

PENGARUH SPEKTRA GELOMBANG CAHAYA TERHADAP DISPERSI MODA POLARISASI

Sopya Erlinda*, Saktioto

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: erlindasopya@gmail.com

ABSTRACT

Optical fiber is a medium that propagates information in the form of light waves. The quality of optical fiber can be seen by knowing the polarization mode dispersion value which is one of the characteristics of optical fiber by using a simulation method of designing a single mode optical fiber using the OptiFiber application. The single mode optical fibers used in the simulation are SMF-28, SMF-28e, SMF-28e +, SMF-28e + LL, SMF-28 ULL. A good quality SMF for long distance communication is SMF which has a small PMD value.

Keywords: Fiber, Birefringence, Polarization.

ABSTRAK

Serat optik merupakan salah satu medium yang merambatkan informasi dalam bentuk gelombang cahaya. Kualitas serat optik dapat dilihat dengan mengetahui nilai dispersi moda polarisasi yang merupakan salah satu karakteristik serat optik dengan menggunakan metode simulasi perancangan serat optik moda tunggal menggunakan aplikasi OptiFiber. Serat optik moda tunggal yang digunakan dalam simulasi adalah SMF-28, SMF-28e, SMF-28e+, SMF-28e+LL, SMF-28 ULL. Kualitas SMF yang baik untuk komunikasi jarak jauh adalah SMF yang memiliki nilai PMD yang kecil.

Kata kunci: Serat Optik, Birefringence, Polarisasi.

PENDAHULUAN

Serat optik merupakan medium yang dapat merambatkan informasi yang berbentuk gelombang cahaya [1]. Serat optik memiliki banyak keunggulan, dengan memiliki sifat isolator dan dapat dijadikan sebagai produk untuk masa depan untuk sistem komunikasi. Serat optik dapat menghantarkan informasi yang akurat dengan waktu yang cepat [2].

Serat optik dapat digunakan sebagai media transmisi karena bersifat linier. Sifat linier dapat memberikan dua efek utama terhadap perambatan cahaya optik yaitu dispersi dan absorpsi. Dispersi adalah pelebaran pulsa optik yang merambat disepanjang serat [3]. Absorpsi merupakan penyerapan cahaya optik yang terjadi karena ketidakmurnian bahan serat optik yang digunakan [4]. Serat optik yang digunakan untuk komunikasi jarak jauh ialah serat optik moda tunggal SMF. Serat optik ini memiliki kemampuan tinggi untuk mentransfer data

sehingga tidak terdapat modal noise pada serat [5].

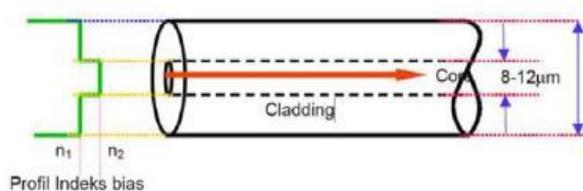
Simulasi perancangan serat optik moda tunggal sangat diperlukan karena penggunaan serat optik moda tunggal yang dibutuhkan untuk komunikasi jarak jauh karena memiliki sedikit redaman terhadap serat dan serat optik moda tunggal dapat digunakan sebagai sensor. Pada simulasi ini dapat melihat kualitas serat optik moda tunggal dari berapa besar nilai dispersi moda polarisasi pada serat optik moda tunggal. Kerusakan dan kerugian yang terjadi pada serat optik moda tunggal dapat dilihat dari simulasi dispersi moda polarisasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Serat Optik Moda Tunggal (SMF)

Serat optik moda tunggal (SMF) memiliki diameter inti yang kecil yaitu 4-10 μ m dan diameter selongsong 125 μ m. Serat optik ini hanya

dapat mentransmisikan sinyal pada satu moda yang disebabkan SMF hanya mentransmisikan sinyal pada moda utama dan dapat mencegah dispersi kromatik terhadap serat [6]. Serat optik tipe SMF dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Serat Optik Moda Tunggal [6].

Serat optik *multimode* memiliki kinerja bergantung terhadap nilai *numerical aperture* dan diameter inti, sedangkan serat optik moda tunggal dipengaruhi distribusi radial dari daya optik yang terdapat pada moda propagasi dasar. MFD dikenal sebagai ukuran titik moda pada serat optik moda tunggal [5].

Birefringence

Birefringence terjadi karena serat optik memiliki inti serat yang tidak silinder sempurna sehingga adanya variasi diameter yang menyebabkan ketidakseragaman suatu tegangan disepanjang serat sehingga mengalami konstanta propagasi yang berbeda terhadap serat [5]. Modal *birefringence* didefinisikan oleh

$$\delta n = |n_x - n_y| \quad (1)$$

Pada serat optik moda tunggal terdapat dua kelompok gangguan intrinsik dan ekstrinsik, gangguan intrinsik merupakan fitur permanen dari serat karena adanya kesalahan saat proses pembuatannya. Sedangkan gangguan ekstrinsik merupakan gangguan yang terjadi karena adanya tegangan eksternal yang terjadi pada serat saat pemasangan kabel. Ketidaksempurnaan terhadap serat yang mengakibatkan serat tersebut mengalami *birefringence* [7].

Dispersi Kecepatan Grup

Dispersi kecepatan grup ialah disaat serat optik memiliki komponen spektral berbeda yang

merambat dengan kecepatan yang sedikit berbeda sehingga menghasilkan pelebaran pulsa terhadap serat optik. Dispersi kecepatan grup dapat disebut dengan dispersi intramodal, yang mana dispersi intramodal dibagi dua yaitu dispersi material dan pemadu gelombang [5]. Kecepatan grup dapat dinyatakan dengan persamaan

$$V_g = \frac{1}{d\beta/d\omega} \quad (2)$$

Dispersi material

Dispersi material disebabkan karena frekuensi dan panjang gelombang yang bergantung pada respon atom dan material gelombang elektromagnetik [8]. Pelebaran pulsa terhadap dispersi material terjadi karena perbedaan kecepatan variasi komponen spektrum yang merambat terhadap serat [5].

Dispersi Pemadu Gelombang

Dispersi pemadu gelombang bergantung terhadap panjang gelombang dan dimensi gelombang, kecepatan gelombang pemadu gelombang bergantung terhadap frekuensi [9].

Dispersi Moda Polarisasi (PMD)

PMD ialah pelebaran pulsa yang terjadi karena perbedaan waktu propagasi [5]. PMD merupakan kasus dari dispersi modal, dispersi modal ialah mekanisme dari distorsi yang terjadi pada serat optik *multimode* dan pemadu gelombang lainnya. Sinyal menyebar dalam waktu karena kecepatan rambat pada sinyal optik tidak sama untuk semua moda. PMD dihasilkan ketika dua moda yang bergerak pada kecepatan yang memiliki geometri inti serat dan simetri tegangan yang bergerak dengan kecepatan berbeda karena ketidaksempurnaan acak yang memecah simetri.

PMD pada serat optik adalah sinyal input masuk kedalam serat yang terpolarisasi linier menjadi polarisasi lingkaran, polarisasi elip dan saat sinyal output keluar akan kembali berbentuk linier dengan posisi yang berbeda. Saat sinyal input menuju output akan terjadi penundaan waktu (DGD). DGD mengakibatkan sinyal yang

masuk didalam memiliki orde pertama dan orde kedua karena serat akan terjadi penundaan lambat dan penundaan yang pendek terhadap serat.

Pelebaran pulsa yang diinduksi PMD dapat dipehitungkan dengan persamaan :

$$\Delta T = D_{PMD} \sqrt{L} \quad (3)$$

dimana D_{PMD} yang diukur dalam satuan ps / \sqrt{km} , adalah parameter PMD rata-rata dan L adalah panjang serat. Nilai D_{PMD} biasanya bervariasi dari 0,01 hingga 10 ps/ \sqrt{km} [5].

Untuk seratoptik mode tunggal panjang nilai PMD diberikan dalam bentuk nilai rata-rata DGD dengan persamaan [10].

$$\langle \Delta \tau \rangle = \sqrt{\frac{8}{3\pi}} \Delta \beta' \sqrt{l_c} \sqrt{z} \quad (4)$$

PMD juga diberikan dalam bentuk *Root Mean Square* (RMS) seperti pada persamaan berikut.

$$\sqrt{\langle \Delta \tau^2 \rangle} = \Delta \beta' \sqrt{l_c} \sqrt{z} \quad (5)$$

METODE PENELITIAN

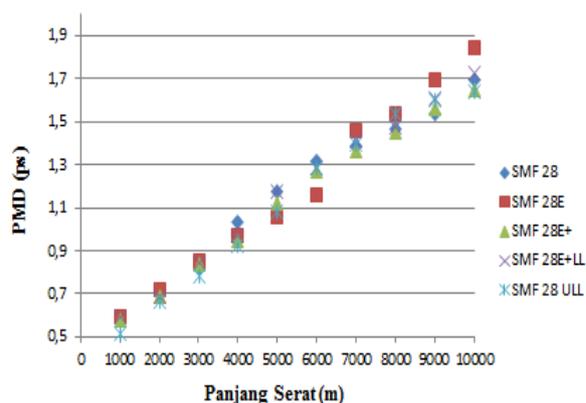
Penelitian ini bersifat simulasi dengan menggunakan aplikasi *Opti Fiber* versi 2. 1.0.133 untuk merancang serat optik mode tunggal. SMF yang akan disimulasikan adalah SMF-28, SMF-28e, SMF-28e+, SMF-28e+LL dan SMF-28 ULL. Proses yang dilakukan dalam simulasi perancangan serat optik mode tunggal adalah menentukan profile serat dari SMF dengan memasukkan tipe profile yang digunakan serta memasukkan nilai jari-jari dan indeks bias yang terdapat pada SMF. Pada saat mensimulasikan moda serat terlebih dahulu menentukan model dispersi yang terdapat pada serat optik, model dispersi ini ditentukan dengan memilih bahan yang terdapat pada *material properties*. Selanjutnya mensimulasikan panjang gelombang *cut off* dengan menggunakan *LP Modes (Matrix Method)* yang menunjukkan parameter moda LP_{01} dan LP_{11} . Apabila terdapat LP_{01} maka kurangi panjang gelombang. Untuk

simulasi polarisasi moda dispersi terlebih dahulu mensimulasikan *birefringence* yang disebabkan adanya gangguan parameter yang terdapat pada serat. Simulasi ini memiliki nilai yang konstan seperti nilai fotoelastik, modulus young dan rasio poisson. *Birefringence* dipengaruhi faktor ekstrinsik (pembengkokan dan tegangan).

Pada saat mensimulasikan PMD nilai panjang serat dan panjang dapat divariasikan untuk menentukan kualitas dari serat. Dan simulasi PMD juga dipengaruhi oleh panjang spektra dan iterasi yang terdapat pada serat optik mode tunggal. Simulasi perancangan serat optik mode tunggal ini menggunakan laptop merk Acer Aspire One yang dilakukan di Laboratorium Fisika Fotonik dan Plasma di Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

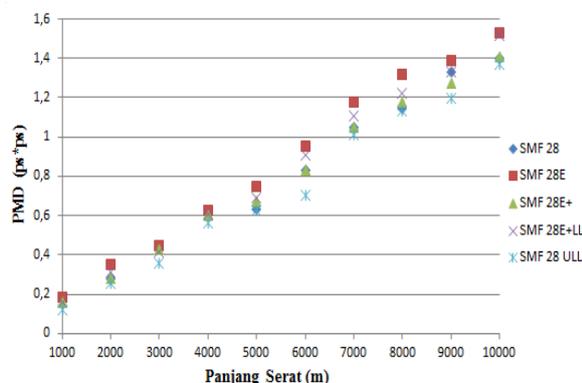
Pembahasan hasil simulasi pengaruh spektra gelombang terhadap polarisasi moda dispersi dari beberapa jenis serat optik mode tunggal memiliki perbedaan gelombang dan nilai PMD yang berbeda setiap SMF saat penjalaran sinyal terjadi.



Gambar 2. Perubahan Nilai PMD Orde Pertama Setiap Serat pada Panjang gelombang 1310 nm.

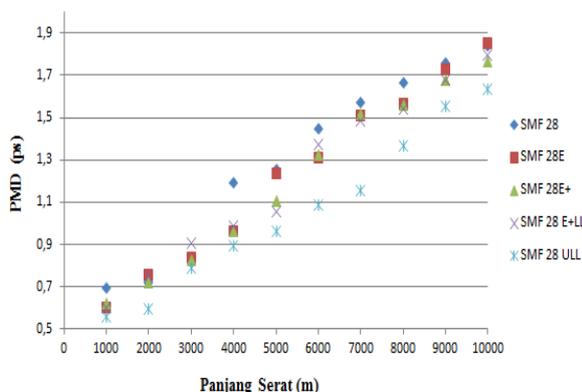
Pada Gambar 2 dapat dilihat nilai PMD memiliki fluktuasi yang kecil dikarenakan panjang gelombang 1310 nm memiliki energi yang besar terhadap serat. Pada saat panjang serat 600 m SMF 28e mengalami kenaikan lebih tinggi yang disebabkan nilai indeks bias pada SMF 28e lebih besar dibandingkan SMF yang lain.

Sedangkan nilai PMD pada SMF 28e+ mengalami sedikit kenaikan karena nilai frekuensi normalisasi pada SMF 28e+ lebih besar, dan pada SMF 28 ULL nilai PMD lebih kecil karena nilai indeks bias pada SMF 28 ULL sangat kecil dibandingkan SMF yang lain.



Gambar 3. Perubahan Nilai PMD Orde Kedua Setiap Serat pada Panjang gelombang 1310 nm.

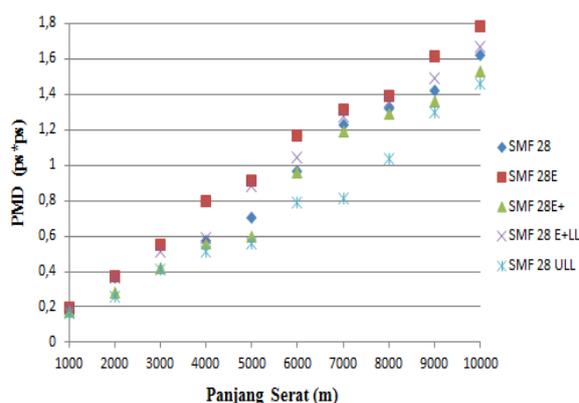
Gambar 3 menunjukkan nilai PMD orde kedua lebih kecil dibandingkan PMD orde pertama. Nilai PMD orde kedua ini sebagai nilai pembanding untuk orde pertama dan orde kedua ini merupakan gelombang kedua yang terjadi karena adanya penundaan yang relatif lambat terhadap serat optik. Pada Gambar 3 dapat dilihat SMF yang memiliki nilai terkecil merupakan SMF 28 ULL yang disebabkan indeks bias pada SMF 28 ULL lebih kecil dibandingkan indeks bias SMF yang lain.



Gambar 4. Perubahan Nilai PMD Orde Pertama Setiap Serat pada Panjang gelombang 1550 nm.

Gambar 4 menunjukkan nilai PMD pada panjang gelombang 1550 nm lebih besar

dibandingkan nilai PMD saat panjang gelombang 1310 nm, akan tetapi PMD tersebut tidak baik untuk serat optik. Pada Gambar diatas terjadi fluktuasi yang tinggi yang disebabkan panjang gelombang yang besar, karena semakin besar panjang gelombang maka akan semakin kecil energi yang terdapat didalam serat optik. PMD berbanding lurus dengan panjang serat sehingga membuat nilai PMD bervariasi sepanjang serat optik.



Gambar 5. Perubahan Nilai PMD Orde Kedua Setiap Serat pada Panjang gelombang 1550 nm.

Gambar 5 menunjukkan nilai PMD orde kedua pada panjang gelombang 1550 nm linier terhadap panjang serat. Dapat dilihat pada Gambar 5 nilai PMD orde kedua berfluktuasi tinggi terhadap panjang gelombang yang besar dan terjadi selisih yang signifikan untuk semua SMF. Pada saat panjang gelombang 1550 nm terjadi dispersi yang besar sehingga nilai PMD setiap SMF menjadi besar, akan tetapi pada SMF 28 ULL nilai PMD memiliki kenaikan yang kecil dibandingkan SMF 28. Hal ini disebabkan nilai indeks bias pada SMF 28 ULL lebih kecil dibandingkan nilai indeks bias SMF 28.

Nilai PMD juga dipengaruhi oleh frekuensi normalisasi serat optik, nilai frekuensi normalisasi SMF 28 lebih besar dibandingkan SMF 28 ULL. Sehingga semakin besar frekuensi normalisasi maka akan semakin banyak cahaya yang akan ditransmisikan pada SMF dan SMF yang memiliki nilai frekuensi normalisasi yang besar akan lebih banyak mengalami dispersi terhadap serat.

KESIMPULAN

PMD pada SMF berbanding lurus terhadap panjang gelombang. Panjang gelombang 1550 nm memiliki nilai dispersi yang lebih besar dibandingkan pada panjang gelombang 1310 nm disebabkan energi pada panjang gelombang 1550 nm lebih kecil dibandingkan energi pada saat panjang gelombang 1310 nm. Panjang serat dan panjang gelombang berbanding lurus terhadap PMD. Semakin panjang serat optik semakin besar nilai PMD terhadap serat dan menyebabkan nilai PMD bervariasi sepanjang serat optik pada saat penjarangan.

REFERENSI

1. Prasad, B., Mallick, B., & Parida, A. K. (2014). Fiber bragg grating as a dispersion compensator in an optical transmission system using optisystem software. *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 6(2), 9–14.
2. Horvath, T., Munster, P., Vojtech, J., Velc, R., & Oujezsky, V. (2018). Simultaneous transmission of accurate time, stable frequency, data, and sensor system over one fiber with ITU 100 GHz grid. *Optical Fiber Technol.*, 40, 139–143.
3. Agrawal, G. P. (2002). *Fiber-optic communication systems*. New York, USA
4. Zuliandri, M. R. (2014). *Analisa rayleigh pada transmisi serat optik*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara. Medan.
5. Khare, R. P. (2004). *Fiber optics and optoelectronics*. New York: Oxford University Press.
6. Crisp, J. & Elliot, B. (2008). *Serat optik: sebuah pengantar*. Jakarta: Erlangga.
7. Poole, C. D. & Nagel, J. (1997). Polarization effect in lightwave systems in *Optical Fiber Telecommunications IIIA*, I. P. Kaminow and T. L. Koch, Eds. New York: Academic.
8. Miah, M. S. & Rahman, M. M. (2012). The Performance analysis fiber optic dispersion on OFDN-QAM system. *Int. J. Adv. Comput. Eng. Appl.*, 1(1), 29.
9. Hecht, J. (2015). *Understanding fiber optics*. Fifth Edition, revised. Auburnable: Lase Light Press. 80–81.
10. Foschini, G. J. & Poole, C. D. (1991). Statistical theory of polarization dispersion in single mode fibers. *J. Lightwave Technol.*, 9, 1439–1456.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)