

# Studi Perancangan Jaringan Komunikasi Serat Optik Dwdm L Band dengan Penguat Optik Edfa

Sri Danaryani<sup>1</sup>, Syamsul El Yumin<sup>2</sup>, Iwan Krisnadi<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Telekomunikasi. Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta (PNJ).

[sdanaryani@gmail.com](mailto:sdanaryani@gmail.com)

**Abstrak** – Perkembangan teknologi telekomunikasi juga disertai dengan teknik transmisi yang dapat membawa bandwidth yang besar, seperti SONET / SDH yang memiliki bit rate hingga 40 Gb / s. Serat optik adalah media yang paling tepat digunakan untuk transmisi, yang untuk komunikasi jarak jauh jenis single mode step index adalah yang paling sesuai. Maju multiplexing WDM (Wavelength Division Multiplexing) memungkinkan SONET, ATM dan saluran lainnya dapat menyebarkan dalam serat optik tunggal. Bandwidth tumbuh membuat WDM berkembang menjadi DWDM.. Berbagai masukan membuat perangkat yang dipilih untuk menjadi beragam, yang pada gilirannya dapat masuk ke dalam DWDM dengan kapasitas 10 Gbps. Kapasitas DWDM harus dipilih, misalnya dengan menggunakan 4 nilai panjang gelombang sesuai dengan grid ITU-T 1568.77nm, 1569.59nm, 1571,23 nm n 1.572,05 nm. Hasilnya dapat meminimalkan efek dari FWM mana harmonik yang dihasilkan tidak termasuk dalam panjang gelombang fundamental. Penggunaan EDFA dalam transmisi serat optik di DWDM shut sedang mempertimbangkan OSNR. Perhitungan OSNR tergantung pada jumlah panjang gelombang, bit rate, dispersi serat dan jumlah amplifier yang digunakan. Secara umum, semakin amplifier digunakan OSNR akan lebih kecil. bandwidth yang besar juga menurun OSNR. Jadi OSNR lebih kecil menunjukkan suara lebih dominan dibandingkan dengan sinyal.

**Kata kunci:** EFDA, Fiber Optics, L Band.

**Abstract** – Development of telecommunications technology is also accompanied by the transmission technique that can carry large bandwidth, such as SONET / SDH which has bit rate up to 40 Gb /s. Fiber optics is the most appropriate medium used for the transmission, which for long distance communication single mode step index type is the most appropriate. Developed multiplexing WDM (Wavelength Division Multiplexing) enables SONET, ATM and other channels may be propagating in a single optical fiber. Bandwidth grows makes WDM evolved into DWDM.. A variety of the input make devices selected to be diverse, which in turn can be enter into DWDM with 10 Gbps capacity. Capacity of DWDM must be selected, for example by using 4 wavelength values according to the grid ITU-T 1568.77nm, 1569.59nm, 1571.23 nm and 1572.05 nm. The result can minimize the effects of FWM where the harmonics produced are not included in the fundamental wavelength. Use of EDFA in optical fiber transmission in DWDM shut is considering OSNR. OSNR calculation depends on the number of the wavelength, bit rate, dispersion in the fiber and the number of amplifier used. In general, the more amplifier is used the OSNR will be smaller. Large bandwidth also decreases OSNR. So the smaller OSNR indicate noise more dominant compare to signal.

**Keywords:** EFDA, Fiber Optics, L Band.

## I. PENDAHULUAN

Serat optik tipe single mode step index mempunyai redaman yang relatif kecil pada panjang gelombang 1310 dan 1550nm serta kapasitas besar identik dengan bandwidth yang lebar. Bandwidth yang lebar dibutuhkan untuk transfer informasi baik internet, e-commerce, e-mail, electronic documentation transfer, video dan mobile telephony. Perangkat ini harus ditunjang dengan perangkat solid state dan photonic termasuk teknik multiplexingnya. Dikembangkan teknik multiplexing WDM Wavelength Division Multiplexing memungkinkan SONET, ATM dan kanal lainnya dapat berpropagasi dalam satu serat optik [1].

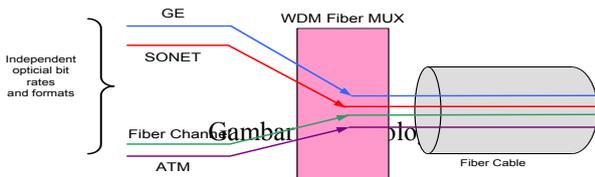
WDM ditawarkan menjadi solusi untuk peningkatan kapasitas tanpa harus mengubah struktur jaringan. Kebutuhan bandwidth yang terus berkembang menjadi evolusi dari WDM menjadi DWDM sehingga beberapa panjang gelombang yang berbeda dapat

berpropagasi dalam satu serat. DWDM menggunakan dua kelas yaitu C band dan L band. Keduanya dibedakan pada panjang gelombang yang pada akhirnya membuat pilihan perangkat yang akan digunakan harus menunjang pada pilihan C atau L band. [1]

Pengaruh jarak komunikasi yang berkaitan dengan redaman dan dispersi merupakan batasan dalam perencanaan, sehingga dibutuhkan penguat optikal yang mendukung teknologi multiplexing. Untuk komunikasi jarak jauh dengan beberapa panjang gelombang perlu memadukan DWDM dan EDFA dimana dibutuhkan lebih dari satu penguat EDFA.[1]. Untuk itu perlu adanya studi perancangan jaringan agar menghasilkan disain jaringan transmisi serat optik yang efektif memadukan penguat EDFA pada multiplexing DWDM dan panjanggelombang pendukung terutama pada L band. Panjang fiber berisi doping Erbium yang pendek membuat kurang sensitive terhadap perubahan lingkungan sekitar, dengan kata lain penguatan menjadi stabil. [2]

II. LANDASAN TEORI

Serat optik dipilih untuk komunikasi jarak jauh dengan kapasitas besar karena dari karakteristiknya mempunyai attenuasi yang kecil. Corning salah satu merk serat optik mengeluarkan tipe Corning SMF-28 dengan attenuasi sekitar 0.2 dB/km pada panjang gelombang 1550 nm dengan kapasitas yang dibawa sangat besar, yaitu mencapai 100 Gbps. Teknik multiplexing WDM Wavelength Division Multiplexing memungkinkan SONET, ATM dan kanal lainnya dapat berpropagasi dalam satu fiber optic, seperti gambar 1



Gambar 1. Diagram WDM Fiber MUX

Losses daya pada tranmsi merupakan pembatas fundamental terutama pada kecepatan dan jarak yang dihasilkan. Losses akan bertambah dengan adanya coupling dan splitting pada jaringan optic serta switch photonic, yang pada akhirnya membuat ukuran jaringan menjadi terbatas. Untuk mengatasi keterbatasan jarak maka digunakan penguat (amplifier ) yang diletakan antara Tx dan Rx dengan jumlah penguat yang digunakan sangat tergantung pada perangkat pendukung dari penguat.

Untuk mendisain jaringan, sangat penting melengkapi disain system dengan BER yang dibutuhkan oleh system. BER selalu berhubungan dengan factor Q untuk memperhitungkan daya minimum penerima yang dibutuhkan. OSNR optical Signal to Noise Ratio merupakan parameter yang sangat penting yang dari sinyal optikal yang diberikan. Keterkaitannya dengan faktor Q diperlihatkan dengan persamaan 1

$$Q_{dB} = OSNR + 10 \log \frac{B_o}{B_e} \tag{1}$$

dimana

Bo : bandwidth optikal dari perangkat photodetector

Be : bandwidth elektrikal pada filter penerima

Pada setiap stage amplifier akan ada komponen tambahan yang menghasilkan noise ASE amplified spontaneous emission (ASE) yang akan menurunkan OSNR. Disisi lain amplifier juga akan memperkuat noise yang sudah ada.

Dalam disain jaringan serat optic, OSNR harus dipastikan. OSNR stage akhir memenuhi kebutuhan OSNR system dan kebutuhann BER. Untuk membuat system mendukung BER tertentu, maka dibutuhkan membuat system OSNR memenuhi disain. OSNR pada N amplifier dan dengan memasukan nilai konstanta Plank  $6.63 \times 10^{-34}$  Js,  $f$  frekuensi optikal 193 THz atau panjang gelombang 1550 nm maka besar OSNR dalam dB adalah

$$OSNR_{dB} = 158.93 + P_{in} - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N - 10 \log \Delta f$$

Bandwidth  $\Delta f$  sekitar **0.1 nm atau 10 GHz** ; dengan demikian besarnya OSNR menjadi

$$OSNR_{dB} = P_{in} + 58.93 - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N \tag{2}$$

Dimana

NFstage : noise figure dari stage

h : konstanta Plank  $6.6260 \times 10^{-34}$ J-s

f : frekuensi optikal THz

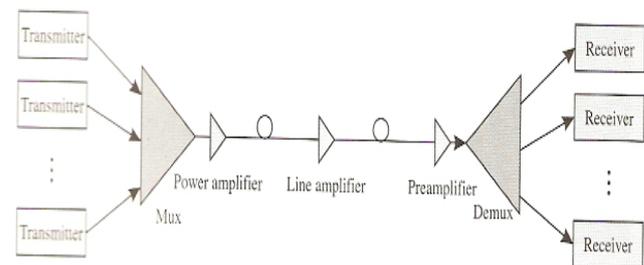
$\Delta f$  : bandwidth pada saat mengukur NF, besarnya mayoritas 0,1nm atau 10 GHz

Dengan merujuk persamaan 3, maka besarnya PASE adalah sebesar

$$P_{ASE} = 58.93 - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N \tag{3}$$

Jaringan transmisi serat optic

Jaringan transmisi serat optic yang menggunakan multiplexing DWDM dan adanya penguat pada jalur transmisi diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok dari model system DWDM

Untuk merencanakan jaringan seperti pada gambar 1 perlu diperhatikan spesifikasi dari perangkat pendukung, jarak jangkau yang direncanakan, loss dari span yang diperhitungkan, OSNR , BER dan SNR sistem. Perencanaan jaringan yang diinginkan adalah untuk komunikasi long haul dengan serat optik yang digunakan single mode fiber SMF sehingga pemilihan semua komponen mengikuti. Perencanaan dipilih dengan menggunakan DWDM beberapa panjang gelombang.

Dalam disain sistem komunikasi serat optik secara keseluruhan banyak parameter yang harus dipertimbangkan dalam sistem dimana efek dari parameter tersebut berbeda satu sama lain. Efek tersebut membuat dua isu , yang pertama menawarkan bit rate yang tinggi atau kanal yang banyak, dan yang kedua sistem yang bidirectional atau directional.[6]. Parameter yang dipertimbangkan

1. Tipe serat .
2. Daya transmit dan spasi antar amplifier
3. Spasi antar kanal dan jumlah panjang gelombang
4. Jaringan optikal secara keseluruhan
5. Perencanaan panjang gelombang
6. Transparansi

III. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menyelesaikan penelitian ini dilakukan awalnya dilakukan studi literatur. Dilanjutkan dengan perancang jaringan dengan mempertimbangkan Q, OSNR, frekuensi dan lainnya.

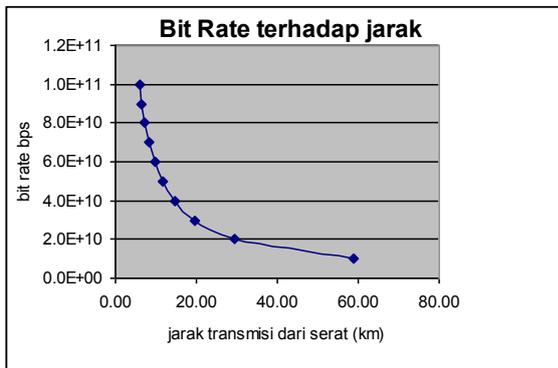
Dengan persamaan matematika yang ada, maka dimasukan kecenderungan sistem yang akan dibuat dilanjut dengan mendisain jaringan transmisi serat optik.

Hasil yang didapat akan dianalisa untuk mendapatkan hasil kesimpulan dari penelitian

**Hasil dan pembahasan**

**Panjang fiber terhadap bit rate**

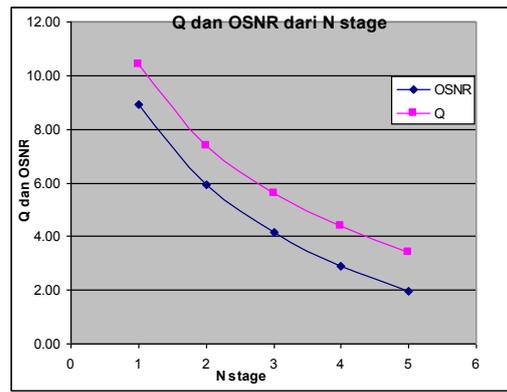
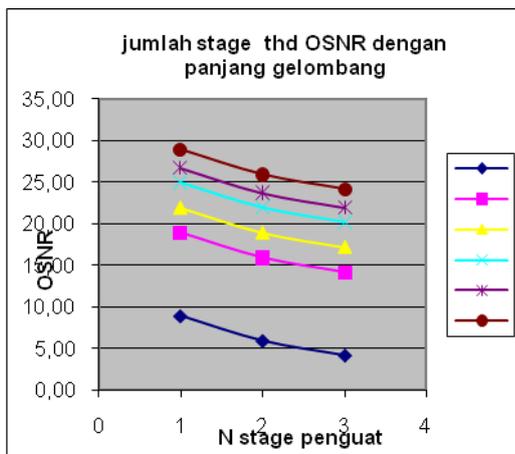
Bahwasanya dispersi kromatis dan besar bit rate menentukan jarak transmisi  $L_D$ , yaitu jarak transmisi dimana pelebaran pulsa melebihi waktu satu bit. Dengan dispersi kromatis  $17 \text{ ps/nm.km}$ ,  $\Delta\lambda$  sebesar  $0.1 \text{ nm}$ , sedang bit rate diubah dari  $1 \text{ Gbps}$  sampai dengan  $10 \text{ Gbps}$ , data hasil perhitungan dapat dibuat grafik kecenderungan seperti ditunjukkan pada gambar 3 terlihat makin besar bit rate yang dibawa maka jarak transmisi makin kecil. Sehingga dalam aplikasinya perlu mempertimbangkan besarnya bit rate dan jarak jangkauan agar sinyal dapat diterima pada batas ambang yang diperbolehkan.



Gambar 3. Bit rate terhadap jarak

**Perhitungan faktor Q dan OSNR**

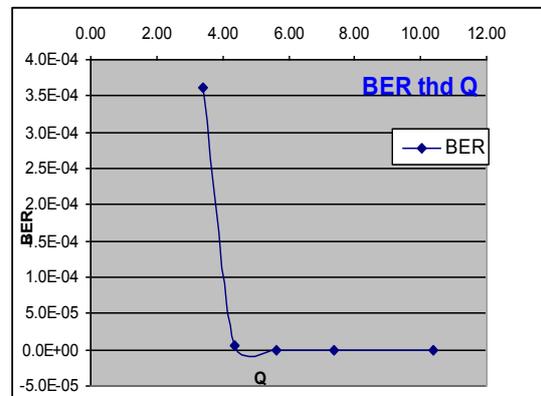
Besarnya OSNR dalam satu jaringan dengan adanya  $N$  penguat/amplifier diperlihatkan dengan persamaan 2. Masukan dipilih  $\Delta f$  sebesar  $0.1 \text{ nm}$  atau  $10 \text{ GHz}$  dan berubah hingga  $10 \text{ nm}$ ,  $NF$   $7 \text{ dB}$  (5 tanpa satuan),  $P_{in}$   $-24 \text{ dB}$  serta  $\Gamma$   $21 \text{ dB}$ . Simulasi dibuat dengan menggunakan 3 stage penguat. Terlihat semakin banyak penguat yang digunakan akan membuat OSNR sistem menurun.



(c) Q dan OSNR

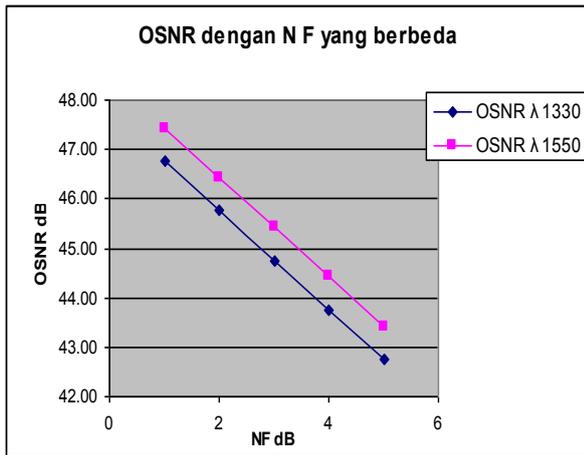
Gambar 4.. Jumlah stage terhadap OSNR dengan panjang gelombang

Kecenderungan jumlah  $N$  dengan besarnya  $Q$  dan OSNR berdasarkan persamaan 2 dan 3 dengan besarnya  $\Delta f$  tetap  $0.1 \text{ ns}$ . Hasilnya seperti pada gambar 5. Dari data dan kecenderungan terlihat bahwa OSNR dan  $Q$  yang makin kecil dengan meningkatnya jumlah penguat yang digunakan. Dari data  $Q$  yang didapat, dapat dihitung besar BER dengan menggunakan persamaan 2.16. Hasil perhitungannya dan karakteristik kecenderungannya terlihat pada gambar 5 bahwa makin besar  $Q$  menghasilkan BER yang kecil, yang dimaksud dengan BER  $10^{-25}$  adalah 1 bit yang salah dari  $10^{25}$  bit yang ditransmit. Tentunya yang diinginkan dalam sistem mempunyai BER yang kecil, karena kesalahan dari bit yang dikirim makin kecil juga.



Gambar 5. BER terhadap Q

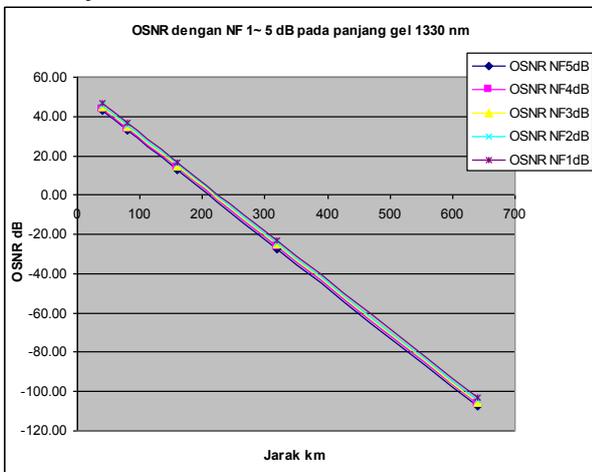
Bahwa  $NF$  merupakan perbandingan  $S/N$  input terhadap  $S/N$  output, yang paling bagus secara teori adalah  $1 \text{ dB}$ , atau  $S/N$  input lebih sebesar  $1.26$  kali  $S/N$  output. Tetapi seringkali  $NF$  dari perangkat  $\gg 1 \text{ dB}$  yang artinya  $S/N_{output} < S/N_{input}$ .  $NF$  dapat mencapai  $> 5 \text{ dB}$  atau sangat tergantung pada spesifikasi perangkat dari pabrik pembuat. Untuk melihat pengaruh  $NF$  terhadap OSNR pada persamaan 3, dibuat  $NF$  bervariasi dari  $1 \sim 5 \text{ dB}$ , dengan jarak dibuat tetap yaitu pada  $40 \text{ km}$  serta data pendukung lainnya dibuat sama seperti data sebelumnya ingin dilihat pengaruhnya. Hasil perhitungan ditunjukkan karakteristik seperti pada gambar 6. Perbedaan OSNR antar panjang gelombang pada setiap jumlah penguat adalah sekitar  $0.66 \text{ dB}$ , atau dengan katalain OSNR pada panjang gelombang  $1550 \text{ nm}$  adalah  $1.16$  kali dari OSNR panjang gelombang  $1330 \text{ nm}$ .



Gambar 6. OSNR dengan NF yang berbeda

Bila jarak lintasan serat dibuat variasi, besar NF juga dibuat variasi maka besar OSNR akan berubah juga seperti diperlihatkan pada bagian berikut ini. Penurunan atau peningkatan NF sebesar 1 dB pada jarak yang sama membuat OSNR berubah sebesar 1 dB. Karakteristik diperlihatkan pada gambar 7.

Sedang dengan NF yang sama setiap penjumlahan jarak maka OSNR akan turun dengan besar penurunannya mempunyai skala yang sama. Dapat diperkirakan dengan NF 5 dB pada jarak 640x2 km maka OSNR akan menjadi  $(-107.25-160) = -267.25$  dB, sedang pada jarak 20 km OSNR akan naik 5 dB(dari 10dB/2) atau menjadi 47.75 dB.



Gambar 7. OSNR dengan NF 1~5 dB pada λ1330 nm  
Kesimpulan

1. Pada jaringan transmisi single mode step indek, OSNR dari sistem akan turun dengan meningkatnya bandwidth dari informasi yang akan dibawa serta jumlah stage penguat yang digunakan. Turunnya OSNR pada akhirnya akan menurunkan Q dari sistem dan membuat BER meningkat. Meningkatnya BER menunjukkan peningkatan error.
2. Noise figure NF dari perangkat berkaitan dengan OSNR dan jarak. Bila perangkat mempunyai NF yang besar OSNR juga besar. Bila jarak receiver makin jauh maka OSNR

makin mengecil dengan berubahnya jarak. Perbedaan OSNR pada λ 1550 nm dan λ1310 nm dengan N yang berubah 0.66 dB atau OSNR pada λ 1550nm lebih besar 1.16 kali λ1310nm. Pendua kalian jarak penguat membuat OSNR berubah dengan pola penurunan dua kali dari perubahan OSNR sebelumnya.

3. Dispersi kromatis dari serat optik yang dipilih berhubungan dengan jarak antar penguat EDFA yang akan digunakan serta daya yang diluncurkan. Makin besar dispersi kromatis, maka jarak spasi dari EDFA makin pendek, dan daya yang akan diluncurkan juga akan meningkat dengan makin besar dispersi kromatis. Makin pendek jarak spasi EDFA maka makin banyak penguat yang digunakan dalam satu lintasan. Disisi lain makin kecil gain EDFA yang dipilih maka daya yang diluncurkan kedalam serat akan makin kecil, sehingga jumlah penguat yang digunakan akan makin banyak untuk mencapai jarak lintasan tertentu.
4. Modulasi berkaitan dengan bandwidth dan bitrate dimana modulasi RZ memiliki bitrate sistem lebih besar dari NRZ karena bitratanya sama dengan bandwidth. Besarnya bitrate tidak diperhitungkan dalam OSNR, tetapi besar bandwidth menjadi pembatas besarnya OSNR dimana makin besar bandwidth maka OSNR makin kecil.

IV. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alpina Kulkarni [Optical Communications (EE566)], Dr. Paolo Liu [Electrical Engineering @ UB] Fiber Systems *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)*, down load 1 Februari 2008
- [2] Dr. D. Knipp; *Photonic and Optical Communication; International University Bremen*; Spring 2007 internet dengan alamat [http://www. faculty.iu.bremen.de/dk/dknipp](http://www.faculty.iu.bremen.de/dk/dknipp)
- [3] Kolimberis Harold; *Fiber Optic Communications*; 2004; Pearson education Inc, New Jersey
- [4] V. Kartalopoulos, Ph.D; *The Flexibility of DWDM in Handling Continually increasing Bandwidth Demand for Future Optical-Fiber Communication Network*; Volume 16, number 2. April 2002, ISSN 1060-3301, LEOS, publication of the IEEE Laser and Electro-optical Society,. [www i-LEOS.org](http://www.i-LEOS.org)
- [5] Gumataste Aashwin, Antony Tony; *DWDM Network Designs and Engineering Solutions*; 2002, Ciscopress.com
- [6] Agrawal P Govind, *Fiber optic communication System*, 2002, Edisi 3, John Wiley & Son, [www.Wiley.com](http://www.Wiley.com)
- [7] Bass Michael, Van Stryland Eric; *Fiber optics Handbook : fiber, devices and system for optical communication*, 2002, The Mc Graw-Hill Companies, Inc

- [8] Ramaswami Rajiv, Sivarajan Kumar N.; *Optical Networks, a practical perspective*; 1998, Academic Press, USA
- [9] Ming Max, Liu Kang; *Principles and Application of Optical Communication*; 1996, McGraw Hill, USA
- [10] Zanger Henry & Cynthia; *Fiber Optics Communication and other application*, 1991; Macmillian Publishing Company; Singapore
- [11] Wikipedia "SONET, SDH dan Ethernet"
- [12] Sonet DWDM; Fujitsu network communication inc, di download April 2009.