

ANALISIS PERBANDINGAN RUGI-RUGI *MACROBENDING* PADA DAYA TERIMA *FIBER OPTIC SINGLE MODE* DAN *MULTI MODE* TERHADAP VARIASI DIAMETER *BENDING*

Maisyura¹, Rachmawati², Anita Fauziah³

^{1,2,3}Prodi Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email: maisyura82@gmail.com ¹, rachma@pnl.ac.id ², anita@pnl.ac.id ³

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis kerugian pada serat optik *single-mode* dan *multi-mode* akibat pelengkungan dengan variasi diameter bending menggunakan *Optical Power Meter* (OPM) dan *Optical Light Source* (OLS) pada panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. Pada *fiber optic single –mode* pada panjang gelombang 1310 nm *loss* terbaik berada pada frekuensi 0Hz dan terburuknya berada pada frekuensi 270 Hz dan 1000 Hz. Pada *fiber optic single –mode* pada panjang gelombang 1550nm *loss* terbaik berada di frekuensi 0Hz dan *loss* terburuk berada di frekuensi 270Hz. Pada *multi –mode* pada panjang gelombang 1310 nm *loss* terbaik berada pada frekuensi 0Hz dan *loss* terburuk berada pada frekuensi 270Hz. Dan pada *fiber optic multi –mode* pada panjang gelombang 1550nm *loss* terbaik berada di frekuensi 0Hz dan *loss* terburuk berada pada frekuensi 1000Hz. Hasil menunjukkan bahwa semakin kecil diameter bending, semakin besar kerugian daya yang terjadi, terutama pada frekuensi tinggi kabel. Besar daya hilang yang diakibatkan oleh lengkungan atau yang sering disebut bending mengakibatkan kinerja sistem komunikasi *fiber optic* terganggu meskipun hanya sedikit. Dapat dilihat dari hasil bahwa *multi -mode* lebih besar mendapatkan rugi-rugi pada serat optik dari pada *single -mode*.

Kata kunci : *Fiber optic, Single -mode, Multi -mode, Macrobending, OPM, OLS*

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan *fiber optic* telah dilakukan sejak tahun 1970 sebagai media komunikasi yang mentransmisikan cahaya dalam bentuk pulsa-pulsa informasi. Hal ini dilakukan sejak ditemukannya *low-loss fiber*, sehingga *fiber optic* kini banyak sebagai media transmisi komunikasi dibandingkan dengan kabel tembaga.[1]

Perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat di zaman modern mendorong tingginya kebutuhan masyarakat informasi dengan kapasitas besar dan kecepatan tinggi. Penggunaan *fiber optic* adalah salah satu *alternative* untuk menyelesaikan permasalahan diatas. Dengan tuntutan pelayanan komunikasi yang terus meningkat, maka pemanfaatan *fiber optic* sebagai media transmisi adalah hal yang tepat. *Fiber optic* mampu melayani transfer data dengan kecepatan tinggi dalam waktu yang relatif singkat. Berdasarkan proses pemanfaatan *fiber optic* di lapangan, terjadi beberapa masalah yang kurang disadari oleh pelanggan dan masyarakat umum. Permasalahan tersebut diawali dengan berkurangnya kecepatan transfer sampai rugi-rugi yang diakibatkan oleh berbagai macam faktor eksternal dan internal. Rugi-rugi yang dimaksud adalah rugi-rugi penyerapan, rugi-rugi pada inti dan *cladding*, rugi-rugi penyambungan dan rugi-rugi bending.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Fiber Optc*

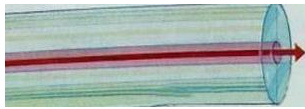
Fiber Optic (FO) sebagai media transmisi data dengan menggunakan sumber cahaya[2]. Cahaya yang ada di dalam serat optik keluar karena indeks dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara. [3]

Fiber optic mempunyai penampang yang terdiri dari dua bagian,yaitu : bagian tengah yang disebut “*Core*” dan bagian luar yang disebut “*Cladding*”. *Cladding* pada serat optik membungkus atau mengelilingi *core*. [1]

1. *Fiber Optic Single Mode*

Single mode menjadi jenis *fiber optic* yang paling umum dipakai untuk mentransmisikan data dalam jarak yang lebih jauh. *Single mode* adalah kabel serat optik yang memiliki ukuran diameter *core* yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan *core* kabel *multi mode* yaitu sekitar 9µm. *Single mode* memungkinkan untuk cahaya merambat dalam inti serat dalam satu lintasan saja[4] serta mengirimkan sinar laser inframerah. Laser inframerah tersebut memiliki panjang gelombang mulai dari 1.300 nanometer dan mencapai hingga 1.550 nanometer. Oleh karena diameter kecil yang dimilikinya, hal tersebut memungkinkan hanya ada satu mode cahaya yang dipakai untuk merambat. Jumlah pantulan cahaya yang dibentuk pada saat cahaya melewati *core* akan

berkurang dan nantinya dapat menurunkan *attenuation* atau pelemahan. Sehingga kemampuan sinyal yang dihasilkan dapat bergerak lebih jauh.



Gbr 1 Single Mode

2. Fiber Optic Multi Mode

Fiber optic multi -mode dirancang secara khusus untuk melakukan transmisi dengan lebih banyak sinar cahaya dalam satu waktu. Dimana masing – masing sudut pantulannya sedikit berbeda pada *core* serat optiknya. *Fiber* tipe ini biasanya dipakai dalam mentransmisikan data yang jangkauan jaraknya relatif lebih dekat. *Fiber multi – mode* mempunyai inti yang lebih besar dengan diameter sekitar 62,5 mikron serta mentransfer cahaya inframerah. Cahaya inframerah yang ditransfer tersebut memiliki panjang gelombang mulai dari 850 nanometer sampai 1.300 nanometer jika diukur dari LED. Karena diameter besar yang *fiber optic multi – mode* miliki, jumlah pantulan cahaya yang dibentuk saat cahaya melewati *core* menjadi bertambah. Sehingga hal tersebut membuat kemampuan serat optik dalam mentransmisikan data menjadi lebih banyak pada waktu yang sama.

B. Rugi-Rugi Optic Sebagai Media Transmisi

1. Macrobending Loss

Lapisan konvolusi merupakan proses ekstraksi fitur. Lekukan-makro adalah lekukan kabel optik dengan radius lekukan yang mempengaruhi banyaknya pelemahan sinyal yang berpropagasi dalam inti. Adanya lekukan dengan radius lekukan lebih besar dari radius inti serat optik mengakibatkan sebagian sinyal hilang terutama dalam lekukan serat optik. Jari jari lekukan ketika mulai terjadi perubahan signifikan pada besar rugi-rugi *macrobending* disebut dengan *critical radius*. Apabila serat optik melengkung, maka bagian dalam serat optik termampatkan dan bagian luar menjadi tertarik lebih panjang sehingga kepadatan material berubah. Hal tersebut mengakibatkan berubahnya indeks bias dan akan mengakibatkan perubahan lintasan penjarangan suatu sinyal. Sudut pemantulan total akan berubah ketika serat optik di lekukan dan akan terjadi rugi-rugi dimana sudut datang sinar lebih

kecil dari pada sudut kritis sehingga sinar tidak dipantulkan sempurna tapi dibiaskan. [5]



Gbr 2 Macrobending loss pada fiber optic

Lekukan-makro adalah lekukan kabel optik dengan radius lekukan yang mempengaruhi banyaknya pelemahan sinyal yang berpropagasi dalam inti. Adanya lekukan dengan radius lekukan lebih besar dari radius inti serat optik mengakibatkan sebagian sinyal hilang terutama dalam lekukan serat optik. Jari-jari lekukan ketika mulai terjadi perubahan signifikan pada besar rugi-rugi *macrobending* disebut dengan *critical radius*. Apabila serat optik melengkung, maka bagian dalam serat optik termampatkan dan bagian luar menjadi tertarik lebih panjang sehingga kepadatan material berubah. Hal tersebut mengakibatkan berubahnya indeks bias dan akan mengakibatkan perubahan lintasan penjarangan suatu sinyal. Sudut pemantulan total akan berubah ketika serat optik di lekukan dan akan terjadi rugi-rugi dimana sudut datang sinar lebih kecil dari pada sudut kritis sehingga sinar tidak dipantulkan sempurna tapi dibiaskan. [5]

2. Microbending Loss

Microbending adalah suatu pembengkokan mikroskopis dari inti *fiber* yang disebabkan oleh laju penyusutan (*contraction*) *thermal* yang sedikit berbeda antara bahan inti dan bahan pelapis. Pembengkokan mikro dapat juga timbul bila *fiber* berulung kali digulung menjadi suatu kabel *fiber* majemuk (*multifiber cable*), atau bila digulung pada kelos-kelos untuk memudahkan pengangkutannya. [6]

Microbending merupakan kerusakan skala yang kasat mata, yang terjadi pada *fiber optic*. Timbulnya distorsi semacam ini sangat mungkin diakibatkan oleh suhu, beban tegang (*tensile stress*) dan beban tumbuk (*crushing stress*) selama proses produksi atau kegiatan instalasi. [3]



Gbr 3 Rugi- rugi karena microbending loss

Microbending loss ini termasuk sebagai akibat adanya permukaan yang tidak rata (dalam orde mikro) sebagai akibat proses perbaikan bahan yang kurang sempurna. [7] Akibatnya terjadi penurunan daya optis di dalam gelas. Oleh karena itu sifatnya kasat mata, *microbending* ini sulit ditemukan pada tahap pemeriksaan dan pengujian. Pada proses pembuatan *fiber optic*, *microbending* ini masih dapat diperbaiki. [3]

C. Perhitungan Loss

Redaman merupakan level tegangan sinyal menurun yang diterima akibat karakteristik media. Apabila nilai redaman melebihi nilai standar maka akan mengurangi nilai transmisi informasi. Pengukuran redaman dilakukan *point to point*, diukur dari setiap ujung keujung kabel. Berikut digunakan persamaan untuk menentukan daya yang diterima (P_r) oleh penerima setelah memperhitungkan redaman yang terjadi selama transmisi.

$$Loss (dB) = P_t - P_r \quad (1)$$

Dimana:

P_t = Daya keluaran sumber optik (dBm)

P_r = Sensitivitas daya terima *detector* (dBm)

D. Pengukuran Fiber Optic

1. Optical Power Meter (OPM)

OPM adalah salah satu alat ukur pada jaringan lokal *fiber optic*. OPM berfungsi untuk mengukur jumlah redaman dalam satuan *decibel* (dB) yang terdapat pada jaringan kabel serat optik baik saat instalasi (uji akhir) atau pemeliharaan. Satuan *decibel* (dB) tidak *absolute* karena hanya membandingkan level masukan 14 dan keluaran suatu *system*. [5]



Gbr 4 Optical Power Meter (OPM)

2. Optical Light Source (OLS)

Optical Light Source adalah perangkat penting yang digunakan dalam pengujian serat optik dan telekomunikasi. Kabel memancarkan sinyal cahaya yang stabil ke dalam serat optik, memungkinkan teknisi menguji kinerja kabel serat optik dan mengidentifikasi kesalahan atau masalah. Banyak kemampuan OLS untuk memilih panjang gelombang yang berbeda, biasanya termasuk 850nm, 149nm, 1550nm dan lainnya. OLS bisa memakai konektor SC, ST, FC untuk

memastikan kompatibilitas dengan sistem optik yang berbeda.



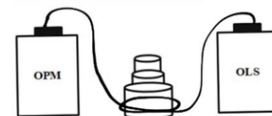
Gbr 5 Optical Light Source (OLS)

III. METODOLOGI

A. Rancangan Percobaan

Dalam penelitian ini, bertujuan untuk membandingkan daya terima *fiber optic single-mode* dan *multi-mode*, dengan memperhatikan variasi diameter (5 cm, 8 cm, 10 cm, 14 cm, 18 cm, 20 cm, 23cm, 25cm, 28cm) dan 1 lengkungan *Macro bending*. Dengan panjang gelombang 1310nm dan 1550nm. Daya terima (*receiver sensitivity*) adalah salah satu parameter penting dalam sistem komunikasi *fiber optic*, yang menunjukkan kemampuan *receiver* dalam mendeteksi sinyal yang dikirim melalui *fiber optic*. Pengukuran daya terima akan dilakukan menggunakan alat ukur *Optical Power Meter* (OPM) dan *Optical Light Source* (OLS). Data yang diperoleh akan dianalisis untuk menentukan bagaimana variasi diameter dan jumlah lengkungan *macro bending* mempengaruhi daya terima pada *single-mode* dan *multi-mode*.

Berikut adalah skema dari pengukuran *fiber optic* berdasarkan variasi diameter:



Gbr 6 Skema pengukuran

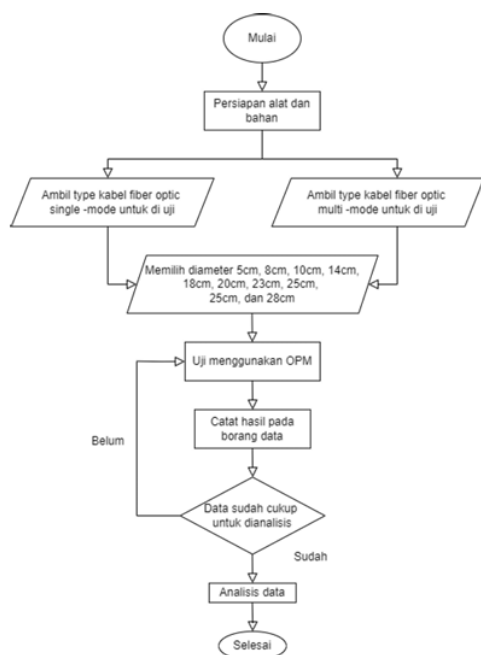
B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Optical Light Source* (OLS)
Berfungsi sebagai pemancar sinyal cahaya.
2. *Optical Power Meter* (OPM)
Berfungsi untuk mengukur daya terima dari sinyal cahaya yang di rambat melalui *fiber optic*.
3. Kabel *fiber optic single-mode* dan *multi-mode*
4. Sebagai media masuknya cahaya.
5. *Connector Sc to Sc*
Untuk menyambungkan kabel *fiber optic* ke perangkat OPM dan OLS
6. Penggaris
Berfungsi sebagai pengukuran dari variasi diameter *bending*
7. *Fiber optic cleaner pen*

Berfungsi sebagai pembersih *conector fiber optic*

Berikut diagram alir penelitian yang dilakukan



Gbr 7 Diagram Alir Penelitian

C. Metode Analisis

Penelitian ini bertujuan membandingkan daya terima *fiber optic single-mode* (SMF) dan *multi-mode* (MMF) terhadap variasi diameter dan 1 lengkungan *macro bending*. Dua jenis *fiber optic*, *single-mode* dan *multi-mode*. Variasi parameter yang digunakan adalah diameter (5 cm, 8 cm, 10 cm, 14 cm, 18 cm, 20 cm, 23cm, 25cm, 28cm) dan jumlah lengkungan (1 lengkungan).

Selanjutnya, *fiber optic* dipasang pada perangkat uji sesuai dengan variasi tersebut, dan sinyal cahaya dikirimkan melalui *fiber* menggunakan sumber cahaya laser atau LED yang sesuai. Daya terima diukur pada ujung *fiber* menggunakan *power meter*.

Hasil penelitian dibandingkan untuk menentukan perbedaan daya terima antara *single-mode* dan *multi-mode* dalam berbagai kondisi *macro bending*, yang memberikan wawasan praktis untuk desain dan pemeliharaan jaringan komunikasi optik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hasil Data

Pada bab ini, akan dibahas variasi diameter bending pada kabel *fiber optic single-mode* dan *multi-mode* dimana diameter yang digunakan adalah 5 cm, 8 cm, 10 cm, 14 cm, 18 cm, 20 cm, 23cm, 25cm, 28cm. percobaan ini dilakukan di Laboraturium Saluran Transmisi Politeknik Negeri Lhokseumawe. Parameter yang akan dianalisis

meliputi *Optical Power Meter* dan *Optical Light Source*. Penjelasan yang lebih rinci akan disampaikan pada sub bab berikutnya.

B. Deskripsi Data

Pengukuran diameter dan pajang gelombang dilakukan menggunakan *Optical Power meter* (OPM) dan *Optical Light Source* (OLS). Pengujian dilakukan pada 1 lengkungan dengan diameter 5 cm, 8 cm, 10 cm, 14 cm, 18 cm, 20 cm, 23cm, 25cm, 28cm, dengan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm.

Setiap variasi diameter *bending* memberikan daya terima yang berbeda oleh serat optik. Dengan pengukuran daya yang diterima serat optik pada *Optical Power meter* (OPM) dan *Optical Light Source* (OLS) melalui proses pelengkungan dengan berbagai diameter *bending* kemudian dicatat secara akurat. Pengukuran ini membantu mengidentifikasi batas toleransi diameter lengkungan yang masih dapat diterima untuk memastikan transmisi sinyal yang optimal.

C. Hasil Daya Terima

Berikut ini adalah hasil daya terima dari *fiber optic* yang telah diuji menggunakan *Optical Power Meter* (OPM) dengan 1 lengkungan dan menggunakan viarisi diameter *bending*.

Tabel I
Daya Terima Single -Mode
Panjang Gelombang 1310nm

Diameter Lilitan (cm)	Daya Terima (dBm)			
	Fs = 0Hz	Fs = 270Hz	Fs = 1000Hz	Fs = 2000Hz
5cm	-09.44 dBm	-10.04 dBm	-10.04 dBm	-09.49 dBm
8cm	-07.08 dBm	-10.05 dBm	-10.02 dBm	-09.22 dBm
10cm	-07.06 dBm	-10.02 dBm	-10.01 dBm	-09.20 dBm
14cm	-07.05 dBm	-10.03 dBm	-09.98 dBm	-09.20 dBm
18cm	-07.04 dBm	-10.04 dBm	-09.99 dBm	-09.21 dBm
20cm	-07.03 dBm	-10.02 dBm	-09.97 dBm	-09.20 dBm
23cm	-07.03 dBm	-09.98 dBm	-09.81 dBm	-09.19 dBm
25cm	-07.02 dBm	-09.93 dBm	-09.79 dBm	-09.19 dBm
28cm	-07.01 dBm	-09.86 dBm	-09.78 dBm	-09.18 dBm

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 1 dengan diameter 5cm yang menunjukkan daya terima yang 09.44 dBm yang berarti bahwa sinyal yang diterima lemah, jauh lebih lemah dari kondisi ideal tanpa *bending*, dikarenakan diameternya sudah begitu tajam, kemudian mulai terlihat perubahan yang *bendingnya* semakin bagus pada diameter 8cm sampai 25cm dengan nilai rata-rata hasil adalah -07.04 dBm, dengan

frekuensi 270 Hz dari diameter 5cm sampai 20 cm nilai daya terima terdapat penurunan daya terima yang kurang bagus dengan nilai rata-rata hasil adalah -10.03 dBm, mulai terdapat perubahan daya terima pada diameter 23cm sampai 28cm. Pada frekuensi 1000 Hz hampir sama dengan frekuensi 270 Hz hanya saja perubahan daya terima yang sedikit bagus pada diameter 14cm sampai 28cm dengan nilai rata-rata yang dihasilkan adalah -06.62dBm. Kemudian frekuensi 2000Hz mempunyai rata-rata yang dihasilkan adalah -09.23 dBm.

Tabel II
Daya Terima Single –Mode
Panjang Gelombang 1550nm

Diameter Lilitan (cm)	Daya Terima (dBm)			
	F _s = 0Hz	F _s = 270Hz	F _s = 1000Hz	F _s = 2000Hz
5cm	-09.08 dBm	-13.20 dBm	-12.54 dBm	-11.64 dBm
8cm	-08.68 dBm	-11.61 dBm	-11.62 dBm	-11.59 dBm
10cm	-08.67 dBm	-11.60 dBm	-11.59 dBm	-11.55 dBm
14cm	-08.66 dBm	-11.58 dBm	-11.57 dBm	-11.53 dBm
18cm	-08.65 dBm	-11.56 dBm	-11.56 dBm	-10.84 dBm
20cm	-08.64 dBm	-11.53 dBm	-11.54 dBm	-10.80 dBm
23cm	-08.63 dBm	-11.49 dBm	-11.55 dBm	-10.79 dBm
25cm	-08.62 dBm	-11.44 dBm	-11.53 dBm	10.78 dBm
28cm	-08.62 dBm	-11.38 dBm	-11.52 dBm	-10.75 dBm

Berdasarkan tabel 2 pada frekuensi 0Hz penurunan daya terima yang lebih baik dari 5cm terdapat pada 8cm sampai 28cm yaitu dengan nilai rata-rata hasil adalah -8.64 dBm. Pada frekuensi 270Hz penurunan daya terima yang tidak terlalu bagus terdapat pada diameter 5cm dan yang hampir sama pada 8cm sampai 28cm dengan nilai rata-rata hasil -11.52 dBm. Pada frekuensi 1000Hz daya terima yang tidak terlalu bagus berada pada diameter *bending* 5cm, terdapat penurunan yang lebih bagus pada diameter 8cm sampai 28cm dengan nilai rata-rata adalah -11.56 dBm. Dan pada frekuensi 2000Hz terdapat penurunan yang hampir sama dengan nilai rata-rata hasil adalah -11.14 dBm.

Tabel III
Daya Terima Multi –Mode
Panjang Gelombang 1330nm

Diameter Lilitan (cm)	Daya Terima (dBm)			
	F _s = 0Hz	F _s = 270Hz	F _s = 1000Hz	F _s = 2000Hz
5cm	-06.86 dBm	-13.15 dBm	-09.70 dBm	-08.89 dBm
8cm	-06.79 dBm	-13.12 dBm	-09.69 dBm	-08.86 dBm
10cm	-06.78 dBm	-13.10 dBm	-09.68 dBm	-08.85 dBm
14cm	-06.77 dBm	-13.09 dBm	-09.68 dBm	-08.84 dBm
18cm	-06.76 dBm	-13.05 dBm	-09.64 dBm	-08.83 dBm
20cm	-06.75 dBm	-09.83 dBm	-09.64 dBm	-08.83 dBm
23cm	-06.74 dBm	-09.78 dBm	-09.63 dBm	-08.82 dBm
25cm	-06.73 dBm	-09.54 dBm	-09.62 dBm	-08.80 dBm
28cm	-06.72 dBm	-09.47 dBm	-09.61 dBm	-08.79 dBm

Berdasarkan tabel 3 pada frekuensi 0Hz daya terima yang didapatkan hampir semuanya sama, dengan nilai rata-rata adalah -06.76 dBm, dengan frekuensi 270Hz daya terima yang tidak terlalu bagus berada pada diameter *bending* 5cm sampai 18cm dengan nilai rata-rata hasil adalah -13.10 dBm dan terdapat penurunan yang lebih bagus pada diameter *bending* 20cm sampai 28cm dengan nilai rata-rata hasil adalah -09.65 dBm, dengan frekuensi 1000Hz mempunyai nilai rata-rata hasil adalah -09.68 dBm. Dan dengan frekuensi 2000Hz dimiliki nilai rata-rata hasil adalah -08.83 dBm.

Tabel IV
Daya Terima Multi –Mode
Panjang Gelombang 1550nm

Diameter Lilitan (cm)	Daya Terima (dBm)			
	F _s = 0Hz	F _s = 270Hz	F _s = 1000Hz	F _s = 2000Hz
5cm	-08.40 dBm	-11.36 dBm	-11.42 dBm	-10.62 dBm
8cm	-08.40 dBm	-11.30 dBm	-11.40 dBm	-10.61 dBm
10cm	-08.42 dBm	-11.29 dBm	-11.42 dBm	-10.61 dBm
14cm	-08.39 dBm	-11.26 dBm	-11.41 dBm	-10.61 dBm
18cm	-08.37 dBm	-11.19 dBm	-11.39 dBm	10.60 dBm
20cm	-08.39 dBm	-11.16 dBm	-11.38 dBm	-10.61 dBm
23cm	-08.38 dBm	-11.10 dBm	-11.37 dBm	-10.62 dBm
25cm	-08.36 dBm	-11.09 dBm	-11.36 dBm	-10.60 dBm
28cm	-08.34 dBm	-11.08 dBm	-11.35 dBm	-10.58 dBm

Berdasarkan tabel 4 pada frekuensi 0Hz daya terima yang didapatkan hampir semuanya sama, dengan nilai rata-rata adalah -8.38 dBm, dengan frekuensi 270Hz daya terima yang didapatkan hampir sama dengan nilai rata-rata yang dihasilkan adalah -11.20d

Bm, dengan frekuensi 1000Hz daya terima yang didapatkan hampir sama dengan nilai rata-rata yang dihasilkan adalah -11.38dBm. Dan dengan frekuensi 2000Hz pada dari diameter 5cm sampai 28cm terdapat daya terima yang sama dengan nilai rata-rata hasil adalah -10.71 dBm.

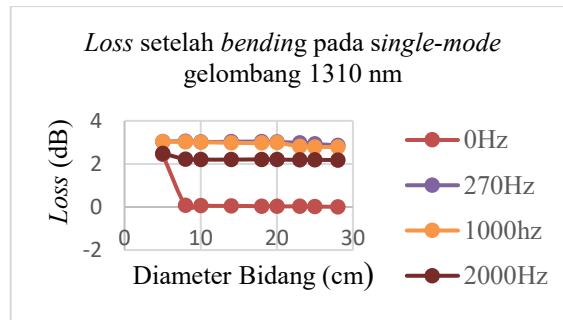
D. Loss Setelah Bending

Tabel V

Hasil Perhitungan Loss Akibat Bending Single -Mode Panjang Gelombang 1310nm

Diameter Lilitan (cm)	Loss Setelah Bending (dB)			
	Fs = 0Hz	Fs = 270Hz	Fs = 1000Hz	Fs = 2000Hz
5cm	2.44	3.04	3.04	2.49
8cm	0.08	3.05	3.02	2.22
10cm	0.06	3.02	3.01	2.20
14cm	0.05	3.03	2.98	2.20
18cm	0.04	3.04	2.97	2.21
20cm	0.03	3.02	2.99	2.20
23cm	0.03	2.98	2.81	2.19
25cm	0.02	2.93	2.79	2.19
28cm	0.01	2.86	2.78	2.18

Dapat dilihat pada tabel 5 pada frekuensi 0Hz *loss* paling besar terjadi pada diameter 5cm (2.44dB), dan *loss* yang menurun secara signifikan dengan meningkatnya diameter yang berada pada diameter 28cm hanya 0.01dB. Yang artinya frekuensi ini memiliki *loss* yang relatif kecil pada diameter *bending* yang besar dan lebih buruk pada diameter kecil. Pada Frekuensi 270Hz *loss* hampir konstan pada semua diameter *bending*, dengan nilai berkisar antara 2.86dB hingga 3.05dB, artinya bahwa perubahan diameter *bending* tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai *loss* frekuensi ini. Meskipun diameter *bending* bervariasi, nilai *loss* tetap berada dalam rentang yang sangat kecil yang menunjukkan bahwa *loss* tetap stabil atau tidak banyak berubah meskipun diameter *bending* berubah. Pada frekuensi 1000Hz *loss* cenderung konsisten pada diameter *bending*, dengan kisaran antara 2.78 dB hingga 3.04 dB, pada frekuensi ini hampir sama dengan frekuensi 270 Hz, yang menunjukkan *loss* yang stabil namun tinggi. Pada frekuensi 2000Hz *loss* cenderung stabil pada berbagai diameter, dengan kisaran 2.18dB hingga 2.49dB, frekuensi ini menunjukkan nilai *loss* yang sedikit rendah dibandingkan dengan Fs=270 Hz dan 1000 Hz, tetapi tetap lebih tinggi pada diameter yang lebih kecil.



Gbr 8 Loss setelah bending pada single-mode gelombang 1310 nm

Jika dilihat dari gambar 7 pada frekuensi 0Hz pada diameter 5cm *loss* sangat tinggi dan menurun sangat drastis menjadi 0dB pada diameter 8cm yang artinya tidak ada *loss* yang terjadi, pada frekuensi 270Hz *loss* sangat tinggi dan mulai turun pada diameter 23cm hingga 28cm, pada frekuensi 1000Hz *loss* hampir sama dengan frekuensi 270Hz tetapi terlihat penurunan pada diameter 14cm namun paling menurun pada 23cm hingga 28cm, dan pada frekuensi 2000Hz *loss* tertinggi berada pada 2.5 dB namun turun dan konsisten berada pada diameter 8cm.

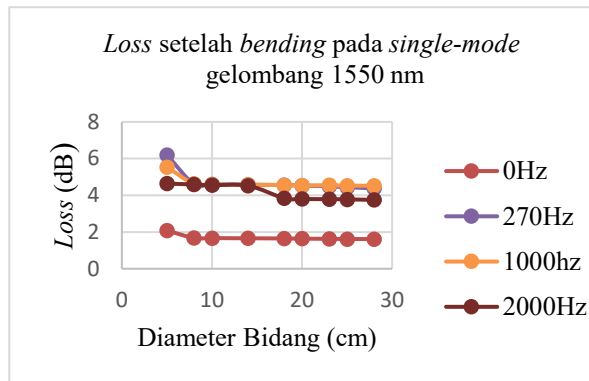
Tabel VI

Hasil Perhitungan Loss Akibat Bending Single -Mode Panjang Gelombang 1310nm

Diameter Lilitan (cm)	Loss Setelah Bending (dB)			
	Fs = 0Hz	Fs = 270Hz	Fs = 1000Hz	Fs = 2000Hz
5cm	2.08	6.2	5.54	4.64
8cm	1.68	4.61	4.62	4.59
10cm	1.67	4.60	4.59	4.55
14cm	1.66	4.58	4.57	4.53
18cm	1.65	4.56	4.56	3.84
20cm	1.64	4.53	4.54	3.80
23cm	1.63	4.49	4.55	3.79
25cm	1.62	4.44	4.53	3.78
28cm	1.62	4.38	4.52	3.75

Dapat dilihat pada tabel 6 pada frekuensi 0Hz *loss* paling rendah terjadi pada frekuensi ini, dengan nilai yang menurun secara bertahap seiring bertambahnya diameter *bending*, artinya bahwa Fs = 0Hz memiliki performa *loss* yang baik setelah *bending*. Jika dibandingkan dengan Fs = 0Hz pada panjang gelombang 1330 λ *loss* yang diterima lebih baik dari pada panjang gelombang 1550 λ. Pada Frekuensi 270Hz menunjukkan *loss* yang cukup tinggi, terutama pada diameter 5cm, dan sedikit menurun saat diameter yang meningkat, artinya bahwa performa kurang baik setelah *bending* pada frekuensi ini. Pada Frekuensi 1000Hz frekuensi ini memiliki *loss* yang hampir konstan di semua diameter *bending*, tetapi tetap berada di rentan *loss* yang tinggi, artinya menandakan performa yang kurang optimal setelah *bending*. Pada frekuensi 2000Hz Meskipun *loss* pada frekuensi ini lebih rendah daripada Fs = 270 Hz dan 1000 Hz, nilai *loss* cukup signifikan,

terutama pada diameter *bending* yang lebih kecil, ada penurunan *loss* yang lebih jelas diameter yang lebih besar.



Gbr 9 Loss setelah bending pada single-mode gelombang 1550 nm

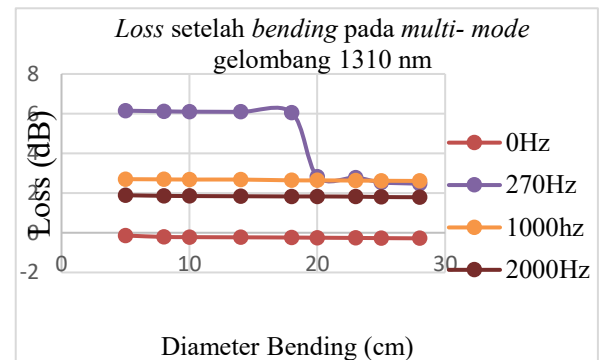
Jika dilihat dari gambar 8 Pada frekuensi 0Hz rugi-rugi dimulai dari sekitar 2dB pada diameter 5cm, *loss* tetap stabil di sekitar 2 dB ketika diameter bidang meningkat. Pada frekuensi 270Hz rugi-rugi dimulai dari sekitar 6dB pada diameter 5cm, dan turun drastis menjadi sekitar 4,5 dB ketika diameter *bending* meningkat. Pada frekuensi 1000Hz pada diameter 5cm menghasilkan *loss* sekitar 5.5dB namun pada diameter 8cm menurun menjadi sekitar 4dB, menunjukkan bahwa sedikit lebih efisien dalam mempertahankan sinyal saat diameter 5cm. Pada frekuensi 2000Hz pada diameter 5cm *loss* dimulai dari 4,5 dB, ini menunjukkan bahwa frekuensi ini, menghasilkan *loss* yang signifikan pada diameter 5cm, pada diameter 18cm menurun *loss* menjadi 4 dB.

Tabel VII
Hasil Perhitungan Loss Akibat Bending Single -Mode Panjang Gelombang 1310nm

Diameter Lilitan (cm)	Loss Setelah Bending (dB)			
	Fs = 0Hz	Fs = 270Hz	Fs = 1000Hz	Fs = 2000Hz
5cm	-0.14	6.15	2.70	1.89
8cm	-0.21	6.12	2.69	1.86
10cm	-0.22	6.10	2.68	1.85
14cm	-0.23	6.09	2.68	1.84
18cm	-0.24	6.05	2.64	1.83
20cm	-0.25	2.83	2.64	1.83
23cm	-0.26	2.78	2.63	1.82
25cm	-0.27	2.54	2.62	1.80
28cm	-0.28	2.47	2.61	1.79

Dapat dilihat pada tabel 7 pada frekuensi 0Hz *loss* pada frekuensi ini negatif, berarti sedikit peningkatan daya setelah *bending* dalam pengukuran. Nilai ini cenderung menurun seiring dengan meningkatnya diameter. Pada frekuensi 270Hz diameter *bending* 5cm hingga 18cm terdapat *loss* yang sangat tinggi, tetapi mulai drastis menurun pada diameter yang lebihn besar, artinya pada frekuensi ini menunjukkan peforma *loss* cukup buruk pada diameter kecil, tetapi sedikit

membaik pada diameter yang lebih besar. Pada frekuensi 1000Hz *loss* pada frekuensi ini cukup stabil di seluruh diameter *bending*. Dengan sedikit penurunan saat diameter meningkat. Artinya frekuensi ini memiliki performa *loss* yang tidak ideal namun tidak sepenuhnya buruk masih dapat diterima dalam beberapa situasi, tetapi bukan yang terbaik. Pada frekuensi 2000Hz *loss* pada frekuensi ini sedikit menurun seiring dengan peningkatan diameter, artinya frekuensi ini memiliki *loss* yang lebih rendah dibandingkan Fs = 270Hz dan Fs = 1000Hz, tetapi masih lebih tinggi dibandingkan Fs = 0Hz.



Gbr 10 Loss setelah bending pada multi-mode gelombang 1310nm

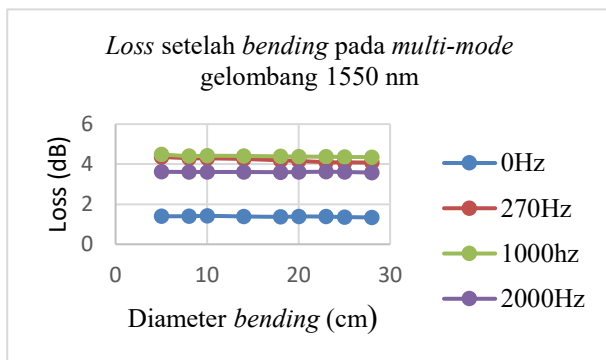
Jika dilihat dari gambar 9 pada frekuensi 0Hz sinyal yang diterima setelah *bending* pada *multi-mode* ini tetap konstan, tidak ada gelombang sinyal yang naik turun. Pada frekuensi 270 Hz terdapat *loss* yang tinggi berada pada diameter 5cm yaitu berada pada 6dB, saat diameter *bending* mencapai 20cm *loss* sangat menurun drastis. Pada frekuensi 1000Hz grafik menunjukkan stabilitas yang baik dengan sedikit peningkata *loss* sekitar 3dB dan dapat dilihat tidak terpengaruh pada perubahan diameter *bending*. Pada frekuensi 2000Hz frekuensi ini menunjukkan *loss* yang stabil di sekitar 2dB, tidak ada perubahan signifikan berdasarkan diameter *bending*. Nilai *loss* yang terburuk berada pada frekuensi 270Hz.

Tabel VIII Hasil Perhitungan Loss Akibat Bending Single -Mode Panjang Gelombang 1550nm

Diameter Lilitan (cm)	Loss Setelah Bending (dB)			
	Fs = 0Hz	Fs = 270Hz	Fs = 1000Hz	Fs = 2000Hz
5cm	1.40	4.36	4.49	3.62
8cm	1.40	4.30	4.40	3.61
10cm	1.42	4.29	4.42	3.61
14cm	1.39	4.26	4.41	3.61
18cm	1.37	4.19	4.39	3.60
20cm	1.39	4.16	4.38	3.61
23cm	1.38	4.10	4.37	3.62
25cm	1.36	4.09	4.36	3.61
28cm	1.34	4.08	4.35	3.58

Dapat dilihat pada tabel 8 pada frekuensi 0Hz memiliki *loss* terendah secara keseluruhan, nilai *loss*

cenderung menurun saat diameter bending meningkat. Pada diameter 5cm hingga 28cm, nilai *loss* berkurang dari 1.40 dB menjadi 1.34 dB. Pada frekuensi 270 Hz *loss* pada frekuensi ini cenderung tinggi, namun relatif stabil dengan sedikit penurunan seiring dengan peningkatan diameter *bending*. Pada frekuensi 1000Hz frekuensi ini menunjukkan nilai *loss* tertinggi diantara semua frekuensi, terutama pada diameter 5cm, menunjukkan frekuensi ini paling terpengaruh oleh *bending*. Dan pada frekuensi 2000Hz *loss* pada frekuensi ini lebih rendah dibandingkan dengan 270Hz dan 1000Hz, tetap lebih tinggi dari pada 0Hz.



Gbr 10 Loss setelah bending pada multi- mode gelombang 1550 nm

Jika dilihat pada gambar 10 pada frekuensi 0Hz *loss* berada pada 1,5 dB yang menunjukkan *loss* yang sangat stabil, tidak ada perubahan pada *loss* saat diameter *bending* meningkat. Pada frekuensi 270Hz frekuensi ini menunjukkan *loss* sekitar 4,4 dB, pada frekuensi ini tidak ada perubahan yang signifikan pada *loss* meskipun diameter meningkat. Pada frekuensi 1000Hz frekuensi ini menunjukkan *loss* mulai dari 4,5 dB, *loss* dari frekuensi ini cenderung lebih besar dari pada frekuensi lain. Pada frekuensi 2000Hz frekuensi ini lebih rendah antara 270Hz dan 1000Hz berada di sekitar 3,6 dB, frekuensi ini cukup stabil dengan sedikit peningkatan diameter *bending*.

V. KESIMPULAN

1. Pada panjang gelombang 1310 nm, redaman pada *fiber optic multi-mode* lebih tinggi hasil *bending* yang diterima dibandingkan dengan *single-mode*, menunjukkan bahwa *single-mode* lebih efisien dalam kondisi ini.
2. Pada *fiber optic single -mode* dengan panjang gelombang 1310 nm, frekuensi 0Hz *loss* konsisten menunjukkan *loss* terbaik pada semua jenis *fiber optic*, sementara frekuensi 270Hz dan 1000Hz menghasilkan *loss* tertinggi, terutama pada diameter bending kecil.
3. Pada *fiber optic single -mode* dengan panjang gelombang 1550 nm, frekuensi 0Hz memiliki *loss* terendah dan terbaik setelah *bending*. Frekuensi 270Hz dan 1000Hz

menunjukkan *loss* tinggi dan performa yang kurang optimal, terutama pada diameter kecil. Frekuensi 2000Hz meski lebih baik dari 270Hz dan 1000Hz tetap memiliki *loss* signifikan, terutama pada diameter kecil.

4. Pada *fiber optic multi -mode* dengan panjang gelombang 1310nm, frekuensi 0Hz menunjukkan peningkatan daya setelah *bending*. 270Hz memiliki *loss* tinggi pada diameter kecil, namun membaik pada diameter besar. 1000Hz stabil tapi tidak ideal. 2000Hz lebih baik dari 270Hz dan 1000Hz, tapi masih lebih tinggi dari 0Hz.
5. Pada *fiber optic multi -mode* dengan panjang gelombang 1550nm, frekuensi 0Hz memiliki *loss* terendah, menurun seiring peningkatan diameter. 270Hz menunjukkan *loss* tinggi tapi stabil. 1000Hz memiliki *loss* tertinggi, terutama pada diameter kecil, paling terpengaruh oleh *bending*. 2000Hz memiliki *loss* lebih rendah dari 270Hz dan 1000Hz namun tetap lebih tinggi dari 0Hz.

REFERENSI

- [1] Daniyati, Rizqa; Wibowo, Rudi; N, Novika Aridya; A, Chetie Rinda. (2011). **Pengaruh Kelengkungan (Bending Loss) Terhadap Pengaruh Intensitas yang Timbul Pada Fiber Optik**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Juwari, Jayadi, P., & Sussolaikah, K. (2022). **Analisis Redaman Kabel Fiber Optic Patchcord Single Core**. ejurnal.stmik
- [3] Purtommo, Robby;. (2017). **Analisi Efisiensi Daya Fiber Optic Terpengaruh Jumlah Lilitan Bending Menggunakan Variasi Diameter Bidang** . Digital Repository Universitas Jember.
- [4] Putri, A. M., Fauziah, A., & Syamsul, S. (2023). **Analisis Rugi-Rugi Pelengkungan Pada Kabel Serat Optik Single Mode Berdasarkan Variasi Diameter Dan Jumlah Lilitan** Jurnal TEKTRON, 7(1), 37-43.
- [5] Sakinah, A. (2016). **Analisis Pengaruh Variasi Macrobending Pada Fiber Optik Silica Jenis Graded Index Multimode Tipe G-651 Terhadap Losses Menggunakan Optical Power Meter (OPM)**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember .
- [6] Siswanto, U. O. (n.d.). **Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Pada Serat Optik**. Universitas Diponegoro.