

# PENGARUH MISALIGNMENT TERHADAP PERFORMANSI MULTIMODE STEP-INDEX PLASTIC OPTICAL FIBER (MSI-POF) PADA SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

Renie Febriyanti<sup>1</sup>, Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.<sup>2</sup>, Sapriesty Nainy Sari, S.T, M.T<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, <sup>2,3</sup>Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: reniefebriyanti@gmail.com

**Abstract**— In the process of aligning on fiber optic installation in a building or house, there may a possibility of misalignment. Misalignment is a condition where fiber butts not jointed perfectly. In this research, observation and analysis will be done of three types of misalignment that is lateral misalignment, longitudinal misalignment, and angular misalignment using multimode step-index plastic optical fiber (MSI-POF) to determine its effect on the performance of optical fiber due to BER and eye diagram. The results of this experiment showed that from three types of misalignment, angular misalignment gives more effect to the fiber optic performance. In the angular misalignment, the critical limits at 15° angle has large losses 0.016 dB, noise margin 67.188%, timing jitter 3.429%, and bit rate 31.746 kbps. BER at an angle of 15° is zero but at an angle of 20° BER increase significantly to 7.97 x10<sup>-4</sup>.

**Keywords:** Misalignment, MSI-POF, performance, BER, eye diagram.

**Abstrak** – Proses penyambungan pada instalasi serat optik di dalam gedung atau rumah terdapat kemungkinan terjadi misalignment. Misalignment adalah suatu kondisi kedua ujung serat optik tidak tersambung sempurna. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dan analisis terhadap tiga jenis misalignment yaitu lateral misalignment, longitudinal misalignment, dan angular misalignment menggunakan multimode step index plastic optical fiber (MSI-POF) untuk melihat pengaruhnya terhadap performansi serat optik. Hasil penelitian ini menunjukkan dari ketiga jenis misalignment yang paling berpengaruh adalah angular misalignment. Pada angular misalignment batas kritisnya yaitu pada sudut 15° dengan besar rugi-rugi (losses) 0,016dB, noise margin 67,188%, timing jitter 3,429%, dan bit rate 31,746kbps. BER pada sudut 15° nol tetapi pada sudut 20° BER naik secara signifikan menjadi 7,97x10<sup>-4</sup>.

**Kata Kunci** — Misalignment, MSI-POF, performansi, BER, eye diagram.

## I. PENDAHULUAN

World Broadband Commission pada Annual Report 2013 menyatakan bahwa Indonesia menempati urutan ke-84 di dunia untuk pengguna internet yang mengakses dari rumah. Data pengguna ini mengalami peningkatan dari tahun 2012 dimana Indonesia menempati urutan ke-74. Untuk memenuhi tingginya permintaan, maka digunakanlah teknologi Fiber in Home (FIH). FIH adalah jaringan broadband yang digunakan untuk menghantarkan data kepada pelanggan di rumah menggunakan kabel serat optik yang menggunakan media cahaya sebagai media pentransmisi data yang cepat dan memiliki bandwidth lebar dibandingkan kabel tembaga.

Berdasarkan material bahannya, serat optik terdiri dari dua jenis yaitu Glass Optical Fiber (GOF) dan Plastic Optical Fiber (POF). POF sangat sesuai digunakan dalam arsitektur jaringan FIH karena karakteristik POF tepat digunakan untuk transmisi jarak pendek dengan instalasi mudah. Karakteristik yang dimiliki POF adalah diameter

core yang besar yaitu 980µm, fleksibel, penggunaan cahaya tampak, dan bahan POF yang merupakan bahan dielektrik sehingga aman untuk diletakkan bersebelahan dengan kabel listrik atau diletakkan di dalam dinding [1].

Alignment adalah teknik penyambungan dimana kedua ujung fiber disambung menggunakan konektor. Kelebihan alignment adalah mudah dibongkar pasang apabila ingin melakukan instalasi ulang dan mudah digunakan siapa saja. Dalam hal ini sesuai digunakan dalam proses instalasi jaringan FIH yang menggunakan POF. Di dalam proses alignment terdapat kemungkinan rugi-rugi yang bisa terjadi akibat penyambungan yang tidak tepat antar fiber. Hal ini menyebabkan ketidaksejajaran yang disebut dengan misalignment.

Misalignment terbagi menjadi tiga yaitu longitudinal misalignment, lateral misalignment, dan angular misalignment. Longitudinal misalignment terjadi ketika terdapat jarak atau celah udara antara dua buah serat optik, lateral misalignment terjadi ketika sumbu pada serat inti mengalami pergeseran, sedangkan angular misalignment diakibatkan adanya perbedaan sudut antara dua buah serat inti [2].

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan misalignment pertama kali dilakukan oleh D.L Bisbee [3] pada 1971 dengan mengukur besarnya rugi-rugi yang terjadi akibat lateral misalignment dan longitudinal misalignment menggunakan serat optik kaca jenis single-mode dan multimode. Kemudian pada 1977, T.C. Chu [4] melakukan pengukuran berkaitan lateral, longitudinal, dan angular misalignment menggunakan serat optik kaca jenis multimode graded-index. Pada 2011, Mladen Joncic [5] melakukan penelitian dengan membandingkan teori dan eksperimen tentang lateral misalignment jenis single-mode. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa misalignment memberikan rugi-rugi yang cukup besar.

Semua penelitian tersebut menggunakan serat optik kaca dengan single core dan terbatas pada besarnya rugi-rugi yang terjadi saja, tetapi pada skripsi ini juga akan membahas pengaruh misalignment pada performansi MSI-POF yang belum diperhitungkan.

Skripsi ini meneliti pengaruh misalignment terhadap performansi MSI-POF pada sistem komunikasi serat optik. Penelitian dilakukan untuk variasi pergeseran pada lateral misalignment, variasi jarak celah udara pada longitudinal misalignment, dan variasi perbedaan sudut pada angular misalignment yang dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya dengan parameter yang diamati adalah Bit Error Rate (BER) dan eye diagram.

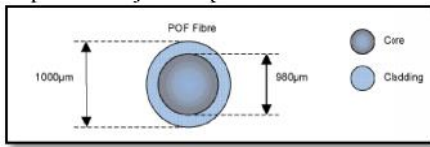
## II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada sistem komunikasi serat optik, sinyal informasi dari transmitter diubah ke sinyal listrik lalu diubah ke sinyal cahaya. Sinyal cahaya diterima oleh receiver akan

diubah menjadi sinyal listrik kemudian diterjemahkan kembali ke sinyal informasi. Sistem komunikasi serat optik terdiri dari sumber optik, serat optik, dan detektor optik.

Sumber optik adalah perangkat pembangkit gelombang elektromagnetik (GEM) pada frekuensi optik yaitu  $3.10^{11}$  -  $3.10^{16}$  Hz. Gelombang tersebut dibangkitkan untuk membawa informasi yang akan ditransmisikan. Dalam sistem transmisi serat optik, sumber optik yang sering digunakan adalah LED (*Light Emitting Diode*) dan LD (*Laser Diode*).

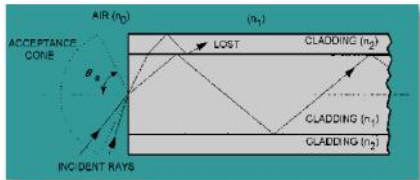
Serat optik terbagi menjadi dua jenis berdasarkan bahan materialnya yaitu *Glass Optical Fiber* (GOF) dan *Plastic Optical Fiber* (POF). Pada POF, *core* dan *cladding* terbuat dari plastik dan kegunaan serat optik jenis ini adalah untuk jarak pendek yaitu maksimal 100m. Indeks bias pada *core* dengan bahan *polymethyl methacrylate* sebesar 1,49 dan indeks bias pada *cladding* dengan bahan *copolymer* sebesar 1,4. Diameter *core* POF sebesar 110 – 980  $\mu\text{m}$  seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diameter POF [6]

Penjalaran cahaya yang berlangsung dalam serat optik didasarkan pada gejala pemantulan yang sempurna. Terjadinya gejala ini berkaitan dengan indeks bias bahan, sudut datang, dan sudut pantul. Indeks bias bahan ( $n$ ) didefinisikan sebagai perbandingan kecepatan cahaya dalam ruang hampa dengan kecepatan cahaya dalam bahan [7].

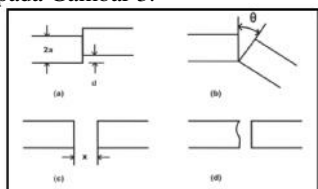
Sudut  $\theta_a$  adalah sudut maksimum sinar yang memasuki serat agar sinar dapat tetap merambat sepanjang serat (dipandu), sudut ini disebut sudut tangkap (*acceptance cone*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Sudut tangkap (*Acceptance Cone*) [8]

Detektor optik adalah alat yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Detektor optik bekerja berdasar prinsip emisi fotolistrik yaitu terjadinya pembebasan elektron dari permukaan laser sebagai hasil penyerapan energi foton. Dalam sistem transmisi serat optik, detektor optik yang antara lain diode PIN (*Positive Intrinsic Negative*) dan APD (*Avalanche Photo Diode*).

Penyambungan dalam proses instalasi yang tidak tepat dapat mengakibatkan *misalignment*. Misalignment dibagi menjadi tiga yaitu *lateral misalignment*, *longitudinal misalignment*, dan *angular misalignment* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) *Lateral Misalignment*, (b) *Angular Misalignment* (c) *Longitudinal Misalignment*, (d) Permukaan fiber tidak rata [8]

Konsekuensi dari *misalignment* menyebabkan rugi-rugi karena cahaya tidak dapat diterima sempurna oleh detektor sehingga informasi yang diterima tidak utuh. Rugi-rugi *lateral misalignment* dapat dihitung menggunakan persamaan (1)[8].

$$L = 10 \log \frac{P_1}{P_0} = 10 \log \left( \frac{V_1^2}{V_0^2} \right) = 20 \log \frac{V_1}{V_0} \quad (1)$$

dimana:

$P_1$  = daya keluaran

$P_0$  = daya masukan

$V_1$  = tegangan keluaran

$V_0$  = tegangan masukan

Performansi serat optik yang lain yang dapat diamati antara lain adalah BER dan *eye diagram*.

BER adalah perbandingan bit salah terhadap total bit yang ditransmisikan dalam suatu periode waktu  $t$  detik yang secara matematis dituliskan pada Persamaan (2)[10].

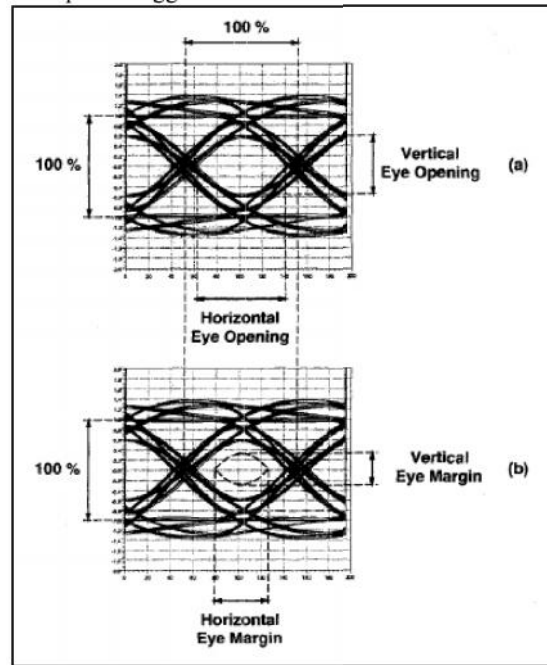
$$BER = \frac{E_b}{T_b} \quad (2)$$

dimana:

$E_b$  = bit yang error

$T_b$  = total bit yang ditransmisikan

*Eye diagram* adalah tampilan osiloskop dari sinyal digital yang mengalami proses *sampling* beberapa kali untuk mendapatkan tampilan dari karakteristik sinyal tersebut. Dari tampilan tersebut kita dapat mengetahui kualitas dari sinyal optik. Metodologi *Eye diagram* adalah untuk mewakili dan menganalisis sinyal digital berkecepatan tinggi.



Gambar 4. (a) *Eye diagram* tanpa Noise (b) *Eye diagram* dengan Noise[12]

Parameter yang dapat dihitung berdasarkan eye diagram adalah sebagai berikut:

### 1. Noise Margin

*Noise margin* adalah ratio persentase dari puncak sinyal  $V_x$  yang dilihat dari lebar *eye opening* terhadap tegangan maksimum sinyal  $V_y$ . Perhitungan *noise margin* ditunjukkan pada persamaan (3) [11].

$$\text{Noise margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% \quad (3)$$

dimana:

$V_1$ =puncak sinyal yang dilihat dari besar *eye opening*  
 $V_2$ =tegangan maksimum sinyal

## 2. Bit Rate

*Bit Rate* adalah kecepatan pengiriman data pada transmisi dan dihitung dari *bit period* yang dilihat dari besarnya *horizontal eye opening* dengan menggunakan Persamaan (4)[12].

$$\text{Bit Rate} = \frac{1}{\text{Bit Period}} \quad (4)$$

## 3. Timing Jitter

*Timing Jitter* adalah penyimpangan waktu dari waktu ideal sebuah event data bit. Perhitungan *timing jitter* menggunakan Persamaan (5) [11].

$$\text{Timing Jitter(\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% \quad (5)$$

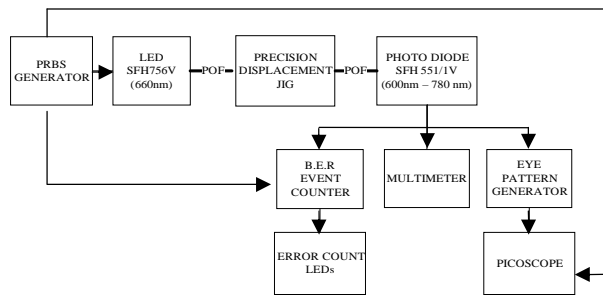
dimana:

$T$ =jumlah distorsi  
 $T_b$ =bit periode

## III. METODE PENELITIAN

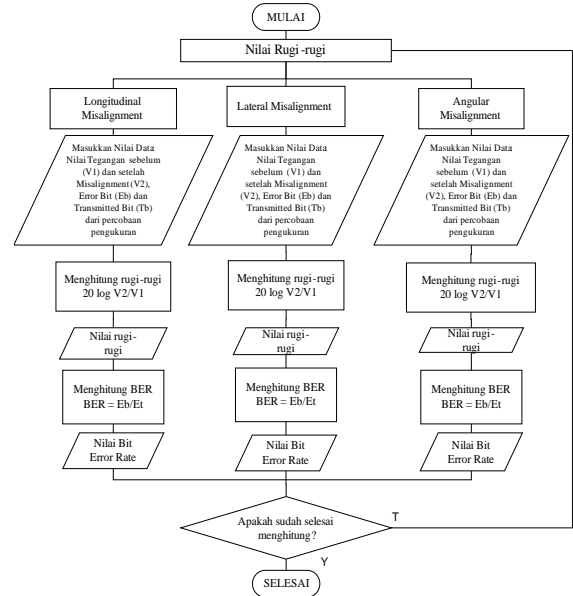
Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penentuan jenis dan cara perolehan data, variable dan cara analisis yang digunakan, kerangka solusi masalah yang disajikan dalam bentuk *flowchart* dan penjelasannya. Pengamatan dan analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh *misalignment* terhadap performansi MSI-POF menggunakan data primer dan data sekunder.

Data primer diperlukan untuk perhitungan dan analisis dalam skripsi ini dan data sekunder diperlukan untuk mendukung data primer dalam mengkaji penelitian yang telah dilakukan. Konfigurasi pengukuran untuk pengambilan data primer ditunjukkan pada Gambar 5.



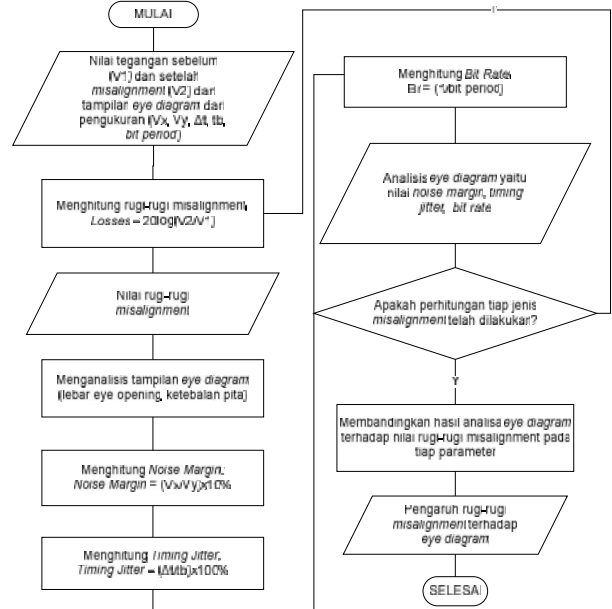
Gambar 5. Konfigurasi Pengukuran

Analisis dilakukan dengan menghitung nilai rugi-rugi *misalignment*, BER, dan *eye diagram* untuk variasi jarak pergeseran pada *lateral misalignment* untuk variasi jarak celah pada *longitudinal misalignment*, dan variasi sudut pada *angular misalignment*. Diagram alir langkah analisis pengaruh *misalignment* terhadap BER ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Pengaruh *Misalignment* terhadap BER

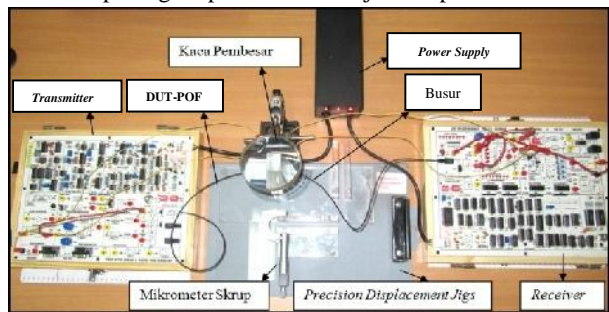
Diagram alir langkah analisis pengaruh *misalignment* eye diagram ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Pengaruh *Misalignment* terhadap *Eye Diagram*

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data primer yang didapat dari pengukuran *misalignment* digunakan untuk mengetahui performansi MSI-POF meliputi rugi-rugi, BER, dan *eye diagram*. Susunan perangkat penelitian ditunjukkan pada Gambar 9.

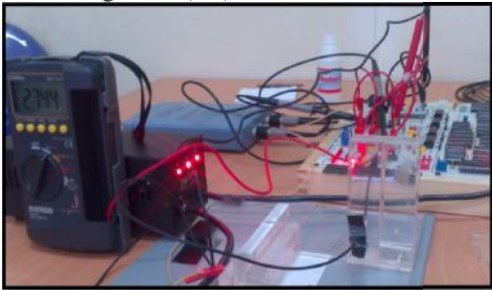


Gambar 9. Susunan Perangkat Eksperimen

Pengukuran pertama dilakukan dengan *multimeter* untuk melihat besarnya rugi-rugi. BER diukur menggunakan *error counter* dan *eye diagram* diukur menggunakan *eye pattern generator* yang dihubungkan ke osiloskop dan laptop.

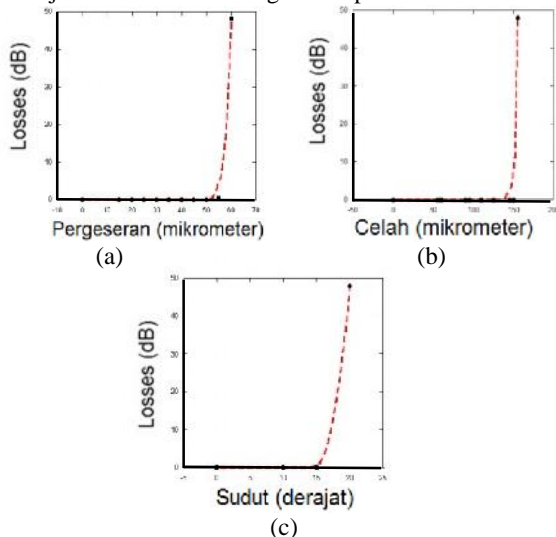
### 1. Pengaruh Misalignment terhadap Rugi-Rugi

Rugi-rugi pada *misalignment* dapat diperhitungkan dengan data yang didapat menggunakan multimeter untuk melihat besar tegangan sebelum *misalignment* (V1) dan sesudah *misalignment* (V2).



Gambar 10. Tegangan yang Ditunjukkan pada Multimeter saat Proses *Misalignment*

Pengaruh *misalignment* terhadap rugi-rugi ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 10.



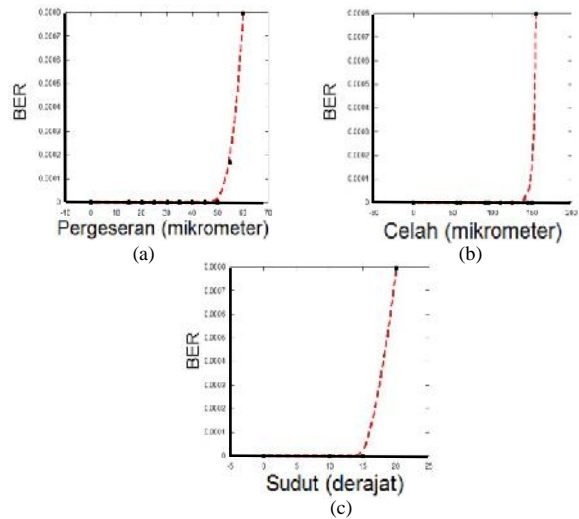
Gambar 10. Besar rugi-rugi (a) *Lateral misalignment* (b) *Longitudinal misalignment* (c) *Angular misalignment*

*Lateral misalignment* mengakibatkan kedua ujung serat optik tidak bertemu dengan sempurna sehingga terdapat sebagian cahaya yang terbiaskan keluar. Pada *longitudinal* dan *angular misalignment* terjadi interferensi indeks bias udara di antara kedua ujung serat optik. Indeks bias udara adalah 1 sedangkan indeks bias *core* adalah 1,49. Saat cahaya memancar dari media dengan indeks bias lebih rendah menuju media dengan indeks bias lebih tinggi maka cahaya akan dibiaskan menjauhi garis normal.

Konsekuensi dari hal ini adalah sebagian cahaya akan dibiaskan keluar sehingga hanya sebagian cahaya yang diterima oleh *receiver* dan mengakibatkan tegangan keluaran berkurang. Semakin rendah tegangan keluaran yang diterima maka besar rugi-rugi (*losses*) akan semakin besar.

### 2. Pengaruh Misalignment terhadap BER

Pengaruh *misalignment* terhadap BER ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 11.



Gambar 11. Pengaruh *Misalignment* terhadap BER (a) *Lateral misalignment* (b) *Longitudinal misalignment* (c) *Angular misalignment*

Gambar 11 menunjukkan perubahan yang sama untuk masing-masing jenis *misalignment* yaitu nilai BER meningkat seiring variasi pengukuran bertambah. Nilai kritis *lateral misalignment* yaitu saat pergeseran  $55\mu\text{m}$  besar nilai BER adalah  $1,69 \times 10^{-4}$  dan pada pergeseran  $60\mu\text{m}$  besar nilai BER adalah  $7,97 \times 10^{-4}$ . Nilai kritis *longitudinal misalignment* yaitu saat jarak celah  $155\mu\text{m}$  karena pada jarak celah  $160\mu\text{m}$  nilai BER adalah  $7,97 \times 10^{-4}$ . Nilai kritis *angular misalignment* yaitu saat sudut  $15^\circ$  karena pada sudut  $20^\circ$  nilai BER adalah  $7,97 \times 10^{-4}$ .

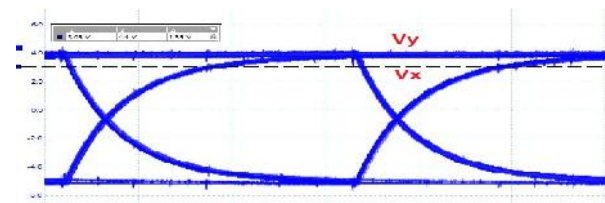
Nilai BER yang kecil menunjukkan performansi serat optik yang baik karena sedikit terjadi kesalahan bit dari total bit yang ditransmisikan. Standar yang ditetapkan oleh ITU-T untuk sistem komunikasi serat optik, yaitu  $10^{-12}$ . Artinya nilai BER yang terjadi karena *angular misalignment* jauh di bawah standard.

### 3. Pengaruh Misalignment terhadap Eye Diagram

Pengaruh *misalignment* terhadap *eye diagram* dengan parameter *noise margin*, *bit rate*, dan *timing jitter* dijelaskan sebagai berikut:

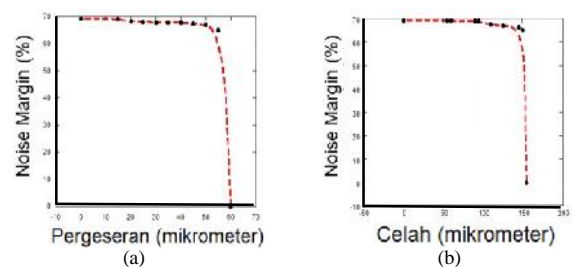
#### a) Pengaruh Misalignment terhadap Noise Margin

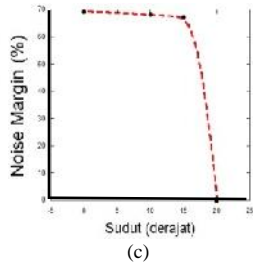
Tampilan *eye diagram* untuk *noise margin* ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan *Eye Diagram* untuk *Noise Margin*

Pengaruh *misalignment* terhadap *noise margin* ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 13.





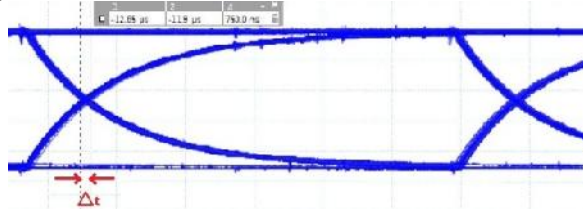
Gambar 13. Pengaruh Misalignment terhadap Noise Margin (a) Lateral misalignment (b) Longitudinal misalignment (c) Angular misalignment

Gambar 12 menunjukkan perubahan yang sama untuk masing-masing jenis misalignment yaitu nilai noise margin yang menurun seiring variasi pengukuran bertambah. Pada lateral misalignment yaitu saat pergeseran 55µm besar noise margin adalah 65,086%. Pada longitudinal misalignment dengan jarak celah 155µm besar noise margin adalah 65,247%. Pada angular misalignment dengan sudut 15° besar noise margin adalah 67,188%.

Nilai noise margin yang menurun diakibatkan terjadi misalignment sehingga sebagian cahaya keterbiaskan keluar jalur dan konsekuensinya level sinyal yang diterima menurun dan muncul noise. Noise pada sinyal menyebabkan distorsi pada amplitudo sinyal yang diterima yang ditunjukkan adanya variasi amplitudo sinyal. Variasi amplitudo sinyal ini mengakibatkan beda level tegangan bit '0' dan bit '1' semakin kecil. Noise margin yang rendah artinya ketebalan sinyal terhadap noise rendah.

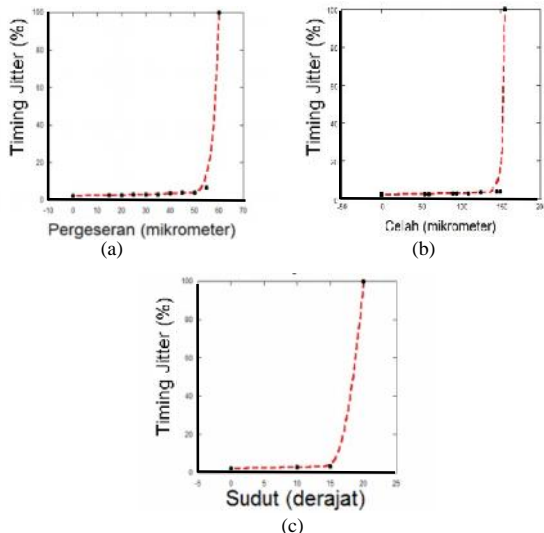
**b) Pengaruh Misalignment terhadap Timing Jitter**

Tampilan eye diagram untuk timing jitter ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Tampilan Eye Diagram untuk Timing Jitter

Pengaruh misalignment terhadap timing jitter ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 15.



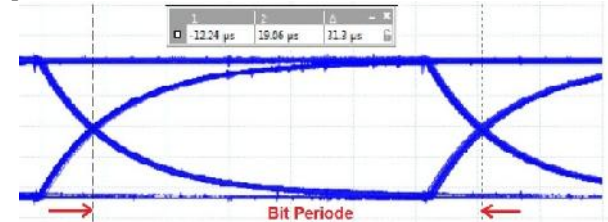
Gambar 15. Pengaruh Misalignment terhadap Timing Jitter (a) Lateral misalignment (b) Longitudinal misalignment (c) Angular misalignment

Gambar 12 menunjukkan perubahan yang sama untuk masing-masing jenis misalignment yaitu nilai timing jitter yang menurun seiring variasi pengukuran bertambah. Pada lateral misalignment yaitu saat pergeseran 55µm besar timing jitter adalah 65,086%. Pada longitudinal misalignment dengan jarak celah 155µm besar timing jitter adalah 65,247%. Pada angular misalignment dengan sudut 15° besar timing jitter adalah 67,188%.

Nilai timing jitter berbanding lurus dengan besarnya pergeseran yang terjadi. Saat terjadi misalignment maka kedua ujung serat optik tidak bertemu dengan tepat yang mengakibatkan sinar tidak disalurkan secara sempurna sehingga banyak cahaya yang terbiaskan keluar dan banyak data yang hilang. Hal ini mengakibatkan penurunan level tegangan pada sinyal yang diterima dan muncul noise. Besar noise pada sinyal ditunjukkan dengan adanya distorsi fasa. Distorsi fasa akan menyebabkan pergeseran timing sinyal sehingga timing error semakin besar dan pada tampilan eye diagram akan menunjukkan penyempitan horizontal eye opening. Penyempitan horizontal eye opening menunjukkan bahwa nilai timing jitter semakin besar.

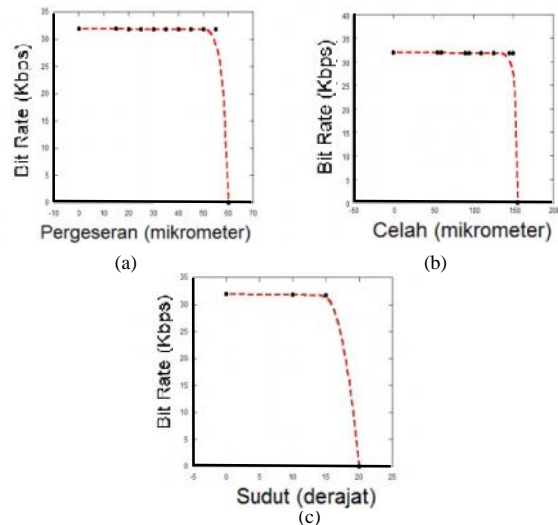
**c) Pengaruh Misalignment terhadap Bit Rate**

Bit rate adalah kebalikan dari periode bit (periode 1/bit). Tampilan eye diagram untuk bit rate ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Tampilan Eye Diagram untuk Bit Periode

Pengaruh misalignment terhadap bit rate ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh Misalignment terhadap bit rate (a) Lateral misalignment (b) Longitudinal misalignment (c) Angular misalignment

Gambar 12 menunjukkan perubahan yang sama untuk masing-masing jenis misalignment yaitu nilai bit rate yang menurun seiring variasi pengukuran bertambah. Pada lateral misalignment yaitu saat pergeseran 55µm besar bit rate adalah 65,086%. Pada longitudinal misalignment dengan jarak celah 155µm besar bit rate adalah 65,247%.

Pada *angular misalignment* dengan sudut  $15^\circ$  besar *bit rate* adalah 67,188%.

Nilai *bit rate* berbanding terbalik dengan besarnya pergeseran yang terjadi. Semakin tinggi pergeseran maka semakin rendah nilai *bit rate*. Saat terjadi pergeseran maka kedua ujung serat optik tidak bertemu dengan tepat yang mengakibatkan sinar tidak disalurkan secara sempurna sehingga banyak cahaya yang terbias keluar dan banyak data yang hilang. Konsekuensi dari hilangnya data adalah menurunnya kecepatan data yang diterima pada *receiver*.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

*Misalignment* memberikan pengaruh terhadap performansi MSI-POF pada *losses*, BER, dan *Eye diagram*. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya besar *losses* saat terjadi *misalignment*, meningkatnya nilai BER, dan perubahan pada *Eye diagram* yang meliputi *noise margin*, *timing jitter*, dan *bit rate*.

Hasil pengukuran pengaruh *misalignment* terhadap performansi *multimode step-index plastic optical fiber* (MSI-POF) dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pengaruh *misalignment* terhadap *losses* pada performansi MSI-POF adalah semakin tinggi nilai *misalignment* maka semakin tinggi nilai *losses*. Dari hasil perhitungan pengaruh *misalignment* terhadap *losses* untuk masing-masing *misalignment* dapat disimpulkan sebagai berikut:
  - Pada *lateral misalignment*, nilai kritis *misalignment* pada pergeseran  $155\mu\text{m}$  dengan nilai *losses* sebesar 0,321 dB.
  - Pada *longitudinal misalignment*, nilai kritis *misalignment* pada celah udara  $55\mu\text{m}$  dengan nilai *losses* sebesar 0,063 dB.
  - Pada *angular misalignment*, nilai kritis *misalignment* pada sudut  $15^\circ$  dengan nilai *losses* sebesar 0,016 dB.
- Pengaruh *misalignment* terhadap BER pada performansi MSI-POF adalah semakin tinggi nilai *misalignment* maka semakin tinggi nilai BER. Dari hasil perhitungan pengaruh *misalignment* terhadap BER untuk masing-masing *misalignment* dapat disimpulkan sebagai berikut:
  - Pada *lateral misalignment*, nilai BER pada pergeseran  $60\mu\text{m}$  yaitu sebesar  $7,97 \times 10^{-4}$ .
  - Pada *longitudinal misalignment*, nilai BER pada celah udara  $150\mu\text{m}$  yaitu sebesar  $7,97 \times 10^{-4}$ .
  - Pada *angular misalignment*, nilai BER pada sudut  $20^\circ$  yaitu sebesar  $7,97 \times 10^{-4}$ .
- Pengaruh *misalignment* terhadap tampilan *Eye diagram* pada performansi MSI-POF untuk masing-masing parameter yaitu *noise margin*, *timing jitter*, dan *bit rate* dapat disimpulkan sebagai berikut:
  - Noise Margin*

Pengaruh *misalignment* terhadap *noise margin* adalah nilai *noise margin* berbanding lurus dengan nilai *misalignment*. *Noise* pada sinyal menyebabkan distorsi pada amplitudo sinyal yang diterima yang ditunjukkan adanya variasi amplitudo sinyal. Variasi amplitudo sinyal ini mengakibatkan beda level tegangan bit '0' dan bit '1' semakin kecil.
  - Timing Jitter*

Nilai *timing jitter* berbanding lurus dengan besarnya *misalignment* yang terjadi. Hal ini mengakibatkan penurunan level tegangan pada sinyal yang diterima dan muncul *noise*. Besar *noise* pada sinyal ditunjukkan dengan adanya distorsi fasa.

### c) Bit Rate

Nilai *bit rate* berbanding terbalik dengan besarnya *misalignment* yang terjadi. Semakin tinggi pergeseran maka semakin rendah nilai *bit rate*. Cahaya yang terbias keluar menyebabkan banyak data yang hilang sehingga kecepatan data yang diterima pada *receiver* menurun.

### B. Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan yaitu:

- Penyambungan MSI-POF sebaiknya dilakukan dengan hati-hati agar tidak terjadi *misalignment* yang terlalu besar. Penggunaan konektor yang dipilih untuk melakukan penyambungan sebaiknya disesuaikan kebutuhan untuk menghindari *misalignment*.
- Cara mengatasi *lateral misalignment* adalah dengan mensejajarkan kedua ujung konektor. Cara mengatasi *longitudinal misalignment* dan *angular misalignment* adalah dengan memasang *index matching fluid* yaitu cairan dengan nilai indeks bias sama dengan indeks bias serat optik.
- Pengembangan penelitian dapat dilakukan untuk jenis POF yang lain seperti *Graded Index Multimode Plastic Optical Fiber* (GI-POF) dan *Double Step-index Plastic Optical Fiber* (DSI-POF), menganalisis parameter performansi serat optik yang lain, dan menganalisis rugi-rugi internal pada performansi serat optik.

## DAFTAR REFERENSI

- Ziemann, Olaf. *et al.* 2008. *POF Handbook: Optical Short Range Transmission System*. Germany: Springer.
- Senior, John, M. 1958. *Optical Fiber Communications*. London: Prentice-Hall International, Inc.
- Bisbee, D. L. 1971. *Measurement of Loss Due Offsets and End Separations of Optical Fiber*. USA: American Telephone and Telegraph Company.
- Chu, T.C, *et al.* 1977. *Measurements of Loss due to Offset, End Separation, and Angular Misalignment in Graded Index Fibers by an Incoherent Source*. USA: American Telephone and Telegraph Company.
- Jonic, Mladen. *et al.* 2011. *Theoretical and Experimental Analysis of Single Mode Fiber-to-Fiber Joint Loss due to Lateral Misalignment*. IEEE.
- Jones, Mike. 2007. *Running Ethernet over Plastic Optical Fiber*. (online). <http://www.eetimes.com>. (diakses 1 Oktober 2013)
- Hoss, Robert J. 1990. *Fiber Optic Communications Design Handbook*. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Palais, John, C. 1998. *Fiber Optic Communication, 4<sup>th</sup> Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Derickson, Dennis. 1997. *Fiber Optic Test and Measurement*. London: Prentice-Hall International, Inc.
- Nassa, Nick. 2000. *Fundamentals of Photonics*. University of Connecticut.
- Keiser, Gerd E. 2004. *Optical Communication Essentials*. USA: The Mc-Graw Hill Companies.
- Sackinger, Eduard. 2005. *Broadband Circuit for Optical Fiber Communication*. John Wiley and Son, Inc.