

BAB IV HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Bab IV menjelaskan hasil eksperimen dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan. Data yang disajikan dari hasil penelitian ini meliputi pengaruh *macrobending losses* yang divariasikan dalam diameter dan jumlah bengkokan terhadap BER dan *eye pattern* sistem TDM dengan media transmisi POF. Sistematika penulisan dalam Bab IV terdiri atas konfigurasi perangkat eksperimen, prosedur pengambilan data, dan analisis data dari hasil eksperimen yang dilakukan.

4.1 Konfigurasi Perangkat Eksperimen

Perangkat yang digunakan dalam pengambilan data terdiri atas *multiplexer*, *demultiplexer*, *transmitter*, *receiver*, *plastic optical fiber* (POF), *mandrel*, *multimeter*, BER *event counter*, *eye pattern generator*, dan osiloskop. Blok diagram konfigurasi perangkat eksperimen telah ditunjukkan pada Gambar 3.3. Spesifikasi dan deskripsi dari masing-masing perangkat eksperimen adalah sebagai berikut :

1) *Multiplexer* (MUX) dan *Demultiplexer* (DEMUX)

Multiplexer (MUX) adalah perangkat yang memilih salah satu dari beberapa sinyal input digital atau analog dan meneruskan input yang dipilih ke dalam satu jalur output tunggal. *Multiplexer* terutama digunakan untuk meningkatkan jumlah data yang dapat dikirim melalui jaringan dalam jumlah waktu dan *bandwidth* tertentu. Jumlah input lebih besar dari jumlah output. Sebuah *multiplexer* juga disebut sebagai *data selector*. *Multiplexer* (MUX) ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Perangkat *Multiplexer* (MUX)

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

Demultiplexer (DEMUX) adalah perangkat yang mengambil sinyal data *input* tunggal dan memilih salah satu dari banyak sinyal data *output* yang dihubungkan ke *input* tunggal. Dengan kata lain *Demultiplexer* mempunyai satu *input* data dan beberapa *output* (yang dikontrol oleh *selector* untuk menentukan keluaran yang diinginkan).

Demultiplexer juga sering disebut sebagai *data distributor*. *Demultiplexer* (DEMUX) ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perangkat *Demultiplexer* (DEMUX)

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

2) *Transmitter*

Transmitter yang digunakan dalam eksperimen ini adalah LED tipe SFH756V. Cahaya keluaran LED berpusat pada gelombang merah tampak dengan panjang gelombang 660 nm. Modul *transmitter* menerima sinyal masukan dalam bentuk listrik lalu mengubahnya menjadi energi cahaya yang membawa informasi yang sama. Serat optik adalah media yang membawa energi ini menuju penerima. *Transmitter* serat optik terdiri dari *buffer*, *driver*, dan sumber cahaya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3(b). Bagian *buffer* menyediakan sambungan elektrik dan isolasi di antara pemancar optik dan sumber informasi analog. Bagian *driver* menyediakan daya listrik ke sumber cahaya dengan menggandakan pola data yang dicatu ke pemancar. Kemudian sumber cahaya (LED) mengubah arus listrik ke energi cahaya dengan pola yang sama. Perangkat *transmitter* pada FCL-03 ditunjukkan pada Gambar 4.3 (a).



Gambar 4.3 Perangkat *Transmitter* pada FCL-03

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

3) *Plastic Optical Fiber (POF)*

Pada eksperimen ini digunakan POF yang digunakan adalah jenis *step-index multimode* dengan indeks bias inti (n_1) 1.492 dan indeks bias *cladding* (n_2) 1.406. Diameter serat optik sebesar 1000 mikron dan diameter luarnya 2.2 mm. Jika ditinjau dari

standar IEC 60793-2-40, serat optik yang digunakan masuk dalam kategori A4a. Panjang kabel yang digunakan adalah 1 meter.

4) *Mandrel*

Mandrel adalah tabung yang terbuat dari logam dan banyak digunakan untuk keperluan industri. *Mandrel* tersedia dalam berbagai ukuran dan bentuk sesuai dengan keperluan. Pada eksperimen ini digunakan *mandrel* dengan variasi diameter antara 10 mm sampai 30 mm sesuai dengan diameter bengkokan yang digunakan sebagai alat untuk mempermudah terjadinya *bending*.

5) *Receiver*

Receiver yang digunakan pada eksperimen ini adalah *photo diode SFH551/1V*. Secara umum perangkat ini berfungsi sebagai *receiver* untuk mengubah energi cahaya ke bentuk elektrik yang lalu diproduksi agar sesuai dengan bentuk asli sebelum dipancarkan. Detektor SFH551/1V adalah *phototransistor* dengan keluaran TTL *logic*. Ketika cahaya masuk ke detektor maka keluarannya TTL *high* sedangkan ketika tidak cahaya maka TTL *low*. Perangkat *receiver* ditunjukkan pada Gambar 4.4.

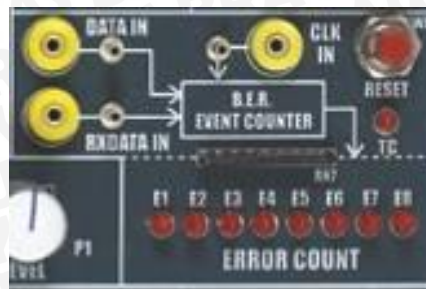


Gambar 4.4 Perangkat *Receiver*

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

6) *BER event counter dan error count LED*

Perangkat ini berfungsi untuk pengukuran BER dengan menggunakan komparator yang menghubungkan *transmitted bit* dengan *received bit* melalui gerbang XOR. 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. Keluaran dari *counter* ditampilkan di LED untuk menunjukkan kesalahan pada bit yang diterima dalam bentuk bilangan biner. Perangkat *BER event counter dan error count LED* ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 BER Event Counter dan Error Count LED
(Sumber : e-Manual Falcon Advance Fiber Optic Communication Lab, 2011)

Nilai BER didapatkan dari rasio atau perbandingan bit error (E_b) terhadap total bit yang ditransmisikan dalam suatu periode waktu t detik. Sesuai dengan Persamaan (2-8).

7) Eye Pattern Generator

Eye pattern merupakan tampilan osiloskop untuk mengetahui karakteristik performansi dari sinyal digital dan dapat digunakan untuk saluran data serat optik. Pengukuran *eye pattern* dilakukan dalam domain waktu dan juga menampilkan efek distorsi gelombang untuk diamati di osiloskop.

Eye Pattern dapat diamati menggunakan perangkat dasar yang tersedia. *Output* dari *multiplexer* (MUX) masuk ke input vertikal osiloskop dan data digunakan untuk memicu *horizontal sweep*. *Eye Pattern* dibangkitkan dengan menggunakan *switch eye pattern*. Bentuk *switch eye pattern* pada FCL-04 ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Switch Eye Pattern
(Sumber : e-Manual Falcon Advance Fiber Optic Communication Lab, 2011)

8) Oscilloscope

Pada percobaan ini digunakan PC Oscilloscope 60MHz jenis PicoScope 3204 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7. Osiloskop ini memiliki dua kanal masukan dan mendukung *external trigger*. Tampilan osiloskop terhubung dengan PC sehingga memudahkan proses penyimpanan dan pencetakan tampilan sinyal.



Gambar 4.7 PicoScope 3204
(Sumber: www.picotech.com, 2013)

9) *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 percobaan ini multimeter digunakan untuk mengukur tegangan keluaran detektor penerima. Jenis multimeter yang digunakan adalah *Digital Multimeter* SANWA CD800A. Perangkat *multimeter* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 *Digital Multimeter* SANWA CD800A
(Sumber: <http://overseas.sanwa-meter.co.jp>, 2013)

4.2 **Prosedur Pengambilan Data**

Prosedur pengambilan data melalui eksperimen ini diawali dengan tahap persiapan perangkat dan komponen pendukung pengukuran. Persiapan awal yang dilakukan adalah membersihkan ujung POF dengan alkohol 95%. Hal ini dilakukan agar cahaya yang menjalar saat transmisi cahaya tidak terganggu oleh kotoran pada serat optik. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 4.9.



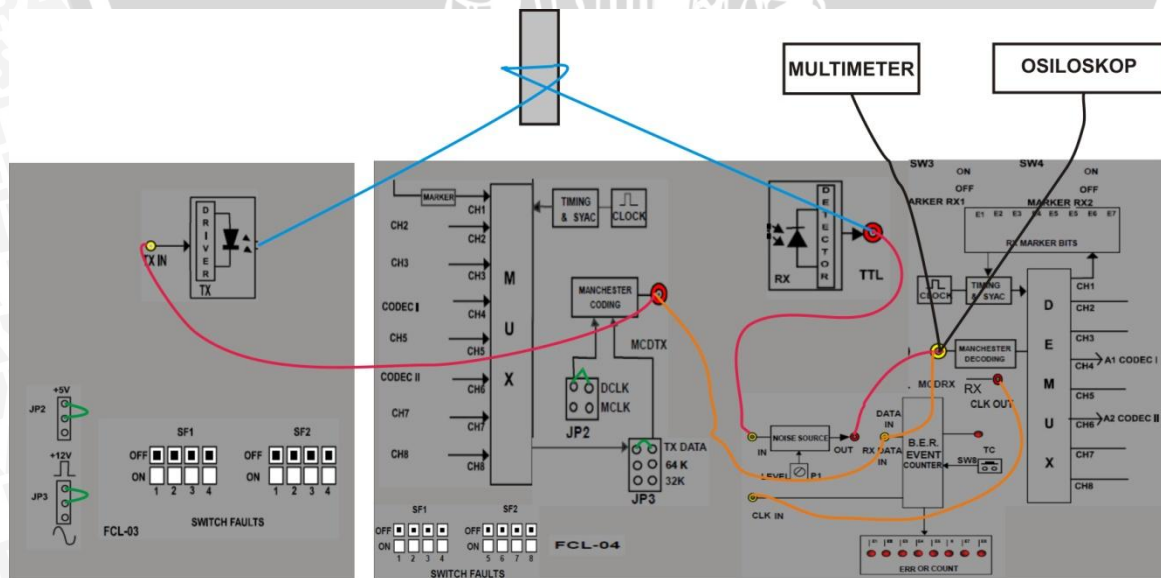
Gambar 4.9. Pembersihan POF dengan Alkohol 95%

Persiapan selanjutnya adalah menyiapkan mandrel dengan variasi diameter 10 mm, 12mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, dan 20 mm. Mandrel yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.10. Semua diameter mandrel diukur dengan mikrometer sekrup yang memiliki ketelitian hingga 0,01 mm.



Gambar 4.10. Mandrel dengan Diameter 20 – 12 mm

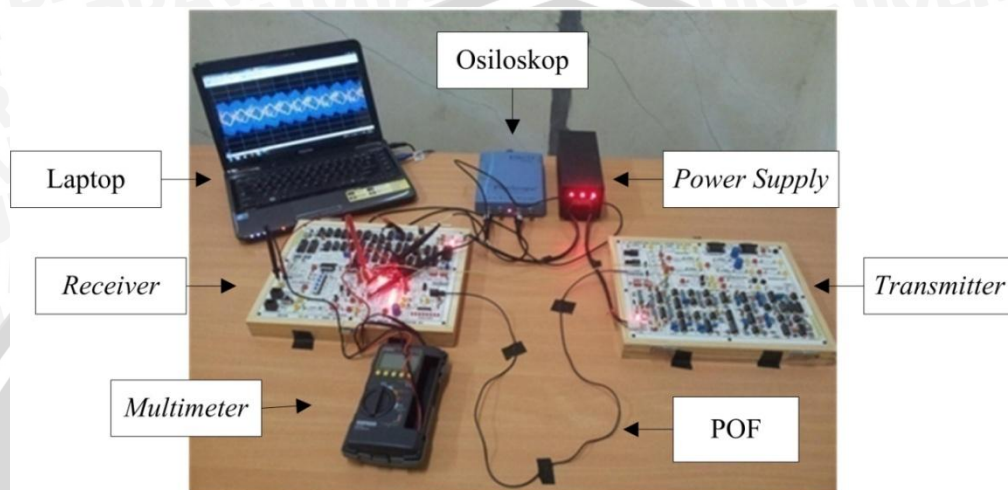
Setelah persiapan awal telah dilakukan maka konfigurasi perangkat eksperimen dapat disusun sesuai pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Konfigurasi Perangkat Eksperimen

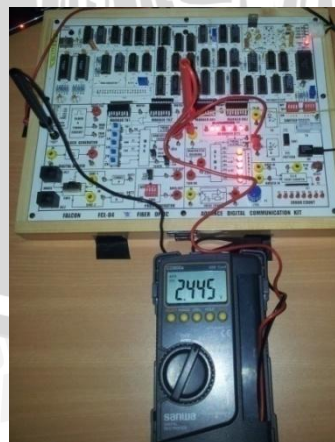
Pada saat proses konfigurasi perangkat disusun, pastikan *power supply* dalam kondisi *off*. Setelah perangkat tersusun secara lengkap dan benar, *power supply* dapat dinyalakan dengan kondisi *on* dan eksperimen dapat segera dilakukan.

Eksperimen pertama dilakukan untuk sistem TDM dengan media transmisi POF tanpa *macrobending*. Susunan perangkat eksperimen secara jelas ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Susunan Perangkat Eksperimen Tanpa *Macro bending*

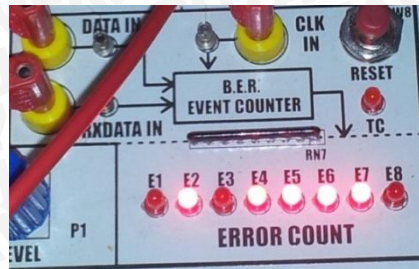
Pengambilan data yang pertama adalah pengukuran besar tegangan yang diterima di *receiver* dilakukan dengan *multimeter*. Nilai tegangan dicatat sebagai V_a atau tegangan sebelum terjadi *macro bending*. Untuk nilai tegangan yang diterima setelah terjadi *macro bending* dicatat sebagai V_b didapatkan setelah dilakukan eksperimen *macro bending* dengan mandrel. Proses pengukuran besar tegangan yang diterima di *receiver* ini ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Pengukuran Tegangan yang Diterima

Pengukuran data yang kedua adalah pengukuran BER dengan *BER event counter*. Hasil pengukuran *error bit* ditampilkan pada *error count LED*. *Error count LED* akan

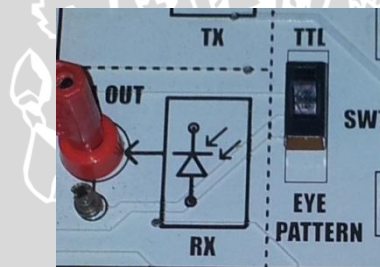
menyala saat terdapat *error bit*. Proses pengukuran BER ini ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14. *Error Count* LED Menyala Ketika Terjadi Kesalahan

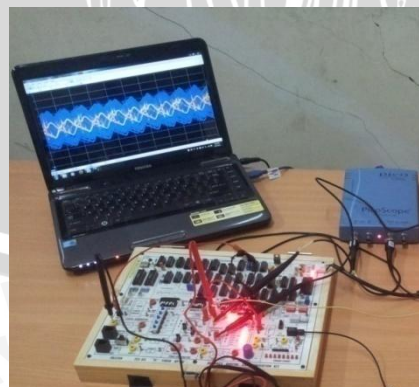
LED yang menyala saat terdapat *error bit* dicatat sebagai *E_b* dalam bilangan biner. *E_b* ini diubah menjadi bilangan desimal untuk mengitung nilai BER yang akan dijelaskan pada sub bab analisis data.

Pengambilan data yang terakhir adalah pengukuran *eye pattern*. *Eye pattern* dibangkitkan oleh *eye pattern generator* dengan mengubah *switch* pada perangkat *receiver*. *Switch* untuk membangkitkan *eye pattern* pada *receiver* ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. *Switch* untuk membangkitkan *Eye Pattern*

Tampilan *eye pattern* ditunjukkan melalui software PicoScope 6.0 pada laptop yang telah tersambung dengan PicoScope. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16. Pengukuran *Eye Pattern* dengan PicoScope dan Laptop

Eksperimen selanjutnya adalah dengan POF yang diberikan perlakuan *macrobending*. Kabel POF dililitkan ke mandrel dengan variasi diameter 10 mm, 12 mm,

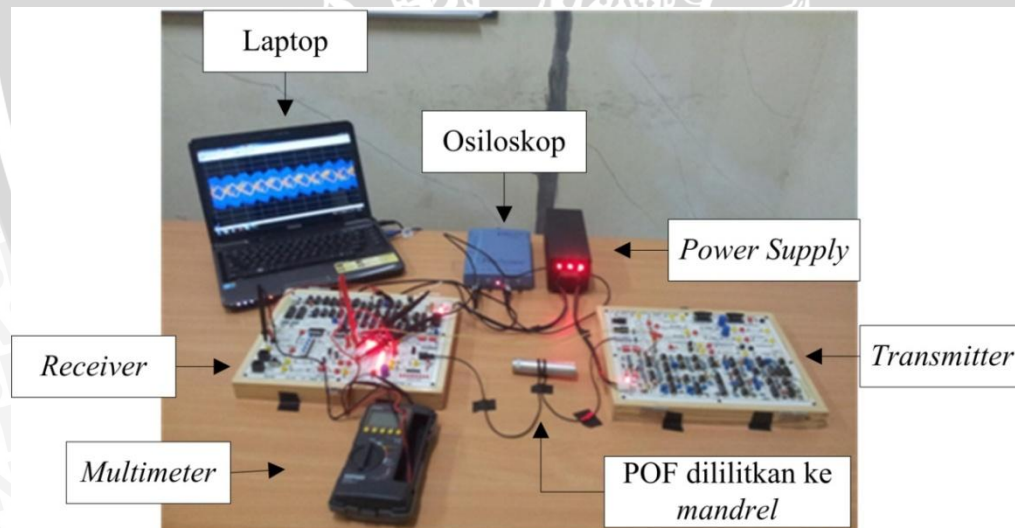
14 mm, 16 mm, 18 mm, dan 20 mm serta variasi satu hingga lima lilitan yang merepresentasikan jumlah bengkokkan. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17. *Macrobending* pada POF dengan *Mandrel*

Melalui *macrobending* ini akan didapatkan nilai *macrobending losses* untuk dianalisis pengaruhnya terhadap sistem TDM. Nilai *macrobending losses* dihitung setelah nilai tegangan yang diterima setelah *macrobending* atau dinyatakan dalam V_b diukur. Proses pengukuran V_b dapat dilakukan dengan cara pengukuran besar tegangan yang diterima sebelum terjadi *macrobending*.

Konfigurasi perangkat eksperimen dengan perlakuan *macrobending* pada media transmisi POF di Sistem TDM ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Susunan Perangkat Eksperimen Dengan *Macrobending*

Proses pengambilan data yang berupa tegangan yang diterima, BER, dan *eye pattern* pada eksperimen dengan *macrobending* dapat dilakukan dengan tahapan seperti eksperimen tanpa perlakuan *macrobending*.

Semua proses pengukuran parameter dilakukan untuk masing-masing *channel*. Jadi pengukuran *macrobending losses*, BER, dan *eye pattern* dilakukan di setiap *channel*

yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan 1 hingga 6 *channel*. Proses pergantian *channel* ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19. Proses Pergantian *Channel*

Pengukuran dilakukan untuk setiap parameter *macrobending*, yaitu diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan hingga seluruh data terkumpul untuk kemudian dianalisis.

4.3 Hasil Eksperimen dan Analisis Data

Pada sub bab ini berisi hasil eksperimen pengaruh *macrobending losses* terhadap perfomansi sistem TDM dengan media transmisi POF dan beserta pembahasannya. Metode yang digunakan adalah metode matematis menggunakan data primer yang didapatkan dari hasil eksperimen di Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya. Analisis perfomansi yang dilakukan meliputi BER dan *eye pattern*.

4.3.1 Analisis Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap BER Sistem TDM

Parameter yang diamati pada perfomansi sistem TDM adalah BER akan dibahas pada sub bab ini. Proses pengukuran menghasilkan beberapa nilai yang digunakan sebagai bahan perhitungan untuk analisis pengaruh *macrobending losses* terhadap BER pada sistem TDM. Nilai tersebut adalah nilai tegangan sebelum terjadi *macrobending* (V_a), nilai tegangan setelah terjadi *macrobending* (V_b), banyak bit yang salah dalam bentuk biner (E_b), dan banyak bit yang ditransmisikan (T_b). Nilai-nilai tersebut diukur dalam variasi besar diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan. Pengukuran dilakukan pada 1 hingga 6 *channel*. Hasil pengukuran pada masing-masing *channel* adalah sebagai berikut :

1) Hasil Pengukuran pada 1 *Channel*

Hasil pengukuran pada 1 *Channel* yang berupa nilai tegangan sebelum terjadi *macrobending* (V_a), total bit yang salah dalam bentuk biner (E_b), nilai *macrobending*

losses, dan BER ditunjukkan pada Tabel Lampiran 1.1 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap BER pada 1 *Channel*.

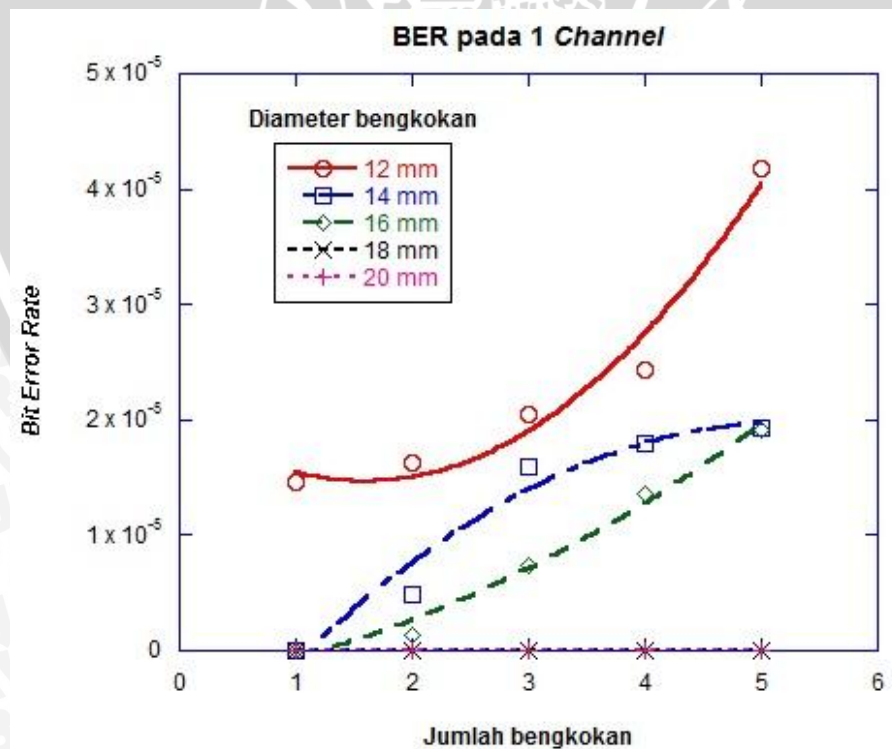
Nilai *macrobending losses* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-7), Nilai V_a adalah nilai tegangan sebelum terjadinya *macrobending* yaitu pada diameter nol mm. Nilai V_b adalah nilai tegangan setelah terjadinya *macrobending*. Besar *macrobending losses* untuk diameter bengkokan 12 mm dengan satu lilitan adalah :

$$\text{Macrobending Losses} = 20 \log \frac{2,595 V}{2,352 V} = 0,8540 \text{ dB}$$

Perhitungan nilai BER dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-8). Jumlah bit yang salah dari hasil pengukuran (E_b) diubah ke bilangan desimal. Jumlah bit yang ditransmisikan (T_b) dari *multiplexer* selama 10 detik adalah 5120000 bits. Pada *macrobending* dengan diameter bengkokan 12 mm dan satu lilitan, banyak bit yang salah dalam bentuk biner adalah 1001011. Jika diubah ke bentuk desimal, maka E_b sama dengan 75. Nilai BER pada kondisi tersebut adalah :

$$\text{BER} = \frac{E_b}{T_b} = \frac{75 \text{ bit}}{5120000 \text{ bit}} = 1,46 \times 10^{-5}$$

Hasil perhitungan nilai BER dan *macrobending losses* pada 1 *channel* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.20 dan Gambar 4.21.

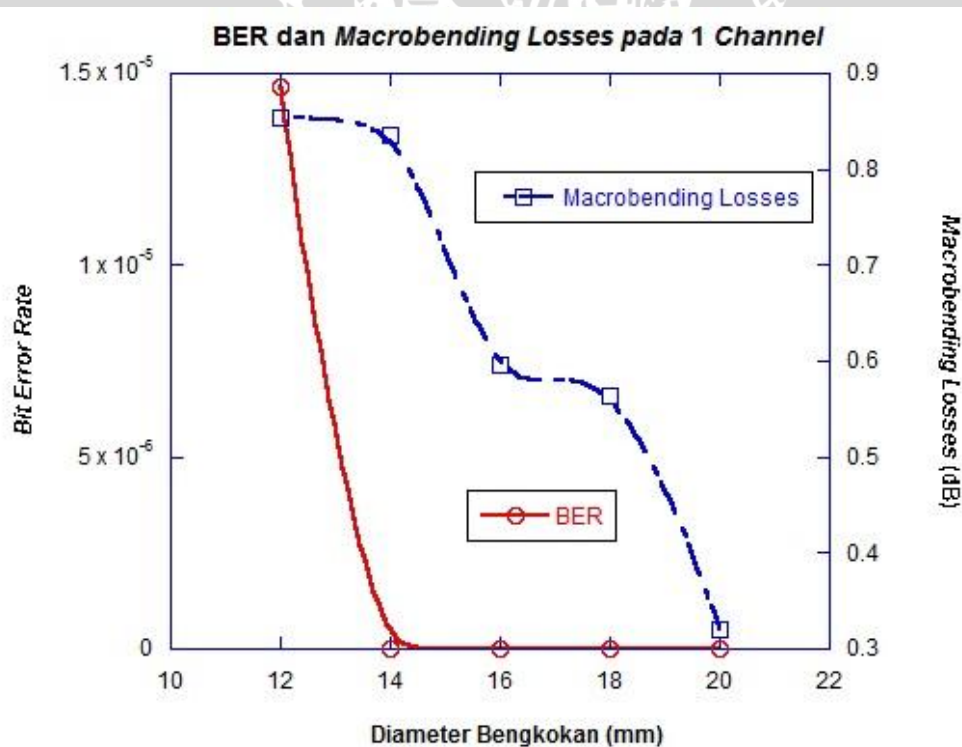


Gambar 4.20 Grafik Hubungan Antara Jumlah Bengkokan dan Besar Diameter dengan BER pada 1 *Channel*

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.20 terlihat bahwa pada 1 channel dengan diameter bengkokan 20 mm dan 18 mm, untuk seluruh variasi jumlah bengkokan, *macrobending losses* belum berpengaruh pada performansi sistem TDM. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan, sehingga nilai BER tetap nol.

Pada bengkokan dengan diameter 16 mm, dan 14 mm *macrobending losses* mulai berpengaruh untuk variasi jumlah bengkokan dua hingga lima bengkokan. Hal ini ditunjukkan dengan mulai adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan. Pada *macrobending* dengan diameter bengkokan 12 mm, *macrobending losses* mulai berpengaruh untuk variasi satu hingga lima jumlah bengkokan. Namun untuk variasi satu jumlah bengkokan, nilai BER cenderung masih rendah, yaitu sebesar $1,47 \times 10^{-5}$. Nilai BER tertinggi terdapat pada diameter bengkokan 12 mm untuk variasi lima jumlah bengkokan yaitu sebesar $4,18 \times 10^{-5}$. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh *macrobending losses* pada sistem TDM akan menjadi tinggi ketika pada diameter bengkokan 12 mm dengan lima bengkokan.

Gambar 4.21 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan BER untuk satu bengkokan.



Gambar 4.21 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan BER pada 1 Channel

Gambar 4.21 menunjukkan pada bengkokan dengan diameter 20 hingga 14 mm, *macrobanding losses* tidak berpengaruh signifikan pada penjalaran cahaya dengan sistem TDM pada 1 *channel* sehingga nilai BER adalah nol. Nilai nol menunjukkan bahwa data yang dikirimkan sama dengan data yang diterima, dengan kata lain tidak ada kesalahan pada pengiriman data ketika eksperimen dilakukan. Nilai BER meningkat menjadi $1,46 \times 10^{-5}$ ketika nilai *macrobanding losses* adalah 0,8540 dB pada diameter bengkokan 12 mm. Namun nilai BER tersebut tetap cenderung rendah karena nilai *macrobanding losses* juga kecil. Nilai BER dan *macrobanding losses* yang cenderung kecil dapat diartikan level tegangan pada sinyal yang diterima tidak turun secara signifikan dan *noise* tidak terlalu tinggi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*.

2) Hasil Pengukuran pada 2 Channel

Hasil pengukuran pada 2 *Channel* yang berupa nilai tegangan sebelum terjadi *macrobanding* (V_a) dan total bit yang salah dalam bentuk biner (E_b), nilai *macrobanding losses*, dan BER ditunjukkan pada Tabel Lampiran 1.2 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap BER pada 2 *Channel*.

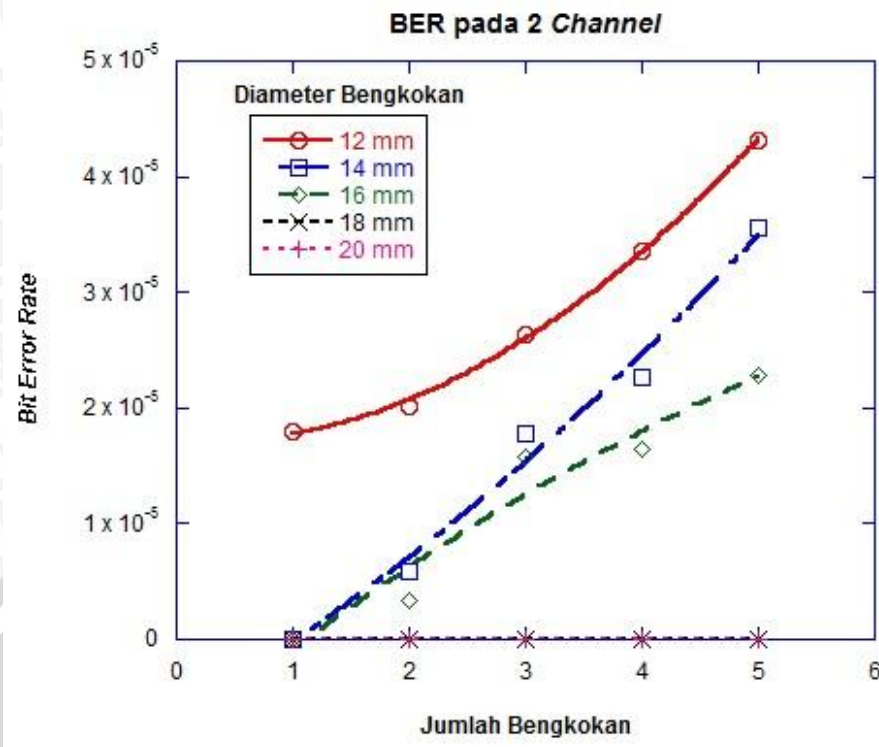
Nilai *macrobanding losses* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-7), seperti perhitungan pada 1 *channel*. Nilai *macrobanding losses* untuk diameter bengkokan 12 mm dengan satu lilitan pada 2 *channel* adalah :

$$\text{Macrobanding Losses} = 20 \log \frac{V_a}{V_b} = 20 \log \frac{2,5870 \text{ V}}{2,340 \text{ V}} = 0,8716 \text{ dB}$$

Perhitungan nilai BER dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-8). Jumlah bit yang salah dari hasil pengukuran (E_b) diubah ke bilangan desimal. Jumlah bit yang ditransmisikan (T_b) dari *multiplexer* selama 10 detik adalah 5120000 bits. Pada *macrobanding* dengan diameter bengkokan 12 mm dan satu lilitan, banyak bit yang salah dalam bentuk biner adalah 1011100. Jika diubah ke bentuk desimal, maka E_b sama dengan 92. Nilai BER pada kondisi tersebut adalah :

$$\text{BER} = \frac{E_b}{T_b} = \frac{92 \text{ bit}}{5120000 \text{ bit}} = 1,79 \times 10^{-5}$$

Hasil perhitungan nilai BER dan *macrobanding losses* pada 2 *channel* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23.

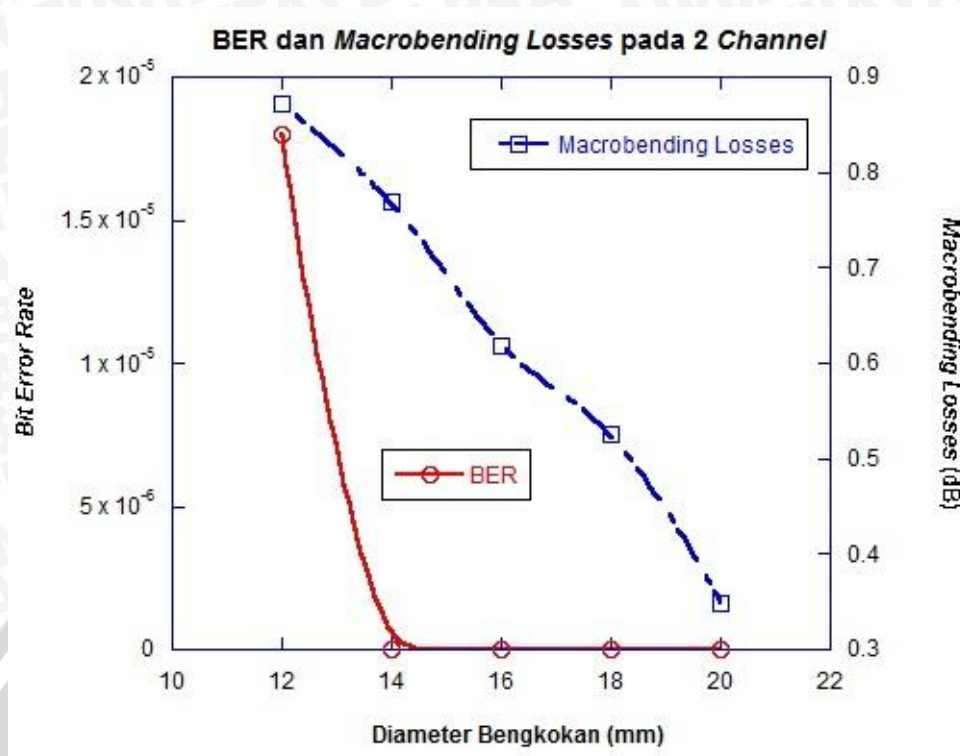


Gambar 4.22 Grafik Hubungan Antara Jumlah Bengkokan dan Besar Diameter dengan BER pada 2 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.22 terlihat bahwa pada 2 channel dengan diameter bengkokan 20 mm dan 18 mm, untuk seluruh variasi jumlah bengkokan, *macrobending losses* belum berpengaruh pada performansi sistem TDM. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan, sehingga nilai BER tetap nol.

Pada bengkokan dengan diameter 16 mm, dan 14 mm *macrobending losses* mulai berpengaruh untuk variasi jumlah bengkokan dua hingga lima bengkokan. Hal ini ditunjukkan dengan mulai adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan. Pada *macrobending* dengan diameter bengkokan 12 mm, *macrobending losses* mulai berpengaruh untuk variasi satu hingga lima jumlah bengkokan. Namun untuk variasi satu jumlah bengkokan, nilai BER cenderung masih rendah, yaitu sebesar $1,79 \times 10^{-5}$. Nilai BER tertinggi terdapat pada diameter bengkokan 12 mm untuk variasi lima jumlah bengkokan yaitu sebesar $4,31 \times 10^{-5}$. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh *macrobending losses* pada sistem TDM akan menjadi tinggi ketika pada diameter bengkokan 12 mm dengan lima bengkokan.

Gambar 4.23 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan BER untuk satu bengkokan.



Gambar 4.23 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan BER pada 2 Channel

Gambar 4.23 menunjukkan pada bengkokan dengan diameter 20 hingga 14 mm, *macrobending losses* tidak berpengaruh signifikan pada penjalaran cahaya dengan sistem TDM pada 2 channel sehingga nilai BER adalah nol. Nilai nol menunjukkan bahwa data yang dikirimkan sama dengan data yang diterima, dengan kata lain tidak ada kesalahan pada pengiriman data ketika eksperimen dilakukan. Nilai BER meningkat menjadi $1,79 \times 10^{-5}$ ketika nilai *macrobending losses* adalah 0,8716 dB pada diameter bengkokan 12 mm. Namun nilai BER tersebut tetap cenderung rendah karena nilai *macrobending losses* juga kecil. Nilai BER dan *macrobending losses* yang cenderung kecil dapat diartikan level tegangan pada sinyal yang diterima tidak turun secara signifikan dan *noise* tidak terlalu tinggi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*.

3) Hasil Pengukuran pada 3 Channel

Hasil pengukuran pada 3 Channel yang berupa nilai tegangan sebelum terjadi *macrobending* (V_a) dan total bit yang salah dalam bentuk biner (E_b), nilai *macrobending losses*, dan BER ditunjukkan pada Tabel Lampiran 1.3 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap BER pada 3 Channel.

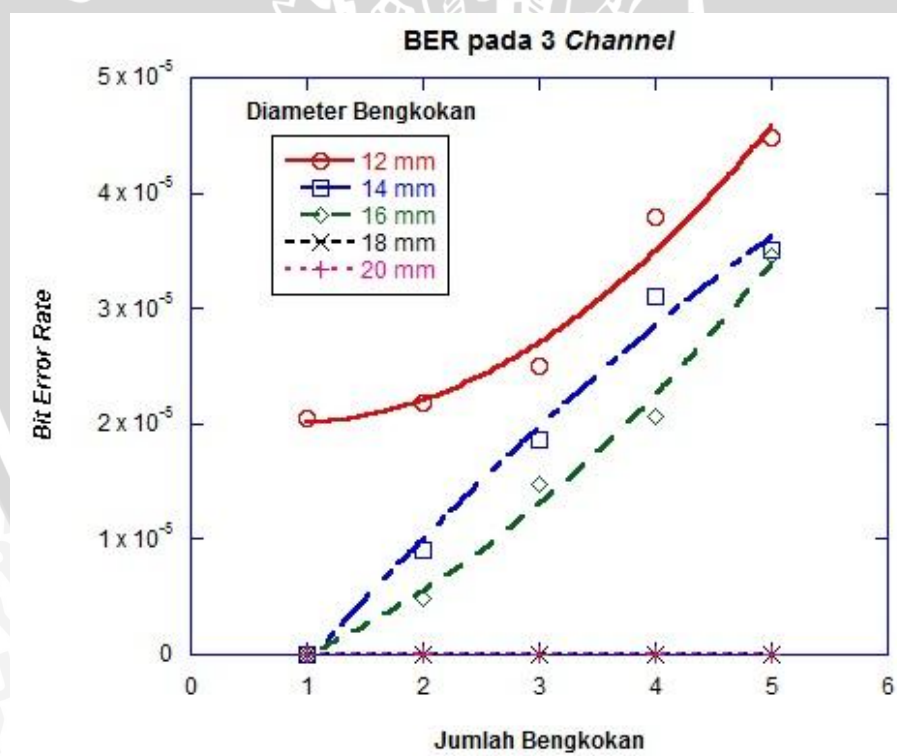
Nilai *macrobending losses* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4-1), seperti perhitungan pada 1 channel. Nilai *macrobending losses* untuk diameter bengkokan 12 mm dengan satu lilitan pada 3 channel adalah :

$$\text{Macro bending Losses} = 20 \log \frac{V_a}{V_b} = 20 \log \frac{2,5810 V}{2,325 V} = 0,9073 \text{ dB}$$

Perhitungan nilai BER dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-8). Jumlah bit yang salah dari hasil pengukuran (E_b) diubah ke bilangan desimal. Jumlah bit yang ditransmisikan (T_b) dari *multiplexer* selama 10 detik adalah 5120000 bits. Pada *macrobending* dengan diameter bengkokan 12 mm dan satu lilitan, banyak bit yang salah dalam bentuk biner adalah 1101001. Jika diubah ke bentuk desimal, maka E_b sama dengan 105. Nilai BER pada kondisi tersebut adalah :

$$\text{BER} = \frac{E_b}{T_b} = \frac{105 \text{ bit}}{5120000 \text{ bit}} = 2,05 \times 10^{-5}$$

Hasil perhitungan nilai BER dan *macrobending losses* pada 3 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.24 dan Gambar 4.25.



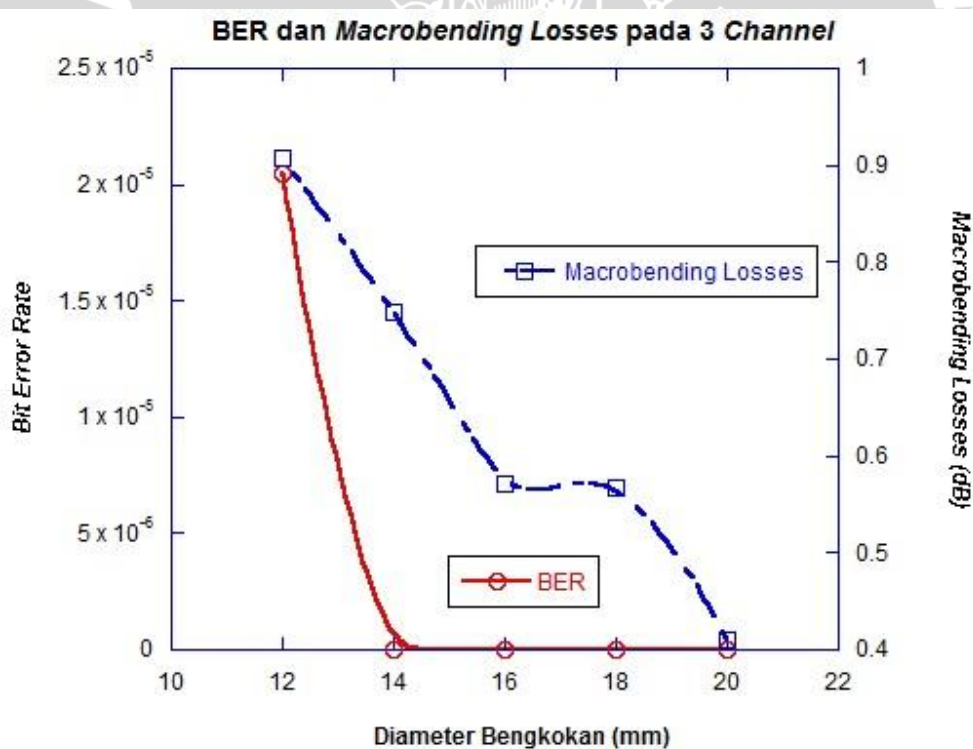
Gambar 4.24 Grafik Hubungan Antara Jumlah Bengkokan dan Besar Diameter dengan BER pada 3 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.24 terlihat bahwa pada 3 channel dengan diameter bengkokan 20 mm dan 18 mm, untuk seluruh variasi jumlah bengkokan, *macrobending losses* belum berpengaruh

pada performansi sistem TDM. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan, sehingga nilai BER tetap nol.

Pada bengkokan dengan diameter 16 mm, dan 14 mm *macrobanding losses* mulai berpengaruh untuk variasi jumlah bengkokan dua hingga lima bengkokan. Hal ini ditunjukkan dengan mulai adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan. Pada *macrobanding* dengan diameter bengkokan 12 mm, *macrobanding losses* mulai berpengaruh untuk variasi satu hingga lima jumlah bengkokan. Namun untuk variasi satu jumlah bengkokan, nilai BER cenderung masih rendah, yaitu sebesar $2,05 \times 10^{-5}$. Nilai BER tertinggi terdapat pada diameter bengkokan 12 mm untuk variasi lima jumlah bengkokan yaitu sebesar $4,47 \times 10^{-5}$. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh *macrobanding losses* pada sistem TDM akan menjadi tinggi ketika pada diameter bengkokan 12 mm dengan lima bengkokan.

Gambar 4.25 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobanding losses*, dan BER untuk satu bengkokan.



Gambar 4.25 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter Bengkokan, *Macrobanding Losses*, dan BER pada 3 Channel

Gambar 4.25 menunjukkan pada bengkokan dengan diameter 20 hingga 14 mm, *macrobanding losses* tidak berpengaruh signifikan pada penjalaran cahaya dengan sistem TDM pada 3 channel sehingga nilai BER adalah nol. Nilai nol menunjukkan bahwa data yang dikirimkan sama dengan data yang diterima, dengan kata lain tidak ada kesalahan

pada pengiriman data ketika eksperimen dilakukan. Nilai BER meningkat menjadi $2,05 \times 10^{-5}$ ketika nilai *macrobending losses* adalah 0,9073 dB pada diameter bengkokan 12 mm. Namun nilai BER tersebut tetap cenderung rendah karena nilai *macrobending losses* juga kecil. Nilai BER dan *macrobending losses* yang cenderung kecil dapat diartikan level tegangan pada sinyal yang diterima tidak turun secara signifikan dan *noise* tidak terlalu tinggi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*.

4) Hasil Pengukuran pada 4 Channel

Hasil pengukuran pada 4 Channel yang berupa nilai tegangan sebelum terjadi *macrobending* (V_a) dan total bit yang salah dalam bentuk biner (E_b), nilai *macrobending losses*, dan BER ditunjukkan pada Tabel Lampiran 1.4 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap BER pada 4 Channel.

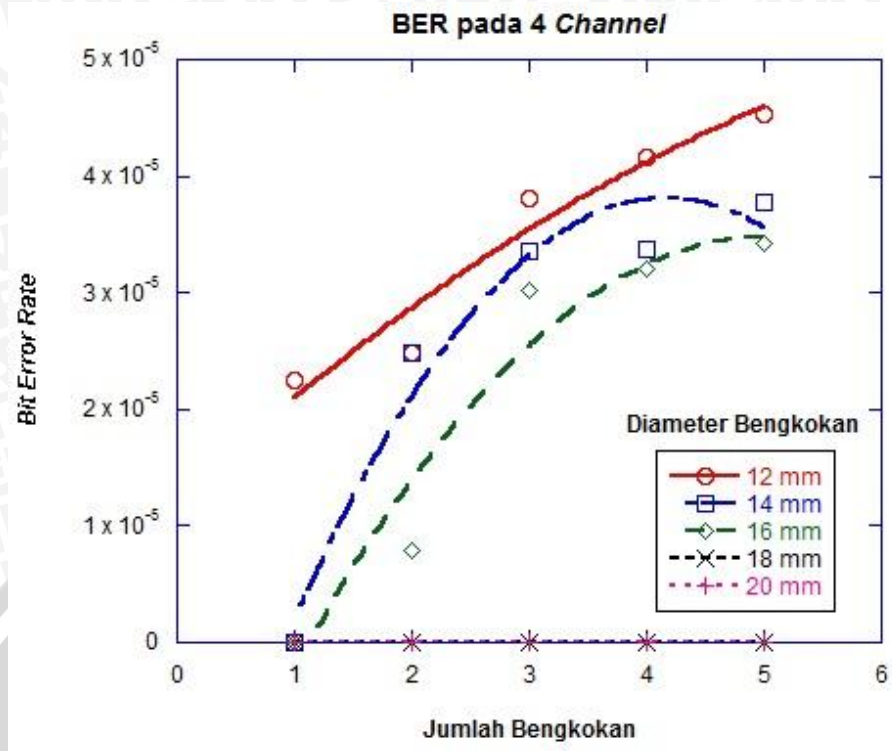
Nilai *macrobending losses* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4-1), seperti perhitungan pada 1 channel. Nilai *macrobending losses* untuk diameter bengkokan 12 mm dengan satu lilitan pada 4 channel adalah :

$$\text{Macrobanding Losses} = 20 \log \frac{V_a}{V_b} = 20 \log \frac{2,574 V}{2,310 V} = 0,9399 \text{ dB}$$

Perhitungan nilai BER dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-8). Jumlah bit yang salah dari hasil pengukuran (E_b) diubah ke bilangan desimal. Jumlah bit yang ditransmisikan (T_b) dari *multiplexer* selama 10 detik adalah 5120000 bits. Pada *macrobanding* dengan diameter bengkokan 12 mm dan satu lilitan, banyak bit yang salah dalam bentuk biner adalah 1110011. Jika diubah ke bentuk desimal, maka E_b sama dengan 115. Nilai BER pada kondisi tersebut adalah :

$$\text{BER} = \frac{E_b}{T_b} = \frac{115 \text{ bit}}{5120000 \text{ bit}} = 2,25 \times 10^{-5}$$

Hasil perhitungan nilai BER dan *macrobanding losses* pada 4 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.26 dan Gambar 4.27.

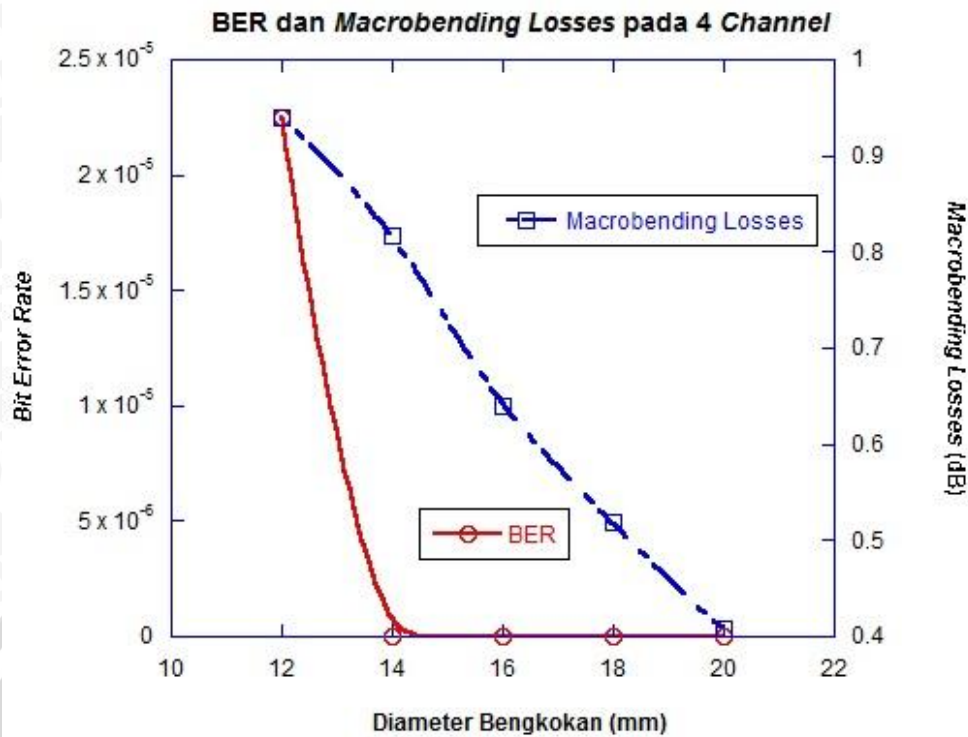


Gambar 4.26 Grafik Hubungan Antara Jumlah Bengkokan dan Besar Diameter dengan BER pada 4 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.26 terlihat bahwa pada 4-channel dengan diameter bengkokan 20 mm dan 18 mm, untuk seluruh variasi jumlah bengkokan, *macrobending losses* belum berpengaruh pada performansi sistem TDM. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan, sehingga nilai BER tetap nol.

Pada bengkokan dengan diameter 16 mm, dan 14 mm *macrobending losses* mulai berpengaruh untuk variasi jumlah bengkokan dua hingga lima bengkokan. Hal ini ditunjukkan dengan mulai adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan. Pada *macrobending* dengan diameter bengkokan 12 mm, *macrobending losses* mulai berpengaruh untuk variasi satu hingga lima jumlah bengkokan. Namun untuk variasi satu jumlah bengkokan, nilai BER cenderung masih rendah, yaitu sebesar $2,25 \times 10^{-5}$. Nilai BER tertinggi terdapat pada diameter bengkokan 12 mm untuk variasi lima jumlah bengkokan yaitu sebesar $4,53 \times 10^{-5}$. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh *macrobending losses* pada sistem TDM akan menjadi tinggi ketika pada diameter bengkokan 12 mm dengan lima bengkokan.

Gambar 4.27 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan BER untuk satu bengkokan.



Gambar 4.27 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan BER pada 4 Channel

Gambar 4.27 menunjukkan pada bengkokan dengan diameter 20 hingga 14 mm, *macrobending losses* tidak berpengaruh signifikan pada penjalaran cahaya dengan sistem TDM pada 4 channel sehingga nilai BER adalah nol. Nilai nol menunjukkan bahwa data yang dikirimkan sama dengan data yang diterima, dengan kata lain tidak ada kesalahan pada pengiriman data ketika eksperimen dilakukan. Nilai BER meningkat menjadi $2,25 \times 10^{-5}$ ketika nilai *macrobending losses* adalah 0,9399 dB pada diameter bengkokan 12 mm. Namun nilai BER tersebut tetap cenderung rendah karena nilai *macrobending losses* juga kecil. Nilai BER dan *macrobending losses* yang cenderung kecil dapat diartikan level tegangan pada sinyal yang diterima tidak turun secara signifikan dan *noise* tidak terlalu tinggi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*.

5) Hasil Pengukuran pada 5 Channel

Hasil pengukuran pada 5 Channel yang berupa nilai tegangan sebelum terjadi *macrobending* (V_a) dan total bit yang salah dalam bentuk biner (E_b), nilai *macrobending losses*, dan BER ditunjukkan pada Tabel Lampiran 1.5 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap BER pada 5 Channel.

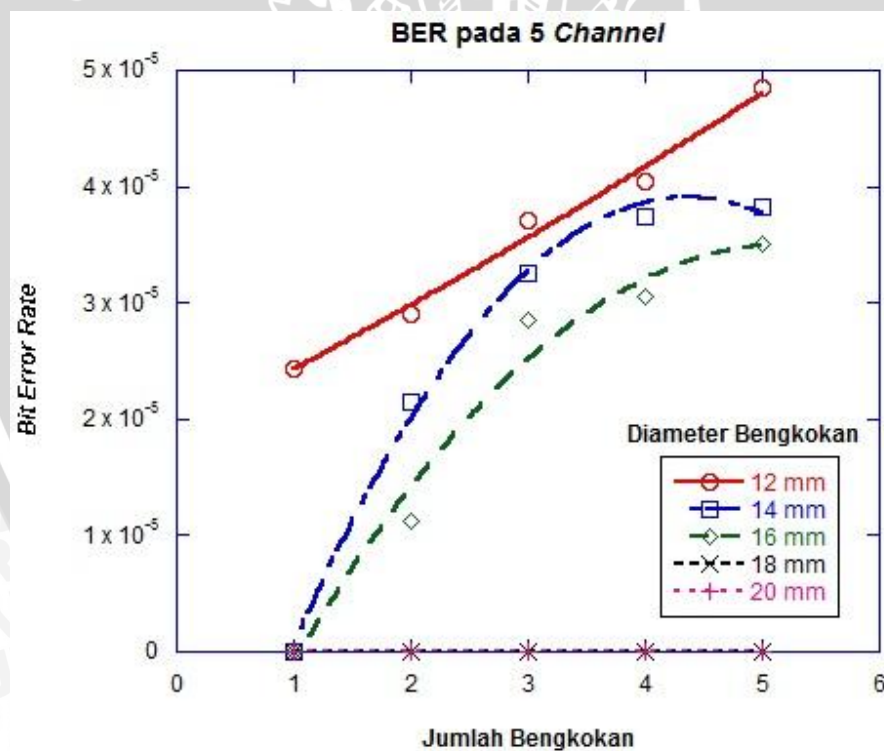
Nilai *macrobending losses* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4-1), seperti perhitungan pada 1 channel. Nilai *macrobending losses* untuk diameter bengkokan 12 mm dengan satu lilitan pada 5 *channel* adalah :

$$\text{Macrobending Losses} = 20 \log \frac{V_a}{V_b} = 20 \log \frac{2,571 V}{2,295 V} = 0,9864 \text{ dB}$$

Perhitungan nilai BER dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-8). Jumlah bit yang salah dari hasil pengukuran (E_b) diubah ke bilangan desimal. Jumlah bit yang ditransmisikan (T_b) dari *Multiplexer* selama 10 detik adalah 5120000 bits. Pada *macrobending* dengan diameter bengkokan 12 mm dan satu lilitan, banyak bit yang salah dalam bentuk biner adalah 1111101. Jika diubah ke bentuk desimal, maka E_b sama dengan 125. Nilai BER pada kondisi tersebut adalah :

$$\text{BER} = \frac{E_b}{T_b} = \frac{125 \text{ bit}}{5120000 \text{ bit}} = 2,44 \times 10^{-5}$$

Hasil perhitungan nilai BER dan *macrobending losses* pada 5 *channel* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29.



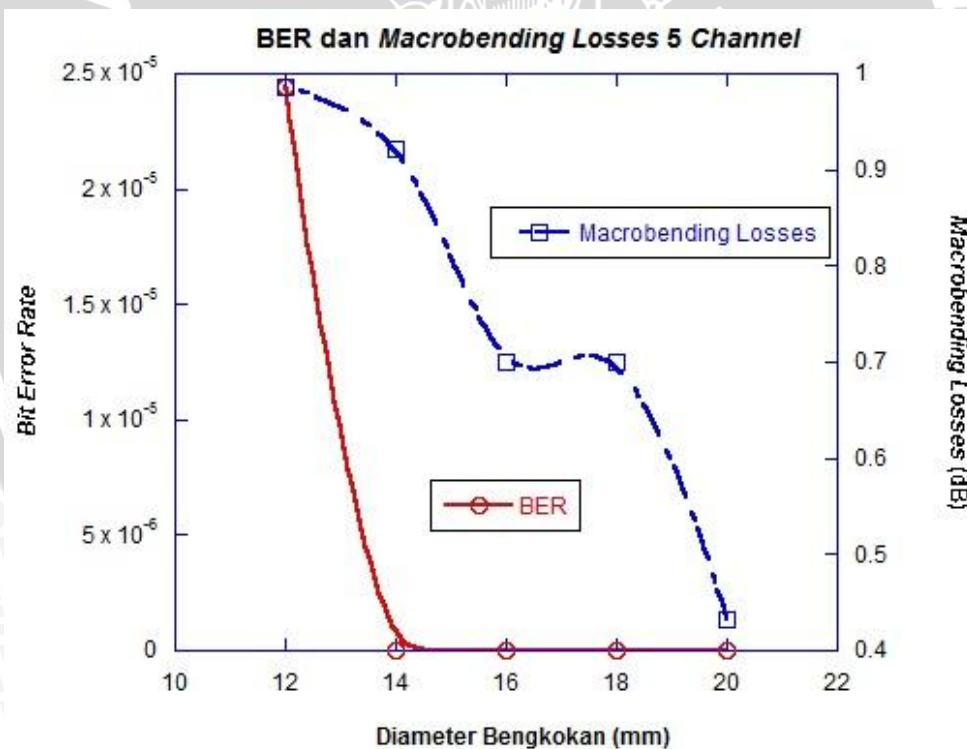
Gambar 4.28 Grafik Hubungan Antara Jumlah Bengkokan dan Besar Diameter dengan BER pada 5 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.28 terlihat bahwa pada 5 *channel* dengan diameter bengkokan 20 mm dan 18 mm, untuk seluruh variasi jumlah bengkokan, *macrobending losses* belum berpengaruh

pada performansi sistem TDM. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan, sehingga nilai BER tetap nol.

Pada bengkokan dengan diameter 16 mm, dan 14 mm *macrobanding losses* mulai berpengaruh untuk variasi jumlah bengkokan dua hingga lima bengkokan. Hal ini ditunjukkan dengan mulai adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan. Pada *macrobanding* dengan diameter bengkokan 12 mm, *macrobanding losses* mulai berpengaruh untuk variasi satu hingga lima jumlah bengkokan. Namun untuk variasi satu jumlah bengkokan, nilai BER cenderung masih rendah, yaitu sebesar $2,44 \times 10^{-5}$. Nilai BER tertinggi terdapat pada diameter bengkokan 12 mm untuk variasi lima jumlah bengkokan yaitu sebesar $4,84 \times 10^{-5}$. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh *macrobanding losses* pada sistem TDM akan menjadi tinggi ketika pada diameter bengkokan 12 mm dengan lima bengkokan.

Gambar 4.29 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobanding losses*, dan BER untuk satu bengkokan.



Gambar 4.29 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter Bengkokan, *Macrobanding Losses*, dan BER pada 5 Channel

Gambar 4.29 menunjukkan pada bengkokan dengan diameter 20 hingga 14 mm, *macrobanding losses* tidak berpengaruh signifikan pada penjalaran cahaya dengan sistem TDM pada 5 channel sehingga nilai BER adalah nol. Nilai nol menunjukkan bahwa data yang dikirimkan sama dengan data yang diterima, dengan kata lain tidak ada kesalahan

pada pengiriman data ketika eksperimen dilakukan. Nilai BER meningkat menjadi $2,44 \times 10^{-5}$ ketika nilai *macrobanding losses* adalah 0,9864 dB pada diameter bengkokan 12 mm. Namun nilai BER tersebut tetap cenderung rendah karena nilai *macrobanding losses* juga kecil. Nilai BER dan *macrobanding losses* yang cenderung kecil dapat diartikan level tegangan pada sinyal yang diterima tidak turun secara signifikan dan *noise* tidak terlalu tinggi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*.

6) Hasil Pengukuran pada 6 Channel

Hasil pengukuran pada 6 Channel yang berupa nilai tegangan sebelum terjadi *macrobanding* (V_a) dan total bit yang salah dalam bentuk biner (E_b), nilai *macrobanding losses*, dan BER ditunjukkan pada Tabel Lampiran 1.6 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap BER pada 6 Channel.

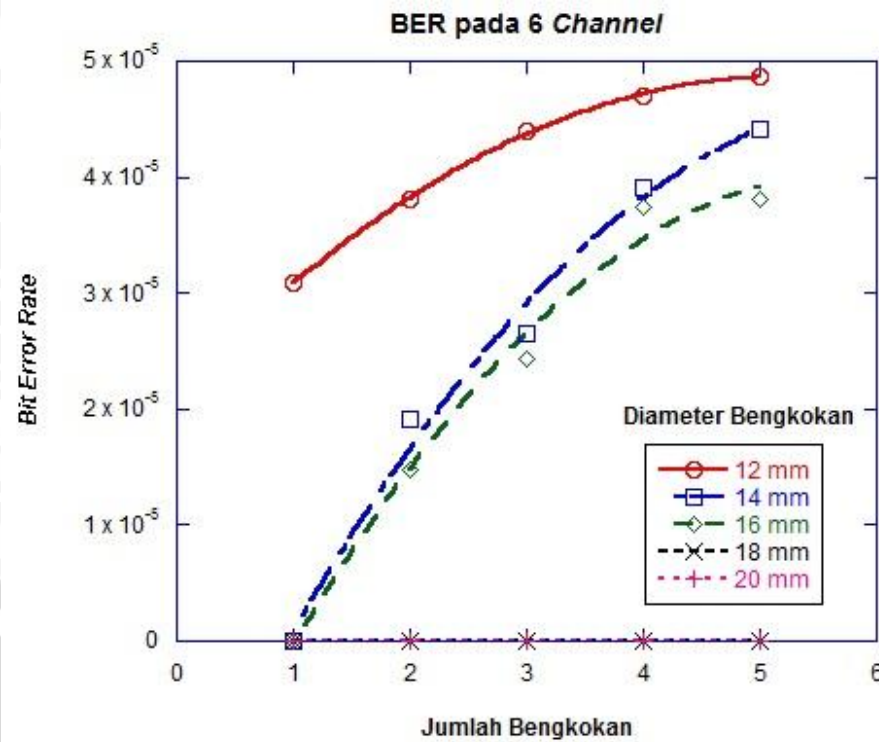
Nilai *macrobanding losses* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4-1), seperti perhitungan pada 1 channel. Nilai *macrobanding losses* untuk diameter bengkokan 12 mm dengan satu lilitan pada 6 channel adalah :

$$\text{Macrobanding Losses} = 20 \log \frac{V_a}{V_b} = 20 \log \frac{2,568 V}{2,275 V} = 1,0523 \text{ dB}$$

Perhitungan nilai BER dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-8). Jumlah bit yang salah dari hasil pengukuran (E_b) diubah ke bilangan desimal. Jumlah bit yang ditransmisikan (T_b) dari *multiplexer* selama 10 detik adalah 5120000 bits. Pada *macrobanding* dengan diameter bengkokan 12 mm dan satu lilitan, banyak bit yang salah dalam bentuk biner adalah 10011110. Jika diubah ke bentuk desimal, maka E_b sama dengan 158. Nilai BER pada kondisi tersebut adalah :

$$\text{BER} = \frac{E_b}{T_b} = \frac{158 \text{ bit}}{5120000 \text{ bit}} = 3,09 \times 10^{-5}$$

Hasil perhitungan nilai BER dan *macrobanding losses* pada 6 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29.

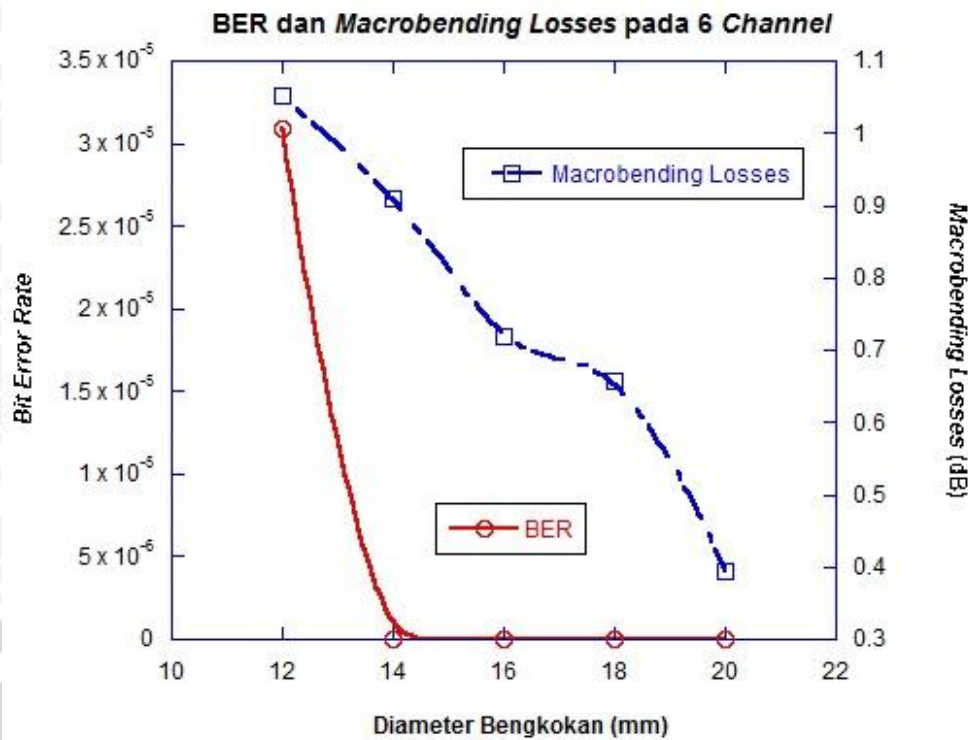


Gambar 4.30 Grafik Hubungan Antara Jumlah Bengkokan dan Besar Diameter dengan BER pada 6 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.30 terlihat bahwa pada 6 channel dengan diameter bengkokan 20 mm dan 18 mm, untuk seluruh variasi jumlah bengkokan, *macrobanding losses* belum berpengaruh pada performansi sistem TDM. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan, sehingga nilai BER tetap nol.

Pada bengkokan dengan diameter 16 mm, dan 14 mm *macrobanding losses* mulai berpengaruh untuk variasi jumlah bengkokan dua hingga lima bengkokan. Hal ini ditunjukkan dengan mulai adanya jumlah bit salah yang ditransmisikan. Pada *macrobanding* dengan diameter bengkokan 12 mm, *macrobanding losses* mulai berpengaruh untuk variasi satu hingga lima jumlah bengkokan. Namun untuk variasi satu jumlah bengkokan, nilai BER cenderung masih rendah, yaitu sebesar $3,09 \times 10^{-5}$. Nilai BER tertinggi terdapat pada diameter bengkokan 12 mm untuk variasi lima jumlah bengkokan yaitu sebesar $4,86 \times 10^{-5}$. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh *macrobanding losses* pada sistem TDM akan menjadi tinggi ketika pada diameter bengkokan 12 mm dengan lima bengkokan.

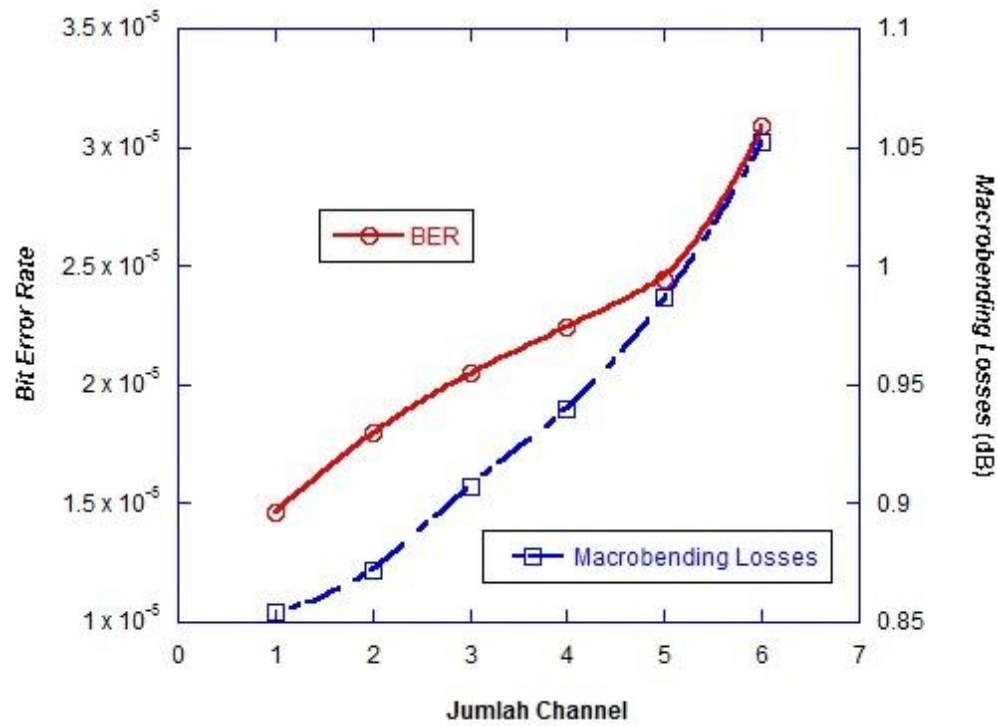
Gambar 4.31 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobanding losses*, dan BER untuk satu bengkokan.



Gambar 4.31 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan BER pada 6 *Channel*

Gambar 4.31 menunjukkan pada bengkokan dengan diameter 20 hingga 14 mm, *macrobending losses* tidak berpengaruh signifikan pada penjalaran cahaya dengan sistem TDM pada 6 *channel* sehingga nilai BER adalah nol. Nilai nol menunjukkan bahwa data yang dikirimkan sama dengan data yang diterima, dengan kata lain tidak ada kesalahan pada pengiriman data ketika eksperimen dilakukan. Nilai BER meningkat menjadi $3,09 \times 10^{-5}$ ketika nilai *macrobending losses* adalah 1,0523 dB pada diameter bengkokan 12 mm. Namun nilai BER tersebut tetap cenderung rendah karena nilai *macrobending losses* juga kecil. Nilai BER dan *macrobending losses* yang cenderung kecil dapat diartikan level tegangan pada sinyal yang diterima tidak turun secara signifikan dan *noise* tidak terlalu tinggi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*.

Setelah dilakukan pengukuran dan analisa pengaruh *macrobending losses* terhadap BER pada 1 sampai 6 *channel*, maka hubungan antara *macrobending losses*, BER, dan jumlah *channel* yang digunakan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.32.



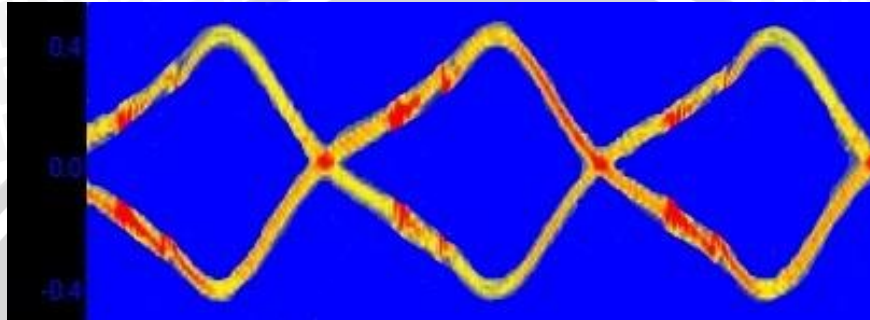
Gambar 4.32 Grafik Hubungan Antara *Macrobending Losses*, BER, dan Jumlah *Channel*

Gambar 4.32 menunjukkan grafik hubungan antara *macrobending losses*, BER, dan jumlah *channel* yang digunakan untuk besar diameter 12 mm dengan variasi jumlah bengkokan adalah satu. Gambar 4.32 menunjukkan bahwa karakteristik BER terhadap jumlah *channel* yang digunakan sebanding dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap jumlah *channel* yang digunakan. Semakin banyak *channel* yang digunakan maka semakin naik pula nilai *macrobending losses* dan BER. Hal ini dikarenakan besar energi yang dibawa berbeda-beda untuk tiap *channel*.

Nilai BER dan *macrobending losses* yang diharapkan adalah nilai yang kecil. Nilai BER yang kecil menunjukkan sedikit kesalahan yang terjadi dalam transmisi data. Nilai BER untuk data dalam sistem TDM dengan pengaruh *macrobending* untuk diameter 12 mm dengan satu bengkokan pada 1 sampai 6 *channel* berkisar antara $1,46 \times 10^{-5}$ sampai $3,08 \times 10^{-5}$. Nilai *macrobending losses* untuk diameter 12 mm dengan satu bengkokan pada 1 sampai 6 *channel* berkisar antara 0,8540 dB sampai 1,0523 dB. Nilai ini tergolong rendah jika dibandingkan dengan nilai BER dan *macrobending losses* pada sistem transmisi dengan media POF tanpa TDM.

4.3.2 Analisis Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap *Eye Pattern* Sistem TDM

Parameter yang diamati pada performansi sistem TDM adalah bentuk *eye pattern* akan dibahas pada sub bab ini. *Eye pattern* merupakan parameter yang digunakan untuk menilai kualitas jaringan dari bentuk sinyal digital yang diterima. *Software* PicoScope 6.0 diperlukan untuk menampilkan keluaran sinyal dari PicoScope sehingga pengukuran variabel *eye pattern* dapat dilakukan. Contoh tampilan keluaran *eye pattern* pada PicoScope 6 ditunjukkan oleh Gambar 4.33

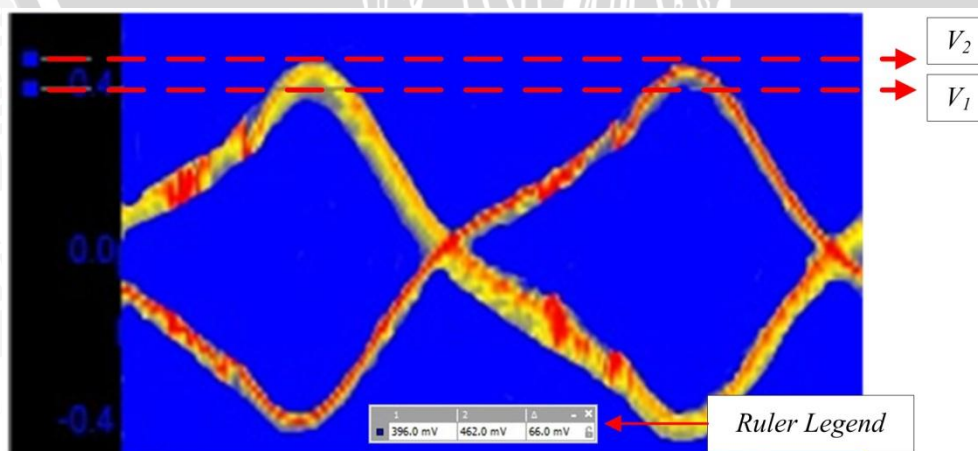


Gambar 4.33 Tampilan *Eye Pattern* pada PicoScope 6.0

Analisis *eye pattern* dilakukan dengan menghitung nilai *noise margin*, timing *jitter*, dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Perhitungan dan analisis untuk masing-masing parameter tersebut akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

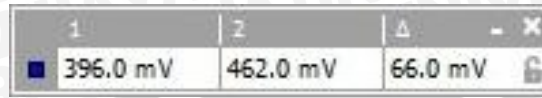
4.3.2.1 Analisis *Noise Margin* pada *Eye Pattern*

Pengukuran untuk nilai *noise margin* dihitung dari nilai puncak sinyal dari besar *eye opening* (V_1) dan nilai tegangan maksimum sinyal yang dihitung dari nilai *threshold* (V_2). Pengukuran nilai variabel-variabel tersebut dilakukan pada *software* PicoScope 6.0 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.34



Gambar 4.34 Pengukuran *Noise Margin* pada *Eye Pattern*

Gambar 4.34 menunjukkan pengukuran *noise margin* pada 1 *channel* tanpa *macrobending*. Nilai V_1 dan V_2 didapatkan dengan mengarahkan *signal rulers* pada PicoScope 6.0. Nilai dari *signal rulers* ditampilkan dalam *ruler legend* di atas tampilan *eye pattern*. Secara jelas nilai V_1 dan V_2 pada *ruler legend* ditampilkan pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Tampilan Nilai V_1 dan V_2 Pada *Ruler Legend*

Nilai V_1 ditunjukkan pada kolom *ruler* satu yaitu sebesar 396 mV atau sama dengan 3,96 V dan nilai V_2 ditunjukkan pada kolom *ruler* dua yaitu sebesar 462 mV atau sama dengan 4,62 V. Data pengukuran *noise margin* untuk variasi besar diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan yang berbeda dilakukan dari 1 sampai 6 *channel*.

Hasil pengukuran *noise margin* untuk masing-masing *channel* adalah sebagai berikut :

1) Hasil Pengukuran *Noise Margin* Pada 1 *Channel*

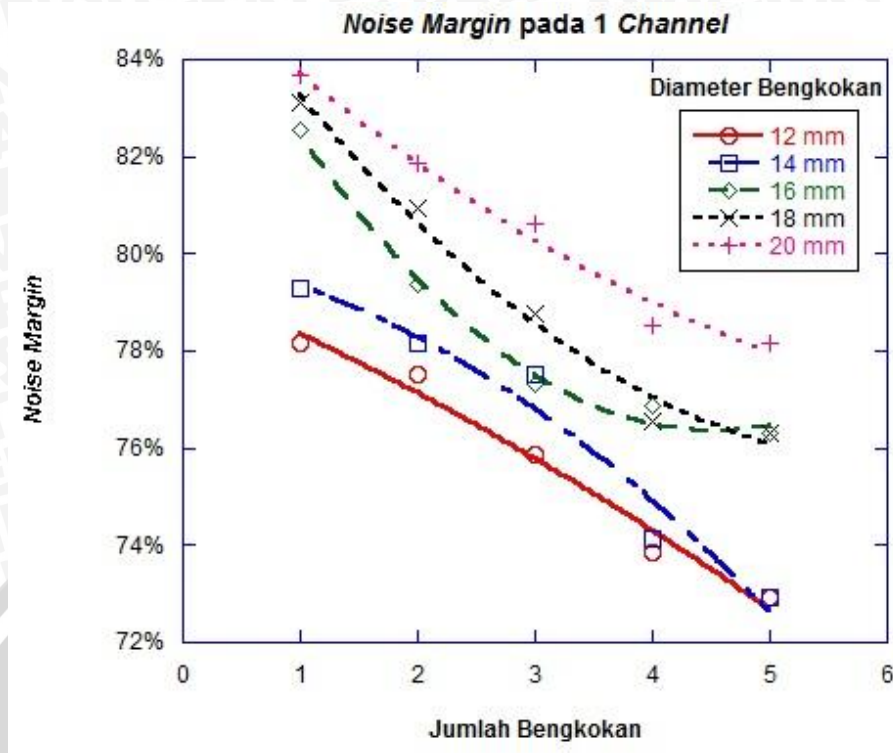
Hasil pengukuran pada 1 *channel* yang berupa nilai V_1 , nilai V_2 , nilai *noise margin* dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 2.1 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap *Noise Margin* pada 1 *Channel*.

Perhitungan nilai *noise margin* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-9). Besar nilai *noise margin* pada 1 *channel* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* adalah :

$$\text{Noise Margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% = \frac{3,96 \text{ Volt}}{4,62 \text{ Volt}} \times 100\% = 85,71\%$$

Untuk perhitungan nilai *noise margin* dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

Hasil perhitungan *noise margin* pada 1 *channel* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.36 dan Gambar 4.37.



Gambar 4.36 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Noise Margin* pada 1 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.36 terlihat nilai *noise margin* pada 1 *channel* untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 84% hingga 73%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *noise margin* yang cenderung tetap tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai *noise margin* yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.37 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *noise margin* untuk satu bengkokan pada 1 *channel*.



Gambar 4.37 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Noise Margin* pada 1 Channel

Grafik pada Gambar 4.37 menunjukkan bahwa karakteristik *noise margin* pada 1 channel terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 84% hingga 78% dari tegangan maksimum sinyal. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki ketahanan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai *noise margin* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,3205 dB hingga 0,8540 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

Nilai *noise margin* yang diharapkan adalah nilai *noise margin* yang tinggi. Nilai *noise margin* yang tinggi menunjukkan ketahanan sistem terhadap *noise* yang tinggi atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi.

2) Hasil Pengukuran Noise Margin Pada 2 Channel

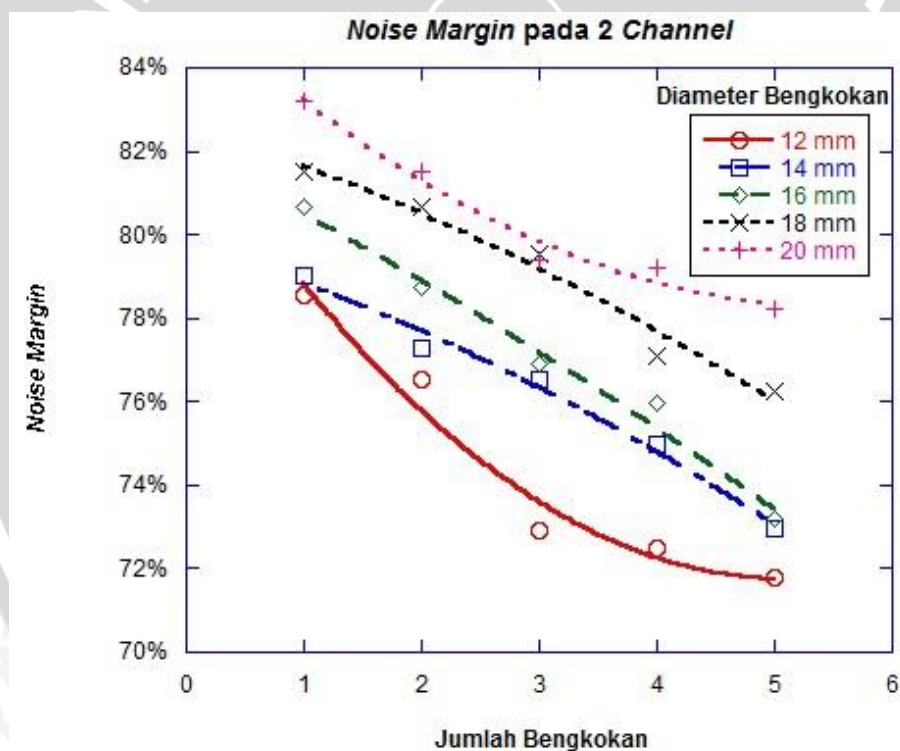
Hasil pengukuran pada 2 channel yang berupa nilai V_1 dan V_2 , nilai *noise margin* dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 2.2 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap *Noise Margin* pada 2 Channel.

Perhitungan nilai *noise margin* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-9). Besar nilai *noise margin* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* adalah :

$$\text{Noise Margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% = \frac{4,03 \text{ Volt}}{4,84 \text{ Volt}} \times 100\% = 83,26\%$$

Untuk perhitungan nilai *noise margin* dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

Hasil perhitungan *noise margin* pada 2 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.38 dan Gambar 4.39.

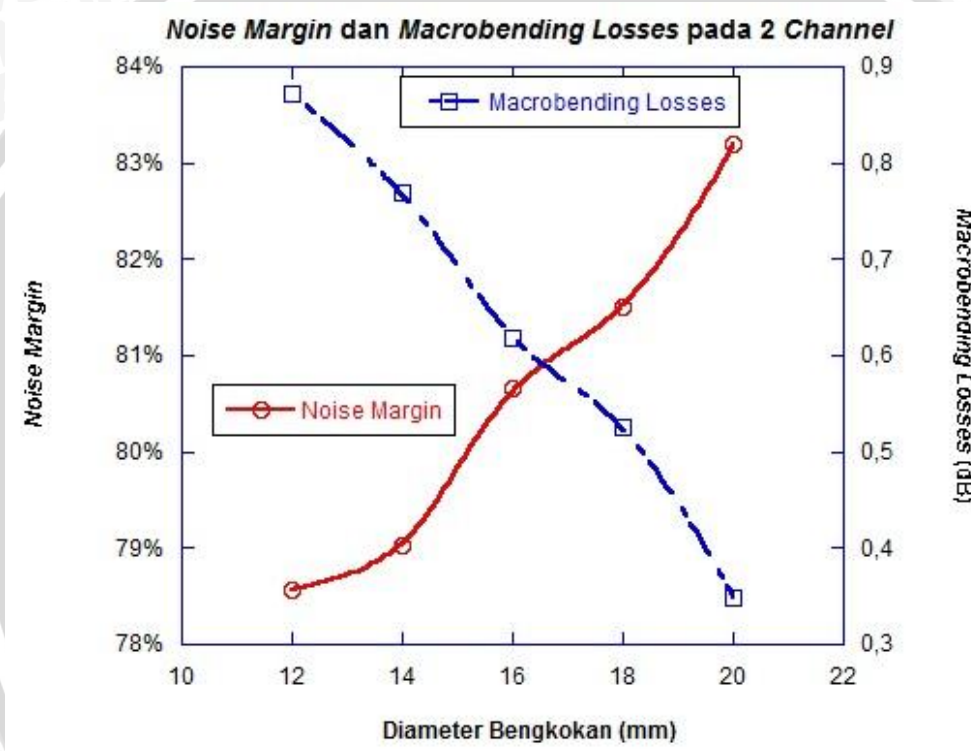


Gambar 4.38 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Noise Margin* pada 2 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.38 terlihat nilai *noise margin* pada 2 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 83% hingga 71%. Hal ini menunjukkan bahwa

macrobending losses tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *noise margin* yang cenderung tetap tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai *noise margin* yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.39 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *noise margin* untuk satu bengkokan pada 2 channel.



Gambar 4.39 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Noise Margin* pada 2 Channel

Grafik pada Gambar 4.39 menunjukkan bahwa karakteristik *noise margin* pada 2 channel terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 83% hingga 78% dari tegangan maksimum sinyal. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai *noise margin* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada yaitu sekitar 0,3494 dB hingga 0,8716 dB. Hal ini

disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

Nilai *noise margin* yang diharapkan adalah nilai *noise margin* yang tinggi. Nilai *noise margin* yang tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* yang tinggi atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi.

3) Hasil Pengukuran *Noise Margin* Pada 3 Channel

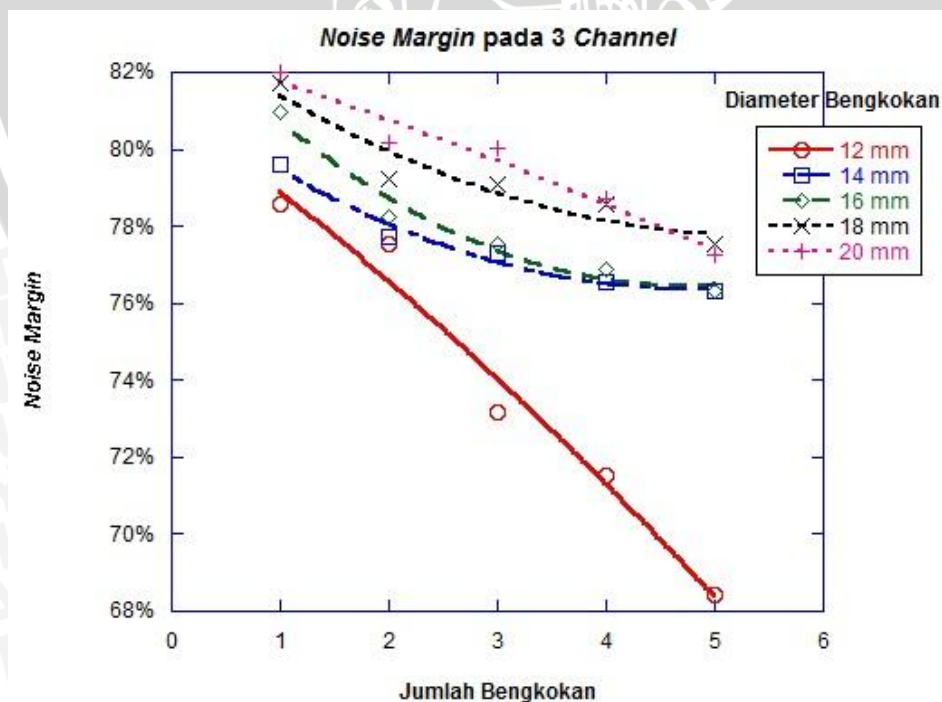
Hasil pengukuran pada 3 channel yang berupa nilai V_1 , nilai V_2 , nilai *noise margin* dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 2.3 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap *Noise Margin* pada 3 Channel.

Perhitungan nilai *noise margin* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-9). Besar nilai *noise margin* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobending* adalah :

$$\text{Noise Margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% = \frac{3,96 \text{ Volt}}{4,76 \text{ Volt}} \times 100\% = 83,19\%$$

Untuk perhitungan nilai *noise margin* dengan kondisi setelah terjadi *macrobending* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

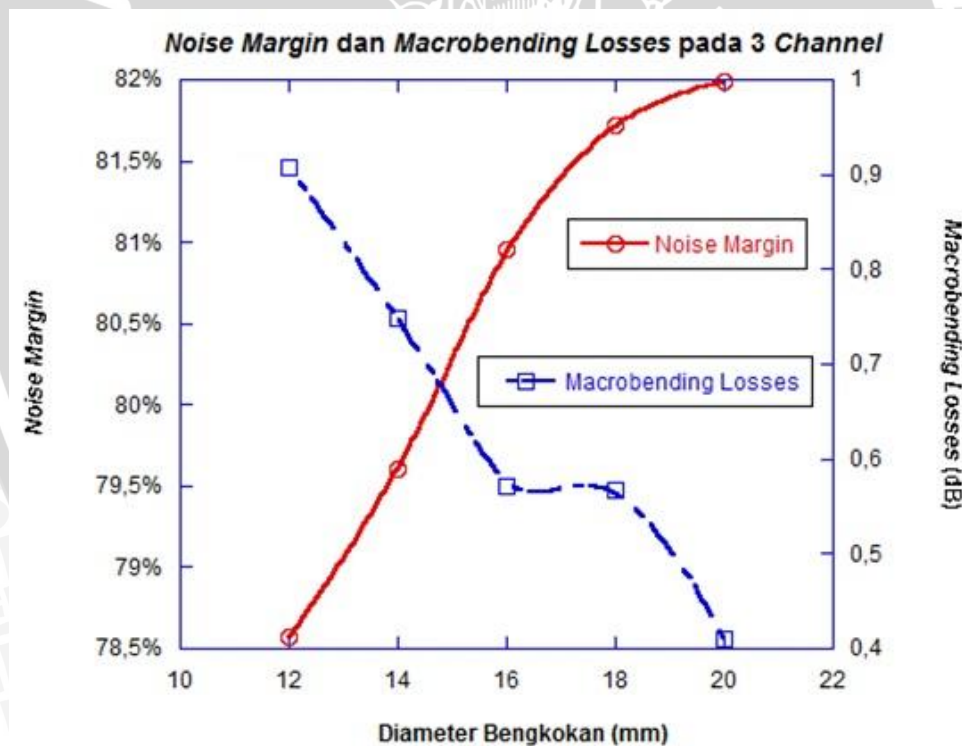
Hasil perhitungan *noise margin* pada 3 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.40 dan Gambar 4.41.



Gambar 4.40 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Noise Margin* pada 3 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.40 terlihat nilai *noise margin* pada 3 *channel* untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 82% hingga 68%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *noise margin* yang cenderung tetap tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai *noise margin* yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.41 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *noise margin* untuk satu bengkokan pada 3 *channel*.



Gambar 4.41 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Noise Margin* pada 3 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.41 menunjukkan bahwa karakteristik *noise margin* pada 3 *channel* terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan

perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 82% hingga 78% dari tegangan maksimum sinyal. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai *noise margin* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobanding losses* yang ada yaitu sekitar 0,4100 dB hingga 0,9073 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobanding*.

Nilai *noise margin* yang diharapkan adalah nilai *noise margin* yang tinggi. Nilai *noise margin* yang tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* yang tinggi atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi.

4) Hasil Pengukuran *Noise Margin* Pada 4 Channel

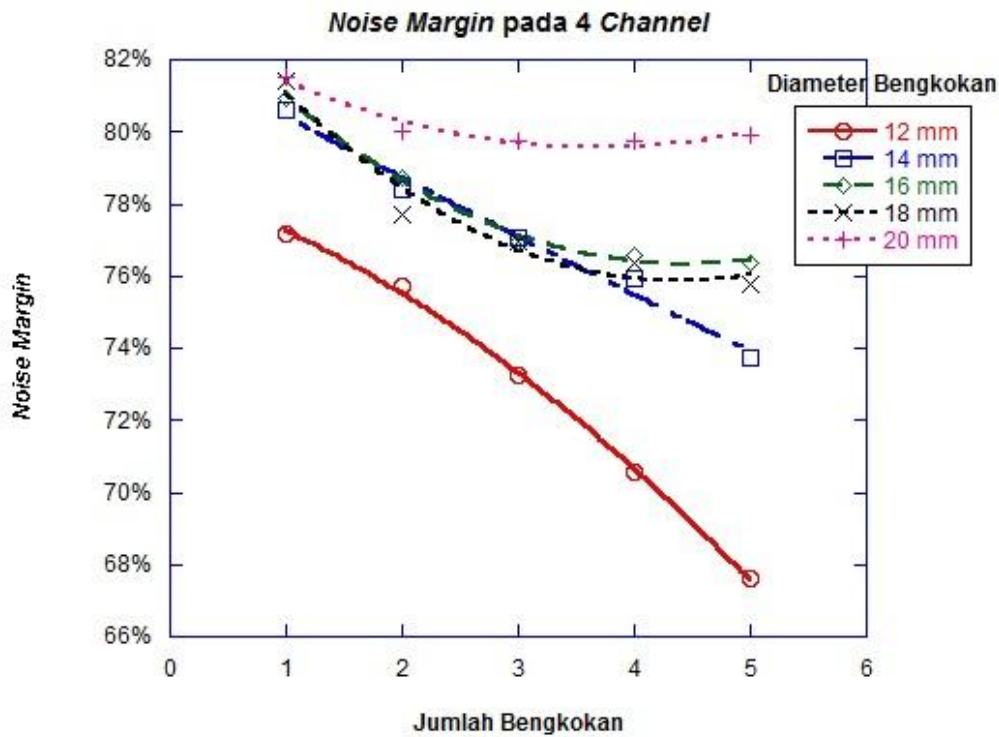
Hasil pengukuran pada 4 channel yang berupa nilai V_1 , nilai V_2 , nilai *noise margin* dan nilai *macrobanding losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 2.4 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap *Noise Margin* pada 4 Channel.

Perhitungan nilai *noise margin* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-9). Besar nilai *noise margin* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* pada 4 channel adalah :

$$\text{Noise Margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% = \frac{3,88 \text{ Volt}}{4,76 \text{ Volt}} \times 100\% = 81,51\%$$

Untuk perhitungan nilai *noise margin* dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

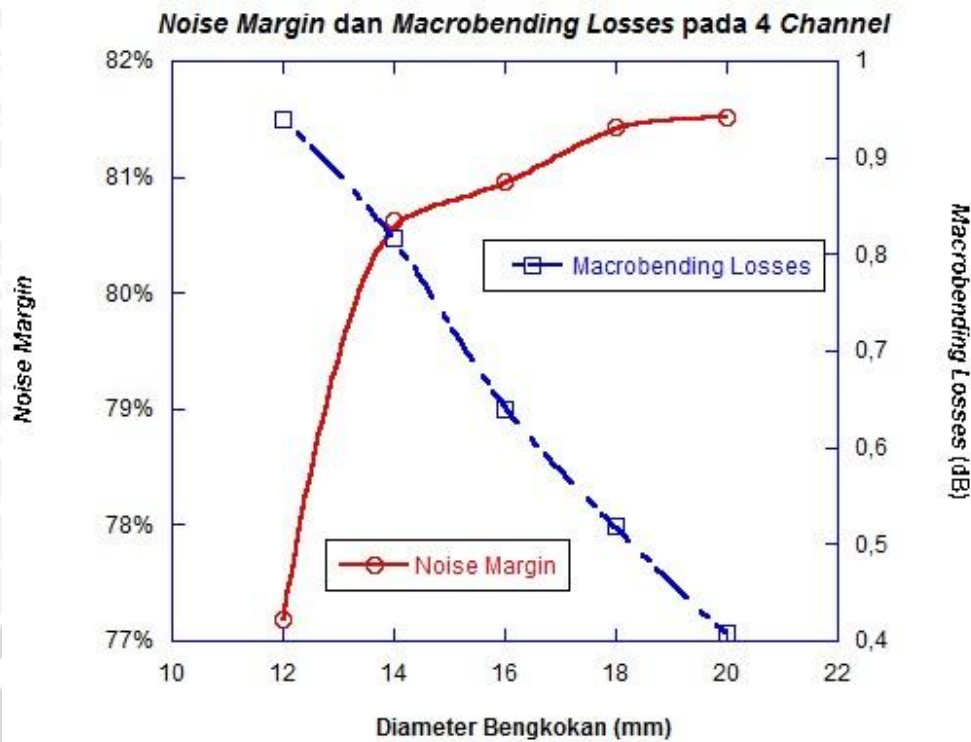
Hasil perhitungan *noise margin* pada 4 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.42 dan Gambar 4.43.



Gambar 4.42 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Noise Margin* pada 4 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.42 terlihat nilai *noise margin* pada 4 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 81% hingga 68%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *noise margin* yang cenderung tetap tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai *noise margin* yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.43 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *noise margin* untuk satu bengkokan pada 4 channel.



Gambar 4.43 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Noise Margin* pada 4 Channel

Grafik pada Gambar 4.43 menunjukkan bahwa karakteristik *noise margin* pada 4 channel terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 81% hingga 77% dari tegangan maksimum sinyal. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai *noise margin* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada yaitu sekitar 0,4076 dB hingga 0,9399 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

Nilai *noise margin* yang diharapkan adalah nilai *noise margin* yang tinggi. Nilai *noise margin* yang tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* yang tinggi atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi.

5) Hasil Pengukuran Noise Margin Pada 5 Channel

Hasil pengukuran pada 5 channel yang berupa nilai V_1 , nilai V_2 , nilai *noise margin* dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 2.5 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap *Noise Margin* pada 5 Channel.

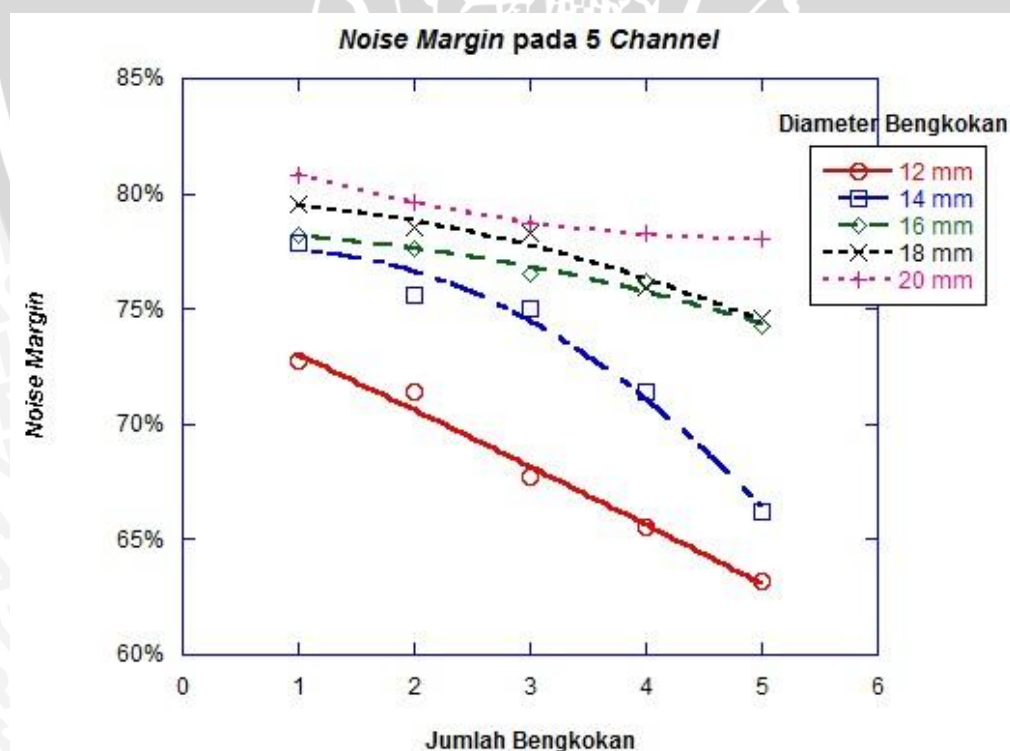
Perhitungan nilai *noise margin* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-9). Besar nilai *noise margin* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobending* pada 5 channel adalah :

$$\text{Noise Margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% = \frac{4,1 \text{ Volt}}{5,05 \text{ Volt}} \times 100\% = 81,19\%$$

Untuk perhitungan nilai *noise margin* dengan kondisi setelah terjadi *macrobending* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

Hasil perhitungan pada 5 channel yang berupa nilai *noise margin* untuk *macrobending losses* dengan diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan yang berbeda ditunjukkan dalam Tabel Hasil Perhitungan Pengaruh *Macrobending Losses* terhadap *Noise Margin* pada 5 Channel yang ditampilkan pada lembar Lampiran.

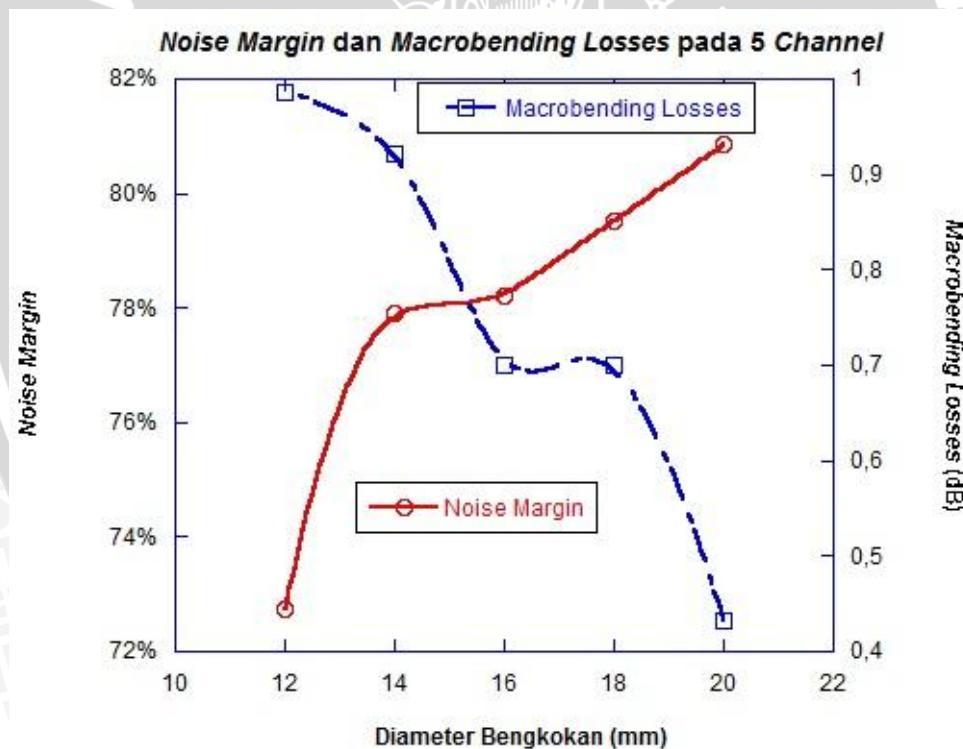
Hasil perhitungan *noise margin* pada 5 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.44 dan Gambar 4.45.



Gambar 4.44 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Noise Margin* pada 5 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.44 terlihat nilai *noise margin* pada 5 *channel* untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 80% hingga 63%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *noise margin* yang cenderung tetap tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai *noise margin* yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.45 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *noise margin* untuk satu bengkokan pada 5 *channel*.



Gambar 4.45 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Noise Margin* pada 5 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.45 menunjukkan bahwa karakteristik *noise margin* pada 5 *channel* terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan

perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 80% hingga 73% dari tegangan maksimum sinyal. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai *noise margin* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada yaitu sekitar 0,4329 dB hingga 0,9864 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

Nilai *noise margin* yang diharapkan adalah nilai *noise margin* yang tinggi. Nilai *noise margin* yang tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* yang tinggi atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi.

6) Hasil Pengukuran *Noise Margin* Pada 6 Channel

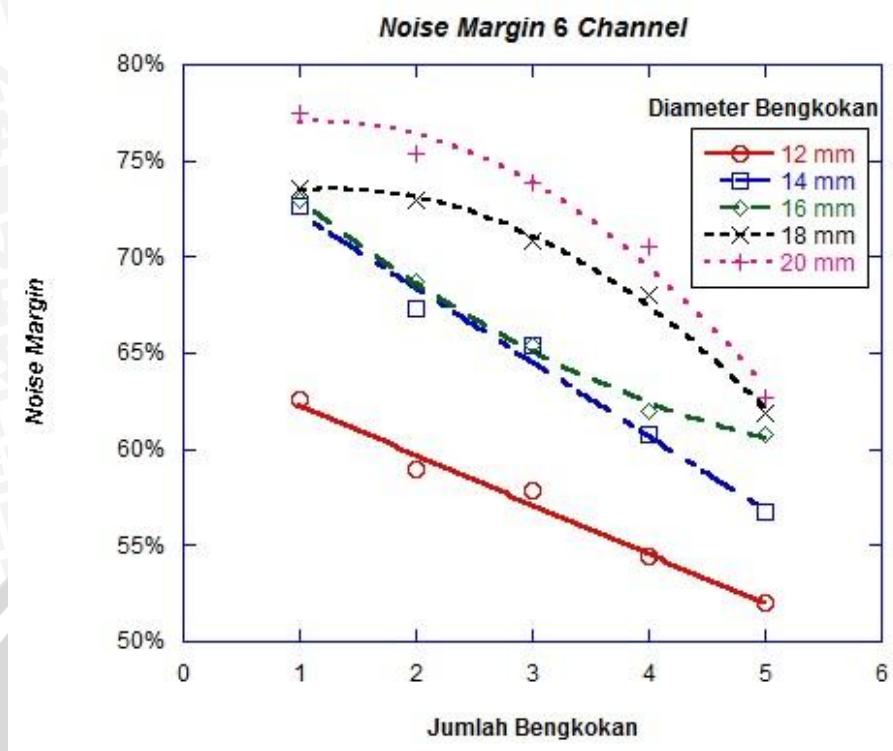
Hasil pengukuran pada 6 channel yang berupa nilai V_1 , nilai V_2 , nilai *noise margin* dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 2.6 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap *Noise Margin* pada 6 Channel.

Perhitungan nilai *noise margin* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-9). Besar nilai *noise margin* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* pada 6 channel adalah :

$$\text{Noise Margin (\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100\% = \frac{3,77 \text{ Volt}}{4,69 \text{ Volt}} \times 100\% = 80,38\%$$

Untuk perhitungan nilai *noise margin* dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

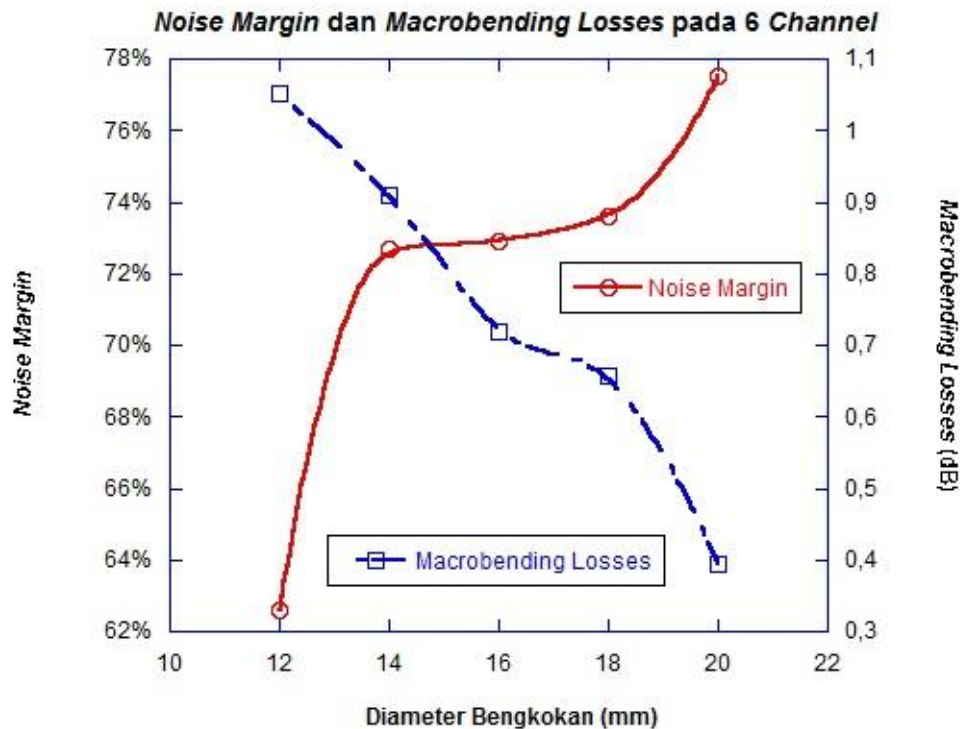
Hasil perhitungan *noise margin* pada 6 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.46 dan Gambar 4.47.



Gambar 4.46 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Noise Margin* pada 6 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.46 terlihat nilai *noise margin* pada 6 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 77% hingga 52%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *noise margin* yang cenderung tetap tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai *noise margin* yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.47 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *noise margin* untuk satu bengkokan pada 6 channel.



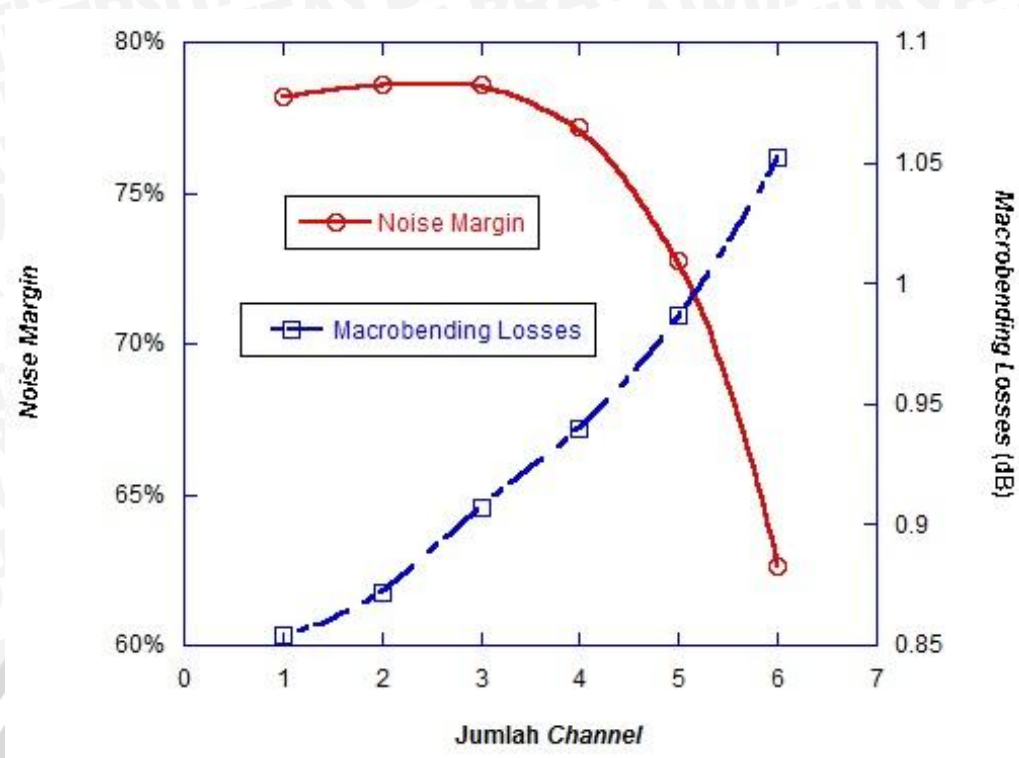
Grafik 4.47 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Noise Margin* pada 6 Channel

Grafik pada Gambar 4.47 menunjukkan bahwa karakteristik *noise margin* pada 6 channel terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *noise margin* tetap cukup tinggi yaitu sekitar 77% hingga 63% dari tegangan maksimum sinyal. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai *noise margin* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada yaitu sekitar 0,3944 dB hingga 1,0523 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

Nilai *noise margin* yang diharapkan adalah nilai *noise margin* yang tinggi. Nilai *noise margin* yang tinggi menunjukkan kekebalan sistem terhadap *noise* yang tinggi atau dengan kata lain hanya sedikit *noise* yang terjadi dalam transmisi.

Setelah dilakukan pengukuran dan analisa pengaruh *macrobending losses* terhadap *noise margin* pada 1 sampai 6 channel, maka hubungan antara *macrobending losses*, *noise margin*, dan jumlah channel yang digunakan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.48.



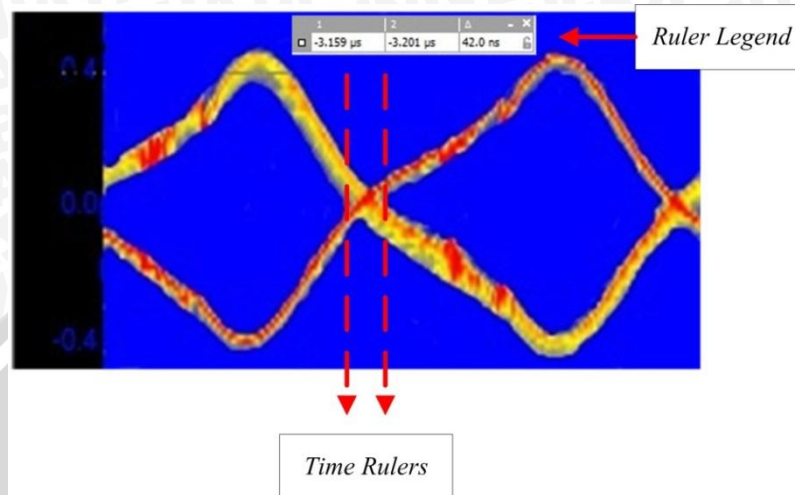
Gambar 4.48 Grafik Hubungan Antara Besar *Macrobending Losses*, *noise margin*, dan jumlah *Channel*

Gambar 4.48 menunjukkan grafik hubungan antara *macrobending losses*, *noise margin*, dan jumlah *channel* yang digunakan untuk besar diameter 12 mm dengan variasi jumlah bengkokan adalah satu. Gambar 4.48 menunjukkan bahwa karakteristik *noise margin* terhadap jumlah *channel* yang digunakan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap jumlah *channel* yang digunakan. Semakin banyak *channel* yang digunakan maka semakin bertambah nilai *macrobending losses*. Sedangkan semakin banyak *channel* yang digunakan maka semakin menurun nilai *noise margin*. Hal ini dikarenakan semakin tinggi pula energi yang dikirimkan.

Pada 6 *channel* nilai *macrobending losses* adalah 1,0523 dB sedangkan nilai *noise margin* adalah 62%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun semakin banyak *channel* yang digunakan nilai *macrobending losses* tetap tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai *noise margin*. Hasil pengukuran ini membuktikan bahwa dengan sistem TDM sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise* yang disebabkan oleh *macrobending*.

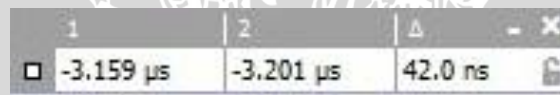
4.3.2.2 Analisis Timing Jitter pada Eye Pattern

Pengukuran untuk nilai *timing jitter* dihitung dari besar *timming error* atau jumlah distorsi waktu (ΔT) dan nilai bit interval (T_b). Pengukuran nilai variabel-variabel tersebut dilakukan pada *software* PicoScope 6.0 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.49.



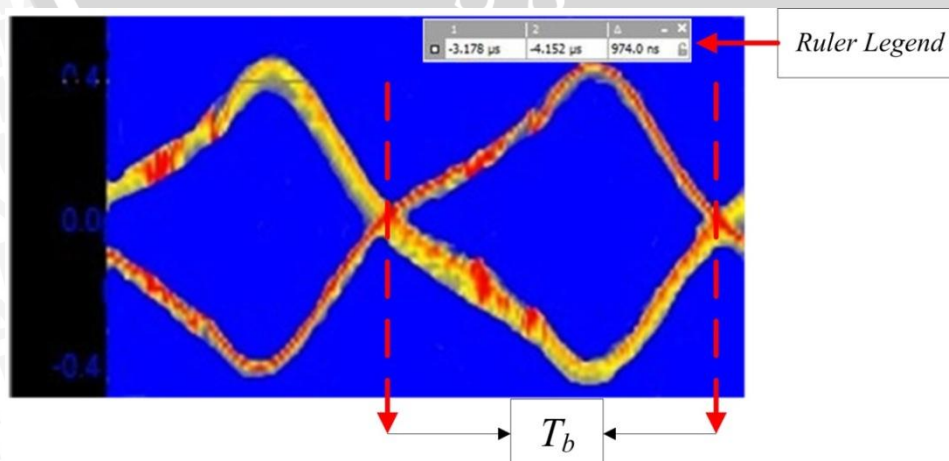
Gambar 4.49. Pengukuran Jumlah Distorsi (ΔT) Pada Eye Pattern

Nilai ΔT dapat diketahui dengan mengarahkan *time rulers* pada PicoScope 6.0. Nilai tersebut ditampilkan pada ruler legend di atas tampilan *eye pattern*. Secara jelas nilai (ΔT) pada ruler legend ditampilkan pada Gambar 4.50.



Gambar 4.50 Tampilan Nilai ΔT Pada Ruler Legend

Pada Gambar 4.49 nilai ΔT ditunjukkan pada kolom *ruler difference* (Δ) yaitu sebesar 42 ns atau sama dengan 0,042 μ s. Nilai tersebut merupakan nilai ΔT ketika kondisi tanpa *macrobanding* pada 1 *channel*. Pengukuran nilai bit interval (T_b) pada Picoscope 6.0 ditampilkan pada Gambar 4.51.



Gambar 4.51 Pengukuran Nilai Bit Interval T_b Pada Eye Pattern

Nilai T_b dapat diketahui dengan mengarahkan *time rulers* pada PicoScope 6.0. Nilai tersebut ditampilkan pada *ruler legend* di atas tampilan *eye pattern*. Nilai T_b ditunjukkan pada Gambar 4.52.



Gambar 4.52 Tampilan Nilai T_b Pada *Ruler Legend*

Pada Gambar 4.52 nilai T_b ditunjukkan pada kolom *ruler difference* (Δ) yaitu sebesar 974 ns atau sama dengan 0,974 μ s. Nilai tersebut merupakan nilai ΔT ketika kondisi tanpa *macro bending* pada 1 *channel*.

Data pengukuran *timing jitter* untuk variasi besar diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan yang berbeda dilakukan dari 1 sampai 6 *channel*.

Hasil pengukuran *timing jitter* untuk masing-masing *channel* adalah sebagai berikut :

1) Hasil Pengukuran *Timing Jitter* Pada 1 *Channel*

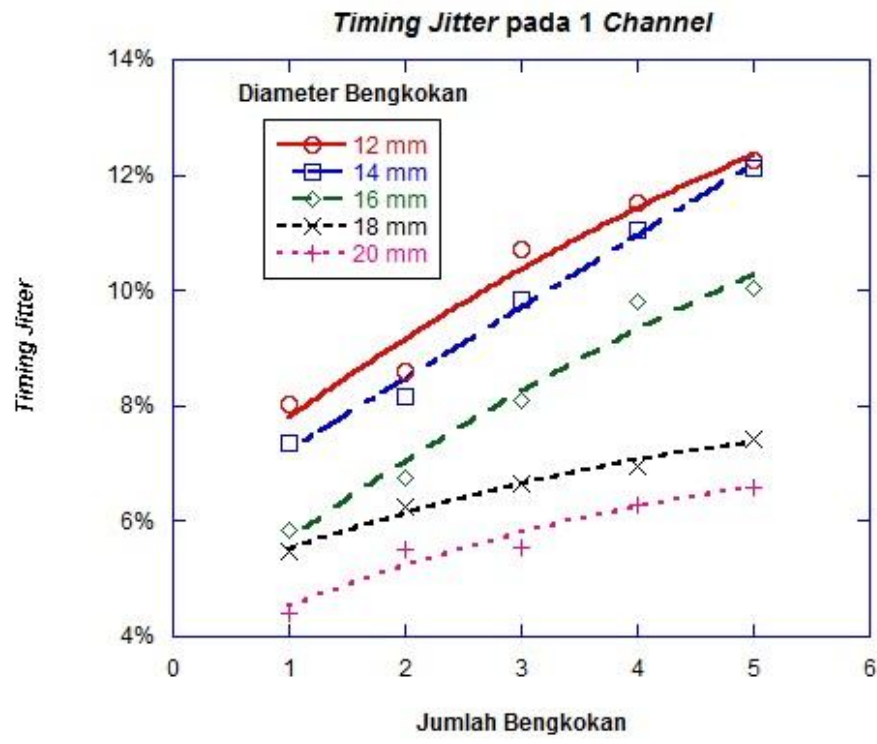
Hasil pengukuran *timing jitter* pada 1 *channel* yang berupa nilai ΔT , nilai T_b , nilai *timing jitter*, dan nilai *macro bending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 3.1 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macro bending Losses* Terhadap *Timing Jitter* pada 1 *Channel*.

Perhitungan nilai *timing jitter* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-10). Besar nilai *timing jitter* untuk kondisi sebelum terjadi *macro bending* pada 1 *channel* adalah :

$$\text{Timing Jitter (\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% = \frac{0,042 \times 10^{-6}}{0,974 \times 10^{-6}} \times 100\% = 4,31\%$$

Untuk perhitungan nilai *timing jitter* dengan kondisi setelah terjadi *macro bending* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

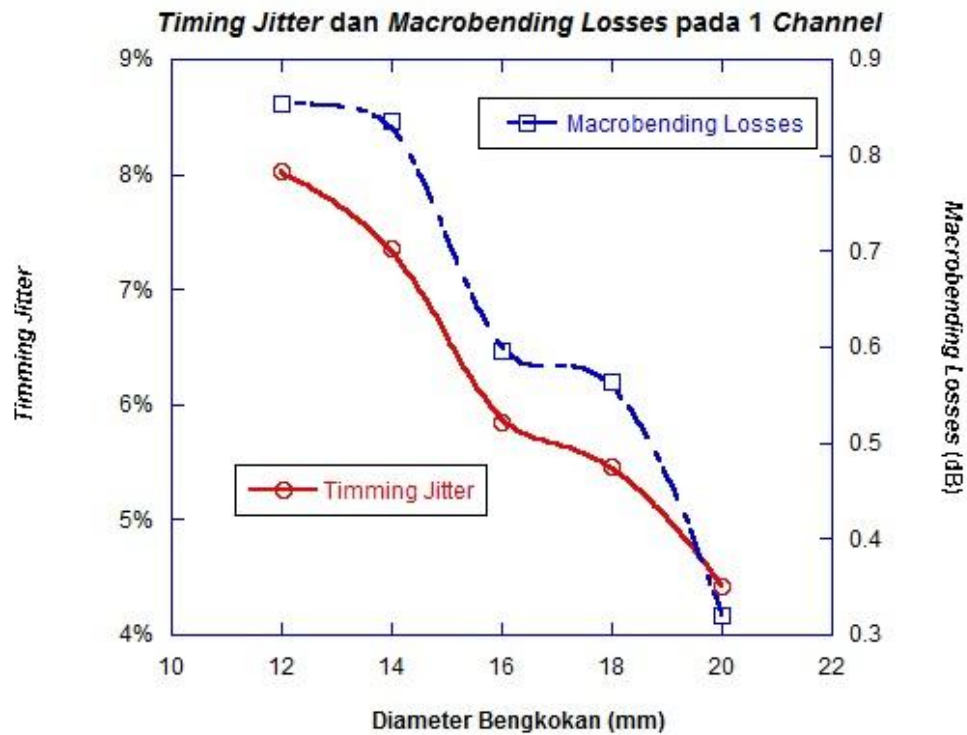
Hasil perhitungan *timing jitter* pada 1 *channel* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.53 dan Gambar 4.54.



Gambar 4.53 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Timing Jitter* pada 1 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.53 terlihat nilai *timing jitter* pada 1 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* cenderung tetap rendah yaitu sekitar 4% hingga 12%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *timing jitter* yang cenderung tetap rendah menunjukkan data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Gambar 4.54 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *timing jitter* untuk satu bengkokan pada 1 channel.



Gambar 4.54 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Timing Jitter* Pada 1 Channel

Grafik pada Gambar 4.54 menunjukkan bahwa karakteristik *timing jitter* pada 1 channel terhadap diameter bengkokan sebanding dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* tetap rendah yaitu sekitar 4% hingga 8%. Nilai ini menunjukkan bahwa data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Nilai *timing jitter* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,3205 dB hingga 0,8540 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga distorsi fasa yang terjadi cenderung rendah. Distorsi fasa yang rendah tidak akan menyebabkan pergeseran *timing* sinyal yang signifikan sehingga *timing error* cenderung rendah.

Nilai *timing jitter* yang diharapkan adalah nilai yang rendah. Nilai *timing jitter* yang baik secara harus berada di bawah 30% dari bit interval.

2) Hasil Pengukuran *Timing Jitter* Pada 2 Channel

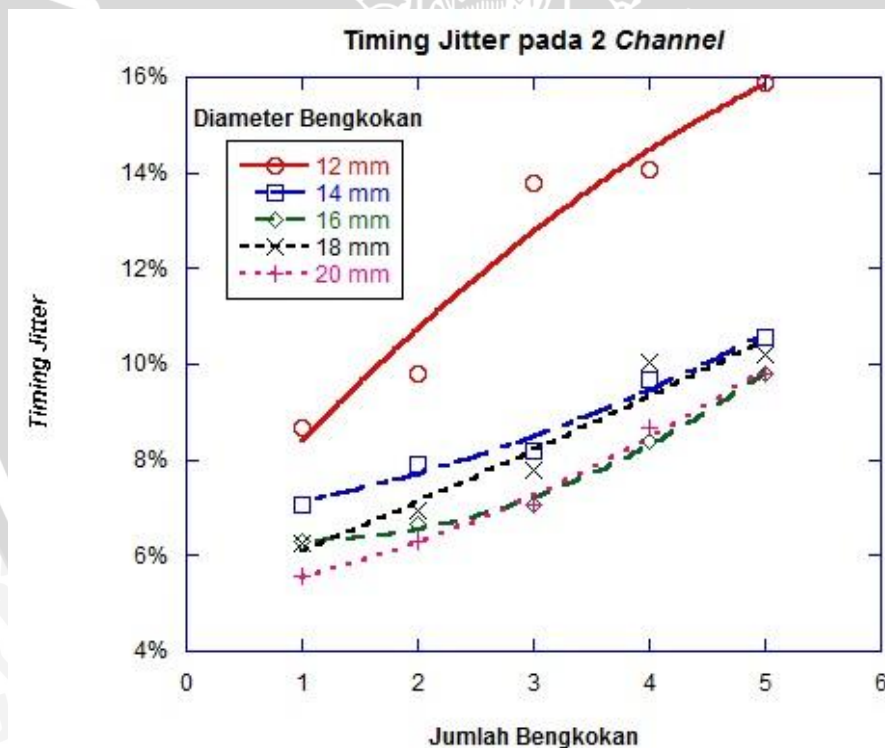
Hasil pengukuran *timing jitter* pada 2 channel yang berupa nilai ΔT , nilai T_b , nilai *timing jitter*, dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 3.2 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap *Timing Jitter* pada 2 Channel.

Perhitungan nilai *timing jitter* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-10). Besar nilai *timing jitter* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* pada 2 channel adalah :

$$\text{Timing Jitter (\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% = \frac{0,053 \times 10^{-6}}{0,955 \times 10^{-6}} \times 100\% = 5,55\%$$

Untuk perhitungan nilai *timing jitter* dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

Hasil perhitungan *timing jitter* pada 2 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.55 dan Gambar 4.56.

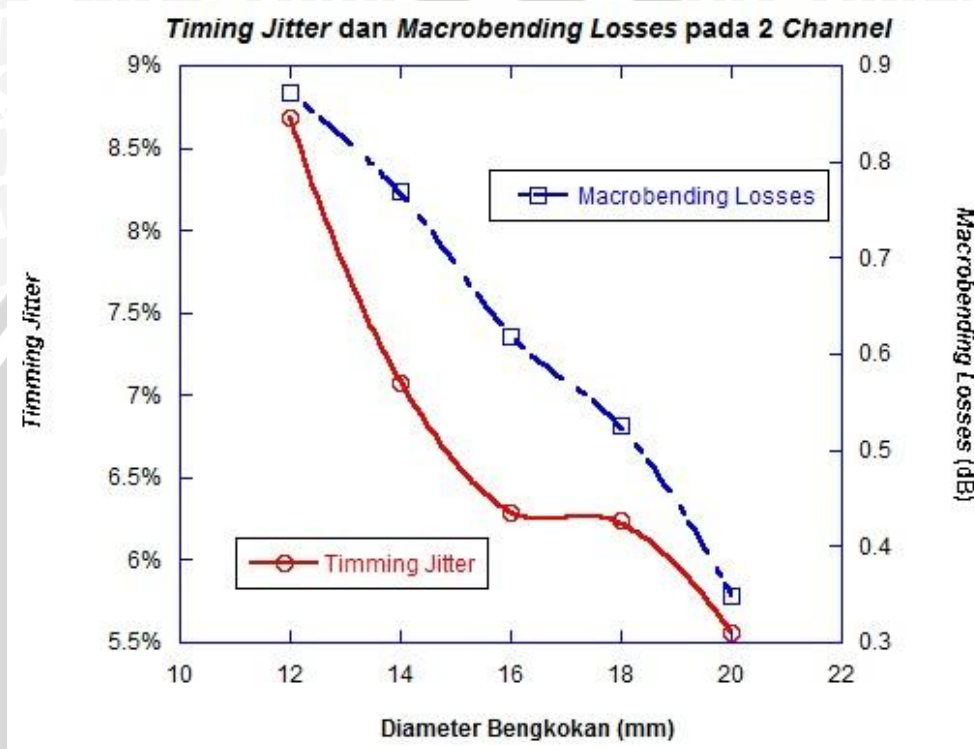


Gambar 4.55 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Timing Jitter* pada 2 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.55 terlihat nilai *timing jitter* pada 2 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* cenderung

tetap rendah yaitu sekitar 5% hingga 15%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *timing jitter* yang cenderung tetap rendah menunjukkan data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Gambar 4.56 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *timing jitter* untuk satu bengkokan pada 2 *channel*.



Gambar 4.56 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Timing Jitter* Pada 2 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.56 menunjukkan bahwa karakteristik *timing jitter* pada 2 *channel* terhadap diameter bengkokan sebanding dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* tetap rendah yaitu sekitar 5,5% hingga 8,6%. Nilai ini menunjukkan bahwa data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Nilai *timing jitter* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,3494 dB hingga 0,8716 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga distorsi fasa yang terjadi cenderung rendah.

Disorsi fasa yang rendah tidak akan menyebabkan pergeseran *timing* sinyal yang signifikan sehingga *timing error* cenderung rendah.

Nilai *timing jitter* yang diharapkan adalah nilai yang rendah. Nilai *timing jitter* yang baik secara harus berada di bawah 30% dari bit interval.

3) Hasil Pengukuran *Timing Jitter* Pada 3 Channel

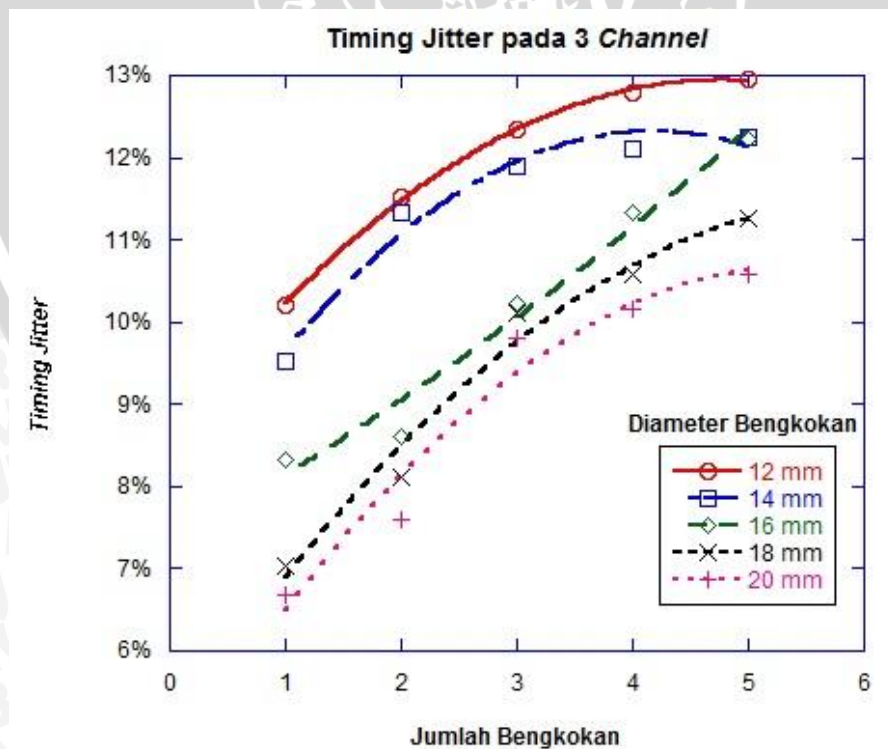
Hasil pengukuran *timing jitter* pada 3 channel yang berupa nilai ΔT , nilai T_b , nilai *timing jitter*, dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 3.3 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap *Timing Jitter* pada 3 Channel.

Perhitungan nilai *timing jitter* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-10). Besar nilai *timing jitter* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* pada 3 channel adalah :

$$\text{Timing Jitter (\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% = \frac{0,061 \times 10^{-6}}{0,974 \times 10^{-6}} \times 100\% = 6,26\%$$

Untuk perhitungan nilai *timing jitter* dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

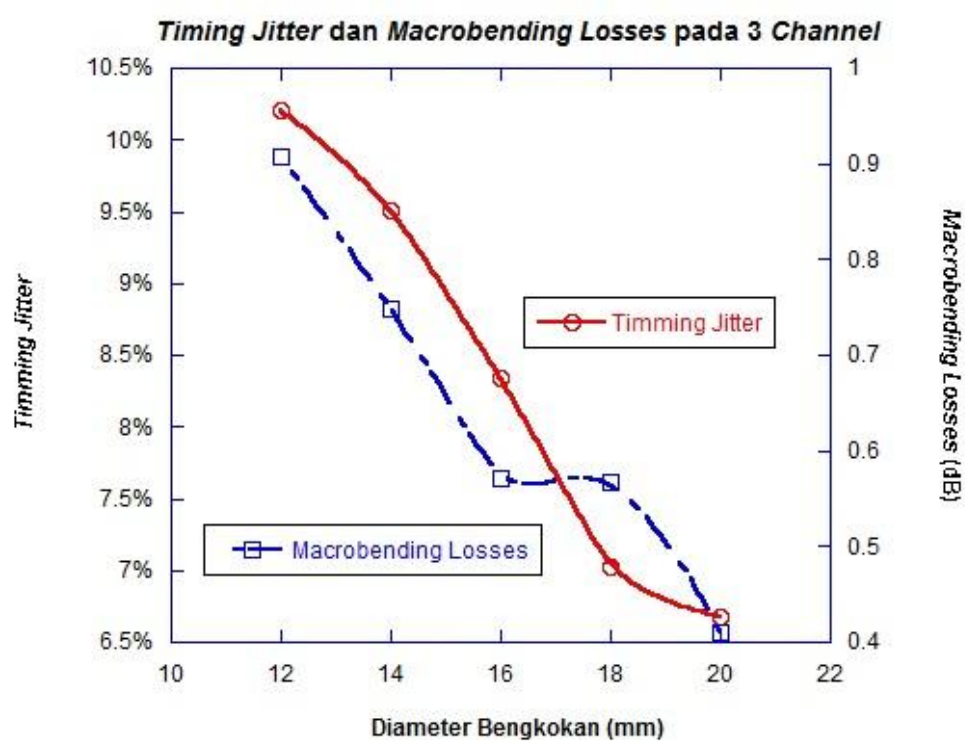
Hasil perhitungan *timing jitter* pada 3 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.57 dan Gambar 4.58.



Gambar 4.57 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Timing Jitter* pada 3 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.57 terlihat nilai *timing jitter* pada 3 *channel* untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* cenderung tetap rendah yaitu sekitar 6,6% hingga 13%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *timing jitter* yang cenderung tetap rendah menunjukkan data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Gambar 4.58 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *timing jitter* untuk satu bengkokan pada 3 *channel*.



Gambar 4.58 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Timing Jitter* Pada 3 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.58 menunjukkan bahwa karakteristik *timing jitter* pada 3 *channel* terhadap diameter bengkokan sebanding dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* tetap rendah yaitu sekitar 6,6% hingga 10,2%. Nilai ini menunjukkan bahwa data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Nilai *timing jitter* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,4100 dB hingga 0,9073 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga distorsi fasa yang terjadi cenderung rendah. Distorsi fasa yang rendah tidak akan menyebabkan pergeseran *timing* sinyal yang signifikan sehingga *timing error* cenderung rendah.

Nilai *timing jitter* yang diharapkan adalah nilai yang rendah. Nilai *timing jitter* yang baik secara harus berada di bawah 30% dari bit interval.

4) Hasil Pengukuran *Timing Jitter* Pada 4 Channel

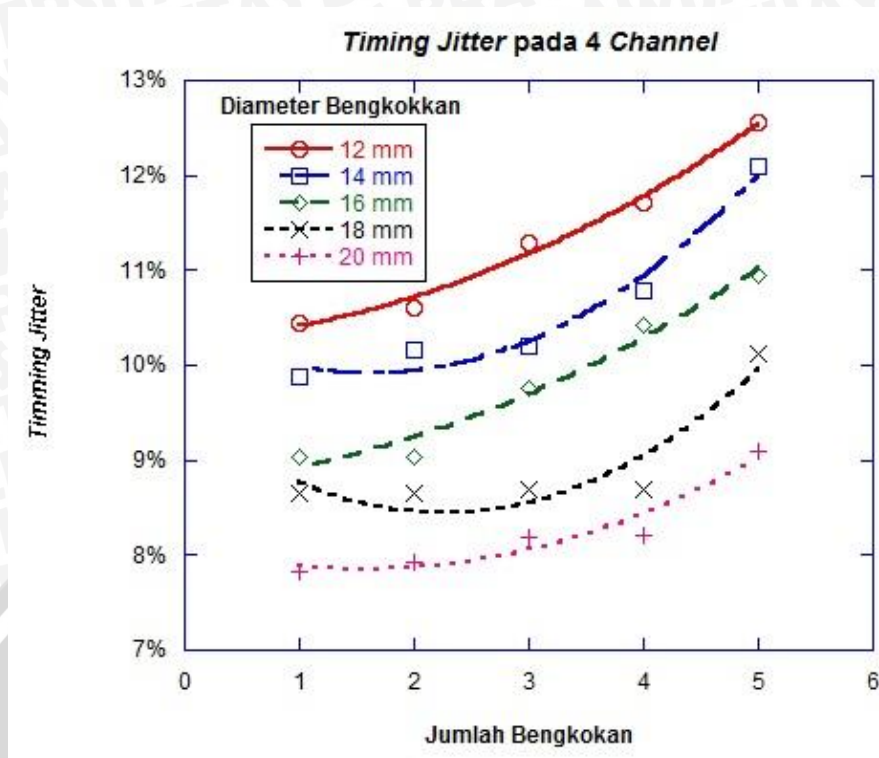
Hasil pengukuran *timing jitter* pada 4 channel yang berupa nilai ΔT , nilai T_b , nilai *timing jitter*, dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 3.4 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap *Timing Jitter* pada 4 Channel.

Perhitungan nilai *timing jitter* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-10). Besar nilai *timing jitter* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobending* pada 4 channel adalah :

$$\text{Timing Jitter (\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% = \frac{0,073 \times 10^{-6}}{0,978 \times 10^{-6}} \times 100\% = 7,46\%$$

Untuk perhitungan nilai *timing jitter* dengan kondisi setelah terjadi *macrobending* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

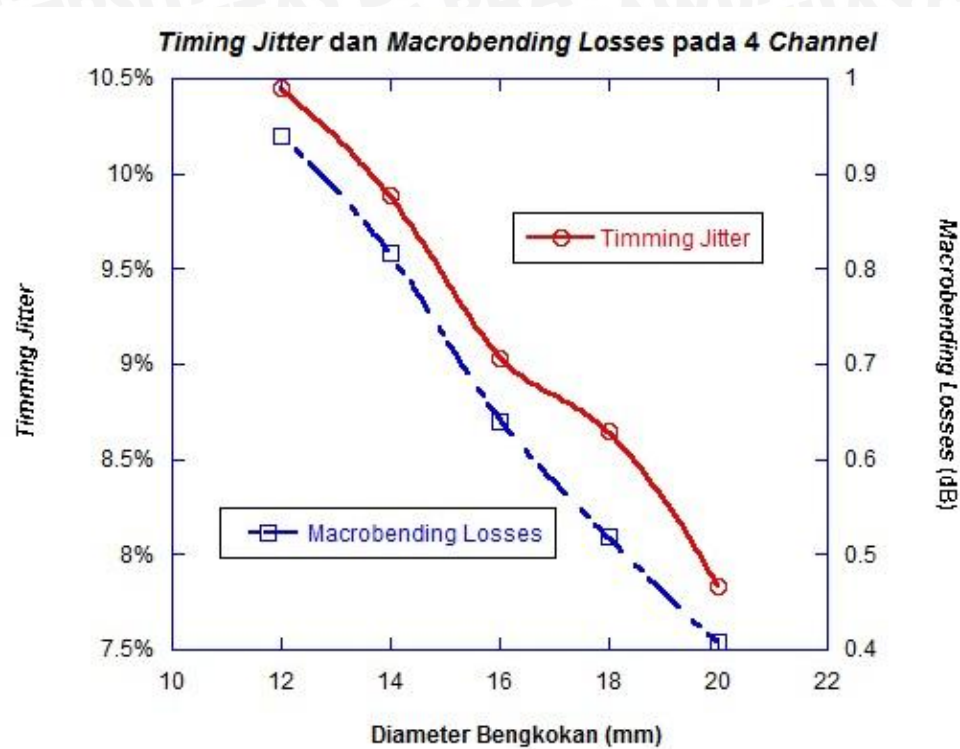
Hasil perhitungan *timing jitter* pada 4 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.59 dan Gambar 4.60.



Gambar 4.59 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Timing Jitter* pada 4 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.59 terlihat nilai *timing jitter* pada 4 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* cenderung tetap rendah yaitu sekitar 7,8% hingga 12,5%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *timing jitter* yang cenderung tetap rendah menunjukkan data berada pada timing ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Gambar 4.60 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *timing jitter* untuk satu bengkokan pada 4 channel.



Gambar 4.60 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Timing Jitter* Pada 4 Channel

Grafik pada Gambar 4.60 menunjukkan bahwa karakteristik *timing jitter* pada 4 channel terhadap diameter bengkokan sebanding dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* tetap rendah yaitu sekitar 7,8% hingga 10,5%. Nilai ini menunjukkan bahwa data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Nilai *timing jitter* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,4076 dB hingga 0,9399 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga distorsi fasa yang terjadi cenderung rendah. Distorsi fasa yang rendah tidak akan menyebabkan pergeseran *timing* sinyal yang signifikan sehingga *timing error* cenderung rendah.

Nilai *timing jitter* yang diharapkan adalah nilai yang rendah. Nilai *timing jitter* yang baik secara harus berada di bawah 30% dari bit interval.

5) Hasil Pengukuran *Timing Jitter* Pada 5 Channel

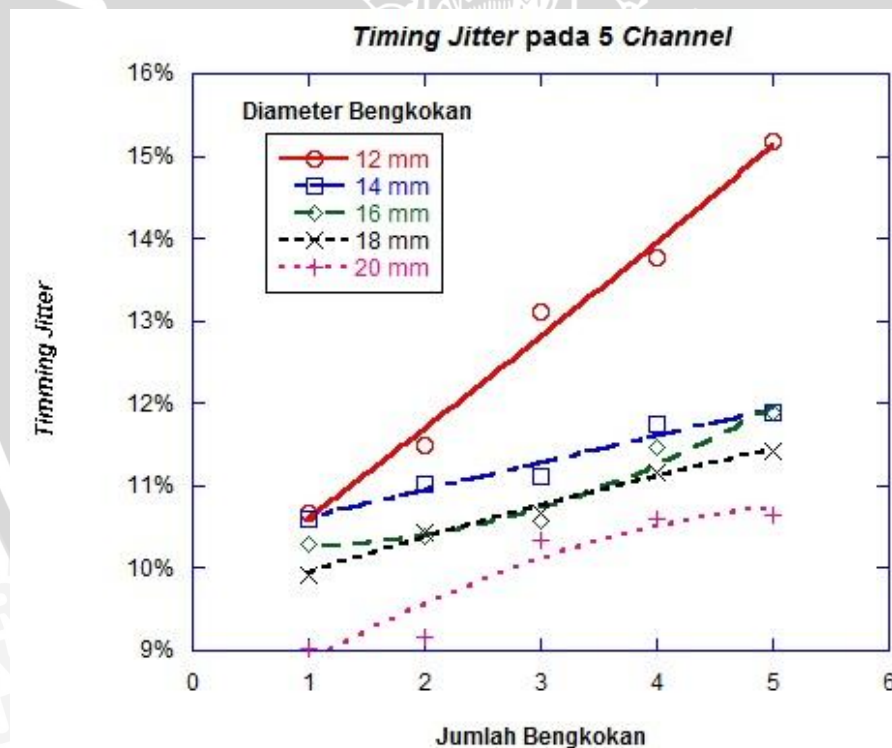
Hasil pengukuran *timing jitter* pada 5 channel yang berupa nilai ΔT , nilai T_b , nilai *timing jitter*, dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 3.5 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap *Timing Jitter* pada 5 Channel.

Perhitungan nilai *timing jitter* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-10). Besar nilai *timing jitter* pada 5 channel untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* adalah :

$$\text{Timing Jitter (\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% = \frac{0,072 \times 10^{-6}}{0,970 \times 10^{-6}} \times 100\% = 7,42\%$$

Untuk perhitungan nilai *timing jitter* dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

Hasil perhitungan *timing jitter* pada 5 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.61 dan Gambar 4.62.

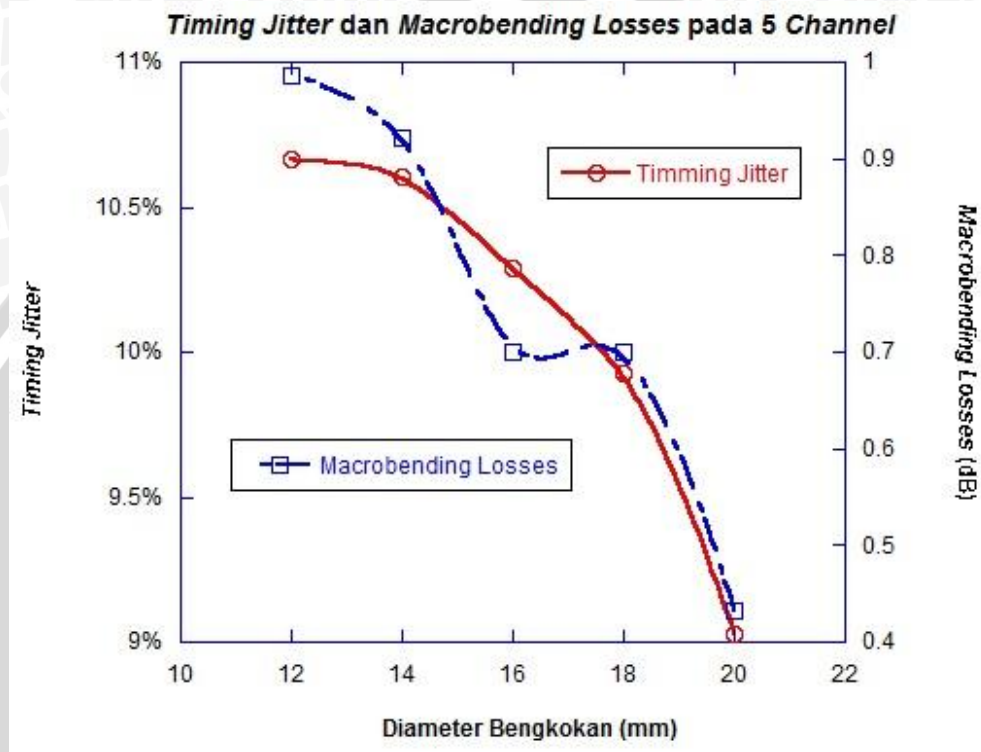


Gambar 4.61 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Timing Jitter* pada 5 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.61 terlihat nilai *timing jitter* pada 5 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* cenderung

tetap rendah yaitu sekitar 9% hingga 15%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *timing jitter* yang cenderung tetap rendah menunjukkan data berada pada timing ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Gambar 4.62 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *timing jitter* untuk satu bengkokan pada 5 channel.



Gambar 4.62 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Timing Jitter* Pada 5 Channel

Grafik pada Gambar 4.62 menunjukkan bahwa karakteristik *timing jitter* pada 5 channel terhadap diameter bengkokan sebanding dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* tetap rendah yaitu sekitar 9% hingga 10,6%. Nilai ini menunjukkan bahwa data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Nilai *timing jitter* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,4329 dB hingga 0,9864 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga distorsi fasa yang terjadi cenderung rendah.

Disorsi fasa yang rendah tidak akan menyebabkan pergeseran *timing* sinyal yang signifikan sehingga *timing error* cenderung rendah.

Nilai *timing jitter* yang diharapkan adalah nilai yang rendah. Nilai *timing jitter* yang baik secara harus berada di bawah 30% dari bit interval.

6) Hasil Pengukuran *Timing Jitter* Pada 6 Channel

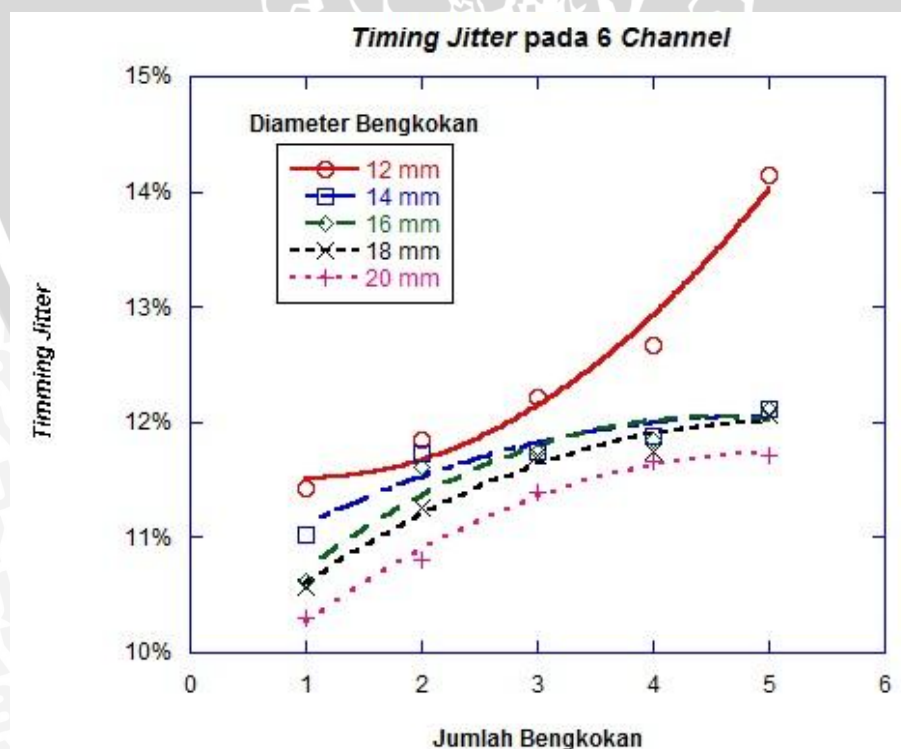
Hasil pengukuran *timing jitter* pada 6 channel yang berupa nilai ΔT , nilai T_b , nilai *timing jitter*, dan nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 3.6 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap *Timing Jitter* pada 6 Channel.

Perhitungan nilai *timing jitter* dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-10). Besar nilai *timing jitter* pada 6 channel untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* adalah :

$$\text{Timing Jitter (\%)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100\% = \frac{0,080 \times 10^{-6}}{0,982 \times 10^{-6}} \times 100\% = 8,15\%$$

Untuk perhitungan nilai *timing jitter* dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

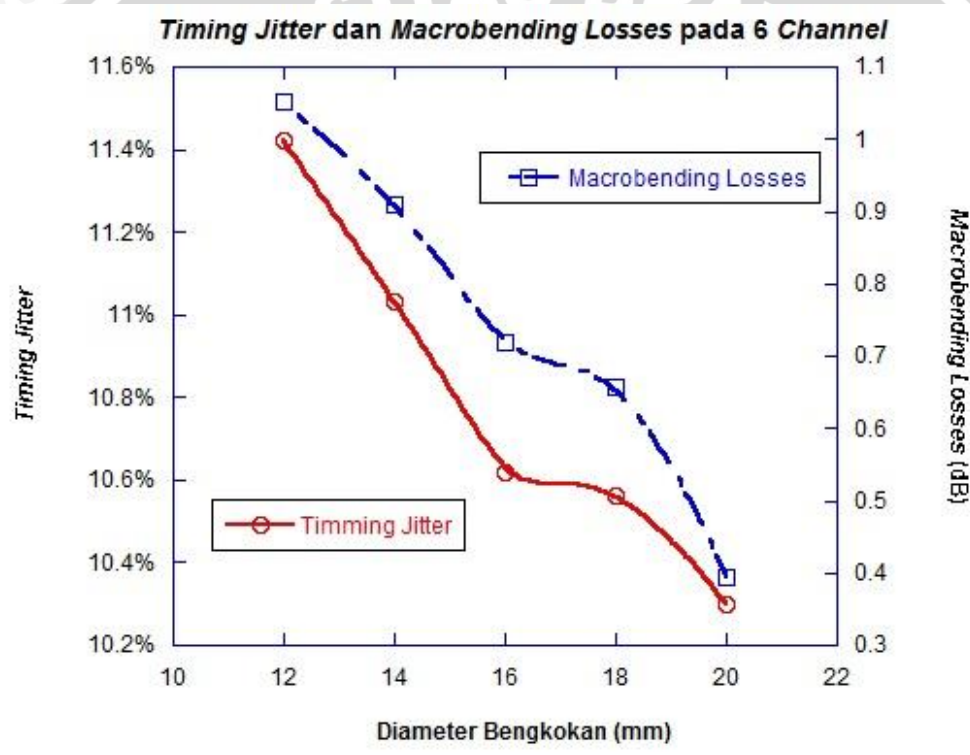
Hasil perhitungan *timing jitter* pada 6 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.63 dan Gambar 4.64.



Gambar 4.63 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan *Timing Jitter* pada 6 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.63 terlihat nilai timing jitter pada 6 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* cenderung tetap rendah yaitu sekitar 10% hingga 14%. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai *timing jitter* yang cenderung tetap rendah menunjukkan data berada pada timing ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Gambar 4.64 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan *timing jitter* untuk satu bengkokan pada 6 channel.



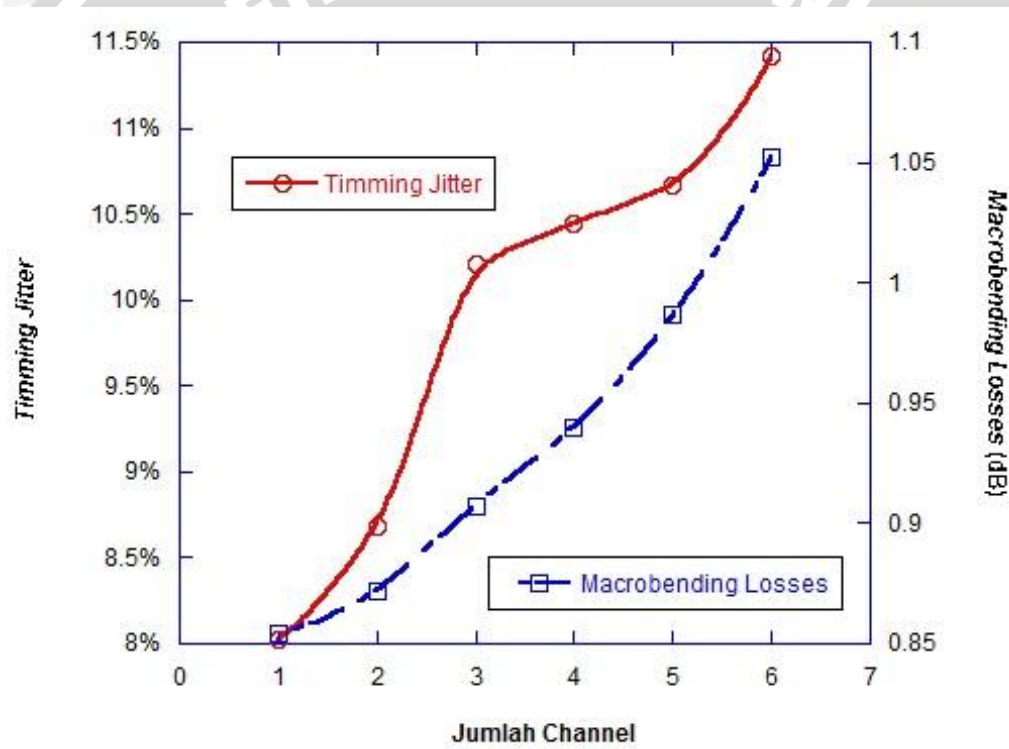
Gambar 4.64 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan *Timing Jitter* Pada 6 Channel

Grafik pada Gambar 4.64 menunjukkan bahwa karakteristik *timing jitter* pada 6 channel terhadap diameter bengkokan sebanding dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai *timing jitter* tetap rendah yaitu sekitar 10% hingga 11,4%. Nilai ini menunjukkan bahwa data berada pada *timing* ideal atau hanya sedikit pergeseran waktu yang terjadi dalam transmisi.

Nilai *timing jitter* yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,3944 dB hingga 1,0523 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga distorsi fasa yang terjadi cenderung rendah. Distorsi fasa yang rendah tidak akan menyebabkan pergeseran *timing* sinyal yang signifikan sehingga *timing error* cenderung rendah.

Nilai *timing jitter* yang diharapkan adalah nilai yang rendah. Nilai *timing jitter* yang baik secara harus berada di bawah 30% dari bit interval.

Setelah dilakukan pengukuran dan analisa pengaruh *macrobending losses* terhadap *timing jitter* pada 1 sampai 6 *channel*, maka hubungan antara *macrobending losses*, *timing jitter*, dan jumlah *channel* yang digunakan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.65.



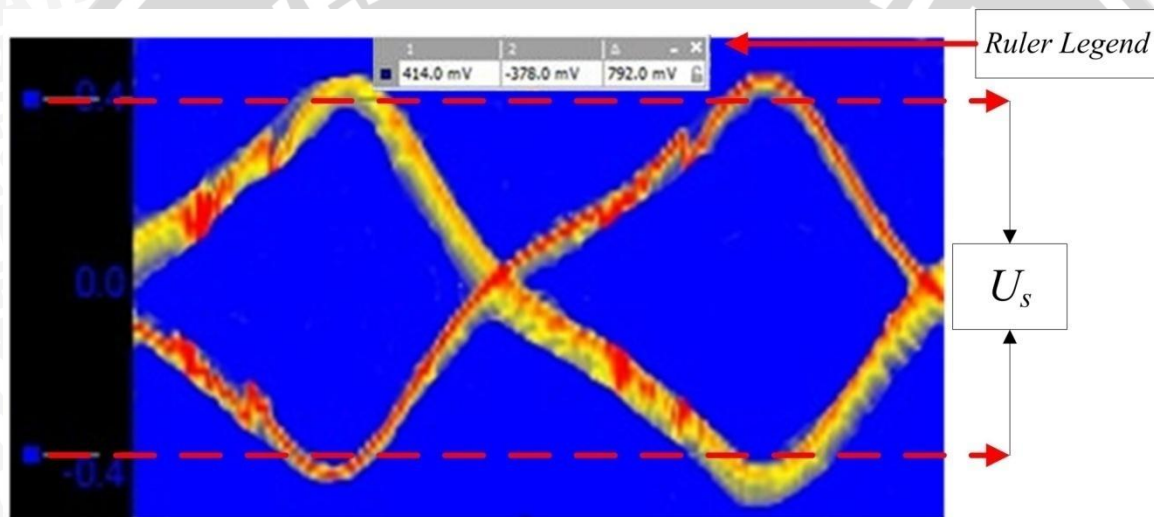
Gambar 4.65 Grafik Hubungan Antara Besar *Macrobending Losses*, *timing jitter*, dan jumlah *Channel*

Gambar 4.65 menunjukkan grafik hubungan antara *macrobending losses*, *timing jitter*, dan jumlah *channel* yang digunakan untuk besar diameter 12 mm dengan variasi jumlah bengkokan adalah satu. Gambar 4.65 menunjukkan bahwa karakteristik *timing jitter* terhadap jumlah *channel* yang digunakan sebanding dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap jumlah *channel* yang digunakan. Semakin banyak *channel* yang digunakan maka semakin bertambah nilai *macrobending losses* dan nilai *timing jitter*. Hal ini dikarenakan semakin tinggi pula energi yang dikirimkan.

Pada 6 channel nilai *macrobending losses* adalah 1,0523 dB sedangkan nilai *timing jitter* adalah 11,5%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun semakin banyak channel yang digunakan nilai *macrobending losses* tetap tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai *timing jitter*. Hasil pengukuran ini membuktikan bahwa pengaruh *macrobending* pada sistem TDM tidak akan menyebabkan sinyal informasi mengalami pergeseran *timing* sinyal yang signifikan sehingga *timing error* cenderung rendah. Sehingga nilai *timing jitter* yang ada tetap rendah, yaitu di bawah 30%.

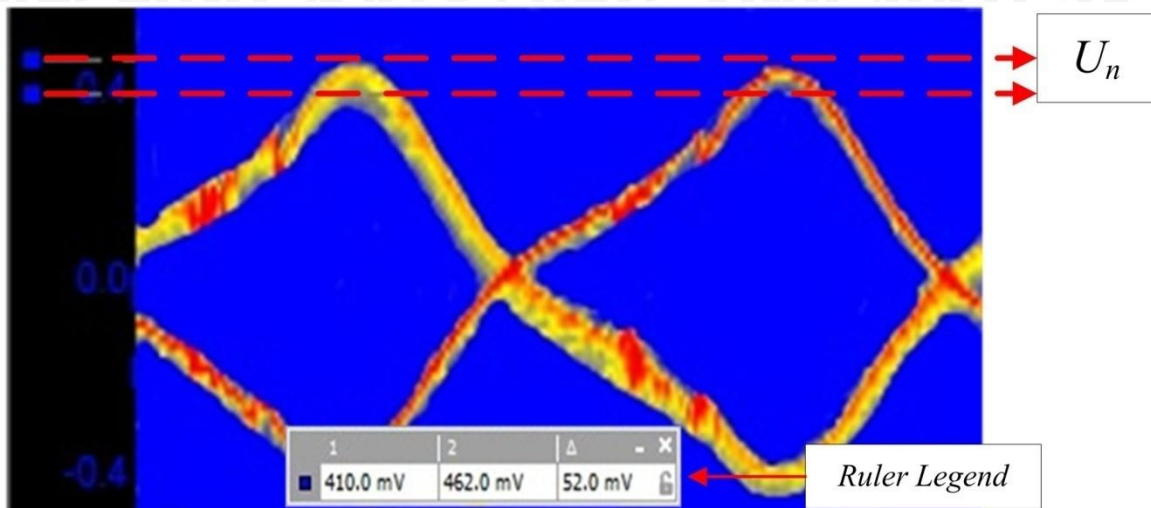
4.3.2.3 Analisis SNR pada Eye Pattern

Pengukuran untuk nilai SNR dihitung dari besar nilai amplitudo sinyal (U_s) dan nilai *noise* maksimum (U_n). Pengukuran nilai variabel-variabel tersebut dilakukan pada *software* PicoScope 6.0 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.66.



Gambar 4.66 Pengukuran Nilai Ampiltudo Sinyal (U_s) pada Eye Pattern

Nilai U_s dapat diketahui dengan mengarahkan *signal rulers* pada PicoScope 6.0. Nilai tersebut ditampilkan pada *ruler legend* di atas tampilan eye pattern. Secara jelas pada Gambar 4.66 nilai U_s pada ditunjukkan pada kolom *ruler difference* (Δ) yaitu sebesar 792 mV. Nilai tersebut merupakan nilai U_s ketika kondisi tanpa *macrobending* pada 1 *channel*. Pengukuran nilai *noise* maksimum (U_n) pada Picoscope 6.0 ditampilkan pada Gambar 4.67.



Gambar 4.67 Pengukuran Nilai Noise Maksimum (U_n) pada Eye Pattern

Nilai U_n dapat diketahui dengan mengarahkan *signal rulers* pada PicoScope 6.0. Nilai tersebut ditampilkan pada *ruler legend* di atas tampilan *eye pattern*. Nilai T_b ditunjukkan pada kolom *ruler difference* (Δ) yaitu sebesar 52 mV. Nilai tersebut merupakan nilai U_n ketika kondisi tanpa *macrobending* pada 1 *channel*.

Data pengukuran SNR untuk variasi besar diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan yang berbeda dilakukan dari 1 sampai 6 *channel*.

Hasil pengukuran SNR untuk masing-masing *channel* adalah sebagai berikut :

1) Hasil Pengukuran SNR Pada 1 Channel

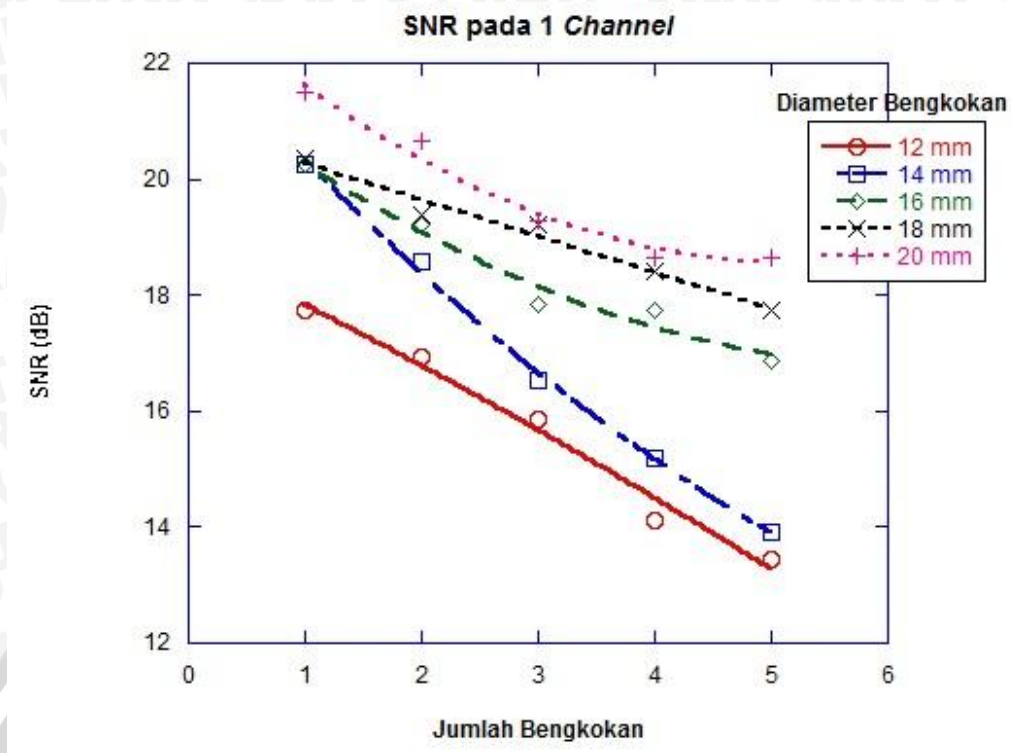
Hasil pengukuran SNR pada 1 *channel* yang berupa nilai U_s , nilai U_n , nilai SNR dan Nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 4.1 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap SNR pada 1 *Channel*.

Perhitungan nilai SNR dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-11). Besar nilai SNR pada 1 *channel* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* adalah :

$$\text{SNR (dB)} = 20 \log \frac{U_s}{U_n} = 20 \log \frac{792}{52} = 23,65 \text{ dB}$$

Untuk perhitungan nilai SNR dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

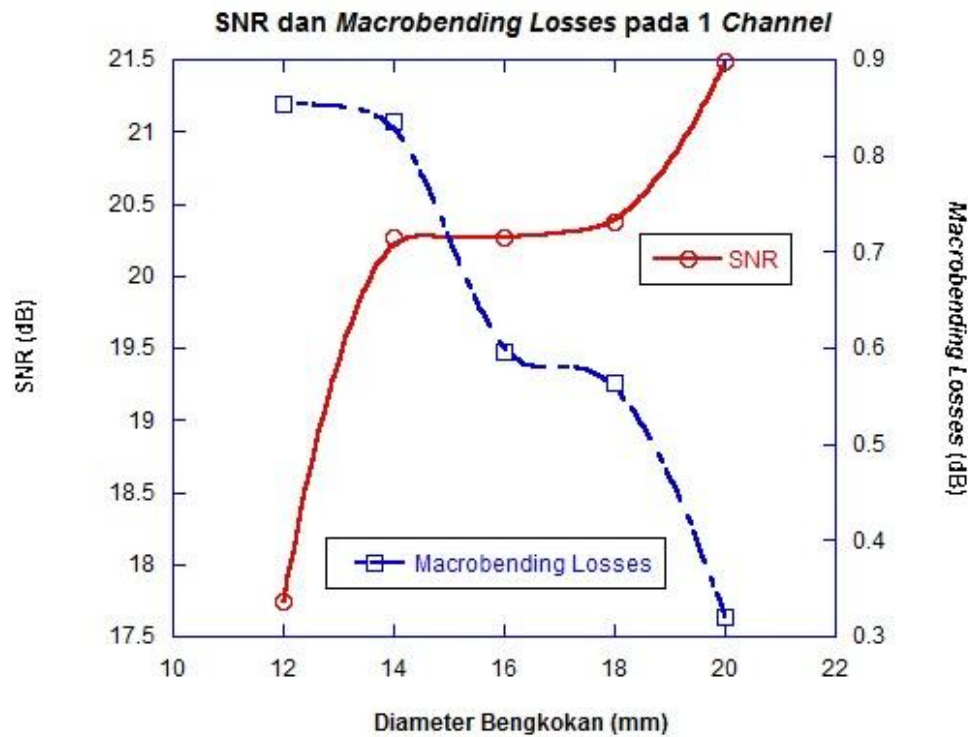
Hasil perhitungan SNR pada 1 *channel* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.68 dan Gambar 4.69.



Gambar 4.68 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan SNR pada 1 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.68 terlihat nilai SNR pada 1 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap cukup tinggi yaitu sekitar 21,484 dB hingga 13,447 dB. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai SNR yang cenderung tetap tinggi menunjukkan daya sinyal transmisi yang diterima tetap baik meskipun terdapat daya noise akibat pengaruh dari *macrobending*. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai SNR yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.69 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan SNR untuk satu bengkokan pada 1 channel.



Gambar 4.69 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan SNR pada 1 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.69 menunjukkan bahwa karakteristik SNR pada 1 *channel* terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap tinggi yaitu sekitar 21,484 dB hingga 17,739 dB. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai SNR yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,3205 dB hingga 0,8540 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

2) Hasil Pengukuran SNR Pada 2 *Channel*

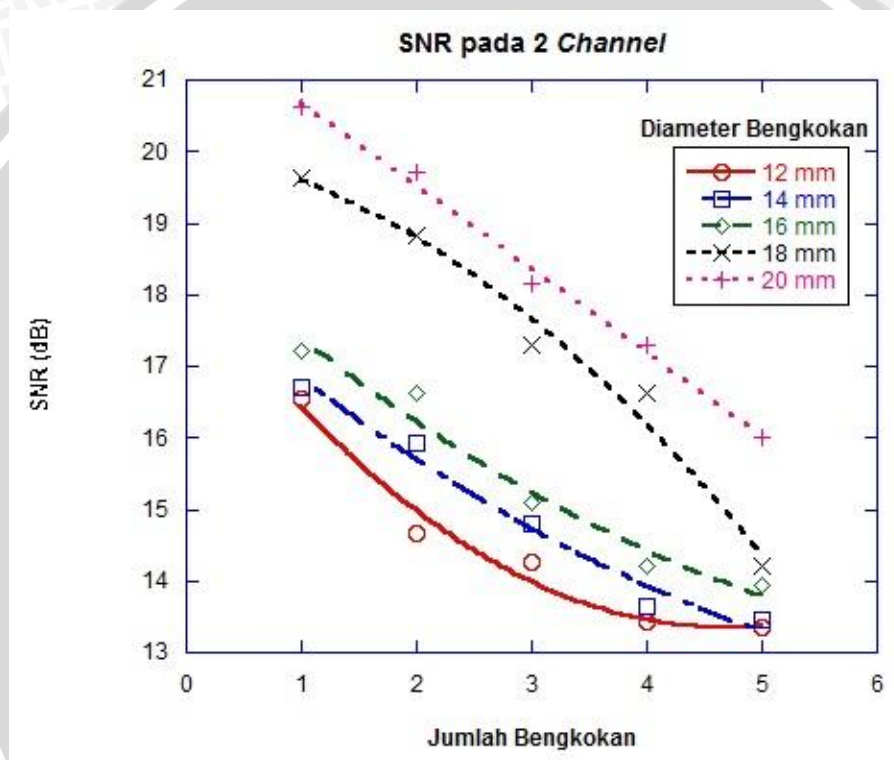
Hasil pengukuran SNR pada 2 *channel* yang berupa nilai U_s , nilai U_n , nilai SNR dan Nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 4.2 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap SNR pada 2 *Channel*.

Perhitungan nilai SNR dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-11). Besar nilai SNR pada 2 channel untuk kondisi sebelum terjadi *macrobending* adalah :

$$\text{SNR (dB)} = 20 \log \frac{U_s}{U_n} = 20 \log \frac{791}{66} = 21,5726 \text{ dB}$$

Untuk perhitungan nilai SNR dengan kondisi setelah terjadi *macrobending* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

Hasil perhitungan SNR pada 2 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.70 dan Gambar 4.71.

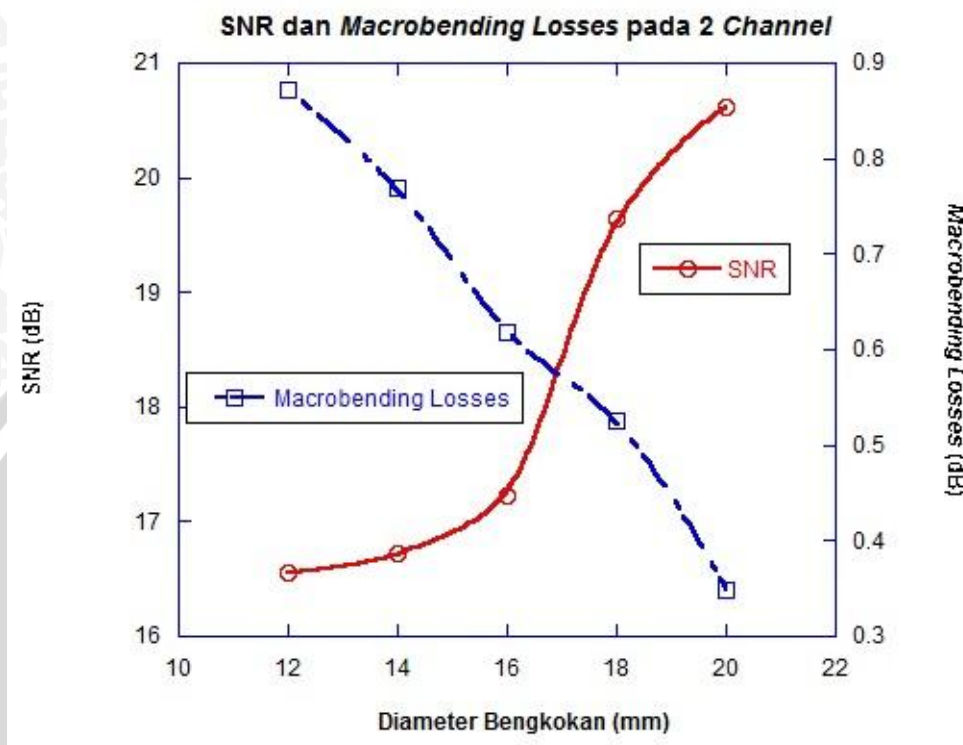


Gambar 4.70 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan SNR pada 2 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.70 terlihat nilai SNR pada 2 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap cukup tinggi yaitu sekitar 20,620 dB hingga 13,347 dB. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai SNR yang cenderung tetap tinggi menunjukkan daya sinyal transmisi yang diterima tetap baik meskipun terdapat daya *noise* akibat pengaruh dari *macrobending*. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*.

Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai SNR yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.71 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan SNR untuk satu bengkokan pada 2 *channel*.



Gambar 4.71 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan SNR pada 2 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.71 menunjukkan bahwa karakteristik SNR pada 2 *channel* terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap tinggi yaitu sekitar 20,620 dB hingga 16,554 dB. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai SNR yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,3494 dB hingga 0,8716 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

3) Hasil Pengukuran SNR Pada 3 Channel

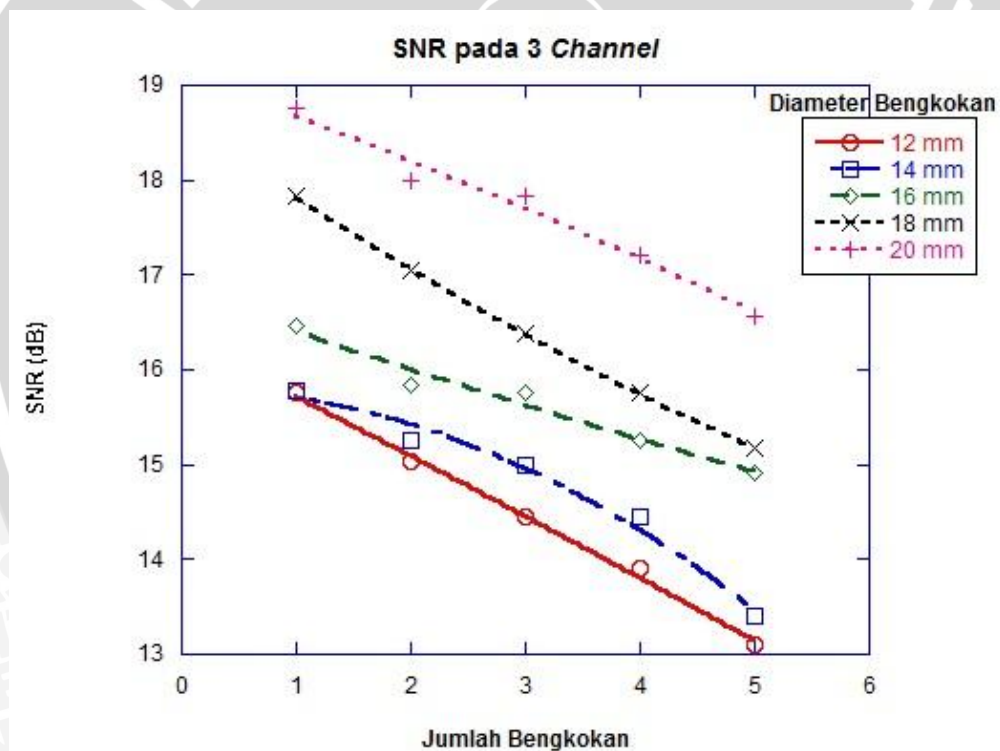
Hasil pengukuran SNR pada 3 channel yang berupa nilai U_s , nilai U_n , nilai SNR dan Nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 4.3 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap SNR pada 3 Channel.

Perhitungan nilai SNR dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-11). Besar nilai SNR pada 3 channel untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* adalah :

$$\text{SNR (dB)} = 20 \log \frac{U_s}{U_n} = 20 \log \frac{762}{80} = 19,5773 \text{ dB}$$

Untuk perhitungan nilai SNR dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkakan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

Hasil perhitungan SNR pada 3 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.72 dan Gambar 4.73.

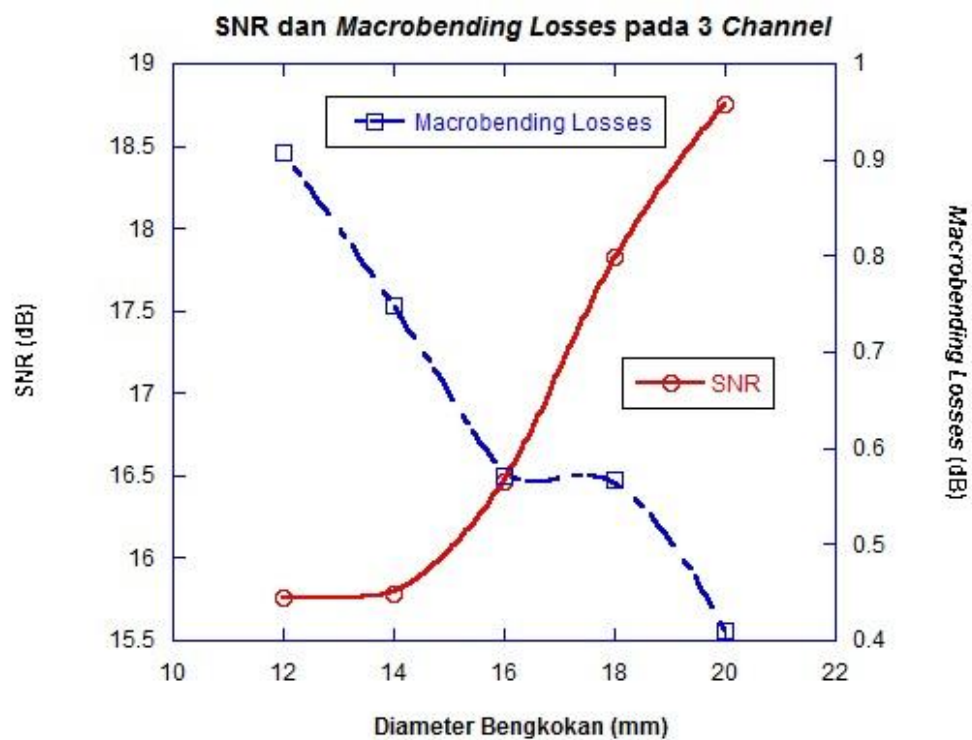


Gambar 4.72 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan SNR pada 3 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.72 terlihat nilai SNR pada 3 channel untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap cukup tinggi yaitu sekitar 18,757 dB hingga 13,102 dB. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobanding*

losses tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai SNR yang cenderung tetap tinggi menunjukkan daya sinyal transmisi yang diterima tetap baik meskipun terdapat daya noise akibat pengaruh dari *macrobending*. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai SNR yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.73 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan SNR untuk satu bengkokan pada 3 *channel*.



Gambar 4.73 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan SNR pada 3 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.73 menunjukkan bahwa karakteristik SNR pada 3 *channel* terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap tinggi yaitu sekitar 18,757 dB hingga 15,759 dB. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai SNR yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,4100 dB hingga 0,9073 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi

akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

4) Hasil Pengukuran SNR Pada 4 Channel

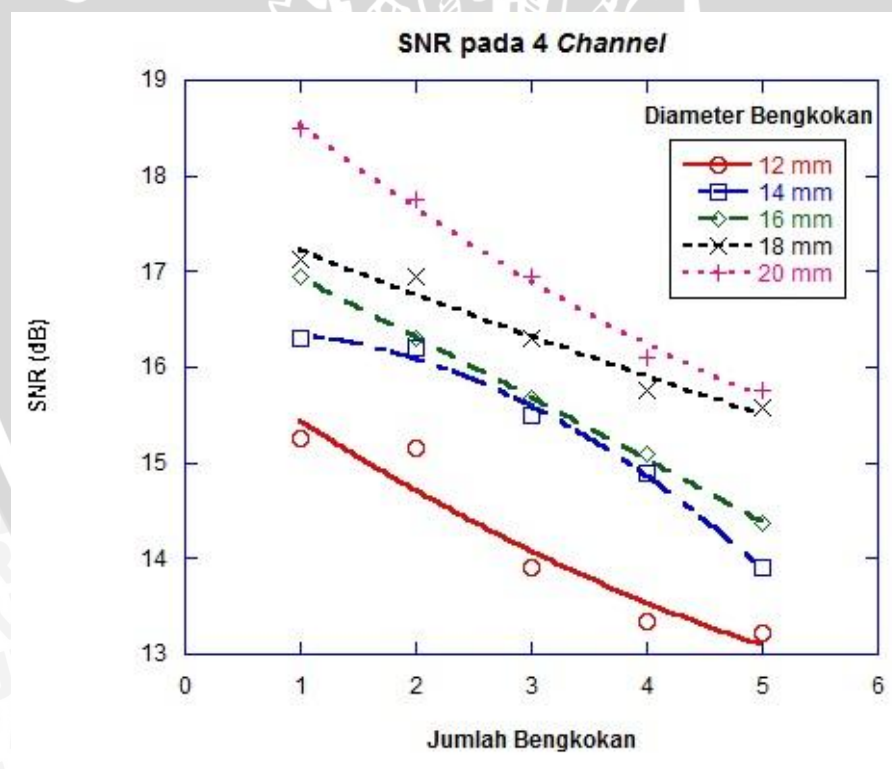
Hasil pengukuran SNR pada 4 *channel* yang berupa nilai U_s , nilai U_n , nilai SNR dan Nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 4.4 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap SNR pada 4 *Channel*.

Perhitungan nilai SNR dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-11). Besar nilai SNR pada 4 *channel* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobending* adalah :

$$\text{SNR (dB)} = 20 \log \frac{U_s}{U_n} = 20 \log \frac{755}{80} = 19,4971 \text{ dB}$$

Untuk perhitungan nilai SNR dengan kondisi setelah terjadi *macrobending* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

Hasil perhitungan SNR pada 4 *channel* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.74 dan Gambar 4.75.

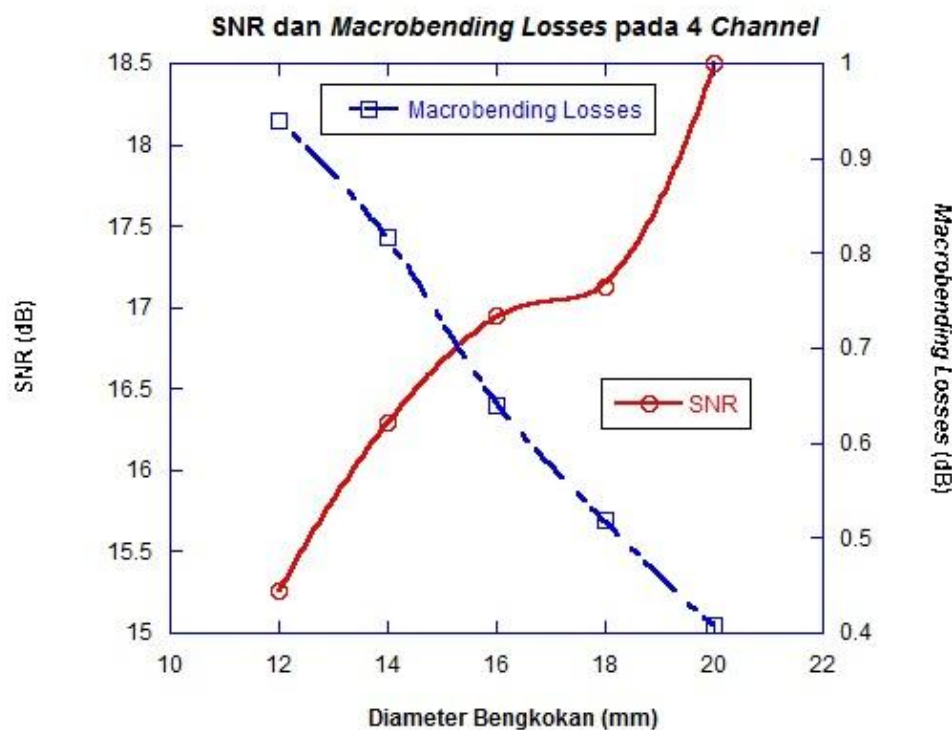


Gambar 4.74 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan SNR pada 4 *Channel*

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.74 terlihat nilai SNR pada 4 *channel* untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan

perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap cukup tinggi yaitu sekitar 18,495 dB hingga 13,227 dB. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai SNR yang cenderung tetap tinggi menunjukkan daya sinyal transmisi yang diterima tetap baik meskipun terdapat daya *noise* akibat pengaruh dari *macrobending*. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai SNR yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.75 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan SNR untuk satu bengkokan pada 4 *channel*.



Gambar 4.75 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan SNR pada 4 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.75 menunjukkan bahwa karakteristik SNR pada 4 *channel* terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap tinggi yaitu sekitar 18,495 dB hingga 15,254 dB. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki ketebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai SNR yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,4076dB hingga 0,9399 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

5) Hasil Pengukuran SNR Pada 5 Channel

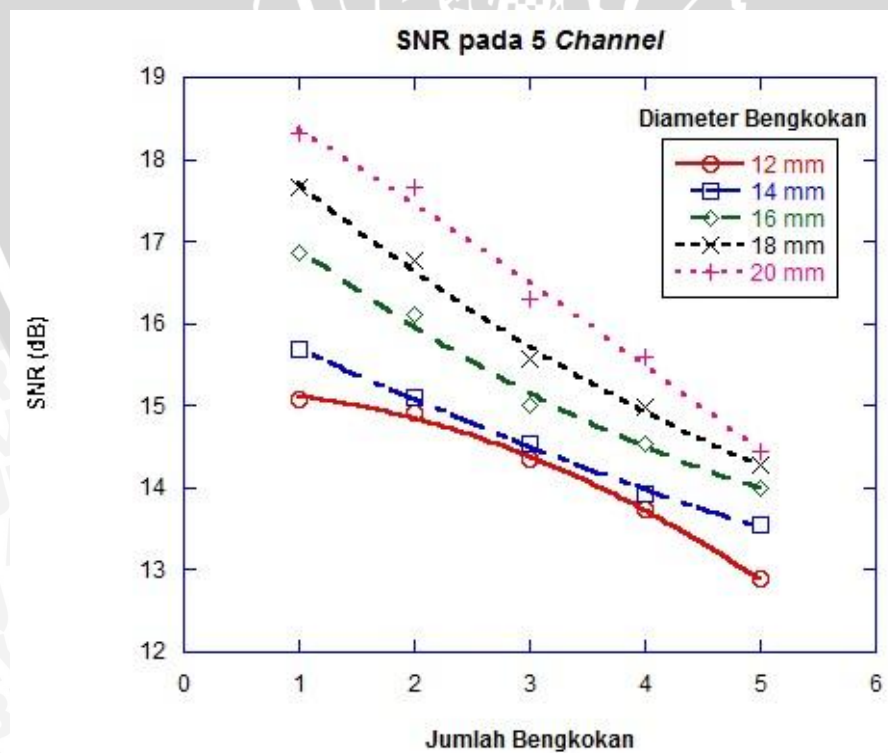
Hasil pengukuran SNR pada 5 *channel* yang berupa nilai U_s , nilai U_n , nilai SNR dan Nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 4.5 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobending Losses* Terhadap SNR pada 5 *Channel*.

Perhitungan nilai SNR dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-11). Besar nilai SNR pada 5 *channel* untuk kondisi sebelum terjadi *macrobending* adalah :

$$\text{SNR (dB)} = 20 \log \frac{U_s}{U_n} = 20 \log \frac{747}{81} = 19,2967 \text{ dB}$$

Untuk perhitungan nilai SNR dengan kondisi setelah terjadi *macrobending* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

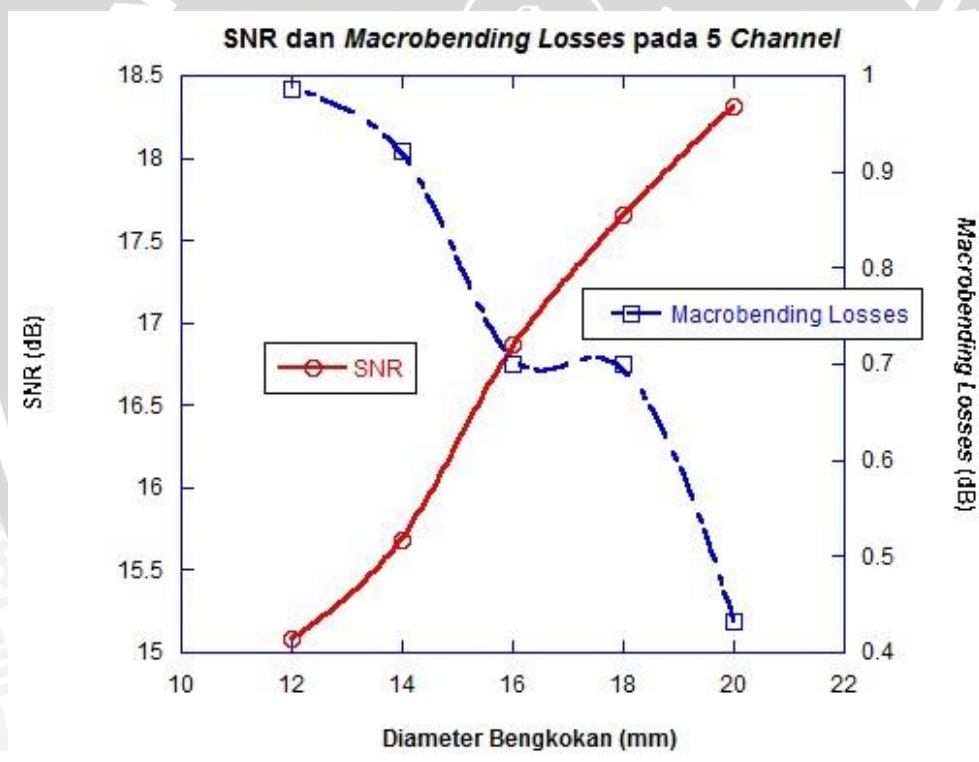
Hasil perhitungan SNR pada 5 *channel* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.76 dan Gambar 4.77.



Gambar 4.76 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan SNR pada 5 *Channel*

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.76 terlihat nilai SNR pada 5 *channel* untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap cukup tinggi yaitu sekitar 18,317 dB hingga 12,892 dB. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai SNR yang cenderung tetap tinggi menunjukkan daya sinyal transmisi yang diterima tetap baik meskipun terdapat daya *noise* akibat pengaruh dari *macrobending*. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai SNR yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.77 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan SNR untuk satu bengkokan pada 5 *channel*.



Gambar 4.77 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan SNR pada 5 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.77 menunjukkan bahwa karakteristik SNR pada 5 *channel* terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap tinggi yaitu

sekitar 18,317dB hingga 15,087 dB. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai SNR yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,4329 dB hingga 0,9864 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

6) Hasil Pengukuran SNR Pada 6 Channel

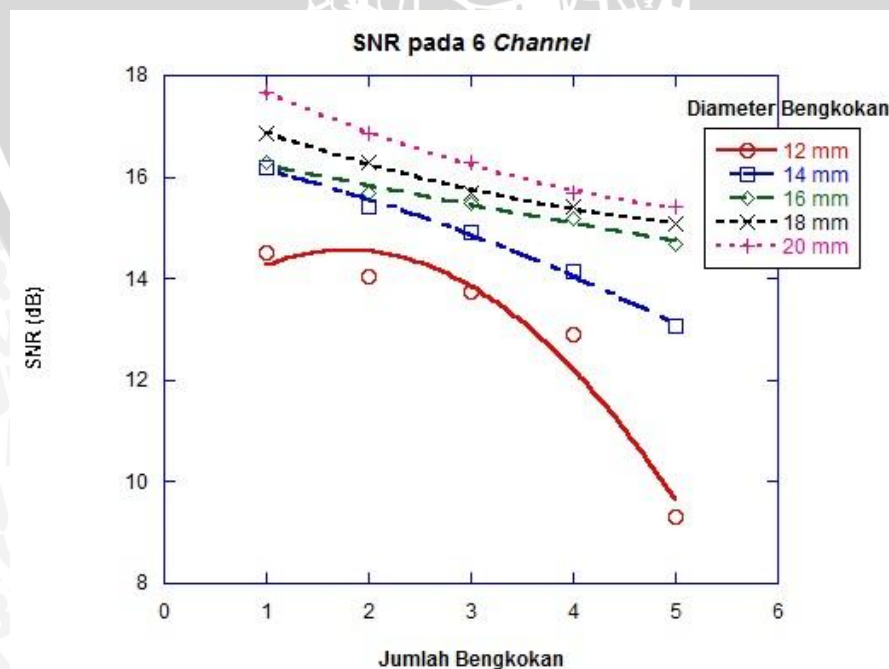
Hasil pengukuran SNR pada 6 channel yang berupa nilai U_s , nilai U_n , nilai SNR dan Nilai *macrobending losses* ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 4.6 Hasil Pengukuran Pengaruh *Macrobanding Losses* Terhadap SNR pada 6 Channel.

Perhitungan nilai SNR dapat dilakukan menggunakan Persamaan (2-11). Besar nilai SNR pada 6 channel untuk kondisi sebelum terjadi *macrobanding* adalah :

$$\text{SNR (dB)} = 20 \log \frac{U_s}{U_n} = 20 \log \frac{725}{88} = 18,3171 \text{ dB}$$

Untuk perhitungan nilai SNR dengan kondisi setelah terjadi *macrobanding* untuk diameter dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama.

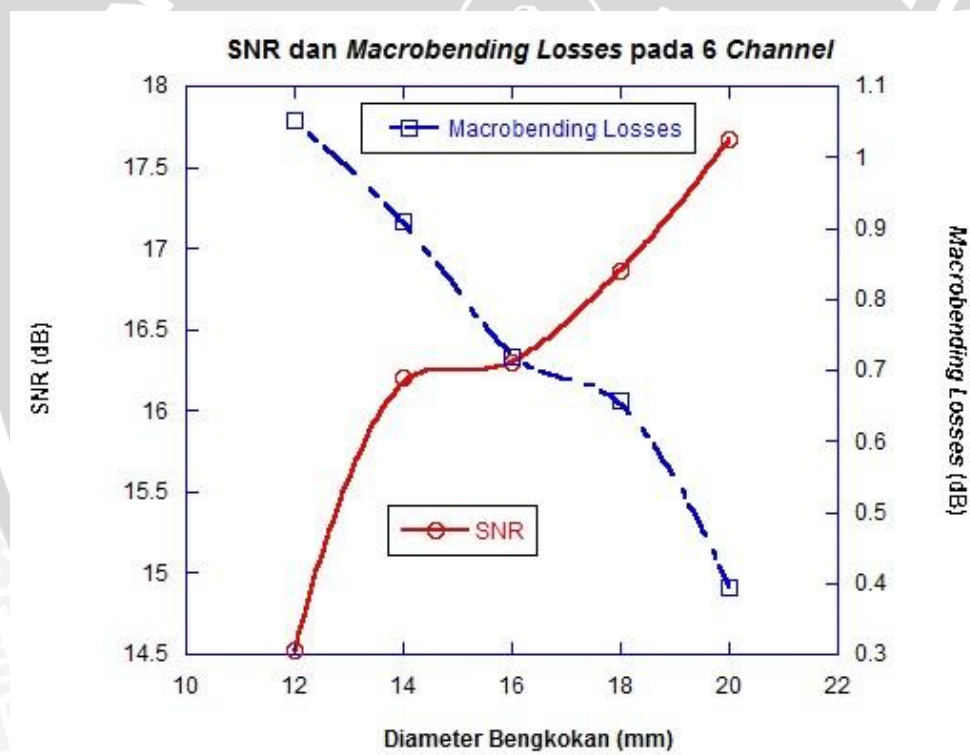
Hasil perhitungan SNR pada 6 channel ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.78 dan Gambar 4.79.



Gambar 4.78 Grafik Hubungan Antara Besar Diameter dan Jumlah Bengkokan dengan SNR pada 6 Channel

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.78 terlihat nilai SNR pada 6 *channel* untuk seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk seluruh variasi jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap cukup tinggi yaitu sekitar 17,672 dB hingga 9,320 dB. Hal ini menunjukkan bahwa *macrobending losses* tidak terlalu berpengaruh pada sistem TDM dengan media transmisi POF. Nilai SNR yang cenderung tetap tinggi menunjukkan daya sinyal transmisi yang diterima tetap baik meskipun terdapat daya *noise* akibat pengaruh dari *macrobending*. Pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*. Hal inilah yang menyebabkan sistem TDM dengan media transmisi POF tetap memiliki nilai SNR yang tinggi meskipun diberikan perlakuan *macrobending*.

Gambar 4.79 menunjukkan grafik hubungan diameter bengkokan, *macrobending losses*, dan SNR untuk satu bengkokan pada 6 *channel*.



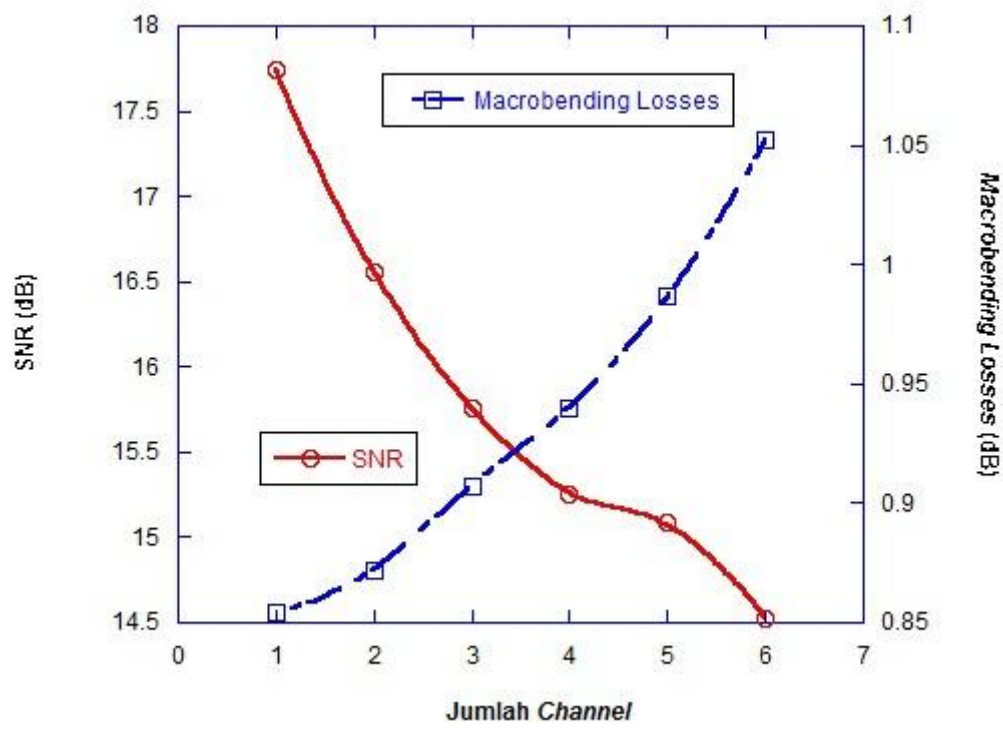
Gambar 4.79 Grafik Hubungan Antara Diameter Bengkokan, *Macrobending Losses*, dan SNR pada 6 *Channel*

Grafik pada Gambar 4.79 menunjukkan bahwa karakteristik SNR pada 6 *channel* terhadap diameter bengkokan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap diameter bengkokan. Pada seluruh diameter bengkokan dari 20 mm hingga 12 mm untuk variasi satu jumlah bengkokan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada penjalaran cahaya sehingga nilai SNR tetap tinggi yaitu

sekitar 17,672 dB hingga 14,528 dB. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kekebalan yang cukup terhadap *noise*.

Nilai SNR yang tetap tinggi merupakan konsekuensi dari kecilnya nilai *macrobending losses* yang ada, yaitu sekitar 0,3944 dB hingga 1,0523 dB. Hal ini disebabkan pada sistem TDM terdapat modulasi, yang memungkinkan sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise*, sehingga penjalaran cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh *macrobending*.

Setelah dilakukan pengukuran dan analisa pengaruh *macrobending losses* terhadap SNR pada 1 sampai 6 *channel*, maka hubungan antara *macrobending losses*, SNR, dan jumlah *channel* yang digunakan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.80.



Gambar 4.80 Grafik Hubungan Antara Besar *Macrobending Losses*, SNR, dan jumlah *Channel*

Gambar 4.80 menunjukkan grafik hubungan antara *macrobending losses*, SNR, dan jumlah *channel* yang digunakan untuk besar diameter 12 mm dengan variasi jumlah bengkokan adalah satu. Gambar 4.80 menunjukkan bahwa karakteristik SNR terhadap jumlah *channel* yang digunakan berbanding terbalik dengan kurva karakteristik *macrobending losses* terhadap jumlah *channel* yang digunakan. Semakin banyak *channel* yang digunakan maka semakin bertambah nilai *macrobending losses*. Sedangkan semakin banyak *channel* yang digunakan maka semakin menurun nilai SNR. Hal ini dikarenakan semakin tinggi pula energi yang dikirimkan.

Pada 6 *channel* nilai *macrobanding losses* adalah 1,0523 dB sedangkan nilai SNR adalah 14,528 dB. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun semakin banyak *channel* yang digunakan nilai *macrobanding losses* tetap tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai SNR. Hasil pengukuran ini membuktikan bahwa dengan sistem TDM sinyal informasi akan lebih tahan terhadap *noise* yang disebabkan oleh *macrobanding*.

