

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV menyajikan hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan. Data yang disajikan dari hasil penelitian meliputi:

1. Pengukuran *lateral misalignment*, yaitu pengaruh pergeseran antara kedua ujung serat optik terhadap rugi-rugi, BER dan *eye diagram*.
2. Pengukuran *longitudinal misalignment*, yaitu pengaruh jarak celah antara kedua ujung serat optik terhadap rugi-rugi, BER dan *eye diagram*.
3. Pengukuran *angular misalignment*, yaitu pengaruh perbedaan sudut antara kedua serat optik terhadap rugi-rugi, BER dan *eye diagram*.

Setelah dilakukan pengukuran pada ketiga jenis *misalignment* maka didapatkan data-data yang diperlukan yaitu besar tegangan sebelum dan sesudah *misalignment*, bit yang *error*, dan tampilan *eye diagram*. Data tersebut diolah dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh *misalignment* terhadap performansi MSI-POF. Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Telekomunikasi Universitas Brawijaya Malang. Sistematika penyajian bab IV terdiri atas:

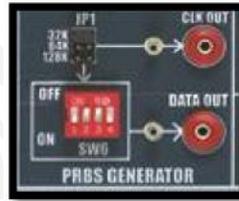
4.1 Konfigurasi Perangkat Penelitian dan Prosedur

Perangkat penelitian terdiri dari spesifikasi alat-alat pengukuran yang dipergunakan, konfigurasi rancangan dari pengukuran, dan prosedur pengambilan data. Spesifikasi dan penjelasan perangkat eksperimen adalah sebagai berikut:

4.1.1 Spesifikasi Alat Pengukuran

1) PRBS (*Pseudorandom Bit Sequence*) Generator

Pseudorandom memiliki arti bahwa kombinasi 0 dan 1 yang dibangkitkan berulang tapi secara acak. *Pseudorandom Bit Sequence* (PRBS) generator adalah perangkat untuk membangkitkan sinyal data acak dimana sinyal menghasilkan sinyal 0 dan 1 pada kecepatan yang sama tapi secara acak. PRBS Generator secara blok ditunjukkan pada Gambar 4.1.

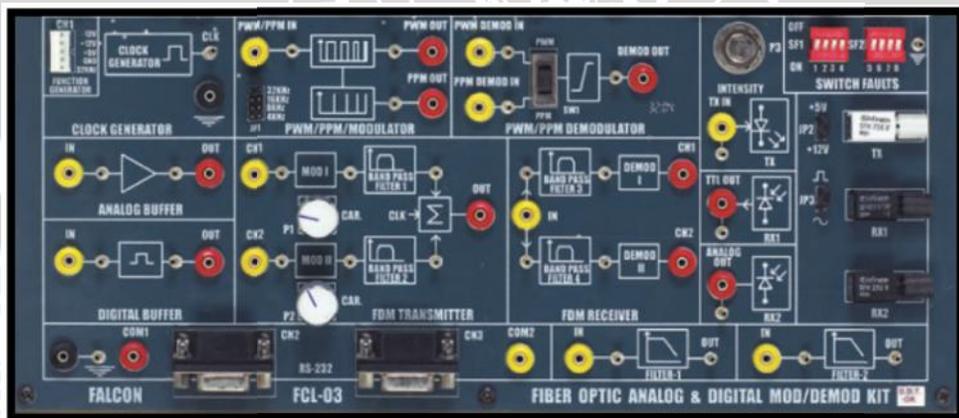


Gambar 4.1 Modul PRBS Generator

(Sumber: e-Manual Falcon Advance Fiber Optic Communication Lab, 2011)

2) Perangkat Transmitter

Pada penelitian ini digunakan pemancar LED SFH756V dengan panjang gelombang 660nm yang terdapat dalam modul perangkat *transmitter*. Pemancar akan menerima sinyal masukan dalam bentuk listrik dengan tegangan sebesar 2,760Volt lalu mengubahnya menjadi energi cahaya yang membawa informasi yang sama. Serat optik adalah media yang membawa energi ini menuju penerima. Pemancar serat optik terdiri dari *buffer*, *driver*, dan sumber cahaya. Bagian *buffer* menyediakan sambungan elektrik dan isolasi di antara pemancar optik dan sumber informasi analog. Bagian *driver* menyediakan daya listrik ke sumber cahaya dengan mengandakan pola data yang dicatu ke pemancar. Kemudian sumber cahaya (LED) mengubah arus listrik ke energi cahaya dengan pola yang sama. Perangkat transmitter dapat dilihat pada Gambar 4.2.



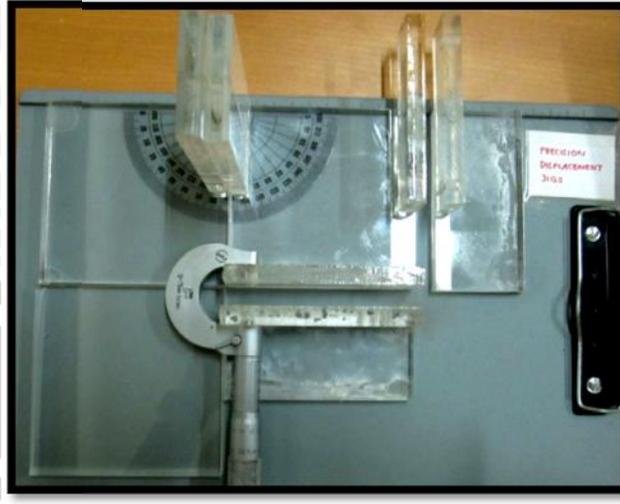
Gambar 4.2 Modul Perangkat Transmitter

(Sumber: e-Manual Falcon Advance Fiber Optic Communication Lab, 2011)

3) Precision Displacement Jig

Precision displacement jig adalah komponen penyangga serat optik untuk mempermudah proses penyambungan (*alignment*) dua buah serat optik. Komponen ini bisa digunakan untuk perubahan posisi dalam penyambungan sesuai jenis *misalignment* yaitu

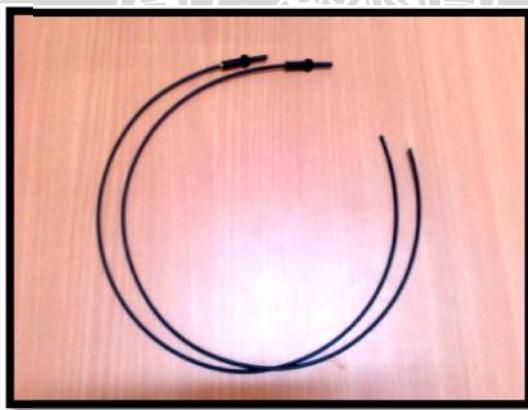
lateral, longitudinal, dan angular. Precision displacement jigs ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Precision Displacement Jigs* yang Dilengkapi Mikrometer Skrup dan Busur

4) *Plastic Optical Fiber (POF)*

Dalam penelitian ini digunakan *Multimode Step-Index Plastic optical Fiber (MSI-POF)* dengan indeks bias inti (n_1) 1,492 dan indeks bias *cladding* (n_2) 1,406. Diameter serat optik sebesar 1000 μ m dan diameter luarnya 2.2 mm. MSI-POF yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.4.

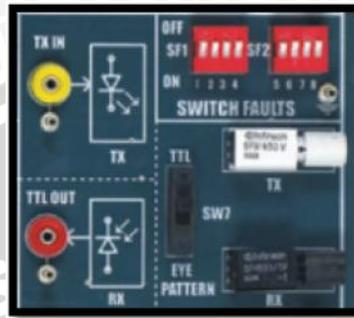


Gambar 4.4 Kabel Serat Optik Plastik dengan Panjang 30cm

5) Modul Perangkat *Receiver*

Pada penerima, cahaya diubah kembali ke bentuk listrik untuk membentuk sinyal asal seperti pada pemancar. Fungsi penerima adalah mengubah energi cahaya ke bentuk elektrik

yang kemudian diolah agar sesuai dengan bentuk asli sebelum dipancarkan. Detektor SFH551/1V adalah *phototransistor* dengan keluaran TTL *logic*. Ketika cahaya masuk ke detektor maka keluaran sinyal adalah TTL *high* sedangkan ketika tidak ada cahaya maka TTL *low*. *Photo detector* SFH551/1V ditunjukkan pada Gambar 4.5.

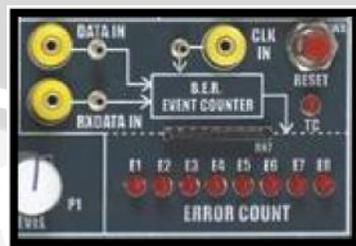


Gambar 4.5 Modul Perangkat *Receiver*

(Sumber: e-Manual Falcon Advance Fiber Optic Communication Lab, 2011)

6) BER Event Counter dan Error Count LEDs

BER dapat dengan mudah dihitung dengan menggunakan komparator dimana bit yang ditransmisikan akan disambungkan dengan gerbang XOR dengan bit yang diterima jika bit masukan tersebut sama ketika dipicu dengan *clock* dari *D flip-flop*, maka keluarannya *low*. Jika berbeda, maka keluarannya *high*, menyebabkan terjadinya perhitungan *event*. *Event counter* dapat diatur untuk berbagai periode waktu. Secara umum, semakin lama periode waktu pengamatan, maka semakin akurat hasil pengukurannya. Data yang ditransmisi dan diterima dilewatkan *D-flipflop*. Keluaran dari *D-flipflop* lalu di XOR-kan kemudian di AND-kan dengan *inverted clock*. Masukan *clock* berupa bit *pattern* yang dimasukkan ke *decade counters*. Keluaran dari *counter* ditampilkan di LED untuk menunjukkan kesalahan pada bit yang diterima dalam bentuk bilangan desimal. Perangkat *BER Event Counter* ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Modul Perangkat *BER Event Counter*

(Sumber: e-Manual Falcon Advance Fiber Optic Communication Lab , 2011)

7) Multimeter SANWA CD 800a

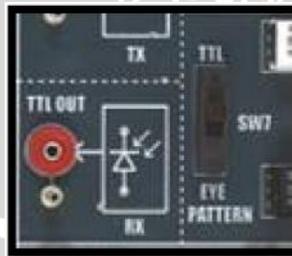
Multimeter merupakan alat ukur listrik yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan (voltmeter), hambatan (ohmmeter), dan arus (amperemeter). Dalam penelitian ini digunakan Multimeter SANWA CD 800 yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Multimeter SANWA CD 800.
(Sumber: Sanwa Electric Instrument Co., Ltd. 2013)

8) Eye Diagram Generator

Pengukuran *eye diagram* dilakukan dalam domain waktu dan memperbolehkan efek distorsi gelombang untuk tampak dan diamati di osiloskop. *Eye diagram* dapat diamati menggunakan perangkat dasar yang tersedia. Keluaran dari *pseudorandom data pattern generator* masuk ke masukan vertikal osiloskop dan data digunakan untuk memicu *horizontal sweep*. Pola *eye diagram* terbentuk dari kombinasi 4-bit-long NRZ yang ditumpangkan secara bersamaan. Perangkat *Eye diagram* ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Modul Pembangkit *Eye Diagram*
(Sumber: e-Manual Falcon Advance Fiber Optic Communication Lab , 2011)

9) *Oscilloscope*

Pada percobaan ini digunakan PC *Oscilloscope* 60MHz jenis PicoScope 3204 yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Osiloskop ini memiliki dua kanal masukan dan mendukung *external trigger*. Tampilan osiloskop terhubung dengan PC sehingga memudahkan proses penyimpanan dan pencetakan tampilan sinyal.

Untuk penggunaan pada modul *Fiber Optic Communication Lab*, kanal masukan pada osiloskop harus *ac coupled*, kecuali jika disebutkan. Untuk mengamati sinyal pada osiloskop, disarankan untuk menggunakan X10 (*attenuation probe*) atau resistansi 180 yang disertai dengan *probe* osiloskop.



Gambar 4.9 PicoScope 3204

4.1.2 Prosedur Pengukuran

Prosedur pengambilan data melalui eksperimen diawali dengan mempersiapkan alat dan komponen pendukung pengukuran. Prosedur pengukuran pada skripsi ini terdiri dari langkah-langkah berikut:

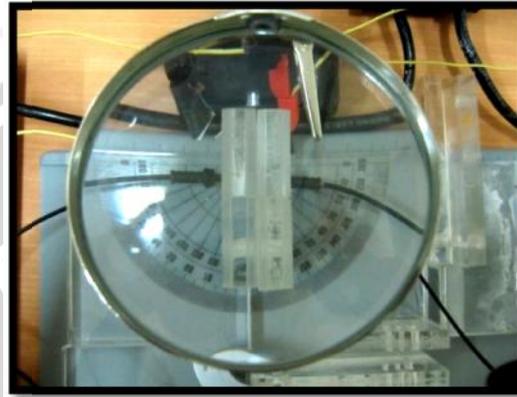
1) Menyiapkan Kabel Serat Optik

Dalam pengukuran *misalignment* maka perlu dilakukan penyambungan pada dua buah kabel *Multimode Step Index Plastic Optical Fiber* (MSI-POF) dengan diameter *core* 980 μm , diameter *cladding* 1000 μm dan diameter *jacket* 2200 μm . Panjang kabel POF yang digunakan masing-masing berukuran 30cm seperti dapat dilihat pada Gambar 4.4.

2) Menyiapkan *Precision Displacement Jigs*

Untuk dapat melihat dengan jelas proses *misalignment* yang terjadi maka diperlukan perangkat untuk menyangga kedua kabel MSI-POF. *Precision Displacement Jigs* adalah perangkat yang terbuat dari akrilik yang kuat dan terdiri dari tiga bagian untuk mengukur *lateral misalignment*, *longitudinal misalignment*, dan *angular misalignment* yang dapat

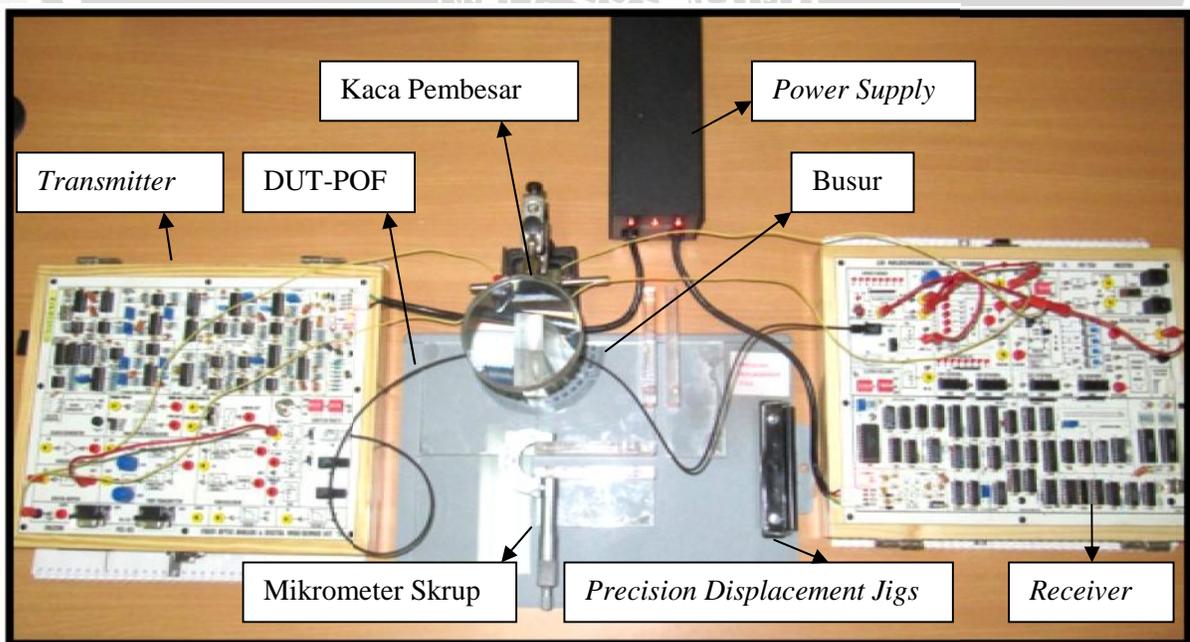
dilihat pada Gambar 4.3. Pada pengukuran *lateral* dan *longitudinal misalignment* diperlukan mikrometer skrup untuk melihat besarnya pergeseran dan jarak celah, sedangkan pada *angular* diperlukan sebuah busur untuk melihat perbedaan sudut. Untuk melihat dengan jelas apakah telah terjadi proses *misalignment* maka diberi tambahan kaca pembesar seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Kaca Pembesar Diletakkan di atas *Precision Displacement Jigs*

3) Merangkai Blok Diagram Pengukuran

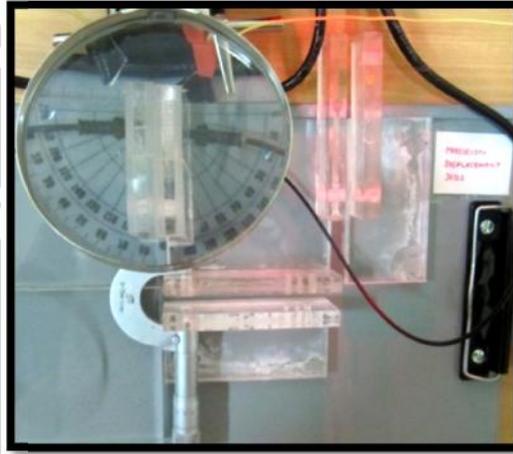
Setelah semua perangkat yang dibutuhkan siap, maka selanjutnya merangkai semua bagian-bagian tersebut dengan sesuai dengan komponen-komponen pada serat optik yaitu sumber optik, kabel serat optik, dan detektor optik yang ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Rangkaian Pengukuran *Misalignment*

4) Melakukan Pengukuran *Lateral Misalignment*

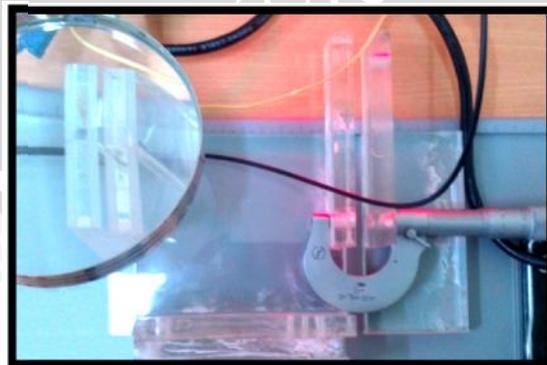
Pengukuran *lateral misalignment* dilakukan dengan menyambung kedua ujung serat optik, maka kedua ujung serat optik diletakkan pada penyangga serat optik lalu untuk menggeser salah satu serat optik digunakan mikrometer skrup pada kotak akrilik bagian bawah. Saat mikrometer skrup diputar maka akan terjadi pergeseran seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pengukuran *Lateral Misalignment*

5) Melakukan Pengukuran *Longitudinal Misalignment*

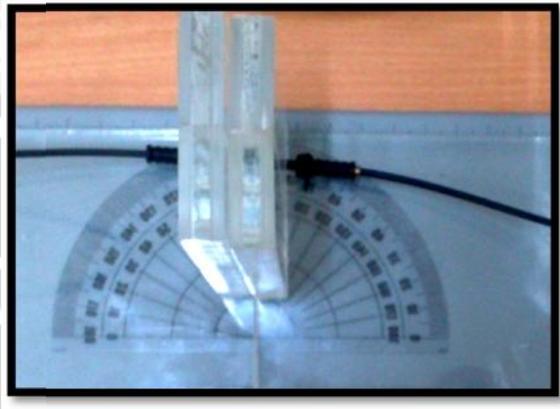
Pengukuran *longitudinal misalignment* dilakukan dengan menyambung kedua ujung serat optik, maka kedua ujung serat optik diletakkan pada penyangga serat optik lalu untuk membuat celah pada kedua ujung serat optik digunakan mikrometer skrup pada kotak akrilik bagian kanan. Saat mikrometer skrup diputar maka akan terjadi celah seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pengukuran *Longitudinal Misalignment*

6) Melakukan Pengukuran *Angular Misalignment*

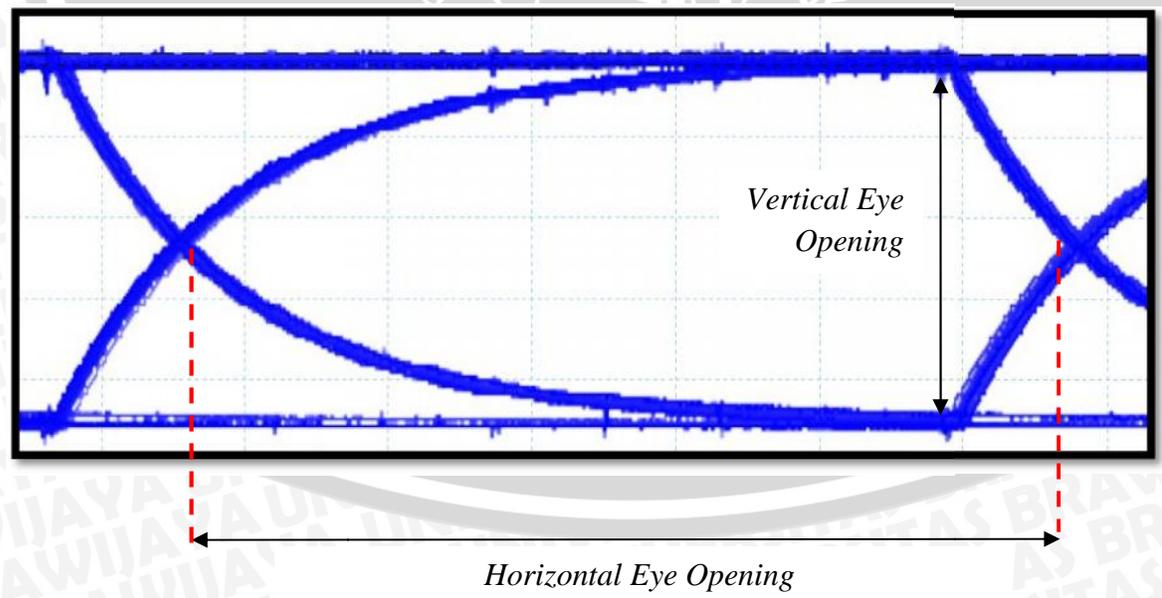
Pengukuran *angular misalignment* dilakukan dengan menyambung kedua ujung serat optik, maka kedua ujung serat optik diletakkan pada penyangga fiber lalu untuk membuat perbedaan sudut maka salah satu penyangga digeser sebesar n derajat seperti ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pengukuran *Angular Misalignment*

7) Menampilkan *Eye diagram* pada *oscilloscope*

Langkah berikutnya adalah menampilkan *eye diagram* pada *oscilloscope* yang dihubungkan computer. Tampilan *eye diagram* dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Tampilan *Eye Diagram* pada *Oscilloscope*

4.2 Perhitungan dan Analisis

Pada sub bab ini akan dibahas tentang perhitungan data-data yang didapat dari pengukuran *lateral misalignment*, *longitudinal misalignment*, dan *angular misalignment* untuk melihat pengaruhnya terhadap performansi *Multimode Step Index Plastic Optical Fiber* (MSI-POF). Analisis yang dilakukan meliputi *Bit Error Rate* (BER) dan *Eye diagram*. Metode yang dilakukan adalah metode matematis menggunakan data primer yang didapat dari hasil pengukuran di Laboratorium Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

4.2.1 Pengukuran Rugi-Rugi *Misalignment*

Dalam hasil penelitian didapat nilai tegangan sebelum *misalignment* (V_1) dan sesudah *misalignment* (V_2) menggunakan multimeter untuk melihat banyaknya tegangan yang hilang dan menghitung besarnya rugi-rugi yang terjadi. Besar rugi-rugi *misalignment* dapat dihitung dengan persamaan (2-13).

Tegangan V_1 atau tegangan pada *misalignment* sebesar $0\mu\text{m}$ adalah nilai penyambungan kedua serat optic sebelum terjadi *misalignment* yang akan digunakan sebagai acuan perbandingan pada semua jenis *misalignment*. Pengukuran besar rugi-rugi yang dihitung adalah pada tiga jenis *misalignment* yaitu *lateral misalignment*, *longitudinal misalignment*, dan *angular misalignment*.

a) *Lateral Misalignment*

Lateral misalignment terjadi saat salah satu atau kedua ujung serat optik mengalami pergeseran (*offset*) sejauh $n\mu\text{m}$. Dengan menggunakan Persamaan 4-1 maka didapatkan besar rugi-rugi *lateral misalignment* pada pergeseran $15\mu\text{m}$ adalah:

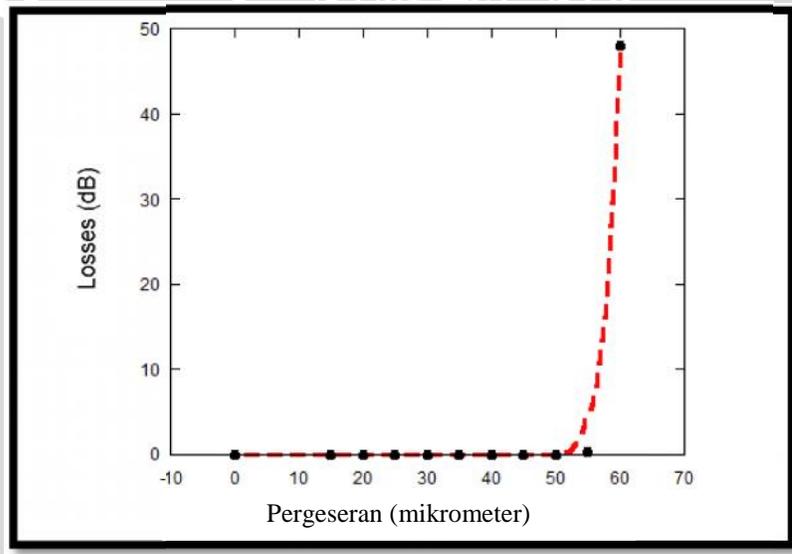
$$\text{Misalignment Losses (15mm)} = 20 \log \frac{2,757\text{Volt}}{2,760\text{Volt}} = 0,009 \text{ dB}$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan besar rugi-rugi *lateral misalignment* pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rugi-Rugi Pada *Lateral Misalignment*

NO	Offset (µm)	V1 (Volt)	V2 (Volt)	Losses (dB)
1	0	2,760	2,760	0,000
2	15		2,757	0,009
3	20		2,755	0,016
4	25		2,754	0,019
5	30		2,753	0,022
6	35		2,752	0,025
7	40		2,750	0,032
8	45		2,749	0,035
9	50		2,742	0,057
10	55		2,660	0,321
11	60		0,011	47,990

Hasil perhitungan rugi-rugi *lateral misalignment* ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik Rugi-Rugi *Lateral Misalignment*

Pada *lateral misalignment*, pergeseran yang terjadi masih dapat diijinkan hingga pergeseran 50µm yaitu sebesar 0,057dB dan pada pergeseran 55µm nilai rugi-rugi cukup tinggi yaitu sebesar 0,321dB. Pergeseran 60µm mengakibatkan nilai rugi-rugi sebesar 47,99dB yang menunjukkan sudah tidak ada tegangan yang diterima oleh *receiver*.

Lateral misalignment mengakibatkan kedua ujung serat optik tidak bertemu dengan sempurna sehingga terdapat sebagian cahaya yang terbiaskan keluar. Konsekuensi dari hal

ini adalah besar tegangan keluaran yang diterima oleh *receiver* akan berkurang. Semakin rendah tegangan keluaran yang diterima maka besar rugi-rugi (*losses*) akan semakin besar.

b) Longitudinal Misalignment

Longitudinal misalignment terjadi saat kedua ujung serat optik terdapat celah udara sejauh $n \mu\text{m}$. Dengan menggunakan persamaan (2-13) maka didapatkan besar rugi-rugi *longitudinal misalignment* pada pergeseran $55\mu\text{m}$ adalah:

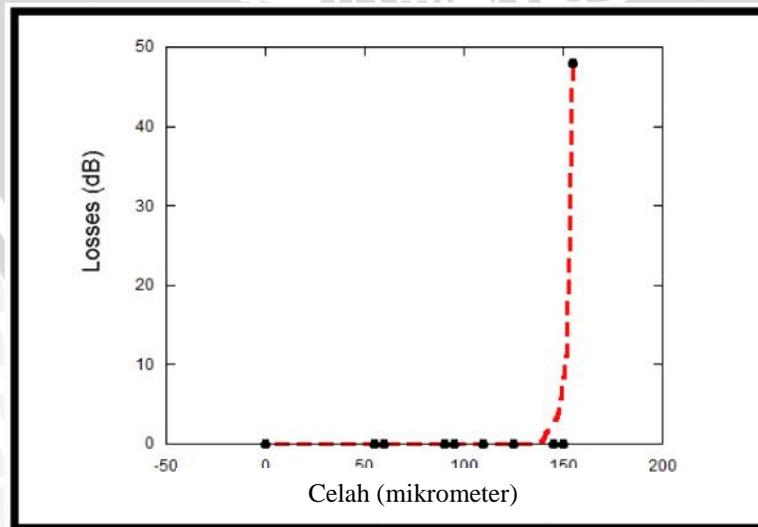
$$\text{Misalignment Losses } (55\mu\text{m}) = 20 \log \frac{2,746\text{Volt}}{2,760\text{Volt}} = 0,044 \text{ dB}$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan besar rugi-rugi *longitudinal misalignment* pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rugi-Rugi pada *Longitudinal Misalignment*

NO	Celah (μm)	V1 (Volt)	V2 (Volt)	Losses (dB)
1	0	2,760	2,760	0,000
2	55		2,746	0,044
3	60		2,744	0,050
4	90		2,744	0,050
5	95		2,743	0,054
6	110		2,741	0,060
7	125		2,741	0,060
8	145		2,740	0,063
9	150		2,740	0,063
10	155		0,011	47,990

Hasil perhitungan rugi-rugi *lateral misalignment* ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Grafik Rugi-Rugi pada *Longitudinal Misalignment*

Pada *longitudinal misalignment*, jarak celah udara yang terjadi masih dapat diijinkan hingga 150 μ m yaitu sebesar 0,063dB. Pergeseran 155 μ m mengakibatkan nilai rugi-rugi sebesar 47,990dB yang menunjukkan sudah tidak ada tegangan yang diterima oleh *receiver*.

Adanya celah pada *longitudinal misalignment* mengakibatkan 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 hanya sebagian cahaya yang diterima oleh *receiver* sehingga tegangan keluaran akan berkurang. Semakin rendah tegangan keluaran yang diterima maka besar rugi-rugi (*losses*) akan semakin besar.

3. Angular Misalignment

Angular misalignment terjadi saat kedua ujung serat optik terdapat perbedaan sudut sebesar n derajat. Dengan menggunakan persamaan (2-13) maka didapatkan besar rugi-rugi *angular misalignment* pada perbedaan sudut 10 $^{\circ}$ adalah:

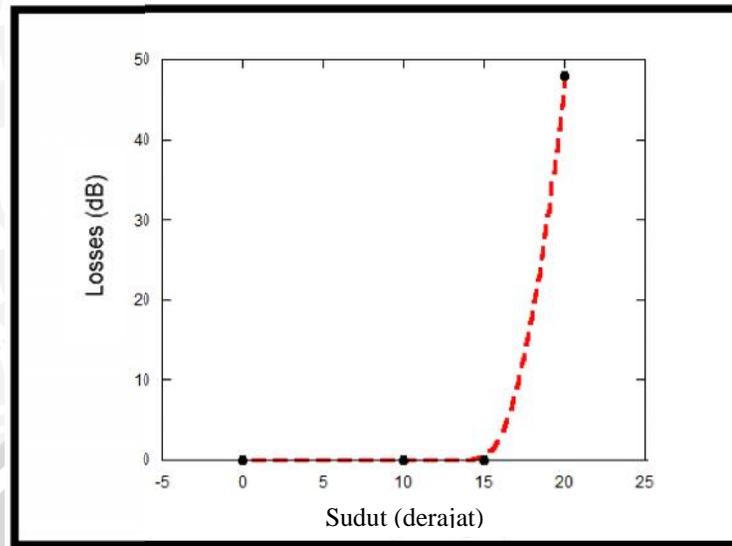
$$\text{Misalignment Losses (10}^{\circ}\text{)} = 20 \log \frac{2,757\text{Volt}}{2,760\text{Volt}} = 0,009 \text{ dB}$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan besar rugi-rugi *longitudinal misalignment* pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rugi-Rugi pada *Angular Misalignment*

NO	Sudut ($^{\circ}$)	V1(Volt)	V2(Volt)	Losses (dB)
1	0	2,760	2,760	0,000
2	10		2,757	0,009
3	15		2,755	0,016
4	20		0,011	47,990

Hasil perhitungan rugi-rugi *lateral misalignment* ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Rugi-Rugi pada *Angular misalignment*

Pada *angular misalignment*, besar sudut yang terjadi masih dapat diijinkan hingga 15° yaitu sebesar 0,016 dB. Pergeseran 20° mengakibatkan nilai rugi-rugi sebesar 47,990dB yang menunjukkan sudah tidak ada tegangan yang diterima oleh *receiver*.

Adanya perbedaan sudut yang terjadi pada *angular misalignment* mengakibatkan adanya celah antara kedua ujung fiber sehingga menimbulkan 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 hanya sebagian cahaya yang diterima oleh *receiver* sehingga tegangan keluaran akan berkurang. Semakin rendah tegangan keluaran yang diterima maka besar rugi-rugi (*losses*) akan semakin besar.

4.2.2 Analisis Pengaruh *Misalignment* pada BER

Bit Error Rate (BER) adalah perbandingan bit yang *error* (E_b) dengan bit yang ditransmisikan (T_b). Jumlah bit yang ditransmisikan dari PRBS Generator adalah sebesar 32Kbps selama 10 detik sehingga total bit yang ditransmisikan adalah $10 \times 32\text{Kbps}$ yaitu 320Kbps. Nilai BER ideal yang telah ditetapkan oleh ITU-T adalah 10^{-12} . Untuk menghitung jumlah bit yang error maka menggunakan persamaan (2-14).

1. Lateral Misalignment

Besar nilai BER pada *lateral misalignment* untuk pergeseran sebesar 15µm adalah:

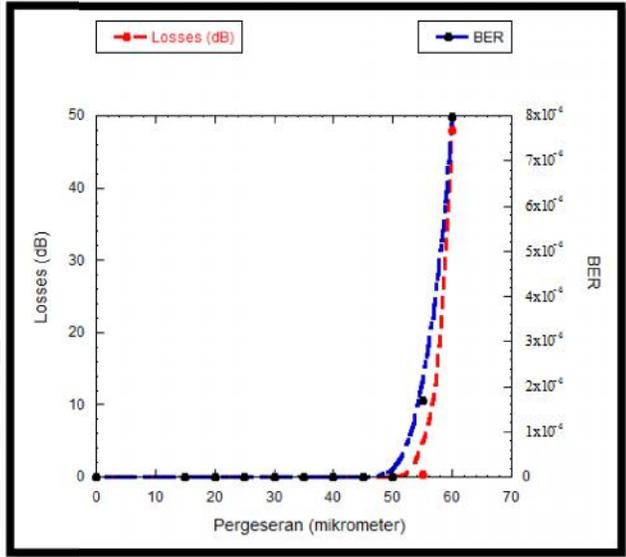
$$\text{Bit Error Rate (BER)} = \frac{0}{320000} = 0$$

Dengan cara yang sama besar BER pada *lateral misalignment* dapat dilihat dari Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengaruh *Lateral misalignment* terhadap BER

NO	Offset (µm)	Error Count LED (Eb)		B.E.R (Eb/320000)
		Eb (Biner)	Eb (Desimal)	
1	0	0	0	0
2	15	0	0	0
3	20	0	0	0
4	25	0	0	0
5	30	0	0	0
6	35	0	0	0
7	40	0	0	0
8	45	0	0	0
9	50	0	0	0
10	55	110110	54	1,69x10 ⁻⁴
11	60	11111111	255	7,97x10 ⁻⁴

Pengaruh *lateral misalignment* terhadap BER dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pengaruh *Lateral Misalignment* Terhadap BER

Pada *lateral misalignment*, hingga pergeseran 50 μm tidak terdapat *losses* dan bit yang eror. Namun pada pergeseran 55 μm besar nilai BER meningkat dari 0 menjadi $1,69 \times 10^{-4}$ dan pada pergeseran 60 μm besar nilai BER adalah $7,97 \times 10^{-4}$. Artinya pada pergeseran 60 μm sudah tidak ada data yang ditransmisikan sehingga batas kritis nilai *lateral misalignment* berada pada nilai 55 μm . *Misalignment* yang terjadi memberikan konsekuensi perubahan terhadap nilai *losses* dan BER yang semakin besar. Pada *lateral misalignment*, semakin besar pergeseran maka *losses* dan BER semakin besar.

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 *lateral misalignment* jauh di bawah standar.

2. Longitudinal Misalignment

Besar nilai BER pada *longitudinal misalignment* untuk celah udara sebesar 55 μm adalah:

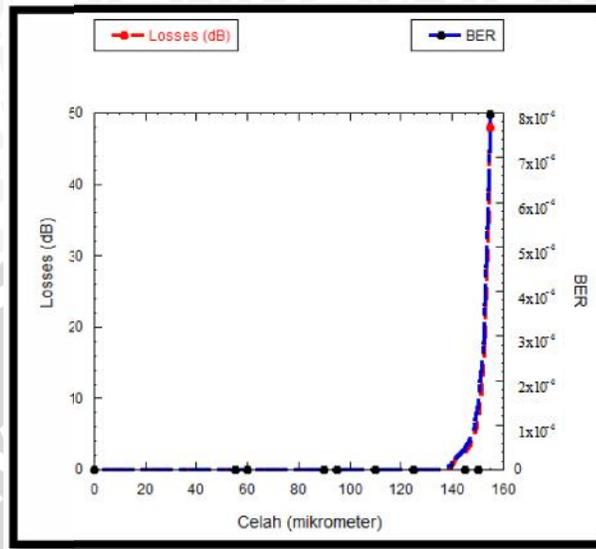
$$\text{Bit Error Rate (BER)} = \frac{0}{320000} = 0$$

Pada pergeseran sebesar 55 μm , tidak ada lampu LED yang menyala yang artinya tidak ada bit yang error, sehingga dari 320000 bit yang ditransmisikan jumlah bit yang eror sebanyak 0 bit. Dengan cara yang sama besar BER pada *longitudinal misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengaruh *Longitudinal Misalignment* Terhadap BER

NO	Celah (μm)	Error Count LED (E_b)		B.E.R ($E_b/320000$)
		E_b (Biner)	E_b (Desimal)	
1	0	0	0	0
2	55	0	0	0
3	60	0	0	0
4	90	0	0	0
5	95	0	0	0
6	110	0	0	0
7	125	0	0	0
8	145	0	0	0
9	150	0	0	0
10	155	11111111	255	$7,97 \times 10^{-4}$

Pengaruh *longitudinal misalignment* terhadap BER ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Grafik Pengaruh *Longitudinal Misalignment* Terhadap BER

Pada *longitudinal misalignment*, hingga jarak celah 150µm tidak terdapat *losses* dan bit yang eror. Namun pada pergeseran 155µm besar nilai BER meningkat dari 0 menjadi $7,97 \times 10^{-4}$. Artinya pada pergeseran 155µm sudah tidak ada data yang ditransmisikan sehingga batas kritis nilai *lateral misalignment* berada pada nilai 150µm. *Misalignment* yang terjadi memberikan konsekuensi perubahan terhadap nilai *losses* dan BER yang semakin besar. Pada *longitudinal misalignment*, semakin besar jarak celah yang terjadi maka *losses* dan BER semakin besar.

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 *longitudinal misalignment* jauh di bawah standar.

3. Angular Misalignment

Besar nilai BER pada *angular misalignment* untuk perbedaan sudut sebesar 10° adalah:

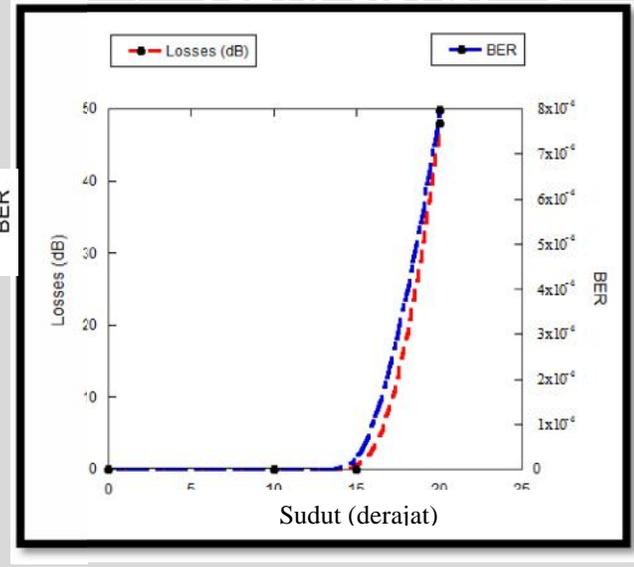
$$\text{Bit Error Rate (BER)} = \frac{0}{320000} = 0$$

Pada pergeseran sebesar 10° , tidak ada lampu LED yang menyala yang artinya tidak ada bit yang error, sehingga dari 320000 bit yang ditransmisikan jumlah bit yang eror sebanyak 0 bit. Dengan cara yang sama besar BER pada *longitudinal misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengaruh *Angular Misalignment* Terhadap BER

NO	Sudut ($^\circ$)	Error Count LED (E_b)		B.E.R
		E_b (Biner)	E_b (Desimal)	($E_b/320000$)
1	0	0	0	0
2	10	0	0	0
3	15	0	0	0
4	20	11111111	255	$7,97 \times 10^{-4}$

Pengaruh *angular misalignment* terhadap BER dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Pengaruh *Angular Misalignment* terhadap BER

Pada *angular misalignment*, hingga jarak celah 15° tidak terdapat *losses* dan bit yang eror. Namun pada 20° besar nilai BER meningkat dari 0 menjadi $7,97 \times 10^{-4}$. Artinya pada pergeseran 20° sudah tidak ada data yang ditransmisikan sehingga batas kritis nilai *lateral misalignment* berada pada nilai $150\mu\text{m}$. *Misalignment* yang terjadi memberikan

konsekuensi perubahan terhadap nilai *losses* dan BER yang semakin besar. Pada *angular misalignment*, semakin besar sudut yang terjadi maka *losses* dan BER semakin besar.

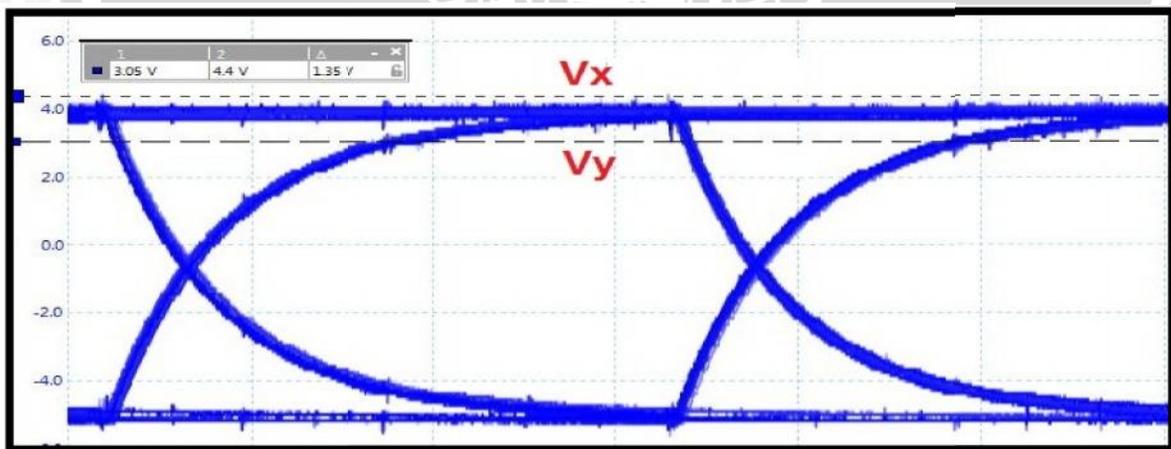
Nilai BER yang kecil menunjukkan performansi serat optik yang baik karena sedikit terjadi kesalahan bit dari total bit yang ditransmisikan. Standar yang ditetapkan oleh ITU-T untuk sistem komunikasi serat optik, yaitu 10^{-12} . Artinya nilai BER yang terjadi karena *angular misalignment* jauh di bawah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

4.2.3 Analisis Pengaruh *Misalignment* pada *Eye Diagram*

Performansi serat optik yang selanjutnya dianalisis adalah pengaruh *misalignment* pada tampilan *eye diagram*. *Eye diagram* adalah tampilan pada osiloskop yang digunakan untuk menganalisis sinyal digital. Pada *eye diagram* terdapat tiga parameter yang dapat dilihat yaitu *noise margin*, *timing jitter*, dan *bit rate*.

1. *Noise Margin*

Noise margin atau kekebalan terhadap *noise* yang ditunjukkan dengan panjang *eye opening* pada waktu *sampling*. *Noise margin* adalah ratio persentase dari puncak sinyal V_x yang dilihat dari besar *eye opening* terhadap tegangan maksimum sinyal V_y . Nilai *noise margin* yang diharapkan adalah yang tinggi karena semakin tinggi *noise margin* berarti sinyal tersebut semakin kebal. *Noise margin* dihitung menggunakan persamaan (2-16) dan tampilan *eye diagram* untuk *noise margin* ditunjukkan pada gambar 2.22.



Gambar 4.22 Nilai V_x dan V_y yang Didapat dari Tampilan *Eye Diagram*

a) *Lateral Misalignment*

Besar *noise margin* pada *lateral misalignment* dengan pergeseran sebesar 15µm adalah:

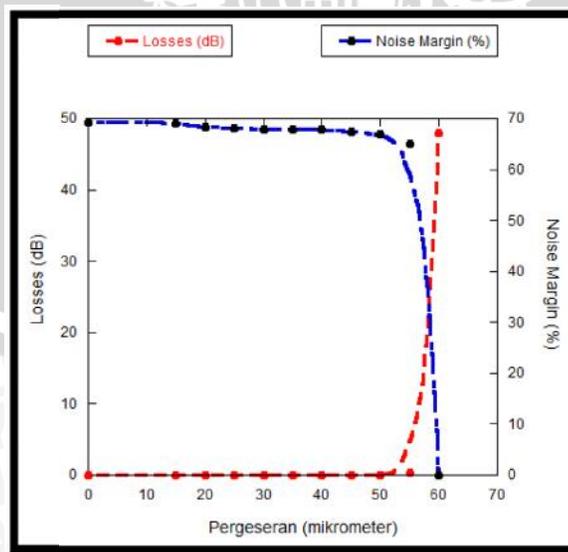
$$\text{Noise margin (\%)} = \frac{3,05}{4,41} \times 100\% = 69,161\%$$

Dengan cara yang sama besar *noise margin* pada *lateral misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Pengaruh *Lateral Misalignment* Terhadap *Noise margin*

NO	Offset (µm)	Noise margin (Vx/Vy)x100%		
		Vx	Vy	NM (%)
1	0	3,05	4,40	69,318
2	15	3,05	4,41	69,161
3	20	2,95	4,32	68,287
4	25	2,99	4,39	68,109
5	30	3,01	4,43	67,946
6	35	2,96	4,36	67,890
7	40	2,98	4,39	67,882
8	45	2,96	4,39	67,426
9	50	2,98	4,45	66,966
10	55	3,02	4,64	65,086
11	60	-	-	-

Pengaruh *lateral misalignment* terhadap *noise margin* ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Pengaruh *Lateral Misalignment* Terhadap *Noise Margin*

Nilai *noise margin* berbanding terbalik dengan nilai *lateral misalignment* dan *losses*. Semakin tinggi pergeseran yang terjadi maka *losses* semakin besar dan *noise margin* semakin menurun. Menurunnya nilai *noise margin* artinya kekebalan sinyal terhadap *noise* semakin berkurang.

Nilai *noise margin* yang menurun diakibatkan terjadi pergeseran antara kedua ujung *core* serat optik pada *lateral misalignment*. Pergeseran ini mengakibatkan 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. Pada pergeseran 60 μ m tidak ada tampilan *eye diagram* yang muncul karena sudah tidak ada cahaya yang diterima, artinya pada nilai ini transmisi data sudah tidak dapat dilakukan. Nilai *noise margin* yang baik adalah yang tinggi karena menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* juga tinggi.

b) *Longitudinal Misalignment*

Besar *noise margin* pada *longitudinal misalignment* dengan celah udara sebesar 55 μ m adalah:

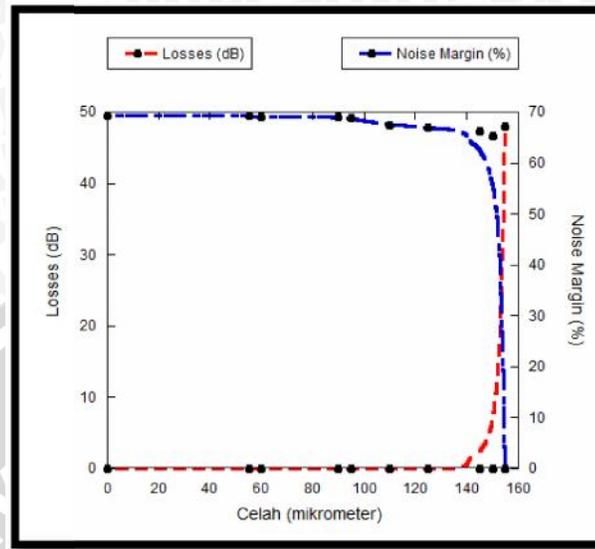
$$\text{Noise margin (\%)} = \frac{3,02}{4,36} \times 100\% = 69,266\%$$

Dengan cara yang sama besar *noise margin* pada *lateral misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Pengaruh *Longitudinal Misalignment* Terhadap *Noise Margin*

NO	Celah (μ m)	<i>Noise margin</i> (V_x/V_y)x100%		
		V_x	V_y	NM (%)
1	0	3,05	4,40	69,318
2	55	3,02	4,36	69,266
3	60	3,04	4,40	69,091
4	90	3,05	4,42	69,005
5	95	3,05	4,43	68,849
6	110	2,99	4,43	67,494
7	125	2,94	4,39	66,970
8	145	2,91	4,40	66,136
9	150	2,91	4,46	65,247
10	155	-	-	-

Pengaruh *longitudinal misalignment* terhadap *noise margin* dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Pengaruh *Longitudinal Misalignment* Terhadap *Noise Margin*

Nilai *noise margin* berbanding terbalik dengan nilai *longitudinal misalignment* dan *losses*. Semakin tinggi pergeseran yang terjadi maka *losses* semakin besar dan nilai *noise margin* semakin menurun. Menurunnya nilai *noise margin* artinya kekebalan sinyal terhadap *noise* semakin berkurang.

Nilai *noise margin* yang menurun diakibatkan terjadi celah udara antara kedua ujung *core* serat optik pada *longitudinal misalignment*. Celah udara ini mengakibatkan 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. Pada pergeseran 60 μ m tidak ada tampilan *eye diagram* yang muncul karena sudah tidak ada cahaya yang diterima, artinya pada nilai ini transmisi data sudah tidak dapat dilakukan. Nilai *noise margin* yang baik adalah yang tinggi karena menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* juga tinggi.

c) *Angular Misalignment*

Besar *noise margin* pada *longitudinal misalignment* dengan perbedaan sudut sebesar 10^o adalah:

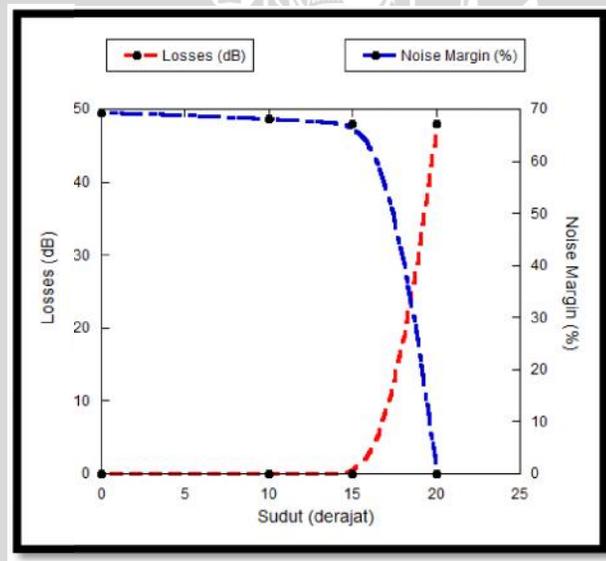
$$\text{Noise margin (\%)} = \frac{2,99}{4,39} \times 100\% = 68,109\%$$

Dengan cara yang sama besar *noise margin* pada *lateral misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Pengaruh *Angular Misalignment* Terhadap *Noise Margin*

NO	Sudut (°)	Noise margin (Vx/Vy)x100%		
		Vx	Vy	NM (%)
1	0	3,05	4,40	69,318
2	10	2,99	4,39	68,109
3	15	3,01	4,48	67,188
4	20	-	-	-

Pengaruh *angular misalignment* terhadap *noise margin* dapat dilihat pada Gambar 4.25



Gambar 4.25 Pengaruh *Angular Misalignment* Terhadap *Noise Margin*

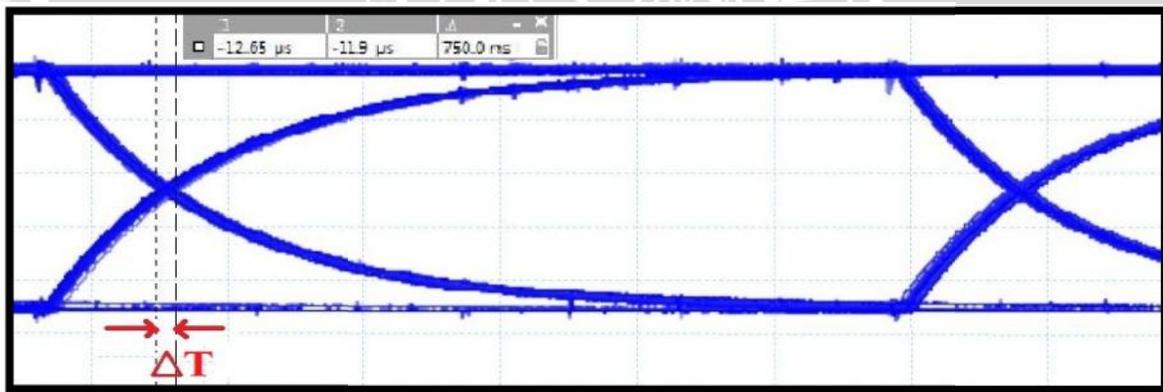
Nilai *noise margin* berbanding terbalik dengan nilai *angular misalignment* dan *losses*. Semakin tinggi pergeseran yang terjadi maka *losses* semakin besar dan nilai *noise margin* semakin menurun. Menurunnya nilai *noise margin* artinya kekebalan sinyal terhadap *noise* semakin berkurang.

Nilai *noise margin* yang menurun diakibatkan terjadi perbedaan sudut antara kedua ujung *core* serat optik pada *lateral misalignment*. Perbedaan sudut ini mengakibatkan

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. Pada pergeseran 60 μ m tidak ada tampilan *eye diagram* yang muncul karena sudah tidak ada cahaya yang diterima, artinya pada nilai ini transmisi data sudah tidak dapat dilakukan. Nilai *noise margin* yang baik adalah yang tinggi karena menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* juga tinggi.

2. Timing Jitter

Timing jitter adalah penyimpangan waktu dari waktu ideal sebuah event data bit dan mungkin salah satu karakteristik yang paling penting dari sinyal data digital berkecepatan tinggi. Untuk menghitung *timing jitter*, penyimpangan waktu transisi dari naik dan turunnya tepi sebuah *Eye diagram* pada titik persimpangan diukur. *Timing jitter* dapat dihitung dari jumlah distorsi (T) dan *bit interval* (T_b) dengan persamaan (2-14) dan tampilan *eye diagram* untuk *timing jitter* ditunjukkan pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Nilai T yang Didapat dari Tampilan *Eye diagram*

a) Lateral Misalignment

Besar *timing jitter* pada *lateral misalignment* dengan pergeseran 15 μ m adalah :

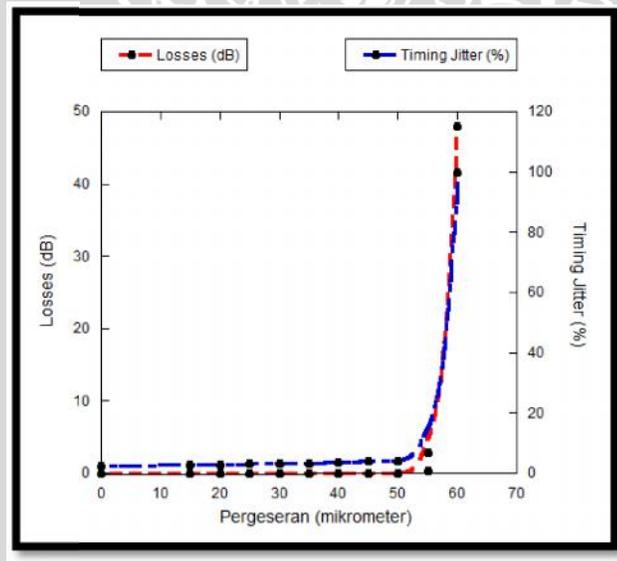
$$\text{Timing jitter (\%)} = \frac{0,85}{31,30} \times 100\% = 2,716\%$$

Dengan cara yang sama besar *timing jitter* pada *lateral misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Pengaruh *Lateral Misalignment* Terhadap *Timing jitter*

NO	Offset (µm)	<i>Timing jitter</i> (T/Tb)x100%		
		T (µs)	Bit Period (µs)	Tj (%)
1	0	0,75	31,30	2,396
2	15	0,85	31,30	2,716
3	20	0,86	31,36	2,742
4	25	0,98	31,37	3,124
5	30	0,99	31,37	3,156
6	35	0,99	31,38	3,155
7	40	1,19	31,40	3,790
8	45	1,22	31,41	3,884
9	50	1,24	31,41	3,948
10	55	2,12	31,44	6,743
11	60	-	-	-

Pengaruh *lateral misalignment* terhadap *timing jitter* dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Pengaruh *Lateral Misalignment* Terhadap *Timing Jitter*

Nilai *timing jitter* berbanding lurus dengan besarnya pergeseran dan *losses* yang terjadi. Semakin tinggi pergeseran maka semakin besar *losses* dan semakin tinggi nilai *timing jitter*. 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. 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.

Pada *lateral misalignment*, nilai *timing jitter* meningkat perlahan seiring meningkatnya pergeseran dan peningkatan paling *significant* pada 55 μm yaitu sebesar 6,743%. Artinya pada 55 μm merupakan batas kritis *lateral misalignment* karena pada pergeseran 60 μm tidak ada tampilan *eye diagram* pada osiloskop yang menunjukkan bahwa sudah tidak ada data yang dapat diterima sehingga tidak bisa dianalisis.

2. Longitudinal Misalignment

Besar *timing jitter* pada *longitudinal misalignment* dengan pergeseran 55 μm adalah:

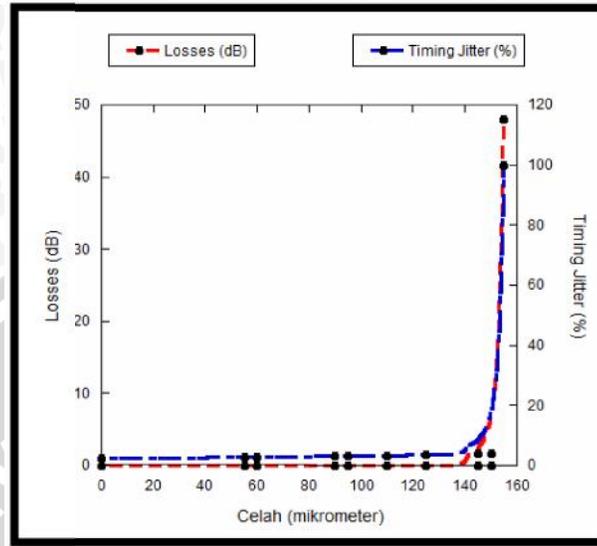
$$\text{Timing jitter (\%)} = \frac{0,80}{31,32} \times 100\% = 2,554\%$$

Dengan cara yang sama besar *timing jitter* pada *lateral misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Pengaruh *Longitudinal Misalignment* Terhadap *Timing Jitter*

NO	Celah (μm)	<i>Timing jitter</i> (T/T_b)x100%		
		T (μs)	Bit Period (μs)	Tj (%)
1	0	0,75	31,30	2,396
2	55	0,80	31,32	2,554
3	60	0,99	31,32	3,161
4	90	1,02	31,39	3,249
5	95	1,18	31,39	3,759
6	110	1,19	31,39	3,791
7	125	1,19	31,40	3,790
8	145	1,21	31,41	3,852
9	150	1,26	31,41	4,011
10	155	-	-	-

Pengaruh *longitudinal misalignment* terhadap *timing jitter* dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Pengaruh *Longitudinal Misalignment* Terhadap *Timing Jitter*

Nilai *timing jitter* berbanding lurus dengan besarnya jarak celah dan *losses* yang terjadi. Semakin besar jarak celah maka semakin besar *losses* dan semakin tinggi nilai *timing jitter*. Saat terjadi jarak celah, selama kedua ujung masih lurus maka tidak terjadi perubahan *significant* hingga jarak celah cukup besar yaitu hingga $150\mu\text{m}$. Namun setelah $155\mu\text{m}$, kedua ujung telah terpisah cukup jauh sehingga cahaya terbias 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.

Pada *longitudinal misalignment*, nilai *timing jitter* meningkat perlahan seiring meningkatnya jarak celah udara yang terjadi hingga jarak celah mencapai $150\mu\text{m}$ sebesar 4,011% yang merupakan batas kritis *lateral misalignment* karena pada pergeseran $155\mu\text{m}$ tidak ada tampilan *eye diagram* pada osiloskop yang menunjukkan bahwa sudah tidak ada data yang dapat diterima sehingga tidak bisa dianalisis.

3. Angular Misalignment

Besar *timing jitter* pada *angular misalignment* dengan perbedaan sudut 10° adalah:

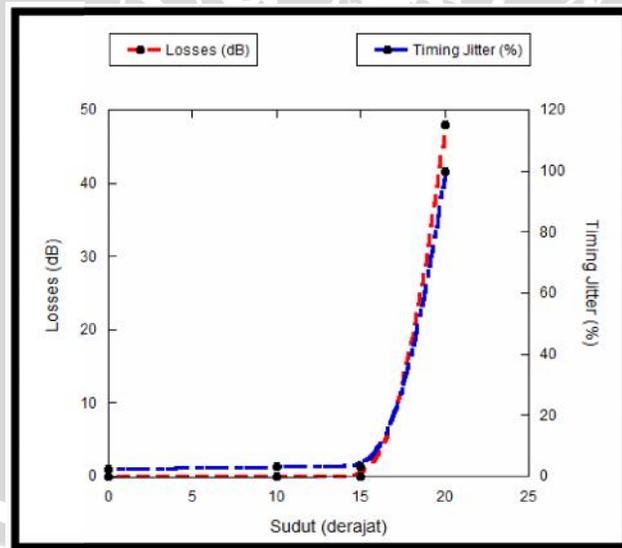
$$\text{Timing jitter (\%)} = \frac{0,96}{31,45} \times 100\% = 3,052\%$$

Dengan cara yang sama besar *timing jitter* pada *angular misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Pengaruh *Angular Misalignment* Terhadap *Timing Jitter*

NO	Sudut (°)	Timing jitter (T/Tb)x100%		
		T	Bit Period (µs)	Tj (%)
1	0	0,75	31,30	2,396
2	10	0,96	31,45	3,052
3	15	1,08	31,50	3,429
4	20	-	-	-

Pengaruh *angular misalignment* terhadap *timing jitter* dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Pengaruh *Angular Misalignment* Terhadap *Timing jitter*

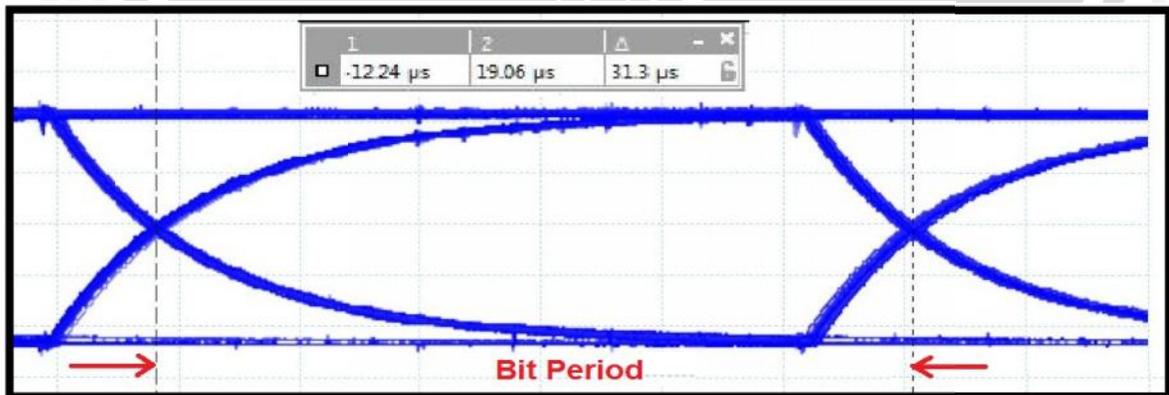
Nilai *timing jitter* berbanding lurus dengan besarnya sudut antar kedua ujung serat optik dan *losses* yang terjadi. Semakin besar sudut yang terjadi maka semakin besar *losses*

dan semakin tinggi nilai *timing jitter*. Saat terjadi perbedaan sudut pada kedua ujung serat optik maka menyebabkan sudut tangkap juga berubah sehingga sangat banyak cahaya yang terbias keluar cahaya 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.

Pada *angular misalignment*, nilai *timing jitter* meningkat perlahan seiring meningkatnya jarak celah udara yang terjadi hingga besar sudut mencapai 15° sebesar 3,429% yang merupakan batas kritis *lateral misalignment* karena pada besar sudut mencapai 20° tidak ada tampilan *eye diagram* pada osiloskop yang menunjukkan bahwa sudah tidak ada data yang dapat diterima sehingga tidak bisa dianalisis.

3. Bit Rate

Bit period adalah ukuran dari pembukaan horizontal *Eye diagram* pada titik-titik persimpangan mata dan biasanya diukur dalam *picoseconds* untuk sinyal digital berkecepatan tinggi. *Bit rate* adalah kebalikan dari periode bit (periode 1/bit). Periode bit yang biasa disebut Unit Interval (UI) saat menjelaskan mata diagram. Keuntungan menggunakan UI bukan waktu yang sebenarnya pada sumbu horizontal adalah bahwa hal itu normal dan *Eye diagram* dengan kecepatan data yang berbeda dapat dibandingkan dengan mudah. Dengan menggunakan *bit period* dapat dicari *bit rate* menggunakan persamaan (2-17) dan tampilan *eye diagram* untuk *bit period* ditunjukkan Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Nilai *Bit Period* yang Didapat dari Tampilan *Eye diagram*

a) *Lateral Misalignment*

Besar *bit rate* pada *lateral misalignment* dengan pergesear 15µm adalah:

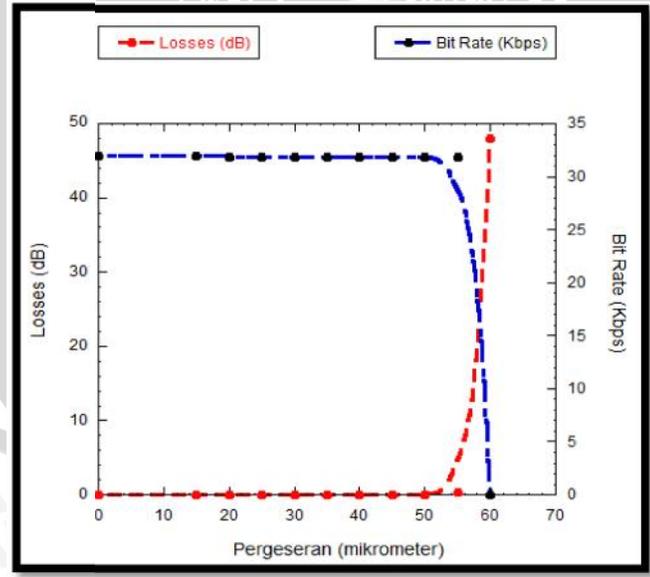
$$BitRate = \frac{1}{31,30} = 31,949Kbps$$

Dengan cara yang sama besar *bit rate* pada *lateral misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Pengaruh *Lateral Misalignment* Terhadap *Bit Rate*

NO	Offset (µm)	Bit rate (kbps)	
		Bit Period (µs)	Bit rate (kbps)
1	0	31,30	31,949
2	15	31,30	31,949
3	20	31,36	31,888
4	25	31,37	31,878
5	30	31,37	31,878
6	35	31,38	31,867
7	40	31,40	31,847
8	45	31,41	31,837
9	50	31,41	31,837
10	55	31,44	31,807
11	60	-	-

Pengaruh *lateral misalignment* terhadap *bit rate* dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Pengaruh *Lateral Misalignment* Terhadap *Bit Rate*

Nilai *bit rate* berbanding terbalik dengan besarnya *losses* dan pergeseran yang terjadi. Semakin tinggi pergeseran maka semakin tinggi *losses* dan 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. Cahaya dalam transmisi serat optik merepresentasikan bit data sehingga semakin banyak cahaya yang terbiaskan, maka semakin banyak data yang hilang. Konsekuensi dari hal ini mengakibatkan data yang sampai pada penerima akan lebih sedikit atau dengan kata lain kecepatan penyaluran *bit data* atau *bit rate* menurun saat diterima oleh *receiver*. Namun dapat dilihat pada Tabel 4.13 perubahan tersebut tidak terlalu *significant*.

Pada *lateral misalignment*, nilai *bit rate* menurun perlahan seiring meningkatnya pergeseran hingga pada pergeseran 55 μm nilai *bit rate* sebesar 31,807 Kbps. Setelah itu pada pergeseran 60 μm tidak ada tampilan *eye diagram* pada osiloskop yang menunjukkan bahwa sudah tidak ada data yang dapat diterima sehingga tidak bisa dianalisis.

2. Longitudinal Misalignment

Besar *bit rate* pada *lateral misalignment* dengan celah udara sebesar 55 μm adalah:

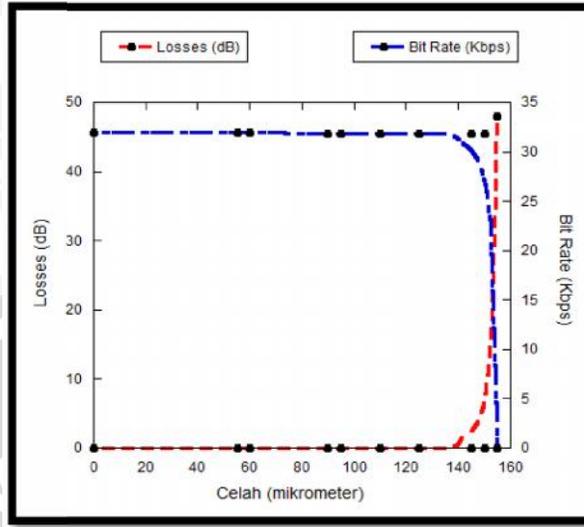
$$\text{BitRate} = \frac{1}{31,31} = 31,928\text{Kbps}$$

Dengan cara yang sama besar *bit rate* pada *longitudinal misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Pengaruh *Longitudinal Misalignment* Terhadap *Bit Rate*

NO	Celah (μm)	<i>Bit rate</i> (kbps)	
		Bit Period (μs)	<i>Bit rate</i> (kbps)
1	0	31,30	31,949
2	55	31,32	31,928
3	60	31,32	31,928
4	90	31,39	31,857
5	95	31,39	31,857
6	110	31,39	31,857
7	125	31,40	31,847
8	145	31,41	31,837
9	150	31,41	31,837

Pengaruh *longitudinal misalignment* terhadap *bit rate* dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Pengaruh *Longitudinal Misalignment* Terhadap *Bit Rate*

Nilai *bit rate* berbanding terbalik dengan besarnya *losses* dan jarak celah yang terjadi. Semakin tinggi jarak celah maka semakin tinggi *losses* dan semakin rendah nilai *bit rate*. Saat terjadi celah maka kedua ujung serat optik tidak bertemu dengan tepat yang mengakibatkan sinar tidak disalurkan secara sempurna. Cahaya dalam transmisi serat optik merepresentasikan bit data sehingga semakin banyak cahaya yang terbiaskan, maka semakin banyak data yang hilang. Konsekuensi dari hal ini mengakibatkan data yang sampai pada penerima akan lebih sedikit atau dengan kata lain kecepatan penyaluran *bit data* atau *bit rate* menurun saat diterima oleh *receiver*. Pada *longitudinal misalignment*, nilai *bit rate* menurun perlahan seiring meningkatnya celah hingga pada celah 150µm nilai *bit rate* sebesar 31,837 Kbps. Setelah itu pada celah 155µm tidak ada tampilan *eye diagram* pada osiloskop yang menunjukkan bahwa sudah tidak ada data yang dapat diterima sehingga tidak bisa dianalisis.

3. Angular Misalignment

Besar *bit rate* pada *angular misalignment* dengan perbedaan sudut sebesar 10° adalah:

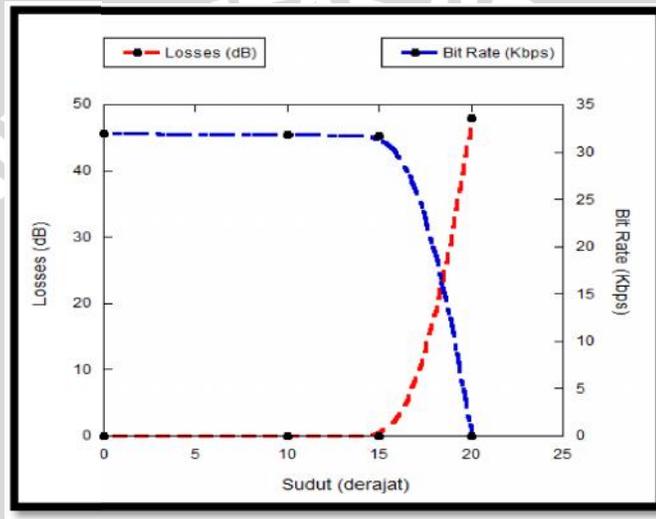
$$BitRate = \frac{1}{31,45} = 31,797 Kbps$$

Dengan cara yang sama besar *bit rate* pada *angular misalignment* dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Pengaruh *Angular Misalignment* Terhadap *Bit Rate*

NO	Sudut (°)	Bit rate (kbps)	
		Bit Period (µs)	Bit rate (kbps)
1	0	31,30	31,949
2	10	31,45	31,797
3	15	31,50	31,746
4	20	-	-

Pengaruh *angular misalignment* terhadap *bit rate* dapat dilihat pada Gambar 4.33



Gambar 4.33 Pengaruh *Angular Misalignment* Terhadap *Bit Rate*

Nilai *bit rate* berbanding terbalik dengan besarnya *losses* dan besar sudut yang terjadi. Semakin besar sudut antara kedua ujung serat optik maka semakin tinggi *losses* dan semakin rendah nilai *bit rate*. Saat terjadi sudut maka kedua ujung serat optik tidak bertemu dengan tepat yang mengakibatkan sinar tidak disalurkan secara sempurna. Cahaya dalam transmisi serat optik merepresentasikan bit data sehingga semakin banyak cahaya yang terbiaskan, maka semakin banyak data yang hilang. Konsekuensi dari hal ini mengakibatkan data yang sampai pada penerima akan lebih sedikit atau dengan kata lain kecepatan penyaluran *bit data* atau *bit rate* menurun saat diterima oleh *receiver*. Pada *angular misalignment*, nilai *bit rate* menurun perlahan seiring meningkatnya celah hingga sudut 15° nilai *bit rate* sebesar 31,746 Kbps. Lalu pada sudut 20° tidak ada tampilan *eye diagram* pada osiloskop yang menunjukkan bahwa sudah tidak ada data yang dapat diterima sehingga tidak bisa dianalisis.