

ANALISIS RUGI-RUGI PELENGKUNGAN PADA KABEL SERAT OPTIK *SINGLE MODE* BERDASARKAN VARIASI DIAMETER DAN JUMLAH LILITAN

Adella Mahisa Putri¹, Anita Fauziah², Syamsul³

^{1,2,3}Prodi Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: adellamputri00@gmail.com, anita_fy@yahoo.com, syamsul0466@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai rugi-rugi yang dihasilkan pada serat optik tipe G-657.A2 pada saat terjadi pelengkungan berdasarkan jumlah lilitan dan juga variasi diameter bidang. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *Optical Power Meter* (OPM) dan *Optical Light Source* (OLS) sebagai alat ukur. Panjang gelombang yang digunakan sebesar 1310nm dengan panjang kabel 45m. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur dan menganalisa hasil dari rugi-rugi pelengkungan. Diameter bidang yang digunakan bervariasi mulai dari 0.3cm, 0.5cm, 0.7cm, 1.1cm, 2.6cm, 3cm, 5cm, 6cm, 8cm, 10cm, 12cm, 14cm, 15cm, 18cm, 20cm, 22cm, 24cm, dan 25cm, dengan penambahan jumlah lilitan mulai dari 1 lilitan sampai dengan 5 lilitan. Pengaruh diameter dan jumlah lilitan pada frekuensi 0Hz mulai terlihat pada diameter bidang 0.7cm pada jumlah lilitan ke 3 dengan nilai daya yang diterima sebesar -9.55 dBm dengan nilai loss sebesar 2.55 dB. Sedangkan pada frekuensi 270Hz, pengaruh diameter bidang dan jumlah lilitan juga terjadi pada diameter 0.7cm dan jumlah lilitan ke 3 dengan nilai daya yang diterima sebesar -12.58 dBm dengan nilai loss sebesar 5,58 dB. Begitu pula pada frekuensi 1000Hz dan 2000Hz, daya yang diterima sebesar -12.60 dBm dan -11.77 dBm dengan nilai loss sebesar 5.60 dB dan 4.77 dB. Kabel mulai pecah pada diameter 0.3cm pada lilitan ke 4. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin kecil diameter bidang maka semakin besar pula rugi-rugi yang dihasilkan. Begitu pula dengan jumlah lilitan, semakin banyak jumlah lilitan semakin besar pula nilai rugi-rugi yang dihasilkan dan juga peluang kabel serat optik pecah akibat *bending* semakin besar.

Kata kunci: *fiber optic, single mode, macrobending, bending, OPM, OLS*

I. PENDAHULUAN

Teknologi serat optik merupakan sistem jaringan komunikasi yang dalam proses pengiriman dan penerimaan sinyal informasinya berupa berkas cahaya yang menggunakan sumber optik, dengan serat optik sebagai media transmisinya.

Pemantulan dan pembiasan sinyal di dalam serat optik tergantung pada indeks bias bahan yang dipakai dalam serat optik. Redaman juga menjadi masalah tersendiri dalam penyaluran sinyal. Bentuk redaman yang sering terjadi ketika proses instalasi kabel adalah *bending* (pembengkokan). Serat optik mengalami redaman/rugi-rugi sinyal ketika dibengkokkan pada jari-jari tertentu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

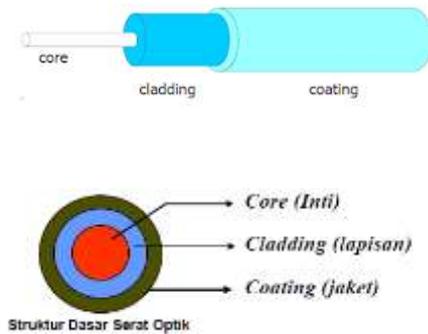
Sistem Komunikasi Serat optik merupakan suatu metode untuk mentransmisikan sebuah informasi dari satu tempat ke tempat yang lain dengan mengirimkan sinar atau cahaya melalui serat optik. Serat optik merupakan media saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dan lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke

tempat lain [1]. Prinsip kerja dari serat optik menggunakan prinsip pembiasan dan pemantulan yang berhubungan dengan indeks bias bahan.

A. Serat Optik

Fiber Optik adalah sejenis kabel atau saluran transmisi yang terbuat dari serat kaca dengan diameter kurang dari 200 mikrometer, serta menggunakan cahaya dalam mentransmisikan data dari suatu tempat ke tempat lainnya. Cahaya yang menjalar di dalam serat optik tidak akan keluar dikarenakan indeks bias dari kaca lebih kecil daripada indeks bias dari udara. Terdapat dua sumber cahaya (light source) pada sistem komunikasi serat optik, yaitu LED (*Light Emitting Diodes*) dan LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai media transmisi komunikasi.

Serat optik terdiri dari 3 lapisan ; *Core (inti)*, *Cladding (lapisan)* dan *Coating (jaket)*. Dari lapisan tersebut mempunyai fungsi masing-masing. Gambar 1 menunjukkan struktur serat optik.



Gbr 1. Struktur Dasar Serat Optik

1. **Core (inti)** : berfungsi untuk menentukan cahaya merambat dari satu ujung ke ujung lainnya.
2. **Cladding (lapisan)** : berfungsi sebagai cermin, yakni memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya.
3. **Coating (jaket)** : berfungsi sebagai pelindung mekanis sebagai pengkodean warna. Indeks bias (n) Core selalu lebih besar daripada indeks bias Cladding ($N_c > N_d$).

B. Rugi-Rugi Pada Serat Optik

Rugi-rugi pada kabel serat optik dapat terjadi karena daya yang dibawa oleh cahaya akan mengalami pelemahan akibat terjadinya kebocoran atau karena kurangnya kejernihan bahan *fiber optic*. Satuan besaran rugi-rugi dinyatakan dalam dB (*decibel*). Sebelum dijelaskan beberapa penyebab terjadinya rugi-rugi, sebelumnya harus diketahui terlebih dahulu berapa *link loss budget* yang dimiliki oleh kabel serat optik. Perhitungan *link loss budget* bisa dinyatakan menggunakan persamaan (1) berikut:

$$\alpha_{\text{total}} = L \cdot \alpha_{\text{serat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + N_{\text{sp}} \cdot \alpha_{\text{sp}} \quad (1)$$

dimana:

- α_{tot} = redaman total saluran (dB)
- L = panjang serat optik (km)
- α_{serat} = redaman serat optik (dB)
- N_c = jumlah konektor
- α_c = redaman konektor (dB/konektor)
- N_s = jumlah sambungan
- α_s = redaman sambungan (dB/sambungan)
- N_{sp} = jumlah *splitter*
- α_{sp} = redaman *Splitter* (dB)

1. Absorption loss

Absorption terjadi akibat dari ketidakmurnian bahan serat optik yang digunakan. Karena, jika cahaya yang dikirimkan menabrak sebuah partikel dari unsur yang tidak murni maka sebagian cahaya tersebut akan terserap [1].

2. Rayleigh scattering

Rayleigh scattering terjadi karena adanya berkas cahaya yang mengenai suatu materi didalam serat optik yang kemudian menghamburkan berkas-berkas cahaya tersebut ke segala arah. Hal ini disebabkan ketidak homogenan materi yang terdapat dalam serat optik tersebut yang mempunyai sifat hamburan suatu berkas cahaya [3].

3. Bending loss

Bending loss adalah rugi-rugi yang terjadi akibat terjadinya pembengkokan pada serat optik, dimana sudut datang sinar lebih kecil dari pada sudut kritis sehingga sinar tidak dipantulkan dengan sempurna tapi dibiaskan [4]. *Bending loss* pada serat optik terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *Micro Bending* dan *Macro Bending*. Untuk menghitung *bending loss* bisa menggunakan persamaan (2) berikut:

$$\text{Loss (dB)} = P_t - P_r \quad (2)$$

dimana:

- P_t = Daya keluaran sumber optik (dBm)
- P_r = Sensitivitas daya terima detector (dBm)

4. Splicing loss

Rugi-rugi ini timbul karena adanya gap antara dua serat optik yang disambung. Untuk menghitung *splicing loss* bisa menggunakan persamaan (3) berikut:

$$L(\text{dB}) = 10 \log (P_{\text{out}} / P_{\text{in}}) \quad (3)$$

dimana:

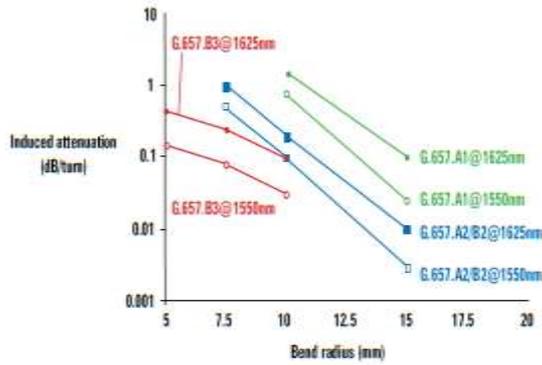
- P_{out} = daya sesudah sambungan
- P_{in} = daya sebelum sambungan

5. Coupling loss

Rugi-rugi ini bisa timbul karena pada serat optik disambungkan dengan sumber cahaya atau *photo detector*. Hal ini bisa terjadi karena energi yang diradiasikan oleh sumber cahaya dapat dimasukkan kedalam serat optik [3].

C. Serat Optik G-657

Serat optik G-657 digunakan dalam pemasangan jaringan kabel akses, dimana resistensi tekukan/*bending* memiliki radius yang lebih rendah dibanding dengan serat optik G-652. Batas *macro bending loss* yang ada pada kabel serat optik G-657 menurut standar ITU-T seperti yang terlihat pada gambar 2 berikut:



Gbr 2. Batas *Macrobending Loss* Untuk Serat Optik G-657

TABEL I
Jari-Jari Pelengkungan Minimum

No.	Sub-Kategori Serat Optik	Minimum Jari-Jari
1.	G. 657.A1	10mm
2.	G. 657.A2	7,5mm
3.	G. 657.B2	7,5mm
4.	G. 657.B3	5mm

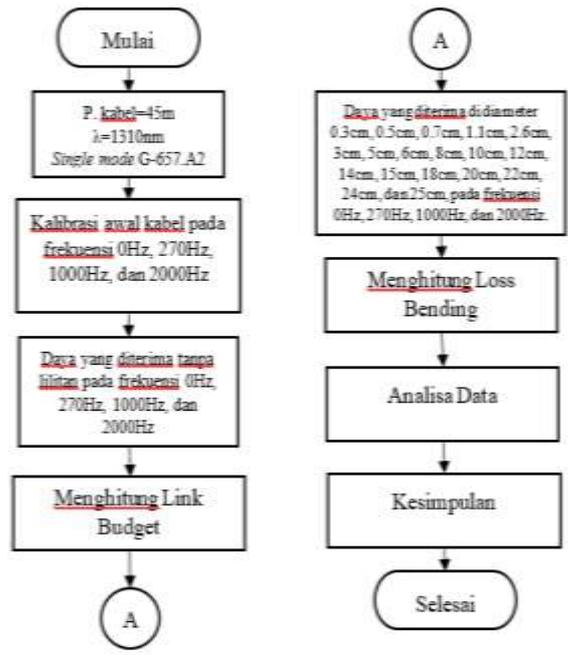
Berdasarkan standar ITU-T G657.A2, pada tabel 1 merupakan standarisasi serat optik yang digunakan dalam penelitian.

TABEL II
Standart Serat Optik *Recommended* ITU-T

Attribute	Detail	Value
Mode Field Diameter	Wavelength	1310 nm
	Range of Nominal Value	8,6 – 9,2 μ m
	Tolerance	\pm 0,4 μ m
Cladding Diameter	Nominal	125,0 μ m
Cladding Diameter	Tolerance	\pm 0,7 μ m
Core Concentricity Error	Maximum	0,5 μ m
Cladding Noncircularity	Maximum	1,0 %
Macrobend Loss	Radius	7,5 mm
	Number of Turns	1
	Maximal at 1550nm	0,5 dB
	Maximal at 1625nm	1,0 dB
Proff Stress	Minimum	0,69 Gpa

III. METODOLOGI

Alur penelitian ditampilkan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 3, yang bertujuan untuk menunjukkan tahapan penelitian dan teknik pengumpulan data yang dikerjakan dengan teratur, juga untuk membantu proses penelitian agar terarah.



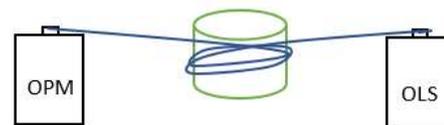
Gbr 3. Diagram Alir Sistem Penelitian

A. Rancangan Percobaan

Pengujian rugi-rugi pelengkungan menggunakan serat optik tipe G-657.A2 dilakukan dengan 2 cara yang berbeda, yaitu pada pengujian pertama serat optik akan dililitkan ke material *bending* dengan diameter bidang yang berbeda-beda. Kemudian, pada pengujian kedua serat optik akan dililitkan ke material *bending* juga namun dengan variasi jumlah lilitan yang berbeda-beda. Berikut ini adalah skema dari kedua percobaan yang akan diuji.



Pengukuran 1: Berdasarkan variasi diameter



Pengukuran 2: Berdasarkan jumlah lilitan

Gbr 4 Rancangan Percobaan

B. Metode Analisis

Metode analisis pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisa data yang didapatkan dari hasil pengukuran akibat dari pengaruh pelengkungan (*bending*) berdasarkan variasi diameter bidang dan pengaruh jumlah lilitan. Data yang dianalisis berupa tabel

data dan gambar grafik yang didapat dari hasil pengukuran dan perhitungan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Link Loss Budget

Berikut hasil perhitungan *link loss budget* yang menggunakan rumus pada persamaan (1) pada tabel 3.

TABEL III
Hasil Perhitungan *Link Loss Budget*

Link Budget	
Splice = 0,1x2 = 0,2	
Konektor = 0,25x4 = 1	
Adaptor = 0,2x2 = 0,4	
Kabel = 45m = 0,045km x 0,35 = 0,01575	
Total = 0,2 + 1 + 0,4 + 0,01575 = 1,61575 dB	

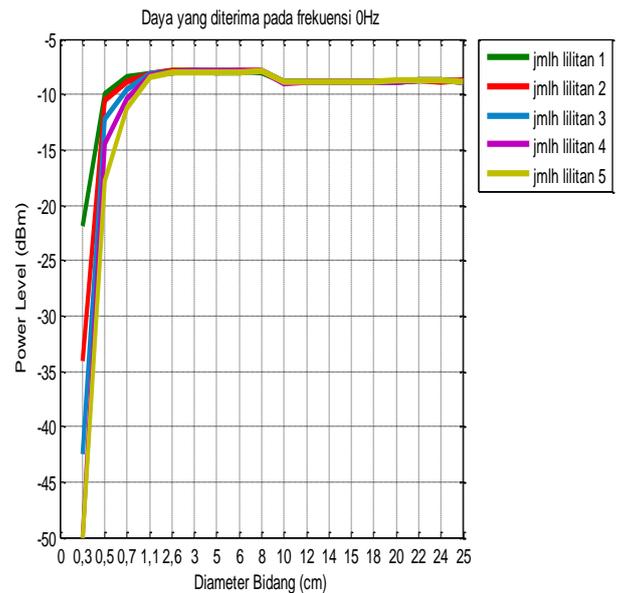
B. Daya Yang Diterima

Dari tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran pada serat optik G.657A2. penurunan nilai daya yang diterima akibat perubahan diameter lengkungan serat optik yang semakin mengecil terlihat pada diameter 0,7cm dengan jumlah 3 lilitan dimana redaman yang dihasilkan -9,55dBm. Ini menunjukkan bahwa hasil yang diukur sesuai dengan standar ITU-T G-657.A2

TABEL IV
Daya Yang Diterima Pada Frekuensi 0 Hz

Diameter Lilitan (cm)	Daya yang diterima (dBm)				
	1 Lilitan	2 Lilitan	3 Lilitan	4 Lilitan	5 Lilitan
25	-8,81	-8,77	-8,79	-8,79	-8,81
24	-8,71	-8,82	-8,69	-8,70	-8,73
22	-8,71	-8,73	-8,73	-8,77	-8,74
20	-8,80	-8,81	-8,79	-8,79	-8,77
18	-8,88	-8,86	-8,85	-8,88	-8,86
15	-8,91	-8,88	-8,86	-8,83	-8,85
14	-8,91	-8,87	-8,91	-8,84	-8,87
12	-8,90	-8,91	-8,92	-8,87	-8,88
10	-8,89	-8,87	-8,92	-8,96	-8,91
8	-8,02	-7,94	-7,90	-7,88	-7,87
5	-7,93	-7,98	-7,95	-7,91	-7,97
3	-7,90	-7,87	-7,90	-7,91	-7,96
2,6	-7,89	-7,94	-7,96	-7,97	-7,97
1,1	-8,13	-8,13	-8,18	-8,28	-8,39
0,7	-8,38	-8,82	-9,55	-10,40	-11,20
0,5	-9,96	-10,50	-12,2	-14,40	-17,80
0,3	-21,88	-34,10	-42,50	-50,00	-50,00

Berdasarkan pada tabel 4 dapat dilihat gambar grafiknya pada gambar 5 berikut:



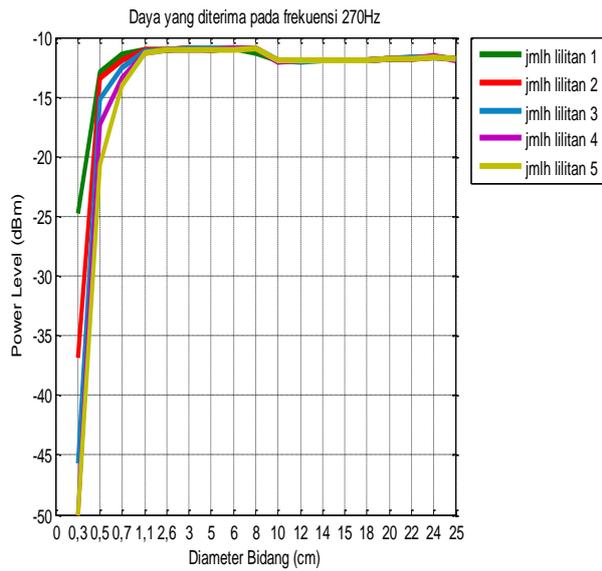
Gbr 5. Grafik Daya Yang Diterima Pada Frekuensi 0 Hz

Sama seperti hasil yang didapat didaya yang diterima pada frekuensi 0Hz, penurunan nilai daya yang diterima juga mulai terlihat pada diameter 0.7cm dan juga pada lilitan ke 3 yaitu dengan nilai -12,58dBm

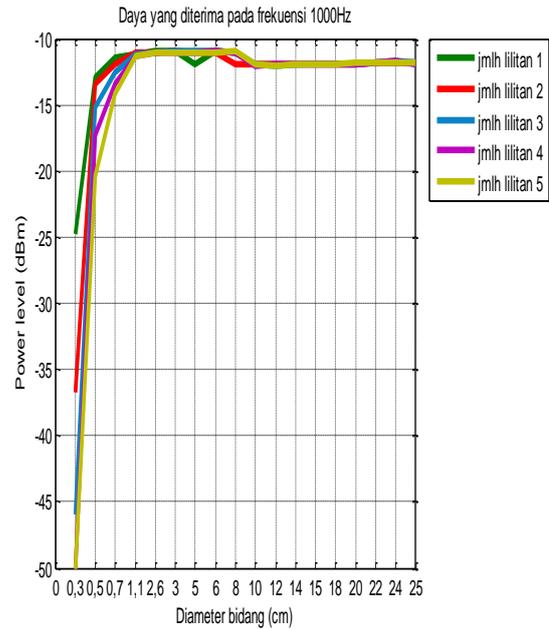
TABEL V
Daya Yang Diterima Pada Frekuensi 270Hz

Diameter Lilitan (cm)	Daya yang diterima (dBm)				
	1 Lilitan	2 Lilitan	3 Lilitan	4 Lilitan	5 Lilitan
25	-11,84	-11,76	-11,80	-11,88	-11,79
24	-11,71	-11,66	-11,70	-11,59	-11,74
22	-11,85	-11,76	-11,74	-11,76	-11,78
20	-11,86	-11,85	-11,85	-11,84	-11,80
18	-11,93	-11,88	-11,89	-11,95	-11,93
15	-11,96	-11,92	-11,91	-11,90	-11,94
14	-11,95	-11,94	-11,95	-11,92	-11,96
12	-11,96	-11,97	-12,01	-11,94	-11,99
10	-11,99	-11,95	-11,93	-12,03	-11,99
8	-11,37	-10,95	-10,97	-10,98	-10,95
6	-10,94	-10,97	-10,95	-10,96	-11,02
5	-11,01	-11,01	-10,96	-11,00	-11,02
3	-10,91	-10,96	-10,98	-11,01	-11,03
2,6	-11,01	-11,02	-11,03	-11,03	-11,03
1,1	-11,11	-11,11	-11,16	-11,33	-11,36
0,7	-11,44	-11,87	-12,58	-13,44	-14,08
0,5	-12,97	-13,47	-15,17	-17,35	-20,65
0,3	-24,72	-36,82	-45,76	-50,00	-50,00

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat gambar grafiknya pada gambar 6.



Gbr 6. Grafik Daya Yang Diterima Pada Frekuensi 270 Hz



Gbr 7. Grafik Daya Yang Diterima Pada Frekuensi 1000 Hz

Hasil daya yang diterima pada frekuensi 1000 Hz dapat dilihat pada tabel 6. Penurunan nilai daya yang diterima pada serat optik juga erlihat pada 0.7 cm dan juga pada lilitan ke 3 yaitu dengan nilai -12,6 dBm.

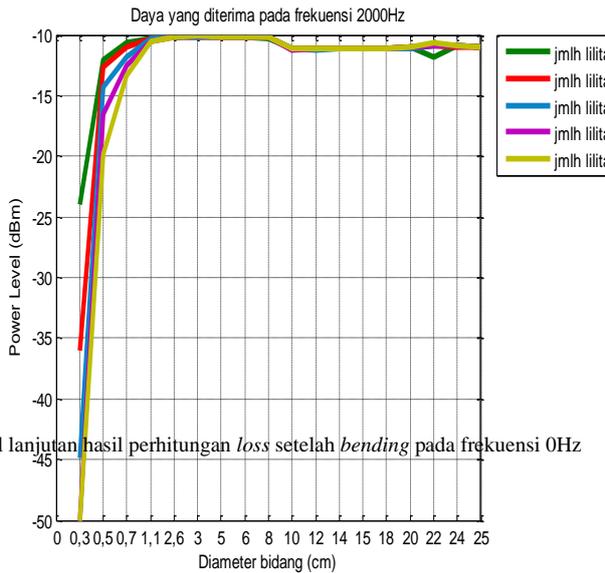
TABEL VI
Daya Yang Diterima Pada Frekuensi 1000 Hz

Diameter Lilitan (cm)	Daya yang diterima (dBm)				
	1 Lilitan	2 Lilitan	3 Lilitan	4 Lilitan	5 Lilitan
25	-11,83	-11,81	-11,79	-11,89	-11,84
24	-11,75	-11,79	-11,72	-11,72	-11,76
22	-11,85	-11,78	-11,76	-11,77	-11,79
20	-11,87	-11,89	-11,91	-11,87	-11,81
18	-11,97	-11,98	-11,92	-11,96	-11,97
15	-11,94	-11,95	-11,94	-11,94	-11,98
14	-11,97	-11,96	-11,97	-11,95	-11,99
12	-11,95	-11,98	-12,02	-11,97	-12,00
10	-11,98	-11,98	-11,93	-12,06	-11,98
8	-11,10	-10,98	-11,01	-11,02	-10,98
6	-10,96	-11,00	-10,96	-10,98	-11,02
5	-10,99	-11,02	-10,96	-11,02	-11,02
3	-10,92	-10,99	-10,99	-11,01	-11,03
2,6	-10,97	-11,02	-11,03	-11,03	-11,03
1,1	-11,17	-11,12	-11,20	-11,34	-11,37
0,7	-11,47	-11,90	-12,60	-13,44	-14,17
0,5	-12,97	-13,48	-15,23	-17,36	-20,43
0,3	-24,78	-36,78	-45,93	-50,00	-50,00

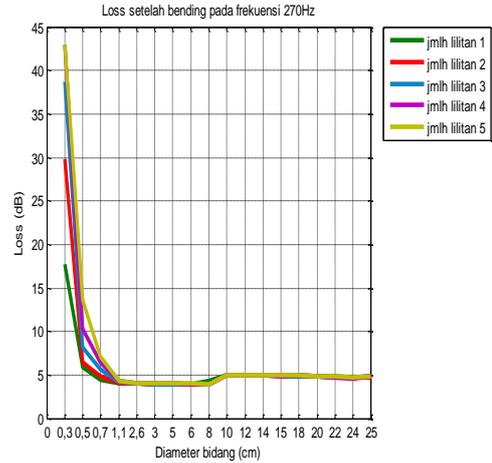
Pada frekuensi 200 Hz hasil pengukuran daya terima dapat dilhaht pada tabel 7 dan Gambar 8.

TABEL VII
Daya Yang Diterima Pada Frekuensi 2000Hz

Diameter Lilitan (cm)	Daya yang diterima (dBm)				
	1 Lilitan	2 Lilitan	3 Lilitan	4 Lilitan	5 Lilitan
25	-11,00	-10,99	-10,97	-11,06	-11,00
24	-10,93	-10,96	-10,87	-10,89	-10,93
22	-11,85	-10,93	-10,94	-10,93	-10,63
20	-11,04	-11,06	-11,09	-11,05	-10,96
18	-11,12	-11,13	-11,10	-11,13	-11,13
15	-11,08	-11,13	-11,13	-11,09	-11,13
14	-11,11	-11,14	-11,12	-11,11	-11,15
12	-11,11	-11,13	-11,18	-11,12	-11,16
10	-11,12	-11,13	-11,11	-11,20	-11,13
8	-10,26	-10,14	-10,15	-10,16	-10,13
6	-10,14	-10,17	-10,14	-10,12	-10,18
5	-10,15	-10,16	-10,12	-10,19	-10,17
3	-10,08	-10,15	-10,16	-10,09	-10,05
2,6	-10,14	-10,15	-10,14	-10,15	-10,16
1,1	-10,34	-10,24	-10,34	-10,49	-10,53
0,7	-10,62	-11,05	-11,77	-12,59	-13,32
0,5	-12,12	-12,62	-14,35	-16,56	-19,90
0,3	-23,99	-35,96	-44,85	-50,00	-50,00



Gbr 8 Grafik Daya Yang Diterima Pada Frekuensi 2000Hz

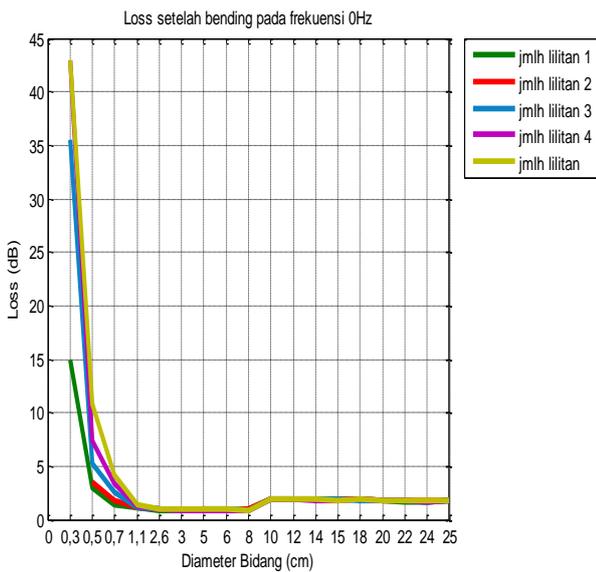


Gambar 10 Grafik Loss Setelah Bending Pada Frekuensi 270Hz

Nilai *loss* pada frekuensi 1000 Hz setelah *bending* tertinggi juga didapat pada jumlah lilitan ke 4 dan jumlah lilitan ke 5 pada diameter 0.3cm dengan nilai 43,00dB. Namun, *bending* mulai terlihat pada diameter 0.7cm di jumlah lilitan ke 3 dengan nilai 5,60dB ditunjukkan pada gambar 11.

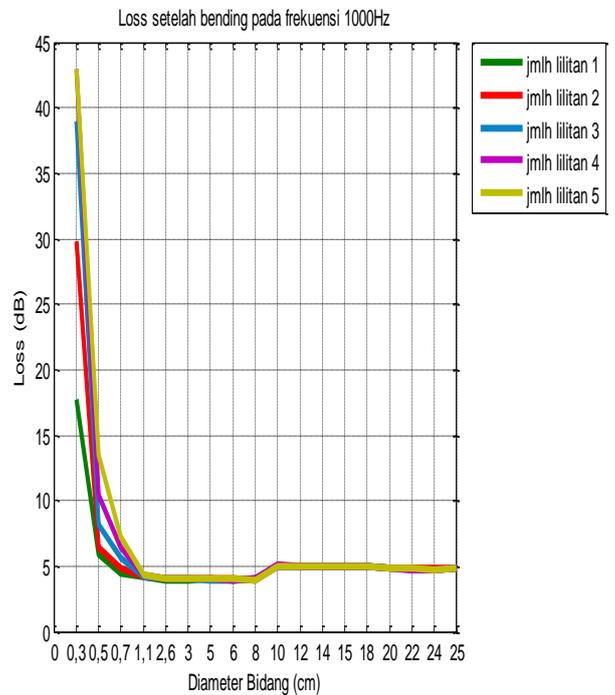
C. Bending Loss

Dari hasil perhitungan untuk frekuensi 0 Hz, diperoleh nilai *loss* setelah *bending* tertinggi terdapat pada jumlah lilitan ke 4 dan jumlah lilitan ke 5 pada diameter 0.3cm yaitu dengan nilai 43,00 dB, dapat dilihat gambar grafiknya pada gambar 9 berikut:



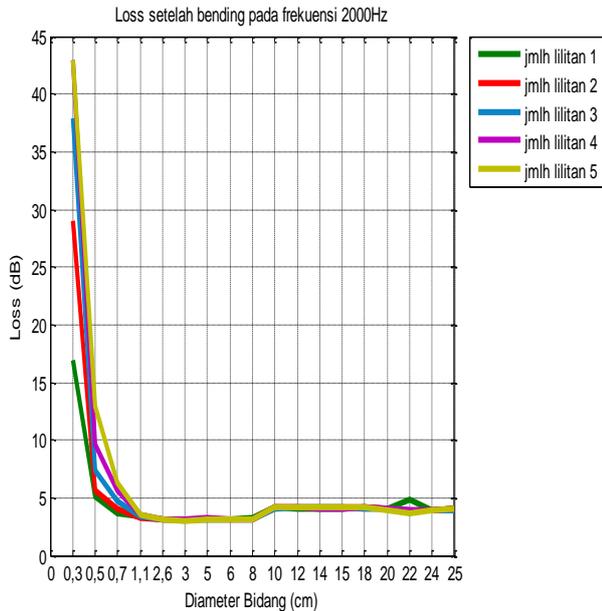
Gbr 9 Grafik Loss Setelah Bending Pada Frekuensi 0Hz

Untuk perhitungan pada frekuensi 270 Hz, *loss* tertinggi didapat pada jumlah lilitan ke 4 dan jumlah lilitan ke 5 pada diameter 0.3cm dengan nilai 43,00dB. Namun, *bending* mulai terlihat pada diameter 0.7cm di lilitan ke 3 dengan nilai 5,58dB. dapat dilihat pada gambar 10 berikut.



Gambar 11 Grafik Loss Setelah Bending Pada Frekuensi 1000Hz

Pada frekuensi 2000 Hz hasil perhitungaan *loss bending* tertinggi didapat pada jumlah lilitan ke 4 dan lilitan ke 5 pada diameter 0.3cm dengan nilai 43,00dB. Namun, *bending* mulai terlihat pada diameter 0.7 cm di jumlah lilitan ke 3 dengan nilai 4,77 dB. ditunjukkan pada gambar 12 berikut.



Gambar 12 Grafik Loss Setelah Bending Pada Frekuensi 2000Hz

REFERENSI

- [1] Sihotang, Roy E. **Analisa Pelengkungan Pada Kabel Serat Optik Sebagai Sensor Kemiringan Berbasis Makro Bending**. 2020. [Online]. Available: <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/27932>.
- [2] [3] Zeth Corner. 2009. **Rugi-rugi pada Serat Optik**. [Online]. Available: www.zethcorner.wordpress.com/2009/06/26/rugi-rugi-pada-serat-optik/ diakses 11 Juni 2022.
- [4] Daniyati, Rizqa. Wibowo, Rudi. dkk. **Pengaruh Kelengkungan (Bending Loss) Terhadap Pengaruh Intensitas yang Timbul Pada Fiber Optik**. 2011. [online]. Available: www.researchgate.net/publication/285906722_Pengaruh_Kelengkungan_Bending_Loss_Terdapat_Pengaruh_Intensitas_yang_Timbul_Pada_Fiber_Optik

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan perhitungan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi diameter bidang *bending* berpengaruh terhadap rugi-rugi yang dihasilkan. Semakin mengecil diameter bidang *bending*, semakin besar pula rugi-rugi yang dihasilkan.
2. Jumlah lilitan pada kabel yang membentuk *bending* sangat berpengaruh pada rugi-rugi yang dihasilkan serat optik. Semakin banyak lilitannya semakin besar rugi-rugi yang dihasilkan.
3. Pada frekuensi 0Hz daya yang diterima sebesar -9.55 dBm dengan nilai *loss* sebesar 2.55 dB, pada frekuensi 270Hz nilai daya yang diterima sebesar -12.58 dBm dan nilai *loss* sebesar 5.58 dB, pada frekuensi 1000Hz nilai daya yang diterima sebesar -12.6 dBm dan nilai *loss* sebesar 5.60 dB, dan pada frekuensi 2000Hz nilai daya yang diterima sebesar -11.77 dBm dan nilai *loss* sebesar 4.77 dB. Rugi-rugi pada keempat frekuensi diatas mulai terlihat pada diameter bidang 0.7cm dengan jumlah 3 lilitan.
4. Kabel akan mulai pecah pada diameter bidang 0.3cm di lilitan ke 4, dengan daya yang diterima pada OPM sebesar -50 dBm. Namun, saat serat optik di tembakkan sinar laser menggunakan *visual fault locator* (VFL) sinar masih bisa menembus ke ujung serat optik.