

ANALISIS KINERJA JARINGAN DWDM MODEL MULTISITE SEDERHANA MENGGUNAKAN CISCO TRANSPORT PLANNER RELEASE 9.2

Adela Ika Anindita^{*)}, Imam Santoso, Ajub Ajulian Zahra

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

^{*)} Email: adelanidita@gmail.com

Abstrak

Serat optik merupakan media transmisi yang mampu melakukan pengiriman data dalam jumlah besar. Untuk mendukung pentransmisi menggunakan serat optik diperlukan teknik yang menunjang yaitu teknik multiplexing. Seiring meningkatnya kebutuhan transmisi data dikembangkan teknik multiplexing DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) yang mampu mentransmisikan lebih dari 400 panjang gelombang dalam satu serat optik. Dalam implementasi sistem komunikasi serat optik dengan menggunakan teknik multiplexing DWDM perlu analisis kinerja jaringan. Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan analisis kinerja model multisite sederhana jaringan DWDM. Terdapat beberapa macam kabel serat optik yang digunakan yakni G.652-SMF, True Wave Reach, G.652-SMF-28E, dan Free Light. Sedangkan, jenis teknologi transmisi untuk teknologi DWDM yang digunakan antara lain 10 Gigabit Ethernet, dan 40 Gigabit Ethernet. Parameter yang dijadikan tolak ukur antara lain nilai attenuasi, nilai dispersi serat optik, dan nilai tundaan. Dengan bantuan perangkat lunak atau aplikasi perancangan jaringan DWDM dimungkinkan untuk diketahui kinerja dari jaringan yang diinginkan. Dari analisis yang dilakukan performansi paling baik dalam perancangan ini ditunjukkan pada serat optik dengan variasi G.652-SMF-28E, G.652-SMF-28E, dan Free-light pada teknologi 10GE dengan nilai rata-rata link availability sebesar 0,999913. Sedangkan, pada kombinasi serat optik dengan ketiganya menggunakan Free-light dengan teknologi transmisi 40GE-40GE-10GE menunjukkan performa paling rendah dengan nilai 0,999907.

Kata kunci: DWDM, Kinerja Jaringan, Parameter, Multisite

Abstract

An optical fiber medium capable of sending large amounts of data. To support the use of fiber-optic transmission technique that required multiplexing techniques. With the increasing need for data transmission multiplexing techniques developed DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) is capable of transmitting more than 400 wavelengths in a single optical fiber. In the implementation of fiber optic systems using DWDM multiplexing techniques necessary network performance. Based on the analysis of the performance of the simple model multisite DWDM networks. There are several kinds of fiber optic that are G.652 SMF, True Reach Wave, G.652-SMF-28E, and Free Light. Meanwhile, the type of transmission technology for DWDM technologies used include 10 Gigabit Ethernet, and 40 Gigabit Ethernet. Parameters are used value of attenuation, optical fiber dispersion value, and value of delay. With the help of software or application design DWDM networks it is possible to note the performance of the network is required. From the analysis best performance in this design is shown in optical fibers with variations G.652-SMF-28E, G.652-SMF-28E, dan Free-light on 10GE technology with 0.999913 link availability. Whereas, in combination with a third optical fiber using Free-light transmission technology with 40GE-40GE-10GE showed the lowest performance 0.999907.

Keywords: DWDM, Networks Performance, Parameters, Multisite

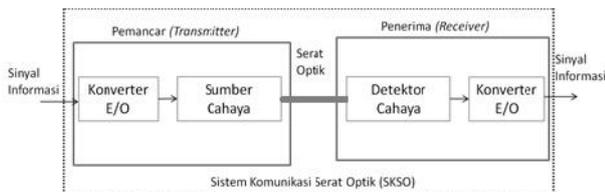
1. Pendahuluan

Teknik *multiplexing* ini pertama kali digunakan yaitu WDM (*Wavelength Divison Multiplexing*). Seiring meningkatnya kebutuhan transmisi data dikembangkan teknik *multiplexing* yang lain yaitu DWDM (*Dense*

Wavelength Division Multiplexig) yang mampu mentransmisikan lebih dari 400 panjang gelombang dalam satu serat optik. Laju pengiriman data menggunakan media serat optik dapat mencapai hingga 1 Tbps atau 1.000 Gbps dengan didukung oleh kombinasi kabel dan teknologi transmisi yang digunakan dalam

proses pengiriman data. Dalam implementasi sistem komunikasi serat optik dengan menggunakan teknik *multiplexing* DWDM perlu diketahui kinerja jaringan. Parameter yang dijadikan tolak ukur antara lain nilai attenuasi, nilai dispersi serat optik, dan nilai tundaan. Dengan bantuan perangkat lunak atau aplikasi perancangan jaringan DWDM dimungkinkan untuk diketahui kinerja dari jaringan yang diinginkan.

Berdasarkan hal tersebut dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis kinerja model multisite sederhana topologi point to point terhadap pengaruh kombinasi penggunaan kabel dan kombinasi teknologi transmisi pada perancangan jaringan DWDM. Terdapat beberapa macam kabel serat optik yang digunakan pada tugas akhir ini yakni G.652-SMF, True Wave Reach, G.652-SMF-28E, dan Free Light. Sedangkan, jenis teknologi transmisi untuk teknologi DWDM yang digunakan antara lain 10 Gigabit Ethernet, dan 40 Gigabit Ethernet. Dengan menggunakan perangkat lunak Cisco Transport Planner 9.2 (CTP) akan dilakukan simulasi jaringan DWDM sebagai acuan untuk menganalisis kinerja dari jaringan yang dirancang.

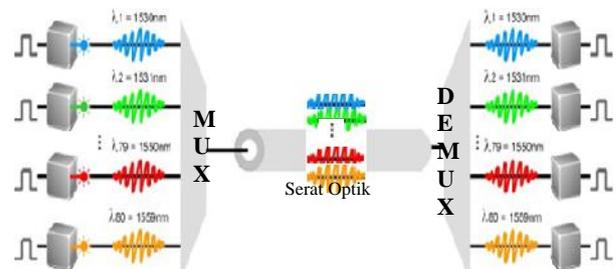


Gambar 1 Konfigurasi Sistem Transmisi Serat Optik^[1]

Sistem komunikasi serat optik adalah suatu sistem komunikasi yang menggunakan kabel serat optik sebagai saluran transmisinya 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]

Jenis serat optik yang mendukung pada sistem komunikasi serat optik *single mode* antara lain

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.^[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).
- **40 Gigabit Ethernet (40 GE)**
 10 *gigabit Ethernet* (40GE) mengacu pada berbagai teknologi untuk transmisi *frame Ethernet* dengan kecepatan 40 *gigabit* per detik (40×10^9 bit per detik)

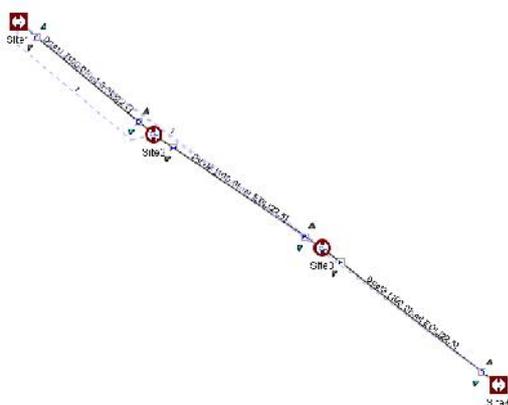
2. Metode

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, tipe proteksi
 Berdasarkan tabel 2 dan 3, simulasi yang dilakukan pada tugas akhir ini yaitu sebanyak 20 kondisi jaringan dimana setiap kondisi tersebut akan dilakukan untuk 4 jenis serat optik dan 4 teknologi yang akan dibandingkan kinerjanya sehingga total simulasi pada tugas akhir ini adalah sebanyak 80 simulasi dengan jumlah sites 4 dan jarak 300km. Berikut adalah tampilan simulasi yang dilakukan pada tugas akhir ini :



Gambar 3 Simulasi variasi 1 teknologi 10GE

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

Serat Optik	Redaman (dB)	Kromatik Dispersi (ps/nm/km)	PV ($\frac{ps}{\sqrt{km}}$)	Standar d ITU-T
G.652-SMF-28 E	0,22	16,5	0.06	G.652
True Wave Reach	0,22	7,23	0.04	G.655
G.652-SMF	0,25	17,1	0.06	G.652
Free Light	0,23	3,83	0.1	G.655

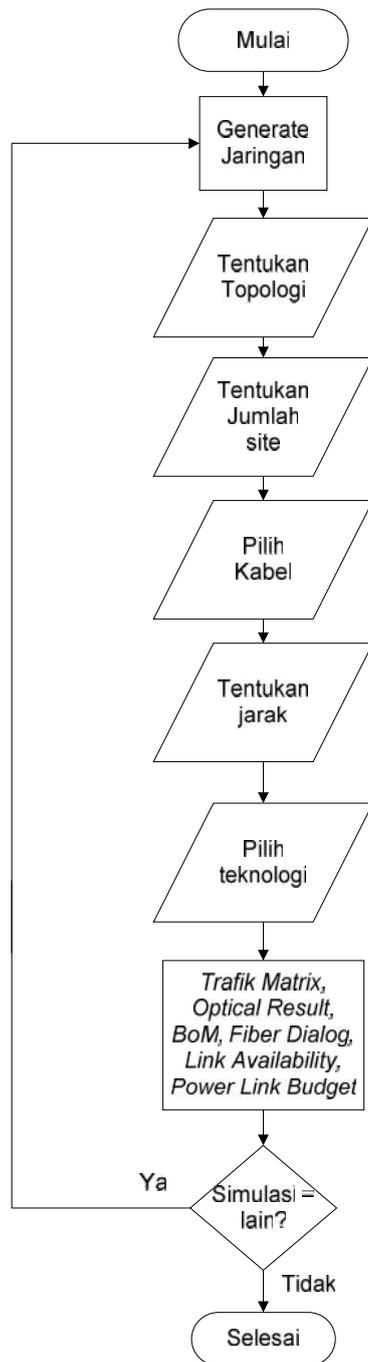
Tabel 2 Kombinasi kabel

Kombinasi Serat Optik	Kabel ke-1	Kabel ke-2	Kabel ke-3
Variasi1	G.652-SMF-28 E	G.652-SMF-28 E	G.652-SMF-28 E
Variasi2	G.652-SMF-28 E	G.652-SMF-28 E	True Wave Reach
Variasi 3	G.652-SMF-28 E	G.652-SMF-28 E	G.652-SMF
Variasi 4	G.652-SMF-28 E	G.652-SMF-28 E	Free Light
Variasi5	True Wave Reach	True Wave Reach	G.652-SMF-28 E
Variasi 6	True Wave Reach	True Wave Reach	True Wave Reach
Variasi 7	True Wave Reach	True Wave Reach	G.652-SMF
Variasi 8	True Wave Reach	True Wave Reach	Free Light
Variasi 9	G.652-SMF	G.652-SMF	G.652-SMF-28 E
Variasi 10	G.652-SMF	G.652-SMF	True Wave Reach
Variasi 11	G.652-SMF	G.652-SMF	G.652-SMF
Variasi 12	G.652-SMF	G.652-SMF	Free Light
Variasi 13	Free Light	Free Light	G.652-SMF-28 E
Variasi 14	Free Light	Free Light	True Wave Reach
Variasi 15	Free Light	Free Light	G.652-SMF
Variasi 16	Free Light	Free Light	Free Light
Variasi 17	G.652-SMF-28 E	True Wave Reach	G.652-SMF
Variasi 18	G.652-SMF-28 E	True Wave Reach	Free Light
Variasi 19	G.652-SMF-28 E	G.652-SMF	Free Light
Variasi 20	True Wave Reach	G.652-SMF	Free Light

Tabel 3 Kombinasi teknologi

Kombinasi Teknologi Transmisi	Teknologi Kabel ke-1	Teknologi Kabel ke-2	Teknologi Kabel ke-3
10GE	10 GE	10 GE	10 GE
40GE	40GE	40GE	40GE
Variasi 1	10 GE	10 GE	40GE
Variasi 2	40GE	40GE	10 GE

2.2 Diagram Alir Simulasi



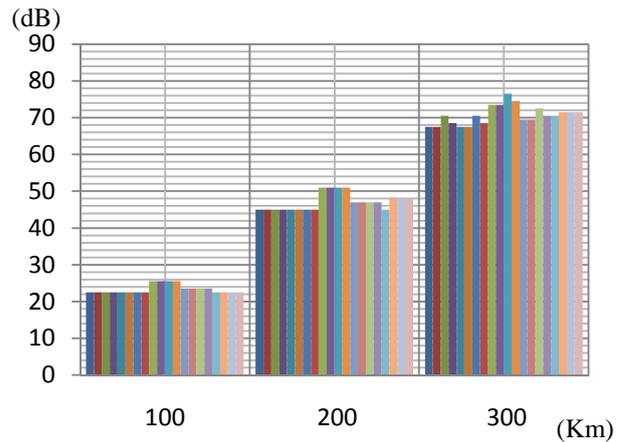
Gambar 4 Diagram alir simulasi

3. Hasil dan Analisa

Analisis dan pembahasan hasil simulasi jaringan DWDM dengan berbagai kombinasi tipe fiber optik untuk *multisite* sederhana yang dijalankan dengan menggunakan perangkat lunak simulator Cisco Transport Planner 9.2. Simulasi dijalankan dengan 20 kondisi jaringan yang terdiri dari 4 kombinasi teknologi transmisi dan 20 kombinasi pemilihan kabel dimana setiap kondisi jaringan disimulasikan pada jaringan DWDM. Simulasi tersebut

mengkombinasikan beberapa tipe kabel serat optik dalam suatu jaringan. Jaringan yang dibuat mempunyai *sites* sejumlah 4. *Sites* pertama digunakan sebagai *sites* pengirim sedangkan ketiga *sites* lain digunakan sebagai *sites* penerima. Dari simulasi akan didapat nilai-nilai parameter jaringan berupa nilai OSNR, *power link budget*, rugi-rugi serat optik, rugi-rugi akibat dispersi, *latency*, dan *link availability*.

3.1 Hasil Analisis Rugi-Rugi Akibat Redaman



Gambar 5 Grafik perbandingan redaman fiber terhadap jarak

Pada jaringan ini kombinasi 4 kabel serat optik yakni G.652-SMF-28E, True Wave Reach, G.652-SMF, dan Free-Light. Kabel serat optik tipe G.652-SMF memiliki karakteristik redaman yaitu 0,25 dB/km, sedangkan pada Free-Light sebesar 0,23 dB/km. Kabel serat optik 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 yaitu 10GE, 40GE dan kombinasi antara keduanya tidak berpengaruh pada perhitungan rugi-rugi redaman serat, karena parameter yang dipertimbangkan hanya nilai redaman serat pada tiap jenis serat dan nilai redaman konektor.

3.2 Hasil Analisis Daya di Perima (P_{rx}) dan di Pengirim (P_{tx})

Hasil olahan data simulasi yang didapat dari *optical result* yang menunjukkan besarnya daya yang diterima dari masing-masing kombinasi serat sehingga informasi yang dikirim dapat tersampaikan dengan baik. Semakin jauh jarak transmisi maka semakin kecil daya yang ditunjukkan pada sisi penerima.

Daya yang dikirim didapat dari hasil perhitungan *power link budget*, dimana daya yang kirim merupakan daya

total dari daya yang diterima yang didapat dari hasil hasil *optical result*, nilai redaman total serat didapat dari *fibers dialog* dan nilai rugi-rugi margin dari *power margin* hasil *optical result*.

Tabel 4 Daya Penerimaan dan Pengiriman Pada jarak 100 km

FO	100 km/ Ptx (dBm)				100 km/ Prx (dBm)			
	10 GE	40 GE	Var 1	Var 2	10 GE	40 GE	Var 1	Var 2
V1	13,38	12,38	13,38	12,38	-13,45	-13,29	-13,29	-12,9
V2	13,38	12,38	13,38	12,38	-13,45	-13,29	-13,29	-12,9
V3	13,38	12,38	13,38	12,38	-13,26	-13,29	-13,29	-13,25
V4	13,38	12,38	13,38	12,38	-13,29	-13,29	-13,29	-13,29
V5	13,36	12,36	13,36	12,36	-13,45	-13,29	-13,29	-13,29
V6	13,36	12,36	13,36	12,36	-13,45	-13,29	-13,29	-12,87
V7	13,36	12,36	13,36	12,36	-13,24	-13,29	-13,29	-13,23
V8	13,36	12,36	13,36	12,36	-13,27	-13,29	-13,29	-13,27
V9	16,37	15,38	16,38	15,38	-13,29	-13,29	-13,29	-13,28
V10	16,37	15,38	16,38	15,38	-13,29	-13,29	-13,29	-13,28
V11	16,37	15,38	16,38	15,38	-13,97	-13,29	-13,29	-13,96
V12	16,37	15,38	16,38	15,38	-13,11	-13,29	-13,29	-13,13
V13	14,38	13,38	14,38	13,38	-13,39	-13,29	-13,29	-13,39
V14	14,38	13,38	14,38	13,38	-13,39	-13,29	-13,29	-13,41
V15	14,38	13,38	14,38	13,38	-13,04	-13,29	-13,29	-13,06
V16	14,38	13,38	14,38	13,38	-13,38	-13,29	-13,29	-14,13
V17	13,38	12,38	13,38	12,38	-13,26	-13,29	-13,29	-13,25
V18	13,38	12,38	13,38	12,38	-13,27	-13,29	-13,29	-13,27
V19	13,38	12,38	13,38	12,38	-13,2	-13,29	-13,29	-13,22
V20	13,36	12,36	13,36	12,36	-13,2	-13,29	-13,29	-13,22

Jika dibandingkan daya terima pada 10GE dengan 40GE dari simulasi terlihat bahwa daya yang diterima pada 40 GE lebih besar di banding 10GE. Secara pola grafik antara penggunaan 10GE dan 40GE relatif sama dimana pada setiap jarak yang disimulasikan daya terima setiap kabel hampir sama dan pada jarak transmisi yang lebih jauh kombinasi dengan kabel G.652-SMF-28E dan True Wave Reach menunjukkan performa yang lebih baik. CTP akan secara otomatis mencari sistem yang paling optimal untuk masing-masing serat optik sehingga daya yang diterima tetap dapat diterima dengan baik pada detektor dengan nilai BER yang diharapkan sebesar 10^{-15} untuk teknologi transmisi 10GE dan 10^{-12} untuk teknologi transmisi 40GE.

Dari tabel 7 terlihat bahwa daya transmisi berbanding lurus dengan perubahan jarak, dimana semakin jauh jarak transmisi semakin besar daya yang harus dikirimkan. Pada hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya transmisi berbanding lurus dengan perubahan jarak.

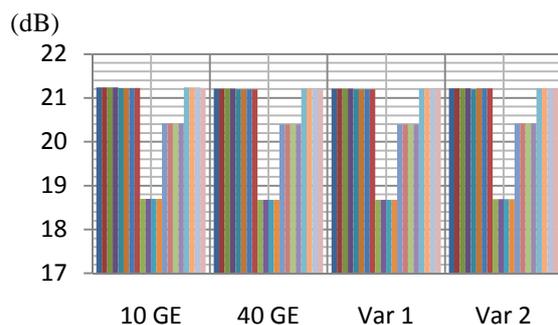
Semakin jauh jarak transmisi semakin besar daya yang harus dimiliki oleh pengirim

Pada jarak terjauh simulasi terlihat pada kombinasi kabel yang banyak menggunakan tipe G.652-SMF membutuhkan daya yang paling besar yakni 67.9 dBm. Untuk jarak 300 km kombinasi dengan menggunakan lebih banyak kabel true wave reach dan G.652-SMF-28E memiliki daya pengiriman yakni 59.07 dBm dan 58.08125 dBm. Semakin kecil daya yang dibutuhkan semakin optimal pula sistem tersebut.

3.4 Hasil Analisis OSNR

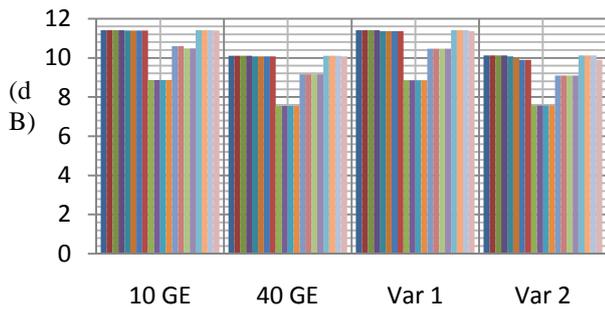
OSNR merupakan perbandingan antara sinyal yang ditransmisikan dengan *noise* yang menyertainya. Semakin besar nilai OSNR menunjukkan kinerja sistem yang semakin baik. Nilai OSNR didapat dari hasil *optical result*.

Dari gambar grafik 4.8 pada jarak 100 km nilai OSNR untuk tiap teknologi transmisi mempunyai nilai yang sama sesuai dengan tipe kabel. Pada gambar grafik 4.9 dan 4.10 terlihat pada jarak 200 kmdan 300 km untuk teknologi transmisi 10GE dan 40GE berlaku hal tersebut juga. Dengan melihat gambar grafik 4.8, 4.9 dan 4.10 dapat disimpulkan bahwa OSNR kabel serat optik berbanding terbalik dengan perubahan jarak, dimana semakin jauh jarak transmisi maka nilai OSNR akan semakin kecil, dan terlihat bahwan dari 4 jenis serat optik yang ada True Wave Reach memiliki nilai OSNR yang paling besar seiring dengan jarak transmisi yang semakin jauh. Pada jarak 100 km grafik OSNR kembali naik dengan signifikan karena CTP secara otomatis menambahaka amplifier untuk menguatkan sinyal.



Gambar 6 Grafik perbandingan OSNR jarak 100 km dengan teknologi transmisi

3.5 Hasil Analisis Margin OSNR



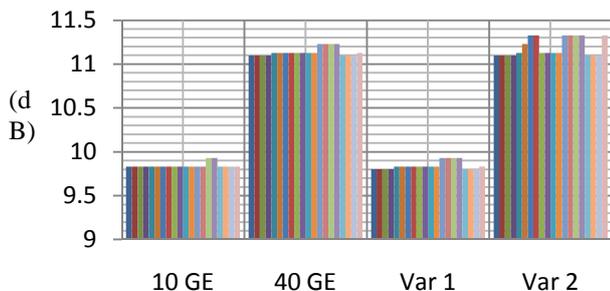
Gambar 7 Grafik perbandingan Margin OSNR jarak 100km dengan teknologi transmisi

OSNR margin merupakan nilai batas OSNR minimum yang dapat diterima sistem agar informasi yang dikirimkan dapat diterima dengan baik. Semakin besar nilai OSNR margin suatu serat optik maka kinerja serat optik tersebut semakin baik. Pola grafik tidak jauh berbeda dengan pola grafik OSNR G.652-SMF-28E, True Wave Reach, dan Free-Light.

Nilai margin OSNR ini salah satu faktor yang mempengaruhi indikator warna SOL pada hasil simulasi menggunakan CTP. Jika indikator berwarna hijau menunjukkan perancangan sistem yang dibuat mampu berjalan baik dengan presentase keberhasilan 100% dengan nilai margin OSNR lebih besar dari 0, kuning menunjukkan keberhasilan dengan tingkat kegagalan 0 – 16 % dengan nilai margin OSNR -0,1 hingga -1, jingga tingkat kegagalan 16% - 50% dan indikator merah menunjukkan perancangan tidak dapat digunakan dengan nilai margin OSNR lebih kecil dari -1.

Nilai margin OSNR dengan menggunakan 40GE lebih kecil dibandingkan dengan 10GE. Ini menyebabkan jarak transmisi pada 40GE tidak bisa sejauh 10GE. Pada 200 km indikator SOL pada kombinsai kabel kelimabelas berwarna kuning. Hal ini menyebabkan 40GE tidak mampu mentransmisikan data pada jarak yang jauh.

3.6 Analisis Penguatan Pada OSNR

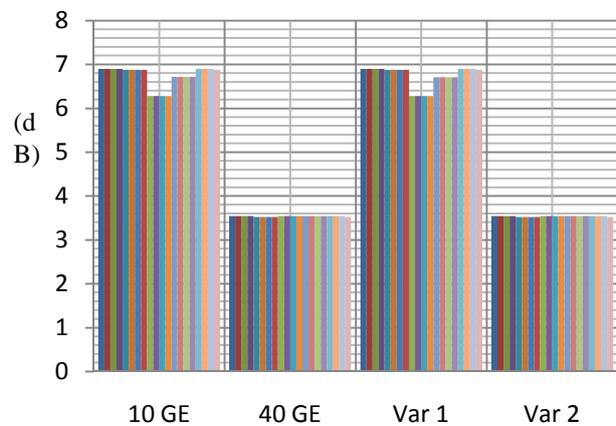


Gambar 8 Grafik perbandingan Penguatan OSNR jarak 100km dengan teknologi transmisi

Pada 10GE besarnya nilai penguatan OSNR ini secara otomatis ditentukan oleh CTP dimana nilainya berkisar 8 dB hingga 10 dB sedangkan, pada 40GE besar penguatan lebih besar nilai penguatan yang harus diberikan yaitu 10 dB hingga 11dB. Kabel serat optik , khususnya pada G.652-SMF-28E dan True Wave Reach cenderung stabil. Serat optik yang baik adalah serat optik yang semakin jauh jarak transmisi yang diinginkan nilai penguatan OSNR sama atau bahkan lebih kecil. Dan secara umum pada 10GE dan 40GE nilai penguatan OSNR yang dibutuhkan setiap serat optik relatif sama atau tidak jauh berbeda.

Nilai penguatan OSNR yang dibutuhkan pada 40GE lebih besar dibandingkan dengan OSNR yang dibutuhkan pada 10GE yaitu berkisar 10 dB – 11 dB. Penguatan terbesar diberikan pada kabel dengan penggunaan jenis freelight terbanyak dengan teknologi transmisi yang digunakan 10GE. Pada 40 GE untuk jarak yang sama penguatan cenderung lebih stabil pada jarak 100 km maupun 300 km. Penguatan ini diperlukan sehingga nilai OSNR yang diterima sesuai dengan nilai OSNR yang diharapkan agar informasi yang dikirimkan dapat ditransmisikan dengan baik sampai ke ujung kabel serat optik.

3.7 Hasil Analisis Overload Daya



Gambar 9 Grafik perbandingan overload (dB) pada jarak 100 km dengan teknologi transmisi

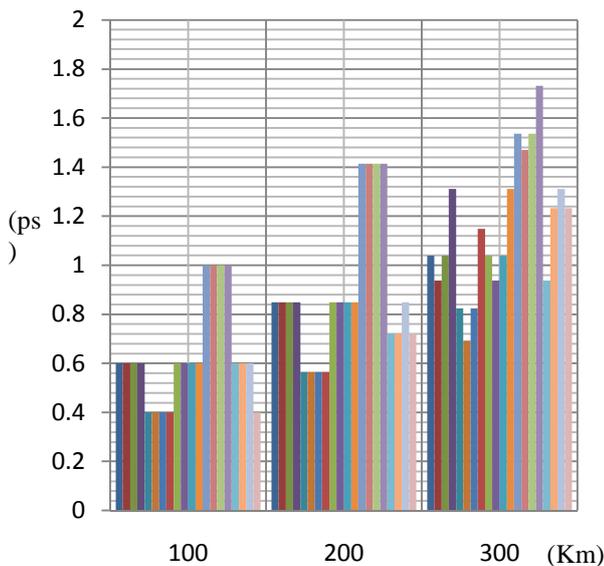
Overload daya menunjukkan nilai batasan daya berlebih yang dapat ditanggung oleh sistem pada penerima. Dari gambar 11 terlihat bahwa nilai overload pada 40GE lebih besar dibanding dengan 10GE sehingga 40GE lebih baik nilai overloaddnya dibandingkan ketika menggunakan 40GE, namun secara pola grafik tiap serat relatif sama perubahannya terhadap variable jarak. Pada jarak 100 km serat optik dengan teknologi 10GE dan variasi yang memiliki nilai overload yaitu 6,90 dB pada serat G.652-SMF-28E, 6,88 dB pada True Wave Reach, dan 6,72 dB pada Free-Light. Pada jarak 100 km serat optik dengan teknologi 40GE dan variasi 2 yang memiliki nilai overload

yaitu 3,55 dB pada serat G.652-SMF-28E, 3,53 dB pada True Wave Reach, dan 3,52dB pada Free-Light. Pada jarak 200 km dan 300km dengan menggunakan yang ketiganya 10GE True Wave Reach memiliki selisih nilai *overload* yang paling kecil.

3.8 Hasil Analisis PMD

Rugi-rugi dispersi akibat PMD relatif kecil sehingga tidak menyebabkan *error* yang besar pada proses transmisi data. Nilai PMD masing-masing serat optik telah ditentukan oleh vendor yang memproduksi serat optik berdasarkan standart yang telah ditetapkan oleh ITU-T, sehingga nilai PMD tidak dapat diubah-ubah atau dihilangkan.

Perbedaan teknologi transmisi yang digunakan pada simulasi jaringan yaitu menggunakan 10GE dan 40GE 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.

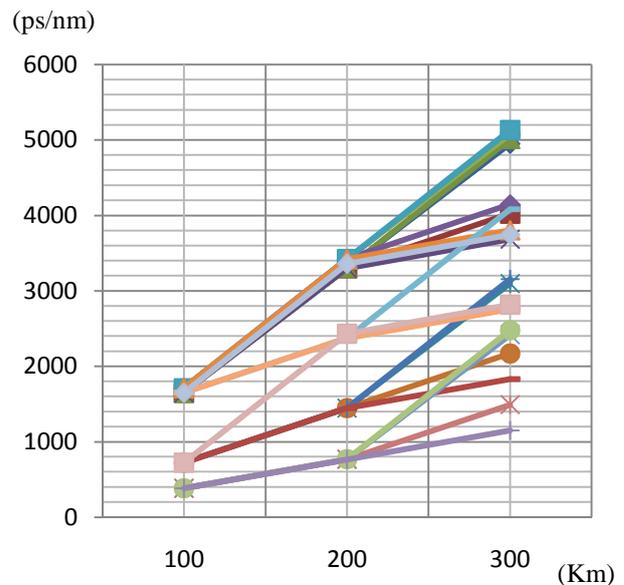


Gambar 10 Grafik perbandingan PMD terhadap jarak

3.9 Hasil 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.

Perbedaan teknologi transmisi yang digunakan pada simulasi jaringan yaitu menggunakan 10GE dan 40GE tidak berpengaruh pada perhitungan rugi-rugi apa dispersi kromatik sehingga nilai redaman pada 10GE dan 40-GE adalah sama. Hal ini disebabkan karena parameter yang dipertimbangkan pada perhitungan hanya nilai koefisien Dispersi kromatik serat optik pada tiap jenis serat dan perubahan jarak transmisi.



Gambar 11 Grafik perbandingan dispersi kromatik(ps/nm) terhadap jarak (km)

3.10 Hasil Analisis Kompensasi Dispersi Kromatik

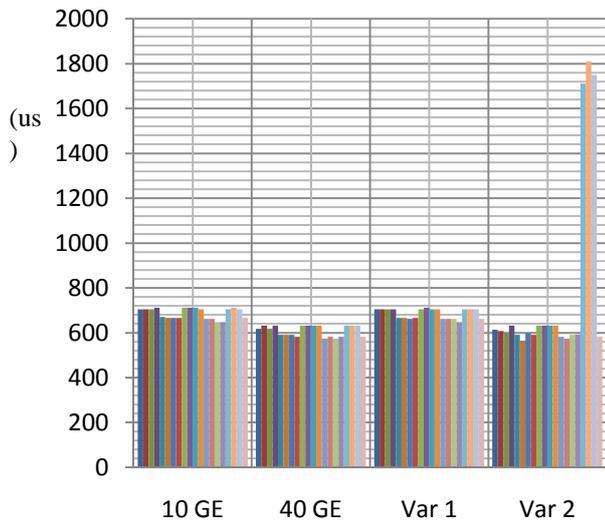
Untuk mengatasi nilai dispersi kromatik yang besar, rugi-rugi dispersi dapat dikompensasi dengan menggunakan kompensator dispersi optik yang disebut *Dispersion Compensation Fibers* (DCF) atau pada simulasi menggunakan CTP disebut *Dispersion Compensation Units* (DCU). Jika nilai dispersi kromatik lebih besar dari 1000 ps/nm/km maka di butuhkan DCU agar informasi yang ditransmisikan dapat diterima dengan baik.

Tabel 5 Hasil Simulasi Kompensasi Dispersi Kromatik menggunakan DCU jarak 100 km

FO	Kompensasi Dispersi kromatik (ps/nm)			
	10 GE	40 GE	Var 1	Var 2
V1	300	50	-300	150
V2	300	50	-27	300
V3	300	50	373	500
V4	150	50	-427	-300
V5	173	-227	-227	-27
V6	273	-227	-240	373
V7	273	-227	-240	-427
V8	273	-27	-240	-227
V9	210	-240	-240	-240
V10	210	-240	-367	-240
V11	210	-240	-167	-240
V12	360	-240	-567	-240
V13	33	33	-67	-367

V14	33	-67	-300	-167
V15	383	33	-300	-567
V16	383	33	-300	-67
V17	300	-300	-27	-300
V18	150	150	-300	-300
V19	300	-300	-27	-300
V20	273	-27	373	-27

3.11 Hasil Analisis Latency



Gambar 12 Grafik perbandingan latency dengan teknologi transmisi pada jarak 100 km

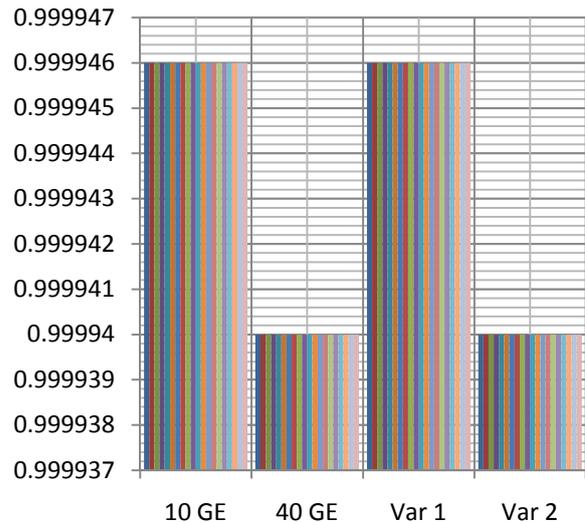
Nilai latency pada G.655 lebih rendah dibanding dengan nilai latency pada G.652. Semakin kecil nilai latency suatu sistem maka sistem itu semakin baik. Perubahan nilai latency terhadap perubahan jarak linear, semakin jauh jarak transmisi maka nilai latency dari sistem tersebut akan semakin besar.

Jika dibandingkan gambar 4.24, 4.25 dengan gambar 4.26 pola grafik latency tidak jauh berbeda antara menggunakan 10GE dan 40 GE. Pada transmisi dengan menggunakan 40GE nilai latency lebih kecil dibanding jika menggunakan 10GE. Semakin besar kapasitas data yang dikirim maka semakin cepat data yang dapat dikirim sehingga waktu transmisi yang dibutuhkan semakin singkat. Namun pada jaringan yang terdiri dari dari 2 teknologi transmisi 40 GE dan 1 teknologi 10GE latency cenderung tetap pada setiap jarak.

3.12 Analisis Link Availability

Link availability merupakan presentase akan kemampuan sistem secara keseluruhan dimana dilihat dari nilai tingkat kegagalan unit dan waktu yang dibutuhkan sistem untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi. Semakin besar nilai link availability, maka semakin baik dan handal sistem tersebut karena memiliki presentase kehandalan sistem yang tinggi.

Pola grafik link availability pada jaringan menggunakan teknologi 40GE relatif sama dibanding dengan jaringan yang menggunakan 10GE. Namun nilai link availability pada jaringan yang menggunakan 40GE lebih kecil dibanding jaringan yang menggunakan 10GE, sehingga pada 10GE memiliki nilai link availability yang lebih baik karena semakin besar sistem link availability sistem akan semakin optimal.



Gambar 13 Grafik perbandingan link availability pada jarak 100 km dengan teknologi transmisi

4. Kesimpulan

Dari seluruh parameter yang dipertimbangkan kombinasi kabel variasi 5 (True Wave Reach, True Wave Reach, dan G.652-SMF-28E) dengan teknologi transmisi menggunakan 10GE menunjukkan performa paling baik. Sedangkan, pada kombinasi kabel variasi 11 yang ketiganya menggunakan Free-light dengan teknologi transmisi 40GE pada dua kabel dan sisanya 10GE menunjukkan performansi paling rendah.

Kombinasi serat optik mempunyai nilai rata-rata daya pengiriman terkecil adalah kombinasi serat optik variasi 5 (True Wave Reach- True Wave Reach- G.652-SMF-28E) membutuhkan rata-rata daya terkecil sebesar 35,27 dBm pada teknologi transmisi 40GE dan variasi 2(40GE,40GE, dan 10GE), Pada variasi 1(10GE-10GE-40GE) kombinasi serat optik variasi 16 yang ketiganya Free-light memiliki nilai rata - rata OSNR terbesar yaitu 18,41 dB dan 10GE kombinasi serat optik variasi 2(G.652-SMF-28E-G.652-SMF-28E-True Wave Reach) memiliki nilai rata - rata OSNR terkecil yaitu 13,97 dB.

Adapun saran yang dapat diberikan sehubungan dengan pelaksanaan penelitian ini adalah penelitian ini dapat

dikembangkan untuk dikembangkan untuk menganalisis kinerja jaringan DWDM berdasarkan pengaruh panjang gelombang dengan L-band. Analisis efek *non-linear* pada sistem komunikasi serat optik dengan menggunakan teknologi DWDM, dan dikembangkan untuk sistem komunikasi serat optik dengan kondisi topologi jaringan yang lebih kompleks dan dengan teknologi transmisi dengan kecepatan data yang lebih besar. Pada tugas akhir ini menggunakan metro-WDW untuk variasi jarak untuk penelitian berikutnya dapat dikembangkan menggunakan jaringan DWDM pada kondisi *long-haul*.

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 Networs*. John Wiley & Sons, Inc. India.2010.
- [8]. Hurwitz, Justin. Wu-chun Feng. *Initial End-to-End Performance Evaluation of 10-Gigabit Ethernet*. 11th Symposium on High-Performance Interconnects. Palo Alto, CA, USA. 2003.
- [9]. Sikora, Thomas. Klaus Peterman. Polina Bayvel. *Investigation of High Bit Rate Optical Transmission Systems Employing a Channel Data Rate 40Gb/s*. Elektrotechnik und Informatik der Technischen Universität Berlin zur Erlangung des akademischen Grades. Berlin. 2004.
- [10]. Frederick, Jason. *Gigabit Ethernet Over Fiber Cable : Broadband for 21st Century*. Washington Intership for Students of Engineering Prepare for the IEEE USA. 2003.
- [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]. Ducan, Kevin. *Fibre Channel and Gigabit Ethernet: A Look at Techonology for Storage Networking Solutions*. University of Minnesota Fibre Channel Group. Minneapolis. 2001.