

PENGARUH DISPERSI TERHADAP KECEPATAN DATA KOMUNIKASI OPTIK MENGUNAKAN PENGKODEAN *RETURN TO ZERO* (RZ) DAN *NON RETURN TO ZERO* (NRZ)

Anggun Fitriani Isnawati¹, Riyanto², Ajeng Enggar Wijayanti³
^{1,2,3} Program Studi Diploma III Teknik Telekomunikasi AKATEL Purwokerto

anggun_fitrian@yahoo.com, riyan_sala3@yahoo.co.id

ABSTRACT

Fiber optic has characteristics for optical transmission system. One of optical characteristics is pulse broadening, known as dispersion. The dispersion is a condition where pulse in output side is larger than pulse in input side. It means that pulse broadening had happened. In the communication system, it's known as inter symbol interference (ISI). Effect of Inter symbol interference increasing the error bit or BER value. In optical communication system, dispersion is most influence to the data rate that fiber can support. Besides, bandwidth, information capacity, transmission distance, wavelength and fiber type can also influenced by the dispersion.

Keywords: BER, dispersion, inter symbol interference

A. PENDAHULUAN

Sifat dispersif material menggambarkan kebergantungan kecepatan grup dari sinyal terhadap panjang gelombangnya. Kecepatan grup merupakan variasi frekuensi terhadap konstanta penjalaran dalam serat optik:

$$v_g = \frac{d\omega}{d\beta}; \omega = 2\pi f; \beta = \frac{2\pi n_1}{\lambda} \quad (1)$$

Jadi, sinar-sinar yang berbeda panjang gelombang memiliki kecepatan grup yang berbeda walaupun melalui lintasan yang sama. Dalam transmisi pulsa hal ini akan menyebabkan pelebaran pulsa.

Jika pulsa-pulsa (*return to zero*) yang tidak bertindihan ditransmisikan melalui serat optik mengalami pelebaran pulsa σ karena dispersi (ns), maka laju bit (*bit rate*) maksimum B adalah:

$$B \approx 0,2/\sigma \quad (2)$$

Selanjutnya, besarnya pelebaran pulsa bergantung pada panjang serat optik yang dilalui pulsa itu. Oleh sebab itu, dispersi suatu serat optik dinyatakan sebagai pelebaran pulsa per satuan panjang (ns/km). Jumlah pulsa yang dapat ditransmisikan dalam suatu perioda disebut kapasitas informasi. Parameter untuk kapasitas informasi suatu serat optik adalah perkalian *bandwidth* dan panjang serat optik (B.L) atau lebih dikenal dengan *analog bandwidth-distance product*.

$$BL \approx 0,2 / \sigma_T \quad (3)$$

dengan σ_T adalah dispersi total persatuan panjang (ns/km).

Harga BL yang biasa digunakan untuk serat optik *multimode step index* adalah 20 MHz.km, *multimode graded index* sebesar 1 GHz.km, dan *singlemode step index* sebesar 100 GHz.km.

1. Dispersi Intra Modus

Dispersi ini adalah pelebaran pulsa yang terjadi dalam suatu *singlemode*. Sinar yang berasal dari LED dan LASER mengandung berbagai panjang gelombang, dan dikatakan memiliki suatu pita panjang gelombang atau lebar spektral. Semakin besar lebar spektral sinar yang memasuki serat optik, semakin banyak macam panjang gelombang, semakin besar pelebaran pulsa (distorsi sinyal) yang terjadi. Untuk LED lebar spektral itu sekitar $0,05 \lambda_0 = 0,85 \mu\text{m}$, maka lebar spektralnya kira-kira 40 nm; artinya sebagian besar dari daya optiknya dipancarkan dalam daerah panjang gelombang 0,83 – 0,87 μm . Pada dioda laser (LD), lebar spektral itu sangat sempit, sekitar 1 s/d 2 nm. Oleh sebab itu, dengan menggunakan serat optik *singlemode* dan sumber dioda laser, pelebaran pulsa diharapkan dapat sekecil mungkin.

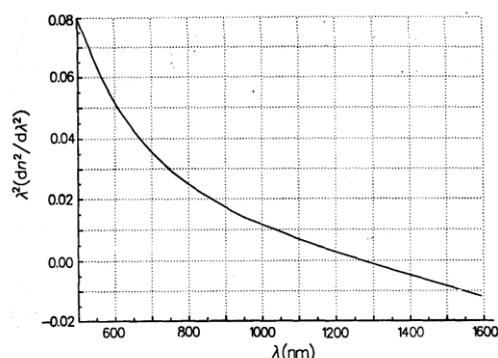
Tabel 1. Pelebaran pulsa/km akibat dispersi intramodus

λ (μm)	Source	σ_{im}/L (ns/km)
900	LED	2
	FP-LD	0.2
1300	LED	0.1
	FP-LD	0.01-0.001
1550	LED	1
	FP-LD	0.1
	DFB-LD	<0.01

Ada dua macam dispersi intramodus yaitu dispersi material dan dispersi pandu gelombang.

a. Dispersi Material (Dispersi *Chromatic*)

Dispersi material digambarkan sebagai perubahan kecepatan cahaya secara non-linier (ekivalen dengan indeks bias) sebagai fungsi dari panjang gelombang.



Gambar 1. Grafik $\left| \lambda^2 d^2 n_1 / d\lambda^2 \right|$ vs. panjang gelombang

Pelebaran pulsa yang ditimbulkan dispersi material dalam satu satuan panjang diungkapkan dengan waktu tunda pulsa (*pulse delay*) $\tau_m = 1/v_s$ (s/km). Dengan menggunakan persamaan (1) diperoleh:

$$\tau_m = \frac{d\beta}{d\omega} = \frac{1}{c} \left(n_1 - \lambda \frac{dn_1}{d\lambda} \right) \quad (4)$$

dimana n_1 = indeks bias inti. Untuk suatu sumber yang memiliki lebar spektral (σ_λ), dispersi material menimbulkan pelebaran pulsa per satuan panjang $\sigma_m = \sigma_\lambda d\tau_m / d\lambda$, (misalnya ns km⁻¹) yang selanjutnya dengan persamaan (4) harga mutlaknya menjadi:

$$\sigma_m = \sigma_\lambda \frac{\lambda}{c} \left| \frac{d^2 n_1}{d\lambda^2} \right| \quad (5)$$

Parameter dispersi material D_m didefinisikan sebagai:

$$D_m = \frac{d\tau_m}{d\lambda} = \frac{\lambda}{c} \left| \frac{d^2 n_1}{d\lambda^2} \right| \quad (6)$$

Parameter D_m mempunyai satuan ps nm⁻¹ km⁻¹

Sehingga besar nilai dispersi material adalah:

$$\sigma_m = \sigma_\lambda D_m \quad (7)$$

b. Dispersi Pandu Gelombang

Dispersi pandu gelombang adalah dispersi yang timbul karena variasi kecepatan grup terhadap panjang gelombang suatu modus. Untuk serat *singlemode* yang konstanta penjalarannya β , dispersi pandu gelombang ditandai oleh $d^2\beta/d\lambda^2 \neq 0$. Untuk serat *multimode* di mana kebanyakan modus menjalar dengan panjang gelombang yang jauh dari *cut off*, dispersi pandu gelombang dapat diabaikan. Selanjutnya akan dibahas dispersi pandu gelombang dalam serat *singlemode*.

Waktu transmit per satuan panjang (*specific grup delay*) adalah:

$$\tau_{pg} = \frac{1}{c} \frac{d\beta}{dk} \quad (8)$$

Dalam bab sebelumnya telah dikemukakan parameter konstanta penjalaran normal b dan frekuensi normal V , dengan:

$$\begin{aligned} \beta &= kn_2(b\Delta + 1) \\ V &= kan_2\sqrt{2\Delta} \end{aligned} \quad (9)$$

Sehingga:

$$\tau_{pg} = \frac{1}{c} \left[n_2 + n_2\Delta \frac{d(kb)}{dk} \right] = \frac{1}{c} \left[n_2 + n_2\Delta \frac{d(Vb)}{dV} \right] \quad (10)$$

Parameter dispersi pandu gelombang adalah:

$$D_{pg} = \frac{d\tau_{pg}}{d\lambda} = -\frac{V}{\lambda} \frac{d\tau_{pg}}{dV} = -\frac{n_2\Delta}{c\lambda} V \frac{d^2(Vb)}{dV^2} \quad (11)$$

dimana D_{pg} adalah parameter dispersi pandu gelombang ($ps\ nm^{-1}\ km^{-1}$)

Besar nilai dispersi pandu gelombang adalah:

$$\sigma_{pg} = \sigma_{\lambda} D_{pg} \quad (12)$$

Untuk perhitungan berapa pelebaran pulsa yang terjadi pada suatu sistem komunikasi adalah nilai *magnitude*-nya (harga mutlaknya). Hal ini juga terlihat pada persamaan (5) dan (6) yang menyertakan tanda *magnitude* (harga mutlak).

Pada perhitungan dispersi intramodus, nilai dispersi pandu gelombang biasanya sangat kecil dibandingkan dengan nilai dispersi material sehingga diabaikan. Secara keseluruhan nilai dispersi intramodus mendekati nilai dispersi material saja.

2. Dispersi Antar Modus

Dispersi antar modus adalah pelebaran pulsa sebagai akibat dari perbedaan kecepatan grup *axial* antara satu modus dengan modus penjalaran lainnya meskipun frekuensinya sama. Seperti telah dikemukakan dalam sebelumnya bahwa untuk menempuh panjang serat yang sama sinar bermodus tinggi lebih lambat dibandingkan dengan sinar bermodus rendah, sehingga terjadi pelebaran pulsa. Gangguan ini dapat diiadakan dengan menggunakan serat optik *singlemode*.

Tabel 2. Pelebaran pulsa/km akibat dispersi antarmodus

Fiber type	σ_{am}/L (ns/km)
Step-index	50
Graded-index	0.5-0.05
Single-mode	0

Untuk serat optik *multimode step index*, waktu yang diperlukan oleh sinar bermodus paling tinggi yaitu:

$$T_{maks} = L.n_1 / (c \cos \theta_c) = L.n_1^2/c.n_2 \quad (13)$$

Sedangkan waktu yang diperlukan oleh sinar bermodus paling rendah (*fundamental mode*), yaitu:

$$T_{min} = L.n_1/c. \quad (14)$$

Oleh karena itu, pelebaran pulsa per satuan panjang adalah:

$$\sigma_{mod-si} = (T_{max} - T_{min})/L = n_1 \Delta / c \quad (15)$$

Untuk serat optik *multimode graded index*, dengan parameter profil $\alpha \approx 2$ (profil parabola), pelebaran pulsa per satuan panjang adalah:

$$\sigma_{mod-gi} = n_1 \Delta^2 / 8c \quad (16)$$

Bila dibandingkan dengan σ_{mod-si} maka:

$$\sigma_{mod-gi} = (\Delta/8) \sigma_{mod-si} \quad (17)$$

Harga BL pada *graded index* 1000 kali lebih besar dari pada *step index*.

Pelebaran pulsa secara total dalam suatu serat optik *multimode* merupakan gabungan dari pelebaran karena dispersi intramodus (σ_{im}) dan pelebaran karena dispersi antar modus (σ_{am}):

$$\sigma_T = (\sigma_{im}^2 + \sigma_{am}^2)^{1/2} \quad (18)$$

Suku σ_{am} mengandung pelebaran karena *step index* (σ_{mod-si}) atau *graded index* (σ_{mod-gi}) sedangkan suku σ_{im} mengandung pelebaran pulsa karena dispersi material (σ_m) dan dispersi pandu gelombang (σ_{pg}). Tetapi karena harga σ_{pg} kecil dibandingkan dengan σ_m maka $\sigma_{im} = \sigma_m$.

B. PENGKODEAN DATA

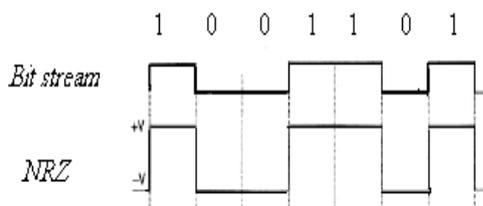
Sebelum membuat perencanaan jaringan, pertama-tama ditentukan terlebih dahulu teknik pengkodean data yang akan digunakan. Pada transmisi sinyal digital, proses *recovery* data disisi penerima membutuhkan rangkaian *sampling* yang beroperasi pada sistem *clock*. Oleh karena itu, pemilihan jenis pengkodean juga akan mempengaruhi sistem yang akan dibangun.

Pada proses perencanaan jaringan serat optik, hal yang penting harus diperhatikan adalah mengenai format sinyal optik yang akan ditransmisikan. Dikatakan penting karena pada praktiknya, setiap data optik digital di sisi *receiver* harus bisa menarik seluruh informasi dari sinyal optik yang datang dengan pewaktuan yang tepat. *Line coding* yang digunakan dalam transmisi serat optik adalah kode biner. *Line coding*

yang digunakan pada serat optik antara lain *non return to zero* (NRZ) dan *return to zero* (RZ).

1. Kode NRZ

Bandwidth kode NRZ sering digunakan sebagai referensi untuk kode grup-grup lainnya. Kode NRZ yang paling sederhana adalah NRZ-level (NRZ-L). Pada sebuah serial aliran data, sebuah sinyal hidup mati (*unipolar*) direpresentasikan sebagai '1' jika melewati sebuah tegangan

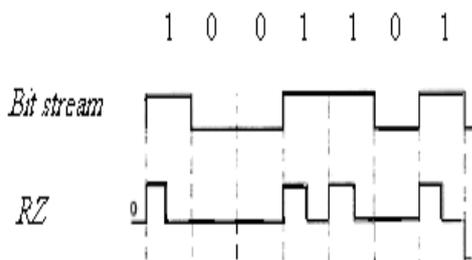


Gambar 2. Format kode NRZ

pulsa atau cahaya yang dimasukkan pada seluruh periode bit, dan '0' di mana tidak ada pulsa yang ditransmisikan. Kode-kode itu mudah dihasilkan dan dikodekan tetapi mereka tidak mempunyai *error detection* yang baik atau kemampuan mengoreksi dan tidak mempunyai *self clocking*.

2. Kode RZ

Pada kode RZ, deretan bit yang akan ditransmisikan dikodekan dengan bit 1 dinyatakan oleh pulsa positif dan bit 0 dinyatakan dengan pulsa negatif. Untuk setiap bit, level sinyal akan kembali pada level nol (sehingga disebut *return to zero*).



Gambar 3. Format kode RZ

Kode RZ mempunyai keunggulan yaitu sederhana, sedangkan kelemahannya adalah *bandwidth* yang diperlukan lebar karena level sinyal berubah lebih cepat daripada laju bit. Kode RZ diterapkan pada komunikasi yang sederhana.

C. RISE TIME BUDGET (BANDWIDTH BUDGET)

Dalam suatu hubungan serat optik, pengiriman informasi dari *transmitter* ke *receiver* biasanya akan mengalami dispersi (pelebaran pulsa), sehingga dapat mengakibatkan pemborosan *bandwidth* pada sistem tersebut. Analisa *rise time budget* (atau sering disebut *bandwidth budget*) merupakan suatu metode yang mudah untuk menentukan limitasi atau batasan dispersi (pelebaran pulsa) dari suatu hubungan serat optik. Perhitungan *rise time budget* dimaksudkan untuk melihat kemampuan media transmisi atau serat optik dalam mendukung *bandwidth* sinyal informasi yang akan dilewatkan.

Terdapat 4 komponen sistem yang mempunyai kontribusi terhadap *rise time system*, yaitu:

1. *Rise time* di sisi *transmitter* (t_{tx})
Pada umumnya diakibatkan oleh sumber cahaya dan rangkaian pengendalinya.
2. *Rise time* dispersi material (t_{mat})
Untuk serat optik *multimode*, besarnya nilai *rise time* tergantung pada dispersi material dan dispersi modal. Efek dari dispersi material dapat diabaikan untuk suatu sumber cahaya laser baik pada daerah λ pendek maupun panjang, dan sumber cahaya LED untuk λ panjang. *Rise time* dispersi material dirumuskan sebagai berikut:

$$t_{mat} = D_{mat} \cdot \sigma_{\lambda} \cdot L \quad (19)$$

dimana D_{mat} adalah parameter dispersi material (ps/nm.km), σ_{λ} adalah lebar spektral sumber optik (nm), dan L adalah panjang kabel (km).

3. *Rise time* dispersi modal (t_{mod})
Dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_{mod} = \frac{440L^2}{B_0} \quad (20)$$

4. *Rise time* di sisi *receiver* (t_{rx})

Nilai ini dihasilkan dari respon *photodetector* dan *bandwidth* 3-dB dari *receiver*. Jika B_{rx} merupakan *bandwidth* 3-dB dari *receiver* (diukur dalam satuan MHz) maka *rise time receiver* (dalam satuan ns) dirumuskan pada persamaan berikut:

$$t_{rx} = \frac{350}{B_{rx}} \quad (21)$$

Berdasarkan keempat komponen tersebut, dapat dilakukan perhitungan *rise time budget* seperti pada persamaan berikut:

$$t_{sys} = \left[(t_{tx})^2 + (t_{mat})^2 + (t_{mod})^2 + (t_{rx})^2 \right]^{1/2} \quad (22)$$

$$t_{sys} = \left[t_{tx}^2 + D_{mat}^2 \sigma_{\lambda}^2 L^2 + \left(\frac{440L^q}{B_0} \right)^2 + \left(\frac{350}{B_{rx}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (23)$$

Dari hasil perhitungan *rise time budget* tersebut, dapat diketahui *total bandwidth* (MHz) dari sistem tersebut, yaitu:

$$BW_{tot} = \frac{350}{t_{sys}} \quad (24)$$

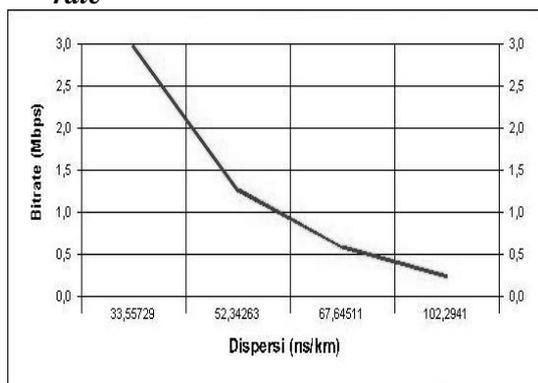
Kebutuhan pada *rise time system* tergantung pada bagaimana memilih teknik engkodean datanya. Secara umum, *rise time system* harus bernilai lebih kecil dari 70% periode bit (T_B) jika digunakan pengkodean NRZ dan harus lebih kecil dari 35% periode bit (T_B) jika digunakan pengkodean RZ. Kondisi ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$t_{sys} \leq 0,7 T_B \quad (\text{pada NRZ}) \quad (25)$$

$$t_{sys} \leq 0,35 T_B \quad (\text{pada RZ}) \quad (26)$$

D. ANALISA EFEK DISPERSI

1. Analisa Efek Dispersi Terhadap *Data rate*



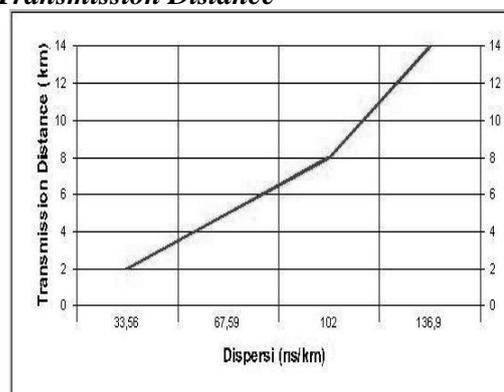
Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Dispersi dengan *Bit rate*

Seperti yang terlihat pada grafik bahwa hubungan antara dispersi dengan *data rate* adalah berbanding terbalik. Jadi semakin besar dispersi yang terjadi pada suatu sistem komunikasi serat optik maka *data rate* atau kecepatan penransmisian datanya akan semakin rendah. Atau dengan kata lain, semakin besar dispersi maka *data rate* akan semakin rendah.

Besar kecilnya *data rate* sangat dipengaruhi oleh dispersi yang dihasilkan. Besarnya *data rate* pada *fiber singlemode* lebih tinggi jika dibandingkan dengan *fiber tipe multimode*. Hal tersebut disebabkan karena dalam *fiber type multimode* terdapat banyak lintasan cahaya (modus) sehingga terjadi dua macam dispersi yaitu dispersi antarmodus dan intramodus, sedangkan di dalam *fiber type singlemode* hanya terdapat satu jenis dispersi saja karena hanya mempunyai satu modus.

Selain itu sistem komunikasi serat optik yang memiliki nilai *data rate* rendah biasanya menggunakan serat dengan LED sebagai sumber cahayanya. Untuk sistem komunikasi serat optik dengan *data rate* tinggi biasanya menggunakan LASER sebagai sumber cahaya karena lebar spektralnya yang sangat kecil yaitu 1-2 nm sehingga akan meminimalisasi besarnya dispersi.

2. Analisa Efek Dispersi terhadap *Transmission Distance*



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Dispersi & *Transmission Distance*

Berdasarkan grafik tersebut, hubungan antara dispersi dengan *transmission distance* berbanding lurus, dimana semakin jauh atau panjang suatu *link*

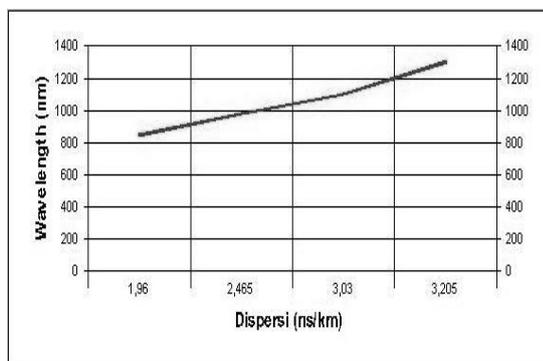
transmisi pada sistem komunikasi serat optik maka nilai dispersi yang dihasilkanpun akan semakin lebar. Atau dengan kata lain, dispersi akan semakin lebar untuk suatu jarak komunikasi yang semakin jauh.

Besarnya pelebaran pulsa bergantung pada panjang serat optik yang dilalui oleh pulsa tersebut. Oleh sebab itu, dispersi suatu serat optik dinyatakan sebagai pelebaran pulsa persatuan panjang (ns/km).

3. Analisa Efek Dispersi terhadap Wavelength

Seperti yang ditunjukkan pada grafik tersebut dapat dikatakan bahwa hubungan antara dispersi dengan *wavelength* adalah berbanding lurus. Dengan kata lain dispersi akan semakin besar untuk suatu *wavelength* (λ) yang semakin panjang.

Panjang gelombang dapat dikatakan sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya dispersi khususnya untuk dispersi intramodus.



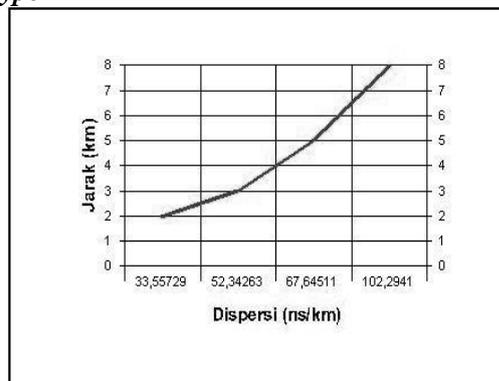
Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Dispersi dengan Wavelength

Hal ini disebabkan karena cahaya yang masuk ke dalam serat terdiri dari berbagai panjang gelombang dan berhubungan dengan lebar spektral panjang gelombang. Semakin besar lebar spektral sinar yang memasuki serat optik maka semakin panjang *wavelength* (λ) dan semakin besar pula dispersi yang terjadi. Besarnya lebar spektral ini akan dipengaruhi oleh tipe dari sumber cahaya yang digunakan.

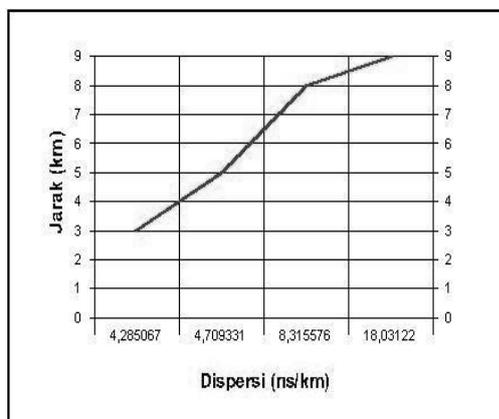
Terdapat dua macam sumber cahaya yang digunakan untuk komunikasi serat optik, yaitu LED dan LASER. Untuk LED lebar spektral itu sekitar 0,05 (λ_0). Jika panjang gelombang $\lambda_0 = 0,85 \mu\text{m}$ maka lebar spektralnya kira-kira 40 nm. Pada LASER lebar spektralnya lebih sempit, sekitar 1-2

nm. Oleh sebab itu jika menggunakan sumber cahaya LASER maka dispersi yang dihasilkan akan lebih kecil.

4. Analisa Efek Dispersi terhadap Fiber type



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Dispersi dengan Fibertype Multimode



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Dispersi dengan Fibertype Singlemode

Seperti apa yang ditunjukkan pada kedua grafik hubungan antara dispersi dengan *fibertype multimode* dan *singlemode* dengan faktor pembanding *transmission distance* di atas, dapat dikatakan bahwa pada sistem komunikasi serat optik ini dispersi paling banyak terjadi pada tipe *fiber multimode*, meskipun jarak transmisi yang ditempuh sama. Serat optik *multimode* memiliki ukuran *core* yang lebih besar dan dilapisi *cladding* yang sangat tipis, dimana ukuran diameter *core* akan menentukan jumlah modus yang ada dalam suatu serat optik. Semakin besar ukuran diameter *core* suatu serat maka jumlah modus penjalaran sinarnya pun akan semakin banyak.

Hal tersebut di atas akan mengakibatkan terjadinya dua macam

dispersi pada serat optik *multimode* yaitu dispersi antarmodus σ_{am} dan dispersi intramodus σ_{im} . Karena dispersi yang dihasilkan pada serat optik *multimode* lebih besar maka tipe serat optik ini hanya digunakan untuk transmisi data dengan data rate rendah dan jarak pendek.

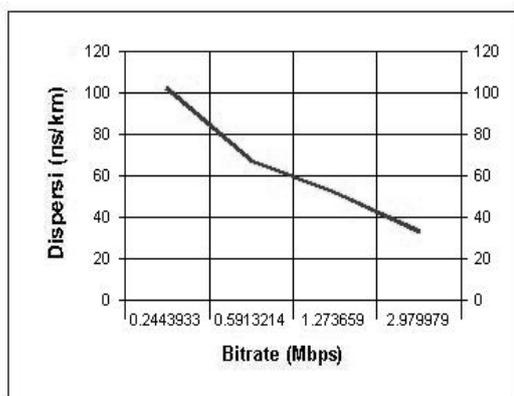
Sedangkan pada *fiber singlemode* hanya terjadi satu jenis dispersi yaitu dispersi intramodus σ_{im} . Pada serat optik jenis *singlemode* memiliki ukuran diameter *core* yang lebih kecil (9 μ m) dibandingkan dengan ukuran *cladding* (125 μ m). Dengan diameter *core* yang sangat kecil ini maka cahaya hanya merambat dalam satu modus saja yaitu sejajar dengan sumbu serat optik, sehingga hanya dapat menyebabkan terjadinya dispersi intramodus. Karena dispersi yang dihasilkan pada serat optik *singlemode* lebih kecil maka serat tipe ini sesuai bila digunakan untuk transmisi data dengan *data rate* tinggi dan jarak jauh.

Berdasarkan uraian di atas, yaitu analisa efek dispersi terhadap *fibertype* dapat diketahui bahwa besar kecilnya nilai dispersi yang dihasilkan oleh kedua tipe serat tersebut juga akan berpengaruh terhadap parameter-parameter lainnya seperti:

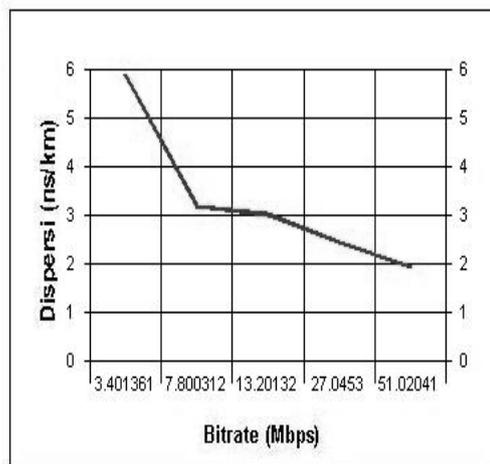
- *Data Rate*
- *Bandwidth*

a. *Data Rate*

Telah diketahui pada analisa sebelumnya mengenai hubungan antara dispersi dengan *data rate* adalah berbanding terbalik, atau dengan kata lain semakin besar nilai dispersi maka *data rate* yang dihasilkan akan semakin kecil.



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Dispersi pada *Fibertype Multimode* dengan *Bit rate*

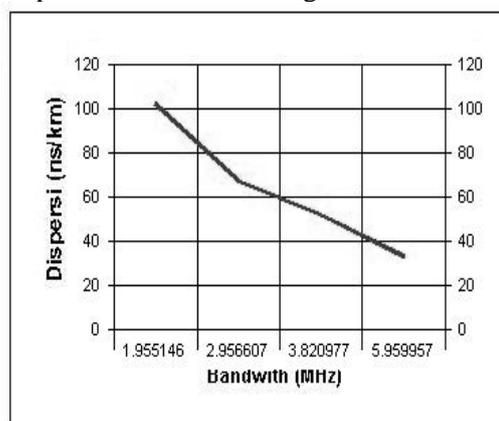


Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Dispersi pada *Fibertype Singlemode* dengan *Bit rate*

Berdasarkan gambar 9 dan 10 dapat dilihat bahwa *data rate* pada *fiber multimode* lebih kecil jika dibandingkan dengan *fiber singlemode*, meskipun jarak yang dilewati sama. Karena selain dipengaruhi oleh jarak atau panjang *link* transmisi besar kecilnya nilai *data rate* juga dipengaruhi oleh dispersi, dan dispersi paling banyak terjadi pada *fiber multimode*. Oleh sebab itu tipe *fiber multimode* lebih cocok digunakan untuk jarak pendek dan transmisi data dengan *data rate* rendah, sedangkan *fiber singlemode* cocok digunakan untuk jarak jauh dan transmisi data dengan *data rate* tinggi.

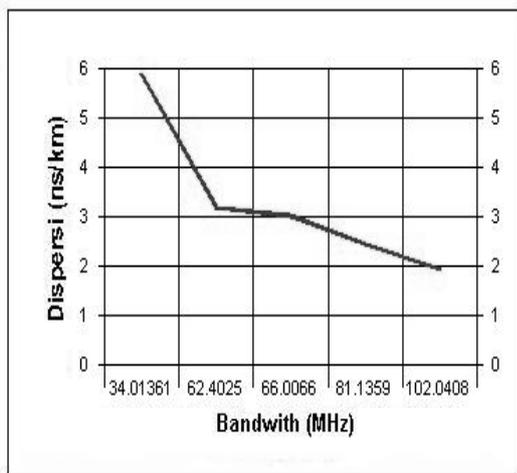
b. *Bandwidth*

Selain *data rate* perbedaan nilai dispersi pada kedua tipe *fiber* ini juga akan berpengaruh terhadap *bandwidth* yang dihasilkan. Hubungan antara *bandwidth* dan dispersi adalah berbanding terbalik.



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Dispersi pada *Fibertype Multimode* dengan *Bandwidth*

Atau dengan kata lain semakin besar dispersi yang dihasilkan pada suatu *fiber* maka *bandwidth*-nya akan semakin kecil.



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Dispersi pada *Fibertype Singlemode* dengan *Bandwidth*

Dari kedua gambar grafik di atas dapat kita lihat karena dispersi paling banyak terjadi pada *fiber multimode* daripada *singlemode*, maka *bandwidth* yang dihasilkan oleh *fiber multimode* juga akan lebih sempit jika dibandingkan dengan *fiber tipe singlemode*.

Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa dispersi mempunyai hubungan yang erat dengan penentuan jenis atau tipe dari *fiber* yang digunakan dalam suatu perencanaan sistem komunikasi serat optik. Hal tersebut juga berkaitan dengan penentuan panjang gelombang yang digunakan pada tiap-tiap jenis serat optik.

E. KESIMPULAN

1. Hubungan antara dispersi dengan *data rate* adalah berbanding terbalik, sedangkan hubungan antara dispersi dengan *transmission distance* (jarak transmisi) dan *wavelength* (panjang gelombang) adalah berbanding lurus.
2. Efek dispersi lebih banyak dirasakan oleh serat optik *multimode* dibanding serat optik *singlemode*, hal tersebut disebabkan karena serat optik *multimode* mempunyai banyak lintasan cahaya (modus) sehingga terjadi dua macam dispersi yaitu dispersi antarmodus dan intramodus, sedangkan di dalam serat optik *singlemode* hanya terdapat satu jenis dispersi yaitu dispersi intramodus karena hanya mempunyai satu modus.

F. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Divlat PT. Telkom, *Pengantar Sistem Komunikasi Serat Optik*, Bandung, 2001.
- [2] Keiser Gerd, *Optical Fiber Communication*, Singapore, 1983.
- [3] Powers John, *An Introduction to Fiber Optic System*, Singapore, 1999.
- [4] Pallais Joseph, *Fiber Optic Communicastions*, New York, 1989.
- [5] Siregar Rustam E. Dr., *Dasar-dasar Telekomunikasi Serat Optik*, STTTelkom, Bandung, 1997.