

ANALISIS KARAKTERISTIK SERAT OPTIK *SINGLE MODE* “NDSF (*NON DISPERSION SHIFTED FIBER*)” DAN “NZDSF (*NON ZERO DISPERSION SHIFTED FIBER*)” TERHADAP KINERJA SISTEM DWDM

Waldi Saputra Harahap, M Zulfin

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: waldi.saputra@yahoo.co.id

Abstrak

Persaingan antar penyedia jasa layanan di dunia telekomunikasi saat ini semakin ketat. Sehingga setiap penyedia jasa layanan telekomunikasi harus meningkatkan kinerja pelayanan. Oleh sebab itu, PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk merencanakan jaringan serat optik yang menghubungkan Kota Bakongan dengan Kota Tapak Tuan. Tulisan ini membahas tentang serat optik *single mode* “NDSF (*Non Dispersion Shift Fiber*)” dan “NZDSF (*Non Zero Dispersion Shift Fiber*)” terhadap karakteristik dari DWDM, dimana karakteristik DWDM yang akan di pengaruhi adalah Dispersi dan Redaman kabel maksimum dengan membandingkan metode perhitungan dengan pengukuran. Adapun hasil yang diperoleh dari analisis redaman kabel maksimum menggunakan serat optik *single mode* “NDSF (*Non Dispersion Shifted Fiber*)” pada link Bakongan – Kota Fajar dengan jarak 30,71295 Km sebesar 0,296 dB/Km dan serat optik *single mode* “NZDSF (*Non Zero Dispersion Shifted Fiber*)” pada link Kota Fajar – Tapak Tuan dengan jarak 31,91916 Km sebesar 0,293 dB/Km. Adapun hasil yang diperoleh dari analisis dispersi untuk panjang gelombang 1550 nm pada link Bakongan – Kota Fajar sebesar 16,359 ps/km.nm, dengan hasil perhitungan yaitu 16,448 dan link Kota Fajar – Tapak Tuan sebesar 7,957 ps/km.nm, dengan hasil perhitungan yaitu 7,399 ps/km.nm.

Kata Kunci: Serat Optik, DWDM, Redaman, Dispersi

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi sekarang ini mengalami kemajuan sangat cepat. Ini diakibatkan adanya permintaan dan peningkatan kebutuhan akan informasi, yang terus memacu para pengembang memberikan suatu sistem yang handal dan efisien, baik dari segi kualitas maupun kuantitas dalam arti bahwa sistem tersebut dapat menyalurkan informasi kemanapun juga tanpa membutuhkan waktu yang lama. Serat optik digunakan sebagai media transmisi pilihan, karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain: memiliki *bandwidth* yang besar, redaman transmisi kecil dan ukuran kecil. Saat ini muncul teknologi untuk memanfaatkan *bandwidth* serat optik yang besar ini dengan metode penjamakan. Pada komunikasi serat optik terdapat beberapa metode penjamakan, yaitu TDM (*Time Division Multiplexing*) dan WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) yang selanjutnya berkembang menjadi DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). Dalam sistem DWDM dikenal sebuah aplikasi

sistem pembagian spektrum panjang gelombang pada pentransmisiannya.

2. Serat Optik

2.1 Serat Optik *Single Mode*

Serat optik merupakan saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Berdasarkan sifat dan karakteristiknya maka jenis serat optik secara garis besar dapat dibagi menjadi 2 yaitu *single mode* dan *multimode*. Pada serat optik *single mode* terdapat empat macam tipe yang sering digunakan berdasarkan ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication*) yaitu [1]:

1. G.652 - Standar *Single Mode Fiber*
2. G.653 - *Dispersion-Shifted Single Mode Fiber*
3. G.653 - *Characteristics of Cut Off Shifted Mode Fiber Cable* G.655 - *Dispersion-Shifted Non Zero Dispersion Fiber*.

2.2 Sistem Transmisi Serat Optik

Sistem Komunikasi serat optik secara umum terdiri dari sumber optik, pemancar sebagai sumber pengirim informasi, detektor penerima informasi, dan media transmisi sebagai sarana untuk melewatkannya. Pengirim bertugas untuk mengolah informasi yang akan disampaikan agar dapat dilewatkan melalui suatu media sehingga informasi tersebut dapat sampai dan diterima dengan baik dan benar ditujuan/penerima. Perangkat yang ada di penerima bertugas untuk menterjemahkan informasi kiriman tersebut dirubah kesignal listrik lalu dirubah lagi ke optik/cahaya. Sinyal inikemudiandi lewatkan melalui serat optik, yang setelah sampai di penerima nanti, cahaya tersebut dirubah kembali ke listrik dan akhirnya diterjemahkan menjadi sinyal informasi. Blok diagram sistem komunikasi serat optik ditunjukkan pada Gambar 1[2].



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Komunikasi Serat Optik

2.3 Redaman Pada Serat Optik

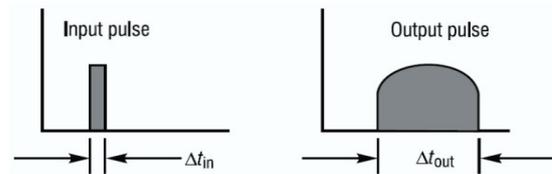
Redaman serat optik dinyatakan dengan satuan dB/km. Macam-macam redaman serat optik adalah sebagai berikut[3]:

1. *Rayleigh Scattering*, yaitu redaman dari gelombang pendek yang diakibatkan oleh struktur kaca yang tidak teratur. Struktur ini akan memindahkan sebagian dari berkas cahaya yang seharusnya merambat langsung melalui serat optik.
2. *Mikrobending* terjadi akibat tekanan mekanik sewaktu proses penarikan.
3. *Absorption* yaitu redaman untuk panjang gelombang yang tinggi (diatas 1600 nm) yang disebabkan oleh penyerapan dari gelas.
4. Dispersi yaitu redaman yang disebabkan oleh pulsa-pulsa yang ditransmisikan pada ujung serat optik sebagai akibat dari panjang perambatan.

2.4 Dispersi Pada Serat Optik

Dispersi adalah pelebaran pulsa yang terjadi ketika sinyal merambat melalui sepanjang serat optik yang disebabkan oleh keterbatasan material dan efek linear seperti polarisasi, material dan lainnya seperti pada

Gambar 2. Pulsa *output* mempunyai lebar pulsa lebih besar dari lebar pulsa *input*. Dispersi suatu serat optik dinyatakan sebagai pelebaran pulsa per satuan panjang (ps/nm.km)[4].



Gambar 2. Peristiwa Pelebaran Pulsa Akibat Dispersi

Secara garis besar dispersi yang terjadi pada serat optik ada dua jenis yaitu[5]:

3. Dispersi Intermodal

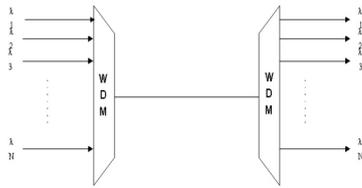
Dispersi intermodal adalah pelebaran pulsa sebagai akibat dari perbedaan *delay* propagasi antara satu *mode* dengan *mode* penjalaran lainnya. Dimana untuk menempuh panjang serat yang sama, sinar yang bermodus lebih tinggi akan lebih lambat dibandingkan dengan sinar yang bermodus lebih rendah, sehingga terjadi pelebaran pulsa. Gangguan ini dapat dihindari dengan menggunakan serat optik *single mode*.

4. Dispersi Intramodal

Dispersi intramodal adalah pelebaran pulsa yang terjadi dalam suatu serat optik *single mode*.

2.5 Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) merupakan suatu teknik transmisi yang memanfaatkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda sebagai kanal-kanal informasi, sehingga setelah dilakukan proses multiplexing seluruh panjang gelombang tersebut dapat ditransmisikan melalui sebuah serat optik. Menurut definisi, teknologi DWDM dinyatakan sebagai suatu teknologi jaringan transpor yang memiliki kemampuan untuk membawa sejumlah panjang gelombang (4, 8, 16, 32, dan seterusnya) dalam satu serat tunggal. Artinya, apabila dalam satu serat itu dipakai empat gelombang, maka kecepatan transmisinya menjadi 4x10 Gbs (kecepatan awal dengan menggunakan teknologi SDH). Konsep ini diilustrasikan seperti tampak pada Gambar 3[6].



Gambar 3. Prinsip dasar sistem DWDM.

2.6 Aplikasi DWDM pada Jaringan Komunikasi Optik

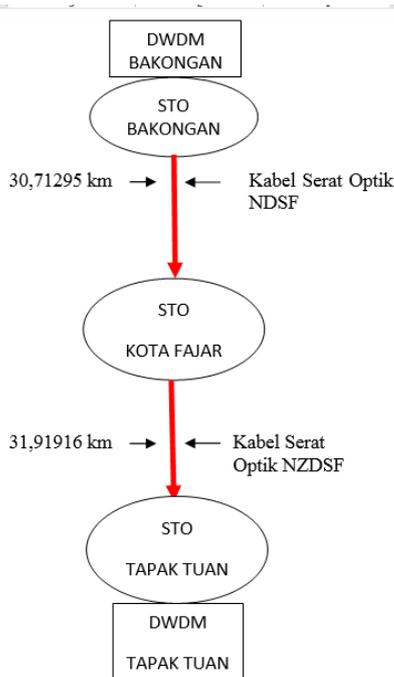
Sistem DWDM menggunakan tiap-tiap panjang gelombang sebagai *channel* yang berfungsi untuk membawa data-data dalam berbagai format misalnya, *Synchronous Optical Network* (SONET) / *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH), *Asynchronous Transfer Mode* (ATM), dan lain-lain, dan dapat juga dalam bentuk suara, video, atau *Internet Protoca (IPI)*. Teknik DWDM ini memanfaatkan teknologi Optik (*Laser, Optical Amplifier, Multiplexer/OADM* dan lain-lain[7].

3. Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah: menentukan daerah pengambilan data, mengolah data dengan perhitungan dan membandingkan hasil dari perhitungan dengan hasil pengukuran.

3.1 Topologi Jaringan Serat Optik

Topologi jaringan yang menghubungkan kota Bakongan dengan Kota Tapak Tuan dapat dilihat Gambar 4.



Gambar 4. Topologi Jaringan Serat Optik DWDM link Kota Bakongan –Kota Tapak Tuan

3.2 Jalur Pengukuran

Jalur pengukuran dari jaringan DWDM STO Bakongan ke jaringan DWDM STO Tapak Tuan terlihat pada Gambar 5. Adapun jalur pengukurannya yaitu STO Bakongan ke STO Kota Fajar dan STO Kota Fajar ke STO Tapak Tuan.



Gambar 5. Jalur Pengukuran link STO Bakongan–Tapak Tuan

3.3 Alat Ukur Dispersi

JDSU MTS–8000 yaitu alat ukur yang menggunakan bahan kemasan anti statis untuk menghubungkan modul ke unit dasar. Terdapat 3 tipe pengukuran yaitu[8]:

1. *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR)
2. *Chromatic Dispersion* (CD)
3. *Optical Spectrum Analyzer* (OSA)

Berdasarkan fungsi yang digunakan pada penelitian ini alat ukur yang digunakan menggunakan JDSU MTS–8000 seperti pada Gambar 5. Alat ukur ini terdapat banyak fungsi, salah satu fungsinya adalah untuk mengukur dispersi (*chromatic dispersion*) akibat *event* yang terjadi di sepanjang kabel serat optik, alat ukur ini bekerja berdasarkan domain waktu yang merupakan tangkapan dari sinar pantul ketika laser ditembakkan kedalam kabel serat optik untuk mengidentifikasi inti karakteristik dari serat optik. Pada pengukuran dispersi serat optik dilakukan secara *link point to point* yang di ukur dari ujung ke ujung secara original *end toend* ke bentuk asal, item yang dapat diukur pada alat ukur ini adalah *delay, dispersion* dan *slope* berdasarkan fungsi panjang gelombang.



Gambar 6. JDSU MTS-8000

3.4 Jenis Kabel Serat Optik Yang Digunakan

Untuk mendukung sistem yang mentransmisikan informasi dengan kapasitas tinggi, pemilihan serat optik yang tepat sebagai media transmisi juga diperhatikan. Ada dua tipe serat optik yang digunakan pada sistem DWDM, yaitu[9]:

1. *Non Dispersion Shifted Fiber* (NDSF)
Serat optik *Non Dispersion Shifted Fiber* (NDSF) merupakan rekomendasi ITU-T seri G.652. NDSF memiliki nilai koefisien dispersi kromatik mendekati nol di daerah panjang gelombang 1310 nm.
2. *Non Zero Dispersion Shifted Fiber* (NZDSF) merupakan jenis fiber yang sesuai dengan rekomendasi ITU-T seri G.655 dengan *range* panjang gelombang 1255 – 1650 nm. NZDSF memiliki nilai dispersi tidak nol namun juga tidak lebar di daerah panjang gelombang 1550 nm dibandingkan dengan nilai koefisien dispersi kromatik pada serat optik *Non Dispersion Shifted Fiber* (NDSF).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Redaman

Besarnya redaman kabel maksimum dapat di rumuskan pada Persamaan (1) sebagai berikut:

$$A = (L_n \times a_n) + (m \times a_s) + (Y \times a_c) \quad (1)$$

Dimana :

A = Redaman Total Maksimum (dB)

L_n = Panjang Kabel (Km)

a_n = Koefisien Redaman Kabel (dB)

m = Jumlah Sambungan (Panjang kabel/3)

a_s = Redaman Sambungan Maksimum (dB)

Y = Jumlah Konektor yang Terpasang

a_c = Redaman Konektor Maksimum (dB)

Besarnya *Loss Fiber* (L_f) dapat di rumuskan pada Persamaan (2) sebagai berikut:

$$\alpha_f = L \times L_f \quad (2)$$

Besarnya *Loss Splice* (L_s) dapat di rumuskan pada Persamaan (3) sebagai berikut:

$$\alpha_s = N_s \times L_s \quad (3)$$

Besarnya *Loss Konektor* (L_c) dapat di rumuskan pada Persamaan (3.4) sebagai berikut:

$$\alpha_c = N_c \times L_c \quad (4)$$

Rugi – rugi penyebaran *Rayleigh* (α_S) di rumuskan pada Persamaan (5) sebagai berikut:

$$\alpha_S = \frac{34.748 \pi^3 (n^2 - 1)^2 K_B T_f \beta_T}{\lambda^4} \quad (5)$$

Dengan: α_S = Rugi – rugi *Rayleigh* (dB)

β_T = Koefisien kemampatan

isothermis bahan = $7.10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$

n = Indeks bias inti = 1.46

K_B = Konstanta Boltzman = $1.38 \times 10^{-23} \text{ Joule}/^\circ\text{K}$

T_f = Suhu dimana fluktuasi kerapatan melebur dalam glass = 1400K

λ = Panjang Gelombang (m)

Besarnya *Loss Pembengkokan* dapat di rumuskan pada Persamaan (6) sebagai berikut:

$$\text{Loss Pembengkokan} = \frac{\text{Diameter Lekukan}}{\lambda} \quad (6)$$

Nilai Redaman Kabel maksimum untuk *link* Bakongan – Kota Fajar, dengan menggunakan Persamaan (1) adalah sebagai berikut:

$$A = (L_n \times a_n) + (m \times a_s) + (Y \times a_c)$$

$$A = (30,71295 \times 0,215) + (10 \times 0,15) + (2 \times 0,5)$$

$$A = 9,103 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (2) nilai *Loss Fiber* (L_f) untuk *link* Bakongan– Kota Fajar adalah sebagai berikut:

$$\alpha_f = L \times L_f$$

$$= 30,71295 \text{ Km} \times 0,25 \text{ dB}$$

$$= 7,678 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (3) nilai *Loss Splice* (L_s) untuk *link* Bakongan– Kota Fajar adalah sebagai berikut:

$$\alpha_s = N_s \times L_s$$

$$= 10 \times 0,15$$

$$= 1,5 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (4) nilai *Loss Konektor* (L_c) untuk *link* Bakongan – Kota Fajar adalah sebagai berikut:

$$\alpha_c = N_c \times L_c = 2 \times 0,5$$

$$= 1 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (5) Rugi–rugi *Rayleigh* untuk *link* Bakongan–Kota Fajar adalah sebagai berikut:

$$\alpha S = \frac{34.748 \pi^3 (n^2 - 1)^2 K_B T_f \beta_T}{\lambda^4}$$

$$= -31.99 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (6) *Loss* Pembengkokkan untuk link Bakongan–Kota Fajar adalah sebagai berikut:

$$\text{Loss Pembengkokkan} = \frac{\text{Diameter Lekukan}}{\lambda}$$

$$= \frac{5 \text{ cm}}{1310 \text{ nm}}$$

$$= 0.381 \text{ dB}$$

Nilai Redaman total maksimum kabel/Km NDSF (*Non Dispersion Shift Fiber*) adalah 0,296 dB/Km dimana Nilai Redaman Kabel Maksimum dibagi dengan Jarak.

Nilai Redaman Kabel maksimum untuk link Kota Fajar – Tapak Tuan, dengan menggunakan Persamaan (1) adalah sebagai berikut:

$$A = (L_n \times a_n) + (m \times a_s) + (Y \times a_c)$$

$$A = (31,9214 \times 0,215) + (10 \times 0,15) + (2 \times 0,5)$$

$$A = 9,363 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (2) nilai *Loss Fiber* (L_f) untuk link Kota Fajar – Tapak Tuan adalah sebagai berikut:

$$\alpha_f = L \times L_f$$

$$= 31,9214 \text{ Km} \times 0,25 \text{ dB}$$

$$= 7,9803 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (3) nilai *Loss Splice* (L_s) untuk link Kota Fajar – Tapak Tuan adalah sebagai berikut:

$$\alpha_s = N_s \times L_s$$

$$= 10 \times 0,15$$

$$= 1,5 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (4) nilai *Loss Konektor* (L_c) untuk link Kota Fajar – Tapak Tuan adalah sebagai berikut:

$$\alpha_c = N_c \times L_c$$

$$= 2 \times 0,5$$

$$= 1 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (5) Rugi – rugi *Rayleigh* untuk link Kota Fajar – Tapak Tuan adalah sebagai berikut:

$$\alpha S = \frac{34.748 \pi^3 (n^2 - 1)^2 K_B T_f \beta_T}{\lambda^4}$$

$$= -34.91 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan Persamaan (6) *Loss* Pembengkokkan untuk link Kota Fajar – Tapak Tuan adalah sebagai berikut:

$$\text{Loss Pembengkokkan} = \frac{\text{Diameter Lekukan}}{\lambda}$$

$$= \frac{5 \text{ cm}}{1550 \text{ nm}}$$

$$= 0.322 \text{ dB}$$

Nilai Redaman total maksimum kabel/Km NDSF (*Non Dispersion Shift Fiber*) adalah 0,293 dB/Km dimana Nilai Redaman Kabel Maksimum dibagi dengan Jarak.

4.2 Dispersi Kromatik

Besarnya Dispersi Kromatik dapat dirumuskan pada Persamaan (7) sebagai berikut:

$$\text{Dispersion} = D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \quad (7)$$

Dimana:

$D(\lambda)$ = Dispersi kromatik pada λ (ps/Km.nm)

λ = Panjang gelombang (nm)

λ_0 = Nilai λ pada saat dispersi = 0 (nm)

S_0 = Nilai Slope pada saat dispersi = 0 (ps/Km.nm²)

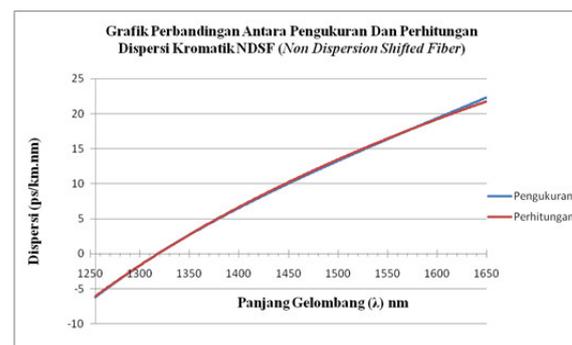
Nilai dispersi untuk link Bakongan – Kota Fajar, dengan menggunakan persamaan (7) adalah sebagai berikut:

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right]$$

$$D(\lambda) = \frac{0,089}{4} \left[1550 - \frac{(1318,17)^4}{(1550)^3} \right]$$

$$D(\lambda) = 16.448 \text{ ps/Km.nm}$$

Nilai perbandingan perhitungan dan pengukuran Dispersi kromatik serat optik *single mode* NDSF (*Non Dispersion Shifted Fiber*) berdasarkan panjang gelombang ($\lambda = 1255 - 1650$).



Gambar 7. Grafik Dispersi Kromatik NDSF (*Non Zero Dispersion Shifted Fiber*)

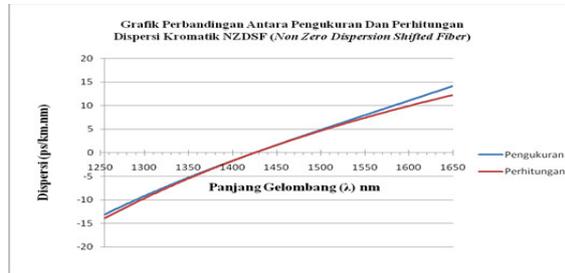
Nilai dispersi untuk link Kota Fajar–Tapak Tuan, dengan menggunakan persamaan (7) adalah sebagai berikut:

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right]$$

$$D(\lambda) = \frac{0,067}{4} \left[1550 - \frac{(1425,32)^4}{(1550)^3} \right]$$

$$D(\lambda) = 7.399 \text{ ps/Km.nm}$$

Nilai perbandingan perhitungan dan pengukuran Dispersi kromatik serat optik *single mode* NDZSF (*Non Zero Dispersion Shifted Fiber*) berdasarkan panjang gelombang ($\lambda = 1255 - 1650$).



Gambar 8. Grafik Dispersi Kromatik NZDSF (*Non Zero Dispersion Shifted Fiber*)

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan redaman kabel maksimum dengan $\lambda=1550$ nm untuk serat optik *single mode* NDSF (*Non Dispersion Shifted Fiber*) yaitu 9,103 dB dan 0,296 dB/Km untuk perkilometer. Hasil pengukuran redaman kabel maksimum dengan $\lambda=1550$ nm untuk serat optik *single mode* NZDSF (*Non Zero Dispersion Shifted Fiber*) yaitu 7,187 dB dan 0,293 dB/Km untuk perkilometer.
2. Selisih nilai koefisien dispersi kromatik dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk link Bakongan – Kota Fajar dan link Kota Fajar– Tapak Tuan dapat diabaikan karena sangat kecil (hampir sama) dan nilai koefisien dispersi kromatik sangat dipengaruhi oleh besarnya panjang gelombang.

6. Daftar Pustaka

- [1] Nugraha, Andi Rahman ST. 2006. “Serat Optik”.Yogyakarta Penerbit ANDI.
- [2] Putu, Dewa. 2009. “Fiber Optik Pada Jaringan Komputer”. *Institut Teknologi Nasional: Bandung*.
- [3] Prasetya, Dwi, 2009. Jurnal: “Serat Optik”. Universitas Sriwijaya: Palembang.
- [4] Ikawati, Yunia , dkk. 2011, Jurnal “Analisa Interferensi Elektromagnetik Pada Propagasi Wi-Fi Indoor”. *Institut Teknologi Surabaya:Surabaya*.
- [5] Divisi Access Area. 2011. “Pengukuran Dispersi Kromatik”. Medan. PT.TELKOM Indonesia
- [6] Lestari, Vicky Lestari. 2010. Jurnal: “Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)”. *Politeknik Negeri Bandung: Bandung*.
- [7] Andika, gilang, dkk. 2006. Jurnal: “Teknologi WDM pada serat optik”. *Universitas Indonesia: Depok*.
- [8] Acterna. 2003. “JDSU MTS-8000”.
- [9] Praja, Fajar Guntara., dkk. 2013. Jurnal: “Analisis Perhitungan dan Pengukuran Transmisi Jaringan Serat Optik Telkomsel Regional Jawa Tengah”. *Institut Teknologi Nasional: Bandung*.