

## BAB IV

### HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Bab IV menjelaskan hasil eksperimen dan pembahasan analisis data dari penelitian yang dilakukan. Data yang disajikan merupakan hasil dari pengaruh variasi jumlah kanal antara 1 sampai 6 kanal dan variasi level *noise* terhadap BER dan *eye pattern*. Penulisan Bab IV meliputi prosedur pengambilan data, data hasil eksperimen dan pembahasan.

#### 4.1 Prosedur Pengambilan Data

Pada sub bab ini akan dibahas tentang komponen-komponen dalam penelitian serta prosedur pengambilan data. Pada penelitian ini dibutuhkan perangkat TDM *multiplexer*, TDM *demultiplexer*, *plastic optical fiber* (POF), *optical fiber transmitter*, *optical fiber receiver*, *noise generator*, BER *event counter*, multimeter, osiloskop, dan alkohol. Blok konfigurasi eksperimen telah ditunjukkan pada Gambar 3.4. Spesifikasi dan deskripsi dari masing-masing komponen adalah sebagai berikut.

##### 4.1.1 Komponen Penelitian

###### 1. TDM *Multiplexer*

Pada TDM *multiplexer* digunakan delapan kanal sinyal digital yang dilengkapi dengan *clock generator* sebagai pewaktu sinyal. Delapan kanal tersebut meliputi satu kanal digunakan untuk *marker* transmisi, dua kanal untuk data *voice* dan lima kanal digital yang dilengkapi dengan *switch*. Tiap kanal memiliki *bit rate* sebesar 64 Kbps. Bentuk fisik dari TDM *multiplexer* ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** TDM *Multiplexer*

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

## 2. TDM Demultiplexer

*Demultiplexer* berfungsi untuk mengatur distribusi sinyal informasi yang diterima menuju ke kanal keluaran yang dikehendaki. Bila terdapat data pada kanal tersebut maka LED akan menyala. Bentuk fisik TDM demultiplexer ditunjukkan oleh Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** TDM Demultiplexer

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

## 3. Plastic Optical Fiber (POF)

Serat optik yang digunakan adalah *Plastic Optical Fiber* (POF) yang terbuat dimana lapisan *core* terbuat dari *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) sedangkan lapisan *cladding* dibuat dari *Perfluoropolimer*. Serat optik ini memiliki nilai *Numerical Aperture* (NA) sebesar 0,47. Diameter *core* sebesar 1mm dan diameter *cladding* sebesar 2,20mm. Nilai index biasanya adalah 1,492 pada *core* dan 1,417 pada *cladding*. Bentuk fisik dari POF ditunjukkan oleh Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Plastic Optical Fiber (POF)

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



#### 4. Noise Generator

Noise generator menghasilkan *white noise* dalam orde 10mV. Noise generator dilengkapi dengan potensiometer untuk mengatur level daya keluaran. Noise generator ditunjukkan oleh Gambar 4.4.

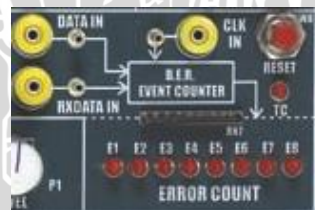


**Gambar 4.4** Noise Generator

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

#### 5. BER Event Counter

BER event counter berfungsi untuk menghitung banyaknya *error bit* dalam suatu transmisi dalam waktu 10 detik. Keluaran dari perhitungan error ditunjukkan oleh delapan LED yang merepresentasikan jumlah *error bit* dalam bilangan biner. BER event counter dilengkapi dengan tombol reset untuk memulai perhitungan. BER event counter ditunjukkan oleh Gambar 4.5.

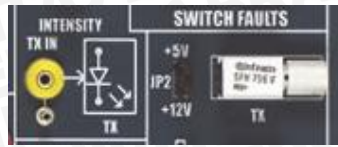


**Gambar 4.5** BER Event Counter

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

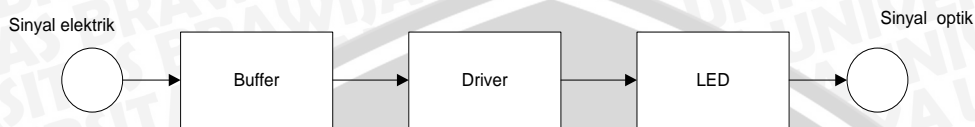
#### 6. Optical Fiber Transmitter Tipe LED SFH756V

Optical fiber transmitter berfungsi mengubah *input* yang berupa sinyal dalam bentuk elektrik menjadi bentuk optik (cahaya). Sinyal elektrik masuk ke dalam port TX IN, lalu dipancarkan dalam bentuk sinyal optik oleh LED TX. LED SFH756V beroperasi pada spektrum cahaya tampak. Keluaran optiknya berpusat pada cahaya tampak merah dengan panjang gelombang tengah 660nm. Gambar 4.6 menunjukkan bentuk fisik *optical fiber transmitter* LED SFH756V.



**Gambar 4.6** Optical Fiber Transmitter LED tipe SFH756V

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

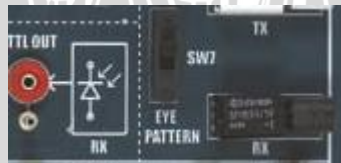


**Gambar 4.7** Blok Diagram Sederhana Optical Fiber Transmitter

Pada Gambar 4.7 ditunjukkan blok diagram *optical fiber transmitter* sederhana. *Optical fiber transmitter* terdiri dari *buffer*, *driver*, dan sumber cahaya. Bagian *buffer* berfungsi menguatkan sinyal informasi. Bagian *driver* menyediakan catu daya ke sumber cahaya agar sumber cahaya mampu mentransmisikan sinyal informasi dalam bentuk sinyal optik. Kemudian sumber cahaya (LED) mengubah sinyal elektrik ke sinyal optik dengan pola yang sama.

### 7. Optical Fiber Receiver Tipe SFH551

*Optical fiber receiver* berfungsi untuk mengubah energi cahaya ke bentuk elektrik sesuai dengan bentuk asli sebelum dipancarkan. *Optical fiber receiver* SFH551 ditunjukkan oleh Gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Optical Fiber Receiver Tipe SFH551

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

*Optical fiber receiver* terdiri dari *photodiode*, *transimpedance amplifier*, dan *level shifter*. *Transimpedance amplifier* digunakan untuk mengubah arus ke tegangan. Tegangan tersebut lalu dikuatkan dengan



bantuan rangkaian penguat. Tegangan ini merupakan duplikasi sinyal listrik dari sinyal optik yang dipancarkan oleh *optical fiber transmitter*.

#### 8. Multimeter

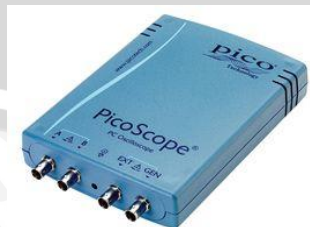
*Multimeter* adalah alat untuk mengukur besaran utama pada listrik yaitu tegangan, arus, dan hambatan. Multimeter juga dapat digunakan untuk mengukur besaran lain seperti frekuensi, induksi, dan sebagainya. Pada penelitian ini multimeter digunakan untuk mengukur tegangan keluaran dari *noise generator*. Jenis multimeter yang digunakan adalah *Digital multimeter* SANWA CD800A. *Digital multimeter* SANWA CD800A ditunjukkan oleh Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** *Digital Multimeter* SANWA CD800A  
(Sumber: <http://overseas.sanwa-meter.co.jp>, 2014)

#### 9. Osiloskop

Pada penelitian ini digunakan PC *Oscilloscope* jenis PicoScope 2207. Osiloskop ini memiliki dua kanal masukan, satu frekuensi generator dan mendukung *external trigger*. Tampilan osiloskop terhubung dengan PC sehingga memudahkan proses penyimpanan dan pencetakan tampilan sinyal. PicoScope 2207 ditunjukkan oleh Gambar 4.10.



**Gambar 4.10** PicoScope 2207  
(Sumber: <http://www.picotech.com>, 2014)

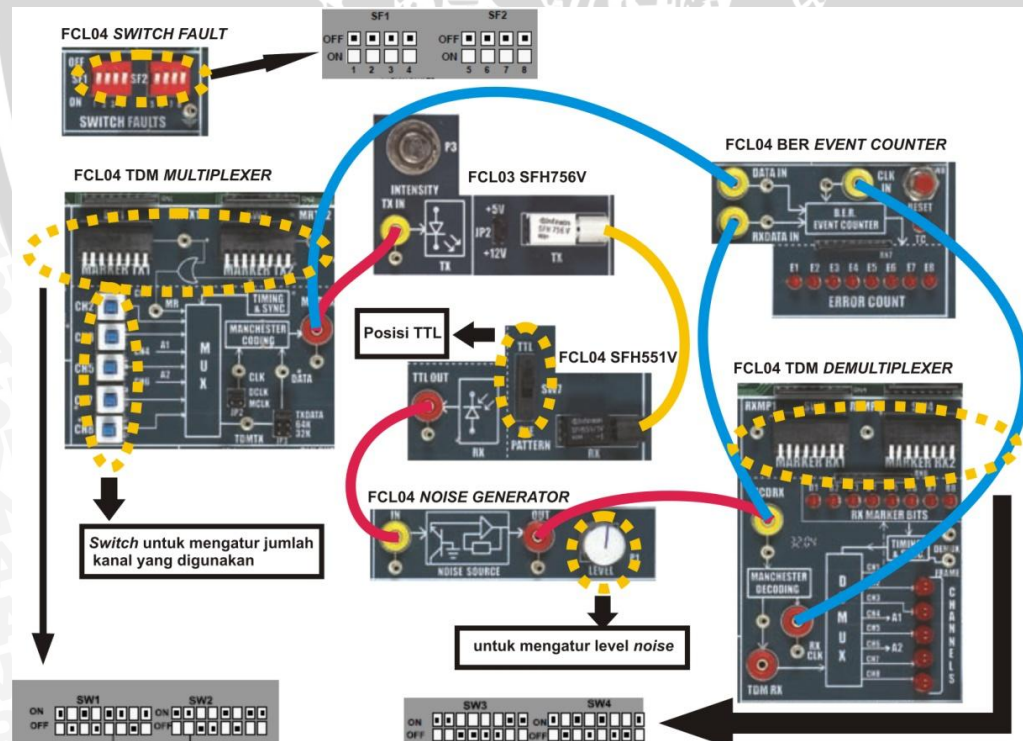
#### 4.1.2 Langkah Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data pada penelitian ini dimulai dengan tahap persiapan alat dan komponen pendukung pengukuran. POF yang akan digunakan harus dibersihkan terlebih dahulu menggunakan alkohol 95% seperti pada Gambar 4.11 POF harus dibersihkan sebelum dihubungkan dengan *optical fiber transmitter* dan *optical fiber receiver* agar cahaya yang menjalar tidak terganggu oleh kotoran pada serat optik.



**Gambar 4.11** Membersihkan POF dengan Alkohol 90%

Setelah itu, rangkai perangkat sistem pengukuran BER sesuai pada Gambar 4.12.



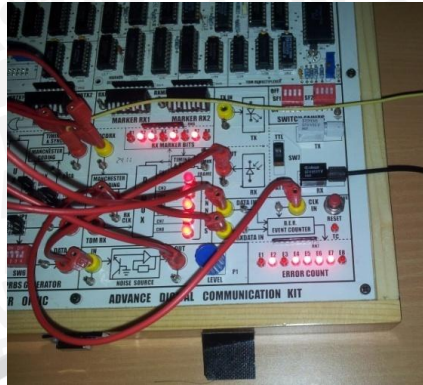
**Gambar 4.12** Konfigurasi Pengambilan Data BER



Langkah konfigurasi perangkat dijelaskan sebagai berikut:

1. Hubungkan kabel *power supply* ke modul *optical fiber transmitter* dan *optical fiber receiver*. Pastikan *power supply* pada kondisi *off*.
2. Pastikan *switch* untuk mengaktifkan kanal pada kondisi *off* semua.
3. Hubungkan MCDTX ke TX IN pada SFH756V.
4. Perlahan kendorkan katup LED SFH756V. Setelah katup mengendur, masukkan POF ke dalamnya, lalu kencangkan katupnya kembali.
5. Perlahan kendorkan katup photo transistor SFH551V dengan TTL *logic* sebagai keluarannya. Setelah katup mengendur, masukkan ujung lain POF ke dalam katup, lalu kencangkan katupnya kembali.
6. Hubungkan sinyal dari SFH551V ke *noise generator*.
7. Pastikan *switch* pada *noise generator* ada pada keadaan minimal.
8. Hubungkan sinyal keluaran dari *noise generator* ke MCDRX.
9. Atur MARKER TX1 & MARKER TX2 menggunakan SW1 dan SW2 sesuai pola bit pada Gambar 4.12.
10. Atur MARKER RX1 & MARKER RX2 menggunakan SW3 dan SW4 sesuai pola bit pada gambar 4.12.
11. Hubungkan keluaran dari MCDTX ke DATA IN pada BER *event counter*.
12. Hubungkan keluaran dari MCDRX ke RX DATA IN pada BER *event counter*.
13. Hubungkan keluaran dari RX CLOCK pada TDM *demultiplexer* ke CLK IN pada BER *event counter*.

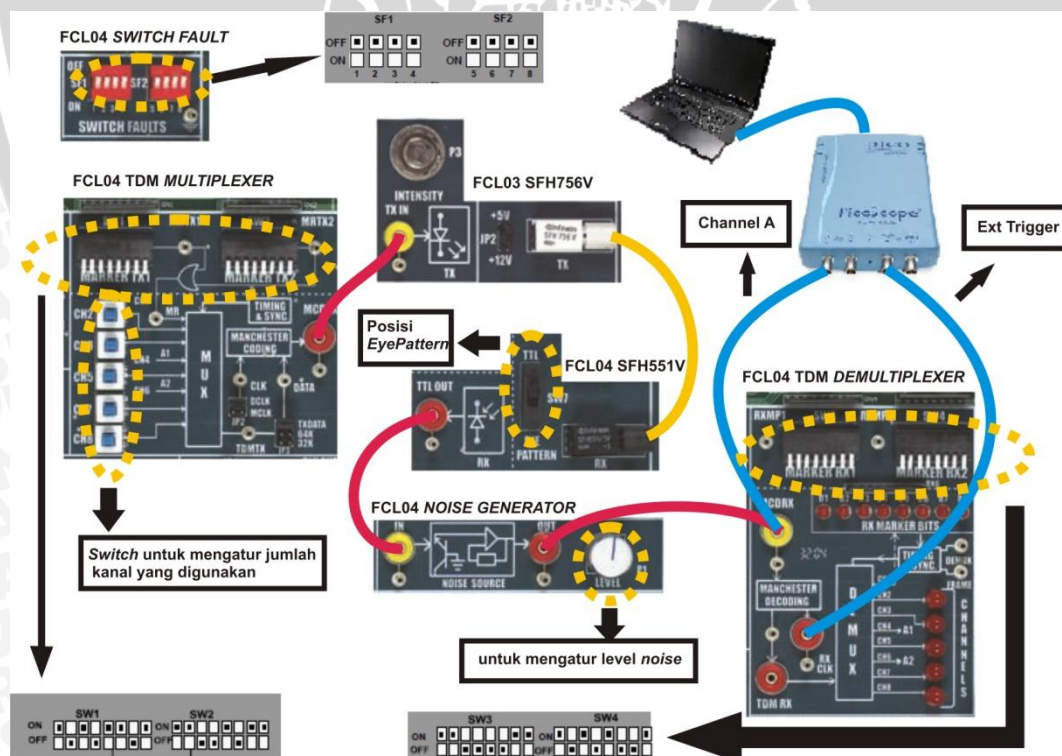
Setelah semua perangkat telah terhubung dengan benar, catu daya dinyalakan dan dilakukan pengukuran tegangan pada keluaran *noise generator* dengan menggunakan multimeter. Pastikan potensiometer pada *noise generator* pada posisi daya minimal. Lalu tekan *push button reset* pada BER *event counter* untuk menghitung jumlah *bit error* pada transmisi. Jumlah *error bit* akan ditampilkan oleh LED seperti pada Gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Pengambilan Data BER

Pengambilan data dimulai pada jumlah kanal satu sampai enam dengan level *noise* yang sama. Lalu level *noise* divariasikan dengan cara memutar potensiometer pada *noise generator* hingga tegangan keluaran dari *noise generator* bertambah 0,1V dengan kondisi hanya satu kanal yang aktif. Lalu tambah jumlah kanal yang aktif secara bertahap. Ulangi hingga level *noise* pada potensiometer maksimal.

Setelah data BER diperoleh, ubah konfigurasi perangkat seperti pada Gambar 4.14 untuk pengambilan data *eye pattern*.



**Gambar 4.14** Konfigurasi Pengambilan Data *Eye Pattern*

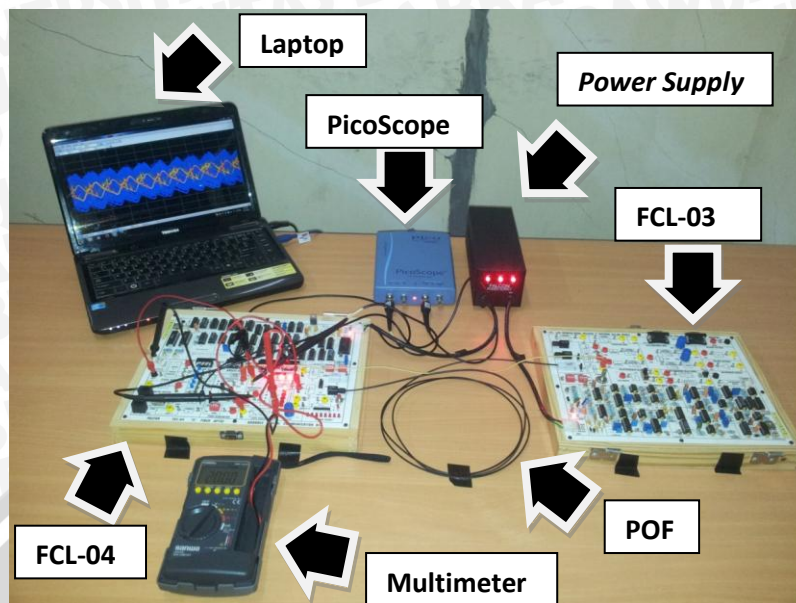


Langkah konfigurasi perangkat dijelaskan sebagai berikut:

1. Hubungkan kabel *power supply* ke modul *optical fiber transmitter* dan *optical fiber receiver*. Pastikan *power supply* pada kondisi *off*.
2. Pastikan *switch* untuk mengaktifkan kanal pada kondisi *off* semua.
3. Hubungkan MCDTX ke TX IN pada SFH756V.
4. Perlahan kendorkan katup LED SFH756V. Setelah katup mengendur, masukkan POF ke dalamnya, lalu kencangkan katupnya kembali.
5. Perlahan kendorkan katup photo transistor SFH551V dengan *eyepattern* sebagai keluarannya. Setelah katup mengendur, masukkan ujung lain POF ke dalam katup, lalu kencangkan katupnya kembali.
6. Hubungkan sinyal dari SFH551V ke *noise generator*.
7. Pastikan *switch* pada *noise generator* ada pada keadaan minimal.
8. Hubungkan sinyal keluaran dari *noise generator* ke MCDRX.
9. Atur MARKER TX1 & MARKER TX2 menggunakan SW1 dan SW2 sesuai pola bit pada Gambar 4.14.
10. Atur MARKER RX1 & MARKER RX2 menggunakan SW3 dan SW4 sesuai pola bit pada gambar 4.14.
11. Hubungkan MCDRX ke channel A pada Picoscope dan RX CLOCK ke EXT TRIGGER pada osiloskop.
12. Hubungkan Piscope dengan perangkat komputer sebagai antarmuka dan media penyimpanan data.

Hasil konfigurasi perangkat dalam pengukuran *eye pattern* ditunjukkan oleh Gambar 4.15.

Setelah semua perangkat telah terhubung dengan benar, catu daya dinyalakan dan dilakukan pengukuran tegangan pada keluaran *noise generator* dengan menggunakan multimeter. Pastikan potensiometer pada *noise generator* pada posisi daya minimal. Perhatikan tampilan pada antarmuka komputer dan simpan data tersebut untuk perhitungan lebih lanjut.



**Gambar 4.15** Hasil Konfigurasi Pengambilan Data *Eye Pattern*

Pengambilan data dimulai pada jumlah kanal satu sampai enam dengan level *noise* yang sama. Lalu level *noise* divariasikan dengan cara memutar potensiometer pada *noise generator* hingga tegangan keluaran dari *noise generator* bertambah 0,1V dengan kondisi hanya satu kanal yang aktif. Lalu tambah jumlah kanal yang aktif secara bertahap. Ulangi hingga level *noise* pada potensiometer maksimal.

#### 4.2 Hasil Eksperimen dan Pembahasan

Pada sub bab ini berisi hasil eksperimen pengaruh jumlah kanal dan variasi *noise* terhadap performansi sistem TDM dengan media transmisi POF beserta pembahasannya. Data yang didapatkan dari hasil pengukuran dihitung sesuai dengan persamaan yangtelah dijelaskan pada Bab II. Analisis perforansi sistem yang akan dilakukan meliputi BER dan *eye pattern*.

##### 4.2.1 Analisis Pengaruh Jumlah Kanal yang Digunakan dan Variasi *Noise* Terhadap BER

Performansi parameter BER pada sistem TDM dengan media transmisi POF akan dibahas pada sub bab ini. Sebelum memulai pengukuran BER catat tegangan terima sebelum ditambahkan *noise* dan tegangan sesudah diberi *noise*



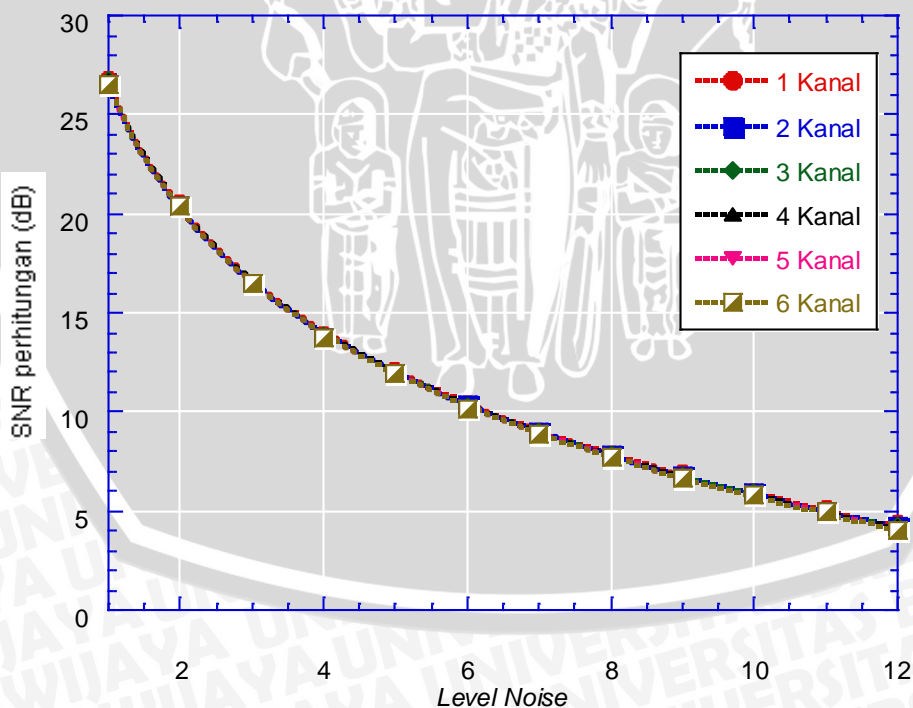
agar dapat diketahui nilai *Signal to Noise Ratio* untuk mempermudah analisis lebih lanjut. Pada penggunaan 1 kanal dengan pemberian *noise* sebesar 0,1V, tegangan terima sebelum pemberian *noise* adalah 1,977V sedangkan tegangan terima setelah pemberian *noise* adalah 2,068V maka nilai tegangan *noise* adalah 0,091V sehingga perhitungan SNR yang diperoleh adalah

$$\text{SNR} = 20 \log \frac{1,977}{0,091} = 26,73931 \text{ dB}$$

Dengan perhitungan yang sama, diperoleh nilai SNR sesuai dengan tabel pada Lampiran 1.

Pada Gambar 4.16 ditunjukkan kurva karakteristik SNR perhitungan terhadap variasi jumlah kanal dan level *noise*.

Nilai SNR perhitungan pada semua jumlah kanal memiliki nilai yang hampir sama pada level *noise* yang sama. Nilai SNR turun secara eksponensial terhadap kenaikan level *noise*. Nilai SNR perhitungan tertinggi sebesar 26,73931 dB pada kondisi jumlah kanal yang dipakai 1 dan level *noise* 1. Sedangkan nilai SNR terendah sebesar 4,069095 dB pada kondisi jumlah kanal yang dipakai 6 dan level *noise* 12.



**Gambar 4.16** Kurva Karakteristik SNR Perhitungan terhadap Variasi Jumlah Kanal dan Level *Noise*

Nyala LED pada BER *event counter* merupakan banyaknya *error bit* ( $E_b$ ) dalam bilangan biner. Perhitungan *error bit* dilakukan selama 10 detik. Untuk mempermudah perhitungan  $E_b$  dalam biner diubah terlebih dahulu ke bentuk desimal. Tabel pada Lampiran 2 menunjukkan perubahan  $E_b$  dalam bentuk biner ke desimal.

Berapapun jumlah kanal yang digunakan, jumlah bit yang ditransmisikan oleh TDM *multiplexer* tetap sama yaitu 512Kbits. BER *event counter* melakukan perhitungan  $E_b$  dalam transmisi selama 10 detik. Pada penggunaan 1 kanal dengan SNR 5,937523 dB, diperoleh nilai *error bit* sebanyak 28, sehingga perhitungan BER pada kondisi tersebut adalah:

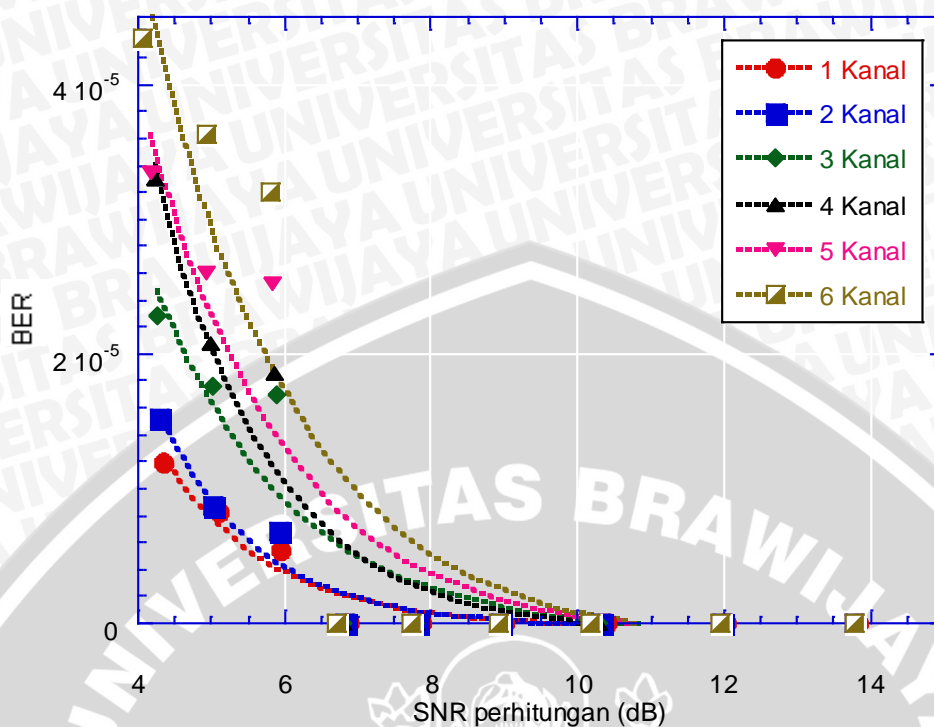
$$BER = \frac{E_b}{T_b} = \frac{28}{5120 \times 10^3} = 5,468 \times 10^{-6}$$

Dengan perhitungan yang sama diperoleh nilai BER pada setiap perubahan kanal dan tegangan *noise* yang ditunjukkan dengan jelas seperti tabel pada Lampiran 3.

Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik pada Gambar 4.15.

Berdasarkan hasil pengukuran, semakin rendah SNR maka semakin tinggi jumlah *error bit* yang ditransmisikan, sehingga nilai BER akan naik. Pada nilai SNR lebih besar dari 6 dB lampu indikator LED tidak menyala, hal ini dikarenakan tidak adanya bit error yang terdeteksi, sehingga nilai BER adalah nol. Nilai BER mulai muncul pada nilai SNR 5,937523 dB hingga 4,069095 dB pada semua jumlah kanal. Semakin banyak kanal yang digunakan maka semakin signifikan pula kenaikan nilai BER pada level *noise* yang sama. BER terkecil bernilai  $5,468 \times 10^{-6}$  terjadi pada penggunaan 1 kanal dengan SNR 5,937523 dB, yang artinya setiap  $10^9$  bit data yang ditransmisikan terdapat 5468 bit data yang salah. Sedangkan BER terbesar bernilai  $4,33594 \times 10^{-5}$  terjadi pada penggunaan 6 kanal dengan SNR 4,069095 dB.





**Gambar 4.15** Kurva Karakteristik BER Terhadap Variasi Jumlah Kanal dan SNR Perhitungan

Konsekuensi dari nilai BER yang tinggi adalah transmisi data tidak dapat dilakukan dengan baik. Data yang diterima tidak akan sama dengan data yang ditransmisikan. Sehingga nantinya pada penerima akan terjadi perbedaan data dari data yang dikirimkan. Apabila hal ini terjadi, maka pengirim harus mentransmisikan ulang data yang *error* tersebut dan hal ini akan memerlukan tambahan waktu sehingga proses pentransmisian data akan berlangsung lebih lama.

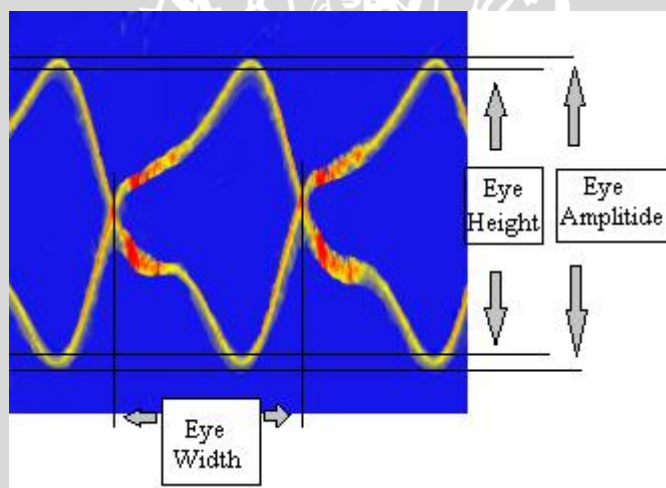
#### 4.2.2 Analisis Pengaruh Jumlah Kanal yang Digunakan dan Variasi Noise Terhadap Eye Pattern

Parameter kinerja TDM yang diamati dalam bentuk *eyepattern* akan dibahas pada sub bab ini. *Eye pattern* merupakan salah satu cara untuk menganalisa kinerja suatu sistem transmisi digital. Tampilan dari osiloskop dari sinyal digital suatu sistem diolah proses *sampling* beberapa kali untuk mendapatkan karakteristik sinyal. Diperlukan software picoscope 6.0 untuk

menampilkan keluaran sinyal dari picoscope sehingga pengukuran variabel *eye pattern* dapat dilakukan.

Pengukuran performansi suatu sistem dengan menggunakan *eye pattern* dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu *vertical eye opening* dan *horizontal eye opening*. Pada *vertical eye opening* terdapat dua parameter yaitu, *eye height* dan *eye amplitude*. *Eye height* merupakan besarnya *vertical eye opening* pada *eye pattern*, sedangkan *eye amplitude* menunjukkan daya sinyal informasi yang ditransmisikan dengan tidak memperhitungkan *noise*. Besarnya perbedaan antara *eye height* dan *eye amplitude* menunjukkan besarnya *noise* pada suatu sinyal. Semakin besar perbedaan *eye height* dan *eye amplitude*, maka semakin besar *noise* yang ada pada suatu sinyal.

Pada *horizontal eye opening*, terdapat *eye width* yang merupakan bukaan terlebar pada *eye opening*. *Horizontal eye opening* menunjukkan ketepatan *timing* pada proses transmisi data. Pada Gambar 4.16 ditunjukkan bentuk *eye pattern*.



**Gambar 4.16** *Eye pattern* pada penggunaan 1 kanal dengan SNR 26,73931dB

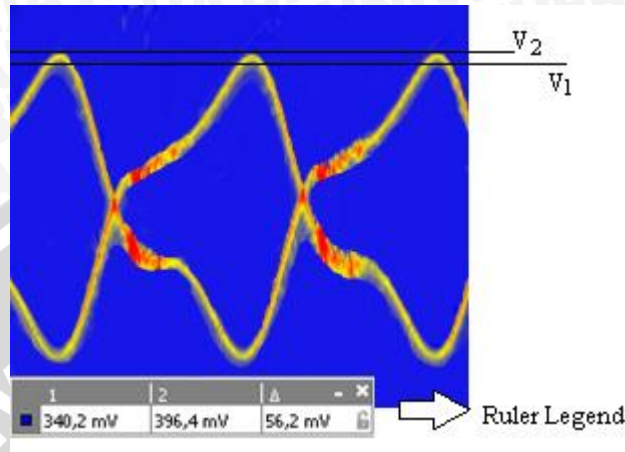
Beberapa parameter yang dapat dianalisis dengan menggunakan *eye pattern* adalah *noise margin*, *jitter* dan *signal to noise ratio* (SNR). Perhitungan dan analisis untuk masing-masing parameter tersebut akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

#### 1. *Noise Margin*

Perhitungan nilai *noise margin* dilakukan dengan penentuan nilai  $V_1$  dan  $V_2$ .  $V_1$  merupakan nilai yang didapatkan dari *eye height* maksimal pada *vertical*



*eye opening* dan  $V_2$  ditentukan dari *eye amplitude* maksimal pada *vertical eye opening*. Nilai  $V_1$  dan  $V_2$  dapat diketahui dengan menggerakkan *signal rulers* pada *picoscope 6.0*. Nilai yang diperoleh *signal rulers* ditampilkan pada *ruler legend* seperti pada Gambar 4.17.



**Gambar 4.17** Menentukan Nilai  $V_1$  dan  $V_2$  pada 1 kanal dengan SNR 26,73931dB

Pada Gambar 4.17 dapat diketahui bahwa nilai  $V_1$  adalah 340,2mV sedangkan nilai  $V_2$  adalah 396,4 mV. Maka perhitungan *noise margin* pada 1 kanal dan SNR 13,37dB adalah:

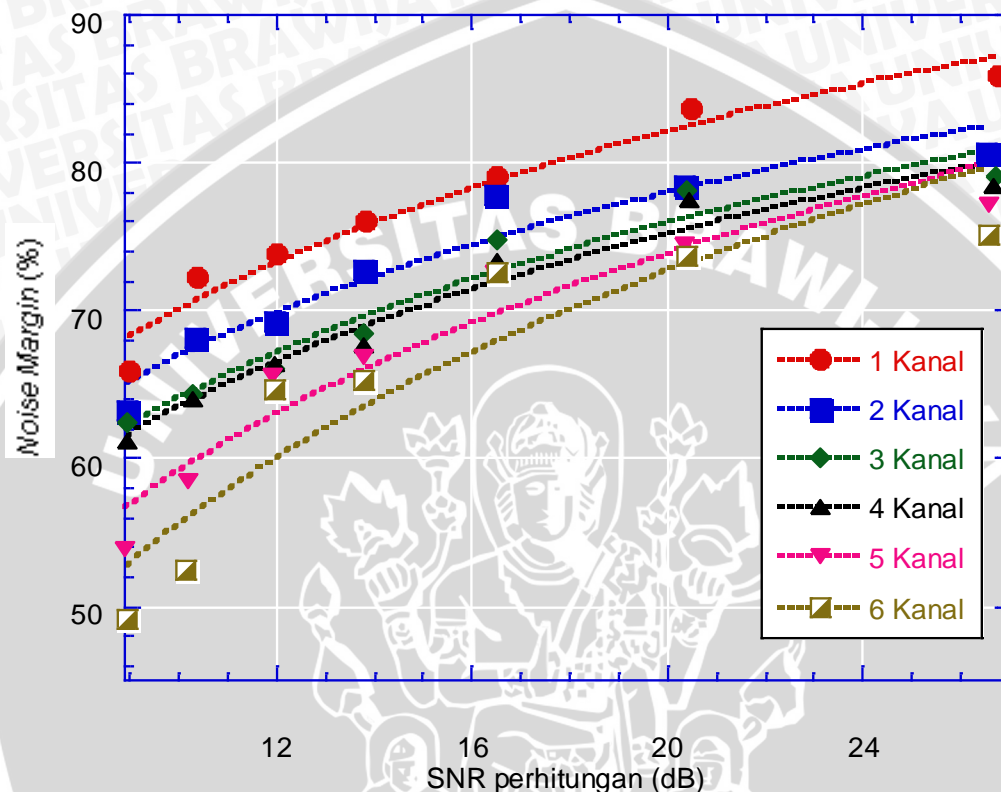
$$\text{Noise Margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% = \frac{340,2 \text{ mV}}{396,4 \text{ mV}} \times 100\% = 85,82240161 \%$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama maka diperoleh nilai *noise margin* dengan jumlah kanal yang berbeda-beda dan *noise* yang divariasikan seperti yang ditunjukkan tabel pada Lampiran 4.

Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik pada Gambar 4.18.

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa semakin tinggi nilai SNR maka kekebalan sistem terhadap *noise* akan meningkat. Hal ini dikarenakan semakin tingginya SNR, maka perbandingan sinyal terhadap *noise* semakin besar. Sehingga *noise* dengan nilai yang jauh lebih kecil dibanding sinyal dapat diabaikan dan ketahanan sistem terhadap *noise* makin besar. Hal ini menimbulkan hubungan jika SNR makin besar, maka nilai *noise margin* semakin besar. Selain itu, semakin sedikit kanal yang digunakan, maka kekebalan sistem terhadap *noise*

juga akan meningkat karena semakin sedikit data yang terpengaruh oleh *noise*. Kurva karakteristik *noise margin* naik secara linier terhadap naiknya nilai SNR. *Noise margin* tertinggi ada pada penggunaan 1 kanal dengan SNR 26,73931dB, yaitu sebesar 85,82240161%. Sedangkan *noise margin* terendah ada pada penggunaan 6 kanal dengan SNR 8,929856 dB, yaitu sebesar 49,09952607 %.



**Gambar 4.18** Kurva Karakteristik *Noise Margin* terhadap Variasi Jumlah Kanal dan SNR Perhitungan

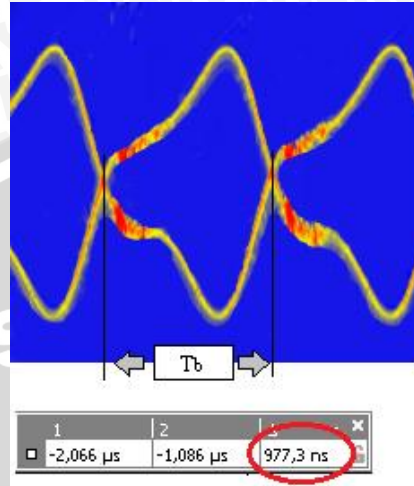
## 2. Timing Jitter

Nilai *timing jitter* diperoleh dengan menentukan nilai jumlah distorsi ( $\Delta T$ ) dan *bit interval* ( $T_b$ ).  $\Delta T$  dan  $T_b$  ditentukan dengan menganalisis *horizontal eye opening*. Pada *horizontal eye opening* terdapat parameter *zero crossing variation* yang menunjukkan banyaknya distorsi yang terjadi pada suatu sinyal. Nilai  $\Delta T$  merupakan ketebalan *zero crossing variation*, sedangkan panjang *horizontal eye opening* merupakan nilai  $T_b$ . Gambar 4.19 menunjukkan penentuan nilai  $T_b$ , sedangkan gambar 4.20 menunjukkan penentuan nilai  $\Delta T$ .

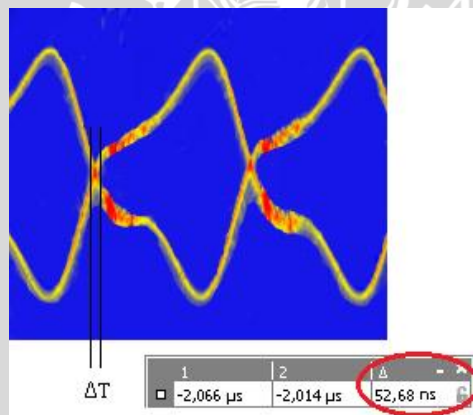


Sesuai Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 diperoleh nilai  $T_b$  sebesar 977,3 ns dan nilai  $\Delta T$  sebesar 52,68 ns. Maka perhitungan *timing jitter* adalah

$$\text{Timing Jitter (\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% = \frac{52,68 \text{ ns}}{977,3 \text{ ns}} \times 100\% = 7,219527299 \%$$



**Gambar 4.19** Menentukan  $T_b$  pada 1 Kanal dengan SNR 26,73931dB



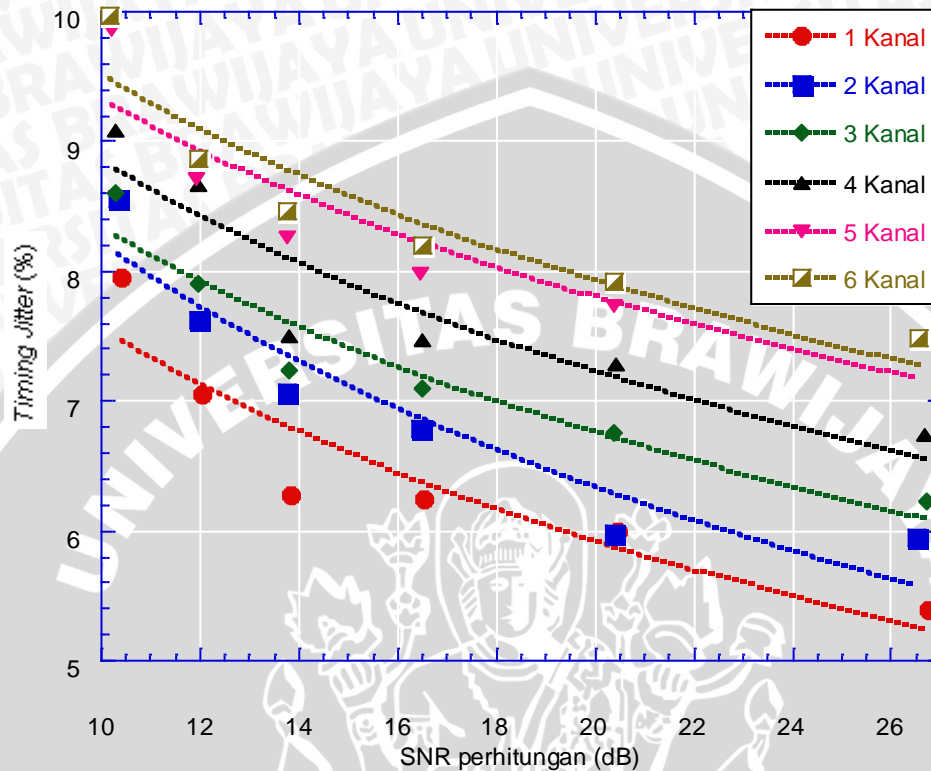
**Gambar 4.20** Menentukan Nilai  $\Delta T$  pada 1 Kanal dengan SNR 26,73931dB.

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka diperoleh nilai *timing jitter* pada jumlah kanal yang berbeda dan *noise* yang divariasikan seperti pada tabel pada Lampiran 5.

Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik pada Gambar 4.21.

Berdasarkan hasil perhitungan, semakin tinggi nilai SNR maka semakin rendah nilai *timing jitter* yang terjadi. *Noise* pada sistem akan menyebabkan waktu terima suatu sinyal bergeser dari waktu yang seharusnya. Level *noise* yang semakin besar yang ditandai dengan nilai SNR kecil, akan mengakibatkan nilai

*timing jitter* semakin tinggi. Selain itu semakin banyak kanal yang digunakan maka nilai *timing jitter* semakin tinggi karena semakin banyak data dengan waktu terima yang bergeser.



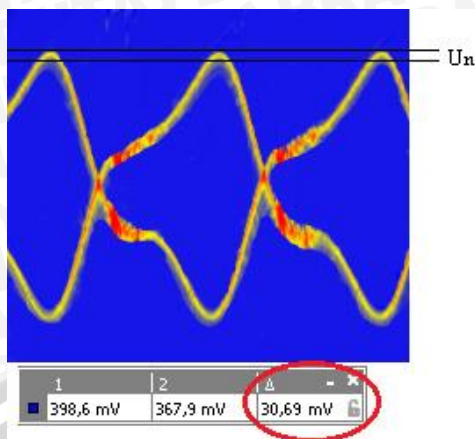
**Gambar 4.21** Kurva Karakteristik *TimingJitter* terhadap Variasi Jumlah Kanal dan SNR Perhitungan

Nilai timing jitter terendah sebesar 5,390361199% pada penggunaan 1 kanal dengan nilai SNR perhitungan 26,73931 dB. Sedangkan nilai timing jitter tertinggi sebesar 9,973396091% pada penggunaan 6 kanal dengan nilai SNR perhitungan 10,16804 dB.

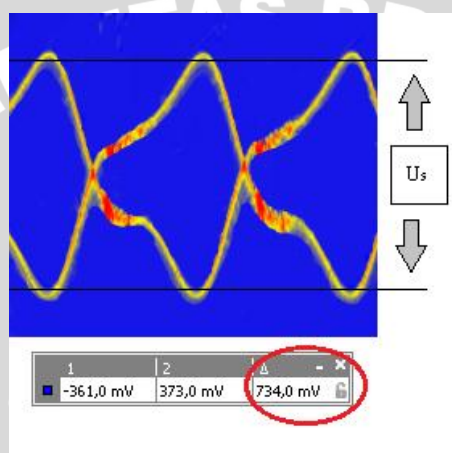
### 3. Signal to Noise Ratio (SNR)

Parameter SNR pada *eye pattern* dihitung dengan menentukan nilai  $U_s$  dan  $U_n$ . Nilai  $U_n$  merupakan selisih nilai  $V_1$  dan  $V_2$ , sedangkan nilai  $U_s$  merupakan besarnya *eye amplitude* pada *vertical eye opening*. Penentuan nilai  $U_n$  ditunjukkan oleh Gambar 4.22, sedangkan untuk penentuan nilai  $U_s$  ditunjukkan oleh Gambar 4.23.





**Gambar 4.22** Penentuan nilai  $U_n$  pada 1 kanal dengan SNR 26,73931dB



**Gambar 4.23** Penentuan nilai  $U_s$  pada 1 kanal dengan SNR 26,73931 dB

Sesuai Gambar 4.22 dan 4.33 maka diperoleh nilai  $U_n$  adalah 30,69mV dan nilai  $U_s$  adalah 734mV, maka perhitungan SNR pada *eye pattern* adalah

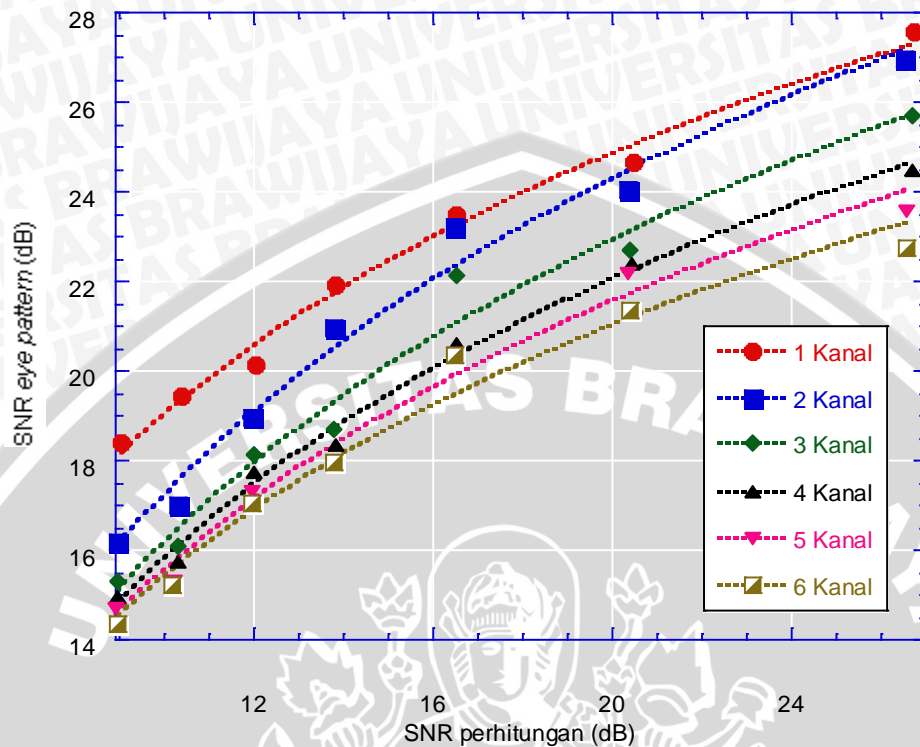
$$\text{SNR } eye \text{ pattern (dB)} = 20 \log \frac{U_s}{U_n} = 20 \log \frac{734}{30,69} = 27,57398343 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama maka diperoleh SNR *eye pattern* pada jumlah kanal dan *noise* yang divariasikan seperti pada Lampiran 6.

Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik pada Gambar 4.24.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai SNR *eye pattern* memiliki nilai lebih besar daripada SNR hasil perhitungan sebelumnya. Selain itu, kenaikan SNR *eye pattern* linier terhadap kenaikan SNR perhitungan. Semakin banyak kanal yang digunakan, makin kecil nilai SNR. Hal ini terjadi karena dengan

semakin banyaknya kanal yang digunakan, maka semakin banyak data yang rusak disebabkan oleh *noise*, sehingga nilai SNR akan semakin kecil.



**Gambar 4.24** Kurva Karakteristik SNR *Eye Pattern* terhadap Variasi Jumlah Kanal dan SNR Perhitungan

Nilai SNR pada *eye pattern* lebih kecil daripada SNR perhitungan. SNR perhitungan merupakan nilai SNR yang diperoleh dari perhitungan tegangan masukan TDM *demultiplexer*, sedangkan SNR *eye pattern* diperoleh dari perhitungan pada *eye pattern*. SNR *eye pattern* mewakili nilai SNR sebenarnya yang terjadi pada sistem, sedangkan SNR perhitungan merupakan nilai pendekatan SNR yang terjadi pada sistem.

SNR terkecil yang terbaca pada *eye pattern* terdapat pada penggunaan 6 kanal yaitu bernilai 14,36538018 dB, sedangkan SNR hasil perhitungannya sebesar 8,929856 dB. SNR terbesar yang terbaca pada *eye pattern* terdapat pada penggunaan 1 kanal yaitu bernilai 27,57398343 dB, sedangkan SNR hasil perhitungannya sebesar 26,73931 dB.