

Desain sensor massa menggunakan metode *macrobending fiber optic*

Mochammad Junus¹, Yoyok Heru²

e-mail: mochammad.junus@polinema.ac.id, yoyok.heru@polinema.ac.id

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 16 Februari 2021

Direvisi 13 April 2021

Diterbitkan 29 April 2021

Kata kunci:

Sensor fiber optik,
Macro bending,
Rugi-rugi tekanan.

Keywords:

Fiber Optic Sensor,
Macro bending,
Pressure losses

ABSTRAK

Kecepatan dalam hal pengiriman data dan komunikasi merupakan hal terus menerus harus diperbaiki dalam era ini. Beberapa permasalahan dapat timbul karena adanya keterlambatan pengiriman data baik itu bertujuan untuk komunikasi atau pengiriman data pengukuran untuk keperluan tertentu. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan fiber optik. Fiber optik kerap digunakan karena keunggulannya dalam kecepatannya dalam hal komunikasi dan pengiriman data. Saat ini, selain untuk berkomunikasi, fiber optik juga banyak dikembangkan di berbagai keperluan. Salah satunya adalah dalam pengiriman data sensor. Penelitian ini mengangkat topik permasalahan yaitu bagaimana mendesain sebuah sensor massa, dengan menggunakan fiber optik sebagai sensor massa dengan memanfaatkan metode macrobending. Kabel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan tipe patch core singlemode FC to FC yang dililit dengan variasi 1,3,5,7, dan 9 kali lilitan pada selang elastis berdiameter ¼ inchi, ½ inchi, 5/8 inchi, ¾ inchi dan 1 inchi dengan massa 0,1 Kg- 10 Kg dengan range 200gram. Untuk input menggunakan OLS (Optical light Source) dengan nilai -7 dBm dan nilai output di terima dan dibaca oleh OPM (Optical Power Meter). Dari hasil pengukuran diperoleh nilai daya output, loss, losses macrobending, dan rugi-rugi tekanan. Dari penelitian ini, hasil yang didapatkan adalah sebuah rumus matematis hubungan antara beban atau massa dengan rugi-rugi tekanan pada kabel fiber optik.

ABSTRACT

Speed in terms of data transmission and communication is something that must continuously be improved in this era. Several problems can arise due to delays in sending data, either for communication purposes or for sending measurement data for certain purposes. One solution that can be done is to use optical fiber. Optical fiber is often used because of its superiority in speed in terms of communication and data transmission. Currently, in addition to communicating, optical fiber is also being developed for various purposes. One of them is in sending sensor data. This research raises the topic of the problem, namely how to design a mass sensor, using optical fiber as a mass sensor by utilizing the macrobending method. The cables used in this study used a single patch core type FC to FC wrapped with variations of 1,3,5,7, and 9 turns on elastic hoses with diameters of ¼ inch, ½ inch, 5/8 inch, ¾ inch and 1 inch. with a mass of 0.1 kg - 10 kg with a range of 200 grams. For input using an OLS (Optical light Source) with a value of -7 dBm and the output value is received and read by the OPM (Optical Power Meter). From the measurement results obtained the value of output power, loss, macrobending losses, and pressure losses. From this research, the results obtained are a mathematical formula for the relationship between load or mass and pressure losses on fiber optic cables.

Penulis Korespondensi:

Mochammad Junus

Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Sukarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: mochammad.junus@polinema.ac.id**1. PENDAHULUAN**

Komunikasi telah menjadi kebutuhan pokok dalam dunia modern. Kebutuhan untuk saling berhubungan dan bertukar informasi satu dengan yang lain tanpa memperdulikan jarak, apakah hanya beberapa meter saja yaitu, interkom, ribuan kilometer yaitu interlokal, ataupun jutaan kilometer yaitu diangkasa luar. Upaya manusia untuk menyelenggarakan telekomunikasi telah lama tercatat dalam sejarah peradabannya. Namun perkembangan yang nyata baru terjadi dalam abad terakhir ini, sebagai hasil perkembangan teknologi elektronika. Komunikasi dapat diartikan sebagai transfer informasi dari satu titik ke titik lain. Bila informasi harus dikirim melewati suatu jarak maka diperlukan sistem komunikasi. Dengan sistem komunikasi, transfer informasi sering dilakukan dengan menumpangkan atau memodulasikan informasi pada gelombang elektromagnetik yang bertindak sebagai pembawa informasi.

Fiber optik adalah suatu media komunikasi yang berfungsi untuk mentransmisikan informasi melalui media cahaya. Fiber optik memiliki beberapa kelebihan, yaitu pengiriman datanya yang lebih cepat, lebih akurat, dan relatif lebih stabil terhadap perubahan kondisi lingkungan dibandingkan kabel konvensional. Sementara kelemahan fiber optik, yaitu erjadinya loss atau rugi fiber optik yang mengakibatkan data hilang atau terhambat dalam pengirimannya. Aplikasi fiber optik telah menyebar di berbagai bidang yang beragam, salah satunya adalah untuk pemantauan perubahan lingkungan seperti mendeteksi pergeseran (*displacement*), suhu, tegangan (*stress*) hingga penggunaannya dalam bidang industri, pemantauan kondisi struktur bangunan dan medis.

Pemanfaatan fiber optik sudah meluas di dalam sistem komunikasi, pemanfaatan fiber optik berkembang hingga dapat menawarkan sebuah sensor fisik dengan teknik yang berbeda-beda untuk berbagai parameter. Sensor fiber optik yang didasarkan pada prinsip kerugian daya optik yang disebabkan oleh pembengkokkan makro (*macrobending*) juga memiliki bentuk padat yang baik, struktur sederhana, biaya rendah dan lainnya. Sensor *macrobending* fiber optik adalah jenis sensor fiber berdasarkan prinsip tekukan yang terstruktur yang dapat menyebabkan hilangnya intensitas cahaya, yang terdiri dari susunan lekukan termodulasi dan fiber optik. Kinerja sensor *microbending* fiber optik ditentukan oleh susunan lekukan (*bending*), maka metode modulasi lekukan (*bending*) digunakan untuk menghasilkan periodik lekukan (*bending*) pada fiber optik. Besarnya gangguan dapat diperoleh dengan mendeteksi variasi intensitas cahaya, dan tekanan pada sensor *microbending* fiber optik dapat diperoleh.

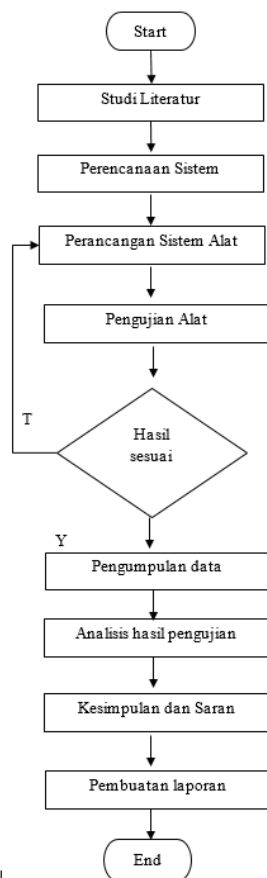
Teknologi sensor berbasis serat optik telah dikembangkan mendapat perhatian dari industri dan sains, sebagai bidang penelitian khusus. Penelitian dan Pengembangan sensor serat optik telah diklasifikasikan berdasarkan kebutuhan industri. Disebutkan pula bahwa banyak manfaatnya diperoleh dari sensor serat optik versus sensor listrik tradisional [1]. Sensor fiber optik yang didasarkan pada prinsip kerugian daya optik yang disebabkan oleh pembengkokkan mikro (*microbending*) juga memiliki bentuk padat yang baik, struktur sederhana, biaya rendah dan lainnya. Sensor *microbending* fiber optik adalah jenis sensor serat berdasarkan prinsip tekukan yang terstruktur yang dapat menyebabkan hilangnya intensitas cahaya, yang terdiri dari susunan lekukan termodulasi dan fiber optik. Kinerja sensor *microbending* fiber optik ditentukan oleh susunan lekukan (*bending*), maka metode modulasi lekukan (*bending*) digunakan untuk menghasilkan periodik lekukan (*bending*) pada fiber optik. Besarnya gangguan dapat diperoleh dengan mendeteksi variasi intensitas cahaya, dan tekanan pada sensor *microbending* fiber optik dapat diperoleh. Beberapa permasalahan yang terjadi pada transmisi data sensor adalah kurang cepatnya proses pengiriman datanya [2].

Dari penjabaran tersebut, maka penelitian kami yang berjudul “Desain sensor massa menggunakan metode *macrobending fiber optic*” akan memanfaatkan fiber optik yang memiliki beberapa kelebihan, yaitu pengiriman datanya yang lebih cepat, lebih akurat, dan relatif lebih stabil, sebagai media transmisi pada sensor massa sehingga dapat dijadikan solusi permasalahan pengiriman data pengukuran nilai massa sehingga memperoleh hasil yang cepat dan akurat.

2. METODE PENELITIAN

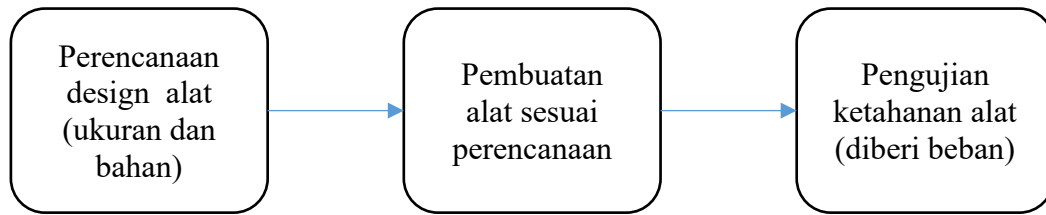
Berdasarkan pada pendahuluan yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif-eksperimental untuk mengukur pengaruh *macrobending* terhadap performansi *core fiber optic*. Variabel uji dalam penelitian ini adalah pengaruh rugi-rugi pada *core fiber optic* dengan pengaruh *macrobending* berdasarkan media *bending* dan jumlah lilitan yang kemudian diberi tekanan massa beban. Sebagai penunjang metode kuantitatif-eksperimental penelitian ini juga menggunakan metode

statistika dasar pada analisis untuk memperkuat hasil penelitian. Blok diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



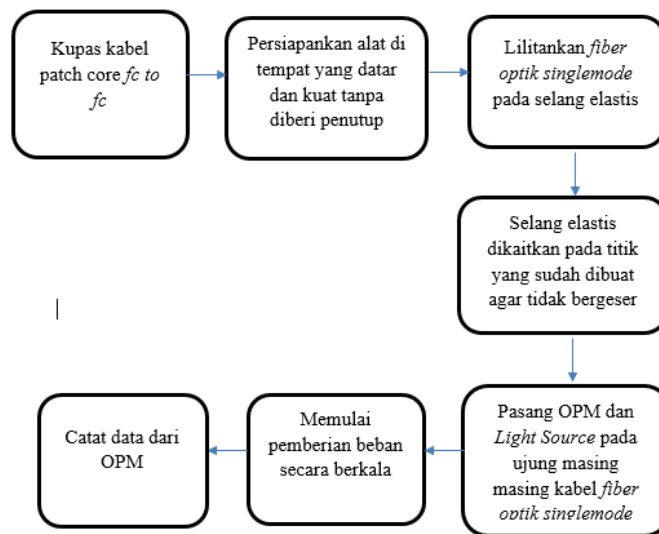
Gambar 1. Rancangan penelitian

Gambar 1 merupakan perancangan penelitian yang akan dilakukan dalam pembuatan sistem. Tahap pertama merupakan studi literatur mengenai teori tentang *fiber optik*, jenis *fiber optik*, sensor *fiber optic* dan *macrobending*. Tahap kedua yaitu perencanaan sistem yaitu mengenai parameter pengujian yang akan diperoleh oleh *macrobending* dengan menggunakan metode *macrobending*. Tahap ketiga adalah menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan seperti dua lempengan aluminium atas dan bawah dengan ukuran 20 cm x 30 cm, dua logam silinder dengan diameter 1 cm dan tinggi 21 cm sebanyak 4 buah yang digunakan sebagai penyangga. Sebagai media *fiber optik* yang di *bending* dibutuhkan selang atau pipa elastis dengan jenis bahan yang sama dengan diameter berdiameter $\frac{1}{4}$ inchi, $\frac{1}{2}$ inchi, $\frac{5}{8}$ inchi, $\frac{3}{4}$ inchi dan 1 inchi. Kabel *fiber optik* yang digunakan adalah jenis *singlemode* dan massa yang digunakan adalah timbel dengan berat 0,1 kg – 10 kg dengan range 200 gram. Alat penunjang lainnya adalah *Optical Light Source JW3109* sebagai sumber cahaya dan *Optical Power Meter JW3208* sebagai pengukur *loss* daya dengan format dBm. Tahap keempat merupakan pengujian sistem yang telah dibuat pada tahap ketiga, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil pengujian sistem yang telah direncanakan. Tahapan kelima merupakan tahap pengumpulan data yang diperoleh dari pengujian sistem serta menganalisis hubungan antara banyaknya massa dan perbedaan diameter lilitan pada proses *macrobending* terhadap daya keluaran. Tahap keenam merupakan tahap penarikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian. Tahap ketujuh merupakan tahap akhir yaitu pembuatan laporan akhir hasil penelitian. Perancangan alat yang dalam penelitian ini digambarkan pada sebuah skema sederhana yang membantu dalam proses pembuatan alat yang sesungguhnya sehingga bisa diketahui ukuran dimensi yang dibutuhkan. Diagram blok perancangan pembuatan alat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan pembuatan alat

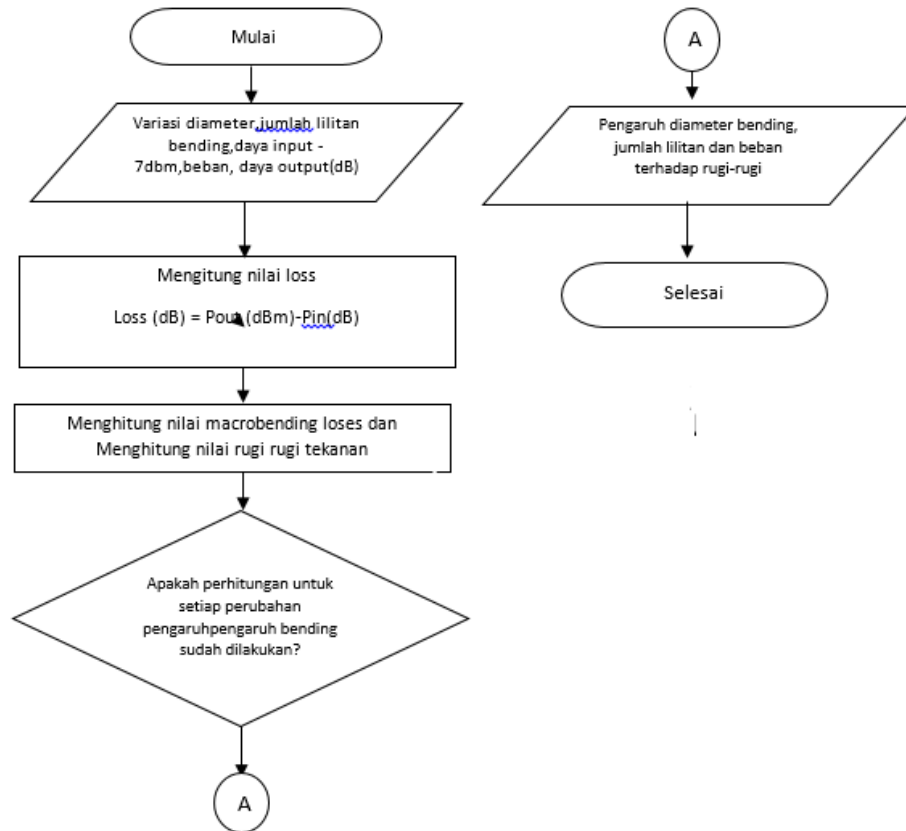
Alat yang sudah direncanakan akan siap digunakan untuk proses pengambilan data tapi sebelum itu harus diketahui mekanisme penggunaan alat tersebut. mekanisme penggunaan alat tersebut di tunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme penggunaan alat

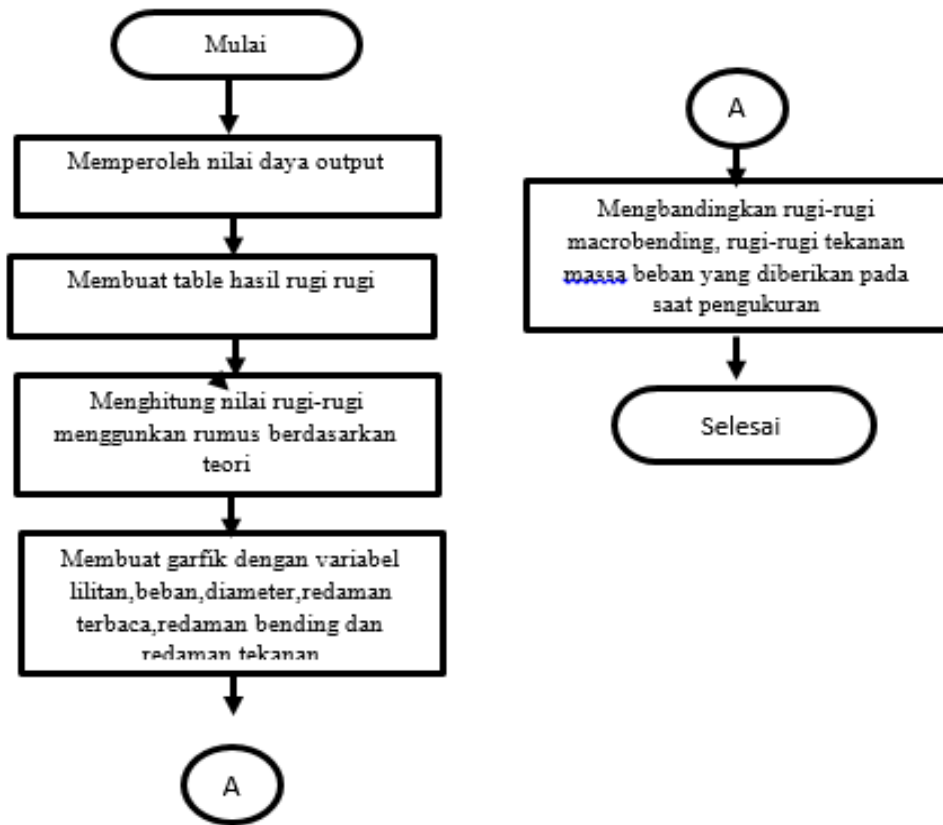
Pertama kupas *coating* dari kabel *patch core FC to FC* yang memiliki panjang 2 meter. Kedua alat harus diletakkan di tempat yang datar dan kuat dengan tujuan agar tidak terjadi pergeseran ketika diberi tekanan dari beban. Ketiga lilitkan kabel *patch core FC to FC* pada selang elastis, lilitan ada 5 jenis yaitu 1, 3, 5, 7, 9 lilitan. Keempat pasang selang elastis pada pengait agar tidak bergeser ketika proses uji coba. Kelima hubungkan ujung masing masing kabel *patch core FC to FC* pada *Light Source* dan *Optical Power Meter (OPM)*. Keenam mulailah proses pemberian tekanan massa secara terpusat dan bertahap. Ketujuh catat data yang terdapat pada *Optical Power Meter (OPM)*.

Teknis Analisa data dilakukan dengan cara mengelompokkan data berdasarkan variabel dan jenis responden, melakukan perhitungan dan menjawab rumusan masalah Pada umumnya penelitian kuantitatif menggunakan teknis analisis data statistik. Data statistik berupa statistik diskriptif yaitu mencari kuatnya hubungan antara variabel melalui analisis korelasi yang penyajian data berupa tabel, grafik, diagram lingkaran [17]. Kabel *patch core singlemode FC to FC* dililit pada selang elastis dengan variasi diameter $\frac{1}{4}$ inchi, $\frac{1}{2}$ inchi, $\frac{5}{8}$ inchi, $\frac{3}{4}$ inchi dan 1 inchi. Sedangkan untuk variasi jumlah lilitan adalah 1, 3, 5, 7, dan 9 lilitan dan untuk massa yaitu 0,1-10 kg dengan *range* 200 gr. Alat uji yang digunakan *Light Source* sebagai sumber cahaya dan *Optical Power Meter* untuk menampilkan *daya output*. Dari proses pengambilan data didapatkan nilai *daya output*. Perhitungan *loss* merupakan pengurangan daya input (Pi) dengan *daya output* (Po), nilai *loss macrobending* didapat dengan pengurangan *loss* dengan rugi rugi konektor, rugi rugi *splicing* dan ketetapan rugi rugi kebel *fiber optik singlemode*. Nilai redaman didapat dengan cara pengurangan nilai *Rugi-rugi macrobending* sesudah diberi massa dengan nilai *Rugi-rugi macrobending* sebelum diberi beban. Setelah mendapatkan rugi-rugi tekanan maka akan di cari hubungan rugi-rugi tekanan dengan massa yang diproses di *Ms Excell* untuk membuat grafik dan rumusnya. Dalam Gambar 4 dibawah ini akan dipaparkan mengenai diagram alir sistem teknik analisa data secara umum:



Gambar 4. Diagram alur teknis pengambilan data

Prosedur interpretasi hasil merupakan cara untuk mengemukakan cara memperoleh hasil dalam penelitian yang disesuaikan dengan tahapan penelitian untuk mendapatkan hasil analisa. Langkah-langkah prosedur interpretasi hasil akan ditunjukkan dalam Gambar 5. Langkah pertama melakukan pengukuran *daya output* pada kabel *patch core FC to FC* dengan masing-masing jenis lilitan, diameter dan massa yang berbeda. Langkah kedua membuat rekap hasil perhitungan nilai rugi-rugi dalam bentuk tabel. Langkah ketiga menghitung nilai rugi-rugi akibat adanya pengaruh *macrobending* menggunakan rumus berdasarkan teori sehingga didapat nilai *loss daya*, *Rugi-rugi macrobending* dan rugi-rugi tekanan. Langkah keempat hasil perhitungan dan pengukuran direpresentasikan dalam bentuk grafik dengan variabel massa dan rugi-rugi tekanan. Langkah kelima membandingkan nilai massa dengan rugi-rugi tekanan untuk mencari rumus hubungan antara redaman tekaan dan massa yang diproses pada *Ms Excel*.



Gambar 5. Diagram alir prosedur interpretasi hasil

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan untuk menjelaskan hubungan rugi-rugi tekanan dan massa secara matematis terdapat pada tabel Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Nilai rugi-rugi tekanan saat kabel dililit 7 x lilitan dengan selang diameter 3/4”

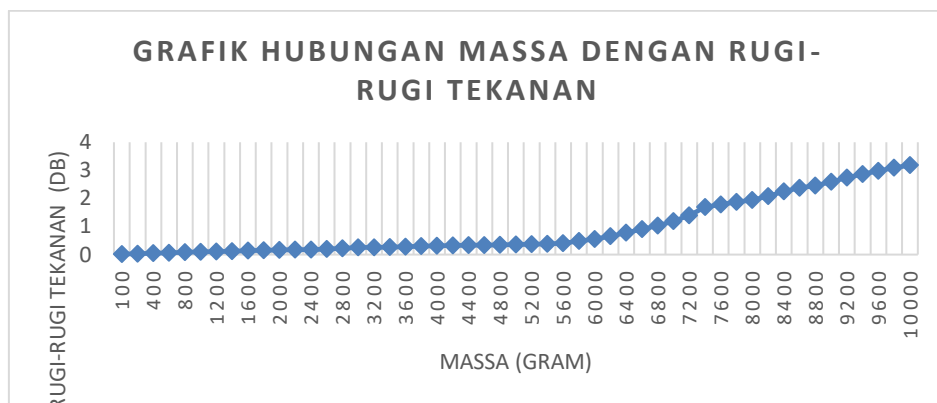
No	Massa (gr)	Rugi-Rugi Tekanan (dB)
1	0,1	0,02
2	0,2	0,03
3	0,4	0,05
4	0,6	0,06
5	0,8	0,08
6	1	0,1
7	1,2	0,11
8	1,4	0,12
9	1,6	0,14
10	1,8	0,15

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pada saat kabel *fiber optik* di lilit sebanyak 7 x dengan diameter 3/4 inchi serta diberi massa 0,1 Kg – 1.8 Kg menghasilkan rugi-rugi tekanan terbesar pada saat massa 1.8 Kg yaitu sama dengan 0.15 dB. Nilai rugi-rugi tekanan terkecil pada saat massa 0,1 Kg yaitu sama dengan 0,02 dB. Menurut data pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa semakin besar nilai suatu massa atau massa maka semakin besar pula nilai rugi-rugi tekanan.

Tabel 2. Nilai rugi-rugi tekanan saat kabel dililit 9 x lilitan dengan selang diameter $\frac{3}{4}$ "

No	Massa (Kg)	Rugi-Rugi Tekanan (dB)
1	0,1	0,01
2	0,2	0,02
3	0,4	0,03
4	0,6	0,05
5	0,8	0,07
6	1	0,08
7	1,2	0,09
8	1,4	0,11
9	1,6	0,12
10	1,8	0,14

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada saat kabel *fiber optik* di lilit sebanyak 9 kali dengan diameter $\frac{3}{4}$ inchi serta diberi massa 0,1 Kg – 1.8 Kg menghasilkan rugi-rugi tekanan terbesar pada saat massa 10 Kg yaitu sama dengan 4,02 dB. Nilai rugi-rugi tekanan terkecil pada saat massa 0,1gram yaitu sama dengan 0,01 dB. Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa semakin besar nilai suatu massa atau massa maka semakin besar nilai rugi-rugi tekanan. Dari data pada Tabel 1 dapat dibuat grafik hubungan antara rugi-rugi tekanan dengan massa yang ditunjukkan pada Gambar 6.

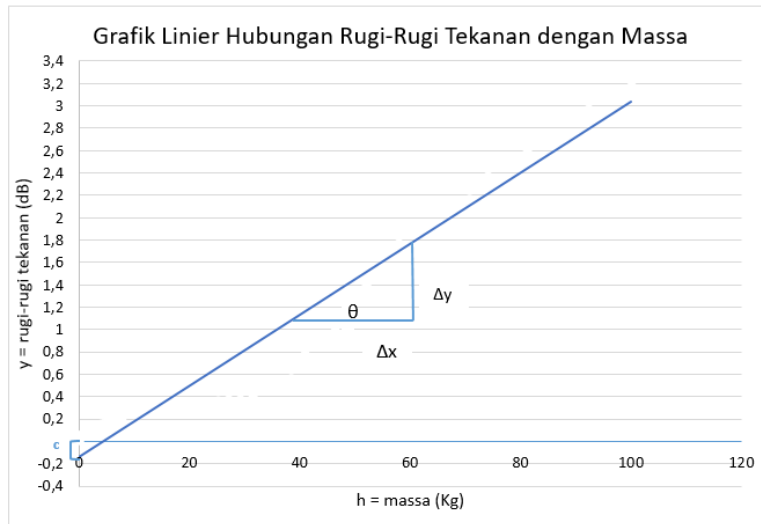
Gambar 6. Grafik *parabolic* hubungan rugi-rugi tekanan dan massa saat kabel dililit 7 x lilitan dengan diameter $\frac{3}{4}$ inchi

Pada gambar 6 di tunjukkan bahwa sumbu y adalah nilai rugi-rugi tegangan dalam satuan dB dan sumbu x adalah nilai massa atau massa dalam satuan kilogram oleh karena itu dapat dikatakan bahwa nilai rugi-rugi tegangan identik dengan massa atau massa. Gambar 6 adalah grafik yang mendekati bentuk grafik *parabolic* dengan persamaan $y = ax^2 + bx + c$ maka untuk mendapatkan hubungan rugi-rugi tekanan dan massa dalam bentuk *linier* harus dikonversikan dalam bentuk persamaan y hubungannya dengan x^2 atau h yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai rugi-rugi tekanan dan massa dalam bentuk y dan x saat kabel dililit 7 kali lilitan dengan dengan diameter 3/4 inci

NO	Nilai y	Nilai x	Nilai x ² ~ h
1	0,02	0,1	0,01
2	0,03	0,2	0,04
3	0,05	0,4	0,16
4	0,06	0,6	0,36
5	0,08	0,8	0,64
6	0,1	1	1
7	0,11	1,2	1,44
8	0,12	1,4	1,96
9	0,14	1,6	2,56
10	0,15	1,8	3,24

Dari tabel 3 dapat dibuat grafik linier dengan menggunakan nilai y dan nilai h. nilai y adalah nilai rugi-rugi tekanan satuan dB dan h adalah nilai massa satuan Kg yang telah dikuadratkan yang tunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik linier hubungan rugi-rugi tekanan dengan massa saat kabel dililit 7 kali lilitan dengan dengan diameter 3/4 inci

Gambar 8 adalah grafik linier menunjukkan hubungan rugi rugi tekanan dengan massa yaitu semakin besar tekanan maka semakin besar juga rugi-rugi tekanan, tetapi untuk lebih jelas hubungan rugi-rugi tekanan dengan massa maka dapat dibuat rumus matematis sebagai berikut:

- Nilai $c = -0,15$ dapat dilihat dari gambar 8
- $y = mh + c$
jika $h = 0$
 $y = c$
- $y = mh + c$
 $y = mh + y$
jika $y = 0$
 $y = mh$
maka untuk mencari nilai gradien $m = \frac{y}{h}$ atau $\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta h}$
$$\tan \theta = \frac{1,75 - 1,1}{60 - 40}$$

$$\tan \theta = 0,0325$$

jadi persamaan matematis adalah

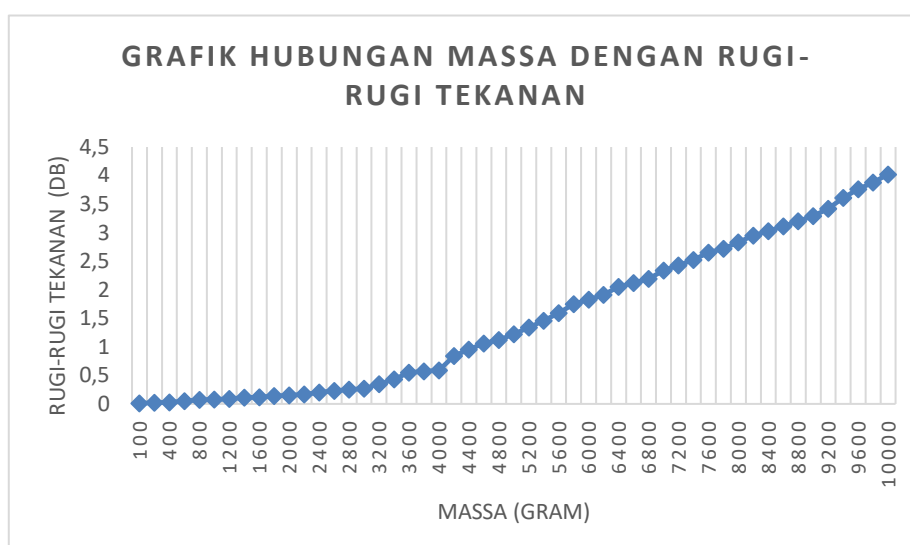
$$y = 0,0325 h - 0,15$$

Dari rumus tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai y atau nilai rugi rugi tekanan bila hanya diketahui nilai h atau nilai massa dan dapat juga sebaliknya. Hasil perhitungan dari rumus tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4. Data-data hasil perhitungan dari rumus saat kabel dililit 7 kali lilitan dengan diameter $\frac{3}{4}$ inci

NO	Pengukuran		Perhitungan	
	Nilai y	Nilai h	Nilai y bila diketahui nilai h	Nilai h bila diketahui nilai y
1	0,02	0,01	0,14968	5,230769
2	0,03	0,04	-0,1487	5,538462
3	0,05	0,16	-0,1448	6,153846
4	0,06	0,36	-0,1383	6,461538
5	0,08	0,64	-0,1292	7,076923
6	0,1	1	-0,1175	7,692308
7	0,11	1,44	-0,1032	8
8	0,12	1,96	-0,0863	8,307692
9	0,14	2,56	-0,0668	8,923077
10	0,15	3,24	-0,0447	9,230769

Dari Tabel 4 ditunjukkan bahwa nilai y dan h hasil pengukuran dengan nilai y dan h hasil perhitungan memiliki keakuratan yang baik atau deviasi yang kecil pada saat alat atau sistem di beri massa 60 kg keatas. Dari data pada Tabel 5 dapat dibuat grafik hubungan antara rugi-rugi tekanan dengan massa yang ditunjukkan pada Gambar 8.



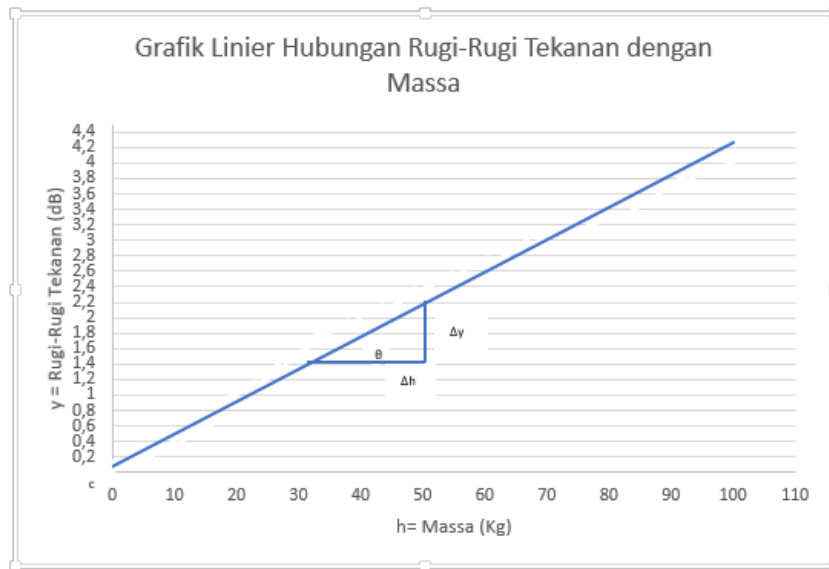
Gambar 8. Grafik *parabolic* hubungan rugi-rugi tekanan dan massa saat kabel dililit 9 kali lilitan dengan dengan diameter $\frac{3}{4}$ inci

Pada Gambar 9 di tunjukkan bahwa sumbu y adalah nilai rugi-rugi tegangan dalam satuan dB dan sumbu x adalah nilai massa atau massa dalam satuan kilogram oleh karena itu dapat dikatakan bahwa nilai rugi-rugi tegangan identik dengan massa atau massa. Gambar 4.6 adalah grafik yang mendekati bentuk grafik *parabolic* dengan persamaan $y = ax^2 + bx + c$ maka untuk mendapatkan hubungan rugi-rugi tekanan dan massa dalam bentuk *linier* harus dikonversikan dalam bentuk persamaan y hubungannya dengan x^2 atau h yang ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai rugi-rugi tekanan dan massa dalam bentuk y dan x saat kabel dililit 9 kali lilitan dengan dengan diameter 3/4 inci

NO	Nilai y	Nilai x	Nilai x ² ~ h
1	0,01	0,1	0,01
2	0,02	0,2	0,04
3	0,03	0,4	0,16
4	0,05	0,6	0,36
5	0,07	0,8	0,64
6	0,08	1	1
7	0,09	1,2	1,44
8	0,11	1,4	1,96
9	0,12	1,6	2,56
10	0,14	1,8	3,24

Dari Tabel 5 dapat dibuat grafik linier dengan menggunakan nilai y dan nilai h. nilai y adalah nilai rugi-rugi tekanan satuan dB dan h adalah nilai massa satuan Kg yang telah dikuadratkan yang tunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik linier hubungan rugi-rugi tekanan dengan massa saat kabel dililit 9 kali lilitan dengan dengan diameter 3/4 inci

Gambar 9 adalah grafik linier menunjukkan hubungan rugi rugi tekanan dengan massa yaitu semakin besar tekanan maka semakin besar juga rugi-rugi tekanan, tetapi untuk lebih jelas hubungan rugi-rugi tekanan dengan massa maka dapat dibuat rumus matematis sebagai berikut:

- Nilai $c = 0,08$ dapat dilihat dari gambar 9
- $y = mh + c$
jika $h = 0$
 $y = c$
- $y = mh + c$
 $y = mh + y$
jika $y = 0$

$$y = mh$$

maka untuk mencari nilai gradien $m = \frac{y}{h}$ atau $\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta h}$

$$\tan \theta = \frac{2,2 - 1,4}{50 - 30}$$

$$\tan \theta = 0,04$$

jadi persamaan matematis adalah

$$y = 0,04 h + 0,08$$

Dari rumus tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai y atau nilai rugi rugi tekanan bila hanya diketahui nilai h atau nilai massa dan dapat juga sebaliknya. Hasil perhitungan dari rumus tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data-data hasil perhitungan dari rumus saat kabel dililit 9 kali lilitan dengan diameter $\frac{3}{4}$ inchi

NO	Pengukuran		Perhitungan	
	Nilai y	Nilai h	Nilai y bila diketahui nilai h	Nilai h bila diketahui nilai y
1	0,01	0,01	0,0804	-1,75
2	0,02	0,04	0,0816	-1,5
3	0,03	0,16	0,0864	-1,25
4	0,05	0,36	0,0944	-0,75
5	0,07	0,64	0,1056	-0,25
6	0,08	1	0,12	0
7	0,09	1,44	0,1376	0,25
8	0,11	1,96	0,1584	0,75
9	0,12	2,56	0,1824	1
10	0,14	3,24	0,2096	1,5

Dari tabel 6 ditunjukkan bahwa nilai y dan h hasil pengukuran dengan nilai y dan h hasil perhitungan memiliki keakuratan yang baik atau deviasi yang kecil pada saat alat atau sistem di beri massa 77 kg keatas

4. KESIMPULAN

1. Dalam mendesain sensor massa menggunakan metode *macrobending fiber optic* memiliki tiga faktor utama yang penting yaitu variasi lilitan yaitu 1,3,5,7,9 lilitan serta variasi diameter selang elastis yaitu $\frac{1}{4}$ inchi, $\frac{1}{2}$ inchi, $\frac{5}{8}$ inchi, $\frac{3}{4}$ inchi, 1 inchi dan beban 0,1 Kg – 10 Kg dengan range 200 gram.
2. Kabel *fiber optik* dililit 7 kali lilitan pada selang elastis berdiameter $\frac{3}{4}$ inchi menunjukkan semakin besar massa beban maka nilai *daya output*, loss, rugi-rugi *macrobending* dan rugi-rugi tekanan semakin besar juga yaitu pada saat massa 10 kg untuk nilai *daya output* -14,68 dBm, nilai loss 7,68 dB, nilai rugi-rugi *macrobending* 7,168 dB dan nilai rugi-rugi tekanan 3,18 dB, sedangkan pada saat massa 100 gram yaitu untuk nilai *daya output* -11,52 dBm, nilai loss 4,52 dB, nilai rugi-rugi *macrobending* 4,008 dB dan nilai rugi-rugi tekanan 0,02 dB.
3. Kabel *fiber optik* dililit 9 kali lilitan pada selang elastis berdiameter $\frac{3}{4}$ inchi menunjukkan semakin besar massa beban maka nilai *daya output*, loss, rugi-rugi *macrobending* dan rugi-rugi tekanan semakin besar juga yaitu pada saat massa 10 kg untuk *daya output* -15,55 dBm, nilai loss 8,55 dB, nilai rugi-rugi *macrobending* 8,038 dB dan nilai rugi-rugi tekanan 4,02 dB, sedangkan pada saat massa 100 gram yaitu untuk nilai *daya output* -11,54 dBm, nilai loss 4,54 dB, nilai rugi-rugi *macrobending* 4,028 dB dan nilai rugi-rugi tekanan 0,01 dB.
4. Hasil pengujian kabel *fiber optik* dililit 7 kali lilitan pada selang elastis berdiameter $\frac{3}{4}$ inchi diperoleh nilai persamaan matematis hubungan antara rugi-rugi tekanan dengan massa $y = 0,0325 h - 0,15$ dan memiliki keakuratan atau sensitivitas yang baik pada saat alat diberi massa 60 kg keatas sedangkan hasil pengujian kabel *fiber optik* dililit 9 kali lilitan pada selang elastis berdiameter $\frac{3}{4}$ inchi diperoleh nilai persamaan matematis hubungan antara rugi-rugi tekanan dengan massa $y = 0,04 h + 0,08$ dan memiliki keakuratan atau sensitivitas yang baik pada saat alat diberi massa 77 kg keatas dimana y adalah nilai rugi-rugi tekanan dan h adalah nilai massa

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiati, R. and Pauzi, G. A., 2016. "Analisis Pengaruh Tekanan Pada *Fiber optik* Terhadap Sistem Transmisi Data Berbasis Mikrokontroler ATmega32 Dengan Akuisisi Data Menggunakan Matlab", *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika*, 04(01), pp. 107–114.
- [2] Kuswanto, H. and Sakinah Hulfa, D., 2017. "Pengaruh Massa Terhadap Intensitas Keluaran *Fiber optik* yang dibentuk dengan Lekukan Multi Bending", Pp. 37–48.
- [3] Ma, B. and Zou, X., 2010. "Study Of Vehicle Weight-In-Motion System Based On *Fiber-Optic Microbend Sensor*", *2010 International Conference On Intelligent Computation Technology And Automation, ICICTA 2010*, 3(1), pp. 458–461. doi: 10.1109/ICICTA.2010.631.
- [4] Pratomo, D., 2011. "Pemanfaatan Prinsip Kerja Sensor *Fiber optik* Pergeseran Mikro untuk Medesain Alat Ukur Massa", Surakarta.

- [5] Andhina Sisca, A.H., 2018. “Analisis Rugi-Rugi *Macrobending* pada *Core Fiber optik* Berstruktur *Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS)*”, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Politeknik Negeri Malang.
- [6] Winahyu, N. P., 2017. “Pengaruh Variasi Jumlah Lintasan yang dibentuk Melingkar Terhadap Karakteristik Keluaran *Fiber optik* sebagai Sensor Pengukur Massa ”, pp. 1–14.
- [7] Crisp, J., Elliot B., 2008. “*Fiber optik*: sebuah pengantar”, Diterjemahkan oleh Soni Astrant.
- [8] Arini, D. A., 2017. “Analisa Rugi-Rugi *Macrobending* pada Karakteristik Kabel *Fiber optik*”, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Politeknik Negeri Malang.
- [9] Goff, David R., 2003. “*Fiber Optic Video Transmission: The Complete Guide*”, 1st ed. Boston: Focal Press, 2003.
- [10] Jay, J. A., 2010. “*An Overview of Macrobending and. Microbending of Optical Fibers*”.
- [11] Hamdani, J., 2013. “Analisa Rugi-Rugi Pelengkungan pada *Fiber optik Singlemode* Terhadap Pelemahan Intensitas Cahaya”, *Jurnal Singuda Ensikom*, vol. 4, no. 2.
- [12] Keiser, G., 2003. “*Optical Communication Essential*”, United Stated: TheMcGraw-Hill Companies Inc.
- [13] Jonathan, Sarwono, 2003. Perbedaan Dasar antara Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif, <URL:<http://js.unikom.ac.id/kualitatif/beda.html>>.
- [14] Sugiyono, 2009. “Metode Penelitian Pendidikan”, Bandung: Alfabeta.
- [15] Niklès, M., Thévenaz, L., Robert P. A., 1996. “*Simple Distributed Fiber Sensor Based on Brillouin Gain Spectrum Analysis*”, *Optics Lett.* 21(10), pp.758-760.
- [16] Rino, A., 2014. “*Kajian Eksperimental Sensor Pergeseran Rentang Panjang Menggunakan Fiber optik Berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS)*, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.