

# ANALISIS PERGESERAN $\frac{1}{4} \lambda$ DISTRIBUTED FEEDBACK LASER DIODA (DFB LD) PADA SERAT OPTIK

Revi yana<sup>(1)</sup>, M. Zulfin,<sup>(2)</sup>

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)  
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA  
e-mail: [sibagariang24yan@gmail.com](mailto:sibagariang24yan@gmail.com)

## Abstrak

Teknologi serat optik merupakan media transmisi yang menyediakan *bandwidth* dengan rugi-rugi yang kecil. Pada tulisan ini dibahas analisa pergeseran  $\frac{1}{4} \lambda$  (panjang gelombang) laser *Distributed Feedback* (DFB). Panjang gelombang yang dianalisa 1550 nm dalam pergeseran  $\frac{1}{4} \lambda$  yang mana panjang gelombang yang dihasilkan pada setiap mode order yang sesuai dengan arah rambat panjang gelombang yang dihasilkan semakin besar dari panjang gelombang 1550 nm dan mempengaruhi redaman. Dari analisa yang dilakukan terhadap pergeseran  $\frac{1}{4} \lambda$ , panjang gelombang yang dihasilkan 1550,04 – 1549,96 dengan redaman sekitar 0,2 dB/km (diperoleh dari grafik standar ITU-T). Ini menyatakan bahwa pergeseran  $\frac{1}{4} \lambda$  lebih baik dalam pengiriman data pada serat optik karena redamannya kecil.

**Kata Kunci : Mode Order pada serat optic**

## 1. Pendahuluan

Teknologi fiber optik merupakan media transmisi yang menyediakan *bandwidth* besar yang tidak dipengaruhi interferensi gelombang elektromagnetik dan rugi-rugi minimal dalam pengiriman data. Serat optik mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Sumber serat optik ada dua yaitu LED yang digunakan untuk transmisi cahaya jarak dekat sedangkan laser digunakan untuk transmisi cahaya jarak jauh. Laser juga dibagi dua yaitu DFB (*distributed feedback*) dan DBR (*distributed-Bragg reflektor*). Pada tulisan ini dibahas tentang transmisi sumber cahaya pada serat optik khususnya pada laser DFB. Laser DFB menunjukkan bahwa rongga yang paling kecil dan memilih panjang gelombang paling besar pada saat terjadinya pemantulan *Bragg*, karena pemantulan *Bragg* terjadi secara efektif di sepanjang gelombang *Bragg*. Di dalam laser DBR dirancang panjang gelombang untuk menghasilkan tujuan yang lebih bagus. Pada sisi lain, laser DFB hampir sama dengan laser DBR tetapi pada laser DFB mempunyai dua arah rambat cahaya gelombang. Pergeseran fasa yang sesuai dengan seperempat panjang gelombang ( $\frac{1}{4} \lambda$ ) pada dua arah rambat gelombang yang digunakan pada *single mode* disepanjang gelombang *Bragg* dipengaruhi oleh mode order pada serat optik [1].

## 2. Studi Pustaka

### 2.1. Serat Optik

Serat optik merupakan saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain [2].

Berdasarkan sifat dan karakteristiknya maka jenis serat optik secara garis besar dapat dibagi menjadi 2 yaitu *single mode* dan *multi mode*. Serat optik *single mode/ mono mode* mempunyai diameter inti (*core*) yang sangat kecil 3 – 10  $\mu\text{m}$ , sehingga hanya satu berkas cahaya saja yang dapat melaluinya. Serat optik *single mode* sering dipergunakan pada sistem transmisi serat optik jarak jauh atau luar kota (*long haul transmission system*) sedangkan *multi mode* mempunyai diameter inti (*core*) sesuai dengan rekomendasi dari CCITT G.651 sebesar 50  $\mu\text{m}$  dan dilapisi oleh jaket selubung (*cladding*) dengan diameter 125  $\mu\text{m}$  dan digunakan pada sistem transmisi jarak pendek [2].

Pada serat optik *single mode* terdapat empat macam tipe yang sering digunakan berdasarkan ITU-T (*international telecommunication Union-Telecommunication standardization Sector*) yang dahulu dikenal dengan CCITT yaitu [4]:

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*
4. G.655– *Dispersion-Shifted Non Zero Dispersion Fiber.*

### 2.2.Sistem Transmisi Serat Optik

Sistem Komunikasi secara umum terdiri dari sumber optik, pemancar sebagai sumber pengirim informasi, detector 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 sehingga maksud dari informasi dapat dimengerti. Pada sistem komunikasi serat optik, sinyal informasi dirubah kesinyal listrik lalu dirubah lagi ke optik/cahaya. Sinyal ini kemudian dilewatkan melalui serat optik, yang setelah sampai di penerima, cahaya tersebut dirubah kembali menjadi sinyal 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.Sumber Cahaya Serat optic

Jenis sumber cahaya yang digunakan pada sistem serat optik, dalam bentuk LED dan laser. Pemancar optik dasar mengubah sinyal listrik menjadi cahaya termodulasi untuk pengiriman melalui serat optik.

#### 1. LED (Ligth Emitting Dioda)

LED (*Light Emitting Diode*) disebut juga diode cahaya adalah suatu semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. Bagian ini termasuk bentuk *elektroluminesensi* yang diketahui bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat

agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, *doping* yang digunakan adalah galium, arsenit dan fosfor [3].

#### 2. Laser (Light amplification by stimulated emission of radiation)

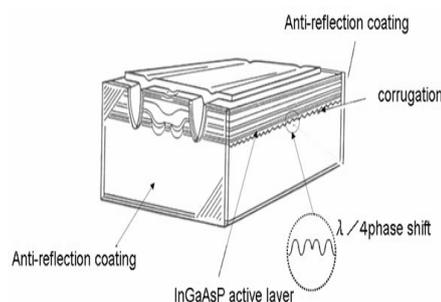
Laser adalah singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Laser merupakan sumber cahaya koheren yang *mono kromatik* dan amat lurus. Adapun karakteristik laser yaitu *single mode* dengan *response time* < 1 nano detik. Cahaya yang dipancarkan oleh dioda laser bersifat koheren, memiliki lebar *spektral* yang lebih sempit (~1 nm) jika dibandingkan dengan LED sehingga *dispersi chromatic* dapat ditentukan dan diode laser diterapkan untuk transmisi data dengan bit rate tinggi (untuk komunikasi berkecepatan diatas 200 Mb/s) dan daya keluaran optik dari diode laser adalah 0 ~ 10 dBm [4]. Adapun jenis laser terbagi atas 2 yaitu:

##### a. Distributed Bragg Reflector (DBR)

*Distributed Bragg Reflektor Laser* (DBR) adalah jenis laser frekuensi tunggal. Struktur laser DBR dibuat dengan fitur permukaan yang mendefinisikan *monolitik*, satu modus *ridge waveguide* yang menjalankan seluruh perangkat [5].

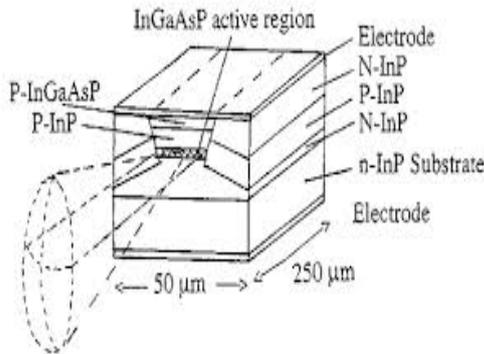
##### b. Distributed Feedback (DFB)

Suatu diode laser dapat beresilasi dalam bermacam-macam panjang gelombang pada suatu rentangan tertentu secara serentak dan ini dinamakan *mode longitudinal*. *Mode longitudinal* berhubungan dengan gelombang berdiri yang timbul karena cahaya resonator terpantul-pantul ke muka dan ke belakang [6]. Sedangkan *mode-mode* dalam arah normal terhadap arah perambatan dinamakan *mode transversal*. Struktur laser DFB ditunjukkan pada Gambar 2 [6].



Gambar 2. Struktur laser DFB

Untuk kecepatan tinggi pada jarak yang jauh pada komunikasi menggunakan single mode laser, dimana harus mengamati *single longitudinal mode* dan *single transverse mode* kemudian, lebar *spectrum* cahaya sangat kecil. Yang menarik dari laser *longitudinal mode* adalah lebar L dari kapasitasnya memberikan nilai pada separatis frekuensinya. Tipe dari laser dikonfigurasi dengan merancang frekuensi-reflektor selektif yang terdapat pada active region yang ditunjukkan pada Gambar 3 [6].



Gambar 3. Layer active region DFB

Laser DFB dengan mode melintang dan membujur dapat diketahui panjang gelombangnya dengan Persamaan [7]:

$$\lambda = \lambda_B \pm \frac{\lambda_B^2}{2neL_c} \left(m + \frac{1}{2}\right) \quad (1)$$

dimana :  $\lambda_B$  = panjang gelombang bragg =(1550)  
 $n_e$  = indeks bias efektif serat optik  
 $L_c$  = panjang kisi efektif =(10000 μm)  
 $m$  = mode order (0,1,2,...)

### 3. Metodologi Penelitian

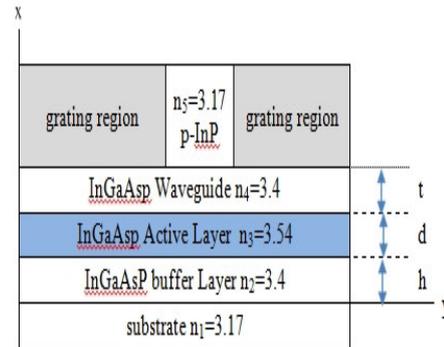
Untuk menganalisis pergeseran 1/4 panjang gelombang dengan menggunakan pengaruh pada mode order dengan mengetahui mode order pada serat optik. Dimana mode order merupakan bilangan berubah-ubah yang diberikan pada pergeseran yang dianalisa yang telah ditentukan arah rambatnya secara konstan, untuk itu tidak diperlukan daerah yang akan diukur karena dilakukan secara menyeluruh pada gelombang serat optik, sebagai berikut

1. Struktur bahan DFB Laser
2. Mode Order yang telah ditentukan
3. Parameter yang mempengaruhi

#### 3.1 Struktur bahan DFB Laser

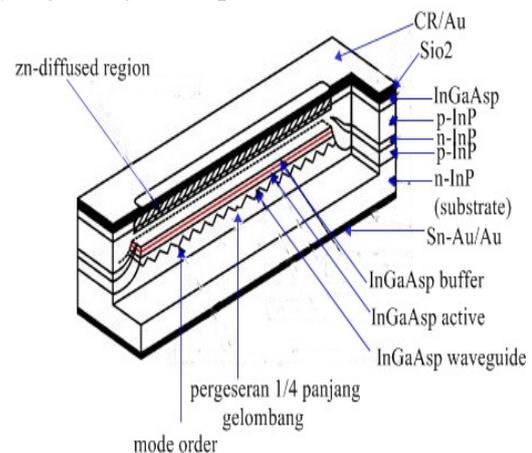
Pemahaman tentang mode order pada cahaya laser DFB serat optik harus mengetahui susunan dari pada bahan sumber cahaya serat

optik yang merupakan lapisan dari bahan InGaAsp/Inp ditunjukkan pada Gambar 4. Ada tiga lapisan *quaternary* (Q), lapisan *waveguide* (Q<sub>1</sub>), lapisan aktif (Q<sub>2</sub>), dan lapisan *buffer* (penyangga) (Q<sub>3</sub>).



Gambar 4. Struktur lapisan DFB

Gelombang pada lapisan aktif dan mode order terdapat pada lapisan aktif InGaAsp yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Mode order pada lapisan aktif InGaAsp

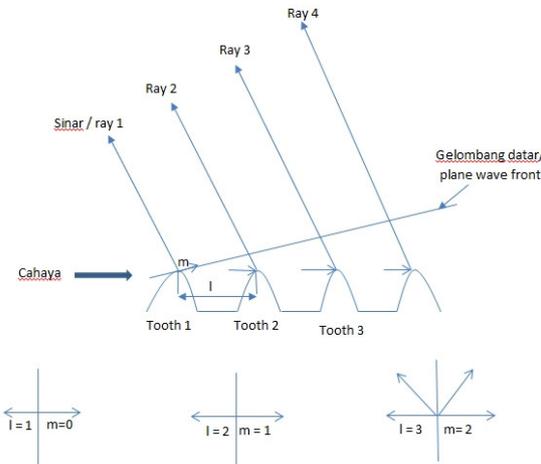
#### 3.2 Mode Order

Untuk menentukan mode order dapat ditentukan dengan mengetahui arah rambat dari pada gelombang cahaya pada serat optik. Mode order pada laser DFB yang berbentuk melintang dan membujur yang terdapat disekitar panjang gelombang bragg ( $\lambda_B$ ).

Mode order yang berbentuk melintang adalah mode yang terbentuk antara perpaduan lapisan dielectric dengan lapisan lain dari dioda laser. Arah melintang dapat digambarkan oleh indeks mode bilangan bulat (p, q).

Mode Order yang berbentuk membujur menghasilkan keluaran frekuensi tunggal yang mungkin dicapai dengan mengurangi

panjangnya gelombang cahaya sedemikian sehingga frekuensi yang mengatur jarak antara sudut membujur yang bersebelahan lebih lebar spektralnya sehingga medium semakin besar. *Distributed feedback* laser dibagian permukaan kristal adalah *anti reflection* (AR) yang dilapisi untuk memperkecil cerminan/pemantulan yang ditunjukkan pada Gambar 6.

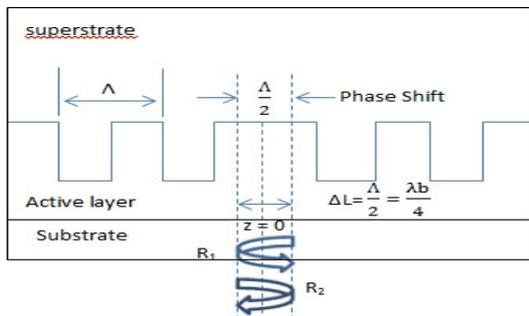


Gambar 6. Mode Order (m) pada arah melintang dan membujur

Terdapat tiga perbedaan arah mode ordernya yaitu :

- Untuk  $m = 0$  arah rambatnya (  $\longleftrightarrow$  )
- Untuk  $m = 1$  arah rambatnya (  $\longleftarrow$  )
- Untuk  $m = 2$  arah rambatnya (  $\uparrow$  )
- Untuk  $m = 3, 4$  dan seterusnya sama dengan untuk  $m = 2$  karena panjang gelombang ( $\lambda$ ) lebih besar 1.

Pergeseran  $\lambda/4$  pada laser DFB dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pergeseran  $\frac{1}{4} \lambda$  laser DFB

### 3.3 Parameter Serat Optik

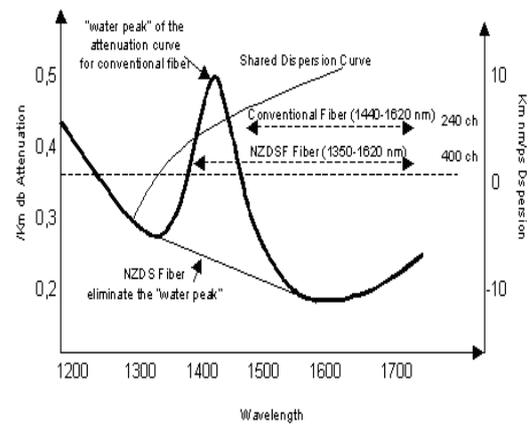
Untuk menganalisa pergeseran  $1/4 \lambda$  panjang gelombang pada laser DFB serat optik

harus dilihat dari grafik redaman pada serat optik yang ditetapkan ITU-T G.0653E.

#### a. Redaman / Atenuasi

Cahaya yang merambat dalam serat optik intensitasnya akan berkurang, pengurangan intensitas ini disebut atenuasi. *Atenuasi* disebabkan oleh penyerapan cahaya oleh bahan material serat optik serta penghamburan cahaya. Besarnya atenuasi tergantung jarak yang ditempuh dan karakteristik bahan serat optik. Bagian ini akan dilihat hubungan antara panjang gelombang dengan perubahan mode order yang dicocokkan dengan panjang gelombang yang dihasilkan oleh grafik hubungan antara redaman dengan panjang gelombang.

Untuk menganalisa pergeseran  $1/4 \lambda$  pada laser DFB serat optik harus melihat dari grafik redaman pada serat optik yang telah ditetapkan oleh ITU-T G.0653E yang ditunjukkan pada Gambar 8 [8].



Gambar 8. Hubungan Redaman dengan panjang gelombang pada serat optik

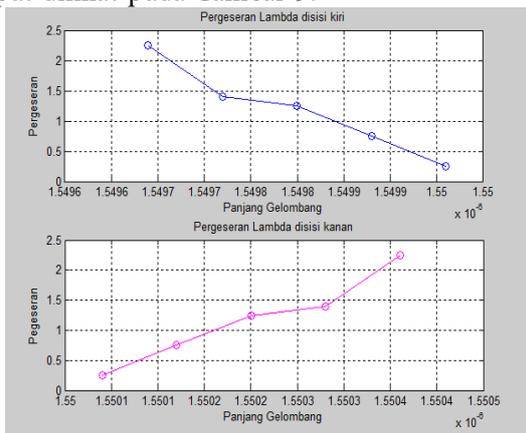
## 4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan perhitungan dalam menghitung panjang gelombang pada pergeseran  $1/4 \lambda$  yang diakibatkan mode order pada Persamaan 1, maka dihasilkan panjang gelombang, yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil panjang gelombang (nm)

M	Pergeseran	$\lambda$ yang di hasilkan (nm)
0	$\frac{1}{4}$	1550,04 – 1549,96
1	$\frac{3}{4}$	1550,12 – 1549,88
2	$\frac{5}{4}$	1550,20 – 1549,80
3	$\frac{7}{4}$	1550,28 – 1549,72
4	$\frac{9}{4}$	1550,36 – 1549,64

Panjang gelombang dengan pergeseran fasa dapat dilihat pada Gambar 9.



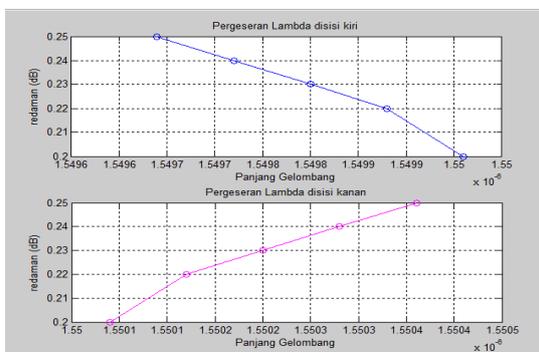
Gambar 9. Hubungan panjang gelombang terhadap pergeseran fasa

Untuk redaman pada setiap redaman yang di hasilkan pada grafik Gambar 8 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan panjang gelombang dengan redaman

M	Pergeseran $\lambda$	$\lambda$ yang di hasilkan (nm)	Redaman (dB)
0	1/4	1550,04 – 1549,96	0.2
1	3/4	1550,12 – 1549,88	0.22
2	5/4	1550,20 – 1549,80	0.23
3	7/4	1550,28 – 1549,72	0.24
4	9/4	1550,36 – 1549,64	0.25

Hubungan panjang gelombang dengan redaman yang ditunjukkan secara grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan panjang gelombang dengan redaman

### 5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pergeseran  $\frac{1}{4} \lambda$  panjang gelombang yang di hasilkan pada bagian sisi kanan dan kiri yaitu (1550,04 – 1549,96) nm, sedangkan pada pergeseran  $\frac{3}{4} \lambda$  dihasilkan (1550,12 – 1549,88) nm, tampak jelas semakin jauh dari panjang gelombang 1550 nm.
2. Pada pergeseran panjang gelombang  $\frac{1}{4} \lambda$  dihasilkan redaman 0,2 dB/ km dan pada pergeseran  $\frac{3}{4} \lambda$  dengan dihasilkan redaman 0,22 dB/km. semakin besar gelombang yang digeser maka semakin besar redaman yang dihasilkan.

### Referensi

[1] H. Kressel and J. K. Butler, 1997. "semiconductor Laser and Heterojunction LEDs" Academic, New York.

[2] Nugraha, Andi Rahman ST. 2006. "Serat Optik". Yogyakarta Penerbit ANDI.

[3] W. Koechner, 1999 "so;id-state laser Engineering", Springer Verlag, Berlin.

[4] Hecht, Jeff, 1992. "The Laser Guidebook (Second ed.)" New York: McGraw-Hill, Inc. pp. 317–321. ISBN 0-07-027738-9.

[5] "Wavelength Tuning in DBR Lasers". www.photodigm.com. Retrieved 2 December 2014.

[6] "Distributed Feedback Lasers". RP Photonics Encyclopedia. Retrieved 27 August 2014.

[7] Gerd Keiser, 1990. "Optical Fiber Communications" third edition, vol.178, New York.

[8] Redaman dan Dispersi: Parameter Budget Link Transmisi NGN Menurut rekomendasi ITU-T G.0653E.