

Pembuatan dan Karakterisasi Sensor Amonia Berbasis *Bending Fiber Optic*

Chandra Pratiwi⁽¹⁾, Gandi Sugandi⁽²⁾, Junaidi⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Lampung,
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Bandar Lampung 35145

⁽²⁾PPET-LIPI, Bandung, Jawa Barat, 40135
Email: chandrapratiwi93@gmail.com, gandi511@yahoo.com,
junaidi1982@fmipa.unila.ac.id (corresponding author)

Diterima (25 April 2018), direvisi (11 Mei 2018)

Abstract. This research was approved optical fiber bending sensors with good characterization and variations in the concentration of ammonia solution. This research uses experimental methods in the laboratory. The technique was done by stripping multimode optical fibers (cladding measuring 125 μm and core 62 μm) which is exfoliated cladding then replaced by polydimethylsiloxane (PDMS) and bending with the combustion process. The concentration of ammonia solution used in this research varies from 1-10%. Measurement of fiber optic sensors using optical power meter (OPM) with a wavelength of 1310 nm and 1550 nm, and light source (LS) at a frequency of 0 Hz, 270 Hz, 1000 Hz, and 2000 Hz. The result showed that ammonia solution caused instability in light intensity. However, the higher the frequency of light. The lower of the intensity with the difference in intensity produced is very small.

Keywords: ammonia, bending, cladding, optical fiber, polydimethylsiloxane (PDMS).

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sensor berbasis *bending* serat optik dengan karakterisasi yang baik dan variasi konsentrasi larutan amonia. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Teknik yang dilakukan adalah dengan menggunakan serat optik *multimode* (cladding berukuran 125 μm dan *core* 62 μm) yang dikelupas slongsongnya (cladding) lalu digantikan oleh *polydimethylsiloxane* (PDMS) dan dibengkokkan (*bending*) dengan proses pembakaran. Konsentrasi larutan amonia yang digunakan pada penelitian ini bervariasi yaitu 1-10%. Pengukuran sensor serat optik menggunakan *optical power meter* (OPM) dengan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm serta *light source* (LS) pada frekuensi 0 Hz, 270 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan amonia menyebabkan ketidakstabilan intensitas cahaya. Semakin tinggi frekuensi cahaya yang mengenai sensor, maka semakin rendah intensitas yang dihasilkan dengan perbedaan intensitas sangat kecil.

Kata kunci: amonia, *bending*, *cladding*, *polydimethylsiloxane* (PDMS), serat optik.

PENDAHULUAN

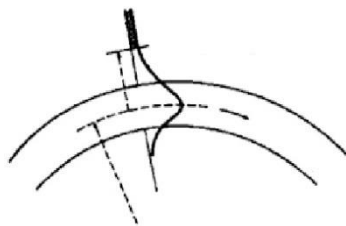
Karakteristik bahan serat optik sangat berpengaruh dalam transmisi sinyal pada serat optik tersebut. Pemantulan dan pembiasan sinyal di dalam serat optik tergantung pada indeks bias bahan yang dipakai dalam serat optik tersebut. *Attenuasi*

(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. Sinyal yang teredam di tengah perjalanan menuju penerima menyebabkan

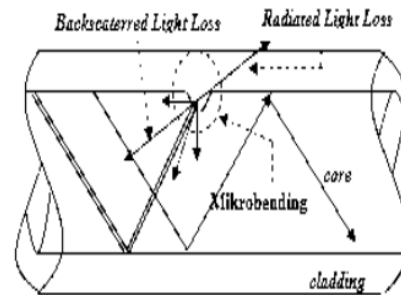
penurunan kualitas sinyal yang diterima oleh konsumen ketika menggunakan jasa[1]. Sensor serat optik dibagi atas tiga tipe, yaitu sensor serat optik ekstrinsik, sensor serat optik instrinsik dan sensor *evanescent*. Sensor *evanescent* dibuat dengan mengupas selongsong (*cladding*) asli serat optik dan diganti dengan material yang lain sehingga nilai indeks biasanya berubah.

Penelitian ini mempelajari karakteristik rugi-rugi serat optik dengan serat optik yang ditinjau adalah serat optik yang telah dikelupas selongsongnya (sensor serat optik berdasarkan efek gelombang *evanescent*). Penelitian dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi larutan amonia dimana selongsong pengganti yang dipakai adalah *Polydimethylsiloxane* (PDMS) tanpa pewarna dan PDMS yang diberi pewarna *Bromocressol-Purple dye*. Selain sebagai pengganti selongsong pada serat optik, PDMS juga sebagai bahan yang sensitif terhadap amonia.

Serat optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya berbentuk silinder yang dikembangkan diakhir tahun 1960-an sebagai jawaban atas perkembangan sistem komunikasi yang semakin lama membutuhkan *bandwidth* yang besar dengan laju transmisi yang tinggi. Serat optik terbuat dari bahan dielektrik berbentuk seperti kaca. Di dalam serat inilah energi cahaya yang dibangkitkan oleh sumber cahaya disalurkan sehingga dapat diterima di ujung unit penerima[2]. Rugi-rugi/*loss* pada serat optik diakibatkan karena terjadinya kebocoran atau karena kurangnya kejernihan bahan serat optik.



Gambar 1. Pembengkokan makro pada serat optik



Gambar 2. Skema pembengkokan mikro

Besaran pelemahan energi yang dibawa oleh serat optik dinyatakan dalam *deci-Bell* (dB). Faktor utama penyebab pelemahan ini adalah: serapan, hamburan, dan *bending losses*. *Bending* adalah pembengkokan yang menyebabkan cahaya yang merambat pada serat optik menyimpang dari arah transmisinya semula dan lenyap. Pembengkokan ini menyebabkan rugi-rugi yang dibedakan menjadi dua macam yaitu rugi-rugi pembengkokan makro dan mikro.

Rugi-rugi pembengkokan makro terjadi ketika cahaya melalui serat optik yang dibengkokkan sehingga membentuk kelengkungan dengan radius yang lebih besar dari radius serat optik, seperti terlihat pada **Gambar 1**. Jari-jari kritis atau *critical radius* adalah jari-jari bengkokan mendekati pertambahan nilai rugi-rugi yang cepat. Jari-jari kritis pada *multimode* dirumuskan dengan **Persamaan (1)** [3]:

$$R_c = \frac{3n_1^2 \lambda}{4\pi[n_1^2 - n_2^2]^{1/2}} \quad (1)$$

Ketika dibengkokkan, serat optik mengalami stress. Stress ini mengakibatkan indeks bias bahan serat optik berubah menurut formulasi yang diperoleh secara eksperimen. Selanjutnya pembengkokan mikro. Pada prinsipnya pembengkokan mikro menimbulkan efek yang sama dengan pembengkokan makro, hanya saja ukuran dan penyebab terjadinya berbeda. Jari-jari lekukan yang timbul dalam kasus ini adalah sama dengan atau kurang dari garis tengah serat optik yang hanya terdiri dari inti, *buffer primer*, dan jaket.

Permasalahan pembengkokan mikro pada umumnya timbul di dalam proses fabrikasi. Salah satu penyebabnya adalah perbedaan laju pemuaihan dan penyusutan antar serat optik dan pelindung-pelindung luarnya. Peristiwa serat optik akibat pembengkokan makro dapat dilihat pada **Gambar 2**.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental di laboratorium. Penelitian ini meliputi *absorption loss* serat optik dengan metode pengelupasan slongsong sampai ke inti serat optik dan slongsong digantikan dengan PDMS.

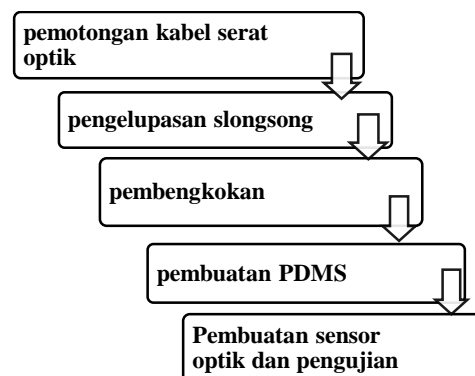
PDMS merupakan jenis polimer hibrid yang terdiri dari rantai utama (*backbone*) Si-O-Si dan memiliki struktur kimia $(CH_3)_3SiO-[Si(CH_3)_2O]_n-Si(CH_3)_3$. Polimer hibrid merupakan jenis polimer yang unit perulangannya terdiri dari kombinasi molekul organik dan anorganik. PDMS memiliki karakteristik inert secara kimia, transparan, hidrofobik, nonabsorbable (tidak menyerap zat lain), dan pada rentang cahaya tampak memiliki nilai transmitansi mencapai 100% sehingga semua cahaya tampak dapat ditransmisikan sepenuhnya [4]. Daerah yang terkelupas dan telah diselimuti PDMS akan digunakan sebagai daerah perubahan intensitas pada serat optik, dengan cara ditetesi larutan amonia yang berbeda konsentrasi dan diukur dengan menggunakan OPM dan LS (1310 nm dan 1550 nm) pada frekuensi 0 Hz, 270 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz.

OPM adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan dalam sinyal optik. Istilah ini biasanya mengacu pada perangkat untuk menguji daya rata-rata dalam sistem serat optik. Perangkat mengukur kekuatan cahaya biasanya disebut radiometers, fotometer, daya laser meter, pengukur cahaya atau lux meter.

Kadang-kadang meter daya optik digabungkan dengan fungsi tes yang berbeda seperti *Optical Light Source* (OLS) atau *Visual Sesar Locator* (VSL), atau mungkin sub-sistem dalam instrumen yang jauh lebih besar. Ketika dikombinasikan dengan sumber cahaya, instrumen biasanya disebut *Rugi Optical Test Set* [5].

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini terlihat pada *flowchart* yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Sensor amonia menggunakan kabel serat optik *multimode* dipotong sepanjang 14 cm. Proses pemotongan menggunakan *stripper* pada bagian ujungnya. Dari potongan kabel serat optik sepanjang 14 cm tersebut, dibuka slongsongnya sepanjang 4 cm dibagian tengah. Proses ini disebut dengan proses *uncladding*. Proses *uncladding* serat optik dengan cara membuka jaket menggunakan *stripper* gigi pertama kemudian terdapat serabut yang dapat dipotong menggunakan *cutter*.

Selanjutnya terdapat *coating*, *coating* ini dikelupas dengan menggunakan *stripper* gigi kedua. Setelah *coating* terkelupas terlihat berwarna bening dengan lapisan *buffer* transparan. Untuk membuka lapisan *buffer* dapat menggunakan *stripper* gigi ketiga. Agar bagian tengah yang terkelupas, maka dilakukan dengan cara membuka sedikit demi sedikit dibagian ujungnya kemudian slongsong bagian tengah ditarik pelan-pelan keujung hingga bagian tengah sepanjang 4 cm tidak terdapat slongsong.

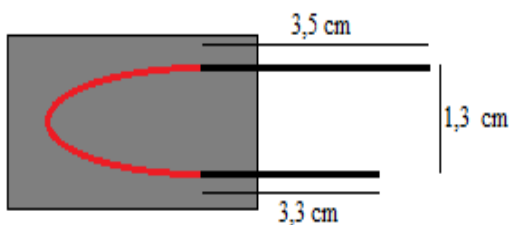


Gambar 3. Prosedur penelitian

Bagian serat optik yang slongsongnya terbuka selanjutnya dibengkokkan secara manual dengan cara mendekatkan bagian tengah ke dekat api menggunakan lilin hingga serat optik melengkung dengan sendirinya. Selanjutnya mengarahkan bengkokan sesuai yang kita inginkan. **Gambar 4** menunjukkan sketsa serat optik yang telah dibengkokkan. Membuat larutan PDMS dengan cara mencampurkan bahan PDMS dengan *curing agent* (pengereng). PDMS ini berfungsi sebagai pengganti slongsong yang telah terkelupas. Membuat PDMS dengan perbandingan terhadap pengereng 10:2. Dipanaskan pada temperatur 75 °C.

Pembuatan sensor serat optik sendiri dilakukan dengan menyiapkan serat optik yang sudah dikelupas selongsongnya dan sudah dibengkokkan pada bagian tengah juga sudah diselimuti larutan PDMS yang berfungsi untuk menggantikan slongsong pada bagian *uncladding*.

Menempelkan sampel serat optik ke PCB yang telah melalui proses *etching* menggunakan UV-*glue* pada bagian ujung *uncladding*. Selimuti serat optik pada bagian bawah lengkungan dengan PDMS tak berwarna, lakukan pembakaran pada *hotplate* pada temperature 75 °C hingga PDMS mengering (sekitar 3 jam). Setelah PDMS bagian bawah lengkungan mengering, selanjutnya pada bagian lengkungan selimuti dengan PDMS berwarna, melakukan pembakaran kembali hingga mengering.



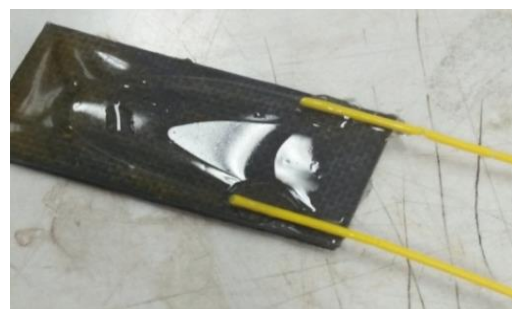
Gambar 4. Sketsa bending serat optic

Melakukan pengujian dengan menggunakan laser. Apakah cahaya akan keluar pada bagian kaki yang lain ketika kaki yang satunya disinari oleh laser. Ketika sinar laser keluar pada bagian kaki lainnya, maka langkah yang dilakukan selanjutnya yaitu menempelkan PCB berisi serat optik ke bagian ujung teflon dengan menggunakan solusi. Sambungkan kaki bagian satu ke OPM dan bagian lainnya ke LS dengan menggunakan kabel penghubung. Apabila intensitas cahaya sudah terbaca pada OPM berarti sambungan sudah berhasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil larutan PDMS dengan perbandingan 10:2 mengering setelah 3 jam pada temperatur 75 °C. Akhirnya peneliti menggunakan larutan tersebut. **Gambar 5** menunjukkan PDMS yang sudah kering menyelimuti bagian *uncladding* sebagai pengganti slongsong.

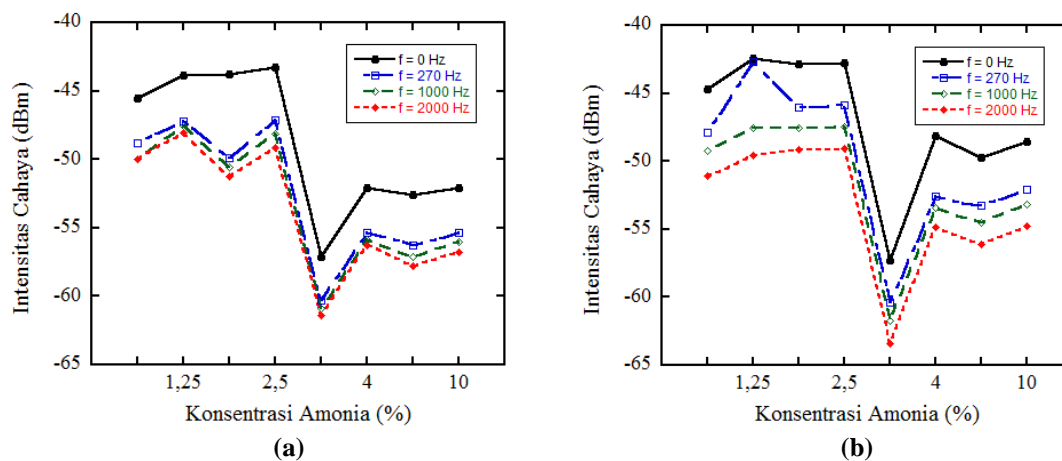
Berdasarkan **Tabel 1** ada sebuah pengaruh konsentrasi amonia terhadap besarnya intensitas cahaya. Apabila kita amati **Gambar 6**, pengaruh larutan amonia terhadap intensitas cahaya tidak stabil baik pada $\lambda = 1310$ nm maupun pada $\lambda = 1550$ nm.



Gambar 5. Sampel sensor dilapisi PDMS

Tabel 1. Hasil pengukuran

| Konsentrasi Amonia (%) | Intensitas Cahaya (dBm) | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------|--------|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | f = 0 Hz | | f = 270 Hz | | f = 1000 Hz | | f = 2000 Hz | |
| | 1310 | 1550 | 1310 | 1550 | 1310 | 1550 | 1310 | 1550 |
| 1% | -45,53 | -44,66 | -48,82 | -47,89 | -49,94 | -49,23 | -49,98 | -51,03 |
| 1,25% | -43,84 | -42,4 | -47,18 | -42,7 | -47,55 | -47,54 | -48,03 | -49,57 |
| 2% | -43,76 | -42,84 | -49,86 | -46,05 | -50,58 | -47,57 | -51,2 | -49,11 |
| 2,50% | -43,24 | -42,78 | -47,1 | -45,85 | -48,12 | -47,45 | -49,15 | -49,02 |
| 3% | -57,07 | -57,25 | -60,33 | -60,37 | -60,86 | -61,71 | -61,39 | -63,41 |
| 4% | -52,1 | -48,17 | -55,31 | -52,57 | -55,83 | -53,4 | -56,27 | -54,84 |
| 5% | -52,56 | -49,74 | -56,25 | -53,29 | -57,1 | -54,49 | -57,75 | -56,08 |
| 10% | -52,05 | -48,54 | -55,39 | -52,06 | -56,06 | -53,17 | -56,79 | -54,73 |



Gambar 6. Grafik hasil pengukuran ketika (a) $\lambda = 1310$ nm dan (b) $\lambda = 1550$ nm

Selain karena lengkungan pada serat optik yang mengakibatkan adanya rugi-rugi juga bisa karena pengaruh dari peneliti atau faktor lingkungan. Sedangkan untuk pengaruh frekuensi terhadap intensitas cahaya berbanding terbalik. Ini artinya, semakin tinggi frekuensi cahaya maka semakin rendah intensitas cahayanya.

Multimode (MM) serat optik pada konsentrasi yang berbeda dari larutan amonia menunjukkan spektrum intensitas untuk berbagai konsentrasi amonia pada suhu kamar diperoleh dengan serat optik MM dilapisi PDMS.

KESIMPULAN

Sensor serat optik ini dapat digunakan untuk mengukur kadar amonia dan mempunyai karakteristik yang baik, yang ditunjukkan dengan adanya perubahan nilai *loss* yang berbeda-beda saat pengukuran dengan menggunakan OPM dengan konsentrasi larutan amonia yang berbeda. Hasil pengukuran sensor serat optik dengan menggunakan alat ukur dalam intensitas cahaya menunjukkan semakin tinggi frekuensi cahaya yang diberikan maka semakin rendah nilai intensitas cahaya dalam larutan amonia tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. Indra and Harmadi, "Karakterisasi Sistem Sensor Serat Optik Berdasarkan Efek Gelombang Evanescent," *J. Fis. Unand*, vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2014.
- [2] A. Hanafiah, "Teknologi serat optik," *Staf Pengajar Dep. Tek. Elektro. Fak. Tek. USU*, no. January 2006, pp. 87–91, 2013.
- [3] I.B.A. Pramarata, N. Wendri, "Rugi-rugi Serat Optik Berdasarkan Efek Gelombang Evanescent," Universitas Udayana.
- [4] A. Ardi, A. N. Fauza, N. Syakir, and A. S. Kartasasmita, "Stabilitas Optik Polydimethylsiloxane (PDMS) Terhadap Paparan Sinar Ultraviolet," *Mater. dan Energi Indones.*, vol. 08, no. 01, pp. 16–21, 2018.
- [5] Anonim, "Optikal power meter," 2016. [Online]. Available: <http://farrosaccessengineering.blogspot.com/2016/05/optical-power-meter.html>. [Accessed: 25-Feb-2017].