

## BAB IV

### HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen dan pembahasan analisis data dari penelitian yang dilakukan akan dijelaskan dalam Bab IV ini. Data yang disajikan merupakan hasil dari pengaruh lima jenis *line coding* 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. Blok diagram konfigurasi eksperimen telah ditunjukkan pada Gambar 3.4 Dalam penelitian ini membutuhkan perangkat *Telecommunication Instructional Modelling System (TIMS)* lab yang terdiri dari modul *Master Signal 8.3 kHz*, *Sequence Generator*, *Line Code Encoder*, *Fiber Optik tx (red)*, *Fiber Optik rx*, *Line Code Decoder*, *Frequency Counter*, *Scope Selector*, *Noise Generator*, *Base Band Channel Filter*, *Frekuensi Counter*, *Digital Utilities*, *Error Counting Utilities*, *Integrate and Dump*. Perangkat tambahan lainnya menggunakan *Picoscope*, satu buah PC, *Plastic Optical Fiber (POF)* jenis *Step Index Multimode*, alkohol, multimeter dan osiloskop. Penjelasan dan spesifikasi dari masing – masing perangkat eksperimen sebagai berikut.

##### 4.1.1 Komponen Eksperimen

###### 1. *Master Signal*

*Master Signal* dalam penelitian ini digunakan sebagai sinyal informasi. Dalam *master signal* terdapat 5 sinyal yang disinkronkan analog dan digital mulai dari 2 kHz sampai 100 kHz. Penggunaan *master signal* untuk sinyal carrier 100 kHz digunakan untuk tujuan pemodelan. Fungsi dan frekuensi setiap signal ditunjukkan pada panel depan modul pada Gambar 4.1



**Gambar 4.1** Master Signal

(Sumber : TIMS-EMONA User Manual Basic, 2002)

## 2. Sequence Generator

Pada modul *sequence generator* secara umum menggunakan sinyal eksternal clock, keluaran *sequence generator* dua independen urutan acak X dan Y. Urutan X dan Y yang tersedia dapat berupa sinyal TTL atau analog. Sinyal clock eksternal digunakan agar modul *sequence generator* dapat berjalan. Keluaran sinyal dapat berupa sinusoida atau TTL. Urutan sinyal dapat dihentikan setiap saat dengan menekan tombol *reset* yang terdapat pada modul *sequence generator*. Bentuk fisik dari *sequence generator* ditunjukkan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Sequence Generator

(Sumber : TIMS-EMONA User Manual Basic, 2002)

## 3. Line Code Encoder

Modul *line code encoder* berfungsi untuk mengkodekan data input menjadi data bit dengan format tertentu. Dalam modul terdapat aliran data TTL level yang secara bersamaan dikodekan kedalam delapan *line-codes*. M.CLK (*Master Clock*) pada modul ini selalu dihubungkan dengan Clock TTL level. Sumber M.CLK yang sesuai adalah TTL 8.3 kHz dari modul *master signals*. Sinyal B.CLK memiliki Frekuensi keluaran yaitu seperempat dari sinyal M.CLK. Data masukan didapat dari *sequence generator*. Modul *line code encoder* ditunjukkan pada Gambar 4.3





**Gambar 4.3** *Line Code Encoder*  
(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 2002)

#### 4. *Line Code Decoder*

Sinyal yang telah dikodekan oleh modul *line code encoder* dapat didekodekan menggunakan modul *line code decoder*, yang menghasilkan aliran data TTL level. Pada modul *decoder* ini perlu untuk sinkronisasi bit clock dengan deretan yang benar. Modul *decoder* perlu melakukan *reseting* setelah B.CLK atau bentuk sinyal input telah diganggu. Bentuk fisik dari *line code decoder* ditunjukkan pada Gambar 4.4



**Gambar 4.4** *Line Code Decoder*  
(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 2002)

#### 5. *Fiber Optik Tx*

Modul *Fiber optic transmitter* berfungsi untuk mengkonversikan sinyal listrik kedalam sinyal optik (cahaya) pada *visible spectrum* sehingga sinyal *analog* atau *digital* dapat ditransmisikan. Sinyal yang akan ditransmisikan menggunakan terminal *input*. Saklar *input signal* dapat berfungsi untuk mengidentifikasi format sinyal berupa sinyal TTL-level dan *analog*. Pada *Fiber Optik Tx* memiliki spektral output LED mendekati 660 nm dengan konektor jenis dnp. Modul *fiber optik Tx* ditunjukkan pada Gambar 4.5



**Gambar 4.5** *Fiber Optik Tx*

(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 2002)

## 6. *Fiber Optik Rx*

Modul *Fiber optic receiver* berfungsi untuk mengkonversikan sinyal optik kedalam sinyal listrik. Output sinyal dapat berupa *analog* atau *digital*. Sinyal yang akan diterima menggunakan konektor *fiber optic* input. Saklar *output signal* dapat berfungsi untuk mengidentifikasi format sinyal yang dapat berupa sinyal *TTL-level* dan *analog*. Tombol *gain control* digunakan untuk *pre-amplifier photo detector*. Bentuk fisik dari modul fiber optik Rx ditunjukkan pada Gambar 4.6



**Gambar 4.6** *Fiber Optik Rx*

(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 1991-2001)

## 7. *Noise Generator*

Modul *Noise generator* merupakan sumber *broadband* dengan 12 *level noise* dengan *level noise* minimum 0 dB sampai 22 dB. Pada modul ini tidak memerlukan sinyal input (sinyal control). Jika diperlukan karakter sinyal *noise* output dapat diubah dengan *filtering*, atau dikuatkan menggunakan TIMS BUFFER AMPLIFIER (modul *adder*). Bentuk fisik dari *noise generator* ditunjukkan pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Noise Generator

(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 2002)

## 8. *Digital Utilities*

Pada modul *digital utilities* terdapat *inverter digital* yang hanya menerima sinyal standar TTL-level digital. Output HI LOGIS sekitar 5V dan ditunjukkan hanya untuk sambungan ke input digital. Dalam penelitian ini, penambahan modul *digital utilities* dilakukan karena keluaran sinyal dari penambahan *noise* memberikan titik *inverting*. Bentuk fisik *digital utilities* ditunjukkan pada Gambar 4.9



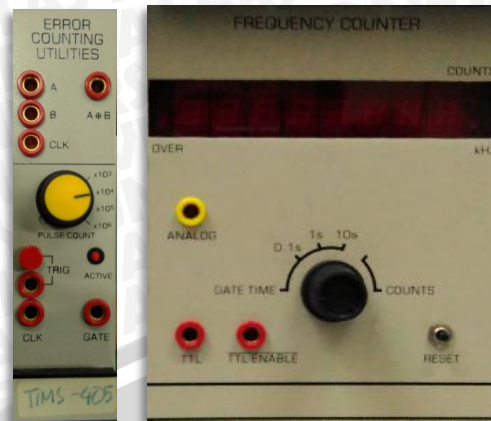
**Gambar 4.8** Digital Utilities

(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 2002)

## 9. *Error Counting Utilities dan Frequency Counter*

Modul *error counting utilities* digunakan untuk menghitung *Bit Error Rate* (BER). Nilai dari BER ditampilkan pada modul *frekuensi counter*. Dua blok fungsional yang disediakan, yang dalam hubungannya dengan modul TIMS lain dapat digunakan ke pengukuran *carry-out bit error rate*. Dua blok adalah gerbang OR untuk membandingkan dua aliran data digital dan *monostable* yang tepat untuk clock sebuah perhitungan pulsa. Bentuk fisik dua modul ini ditunjukkan pada Gambar 4.10.





**Gambar 4.9** Error Counting Utilities and Frequency Counter  
(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 2002)

#### 10. *Integrate and Dump*

Modul *Integrate and Dump* dalam penelitian ini digunakan sebagai sinkronisasi akibat adanya *delay*. Variabel *delay* digital untuk sinyal clock TTL level dan dapat digunakan untuk menyelaraskan fasa bit clock ke aliran data. Variabel *delay* digital menerima standar sinyal TTL level pada input B.CLK dan juga output standar sinyal TTL level pada output CLK OUT. Modul *integrate and dump* ini ditunjukkan pada Gambar 4.10



**Gambar 4.10** Integrate and Dump  
(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 2002)

#### 11. *Baseband Channel Filter*

Untuk melihat perhitungan *eye pattern* perlu menggunakan modul *baseband channel filter*. Empat *switch* yang terdapat pada modul ini dapat dipilih, *baseband channel* yang tersedia terdiri dari tiga *filter* yang berbeda channel 1 untuk *straight-through*, channel 2 untuk *Butterworth*, channel 3 untuk *Bessel* dan channel 4 untuk *OpFill Linier Phase*. Setiap *filter* memiliki frekuensi *band-stop* 4 kHz. Bentuk fisik perangkat ditunjukkan pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Baseband Channel Filter  
(Sumber : TIMS-EMONA Advanced Modules User Manual, 2002)

## 12. Osiloskop

Penelitian ini menggunakan 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 4.12



**Gambar 4.12** PicoScope 2207  
(Sumber: <http://www.picotech.com>, 2015)

## 13 Plastic Optical Fiber (POF)

Media tranmisi dalam penelitian menggunakan *Plastic Optical Fiber* jenis *step index multimode*. *Plastic Optical Fiber* (POF) meupakan serat optik yang lapisan core terbuat 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 2,20 mm. Nilai index biasanya adalah 1,492 pada *core* dan 1,417 pada *cladding*. Bentuk fisik dari POF ditunjukkan oleh Gambar 4.13





**Gambar 4.13** *Plastic Optical Fiber (POF)*  
(Sumber : e-Manual TIMS Lab, 2002)

## 14 Multimeter

*Multimeter* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besaran utama pada listrik yaitu tegangan, arus, dan hambatan dan besaran lain seperti frekuensi dan induksi. Pada percobaan ini *multimeter* digunakan untuk mengukur tegangan keluaran detektor penerima. Jenis *multimeter* yang digunakan adalah *Digital Multimeter SANWA CD800A*. *Multimeter* ditunjukkan pada Gambar 4.14

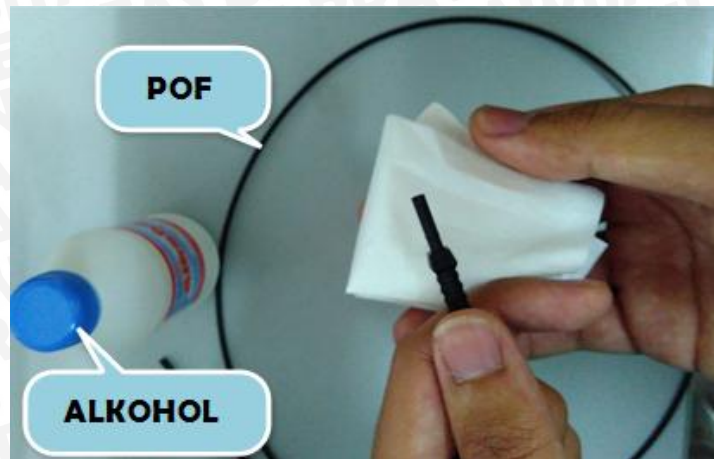


**Gambar 4.14** *Digital Multimeter SANWA CD800A*  
(Sumber: <http://overseas.sanwa-meter.co.jp>, 2015)

### 4.1.2 Langkah Pengambilan Data

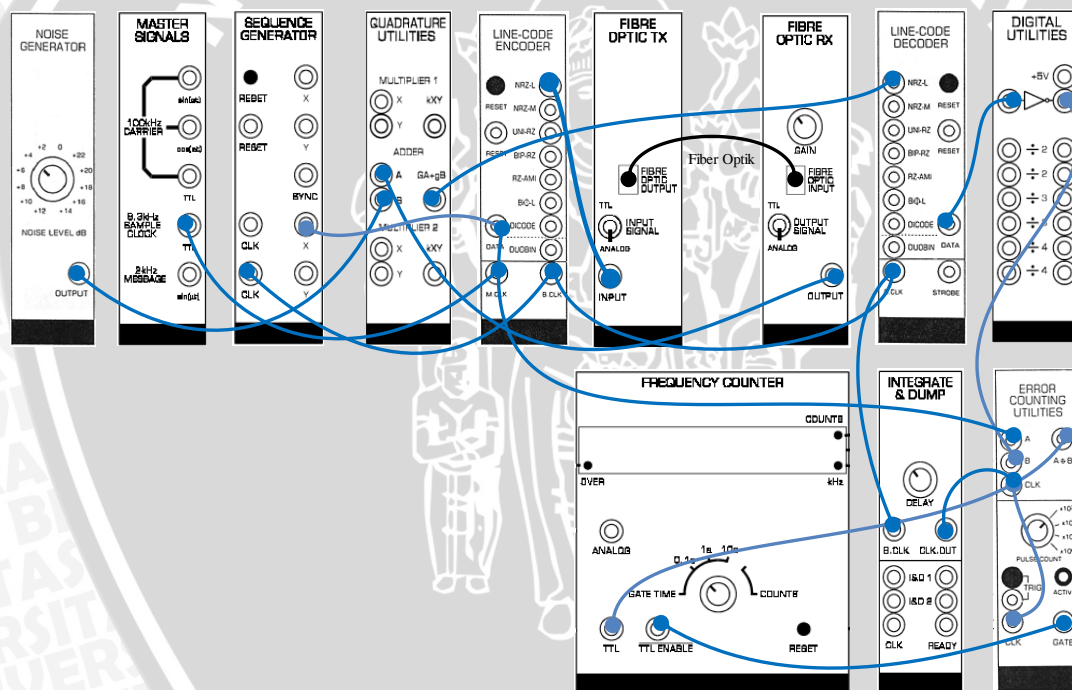
Ada beberapa prosedur dalam pengambilan data dalam penelitian ini, dimulai dengan persiapan alat dan juga komponen pendukung pengukuran. Langkah pertama persiapan modul pada TIMS yang akan digunakan dalam penelitian. Selanjutnya membersihkan kabel *Plastic Optical Fiber (POF)* dengan alkohol supaya sinyal optik (cahaya) yang menjalar dari *fiber optik transmitter* ke *fiber optik receiver* tidak terdapat kotoran yang dapat mengganggu penjalaran sinyal pada serat optik. Pembersihan kebel POF ditunjukkan pada Gambar 4.15





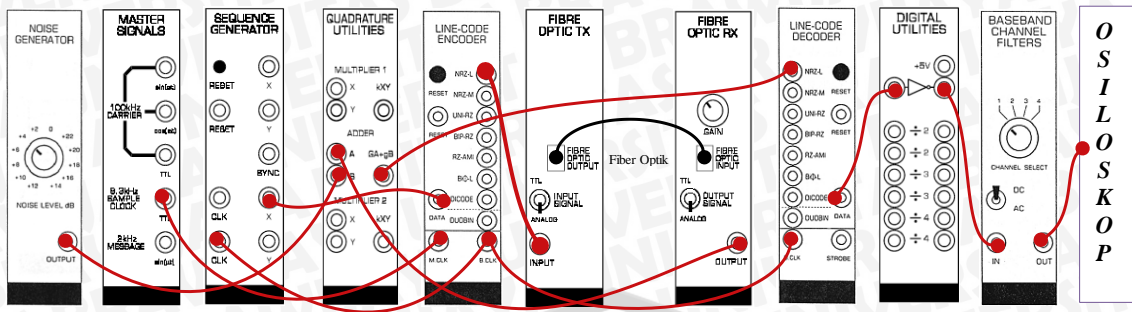
Gambar 4.15 Pembersihan POF dengan Alkohol

Setelah pembersihan POF selesai, tahap selanjutnya yaitu menyusun rangkaian konfigurasi BER yang ditunjukkan pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 Konfigurasi Pengambilan Data BER

Selanjutnya menyusun rangkaian konfigurasi *Eye Pattern* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17 berikut.



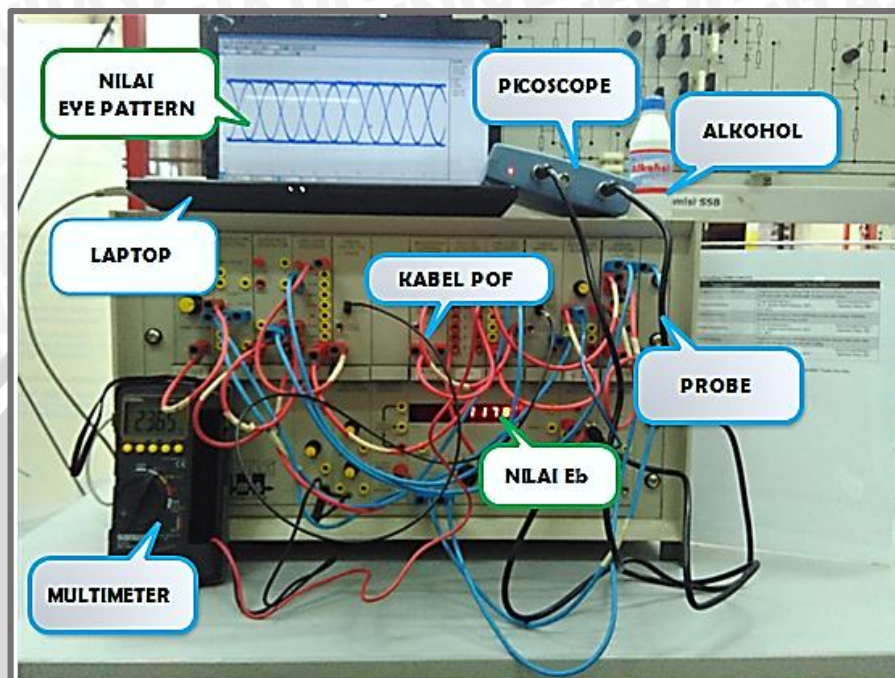
Gambar 4.17 Konfigurasi Pengambilan Data Eye Pattern

Langkah konfigurasi perangkat dijelaskan sebagai berikut:

1. Susun perangkat berdasarkan konfigurasi BER dan *Eye Pattern* sesuaikan dengan Gambar 4.15 dan Gambar 4.16. Saat merangkai alat pastikan *power supply* dan pada perangkat dalam keadaan OFF semua.
2. Setelah semua modul tersusun dengan benar sesuai gambar konfigurasi, catu daya (*power supply*) dapat dinyalakan dan dapat dilakukan pengukuran.
3. Untuk nilai BER dapat diambil dengan menggunakan modul *error counting utilities* dengan nilai *bit error* ( $E_b$ ) yang ditampilkan pada modul *frequency counter* yang diatur dalam *mode count* dengan bentuk angka digital. Tekan tombol RESET pada *frequency counter* lalu tekan tombol TRIG pada modul *error counting utilities*. Nilai yang muncul pada *frequency counter* dicatat sebagai nilai *bit error* atau  $E_b$ . Pengambilan data dimulai dengan menggunakan level noise yang sama dengan variasi lima jenis *line coding* yang berbeda. Selanjutnya level noise divariasikan dengan memutar potensiometer yang terdapat pada *noise generator* secara bertahap dengan level noise mulai dari 0 dB hingga level noise maksimum 22 dB.
4. Sedangkan untuk mendapatkan nilai *Eye Pattern*, hubungkan keluaran setelah penambahan noise dan didecoderkan dengan modul *baseband channel filters*. Tampilan *eye pattern* ditunjukkan pada laptop yang sudah terinstall *software PicoScope 6.0* yang tersambung dengan PicoScope 2207. Pengambilan data dimulai dengan menggunakan level noise yang sama dengan variasi lima jenis *line coding* yang berbeda. Selanjutnya level noise divariasikan dengan memutar potensiometer yang terdapat pada *noise generator* secara bertahap dengan level noise mulai dari 0 dB sampai level noise maksimum 22 dB.



Untuk penggunaan jenis *line coding* ada lima jenis yaitu NRZ-L, NRZ-M, UNIRZ, BIP-RZ dan MANCHESTER (BIPHASE-L) yang digunakan dalam penelitian. Susunan perangkat eksperimen BER dan *Eye Pattern* ditunjukkan pada Gambar 4.18.



**Gambar 4.18** Pengambilan Data BER dan *Eye Pattern*

Setelah semua perangkat terhubung sesuai prosedur, catu daya dapat dinyalakan kemudian ukur tegangan pada *receiver* dengan menggunakan multimeter untuk memastikan proses transmisi suatu data.

## 4.2 Hasil Eksperimen dan Pembahasan

Hasil eksperimen pengaruh jenis *line coding* pada performansi sistem POF jenis *step index multimode* dengan variasi *noise* beserta pembahasannya akan dijelaskan dalam sub bab ini. Data yang didapatkan dari hasil pengukuran dihitung sesuai dengan beberapa persamaan yang telah dijelaskan pada Bab II. Analisis performansi sistem yang akan dilakukan meliputi BER dan *eye pattern*. Hasil eksperimen ditunjukkan dalam bentuk grafik untuk tiap parameter yang dianalisis.

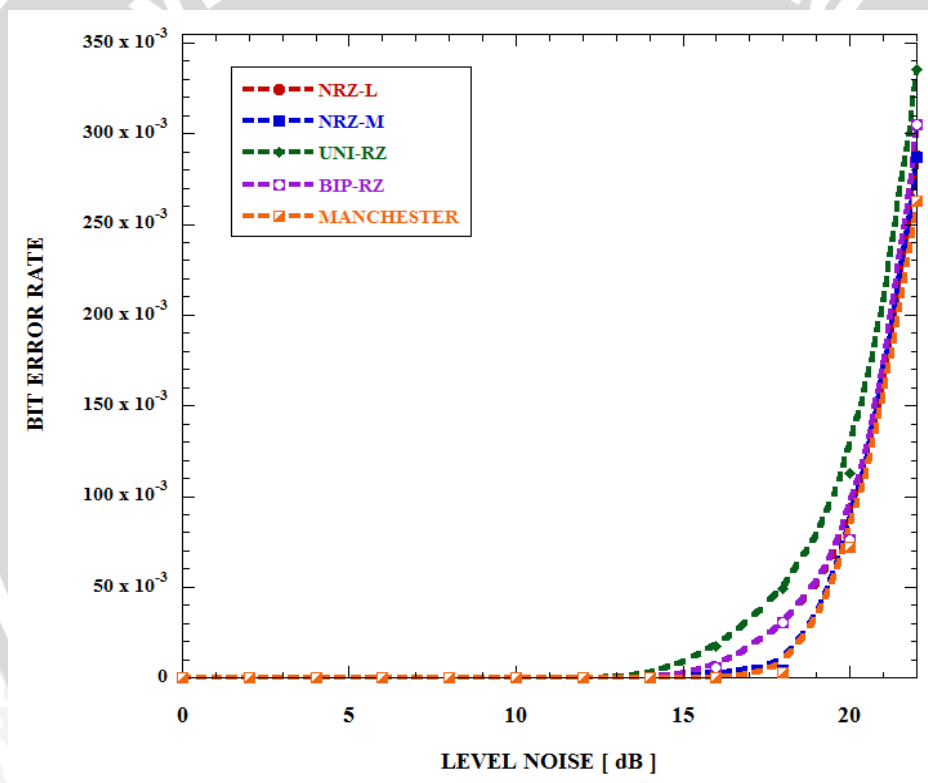
### 4.2.1 Analisis Pengaruh Perubahan Level *Noise* terhadap BER

Performansi parameter BER pada jenis *line coding* dengan media transmisi POF akan di bahas pada sub bab ini. Nilai BER dihitung dengan menentukan banyaknya bit

yang salah ( $E_b$ ) dan bit yang ditransmisikan ( $T_b$ ). Nilai *error bit* ditunjukkan dari modul *frequency counter* dan nilai  $T_b$  didapatkan dari modul *error counting utilities* dengan jumlah bit yang ditransmisikan sebesar  $10^5$  bit. Nilai-nilai tersebut diukur pada jenis *line coding* yang berbeda dengan variasi *noise*. Perhitungan nilai BER dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3). Pada penggunaan *line coding* jenis MANCHESTER di level *noise* 22 dB diperoleh nilai *error bit* sebanyak 490, sehingga perhitungan nilai BER diperoleh :

$$\text{BER} = \frac{E_b}{T_b} = \frac{490}{1 \times 10^5} = 0,026283$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada jenis *line coding* yang berbeda dengan variasi level *noise* dan didapatkan hasil data yang terdapat pada tabel Lampiran 1. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.19.



**Gambar 4.19** Grafik hubungan BER terhadap *line coding* dan level *noise*

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah ditampilkan pada Lampiran 1 dan Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa semakin besar level *noise* yang ditambahkan maka nilai *error bit* semakin besar. Nilai BER tertinggi mulai muncul pada level *noise* 12 dB terdapat pada *line coding* jenis UNI-RZ sedangkan pada level *noise* 22 dB dari semua jenis *line coding* yang digunakan pada eksperimen, nilai BER terendah sebesar  $26,283 \times 10^{-3}$  terdapat pada *line coding* jenis MANCHESTER.



Konsekuensi dari nilai BER yang tinggi adalah data yang diterima tidak akan sama dengan data yang akan dikirimkan. Bila hal ini terjadi pengirim harus mentransmisikan ulang data yang *error* dan perlu tambahan waktu sehingga transmisi akan berjalan lebih lama. Nilai BER yang tinggi disebabkan dari penambahan level *noise* yang mengakibatkan terjadinya pelebaran pulsa sehingga terjadi *Interference Intersymbol* (ISI) yang menambah jumlah *error bit*. Berdasarkan Gambar 4.19 nilai BER naik secara linier terhadap kenaikan level *noise* pada masing-masing jenis *line coding*. Dari lima jenis *line coding* kemunculan BER tertinggi pada *line coding* UNI-RZ. Hal ini diperlihatkan dari data bahwa *line coding* UNI-RZ pada level *noise* 12 dB sudah terdapat bit yang *error* sedangkan pada jenis *line coding* lainnya *error bit* mulai muncul pada level *noise* 14 dB. Hal ini menunjukkan ketahanan sinyal terhadap *noise* pada UNI-RZ kurang baik bila dibandingkan dengan NRZ-L, NRZ-M, BIP-RZ dan MANCHESTER. Performansi UNI-RZ yang kurang bagus ini disebabkan pada format UNI-RZ memiliki terlalu banyak bit 0 selama periode bit yang lama sehingga menimbulkan rugi-rugi waktu sinkronisasi yang mengakibatkan tidak adanya kemampuan dalam koreksi dan deteksi *error*.

*Line coding* UNI-RZ termasuk dalam pengkodean RZ sehingga selalu mengembalikan sinyal ke tegangan nol pada saat sinyal telah mencapai setengah dari durasi sinyal. Pengkodean RZ menggunakan 2 sinyal elemen untuk mempresentasikan sebuah elemen data yang mengakibatkan kenaikan bandwidth 2 kali lipat bila dibandingkan dengan bandwidth pada pengkodean NRZ. Berbeda dengan BIP-RZ yang memiliki performansi lebih baik dari UNI-RZ meskipun masih termasuk dalam format pengkodean RZ. Hal ini dikarenakan *line coding* BIP-RZ memiliki tiga level tegangan sehingga dapat menampung bit informasi yang lebih banyak dan pemakaian bandwidth yang dua kali lebih kecil dari pengkodean dua fasa maka dari itu memiliki kemampuan dalam sinkronisasi yang lebih baik dari pada UNI-RZ.

Nilai BER terendah pada saat level *noise* 22 dB dari semua jenis *line coding* pada eksperimen terdapat pada *line coding* MANCHESTER. Hal ini dikarenakan pengkodean MANCHESTER membagi durasi bit menjadi dua bagian sehingga level tegangan akan berubah saat setengah dari durasi bit terlampaui. Sinyal yang mempresentasi bit 0 akan berubah dari tegangan positif (+V) menjadi tegangan negatif (-V) begitu sebaliknya pada bit 1 sehingga mengakibatkan antara pengirim dan penerima terjadi proses sinkronisasi pada transisi tersebut. Tidak adanya transisi setiap bit *time* dapat digunakan untuk mendeteksi *error* sehingga MANCHESTER memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan jenis *line coding* lainnya.

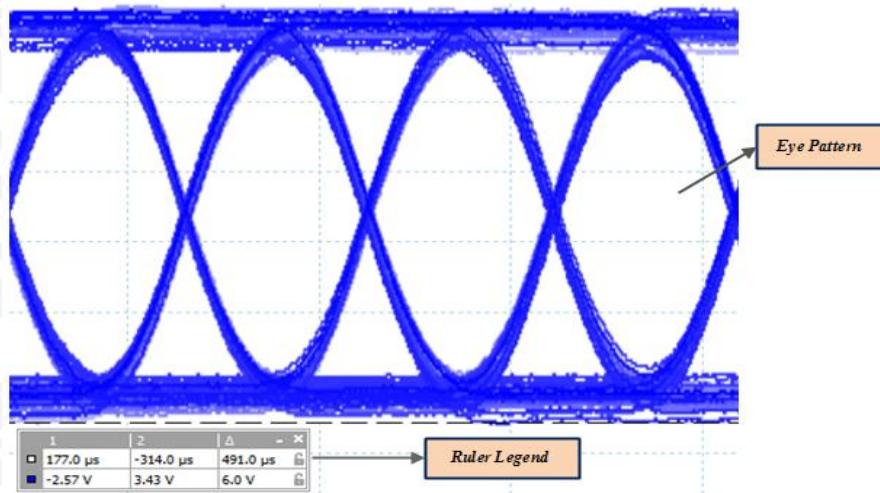
Berdasarkan hasil perhitungan untuk *line coding* NRZ-L dan NRZ-M memiliki performansi yang lebih baik bila dibandingkan dengan UNI-RZ dan BIP-RZ namun masih dibawah MANCHESTER. Hal ini dikarenakan *line coding* NRZ-L dan NRZ-M termasuk dalam format pengkodean NRZ sehingga lebih kebal terhadap *noise* dan tidak dipengaruhi tegangan karena sinyal tidak kembali ke 0 volt di tengah-tengah bit. NRZ-L dan NRZ-M sama-sama menggunakan tegangan positif dan tegangan negatif sebagai representasi bit yang mengakibatkan terjadinya pergeseran daya rata-rata sinyal atau dikenal dengan *baseline wandering*. Pada NRZ-M tegangan dari sinyal akan berubah bila bit selanjutnya adalah bit 1 dan saat bit 0 tidak ada perubahan sinyal sehingga *baseline wandering* hanya terjadi pada deretan panjang bit 0 saja sedangkan pada NRZ-L *baseline wandering* akan terjadi apabila terdapat deretan panjang bit 1 atau bit 0 .

Perubahan nilai BER disebabkan karena adanya penambahan level *noise* dan penggunaan jenis *line coding* yang berbeda. Nilai BER yang diharapkan adalah nilai BER yang kecil. Hal ini dikarenakan nilai BER yang kecil menunjukkan hanya sedikit kesalahan yang terjadi dalam tranmisi data atau data yang diterima menyerupai data yang dikirimkan.

#### 4.2.2 Analisis Pengaruh Perubahan Level Noise terhadap Eye Pattern

Pada sub bab ini akan membahas performansi parameter *Eye Pattern* pada jenis *line coding* dengan media transmisi POF. *Eye Pattern* merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas jaringan pada sistem transmisi digital. Tampilan *Eye Pattern* didapatkan dengan menggunakan *software* Picoscope 6.0 sehingga pengukuran variabel *eye pattern* dapat dilakukan. Tampilan dari osiloskop dari sinyal digital suatu sistem diolah proses *sampling* beberapa kali untuk mendapatkan karakteristik sinyal. Contoh tampilan keluaran *eye pattern* pada Picoscope 6.0 dengan menggunakan alat TIMS ditunjukkan pada Gambar 4.20



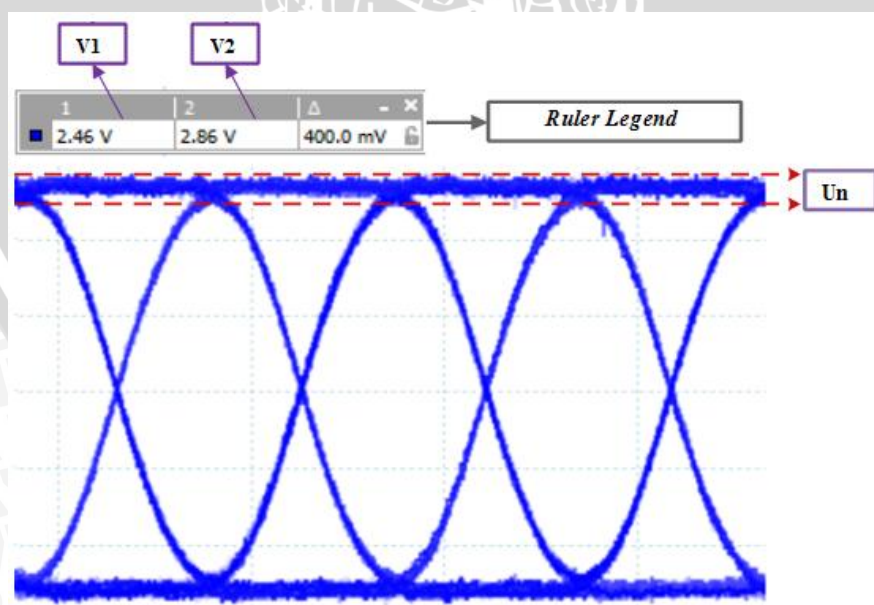


**Gambar 4.20** Tampilan Keluaran *Eye Pattern* level noise 22 dB pada UNI-RZ

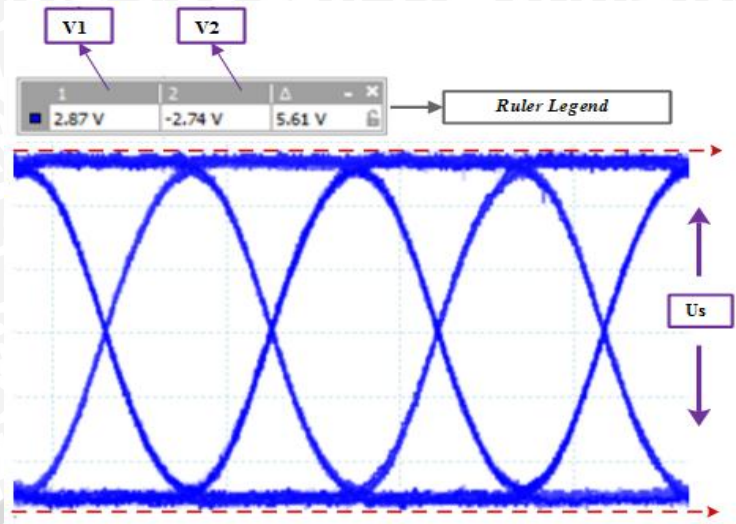
Parameter yang dapat dianalisis dari *eye pattern* ini meliputi SNR, *Noise Margin*, *Timing Jitter* dan *Bit Rate*. Analisis dan perhitungan untuk masing-masing parameter akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

#### 4.2.2.1 Analisis Pengaruh Perubahan Level Noise terhadap SNR

Nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) pada *eye pattern* dihitung dengan menentukan nilai  $U_n$  dan  $U_s$ . Untuk nilai  $U_n$  didapatkan dari selisih  $V_1$  dan  $V_2$  sedangkan nilai  $U_s$  dihitung dari besarnya *eye amplitude* pada *vertical eye opening*. Tampilan perhitungan  $U_n$  dan  $U_s$  ditunjukkan pada Gambar 4.21



**Gambar 4.21** Penentuan  $U_n$  pada *line coding* MANCHESTER dengan level noise 0 dB

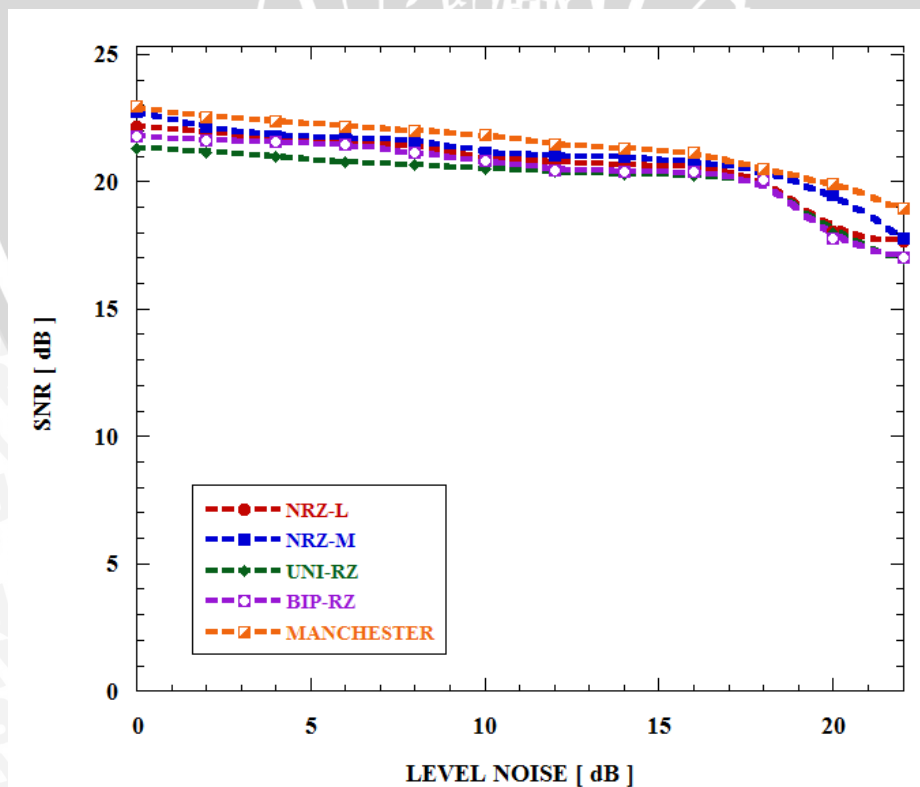


**Gambar 4.22** Penentuan  $U_s$  pada *Line Coding* MANCHESTER dengan *Level Noise* 0 dB

Berdasarkan Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 didapatkan nilai  $U_n$  sebesar 400,0 mV dan nilai  $U_s$  sebesar 5,61 V maka perhitungan SNR pada eye pattern adalah

$$\text{SNR eye pattern (dB)} = 20 \log \frac{U_s}{U_n} = 20 \log \frac{5,61}{400} = 22,938 \text{ dB}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada jenis *line coding* yang berbeda dan level *noise* yang divariasikan seperti pada LAMPIRAN 3. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik pada Gambar 4.23.



**Gambar 4.23** Kurva Karakteristik Hubungan SNR terhadap *Line Coding* dan *Level Noise*



Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah ditampilkan pada Lampiran 3 dan Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai SNR maka kekebalan sistem terhadap *noise* akan meningkat. Hal ini dikarenakan semakin tingginya SNR menyebabkan perbandingan sinyal terhadap *noise* semakin besar sehingga *noise* yang nilainya lebih kecil dibanding sinyal dapat diabaikan dan ketahanan sistem terhadap *noise* semakin besar. Nilai SNR tertinggi dari semua jenis *line coding* yang digunakan pada eksperimen pada level *noise* 0 dB sebesar 22,938 dB terdapat pada *line coding* jenis MANCHESTER dan nilai SNR terendah dari semua *line coding* pada level *noise* 22 dB sebesar 16,975 dB terdapat pada *line coding* jenis UNI-RZ.

SNR (*Signal to Noise Ratio*) merupakan perbandingan (ratio) antara kekuatan sinyal dengan kekuatan derau (level *noise* ). Berdasarkan hasil perhitungan *line coding* MANCHESTER memiliki nilai SNR tertinggi dikarenakan pada MANCHESTER terjadi perubahan level tegangan bit sehingga tidak terdapat komponen DC (sinyal dengan frekuensi 0). Komponen DC tidak mengandung informasi apapun tetapi menghamburkan daya pancar sehingga *line coding* MANCHESTER memiliki ketahanan terhadap *noise* lebih bagus bila dibandingkan jenis *line coding* lainnya.

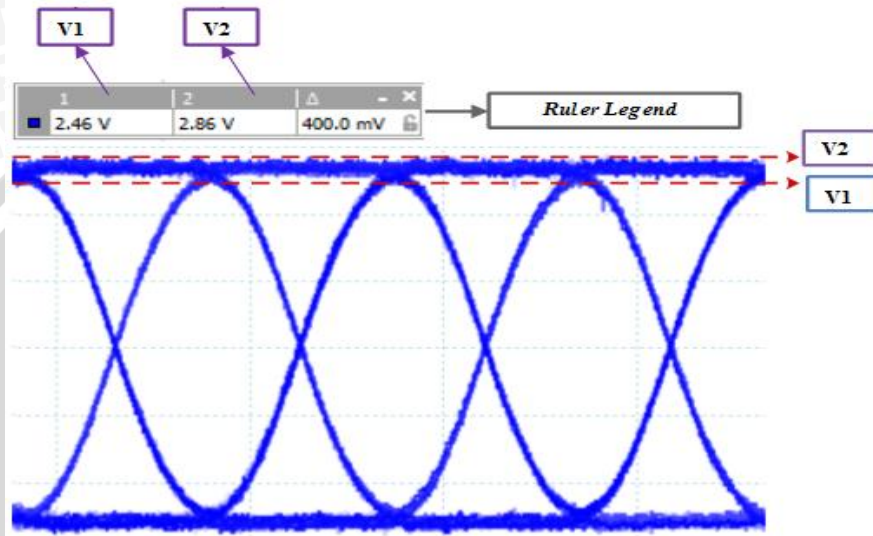
Nilai SNR terendah pada level *noise* 22 dB dari semua jenis *line coding* yang digunakan dalam eksperimen terdapat pada *line coding* UNI-RZ hal ini dikarenakan pada UNI-RZ tegangan pulsa untuk menyatakan bit 1 kembali ke 0 sehingga mengakibatkan terjadinya komponen DC namun lain halnya pada BIP-RZ, meskipun juga termasuk dalam format RZ *line coding* BIP-RZ tidak memiliki komponen DC karena memiliki 3 level tegangan maka dari itu BIP-RZ memiliki performansi yang lebih baik bila dibandingkan dengan UNI-RZ.

Untuk *line coding* NRZ-M dan NRZ-L sama seperti UNI-RZ yang memiliki keterbatasan dalam komponen DC serta memiliki sinkronisasi yang kurang bagus. Hal ini dikarenakan tidak adanya informasi timing dalam bentuk signal sehingga sinkronisasi bisa hilang bila muncul deretan 0 yang panjang. Namun baik *line coding* NRZ-L maupun NRZ-M memiliki kekebalan terhadap *noise* karena tidak dipengaruhi oleh tegangan. Sehingga bila dibandingkan dengan BIP-RZ dan UNI-RZ dua format *line coding* NRZ ini memiliki performansi yang lebih baik dari sisi ketahanan terhadap *noise*.

Nilai SNR digunakan untuk menunjukkan kualitas jalur (medium) koneksi. Semakin besar nilai SNR, makin tinggi kualitas jalur tersebut artinya semakin besar pula kemungkinan jalur itu dipakai untuk lalu lintas komunikasi data dan sinyal dalam kecepatan tinggi.

#### 4.2.2.2 Analisis Pengaruh Perubahan Level *Noise* terhadap *Noise Margin*

Penentuan perhitungan nilai *noise margin* dilakukan dengan mencari nilai  $V_1$  dan  $V_2$ . Nilai  $V_1$  didapatkan dari *eye height* maksimal pada *vertical eye opening* dan  $V_2$  didapatkan dari *eye amplitude* maksimal pada *vertical eye opening*. Penentuan 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 4.24.



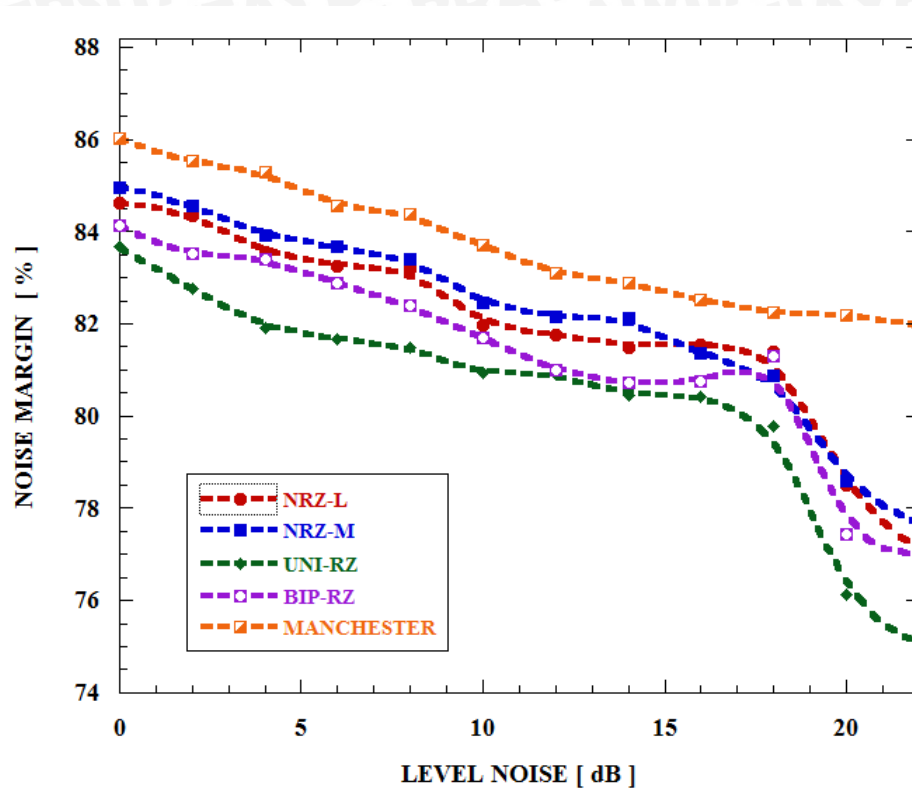
**Gambar 4.24** Penentuan  $V_1$  dan  $V_2$  pada *line coding* MANCHESTER dengan level *noise* 0 dB

Berdasarkan Gambar 4.24 di dapatkan nilai  $V_1$  sebesar 2,46 V dan nilai  $V_2$  sebesar 2,86 V. Maka perhitungan *noise margin* pada *line coding* jenis MANCHESTER dengan level *noise* 0 dB adalah:

$$\text{Noise Margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% = \frac{2,46 \text{ V}}{2,86 \text{ V}} \times 100\% = 86,014 \%$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada jenis *line coding* yang berbeda dan level *noise* yang divariasikan seperti pada Lampiran 3. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik pada Gambar 4.25.





**Gambar 4.25** Kurva Karakteristik Hubungan *Noise Margin* terhadap *Line Coding* dan *Level Noise*

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah ditampilkan pada Lampiran 3 dan Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa semakin tinggi level *noise* akan menyebabkan *noise margin* semakin rendah. *Noise margin* tertinggi pada penggunaan level *noise* 0 dB dari semua jenis *line coding* yang digunakan dalam eksperimen sebesar 86,014 % terdapat pada *line coding* jenis *Manchester* sedangkan pada level *noise* 22 dB nilai *noise margin* terendah sebesar 75,073 % terdapat pada *line coding* jenis UNI-RZ.

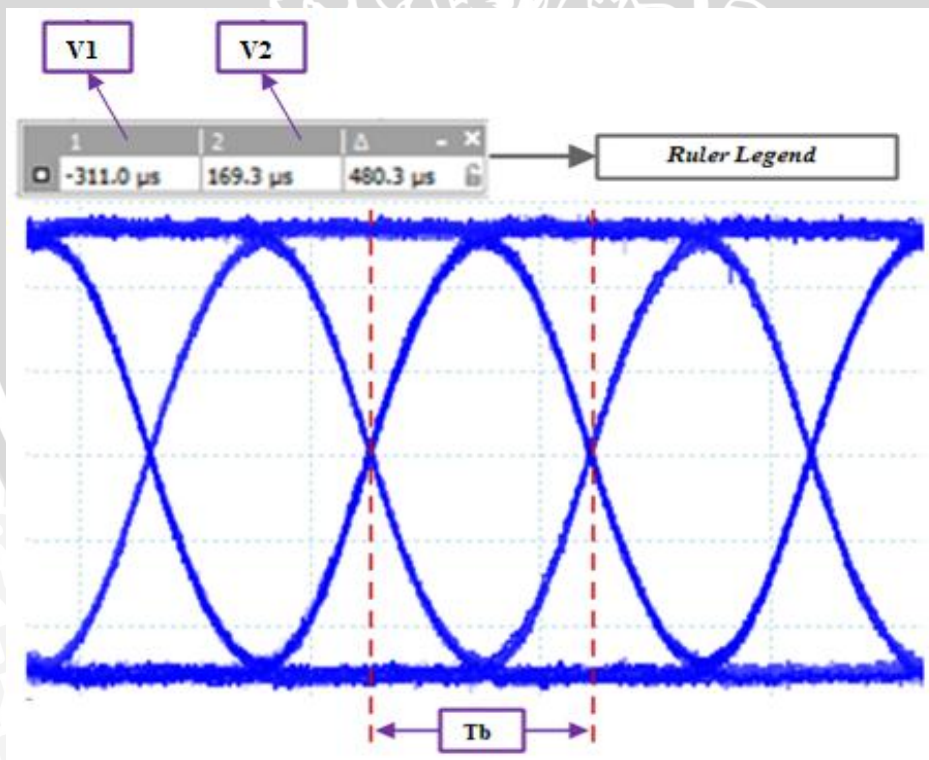
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa semakin tinggi level *noise* kekebalan sistem terhadap *noise* akan menurun. Hal ini akan menimbulkan hubungan jika SNR semakin besar maka nilai *noise margin* akan semakin besar. *Line coding Manchester* memiliki ketahanan terhadap *noise* lebih bagus dibandingkan dengan jenis *line coding* lainnya, dikarenakan sinkronisasi *Manchester* yang baik karena adanya transisi ditengah setiap periode bit sehingga dapat meminimalisir terjadinya kesalahan.

Nilai *noise margin* terendah terdapat pada *line coding* UNI-RZ hal ini dikarenakan pada UNI-RZ memiliki komponen DC yang mana pada komponen DC ini tidak mengandung informasi tetapi dapat menghamburkan daya pancar. Sama halnya pada BIP-RZ meskipun termasuk dalam pengkodean RZ sama seperti UNI-RZ, *line coding* bipolar RZ tidak memiliki komponen DC karena format bipolar RZ yang memiliki 3 level tegangan berbeda dengan UNI-RZ yang memiliki level tegangan yang kembali ke 0

sehingga ketahanan *noise* BIP-RZ lebih bagus bila dibandingkan dengan UNI-RZ. Namun bila dibandingkan dengan format NRZ-L dan NRZ-M ketahanan terhadap *noise* masih lebih bagus dua jenis format pengkodean NRZ ini. Hal ini dikarenakan pada format NRZ memiliki tegangan yang tidak berpengaruh serta kekebalan terhadap interferensi sinyal sehingga bila dibandingkan format pengkodean jenis RZ kekebalan terhadap *noise* format NRZ lebih baik.

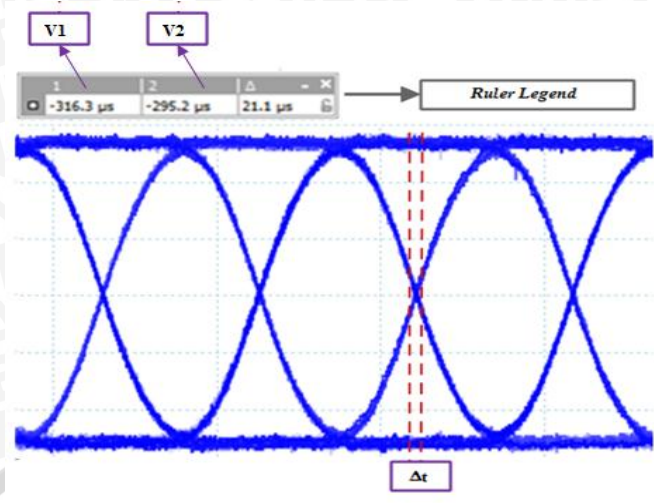
#### 4.2.2.3 Analisis Pengaruh Perubahan Level Noise terhadap Timing Jitter

*Timing jitter* diperoleh dengan menentukan nilai jumlah distorsi ( $\Delta T$ ) dan *bit interval* ( $T_b$ ). Nilai  $\Delta T$  dan  $T_b$  ditentukan dengan menganalisis *horizontal eye opening*. *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 4.26 menunjukkan penentuan nilai  $T_b$  dan Gambar 4.27 menunjukkan penentuan nilai  $\Delta T$ .



**Gambar 4.26** Penentuan  $T_b$  pada *Line Coding* MANCHESTER dengan Level Noise 0 dB



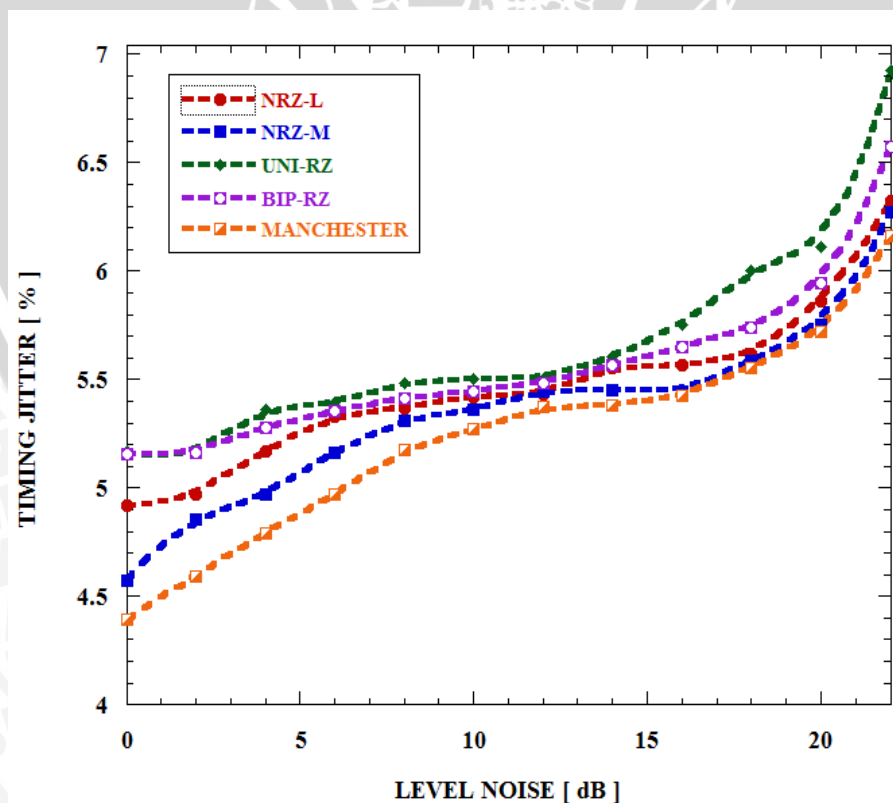


Gambar 4.27 Penentuan  $\Delta t$  pada *Line Coding* MANCHESTER dengan *Level Noise* 0 dB

Berdasarkan Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 diperoleh nilai  $T_b$  sebesar 480,3  $\mu s$  dan nilai  $\Delta T$  sebesar 21,1  $\mu s$ . Maka perhitungan *timing jitter* adalah

$$\text{Timing Jitter (\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% = \frac{480,3 \mu s}{21,1 \mu s} \times 100\% = 4,393 \%$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada jenis *line coding* yang berbeda dan level *noise* yang divariasikan seperti pada LAMPIRAN 3. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Kurva Karakteristik Hubungan *Timing Jitter* terhadap *Line Coding* dan *Level Noise*

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah ditampilkan pada Lampiran 3 dan Gambar 4.28 dapat dilihat bahwa semakin besar level *noise* maka semakin tinggi nilai *timing jitter* yang terjadi. *Line coding* MANCHESTER memiliki performansi yang lebih bagus dibandingkan dengan jenis *line coding* yang digunakan dalam eksperimen yaitu dengan nilai *timing jitter* terendah pada level *noise* 0 sebesar 4,393 %. Hal ini berkebalikan dengan *line coding* jenis UNI-RZ yang memiliki nilai *timing jitter* terbesar sebesar 6,925% pada level *noise* 22 dB.

*Noise* pada sistem akan menyebabkan waktu terima suatu sinyal bergeser dari waktu yang seharusnya. Level *noise* yang semakin besar ditandai dengan nilai SNR yang semakin kecil, hal ini akan mengakibatkan nilai *timing jitter* semakin tinggi. Perubahan *timing jitter* yang semakin tinggi menunjukkan bahwa adanya pergeseran waktu yang terjadi dalam proses transmisi data. Berdasarkan hasil perhitungan, semakin tinggi nilai SNR maka semakin rendah nilai *timing jitter* yang terjadi.

*Line coding* MANCHESTER memiliki nilai *timing jitter* terendah dikarenakan adanya transisi ditengah setiap periode bit untuk sinkronisasi antara pengirim dan penerima sedangkan *line coding* UNI-RZ memiliki nilai *timing jitter* tertinggi karena pada UNI-RZ jika terlalu banyak bit 0 akan menimbulkan rugi-rugi sinkronisasi maka dari itu UNI-RZ memiliki nilai *timing jitter* yang tinggi. *Line coding* UNI-RZ termasuk dalam pengkodean RZ sehingga selalu mengembalikan sinyal ke tegangan nol pada saat sinyal telah mencapai setengah dari durasi sinyal. Pengkodean RZ menggunakan 2 sinyal elemen untuk mempresentasikan sebuah elemen data yang mengakibatkan kenaikan bandwidth 2 kali lipat bila dibandingkan dengan bandwidth pada pengkodean NRZ. Berbeda dengan BIP-RZ yang memiliki performansi lebih baik dari UNI-RZ meskipun masih termasuk dalam format pengkodean RZ. Hal ini dikarenakan *line coding* BIP-RZ memiliki tiga level tegangan sehingga dapat menampung bit informasi yang lebih banyak dan pemakaian bandwidth yang dua kali lebih kecil dari pengkodean dua fasa maka dari itu memiliki kemampuan dalam sinkronisasi yang lebih baik dari pada UNI-RZ.

Berdasarkan hasil perhitungan untuk *line coding* NRZ-L dan NRZ-M memiliki performansi yang lebih baik bila dibandingkan dengan UNI-RZ dan BIP-RZ namun masih dibawah MANCHESTER. Hal ini dikarenakan *line coding* NRZ-L dan NRZ-M termasuk dalam format pengkodean NRZ sehingga lebih kebal terhadap *noise* dan tidak dipengaruhi tegangan karena sinyal tidak kembali ke 0 volt di tengah-tengah bit. NRZ-L dan NRZ-M sama-sama menggunakan tegangan positif dan tegangan negatif sebagai



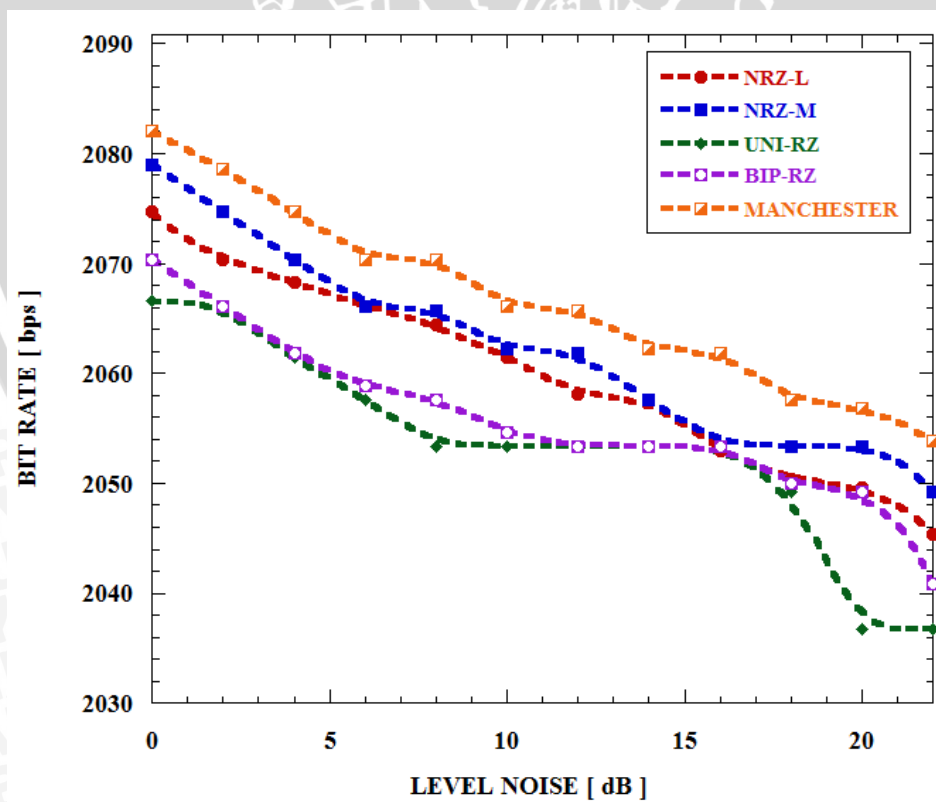
representasi bit yang mengakibatkan terjadinya pergeseran daya rata-rata sinyal atau dikenal dengan *baseline wandering*. Pada NRZ-M tegangan dari sinyal akan berubah bila bit selanjutnya adalah bit 1 dan saat bit 0 tidak ada perubahan sinyal sehingga *baseline wandering* hanya terjadi pada deretan panjang bit 0 saja sedangkan pada NRZ-L *baseline wandering* akan terjadi apabila terdapat deretan panjang bit 1 atau bit 0 .

#### 4.2.2.4 Analisis Pengaruh Perubahan Level Noise terhadap Bit Rate

Nilai *Bit Rate* didapatkan dari nilai *bit interval* ( $T_b$ ) dimana nilai bit interval ini diukur dari titik *zero crossing* pada *eye pattern*. Nilai *bit rate* ini akan menunjukkan waktu yang diperlukan untuk transmisi satu bit data. Untuk penentuan pengukuran  $T_b$  sama seperti yang telah dijelaskan pada Sub Bab 4.2.2.3. Untuk perhitungan bit rate pada *line coding* MANCHESTER dengan level noise 0 dB dapat ditentukan dengan :

$$\text{Bit Rate} = \frac{1}{T_b} = \frac{1}{480,3} = 2080,032063 \approx 2080 \text{ bps}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada jenis *line coding* yang berbeda dan level noise yang divariasikan seperti pada LAMPIRAN 3. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Kurva Karakteristik Hubungan *Bit Rate* terhadap *Line Coding* dan Level Noise

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah ditampilkan pada Lampiran 3 dan Gambar 4.29 dapat dilihat bahwa semakin besar level *noise* yang ditambahkan maka nilai *bit rate* semakin kecil. Pada level *noise* 22 dB nilai *bit rate* tertinggi dari semua jenis *line coding* terdapat pada *line coding* jenis MANCHESTER dengan nilai sebesar 2053,8 bps sedangkan nilai terendah yaitu terdapat pada *line coding* jenis UNI-RZ sebesar 2036,6 bps.

Berdasarkan Gambar 4.29 menunjukkan bahwa karakteristik *bit rate* terhadap level *noise* berbanding terbalik terhadap kurva karakteristik SNR. Perubahan nilai *bit rate* terjadi disebabkan karena adanya pengaruh penambahan level *noise*. *Line coding* MANCHESTER memiliki nilai *bit rate* paling besar hal ini dikarenakan memiliki sinkronisasi yang baik. Cahaya dalam transmisi serat optik mempresentasikan bit data sehingga semakin banyak cahaya yang di pengaruhi *noise* akan mengakibatkan semakin banyak data yang hilang. Hal ini mengakibatkan data yang sampai pada penerima akan lebih sedikit atau kecepatan penyaluran bit data akan turun.

Pengkodean BIP-RZ memiliki performansi yang lebih baik dari pada UNI-RZ meskipun masih termasuk dalam format pengkodean RZ. Hal ini dikarenakan *line coding* BIP-RZ memiliki tiga level tegangan sehingga dapat menampung bit informasi yang lebih banyak dan pemakaian bandwidth yang dua kali lebih kecil dari pengkodean dua fasa maka dari itu memiliki kemampuan dalam sinkronisasi yang lebih baik dari pada UNI-RZ. Pada UNI-RZ saat bit 1 mempresentasikan setengah periode bit dan saat bit 0 menunjukkan tidak adanya sinyal yang masuk, maka dari itu jika pada periode bit yang lama akan terlalu banyak bit 0 yang dapat menimbulkan rugi-rugi sinkronisasi sehingga UNI-RZ memiliki nilai *timing jitter* yang tinggi. *Line coding* UNI-RZ termasuk dalam pengkodean RZ sehingga selalu mengembalikan sinyal ke tegangan nol pada saat sinyal telah mencapai setengah dari durasi sinyal. Pengkodean RZ menggunakan dua sinyal elemen untuk mempresentasikan sebuah elemen data yang mengakibatkan kenaikan bandwidth 2 kali lipat bila dibandingkan dengan bandwidth pada pengkodean NRZ.

Berdasarkan hasil perhitungan untuk *line coding* NRZ-L dan NRZ-M memiliki performansi yang lebih baik bila dibandingkan dengan UNI-RZ dan BIP-RZ namun masih dibawah MANCHESTER. Hal ini dikarenakan *line coding* NRZ-L dan NRZ-M termasuk dalam format pengkodean NRZ sehingga lebih kebal terhadap *noise* dan tidak dipengaruhi tegangan karena sinyal tidak kembali ke 0 volt di tengah-tengah bit. NRZ-L dan NRZ-M sama-sama menggunakan tegangan positif dan tegangan negatif sebagai representasi bit yang mengakibatkan terjadinya pergeseran daya rata-rata sinyal atau



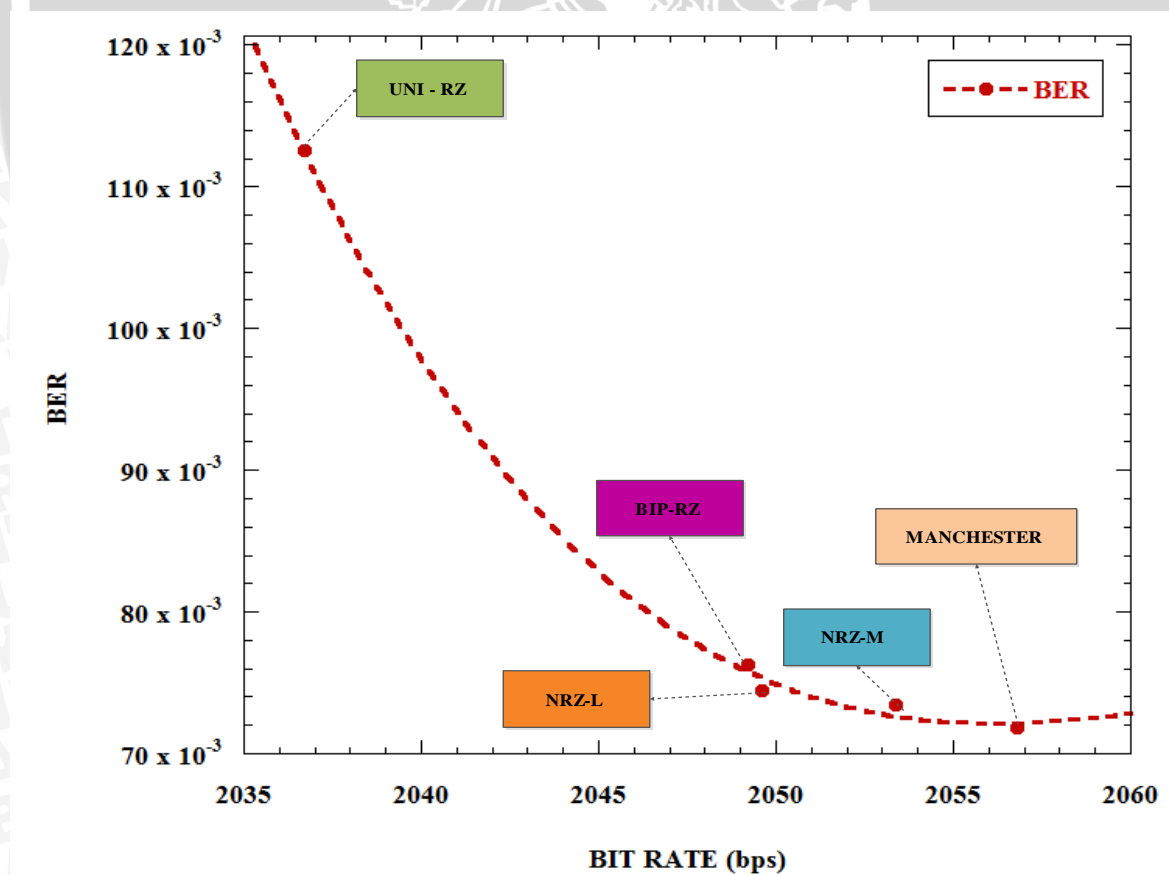
dikenal dengan *baseline wandering*. Pada NRZ-M tegangan dari sinyal akan berubah bila bit selanjutnya adalah bit 1 dan saat bit 0 tidak ada perubahan sinyal sehingga *baseline wandering* hanya terjadi pada deretan panjang bit 0 saja sedangkan pada NRZ-L *baseline wandering* akan terjadi apabila terdapat deretan panjang bit 1 atau bit 0.

Perhitungan yang sama dilakukan juga pada jenis *line coding* yang berbeda pada level *noise* 20 dB yang divariasikan dengan nilai BER dan *bit rate* seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Hubungan *bit rate* dan BER pada jenis *line coding*.

No.	Jenis <i>line coding</i>	Level <i>noise</i>	BER	Bit Rate (bps)
1.	NRZ-L	20 dB	0.07443	2049.6
2.	NRZ-M	20 dB	0.0734	2053.4
3.	UNI-RZ	20 dB	0.11252	2036.7
4.	BIP-RZ	20 dB	0.07632	2049.2
5.	MANCHESTER	20 dB	0.07187	2056.8

Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik yang ditunjukkan pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Kurva Karakteristik Hubungan *Bit Rate* dan BER terhadap *Line Coding* dan Level *Noise*

Berdasarkan Gambar 4.30 menunjukkan bahwa pada level *noise* 20 dB , semakin besar nilai *bit rate* maka akan semakin kecil nilai BER. Pada *line coding* UNI-RZ memiliki performansi yang kurang bagus bila dibandingkan dengan *line coding* NRZ-L, NRZ-M, BIP-RZ dan MANCHESTER bila dilihat dari BER dengan nilai sebesar  $112,52 \times 10^{-3}$  dan juga *bit rate* sebesar 2036.7 bps.

Perubahan jenis *line coding* UNI-RZ ini dikarenakan sesuai dari format *line coding* UNI-RZ yang pada saat bit 1 mempresentasikan setengah bit dan saat bit 0 menunjukkan tidak adanya sinyal yang masuk maka dari itu pada saat periode bit yang lama akan terlalu banyak bit 0 yang mengakibatkan rugi – rugi sinkronisasi. Karena rugi-rugi sinkronisasi yang kurang baik ini akan mengindikasikan adanya kesalahan bit yang membuat nilai BER dari *line coding* UNI-RZ semakin tinggi dan mengakibatkan data yang diterima tidak akan sama dengan yang dikirimkan. Bila hal ini terjadi harus dilakukan pengiriman data ulang yang *error* sehingga perlu tambahan waktu sehingga mengakibatkan transmisi akan berjalan lebih lama. Hal ini yang membuat *line coding* UNI-RZ memiliki perubahan yang signifikan daripada *line coding* lainnya. *Line coding* BIP-RZ mempunyai karakteristik sinyal lebih baik daripada UNI-RZ karena menggunakan tiga level tegangan dan pada saat sinyal mencapai setengah durasi sinyal, sinyal tersebut dikembalikan ke tegangan nol.

Untuk *line coding Manchester* memiliki level sinyal tinggi dan terdapat transisi ditengah setiap periode bit untuk sinkronisasi sehingga meminimalisir adanya kesalahan bit. Pada *line coding* NRZ tidak memiliki sinkronisasi yang baik seperti *Manchester*, hal itu disebabkan karena adanya *baseline wandering* yang mengakibatkan komponen DC sehingga deteksi *error* pada sisi penerima rendah. Pada *line coding* NRZ-M *baseline wandering* terjadi apabila terdapat deretan panjang bit 0 karena menunjukkan tidak adanya perubahan level sinyal dan pada NRZ-L *baseline wandering* terjadi apabila terdapat deretan panjang bit 1 dan bit 0.