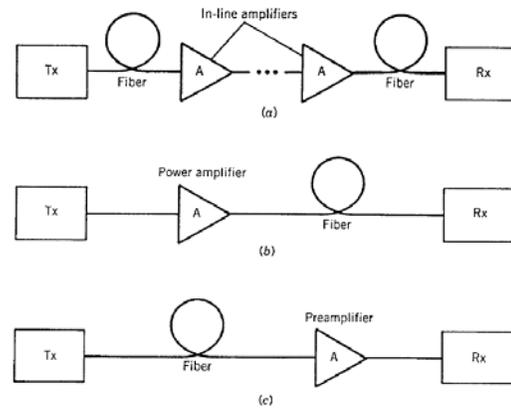
Gambar-4.2 Grafik optical amplifier

Tabel-4.1 Band serat optik.

Band	Descriptor	Range (nm)
O band	Original	1260 to 1360
E band	Extended	1360 to 1460
S band	Short wavelength	1460 to 1530
C band	Conventional	1530 to 1565
L band	Long wavelength	1565 to 1625
U band	Ultralong wavelength	1625 to 1675

Umumnya penggunaan penguat optik pada sistem long-haul, menggunakan penguat sebagai in-line amplifier yang menggantikan regenerator elektronik. Beberapa penguat optik dapat dicscade dalam bentuk rantai periodik sepanjang tidak dibatasi oleh dispersi fiber, nonlinearitas fiber dan penguatan noise.

Aplikasi lainnya dari penggunaan penguat optik adalah untuk menaikkan daya transmit dengan menempatkan penguat setelah transmit. Seperti penguat umumnya yang disebut dengan power booster, tujuan utamanya adalah memperkuat daya yang akan dipancarkan. Penguat daya dapat menaikkan jarak transmisi sampai 100 km atau lebih tergantung pada gain dan losses fiber. Jarak transmisi dapat juga ditingkatkan dengan menempatkan sebuah penguat sebelum perangkat penerima untuk memperkuat daya terima. Penguat ini disebut dengan optical preamplifier dan umumnya digunakan untuk meningkatkan sensitivitas penerima. Untuk sistem WDM sendiri, menggunakan penguat dalam perangkatnya.



Gambar-4.3 Aplikasi penguat optik dalam sistem perambatan gelombang optik: (a) sebagai penguat in-line (b) sebagai booster daya transmit (c) sebagai preamp pada penerima.

Adapun karakteristik dari 3 jenis penguat di atas adalah :

- Booster (power) amplifier: low noise figure, High Psat.
- In-line amplifier : high gain, high Psat.
- Receiver preamplifier : low NF, high gain.

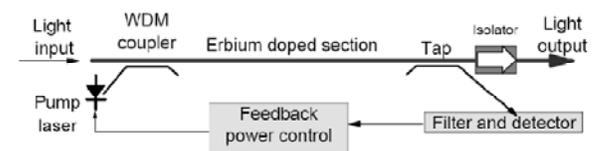
Serat optik akan memiliki unjuk kerja yang maksimum bila bekerja pada daerah panjang gelombang 1500 nm - 1600 nm. Pada daerah ini serat optik hanya mengalami rugi-rugi sebesar 0,2 dB/km. Penguat serat optik terdoping erbium merupakan yang paling tepat untuk bekerja di daerah panjang gelombang tersebut.

Dan hal ini telah dibuktikan oleh Saito dan kawan-kawan pada tahun 1992 dengan menggunakan EDFA telah memperoleh hasil yang memuaskan, dengan cara mentransmisikan sinyal 2,5 GB/s sejauh 45000 km atau dapat dikatakan juga diperoleh kapasitas informasi sebesar 11 Tb.km/s.

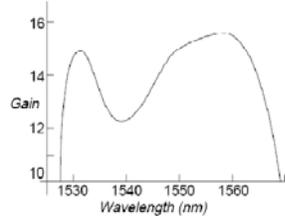
4.2. Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)

Pada dasarnya mirip dengan prinsip kerja laser, di mana transisi elektron yang mula-mula menempati tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke tingkat yang lebih rendah. Dan tentu saja elektron di tingkat yang lebih tinggi haruslah lebih banyak dibandingkan pada tingkat rendah, atau lebih dikenal dengan inversi populasi. Dengan demikian perpindahan itu akan memancarkan cahaya dengan intensitas yang tinggi.

Pada dasarnya komponen penyusun penguat serat terdoping erbium adalah sebagai berikut :



Gambar-4.4 Erbium Doped Optical Fibre Amplifier.

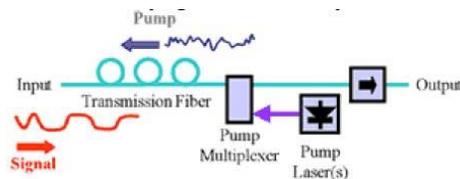


Gambar-4.5 Kurva penguatan EDFA.

4.3. Penguat Raman

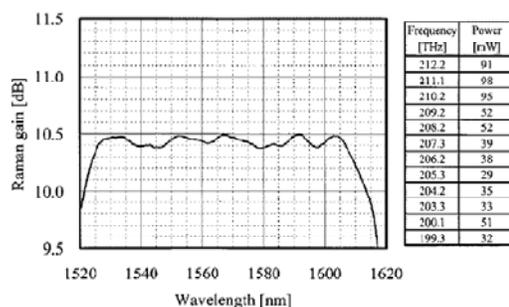
Penguat Raman merupakan sebuah komponen tambahan berupa pengembangan dari penguat optik EDFA. Raman menginjeksikan cahaya laser high-power ke dalam fiber dalam arah berlawanan dari sinyal sumber. Injeksi photon menguatkan sinyal optik dimana hal ini dibutuhkan hampir pada semua jarak jauh. Penguatan Raman dapat membuat penguat sinyal lebih dari 10 dB, dimana melewati untuk jarak yang lebih jauh. Juga mengijinkan jaringan optik untuk mencapai kecepatan transmisi sampai 40 Gbits/sec.

Penguatan Raman berdasarkan pada stimulated raman scattering (SRS), efek non linier akan muncul dalam transmisi fiber yang merupakan hasil dari penguatan sinyal jika sinyal optik dipompa dengan panjang gelombang dan daya yang dilepaskan ke dalam fiber.



Gambar 4.6. Blok diagram penggunaan Raman backward pumping.

Pada umumnya, gain Raman meningkat hampir secara linier sesuai dengan offset panjang gelombang antara sinyal dan puncak pompa, sekitar pada 100 nm dan turun dengan cepat seiring kenaikan offset. Gain bandwidth yang bisa digunakan adalah sekitar 48 nm.

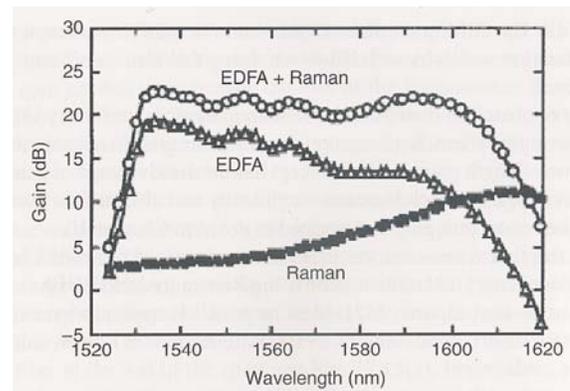


Gambar-4.7 Kurva Raman Gain terhadap Wavelength offset.

4.4. Penguat Hybrid EDFA / Raman

Aplikasi lainnya dari efek Raman adalah penguat Hybrid EDFA / RAMAN dimana kurva karakteristik gain lebih datar berupa bandwidth yang lebar. Repeater dapat dirancang dimana ketidakdataran gain EDFA dapat diatasi dengan Raman gain yang flexibel. Multiwavelength pumping dapat digunakan untuk membentuk Raman gain yang sama dengan bentuk EDFA gain.

Dan juga, efek Raman dapat digunakan untuk penguatan sinyal dalam window transmisi yang tidak dapat ditangani dengan baik oleh EDFA. Beberapa daerah frekuensi dari sinyal WDM dapat diperkuat oleh EDFA, sedangkan lainnya diperkuat menggunakan efek Raman dan pemompaan.



Gambar-4.8 Kurva gain EDFA & RAMAN.

5. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Spesifikasi Sistem

- Peralatan utama sistem optik yang adalah :
- Perangkat STM-16 dengan kecepatan 2.5 GHz untuk 6 lokasi yang beroperasi pada panjang gelombang 1550 nm.
 - Kabel fiber optik single mode 24 core.
 - Perangkat optical amplifier (EDFA dan RAMAN).
 - Optical distribution frame.

- Untuk optical amplifier hanya digunakan pada :
- Link Grissik – Jambi : menggunakan Avara EDFA +10 dBm.
 - Link Jabung – Panaran : menggunakan MSH Optical Booster +17 dBm dan Raman amplifier +14 dB.

Untuk spesifikasi jalur kabel, menggunakan data berikut:

Tabel 5.1. Spesifikasi kabel darat (onshore)

Panjang kabel onshore per gulungan (km)	4
Splice loss (dB)	0.05
Connector loss (dB)	0.5

Sedangkan untuk kabel optik offshore, dirancang sedemikian rupa agar tidak ada splicing (penyambungan).

5.2 Perhitungan Power Budget dan Perhitungan Dispersi

5.2.1. Perhitungan Power Budget

Tujuan dilakukan perhitungan power budget adalah untuk mengetahui berapa besarnya daya yang dibutuhkan agar komunikasi yang baik dapat berlangsung. Besarnya daya diketahui dengan melakukan beberapa tahap perhitungan yaitu pertama dilakukan perhitungan redaman total dari jalur fiber dan kemudian dilakukan perhitungan power margin dari sistem. Dari kedua perhitungan tersebut, dapat diperoleh daya yang tersisa yang digunakan untuk berkomunikasi (excess margin).

Untuk tahap pertama, dilakukan perhitungan redaman total dari jalur fiber dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Total Loss} = (\text{Redaman fiber} \times \text{km}) + (\text{Redaman Splice} \times \text{jumlah splice}) + (\text{Redaman konektor} \times \text{jumlah konektor}) + (\text{safety margin})$$

dimana semua parameter redaman (attenuation) dalam dB. Sedangkan safety margin sebesar 3 dB, yang merupakan ukuran dari setengah daya yang dipancarkan.

Tabel-5.2 Perhitungan Redaman Total

SITE A	SITE B	Jarak (km)	Panjang Fiber 102% (km)	Fibre Attenuation (dB/km)	Path Loss (dB)	Splice Qty	Splice Loss (dB)	Connector Loss (dB)	Safety Margin (dB)	Total Loss (dB)	Total Loss (dB)
Grissik	Jambi	108	110.16	0.25	27.54	29	1.45	1.00	3.00	33.0	33.0
Jambi	Sakernan	60	61.2	0.25	15.30	17	0.85	1.00	3.00	20.2	20.2
Sakernan	Jabung	34	34.68	0.25	8.67	10	0.30	1.00	3.00	13.2	13.2
Jabung	Panaran	215	219.3	0.195	42.76	2	0.10	0.30	3.00	46.4	54.9
		37	37.74	0.195	7.36	11	0.35	0.30		8.5	
Panaran	Pemping	30	30.6	0.25	7.65	9	0.45	1.00	3.00	12.1	12.1

Dari tabel di atas, terlihat bahwa masing-masing jalur komunikasi mempunyai nilai redaman yang berbeda-beda. Nilai redaman terbesar, terdapat pada link Jabung – Panaran sebesar 54.9 dB. Diikuti oleh link Grissik – Jambi sebesar 33.0 dB. Selanjutnya link Jambi – Sakernan sebesar 20.2 dB. Kemudian link Sakernan – Jabung sebesar 13.2 dB dan yang terkecil adalah link Panaran – Pemping sebesar 12.1 dB. Faktor utama yang menyebabkan nilai redaman menjadi besar adalah karena jarak jauh yang ditempuh fiber.

Tahap selanjutnya adalah menentukan power margin dari sistem, yaitu dengan perhitungan daya yang mengacu kepada spesifikasi dari peralatan yang digunakan (terdapat pada lampiran). Hasil power margin selanjutnya akan dikurangi dengan redaman total yang terdapat pada jalur fiber. Sehingga akan diperoleh sisa daya (excess margin) yang digunakan untuk berkomunikasi.

Disini akan dilakukan 2 jenis proses perhitungan power margin yaitu perhitungan power margin tanpa penguat optik dengan perhitungan power margin menggunakan penguat optik. Tujuannya adalah

untuk melihat kemampuan sistem tanpa menggunakan penguat optik dan dengan menggunakan penguat optik.

Berikut adalah perhitungan power margin tanpa penguat optik :

Tabel-5.3 Perhitungan optical margin tanpa penguat optik.

SITE A	SITE B	Tx Power (dBm)	Link Loss (dB)	Input Power (dBm)	Power to Rx (dBm)	Rx Sensitivity (dBm)	Excess Margin (dB)
Grissik	Jambi	-2	33.0	-35.0	-35.0	-28.5	-6.5
Jambi	Sakernan	-2	20.2	-22.2	-22.2	-28.5	6.3
Sakernan	Jabung	-2	13.2	-15.2	-15.2	-28.5	13.3
Jabung	Panaran	-2	54.9	-56.9	-56.9	-28.5	-28.4
Panaran	Pemping	-2	12.1	-14.1	-14.1	-28.5	14.4

Dari tabel di atas terlihat bahwa, terdapat dua kondisi nilai excess margin. Kondisi pertama bernilai negatif (minus) yaitu untuk link Grissik – Jambi sebesar -6.5 dB dan link Jabung – Panaran sebesar -28.4 dB. Kondisi kedua bernilai positif (plus) untuk link Jambi – Sakernan sebesar 6.3 dB, link Sakernan – Jabung sebesar 13.3 dB dan link Panaran – Pemping sebesar 14.4 dB.

Jika excess margin bernilai negatif, berarti sistem mengalami kekurangan daya untuk beroperasi. Sehingga proses komunikasi tidak dapat berlangsung. Komunikasi hanya dapat berlangsung jika excess marginnya bernilai positif. Semakin besar nilai excess margin maka sistem semakin baik, yang pada akhirnya akan menentukan reliability dari sistem.

Untuk mengatasi kekurangan daya pada kedua link tersebut, maka digunakan penguat optik dengan parameter yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing link. Untuk link Grissik – Jambi menggunakan penguat optik EDFA tunggal dengan penguatan 10 dBm. Sedangkan untuk link Jabung – Panaran, penggunaan penguat optik EDFA tunggal tidaklah mencukupi. Sehingga dibutuhkan kombinasi penguat optik (hybrid). Dalam hal ini, digunakan penguat optik EDFA 17 dBm yang dikombinasikan dengan penguat Raman dengan penguatan 14 dB. Penguat EDFA ditempatkan pada bagian pemancar yang berfungsi sebagai booster. Sedangkan penguat Raman ditempatkan pada penerima (backward). Tujuannya adalah untuk menghindari terjadinya pengaruh non-linier dan menghindari munculnya noise figure.

Dengan adanya penguat optik tersebut, maka perhitungan optical margin adalah sebagai berikut :

Tabel 5.4 Perhitungan optical margin dengan penguat optik.

SITE A	SITE B	Tx Power (dBm)	EDFA boost (dBm)	Total Power Out (dBm)	Link Loss (dB)	Input Power (dBm)	Raman boost (dB)	Power to Rx (dBm)	Rx Sensitivity (dBm)	Excess Margin (dB)
Grissik	Jambi	-2	10	10	33.0	-23.0		-23.0	-28.5	5.5
Jambi	Sakernan	-2		-2	20.2	-22.2		-22.2	-28.5	6.3
Sakernan	Jabung	-2		-2	13.2	-15.2		-15.2	-28.5	13.3
Jabung	Panaran	-2	17	17	54.9	-37.9	14	-23.9	-28.5	4.6
Panaran	Pemping	-2		-2	12.1	-14.1		-14.1	-28.5	14.4

Berdasarkan perhitungan tabel 5.4 terlihat bahwa kelebihan daya optik yang paling minimum adalah 4.7 dB pada link Jabung - Panaran. Diikuti oleh link Grissik – Jambi sebesar 5.5 dB dan terakhir link Jambi – Sakernan sebesar 6.3 dB. Hal ini harus diwaspadai, sebab keadaan ini menentukan reliability dari sistem di masa depan.

Dengan diketahuinya nilai excess margin dari tiap-tiap link, maka dapat ditentukan berapa besarnya daya yang dihasilkan oleh perangkat berdasarkan nilai redaman total masing-masing link. Berikut ini merupakan tabel kesimpulan mengenai perhitungan power budget.

Tabel-5.5Kesimpulan perhitungan power budget

SITE A	SITE B	Total Link Loss (dB)	Equipment Power Budget (dB)	Excess Margin (dB)
Grissik	Jambi	33.0	38.5	5.5
Jambi	Sakernan	20.2	26.5	6.4
Sakernan	Jabung	13.2	26.5	13.3
Jabung	Panaran	54.9	59.5	4.6
Panaran	Pemping	12.1	26.5	14.4

Dari data perencanaan excess margin di atas, dapat juga diketahui kemampuan maksimal dari sistem. Tujuannya adalah untuk melihat kemampuan sistem di masa depan jika mengalami gangguan atau perubahan.

Hal ini dilakukan dengan cara menghitung jarak maksimal yang mampu ditempuh oleh daya dari perangkat STM-16 dan berapa banyak jumlah sambungan (splicing) fiber maksimal yang bisa ditangani oleh sistem agar tidak mempengaruhi kinerjanya dalam menyediakan proses komunikasi yang baik.

Untuk perhitungan jarak maksimal, dapat menggunakan rumus berikut :

$$D_{max} = \text{Power budget (dB)} / \text{fiber loss (dB/km)}$$

dimana Dmax merupakan jarak maksimal yang mampu ditempuh oleh daya dari perangkat STM-16.

Dengan menggunakan rumus di atas, maka didapatkan tabel perhitungan jarak maksimal untuk kelima link jalur fiber sebagai berikut :

Tabel 5.6 . Perhitungan jarak maksimal sistem.

SITE A	SITE B	Excess Margin (dB)	Fibre Attenuation (dB/km)	Distance (km)	Additional Distance (km)	Distance Total (km)	Persentase Penambahan Jarak (%)
Grissik	Jambi	5.5	0.25	108	22	130	20
Jambi	Sakernan	6.4	0.25	60	25.6	85.6	43
Sakernan	Jabung	13.3	0.25	34	53.2	87.2	156
Jabung	Panaran	4.6	0.195	252	23.6	275.6	9
Panaran	Pemping	14.4	0.25	30	57.6	87.6	192

Dari nilai jarak total pada tabel di atas, jarak penambahn jarak paling jauh adalah link Panaran – Pemping sebesar 192%. Hal karena jarak link ini sangat dekat, sehingga excess margin yang dimiliki sangat besar (14.4 dB). Sedangkan link yang

penambahan jaraknya paling kecil adalah link Jabung – Panaran (9.4 %).

Kemudian perhitungan dilanjutkan dengan menghitung banyaknya sambungan (splicing) tambahan maksimal dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Add Splice Max} = ((\text{Excess Margin} - ((\text{Add Distance} / 4) \times \text{splice att})) / 0.25) / 4$$

Dengan rumus di atas, perhitungan jumlah sambungan maksimal untuk kelima link fiber tersebut dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 5.7 . Perhitungan additional splicing maximum.

SITE A	SITE B	Excess Margin (dB)	Additional Distance (km)	Additional Splice Qty
Grissik	Jambi	5.5	22	5
Jambi	Sakernan	6.4	25.6	6
Sakernan	Jabung	13.3	53.2	12
Jabung	Panaran	4.6	23.6	4
Panaran	Pemping	14.4	57.6	13

Dari tabel di atas, jumlah sambungan maksimal yang paling besar terdapat pada link Panaran – Pemping (13 sambungan). Sedangkan jumlah sambungan maksimal yang paling kecil dimiliki oleh link Jabung – Panaran (4 sambungan).

5.2.2 Perhitungan Dispersi

Untuk perhitungan dispersi sistem, mengacu kepada spesifikasi dari peralatan STM-16 yang digunakan.

Untuk perhitungan dispersi menggunakan rumus :

$$FD = (D * FL) * FD$$

dimana,

FD = fiber dispersi (ps/nm)

D = jarak antar stasiun (km)

FL = panjang fiber 102% dari jarak antar stasiun dengan pertimbangan gulungan untuk cadangan setiap sambungan.

FD = dispersi fiber per km (ps/nm.km)

Dengan menggunakan rumus di atas, maka diperoleh data perhitungan dispersi untuk semua link yaitu :

Tabel 5.8. Perhitungan dispersi.

SITE A	SITE B	Distance (km)	Panjang Fiber 102% (km)	Fiber Dispersi (ps/nm.km)	Fiber Dispersi (ps/nm)	Dispersi Maximal (ps/nm)
Grissik	Jambi	108	110.16	19.3	2126	2500
Jambi	Sakernan	60	61.2	19.3	1181	1800
Sakernan	Jabung	34	34.68	19.3	669	1800
Jabung	Panaran	252	257.04	19.3	4961	5100
Panaran	Pemping	30	30.6	19.3	591	1800

Terlihat bahwa dispersi dari kabel optik untuk kelima jalur fiber optik masih masuk ke dalam batas aman. Sehingga dispersi tidak terlalu berpengaruh terhadap kualitas sinyal.

6. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa sistem komunikasi optik PT. Transgasindo, maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu: Pada perhitungan power budget, terlihat bahwa link komunikasi Jabung – Panaran merupakan link yang paling kritis karena mempunyai sisa daya yang paling kecil di antara link yang lain (4.6 dB). Hal ini harus diwaspadai, karena dapat menimbulkan masalah power budget dimasa yang akan datang.

6.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, maka ada beberapa saran yang dapat disampaikan yaitu : Pada umumnya gangguan yang terjadi pada sistem optik PT. Transgasindo adalah berupa putusnya kabel. Hal ini disebabkan karena kabel tidak seluruhnya diberi pelindung kabel (duct). Disarankan untuk daerah yang rawan terjadi gangguan agar diberi duct kabel atau pelindung lainnya. Dan juga kedalaman kabel harus sering diperiksa agar terhindar dari gangguan manusia baik disengaja maupun tidak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agrawal, Govind P. Fiber-Optic Communication System. 2002.
2. Dutton, Harry J.R. Understanding Optical Communication. 1998.
3. PT. Telekomunikasi Indonesia. Dasar Sistem Komunikasi Optik. 2004.
4. Blumenthal D.J. Lecture 4 ECE228B. Semiconductor Lasers. 2007.
5. Blumenthal D.J. Lecture 8 ECE228B.Intro to Optical Amplifiers. 2007.
6. Blumenthal D.J. Lecture 9 ECE228B. Optical Amplifiers. 2007.
7. Ainslie, B.J., A Review of the Fabrication and Properties of Erbium Doped Fibers for Optical Amplifier, J. Lightwave Technology, Vol.9 no.2, pp 220-227. 1991. Teknologi Serat Optik.
8. Qian, Li. Experiment on Erbium-Doped Fiber Amplifiers. 1998.
9. Voztech, Josef. Optical Amplifier and Line Span. 2005.
10. The International Engineering Consorsium. Raman Amplification Design in WDM System.