

ANALISIS KINERJA JARINGAN DWDM BERDASARKAN PERBEDAAN TIPE SERAT OPTIK MENGGUNAKAN CISCO TRANSPORT PLANNER RELEASE 9.2

Hana' Ad'ha Rodhiah^{*)}, Imam Santoso, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email: hana.rodhiah.92@gmail.com

Abstrak

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) merupakan salah satu jenis teknik multiplexing yang terus dikembangkan dalam sistem komunikasi serat optik yang mampu mentransmisikan lebih dari 400 panjang gelombang. Teknologi DWDM saat ini kecepatan aksesnya bisa dipacu hingga 1 Tbps atau 1.000 Gbps dengan salah satunya didukung oleh kemampuan serat optik yang digunakan dalam proses transmisi data. Dan untuk mengetahui kinerja jaringan DWDM ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan yaitu berupa power link budget jaringan, rugi-rugi daya akibat redaman serat, akibat dispersi, link availability dan latency jaringan. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap pengaruh dari berbagai Jenis serat optik, khususnya karakteristik nilai redaman dan dispersi dari tiap serat optik yang sering digunakan pada sistem komunikasi serat optik Metro WDM. Ini berguna untuk melihat pengaruhnya pada jaringan agar didapat sistem yang optimal pada. Pada penelitian ini digunakan 11 Jenis serat optik yaitu Non Dispersion Shifted Fiber (NDSF) dan Non Zero Dispersion Shifted Fiber (NZDSF) dengan topologi point to point. Dan dengan menggunakan perangkat lunak Cisco Transport Planner 9.2 (CTP) dilakukan analisis kinerja jaringan terhadap berbagai Jenis fiber untuk mengetahui fiber yang tepat pada sistem DWDM. Secara keseluruhan jenis serat optik yang paling optimal pada sistem DWDM adalah True Wave Reach.

Kata kunci: DWDM, Kinerja Jaringan, NDSF, NZDSF

Abstract

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) is one type multiplexing techniques are constantly being developed in the optical fiber communication system capable of transmitting more than 400 wavelengths. The current DWDM technology access speed can be driven up to 1 Tbps or 1.000 Gbps with one of them supported by the ability of the optical fiber used in the data transmission process. And to determine the performance of DWDM networks there are several parameters that need to be considered in the form of a network link power budget, power losses due to fiber attenuation, due to dispersion, availability link and network latency. This research will be the analysis of the influence of various type of optical fiber, in particular the characteristics of attenuation and dispersion values of each optical fiber is commonly used in optical fiber communication systems Metro WDM. It is useful to see the effects on the network in order to obtain the optimal system. In this study used 11 type of optical fiber that is non Dispersion shifted Fiber (NDSF) and Non-Zero Dispersion shifted Fiber (NZDSF) with point-to-point topology. And by using the Cisco Transport Planner Software 9.2 (CTP) analyzes network performance against various type of fiber to determine the exact fiber in DWDM systems. Overall most types of optical fiber DWDM system is optimal in the True Reach Wave.

Keywords: DWDM, Networks Performance, NDSF, NZDSF

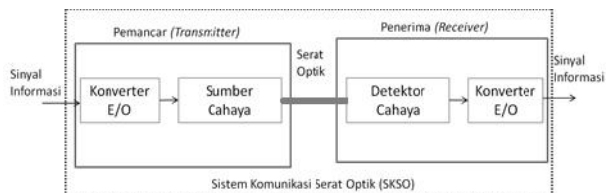
1. Pendahuluan

Pada sistem komunikasi serat optik teknik multiplexing yang banyak digunakan yaitu WDM (Wavelength Division Multiplexing) yang mampu mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi. Teknik multiplexing terbaru saat ini dikenal dengan DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) yang mampu mentransmisikan lebih dari 400

panjang gelombang dalam satu serat optik. Teknologi DWDM saat ini kecepatan aksesnya bisa dipacu hingga 1 Tbps atau 1.000 Gbps dengan salah satunya didukung oleh kemampuan serat optik yang digunakan dalam proses transmisi data. Dan untuk mengetahui kinerja dalam perancangan suatu jaringan DWDM ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan yaitu berupa power link budget jaringan, rugi-rugi daya akibat redaman serat,

rugi-rugi akibat dispersi, *link availability* dan *latency* jaringan.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis terhadap pengaruh dari berbagai Jenis serat optik, khususnya karakteristik nilai redaman dan dispersi dari tiap serat optik yang sering digunakan pada sistem komunikasi serat optik menggunakan Metro DWDM. Ini berguna untuk melihat pengaruhnya pada jaringan agar didapat sistem yang optimal pada pengaplikasiannya di lapangan. Terdapat berbagai macam jenis fiber optik untuk teknologi DWDM dari berbagai vendor yang dibuat merujuk pada standart yang di keluarkan ITU-T G.652 dan ITU-T G.655, sehingga dibutuhkan analisis terhadap jenis-jenis fiber untuk mengetahui fiber yang tepat agar menghasilkan sistem DWDM yang optimal.

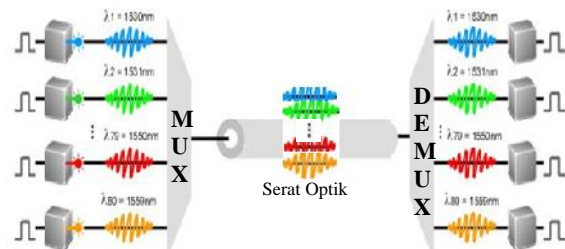


Gambar 1 Konfigurasi Sistem Transmisi Serat Optik^[1]

Sistem komunikasi serat optik adalah suatu sistem komunikasi yang menggunakan kabel serat optik sebagai saluran transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dan tingkat keandalan yang tinggi. Prinsip dasar dari sistem komunikasi serat optik adalah pengiriman sinyal informasi dalam bentuk sinyal cahaya. Pemancar, kabel serat optik, dan penerima merupakan komponen dasar yang digunakan dalam sistem komunikasi serat optik. Pemancar berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik, kabel serat optik berfungsi sebagai media transmisi dan penerima berfungsi mengubah sinyal optik yang diterima menjadi sinyal listrik kembali. Selama perambatannya dalam serat optik, gelombang cahaya akan mengalami redaman di sepanjang serat dan pada titik persambungan serat optik. Oleh karena itu, untuk transmisi jarak jauh diperlukan adanya penguat yang berfungsi untuk memperkuat gelombang cahaya yang mengalami redaman.

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan teknologi yang menggabungkan beberapa cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda yang ditransmisikan melalui satu serat. Setiap sinyal yang dimodulasikan mewakili data yang ditransmisikan, baik itu *text*, *voice*, ataupun *video* dan merambat dengan warna yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan panjang gelombang yang berbeda-beda untuk tiap sinyal yang ditransmisikan. Teknologi DWDM beroperasi dalam sinyal dan domain optik serta memberikan fleksibilitas yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan akan kapasitas transmisi yang besar dalam jaringan. Kemampuannya dalam hal ini diyakini akan terus

berkembang, yang ditandai dengan semakin banyak jumlah panjang gelombang yang mampu ditransmisikan dalam satu serat, saat ini ada yang sudah mampu hingga sekitar 400 panjang gelombang. Sistem DWDM dapat ditunjukkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 2 Prinsip dasar sistem DWDM^[3]

1. *Non Dispersion Shifted Fiber (NDSF)*

Serat optik NDSF juga dikenal sebagai *Standard Single Mode Fiber (SSMF)* yang merupakan standart pertama untuk komunikasi serat optik dan dibuat berdasarkan rekomendasi ITU-T G.652 NDSF memiliki nilai koefisien dispersi kromatik (CD) mendekati nol di daerah panjang gelombang 1310 nm. Sedangkan pada daerah 1550 nm, koefisien dispersi kromatik maksimumnya adalah 18 ps/nm/km. Ini merupakan salah satu jenis serat optik yang banyak digunakan saat ini karena memiliki kemampuan yang cukup baik pada teknologi TDM maupun WDM.

2. *Non Zero Dispersion Shifted Fiber (NZDSF)*

Dibandingkan NDSF/SSMF, serat optik NZDSF (ITU-T G.655) memiliki koefisien dispersi kromatik yang lebih rendah pada daerah panjang gelombang 1550 nm, yaitu maksimum 6 ps/nm/km. NZDSF ini dikembangkan secara khusus agar teknologi DWDM dapat bekerja dengan baik. Karakteristik yang membedakan keduanya adalah nilai koefisien dispersi kromatik dan redaman serat, dimana pada daerah kerja DWDM, serat optik NZDSF memiliki koefisien dispersi dan redaman yang lebih rendah.

Pada NZDSF ini terdapat 2 jenis nilai dispersi, yaitu nilai dispersi positif dimana tidak bisa bekerja pada C-band yang memiliki nilai dispersi lebih rendah dari 1 ps/nm.km dan nilai dispersi negatif yang tidak bisa bekerja pada C-band yang memiliki dispersi lebih tinggi dari -1 ps/nm.km.^[8]

Banyaknya teknologi untuk mentransmisikan data banyak dikembangkan pada jaringan Metro WDM. Berikut merupakan jenis-jenis teknologi transmisi yang sering digunakan pada jaringan DWDM :

- *Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*
SDH adalah sistem multiplexing yang berdasarkan sistem *Time Division Multiplexing (TDM)* dimana

suatu *frame* dibagi-bagi menjadi *slot – slot* waktu (*path/channel*).

- **Gigabit Ethernet (GE)**
Gigabit Ethernet (GE) adalah istilah yang digunakan untuk teknologi transmisi *frame ethernet* dengan kecepatan *gigabit per second*, seperti yang ditetapkan pada standar IEEE 802.3-2008.
- **10 Gigabit Ethernet (10 GE)**
 10 *gigabit Ethernet* (10GE) mengacu pada berbagai teknologi untuk transmisi *frame Ethernet* dengan kecepatan 10 *gigabit* per detik (10×10^9 atau 10 milyar bit per detik)

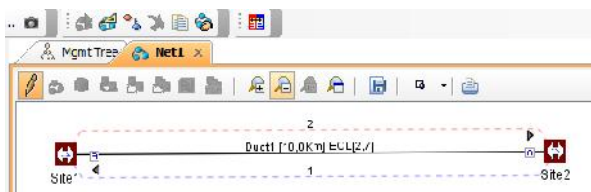
2. Metode

2.1 Perancangan Sistem

Sebelum dilakukan proses analisis serat optik pada jaringan optik dengan teknologi DWDM akan dilakukan simulasi jaringan DWDM dengan menggunakan Cisco Transport Planner Release 9.2. Untuk merancang suatu rancangan jaringan, perlu dimasukkan beberapa parameter berikut:

- Topologi jaringan: *point to point*
- Jenis peralatan yang akan digunakan.
- Jumlah *sites* dan jarak antar *sites*.
- Jenis serat optik yang menghubungkan antar *sites*.
- Besarnya parameter rugi-rugi konektor yang digunakan.
- Permintaan layanan: jenis layanan, jumlah kanal, Jenis proteksi

Berdasarkan tabel 2, simulasi yang dilakukan pada tugas akhir ini yaitu sebanyak 12 kondisi jaringan dimana setiap kondisi tersebut akan dilakukan untuk 11 jenis serat optik yang akan dibandingkan kinerjanya sehingga total simulasi pada tugas akhir ini adalah sebanyak 132 simulasi. Berikut adalah tampilan simulasi yang dilakukan pada tugas akhir ini :



Gambar 3 Simulasi Proyek 1 dengan G.652-SMF-28 E

Berikut adalah tabel jenis serat optik yang digunakan dan perancangan simulasi jaringan yang dilakukan pada tugas akhir ini :

Tabel 1 Serat optik dan karakteristik Serat

No	Serat Optik	(dB)	CD ps/(nm.km)	PMD ps/(km)
1	Tipe 1	0,22	16,5	0,06
2	Tipe 2	0,22	7,23	0,04

3	Tipe 3	0,25	-7,3	0,1
4	Tipe 4	0,25	3,67	0,1
5	Tipe 5	0,25	-3,53	0,1
6	Tipe 6	0,25	2,03	0,1
7	Tipe 7	0,23	3,83	0,1
8	Tipe 8	0,25	7,76	0,04
9	Tipe 9	0,25	17,1	0,06
10	Tipe 10	0,25	3,8	0,04
11	Tipe 11	0,24	4,2	0,04

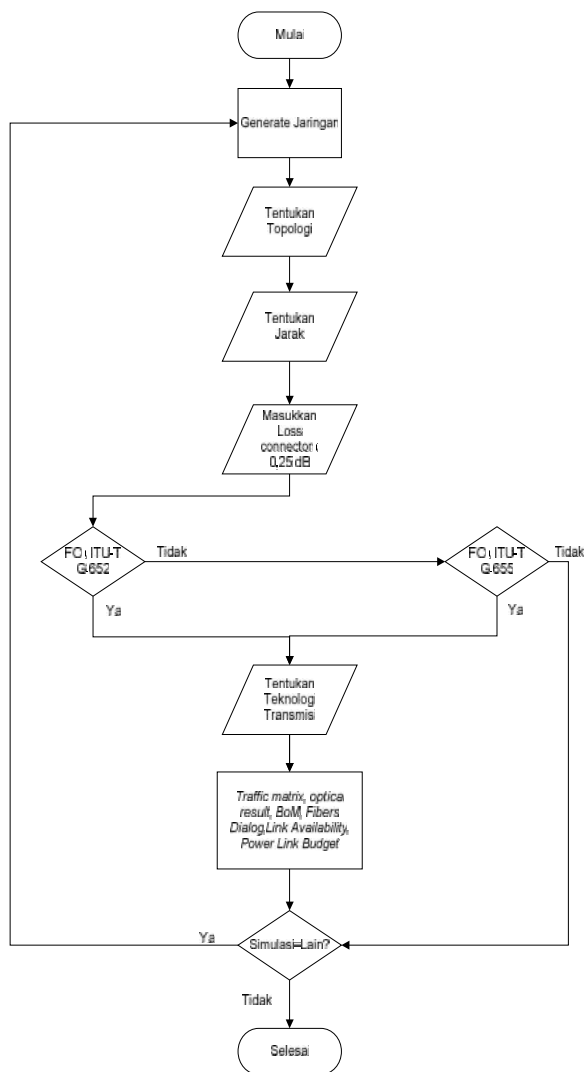
Keterangan: Tipe 1: G.652-SMF-28 E, Tipe 2: True Wave Reach, Tipe 3: Metro Core, Tipe 4: True Wave Plus, Tipe 5: True Wave Minus, Tipe 6: True Wave Classic, Tipe 7: Free Light, Tipe 8: Tera Light, Tipe 9: G.652-SMF, Tipe 10: ELEAF, Tipe 11: True Wave RS.

Tabel 2 Simulasi Jaringan

No	Nama Simulasi	Jarak (km)	Teknologi Transmisi
1	Proyek 1	10	GE
2	Proyek 2	80	GE
3	Proyek 3	100	GE
4	Proyek 4	125	GE
5	Proyek 5	140	GE
6	Proyek 6	165	GE
7	Proyek 7	10	10-GE
8	Proyek 8	80	10-GE
9	Proyek 9	100	10-GE
10	Proyek 10	125	10-GE
11	Proyek 11	140	10-GE
12	Proyek 12	160	10-GE

Pada tugas akhir ini simulasi dirancang dengan topologi *ponit to point* dengan 2 site dan disimulasikan dengan 11 jenis serat optik.

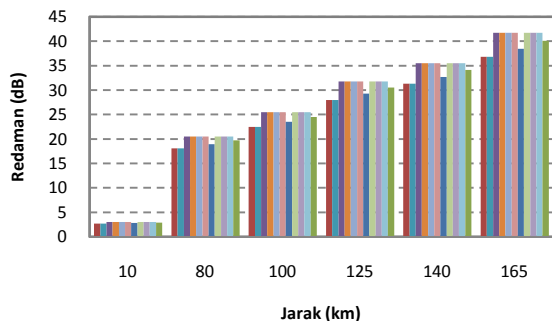
2.2 Diagram Alir Simulasi



Gambar 4 Diagram alir simulasi

3. Hasil dan Analisa

3.1 Analisis Rugi-Rugi Akibat Redaman



Gambar 5 Grafik perbandingan redaman terhadap jarak

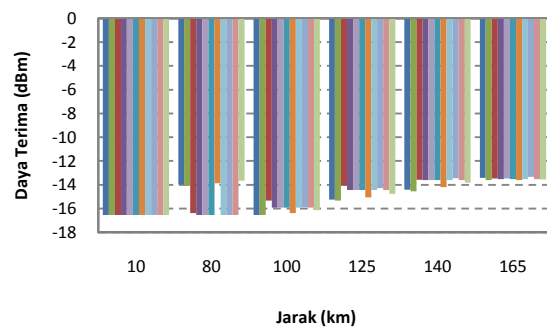
Pada Metro-Core, True Wave Plus, True Wave Minus, True Wave Classic, Tera Light, dan G.652-SMF memiliki karakteristik redaman yang sama yaitu 0,25

dB/km, sedangkan pada Free-Light sebesar 0,23 dB/km dan True Wave RS sebesar 0,24 dB/km. Pada G.652-SMF-28E dan True Wave Reach memiliki karakteristik redaman paling kecil yaitu sebesar 0,22 dB/km sehingga memiliki nilai redaman sistem paling kecil yang sangat menguntungkan pada saat pentransmisian informasi.

Perbedaan teknologi transmisi yang digunakan pada simulasi jaringan yaitu menggunakan GE dan 10GE tidak berpengaruh pada perhitungan rugi-rugi redaman serat, sehingga nilai redaman pada GE dan 10GE adalah sama.

3.2 Analisis Daya di Perima (P_{rx})

Pada jarak 80 km G.652-SMF-28E, True Wave Reach, Free-Light, dan True Wave RS membutuhkan daya terima yang lebih besar karena belum menggunakan amplifier sebagai penguat sinyal sedangkan pada jenis serat lainnya sinyal dikuatkan sehingga grafik daya di penerima tidak meningkat secara signifikan. Pada jarak 100 – 140 km, semua jenis serat optik membutuhkan amplifier untuk menguatkan sinyal agar informasi dapat diterima dengan baik dan pada G.652-SMF-28E, True Wave Reach, Free-Light, dan True Wave RS membutuhkan daya terima yang lebih kecil dibanding jenis serat optik lainnya karena memiliki karakteristik nilai rugi-rugi redaman serat yang lebih kecil sehingga untuk transmisi yang jauh menjadi lebih baik dibandingnya serat lainnya. Namun pada jarak 165 km daya yang harus diterima masing-masing serat relatif sama dimana True Wave Reach, Free-Light, dan True Wave RS membutuhkan daya yang paling kecil sebesar -13,6 dBm.

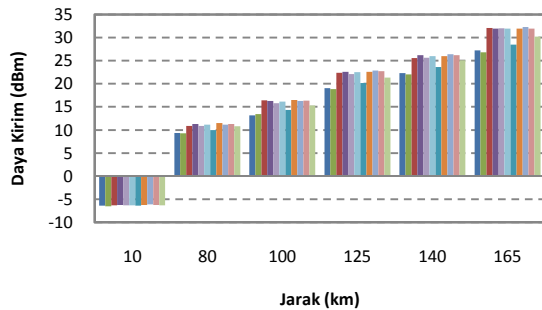


Gambar 6 Grafik perbandingan P_{rx} GE

Selain G.652-SMF-28E, True Wave Reach, Free-Light, dan True Wave RS, dari gambar 6 dapat dilihat bahwa grafik daya yang dibutuhkan di penerima dari jenis serat optik lainnya relatif sama dimana semakin jauh jarak transmisi maka semakin besar pula daya yang harus diterima. Dari semua jenis serat terlihat G.652-SMF-28E menunjukkan performa yang paling baik dimana dapat menerima daya yang lebih kecil pada jarak yang jauh. Sedangkan metro-core membutuhkan daya yang relatif lebih besar dibanding lebih besar dibanding serat optik

lainnya. Daya yang diterima pada 10GE lebih kecil di banding GE.

3.3 Analisis Daya di Pengirim (P_{tx})



Gambar 7 Grafik perbandingan P_{tx} GE

Dari grafik pada gambar 7 terlihat bahwa daya transmisi berbanding lurus dengan perubahan jarak, dimana semakin jauh jarak transmisi semakin besar daya yang harus dikirimkan. Pada jarak yang dekat daya yang dibutuhkan untuk mentransmisikan informasi relatif sama. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada jarak yang semakin jauh G.652-SMF membutuhkan daya yang paling besar yaitu pada 165 km sebesar 32,33 dBm, Metro-Core sebesar 32,062 dBm dan True Wave minus 32,041 dBm. Sedangkan serat optik yang membutuhkan daya paling kecil pada jarak transmisi yang jauh yaitu True Wave Reach sebesar 26,817 dBm dan G.652-SMF-28E sebesar 27,22 dBm. Semakin kecil daya yang dibutuhkan maka sistem akan semakin optimal.

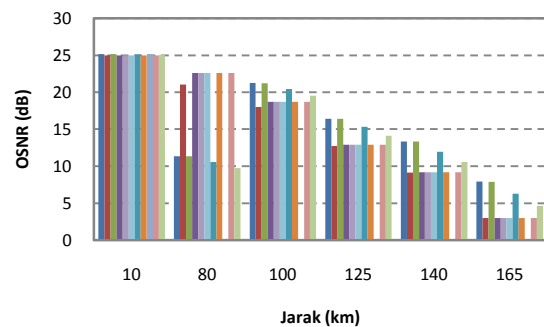
Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan 10GE membutuhkan daya yang lebih besar untuk mentransmisikan data dibanding GE pada jarak 10 km. Sedangkan pada 80 km G.652-SMF-28E, True Wave Reach, Free-Light, dan True Wave RS teknologi transmisi menggunakan 10 GE membutuhkan daya yang lebih kecil dibanding GE. Pada 100 km True Wave Reach, Metro-Core, dan Tera-Light yang membutuhkan daya lebih kecil dibanding dengan daya yang dibutuhkan ketika menggunakan GE. Sedangkan pada 140 km G.652-SMF, G.652-SMF-28E, dan True Wave RS menggunakan 10GE membutuhkan daya yang lebih kecil dibanding daya pada GE.

3.4 Analisis OSNR

Pada gambar 8 nilai OSNR Metro-Core, True Wave Plus, True Wave Minus, True Wave Classic, Tera-Light, G.652-SMF, dan ELEAF berbanding terbalik dengan perubahan jarak, dimana semakin jauh jarak transmisi maka nilai OSNR akan semakin kecil, dan terlihat bahwa dari 11 jenis serat optik yang disimulasikan True Wave Reach memiliki nilai OSNR yang paling besar seiring

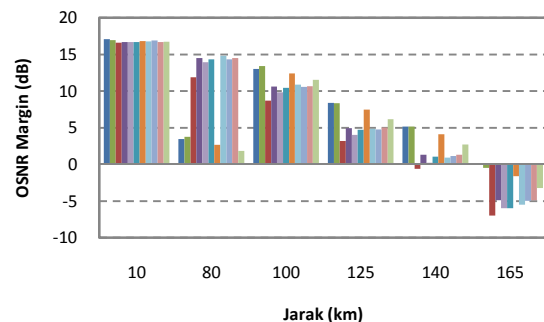
dengan jarak transmisi yang semakin jauh. Pada jarak 80 km terlihat penurunan nilai OSNR pada G.652-SMF-28E, True Wave Reach, Free-Light, dan True Wave RS, namun pada jarak 100 km grafik OSNR kembali naik dengan signifikan karena ditambahkan komponen amplifier untuk menguatkan sinyal. Selain True Wave Reach, serat optik Free-Light menunjukkan kinerja yang cukup baik

Pada jarak 10 km, nilai OSNR 10GE dengan GE adalah sama. Namun dari hasil simulasi terlihat bahwa pada jarak yang sama 10GE menghasilkan nilai OSNR yang lebih besar dibanding dengan GE, dimana semakin jauh jarak transmisi selisih OSNR 10GE dengan GE semakin besar, kecuali pada Metro-Core memiliki nilai OSNR yang sama baik menggunakan 10GE maupun GE. Perubahan nilai OSNR pada GE dan 10GE terkecil yaitu pada G.652-SMF-28E dan G.652-SMF. Dan pada jarak semakin jauh True Wave RS menunjukkan perbedaan nilai OSNR yang semakin besar pada penggunaan GE dan 10GE pada jarak yang sama.



Gambar 8 Grafik perbandingan OSNR GE

3.5 Analisis OSNR Margin



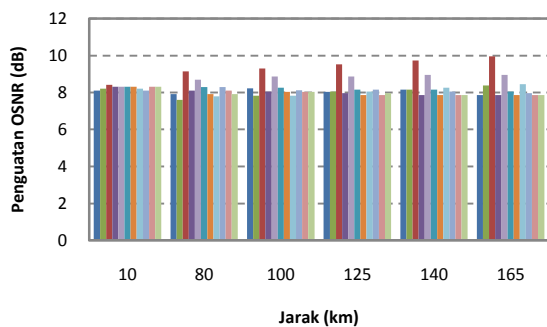
Gambar 9 Grafik perbandingan OSNR Margin GE

Pola grafik tidak jauh berbeda dengan pola grafik OSNR dimana jarak 80 km G.652-SMF-28E, True Wave Reach, Free-Light, dan True Wave RS mengalami penurunan nilai dan pada 100 km kembali nilai OSNR marginnya kembali naik, dan pada jarak transmisi yang lebih jauh

mempunyai nilai OSNR margin yang paling baik dibanding jenis-jenis serat optik lainnya. Dan jenis serat optik lainnya menunjukkan nilai semakin jauh jarak transmisi yang diinginkan maka nilai OSNR margin semakin kecil. Dan terlihat bahwa Metro-Core memiliki nilai OSNR margin paling kecil dibanding lainnya setelah True Wave Minus. Nilai margin OSNR adalah salah satu faktor yang mempengaruhi indikator warna SOL pada hasil simulasi menggunakan CTP yang merupakan indikator persentase mungkin atau tidaknya sistem untuk direalisasikan. Perubahan indikator SOL ini terlihat pada jarak transmisi 140 km dimana pada Metro-Core berwarna kuning, dengan nilai margin OSNR sebesar -0,5897 dB. Pada jarak 165 km semua warna indikator SOL merah kecuali pada G.652-SMF-28E indikator SOL berwarna hijau dengan nilai margin OSNR sebesar 0,05 dB dan True Wave Reach indikator SOL berwarna kuning dengan nilai margin OSNR sebesar -0,487 dB.

Nilai margin OSNR dengan menggunakan 10GE lebih kecil dibandingkan dengan GE. Ini menyebabkan jarak transmisi pada 10GE tidak bisa sejauh GE.

3.6 Analisis Penguatan Pada OSNR



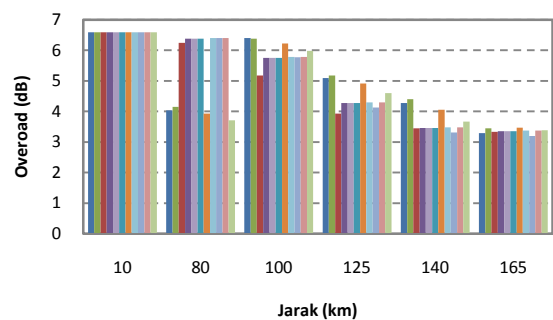
Gambar 10 Grafik perbandingan Penguatan OSNR GE

Pada jarak 10 km besar penguatan OSNR yang butuh relatif sama untuk semua jenis serat optik. Pada GE besarnya nilai penguatan OSNR ini berkisar 7 dB hingga 11 dB. Dari grafik pada gambar 10 terlihat bahwa pada Metro-Core dan True Wave Minus membutuhkan penguatan OSNR yang lebih besar pada jarak transmisi yang semakin jauh. Selain Metro-Core dan True Wave Minus, serat optik lainnya cenderung stabil, khususnya pada G.652-SMF-28E dan True Wave Reach. Serat optik yang baik adalah serat optik yang semakin jauh jarak transmisi yang diinginkan nilai penguatan OSNRnya relatif sama atau bahkan lebih kecil. Dan secara umum pada GE nilai penguatan OSNR yang dibutuhkan setiap serat optik relatif sama atau tidak jauh berbeda.

Nilai penguatan OSNR yang dibutuhkan pada 10GE lebih besar dibandingkan dengan OSNR yang dibutuhkan pada GE yaitu berkisar 9,5 dB – 11 dB. Pada jarak 10 km semua penguatan OSNR menggunakan 10GE sama yaitu

sebesar 9,6 dB. Dari gambar 4.11 terlihat jelas Metro-Core membutuhkan penguatan nilai OSNR yang paling besar dibandingkan dengan serat optik lainnya, dimana peningkatan terbesar terjadi pada jarak 10 km hingga 100 km. Pada jarak 80 km, G.652-SMF-28E, True Wave Reach, Free-Light dan True Wave RS membutuhkan nilai penguatan OSNR yang sama dengan penguatan OSNR pada jarak 10 km. Serat optik dengan menggunakan teknologi transmisi 10GE yang membutuhkan penguatan OSNR paling besar pada jarak yang jauh (diasumsikan 160 km) adalah Metro-Core dan Tera-Light.

3.7 Analisis Overload Daya



Gambar 11 Grafik perbandingan overload GE

Pada jarak transmisi 10 km besarnya *overload* daya masing-masing Jenis serat optik sama yaitu sebesar 6,65 dB. Pada jarak 80 km terjadi penurunan nilai pada G.652-SMF-28E, True Wave Reach, Free-Light, dan True Wave RS namun sistem melakukan penguatan maka pada 100 km terjadi peningkatan nilai *overload* daya pada serat optik tersebut.

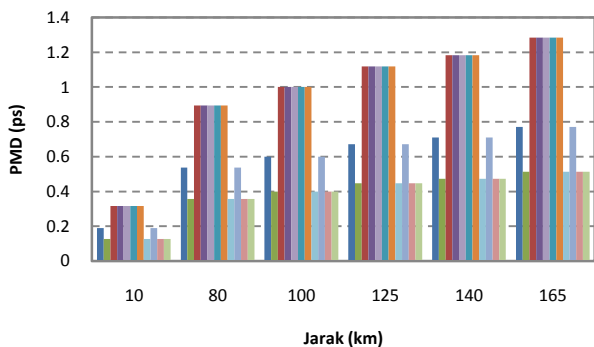
Selain 4 Jenis serat diatas, serat optik lainnya menunjukkan semakin jauh jarak transmisi daya beban berlebih yang dapat ditanggung sistem semakin kecil. Semakin besar kemampuan serat optik menanggung *overload* daya maka serat tersebut semakin baik. Nilai *overload* perlu diperhatikan untuk mengetahui kemampuan serat optik dalam menerima daya pada detektor.

Pada 10GE *overload* lebih besar dibanding dengan GE sehingga 10GE lebih baik nilai *overload*nya dibandingkan ketika menggunakan GE, namun secara pola grafik tiap serat relatif sama perubahannya terhadap variable jarak. Pada jarak 10 km nilai *overload* untuk setiap serat optik sama yaitu sebesar 7,096 dB. Pada jarak 140 km serat optik yang memiliki nilai *overload* terbaik yaitu 5,096 dB pada serat G.652-SMF-28E, 4,872 dB pada True Wave Reach dan 4,572 dB pada Free-Light. Pada jarak 160 km dengan menggunakan 10GE True Wave Reach memiliki nilai *overload* yang paling kecil walau selisih nilainya tidak jauh dibanding dengan nilai *overload* yang dimiliki serat optik lainnya yaitu sebesar 4,087 dB.

3.8 Analisis PMD

Rugi – rugi PMD terkecil yaitu pada serat dengan koefisien PMD 0,04 ps/ km yaitu True Wave Reach, Tera-Light, ELEAF dan True Wave RS sedangkan rugi – rugi PMD serat terbesar yaitu pada serat dengan koefisien PMD 0,1 ps/ km yaitu pada True Wave Plus, True Wave Minus, True Wave Classic, Metro-Core, dan Free-Light.

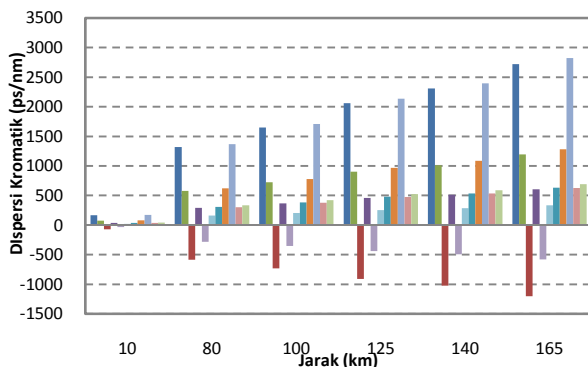
Perbedaan teknologi transmisi yang digunakan pada simulasi jaringan yaitu menggunakan GE dan 10GE tidak berpengaruh pada perhitungan rugi-rugi akibat PMD, sehingga nilai redaman pada GE dan 10-GE adalah sama, hal ini disebabkan karena parameter yang dipertimbangkan pada perhitungan hanya nilai koefisien PMD serat optik pada tiap jenis serat dan perubahan jarak transmisi.



Gambar 12 Grafik perbandingan PMD terhadap jarak

3.9 Analisis Dispersi Kromatik

Serat optik G.652-SMF dan G.652-SMF-28E dibuat berdasarkan standar ITU-T 6.652 memiliki nilai koefisien dispersi kromatik yang besar dibandingkan dengan serat optik dengan standar ITU-T 6.655, sehingga pada transmisi jarak jauh memiliki nilai dispersi yang besar yang dapat mengganggu informasi yang dikirim yang menyebabkan informasi tidak dapat diterima dengan baik, sehingga perlu dilakukannya kompensasi nilai dispersi.



Gambar 13 Grafik perbandingan PMD terhadap jarak

Pada serat optik dengan standar ITU-T G.655 nilai dispersi lebih kecil dibanding dengan standar ITU-T G.652, karena koefisiennya dispersi kromatiknya hanya 2 – 8 ps/(nm.km) pada NZDSF positif dan NZDSF negatif pada Metro-Core dan True Wave Minus nilai koefisien dispersi kromatiknya dirancang negatif yaitu sebesar -7,3 pada Metro Core dan -3,53 pada True Wave Minus

Perbedaan teknologi transmisi yang digunakan pada simulasi jaringan yaitu menggunakan GE dan 10GE tidak berpengaruh pada perhitungan rugi-rugi apa dispersi kromatik sehingga nilai redaman pada GE dan 10-GE adalah sama.

3.10 Analisis Kompensasi Dispersi Kromatik

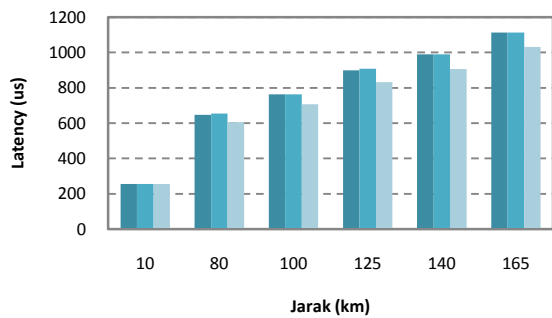
Jika nilai dispersi kromatik lebih besar dari 1000 ps/nm/km maka di butuhkan DCU agar informasi yang ditransmisikan dapat diterima dengan baik. DCU ini biasa digunakan pada serat optik dengan standar ITU-T G.652 karena pada jarak yang jauh memiliki nilai dispersi kromatik yang besar.

Pada tabel 3 terlihat bahwa pada jarak transmisi yang jauh nilai dispersi kromatik lebih besar dari 1000 ps/(nm.km) sehingga diperlukan DCU. Nilai *Residual CD* merupakan selisih dispersi kromatik dengan besarnya DCU yang digunakan. Terdapat bermacam-macam nilai DCU yang digunakan pada CTP. Penggunaan DCU tergantung kebutuhan sistem agar sistem tetap dapat bekerja secara optimal.

Tabel 3 Hasil Simulasi Kompensasi Dispersi Kromatik menggunakan DCU

Jenis Kabel	Jarak [Km]	CD [ps/nm]	DCU [ps/nm]	Residual CD [ps/nm]
G.652-SMF - 28E	10	165	0	165
G.652-SMF	10	171	0	171
G.652-SMF - 28E	80	1320	950	370
G.652-SMF	80	1368	1150	218
G.652-SMF - 28E	100	1650	1350	300
G.652-SMF	100	1710	1350	360
G.652-SMF - 28E	125	2062,5	1600	462,5
G.652-SMF	125	2137,5	1800	337,5
G.652-SMF - 28E	140	2310	1950	360
G.652-SMF	140	2394	1950	444
G.652-SMF - 28E	160	2640	1950	690
G.652-SMF	160	2736	1950	786
G.652-SMF - 28E	165	2722,5	1950	772,5
G.652-SMF	165	2821,5	1950	871,5

3.11 Analisis Latency



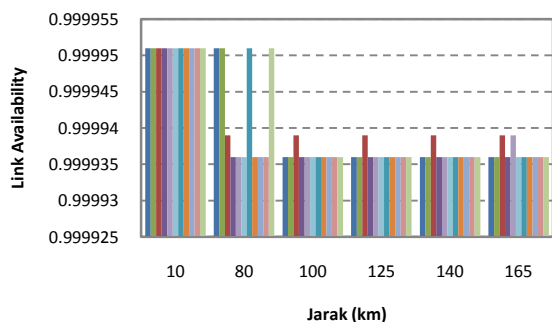
Gambar 14 Grafik perbandingan latency GE

Nilai *latency* pada G.655 lebih rendah dibanding dengan nilai *latency* pada G.652. Semakin kecil nilai *latency* suatu sistem maka sistem itu semakin baik. Perubahan nilai *latency* terhadap perubahan jarak linear, semakin jauh jarak transmisi maka nilai *latency* dari sistem tersebut akan semakin besar.

Semua serat optik dengan standar ITU-T G.655 memiliki nilai *latency* yang sama pada jarak yang sama. Sedangkan serat optik dengan standar ITU-T G.652 ada sedikit selisih antara G.652-SMF-28E dengan G.652-SMF. Pada transmisi dengan menggunakan 10GE nilai *latency* lebih kecil dibanding jika menggunakan GE.

3.12 Analisis Link Availability

Dari gambar 15 dapat diketahui bahwa pada jarak 10 km *link availability* setiap jenis serat optik adalah sama. Pada jarak 140 – 165 km terjadi peningkatan nilai *link availability* pada True Wave Minus, ini menunjukkan karakteristik dari jenis serat optik yang dirancang dengan nilai dispersi negatif, dimana pada jarak transmisi yang jauh memiliki nilai *link availability* yang lebih baik dibanding dengan jenis serat optik yang memiliki nilai dispersi positif. Nilai *link availability* pada jaringan yang menggunakan 10GE lebih besar dibanding jaringan yang menggunakan GE.

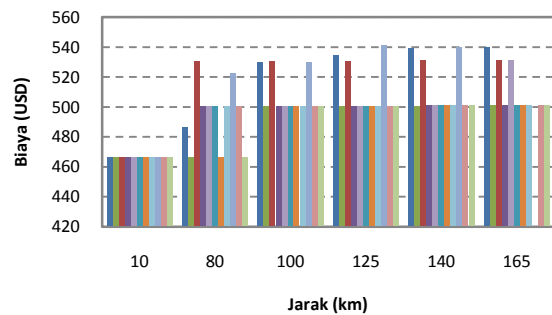


Gambar 15 Grafik perbandingan link availability GE

3.13 Analisis Biaya

Pada jarak 80 km, tentu kebutuhan biaya sistem semakin meningkat dimana Metro-Core menunjukkan peningkatan biaya yang paling besar dan G.652-SMF peningkatan biaya kedua Metro-Core. Sedangkan True Wave Reach, True Wave RS, dan Free-Light membutuhkan biaya sistem paling kecil sebab belum membutuhkan komponen tambahan amplifier.

Pada jarak transmisi 100 km Metro-Core, G.652-SMF, dan G.652-SMF-28E membutuhkan biaya sistem paling besar sedangkan jenis yang lainnya memiliki prakiraan biaya yang sama. Pada jarak 125 - 165 km, serat optik G.652-SMF, dan G.652-SMF-28E membutuhkan biaya sistem paling besar. Ini salah satunya disebabkan karena serat optik dengan standart ITU-T G.652 membutuhkan komponen DCU untuk mengkompensasi rugi-rugi akibat dispersi yang besar sedang pada serat optik dengan standar ITU-T G.655 tidak. Pada jarak 140 km, True Wave Reach membutuhkan biaya sistem yang paling rendah. Dan pada jarak 165 km, prakiraan biaya pada True Wave Minus meningkat setara dengan Metro-Core, ini menunjukkan selain serat optik yang memiliki nilai dispersi yang besar, serat optik yang memiliki nilai koefisien dispersi negatif juga membutuhkan biaya yang relatif besar dalam perancangannya.



Gambar 16 Grafik perbandingan biaya sistem GE

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa jenis serat optik yang paling optimal pada sistem DWDM baik pada GE dan 10GE adalah True Wave Reach karena memiliki rata - rata redaman serat yang kecil sebesar 23,23 dB dengan koefisien redaman 0,22 dB/km, membutuhkan daya yang relatif kecil dibandingkan serat lainnya, mempunyai nilai OSNR dan *overload* yang baik, memiliki koefisien dispersi yang kecil yaitu 7,23 ps/nm/km dan PMD 0,04 ps/ km sehingga tidak membutuhkan DCU, dengan nilai *latency* yang cepat karena merupakan serat dengan standar ITU-T G.655, serta memiliki *link availability* yang bagus dan

estimasi biaya perancangan yang rendah. Sedangkan serat dengan performa paling rendah pada GE yaitu G.652-SMF serat dengan standar ITU-T G.652 yang memiliki koefisien dispersi terbesar yaitu 17,1 ps/nm/km sehingga membutuhkan DCU dalam perancangannya dan pada 10GE Metro-core walaupun dirancang dengan koefisien dispersi negatif sebesar -7,3 ps/nm/km sehingga memiliki rugi – rugi yang kecil namun membutuhkan daya yang besar pada sistemnya.

Adapun saran yang dapat diberikan sehubungan dengan pelaksanaan penelitian ini adalah penelitian ini dapat dikembangkan untuk menganalisis kinerja jaringan DWDM berdasarkan pengaruh panjang gelombang dengan L-band, dengan menganalisis pengaruh komponen – komponen optik seperti amplifier pada sistem komunikasi serat optik dengan menggunakan teknologi DWDM, dapat dikembangkan untuk sistem komunikasi serat optik dengan kondisi topologi jaringan yang lebih kompleks dan dengan teknologi transmisi dengan kecepatan data yang lebih besar serta jarak transmisi yang lebih jauh, dan juga dengan menganalisis pengaruh berbagai macam format modulasi pada sistem komunikasi serat optik

Referensi

- [1] Rodhiah, Hana Adha. Perancangan Peningkatan Kapasitas Link 10 Gigabit Pada Jaringan Backbone DWDM Sumatera di PT. Chevron Pacific Indonesia. Laporan Kerja Praktek Teknik Elektro Undip. 2013.
- [2] Sitorus, Maya Armys Roma, Analisis Perancangan Serat Optik DWDM Jalur Semarang – Solo – Jogjakarta di PT. INDOSAT, Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia. 2009.
- [3] Salim, Dian Agus. Perencanaan Jaringan Serat Optik DWDM PT. Bakrie Telecom, Tbk Link Bogor – Bandung. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia. 2008.
- [4] Leza, Yorashaki Martha. Analisis Perancangan Sistem Transmisi Serat Optik DWDM PT. Telkom Indonesia, Tbk Lin Jakarta – Banten. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia. 2011.
- [5] Cisco System. Cisco Transport Planner Release 9.2 DWDM Operations Guide. USA : Cisco System, Inc. 2012 <http://www.cisco.com>
- [6] Chomycz, Bob. Planning fiber optic Networks. New York. Mc Graw Hill. 2009.
- [7] Stavdas, Alexnadros. Core and Metrocore Networks. John Wiley & Sons, Inc. India.2010.
- [8] Antil, Reeba.Pinki.Beniwal,Sonal.2012.Overview of DWDM Technology & Network. International Journal Of Scientific & Technology Research. Volume 1,Issue 11.
- [9] Richards, Douglas.Allen, Chistopher.Demarest, Kenneth.Hui, Rongging. Legacy Fiber Meets Long-Haul Network Needs.WDM Solutions.March/April 2003.
- [10] Mazzaresse, David.2010.Choosing the Right Fiber for a Long Haul Route.Optical Fiber Systems A Fukukawa Company.
- [11] Manalu, Donda Maria Tiurma.Analisis Perancangan Jaringan Serat Optik DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) Untuk Link Medan – Langsa. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara. 2012.
- [12] Tomkos,I, And Team.Demonstration of Negative Dispersion Fibers for DWDM Metropolitan Area Networks. IEEE Journal On Selected Topics In Quantum Electronics, Vol. 7, No. 3, May/June 2001.