



Artikel Penelitian

**Kata Kunci:**

Serat Optik, kerugian lengkungan, OTDR

**Keywords:**

Optical Fiber, Bend Loss, and OTDR.

**INDEXED IN**Crossref  
Google Scholar  
Garba Rujukan Digital: Garuda**CORRESPONDING AUTHOR**Sefrina Putri Trisnanti  
Fakultas, Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam Unesa**EMAIL**

sefrinaputri280@gmail.com

**OPEN ACCESS**

e ISSN 2623-2022



Copyright (c) 2023 Jurnal Kolaboratif Sains

**Analisa Bending Loss pada Fiber Optic Single-Mode****Bending Loss Analysis on Single-Mode Fiber Optic**Ryan Yusrizal<sup>1</sup>, Sefrina Putri Trisnanti<sup>2\*</sup>, Meta Yantidewi<sup>3</sup>, Irwan Rawal Husdi<sup>4</sup><sup>1,2,3</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Gayungan,  
60231, Surabaya, Jawa Timur, Telp. (031) 8296427<sup>4</sup>Fotonik, Badan Riset Dan Inovasi Nasional (BRIN), Tangerang Selatan

**Abstrak:** Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh diameter lengkungan terhadap *bending loss* pada *fiber optic*, pengaruh jumlah lilitan terhadap *bending loss*, dan faktor yang mempengaruhi terjadinya *bending loss*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) tipe *Cable Analyzer Flux Networks DSX-602*. Variabel kontrol yaitu *fiber optic single-mode* dan panjang *fiber optic*. Variabel manipulasi yaitu diameter lengkungan (mm) dan jumlah lilitan serta variabel respon yaitu *bending loss* (dB) dan reflektansi (dB). Data diperoleh dengan alat OTDR yang di lengkungkan pada kerucut sesuai dengan variabel penelitian. Diketahui bahwa *loss* terjadi karena adanya sinar datang dan garis normal yang membentuk sudut kritis yang jika semakin kecil akan menyebabkan sinar menembus dan tidak dipantulkan. Maka dapat disimpulkan bahwa diameter lengkungan berpengaruh terhadap nilai *loss* yang jika semakin besar diameternya akan semakin kecil *loss* yang terjadi dan semakin banyak jumlah lilitan juga akan mengakibatkan semakin besar nilai *loss* yang terjadi. Alat ukur dalam penelitian ini juga berpengaruh terhadap *loss* karena memiliki sensitivitas atau batas ukur yang berbeda serta terbatas, sehingga jika diameter terlalu kecil alat tidak mampu menunjukkan hasil yang maksimal. Diharapkan Analisa dalam penelitian ini dapat membantu penelitian selanjutnya untuk sensor beban, propagasi, dan pengembangan ilmu terkait *fiber optic* kedepannya.

**Abstract:** The purpose of this study was to determine the effect of the curved diameter on bending loss in fiber optics, the effect of the number of turns on bending loss, and the factors that influence the occurrence of bending loss. Measurements were made using an Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) type Cable Analyzer Flux Networks DSX-602. The control variables are single-mode optical fiber and optical fiber length. The manipulation variables are the bend diameter (mm) and the number of turns and the response variables are bending loss (dB) and reflectance (dB). The data were obtained with the OTDR tool which was curved on the cone according to the research variables. It is known that loss occurs because of the incident ray and the normal line which form a critical angle which if it gets smaller will cause the ray to penetrate and not be reflected. So it can be concluded that the diameter of the bend affects the loss value, if the larger the diameter, the smaller the loss that occurs and the more the number of turns will also result in the greater the loss value that occurs. The measuring instrument in this study also affects loss because it has different and limited sensitivity or measuring limits, so that if the diameter is too small the tool is unable to show maximum results. It is hoped that the analysis in this study can help further research on load sensors, propagation, and the development of science related to fiber optics in the future.

Jurnal Kolaboratif Sains (JKS)

Volume 6 Issue 7 Juli 2023

Pages: 620-629

## LATAR BELAKANG

Kemajuan teknologi di era yang serba canggih seperti saat ini telah mengakibatkan banyak sistem dan sensor yang dapat digunakan untuk pengukuran berbagai jenis variabel fisika, salah satunya sensor *fiber optic*. Prinsip yang mendasari *fiber optic* digunakan sebagai sensor adalah adanya karakteristik penghantaran cahaya *fiber optic* yang mempunyai intensitas, polarisasi dan fase. Media *fiber optic*, merupakan salah satu media yang memiliki banyak kelebihan, terutama dari segi performa dan ketahanannya menghantarkan data (Kholilah, 2015). Para ilmuwan telah mengembangkan banyak sensor berbasis *fiber optic* sebagai sensor serbaguna dengan keunggulan dalam berbagai hal seperti sensitivitas, selektivitas, fleksibilitas, akurasi, ukuran yang lebih kecil, ringan serta dapat digunakan juga dalam pengukuran dan penginderaan jauh (Arifin, 2017).

*Fiber optic* atau serat optik adalah sebuah bahan transparan yang sangat jernih atau kabel yang terbuat dari bahan kaca atau plastik, yang dapat digunakan untuk mentransmisikan gelombang cahaya (Crisp et al., 2008) dapat juga diartikan sebagai silinder kaca panjang yang dapat mengirimkan cahaya dari satu ujung ke ujung lainnya tanpa kebocoran cahaya yang merambat menabrak dinding silinder dengan sudut datang lebih besar daripada sudut kritisnya untuk refleksi internal total. Terdapat

2 jenis *fiber optic* yang biasa diketahui yaitu *Single-mode* dan *multi-mode*. Pada penelitian ini menggunakan *fiber optic single-mode* atau serat optik mode tunggal. Ada beberapa keuntungan dari *single-mode*, seperti kualitas sinar dengan difraksi yang terbatas, stabilitas tinggi, dan efisiensi konversi elektro-optik yang tinggi (Yu et al., 2020). Pada *single-mode* sederhana dirancang dengan profil *step-index* dengan nilai  $\alpha$  lebih besar dari 5 (M.-J. Li et al., 2020). *Fiber optic single-mode* diperlukan untuk mengembangkan osilator laser, seperti laser fiber frekuensi tunggal (Peiwen Kuan et al., 2016). Oleh karena itu, *fiber optic single-mode* memiliki kemampuan pembentukan pulsa serbaguna, stabilitas yang baik, volume kecil, dan bebas perawatan yang dapat digunakan di banyak aplikasi (Zhang et al., 2018). *Fiber single-mode* digunakan di pusat data untuk aplikasi jarak pendek dan jarak jauh karena transmisi mode tunggal yang mampu menghasilkan *bandwidth* sistem yang tinggi dan jangkauan yang lebih jauh, pusat data berskala besar serta cenderung mengadopsi serat optik mode tunggal standar sebagai media transmisi tunggal (Chen et al., 2019). Kerugian akibat pembengkokan pada serat optik telah diselidiki secara ekstensif selama hampir 40 tahun, terutama terkait dengan pembengkokan mikro dan makro (P. Zhu et al., 2021). Beberapa peneliti telah menemukan bukti empiris (C. Schulze et al., 2013) mengenai pengaruh faktor eksternal seperti tekanan yang dapat menyebabkan kelenturan pada serat optik. Berdasarkan bukti tersebut, perbaikan telah dilakukan pada serat optik untuk menahan efek lentur (P. Zhang et al., 2019). Beberapa penelitian telah mengembangkan sensor serat optik untuk mendeteksi beban objek pada serat *Bragg grating* (FBG), filter fotonik gelombang mikro, dan pengendalian makro (X. Shu dan F. Shen, 2014).

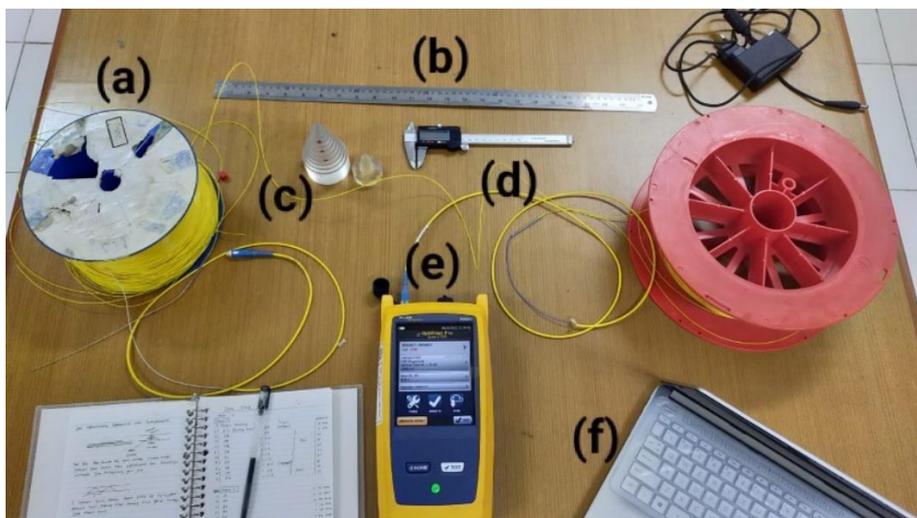
*Bending loss* atau kerugian lengkungan adalah rugi penjalaran cahaya yang berada dalam serat optik yang akan mengalami pelemahan daya akibat terjadinya kebocoran atau berkurangnya kejernihan bahan serat optik (Crisp & Elliot, 2008). Penyebab pelemahan energi sinyal informasi pada serat optik, menyebabkan perambatan cahaya didalam serat optik berbelok dari arah transmisi dan hilang atau yang disebut dengan rugi-rugi, salah satunya adalah bending (pembengkokan). Pelemahan daya transmisi (atenuasi) pada serat optik merupakan salah satu karakteristik penting yang mana pengaruhnya menghasilkan penurunan daya dari sistem. Rugi-rugi yang terjadi fiber optic ini termasuk dalam *macrobending*. *Macrobending* dapat terjadi ketika sinar atau cahaya melalui serat optik yang dilengkungkan dengan jari-jari lebih besar dibandingkan dengan diameter core serat optik sehingga menyebabkan rugi-rugi (Keiser, 1991).

Adapun beberapa aplikasi daripada analisis *bending loss* pada fiber optic ini yaitu pada *Weight In Motion* (WIM) telah diperkenalkan lebih dari 50 tahun yang lalu (Ramesh B et al., 2008). Prinsip kerja atau metode teknologi WIM adalah mendeteksi suatu berat kendaraan yang bergerak pada kecepatan tertentu di atas jalan yaitu dengan mengukur beban roda kendaraan pada saat berjalan dengan memanfaatkan kelengkungan pada *fiber optic*. Selanjutnya pada alat komunikasi terjadinya *loss* atau

redaman serat optik dapat mengakibatkan data hilang atau terhambat dalam pengirimannya (Sujito et al., 2012). Oleh karena itu penelitian lebih lanjut terkait bending loss dapat ditelusuri secara lebih dalam, sehingga muncul berbagai perkembangan pengetahuan dan teknologi untuk kedepannya. Adapun tujuan dilakukannya penelitian terkait bending loss ini dalam rangka memperkecil resiko atau faktor yang mempengaruhi kinerja fiber optic salah satunya pada pengembangan sensor beban (WIM), mengetahui pengaruh diameter lengkungan terhadap bending loss yang terjadi pada *fiber optic*, dan dapat mengetahui pengaruh jumlah lilitan terhadap bending loss yang terjadi pada fiber optic, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengembangan *fiber optic* kedepannya.

## METODE

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen yang dijelaskan seperti pada gambar 1. Pada gambar tersebut terdapat beberapa alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses pengukuran *bending loss* seperti *fiber optic single-mode*, *Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)* tipe *Cable Analyzer Flux Networks DSX-602*, kerucut diameter, jangka sorong, penggaris, dan laptop.



**Gambar 1.** Alat dan bahan pada penelitian (a) Fiber optic single-mode, (b) penggaris, (c) kerucut diameter, (d) jangka sorong, (e) OTDR, dan (f) laptop

Dalam melakukan penelitian *bending loss*, *fiber optic* berperan penting dalam penelitian ini sebagai bahan yang akan di lengkungan untuk diketahui nilai *loss* yang terjadi. Kerucut diameter, yang digunakan dalam manipulasi diameter pada penelitian dengan besar yang berbeda tiap tingkatannya sebesar 10-55 mm. Selanjutnya alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain seperti *Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)* tipe *Cable Analyzer Flux Networks DSX-602*, merupakan alat yang digunakan dalam pengukuran *bending loss*, sehingga dapat diketahui *loss* dan reflektansi yang terjadi. OTDR tipe ini memungkinkan pengujian dan analisis otomatis dua serat dalam satu pengujian sekaligus memenuhi persyaratan standar. Proses dilakukan secara otomatis memisahkan dua serat untuk analisis lulus atau gagal individu, tampilan, dan pelaporan. OTDR kemudian menganalisis data dan menampilkannya sebagai peristiwa *EventMap*, tabel, dan jejak. Penggaris, digunakan dalam mengukur panjang daripada *fiber optic* agar tidak terjadi *dead zone*. Lalu terdapat Jangka sorong yang digunakan dalam mengukur diameter pada kerucut diameter, sehingga dapat diketahui diameter kerucut setiap tingkatannya serta laptop yang digunakan dalam input data yang telah ditampilkan OTDR.

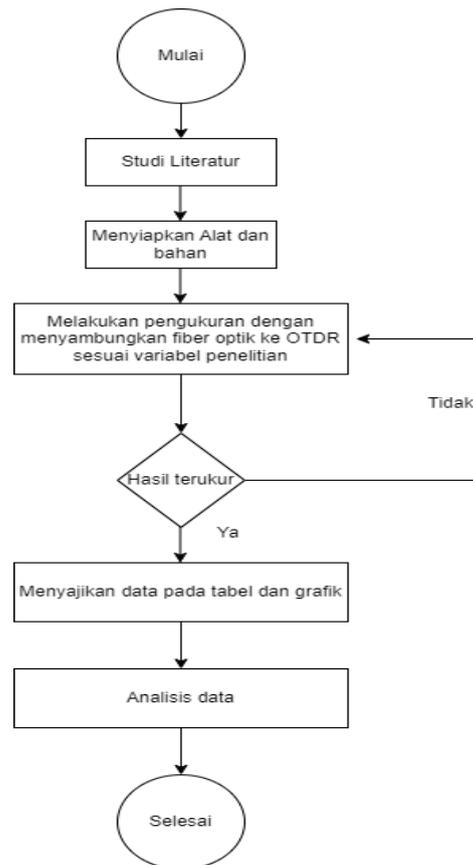
Pada penelitian ini, variabel kontrol meliputi tipe *fiber optik (single-mode)* dan panjang *fiber optik* (m). Dari penelitian yang dilakukan menggunakan *fiber optik* jenis mode tunggal dan menggunakan panjang *fiber optik* berkisar 50 m dari pangkal dengan rata-rata untuk lengkungan pada 297 m. Hal tersebut dilakukan karena untuk menghindari terjadinya *dead zone* pada pengukuran *bending loss*,

sehingga dapat terukur secara jelas berkisar di panjang yang lebih dari 50 m dari ujung ataupun pangkal. Pada variabel manipulasi meliputi diameter lilitan (mm) dan jumlah lilitan dengan memanipulasi diameter lilitan pada sebuah silicon sebanyak 15 diameter yaitu tanpa lengkungan, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 15 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, dan 55 mm dengan 1 sampai 3 kali percobaan serta pada jumlah lilitan terdapat 3 manipulasi yaitu 1 lilitan, 3 lilitan, dan 5 lilitan dengan pengulangan sebanyak 10 kali. Dari manipulasi tersebut dapat digunakan untuk mengamati besar nilai *bending loss* (dB) dan reflektansi (dB) yang terjadi pada penelitian. Pada, variabel respon meliputi nilai *bending loss* (dB) dan reflektansi (dB). Pada proses pengukuran ini menggunakan alat canggih yaitu *Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)* tipe *Cable Analyzer Flux Networks DSX-602*. Dimana variabel respon tersebut berpengaruh dalam menentukan grafik yang akan dibandingkan pada percobaan sebelumnya. Dari variabel respon ini dapat dilakukan analisis *bending loss* pada *fiber optic*.

Berikut adalah langkah penelitian yang dijelaskan melalui gambar 2 dan 3. Gambar tersebut menunjukkan proses pengukuran *bending loss* pada *fiber optic*. Dalam pengukuran *bending loss*, menggunakan beberapa diameter lengkungan dan jumlah lilitan yang berbeda. Dalam pembengkokan makro, bentuk lengkungan serat ditentukan sesuai diameter pada kerucut.



Gambar 2. Proses pengukuran *bending loss*



Gambar 3. Flowchart penelitian

Langkah pertama yang dilakukan setelah memulai yaitu melakukan studi literatur dengan membaca beberapa artikel penelitian sebelumnya untuk dijadikan acuan dalam melakukan penelitian, Persiapan alat dan bahan seperti pada gambar 1 meliputi *fiber optic single-mode*, *Optical Time Domain*

*Reflectometer* (OTDR) tipe *Cable Analyzer Flux Networks DSX-602*, kerucut diameter, jangka sorong, penggaris, dan laptop. Setelah itu melakukan pengukuran dengan menyambungkan ujung *fiber optic* ke OTDR, mengontrol tipe *fiber optic (Single Mode)* dan panjang *fiber optic* (m) berkisar 50 m dari pangkal dengan range untuk lengkungan pada 297 m. Lalu memanipulasi diameter lilitan pada sebuah kerucut sebanyak 15 diameter yaitu tanpa lengkungan, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 15 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, dan 55 mm dengan 1 sampai 3 kali percobaan serta pada jumlah lilitan terdapat 3 manipulasi yaitu 1 lilitan, 3 lilitan, dan 5 lilitan dengan pengulangan sebanyak 10 kali. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan nilai *bending loss* (dB) dan reflektansi (dB). Jika pengukuran gagal atau kurang tepat maka akan dilakukan pengukuran kembali dan jika sesuai selanjutnya akan dilakukan analisis data. Setelah didapatkan data hasil penelitian maka dilakukan analisis dengan mencari koefisien *bending loss* dengan menampilkan grafik.

## HASIL

Pada tabel 1 merupakan data hasil pengukuran *bending loss* pada *fiber optic single-mode* dengan manipulasi diameter lengkungan. Dapat diamati bahwa lengkungan yang dibuat mengakibatkan terjadinya *bending loss* atau kerugian. Dari penelitian yang dilakukan pada alat OTDR tersebut menampilkan beberapa hasil, seperti panjang *fiber optic* saat terjadi *bending loss*, *bending loss* total, *bending loss*, dan reflektansi yang terjadi pada ujung dan pangkal *fiber optic*.

**Tabel 1.** Data pengukuran *loss* pada manipulasi diameter dengan 1 lilitan

No.	Diameter Lengkungan (mm)	Panjang <i>Fiber Optic</i> (m)	Hasil					Koef. $\alpha$
			Posisi <i>Loss</i> (m)	<i>Loss</i> Total (dB)	<i>Loss</i> (dB)	<i>Reflect</i> (dB)		
						Ujung	Pangkal	
1	Tanpa Lengkungan	297,23		0,04		-36,55	-14,02	
2	10	297,42	60,69	N/A	11,32	-36,63	-30,81	0,360
3	10	297,52	60,72	N/A	11,35	-36,76	-29,20	0,361
4	12	297,23	60,72	N/A	10,59	-37,33	-19,68	0,281
5	14	297,23	60,72	7,53	8,55	-36,51	-13,70	0,194
6	15	297,20	60,72	8,93	10,93	-36,69	-10,94	0,232
7	16	297,23	60,66	6,25	6,75	-36,48	-13,13	0,134
8	18	297,23	60,72	6,35	2,67	-36,55	-14,53	0,047
9	20	297,23	60,72	4,52	6,61	-36,47	-15,67	0,105
10	20	297,20	60,72	1,78	1,76	-36,47	-13,79	0,028
11	25	297,20	61,65	0,21	0,12	-36,42	-14,14	0,003
12	30	297,20	60,98	0,28	0,14	-37,12	-14,00	0,001
13	35	297,23	-	0,08	-	-36,45	-13,99	-
14	40	297,20	-	0,11	-	-36,42	-13,99	-
15	45	297,20	-	0,05	-	-36,45	-13,96	-
16	46	297,20	-	0,04	-	-36,48	-14,02	-
17	47	297,20	-	0,07	-	-36,42	-14,01	-

Dibandingkan dari data hasil penelitian sebelumnya didapatkan hasil bahwa semakin besar diameter yang diberikan harusnya akan semakin kecil *loss* yang terjadi bahkan cenderung akan tidak ada *loss* pada diameter tertentu, sehingga diameter berpengaruh terhadap *bending loss* pada *fiber optic*. Kehilangan *macrobending* dalam serat optik mengacu pada kehilangan energi yang disebabkan oleh tikungan serat. Ketika serat optik ditekuk, refleksi internal total serat optik gagal, dan cahaya tidak akan sepenuhnya dipandu di inti serat optik. Koefisien kehilangan lentur yang disebabkan oleh kelengkungan serat optik dapat didefinisikan pada persamaan (1) (Bambang Widiyatmoko et al., 2022).

$$\alpha = \frac{Pr}{Pf} = \frac{loss}{\pi d}$$

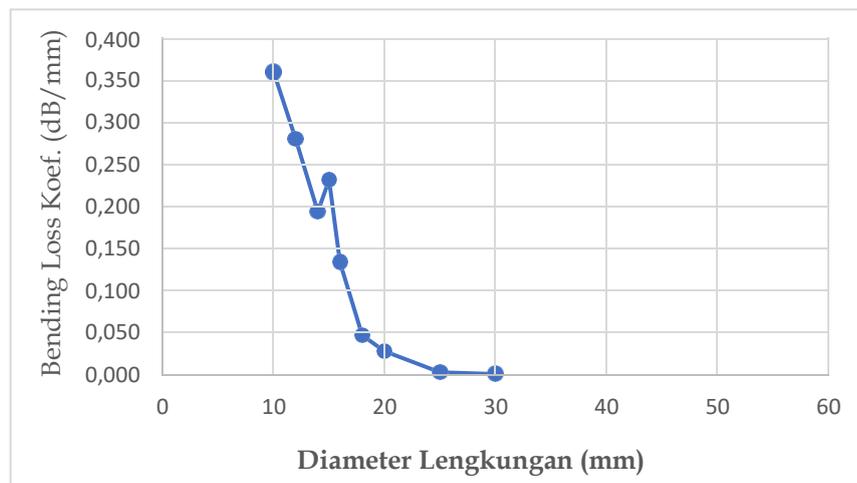
Keterangan

Pr = loss = nilai *bending loss* (dB)

Pf = keliling *bending loss* (mm)

D = diameter lengkungan (mm)

Pada tabel 1 dengan manipulasi diameter lengkungan rata-rata *bending loss* terjadi pada jarak 60 m dari pangkal yang berarti hal tersebut menunjukkan bahwa *bending loss* sudah terbebas dari *dead zone* atau gangguan. Di mana *dead zone* adalah jarak minimum setelah pantulan Fresnel dan OTDR dapat terpengaruh dalam mendeteksi *bending loss* (K. A Latief, 2014). Terdapat tanda (-)



**Gambar 4.** Grafik pengaruh diameter lengkungan terhadap *bending loss* pada *fiber optic*

Dari gambar 4 di atas maka dapat diamati bahwa diameter lengkungan berpengaruh terhadap loss yang terjadi. Di mana pada diameter 10 mm menunjukkan loss dan koefisien tertinggi. Saat diameter semakin bertambah nilai loss dan koefisien juga semakin kecil. Dengan kata lain semakin kecil diameter lekungan maka akan semakin besar loss yang terjadi. Hal tersebut dapat terjadi karena saat diameter lengkungan semakin kecil maka sudut normal (pertemuan antara sinar datang dan garis normal) akan semakin kecil sehingga hal tersebut membuat sinar datang lebih banyak yang menembus daripada dipantulkan (Crisp et al., 2006). Oleh karena itu, sinar yang menembus keluar itu mengakibatkan terjadinya *bending loss* yang lebih besar dibandingkan pada diameter yang besar.

Tabel 2. Data pengukuran *loss* pada manipulasi jumlah lilitan dengan diameter 25 mm.

No.	Jumlah Lilitan	Panjang <i>Fiber Optic</i> (m)	Hasil						
			1		2		<i>Loss</i> Total (dB)	<i>Reflect</i> (dB)	
			Posisi <i>Loss</i> (m)	<i>Loss</i> (dB)	Posisi <i>Loss</i> (m)	<i>Loss</i> (dB)			Ujung
1	1	297,20	11,30	0,47	60,40	1,11	1,63	-36,82	-13,79
		297,20	11,14	0,44	60,50	1,61	2,05	-36,70	-13,84
		297,20	11,71	0,52	60,40	1,81	2,37	-36,80	-13,86
		297,20	-	-	60,31	1,31	1,28	-36,62	-13,47
		297,20	-	-	60,34	1,38	1,31	-36,63	-13,86
		297,20	-	-	60,15	1,21	1,21	-36,79	-13,55
		297,20	11,61	0,49	60,44	0,94	1,46	-36,62	-13,63
		297,20	-	-	60,50	1,36	1,32	-36,60	-13,67
		297,20	10,69	0,44	60,50	1,04	1,47	-36,57	-13,49
		297,20	-	-	60,40	1,07	1,05	-36,54	-13,52
2	3	297,20	11,71	0,41	60,49	4,76	4,82	-36,78	-12,29
		297,23	11,14	0,42	60,44	5,03	5,08	-36,72	-12,21
		297,23	10,79	0,45	60,28	3,90	4,28	-36,68	-13,50
		297,20	-	-	60,21	3,94	3,80	-36,66	-12,83
		297,20	-	-	60,28	3,92	3,62	-36,63	-12,98
		297,20	11,07	0,46	60,28	4,47	4,69	-36,73	-13,79
		297,20	-	-	60,28	4,32	3,97	-36,57	-12,98

	297,20	-	-	60,28	4,16	3,96	-36,65	-13,09	
	297,20	11,04	0,44	60,31	4,51	4,69	-36,58	-13,36	
	297,20	-	-	60,21	4,62	4,33	-36,58	-11,96	
3	5	297,23	12,29	0,24	60,21	6,90	6,33	-36,90	-13,62
	297,23	11,30	0,45	60,24	9,65	7,90	-36,81	-12,81	
	297,23	10,98	0,45	60,21	9,61	8,23	-36,77	-10,44	
	297,23	11,17	0,51	60,12	8,06	7,26	-36,82	-12,53	
	297,23	10,85	0,41	60,18	7,45	6,91	-36,67	-12,13	
	297,23	10,82	0,32	60,15	10,99	9,18	-36,78	-11,13	
	297,23	10,82	0,45	60,15	9,17	7,72	-36,74	-11,74	
	297,23	11,58	0,50	60,15	10,97	8,43	-36,69	-9,94	
	297,23	11,10	0,37	60,28	11,03	8,29	-36,66	-11,35	
	297,23	-	-	60,08	9,32	7,45	-36,63	-11,13	

Dari data tersebut maka dapat diamati bahwa jumlah lilitan yang dibuat mempengaruhi hasil *bending loss* atau kerugian yang terjadi, maka didapatkan grafik pada gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik pengaruh jumlah lilitan terhadap *bending loss* pada *fiber optic*.

Dari gambar 5 di atas maka dapat dianalisis bahwa jumlah lilitan berpengaruh pada hasil *loss* yang terjadi. Semakin banyak jumlah lilitan maka akan semakin besar *loss* atau berbanding lurus antara jumlah lilitan dan *loss* yang terjadi. Sensor yang dilengkungkan dengan diameter kecil dan banyak memungkinkan lebih banyak bagian serat optik mengalami *bending loss* (Bambang Widiyatmoko et al.,

2022). Pada diameter 25 mm dilakukan 10 kali percobaan setiap lilitan dan didapatkan hasil rata-rata bahwa pada 1 lilitan sebesar 1,1515 dB, 3 lilitan sebesar 4,324 dB, dan 5 lilitan sebesar 7,770 dB. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin banyak jumlah lilitan maka akan semakin banyak lengkungan, sehingga banyak cahaya datang yang menembus keluar dan terjadi *bending loss*.

Dari penelitian yang telah didapatkan dapat diketahui bahwa sudah sesuai pada penelitian sebelumnya yaitu kerugian *macrobending* dalam serat optik yang dibungkus untuk deteksi beban (Bambang Widiyatmoko et al., 2022) dan terdapat beberapa yang kurang sesuai dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya *bending loss*, yang mengakibatkan beberapa nilai tidak dapat ditampilkan. Faktor-faktor tersebut dapat terjadi dari beberapa faktor baik eksternal ataupun internal sesuai dengan kondisi alat dan bahan yang digunakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi *bending loss* antara lain Diameter lengkungan sangat mempengaruhi nilai *bending loss*, di mana semakin besar diameter lengkungan akan semakin kecil nilai *bending loss* yang terjadi. Jumlah lilitan juga mempengaruhi nilai *bending loss*, di mana semakin banyak jumlah lilitan, maka akan semakin besar nilai *bending loss* yang terjadi. Panjang fiber optic dari ujung atau pangkal juga berpengaruh, karena jika <50 m maka akan terjadi dead zone yang mempengaruhi hasil *bending loss* yang terjadi. Alat ukur juga berpengaruh karena pada alat ukur memiliki sensitivitas atau batas ukur yang berbeda serta terbatas, sehingga jika diameter terlalu kecil alat tidak mampu menunjukkan hasil yang maksimal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa diameter berpengaruh terhadap nilai *loss*, jika semakin besar diameter lengkungan akan semakin kecil *loss* yang terjadi dan semakin banyak jumlah lilitan juga akan mengakibatkan semakin besar nilai *loss* yang terjadi. *Bending loss* terjadi pada diameter lengkungan < 35 mm dan tidak terjadi *loss* pada diameter lengkungan  $\geq$  35 mm, di mana saat diameter lengkungan sebesar 30 mm nilai *loss* 0,14 dB dan semakin kecil jika diameter lengkungan bertambah. Nilai rata-rata *loss* pada 1 lilitan sebesar 1,1515 dB, 3 lilitan sebesar 4,324 dB, dan 5 lilitan sebesar 7,770 dB yang akan semakin besar nilai *loss* jika jumlah lilitan bertambah. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya sinar datang dan garis normal yang membentuk sudut kritis yang jika semakin kecil akan menyebabkan sinar menembus dan tidak dipantulkan. Setiap alat juga berpengaruh karena pada alat ukur memiliki sensitivitas atau batas ukur yang berbeda serta terbatas, sehingga jika diameter terlalu kecil alat tidak mampu menunjukkan hasil yang maksimal.

## IMPLIKASI

Implikasi dari penelitian ini menyempurnakan dari peneliti sebelumnya karena beberapa faktor eksternal maupun internal

## BATASAN

Perlu adanya pemahaman alat sebelum melakukan Penelitian agar tidak terjadi kerusakan atau kesalahan dalam pengukuran

## REKOMENDASI

Dalam melakukan pengambilan data hendaknya mempelajari terlebih dahulu terkait materi dan alat yang akan digunakan. Selain itu, laboran harus memenuhi ketentuan atau prosedur standar yang sudah diberikan, sehingga data yang diperoleh baik dan maksimal. Penggunaan alat saat beroperasi juga harus diperhatikan sehingga alat dapat membaca hasil secara akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

Arifin, A. (2017). *Comparison Of Sensitivity And Resolution Load Sensor At Various Configuration Polymeroptical Fiber*. American Institute of Physics, 1.

- Bambang Widiyatmoko, Mefina Y. Rofianingrum, Dwi Hanto, Jalu Ahmad Prakosa, Imam Mulyanto, Rini Khamimatul Ula, Dwi Bayuwati, and Andi Setiono. (2022). *Macrobending loss in wrapped fiber optic for load detections*. Appl. Opt. 61, 3786-3792.
- Buwana, M. W. (2014). *Analisis Pengaruh Macrobending Losses Terhadap Performansi Sistem Time Division Multiplexing dengan Media Transmisi Plastic Optical Fiber*. Malang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- C. Schulze, A. Lorenz, D. Flamm, A. Hartung, S. Schröter, H. Bartelt, and M. Duparré, (2013). *Mode resolved bend loss in few-mode optical fibers*. Opt. Express 21, 3170–3181.
- Chen, X., Himmelreich, J. E., Hurley, J. E., Zhou, C., Jiang, Q., Qin, Y., Li, J., Wu, C., Chen, H., Coleman, D., & Li, M. J. (2019). *Universal fiber for short-distance optical communications*. *Journal of Lightwave Technology*. <https://doi.org/10.1109/JLT.2018.2886954>.
- Crisp, J., & Elliot, B. (2008). *Serat Optik: Sebuah Pengantar Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Dr. K. A. Latief. (2014). *Attenuation Measurement in Optical Fiber Communication*. *International Journal of Research Studies in Science, Engineering, and Technology [IJRSSET]*. Volume 1, Issue 4. Jimma University: Ethiopia.
- Keiser, G. (1991). *Optical Fiber Communication 2nd Edition*. United States: McGraw-Hill, Inc.
- Markiewicz, K., Kaczorowski, J., Yang, Z., Szostkiewicz, L., Dominguez-Lopez, A., Wilczynski, K., Napierala, M., Nasilowski, T., & Thévenaz, L. (2020). *Frequency scanned phase-sensitive optical time-domain reflectometry interrogation in multimode optical fibers*. In APL Photonics. <https://doi.org/10.1063/1.5138728>.
- P. Zhang, Y. Ling, J. Wang, and Y. Shi. (2019). *Bending resistance of PVA fiber reinforced cementitious composites containing nano-SiO<sub>2</sub>*. *Nanotechnol. Rev.* 8, 690–698.
- P. Zhu, P. Liu, Z. Wang, C. Peng, N. Zhang, and M. A. Soto. (2021). *Evaluating and minimizing induced microbending losses in optical fiber sensors embedded into glass-fiber composites*. *J. Lightwave Technol.* 39, 7315–7325.
- Peiwen Kuan, P. K., Xiaokang Fan, X. F., Wentao Li, W. L., Xueqiang Liu, X. L., Chunlei Yu, C. Y., Lei Zhang, L. Z., & and Lili Hu, and L. H. (2016). *High-efficiency  $\sim 2 \mu\text{m}$  laser in a single-mode Tm-doped lead germanate composite fiber*. *Chinese Optics Letters*. <https://doi.org/10.3788/col201614.081601>.
- Pramono, N. Y. (2012). *Pengaruh Lengkungan Bertekanan pada Serat Optik Plastik terhadap Pelemahan Intensitas Cahaya*. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Penerapan MIPA*. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.1.
- Ramesh B. Malla, Amlan Sen and Norman W. Garrick. (2008). *A Special Fiber Optic Sensor for Measuring Wheel Loads of Vehicles on Highways*, *Sensors*. vol 8, 2551-2568.
- Sujito dkk. (2012). *Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Rugi Daya Serat Optik Singlemode SMF-28*. *Prosiding simposium fisika nasional xxv*. Jurusan fisika FMIPA Universitas Negeri Malang.
- X. Shu and F. Shen. (2014). *Optical load sensors utilizing fiber-Bragggrating based Fabry-Perot resonators*. in *International Photonics and OptoElectronics Meetings (OSA)*, paper FTh4D.5.
- Yu, Z., Zhao, P., Lian, H., Hou, J., Chen, B., Zhao, N., & Chen, J. (2020). *3.3 kW high power single mode fiber laser*. *Sixth Symposium on Novel Optoelectronic Detection Technology and Applications*, 1145544. <https://doi.org/10.1117/12.2564807>.
- Zhang, R., Tian, X., Zhou, D., Xu, D., Zong, Z., Li, H., Fan, M., Zhu, N., Su, J., Zhu, Q., & Jing, F. (2018). *Single-mode millijoule fiber laser system with high pulse shaping ability*. *Optik*. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.11.198>.