

Kajian Rugi-Rugi Akibat *Macrobending* pada Serat Optik Plastik Berbasis PC

Egyn Furqon Ghozali, Mohtar Yuniyanto, Nuryani

Laboratorium Optik dan Photonik Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
egyn.furqon.g@gmail.com

Received 30-05-2013, Revised 25-08-2013, Accepted 18-09-2013, Published 30-04-2014

ABSTRACT

Experimental study to analyze the effect of macrobending losses in plastic optical fiber triple bending model based on PC (personal computer) has been conducted. The data is gathered by measuring the change of the light intensity due to the presence of bending on optical fibers. The bending causes losses of optical fiber that is read by WIM (weight in motion) Acquisition program based on Borlan Delphi 7. The optical fibers are plastic with diameter of 3 mm. The diameter of pin is 8 mm and the space between the pin is 5 mm. The light source is a LED ($\lambda=676$ nm). As a result, the losses of optical fiber increase with the enhancement of bending. The increase trend linear to sensitivity of the sensor with gradient of 0,1063 and R^2 of 0,9626. Therefore, the proposed design might be applied as a WIM sensor.

Keyword : Plastic Optical Fiber, macrobending, WIM sensor

ABSTRAK

Kajian secara eksperimental untuk menganalisa rugi-rugi akibat *macrobending* pada serat optik plastik model *triple bending* berbasis PC telah dilakukan. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur perubahan nilai intensitas cahaya akibat adanya gejala bengkokan (*bending*) pada serat optik yang menimbulkan gejala rugi-rugi serat optik yang terbaca pada program aplikasi *WIM Acquisition* berbasis *Borlan Delphi 7*. Serat optik yang digunakan adalah fiber optik plastik berdiameter 3 mm, diameter pin 8 mm, jarak antar pin 5 mm dan sumber cahaya berupa LED ($\lambda=676$ nm). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa semakin besar *bending* yang diberikan maka semakin besar pula nilai rugi-rugi serat optik, dimana diperoleh *trend* grafik yang linier dengan nilai sensitifitas dari sensor sebesar $m = 0,1063$ dan validitas data $R^2 = 0,974$, sehingga disimpulkan rancangan sensor alat yang dibuat berpotensi untuk dapat diaplikasikan sebagai sensor *Weight in Motion*.

Kata kunci : Serat optik plastik, *macrobending*, sensor WIM

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi polimer terbaru memungkinkan pengenalan fiber optik plastik dalam desain sensor. Keuntungan dari metrologi optik dengan fiber optik plastik telah menarik perhatian dari masyarakat ilmiah, karena mereka memungkinkan pengembangan sistem biaya rendah atau biaya kompetitif dibandingkan dengan teknologi konvensional. Penelitian awal pada sensor fiber optik berbasis teknologi dipublikasikan di tahun 70-an dan yang pertama terkait dengan medis dan industri endoskopi fiber optik. Sensor serat optik memiliki beberapa fitur menguntungkan, antara lain adalah *compact*, ringan dan mudah diintegrasikan dengan jaringan serat optik yang ada. Produksi sensor fiber optik dengan biaya rendah masih menuntut dibandingkan dengan teknologi konvensional. *Plastic* atau *Polimer Optical Fiber* (POF) dapat memenuhi harapan untuk produksi sensor fiber optik tersebut^[1].

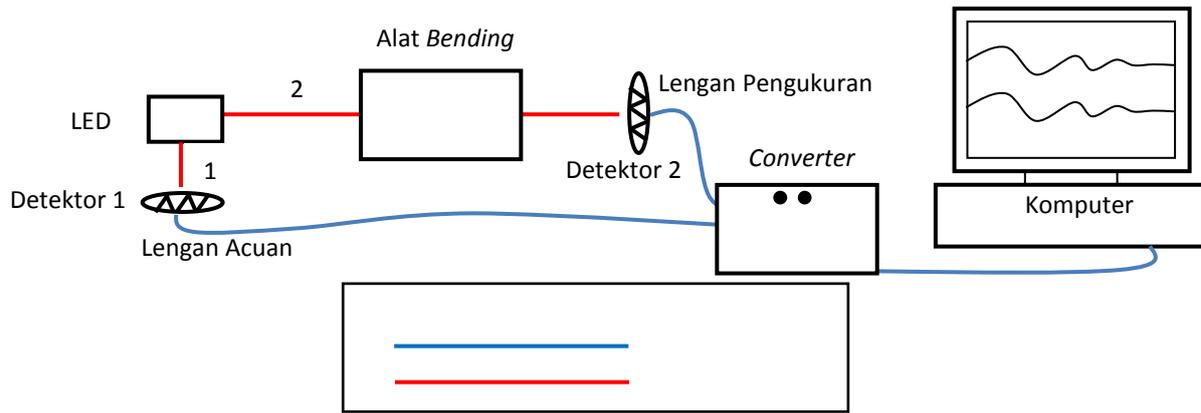
Cahaya yang merambat di dalam kabel fiber optik dapat keluar dari fiber ketika kabel tersebut melengkung dengan jari-jari lengkungan cukup kecil. Kerugian ini dipengaruhi oleh jari-jari bengkokan^[2]. Akibatnya, daya optis yang keluar dari ujung fiber, yang diterima oleh detektor cahaya akan berkurang akibat adanya kerugian (*loss*) ini yang dikenal sebagai *macrobending loss* (kerugian akibat lengkungan makro). Kerugian pun dapat terjadi bila pada fiber optik terdapat lengkungan-lengkungan mikroskopis, baik akibat cacat pada proses pembuatannya ataupun disengaja dengan menjepitkan fiber tersebut pada suatu struktur bergerigi halus. Kerugian semacam ini dinamakan *microbending loss* (kerugian akibat lengkungan mikro)^[3]. Efisiensi daya optik pada transmisi daya optik yang dilewatkan pada bundel serat optik *multi-mode* ditentukan dengan mengukur dan membandingkan daya yang diterima oleh detektor dan daya yang dipancarkan oleh sumber cahaya^[4]. *Bending* pada serat optik menyebabkan hilangnya daya optik, dan mengurangi kinerjanya. Jadi pemodelan yang tepat dari kerugian *bending* sangat penting untuk merancang sistem komunikasi dan instrumen optik. Dalam beberapa tahun terakhir sensor berbagai *bending* serat optik dikembangkan, sensor serat optik ini dapat digunakan untuk mengukur parameter fisik yang berbeda seperti tegangan, tekanan, ketegangan, suhu, dan lain sebagainya^[5].

Sensor WIM merupakan suatu sensor yang memiliki daya tahan yang tinggi dan berfungsi pada aplikasi sistem penimbangan kendaraan dimana kondisi kendaraan yang sedang ditimbang tidak perlu menghentikan kecepatannya. Pada tahun 2008, Ramesh B. Malla dkk membuat alat sensor WIM berbasis serat optik, adapun serat optik khusus yang digunakan adalah *FTDM dual core optical fiber*. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa dengan adanya penambahan tekanan pada fiber uji maka terjadi pengurangan tegangan yang diterima oleh photodetektor dan hasilnya dapat diperlihatkan dalam sebuah osiloskop^[6]. Telah dilakukan juga penelitian tentang desain alat ukur rugi-rugi akibat *macrobending* pada *multi-mode optical fiber* berbasis PC dengan variasi jumlah lilitan dimana hasil penelitian menunjukkan alat ukur yang dibuat dapat digunakan untuk melakukan pengukuran rugi-rugi akibat *macrobending* dengan hasil semakin banyak lilitan maka semakin rendah intensitas cahaya^[7]. Rugi-Rugi *macrobending* ini yang berpengaruh dalam pengukuran massa pada sensor WIM.

Inovasi pada penelitian ini adalah pada sensor yang akan dibuat dari serat optik plastik Telkom *multi-mode* dan model penekanan *Triple Bending* serta aplikasi pada PC yang telah dikembangkan khusus untuk analisa massa. Harapannya, penelitian ini dapat menunjukkan potensi pada penerapannya untuk sensor WIM.

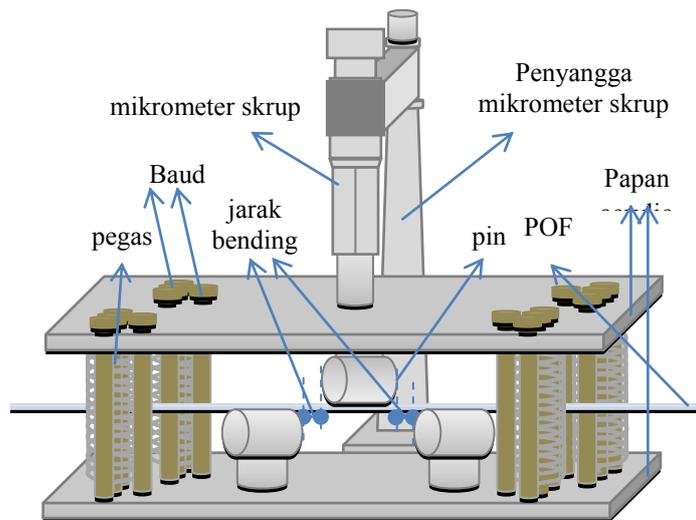
METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh *macrobending* terhadap perubahan intensitas pada serat optik plastik *multi-mode*. Perangkat sensor berbasis serat optik ini terdapat beberapa bagian utama yaitu sumber cahaya, sistem *macrobending*, detektor, *converter*, lengan acuan dan pengukuran serta komputer. Sumber cahaya dibuat dengan menggunakan LED (*Light Emmiting Diode*) warna merah ($\lambda=676$ nm). Berkas cahaya dideteksi oleh detektor yang terpasang pada masing-masing ujung lengan. Skema tersebut ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (color online) Skema sensor serat optik berbasis PC

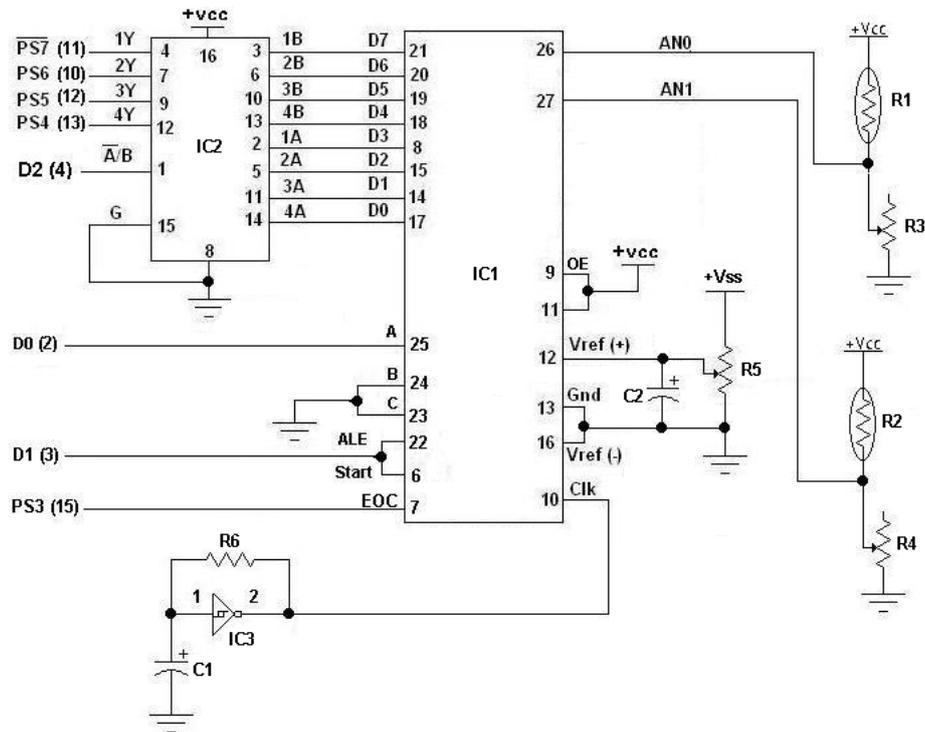
Langkah awal di dalam penelitian ini adalah pembuatan sistem alat *bending* model *triple bending* yang terdiri dari 3 pin silinder dengan ukuran diameter 8 mm dan panjang 4 cm. Ketiga pin ini mengalami kontak langsung dengan serat optik saat proses penekanan. Perlakuan pembengkokan ini diberikan dengan cara penekanan secara vertikal dari atas menggunakan mikrometer. Alat *bending* ini juga menggunakan pegas sebanyak 4 buah dengan nilai konstanta pegas yang sama yaitu $27,37 \text{ Nm}^{-1}$. Setiap pegas diberikan 3 penyangga berupa baud, hal ini agar pegas stabil saat terjadi penekanan. Serat optik yang digunakan berdiameter 3 mm. Skema alat *bending* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (color online) Skema alat *bending*

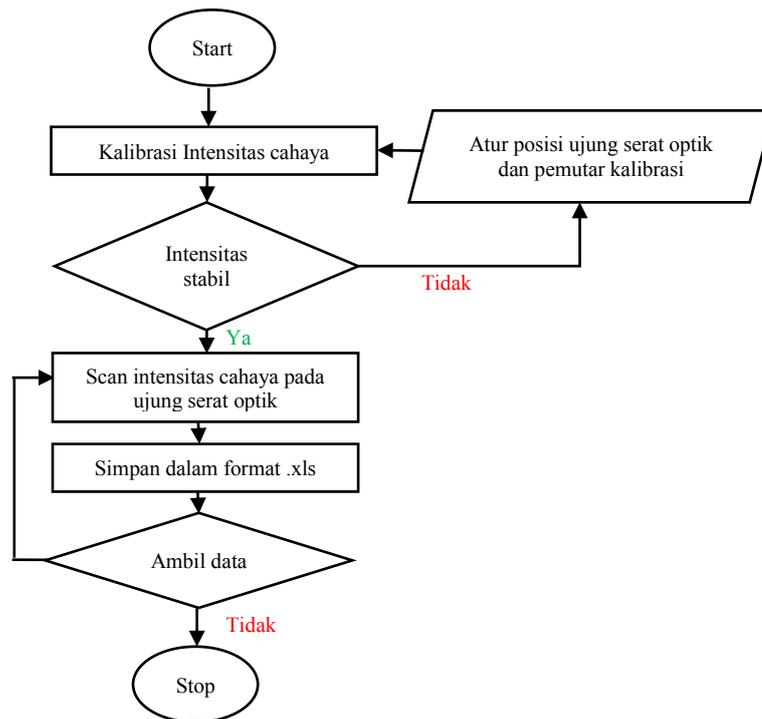
Prinsip dasar *bending* yang akan dibuat dengan meletakkan serat optik diantara pin-pin atau batang-batang silinder, silinder bagian bawah dibuat statis dan silinder atas bersifat dinamis (dapat bergerak apabila ada gaya transversal) dan selanjutnya dilakukan pembebanan secara transversal sedemikian hingga silinder bagian atas akan menekan serat optik sehingga terjadi pembengkokan pada serat optik tersebut. Pembengkokan serat optik ini merupakan *macro bending* yang akan mempengaruhi rugi-rugi. Analisa rugi-rugi akibat *macro bending* ini akan dilakukan dengan berbasis *Personal Computer* (PC). Analisa ini akan digunakan untuk memprediksi massa pada setiap penekanan, hal ini sangat dipengaruhi nilai konstanta pegas yang digunakan dan persamaan grafik hubungan antara pergeseran penekanan dan *loss bending*.

Langkah selanjutnya adalah pembuatan *converter* yang terdiri dari beberapa IC yang digunakan yaitu ADC0809, IC 74157 dan IC 7414. Fungsi dari ADC0809 adalah sebagai pengubah sinyal *analog* yang dikirimkan oleh LDR menjadi sinyal digital supaya dapat diolah oleh komputer. IC multiplexer 74157 digunakan sebagai perangkat yang dapat membagi *output* dari ADC0809 menjadi dua grup masing-masing grup terdiri atas 4 bit sehingga dapat diproses oleh *printerport*. Sedangkan fungsi dari IC 7414 adalah sebagai pembangkit detak (*clock*) pada ADC0809. Skema rangkaian *converter* untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema rangkaian *converter*

Langkah terakhir adalah pembuatan *Listing* program. *Listing* program dibuat dengan menggunakan *Borlan Delphi 7*. Intensitas cahaya yang mengenai sensor akan diubah dalam satuan tegangan dan dibaca *software* dalam bentuk grafik, maka *software* pemindai intensitas cahaya tersebut dibuat dengan *flowchart* program pada Gambar 4. Program yang dibuat ini diperlukan *Microsoft Excel 2010* untuk penyimpanan data pengukuran. *Software* penunjang lainnya adalah *Origin Pro 8*, digunakan untuk pengolahan data dalam bentuk grafik.



Gambar 4. Flowchart program

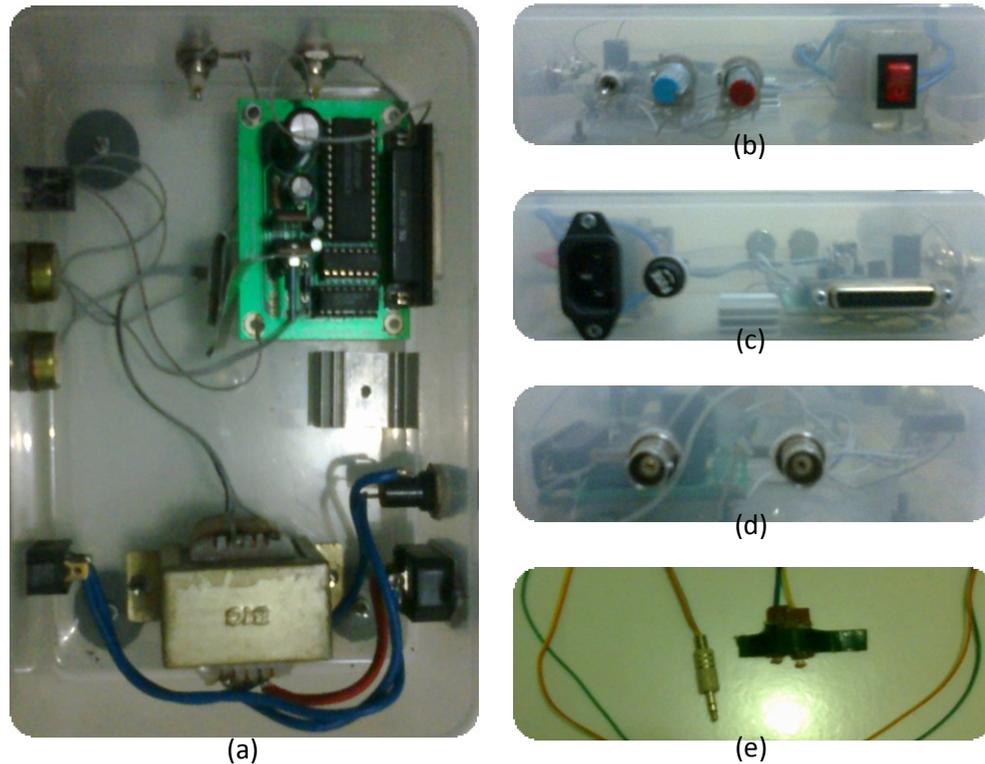
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan 3 bagian penting, yaitu alat *bending*, *converter* dan program *WIM Acquisition*. Alat *bending* dibuat sesuai skema diatas dengan hasil terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. (color online) Sistem alat *bending*

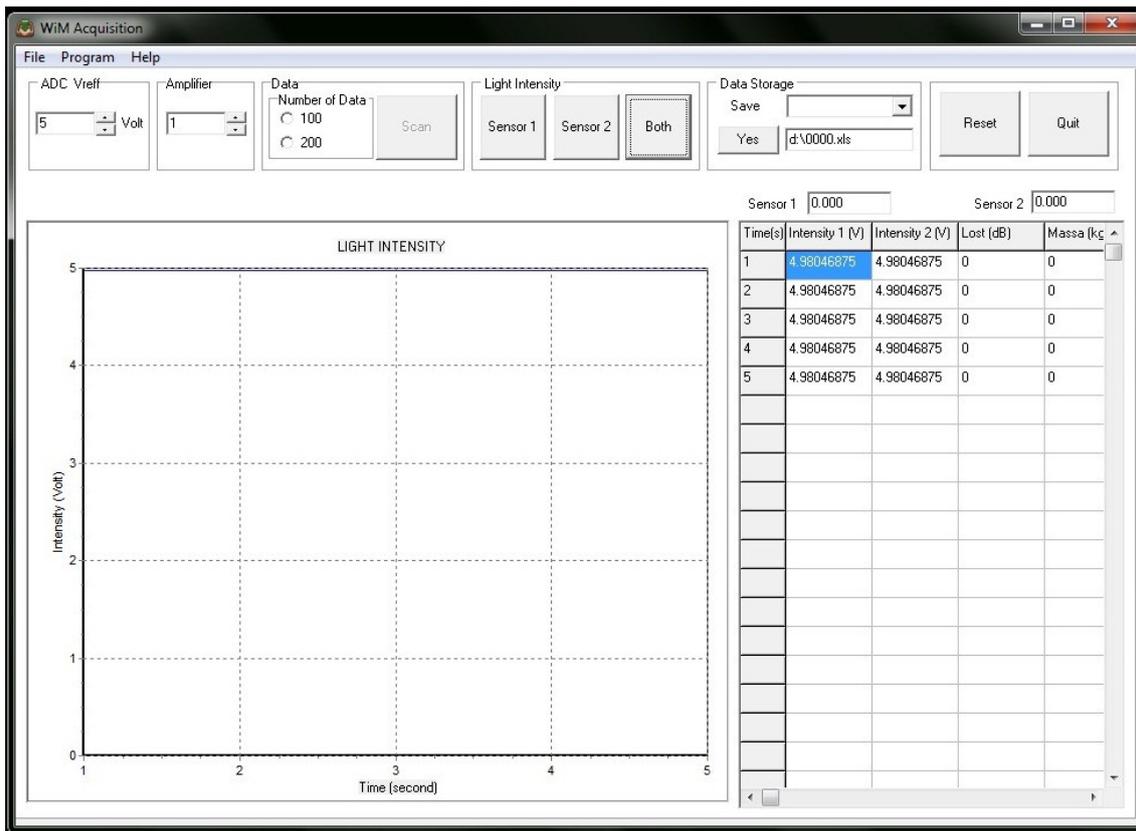
Seperangkat *converter* yang dihasilkan di dalam penelitian ini berfungsi untuk mengkonversi intensitas cahaya menjadi data tegangan yang dapat ditampilkan dan disimpan dalam komputer. Rangkaian *converter* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. (color online) (a) Rangkaian *converter* tampak atas, (b) Rangkaian *converter* tampak depan, (c) Rangkaian *converter* tampak belakang, (d) Rangkaian *converter* tampak samping kanan, (e) Port LDR

Hasil *listing* program yang dibuat menggunakan *Borlan Delphi 7* berguna untuk menampilkan dan menyimpan data di komputer seperti ditampilkan pada Gambar 7. Program ini menampilkan hasil pengukuran secara *real-time* nilai intensitas yang terukur pada kedua detektor beserta nilai *loss bending* yang muncul ketika terjadi pembengkokan pada serat optik plastik akibat perlakuan penekanan di dalam alat *bending*. Nilai massa juga ditampilkan pada tampilan program, yang besarnya dipengaruhi oleh konstanta pegas dan persamaan linier yang didapatkan pada penelitian ini.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah besarnya tegangan pada dua buah sensor intensitas cahaya kelengkungan serat optik tertentu. Penurunan nilai tegangan yang terjadi itu sebagai indikator bahwa telah terjadi rugi-rugi akibat *macro bending*. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan variasi jarak *bending* yaitu 5 mm, 10 mm dan 15 mm. Setiap variasi jarak *bending* dilakukan pergeseran penekanan sampai 3 mm dengan interval 0,1 mm. Batasan penekanan dilakukan sampai 3 mm karena jika melebihi batas tersebut maka akan terjadi *deformasi* atau kerusakan pada serat optik plastik. Jika terjadi kerusakan maka sensor yang dibuat tidak dapat digunakan secara berulang-ulang.



Gambar 7. (color online) Program WIM Acquisition

Data *bending* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 8. Grafik ini merupakan hubungan antara besar pergeseran penekanan dengan perbandingan setelah dan sebelum adanya *bending*. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai perbandingan antara tegangan setelah serat optik diberi penekanan dan tegangan referensi mengalami kenaikan ketika besar penekanan bertambah. Hal ini akibat adanya rugi-rugi *macro-bending* yang terjadi pada serat optik tersebut. Rugi-rugi *macro-bending* ini akibat adanya cahaya yang keluar dari *core* sehingga gagal ditransmisikan, bahkan cahaya juga dapat keluar dari bagian *cladding*.

Rugi-rugi yang timbul pada serat optik dapat dihitung dengan mengingat definisi rugi-rugi:

$$dB = 20 \log \left(\frac{P_i}{P_o} \right) \quad (1)$$

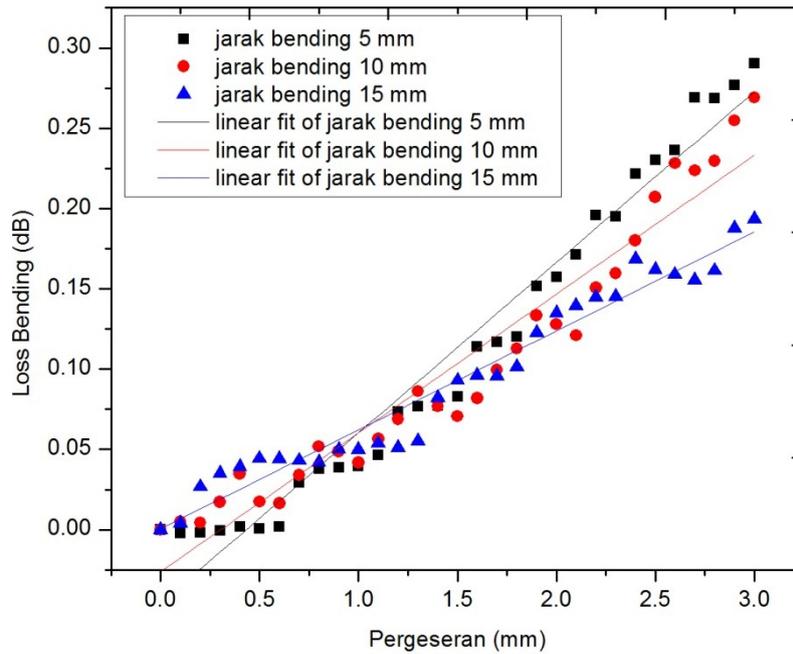
Dimana :

dB = rugi-rugi serat optik (dB/km)

L = panjang serat optik (km)

P_i = daya optik sebelum melewati alat *bending* (Watt)

P_o = daya optik setelah melewati alat *bending* (Watt)



Gambar 8. (color online) Grafik hubungan antara pergeseran penekanan dengan *loss bending* pada diameter POF 3 mm dengan variasi jarak *bending*

Dengan mengingat bahwa,

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2)$$

Dimana :

- P = daya (Watt)
- V = tegangan listrik (Volt)
- R = hambatan listrik (ohm)

Maka Persamaan 1 dapat ditulis menjadi

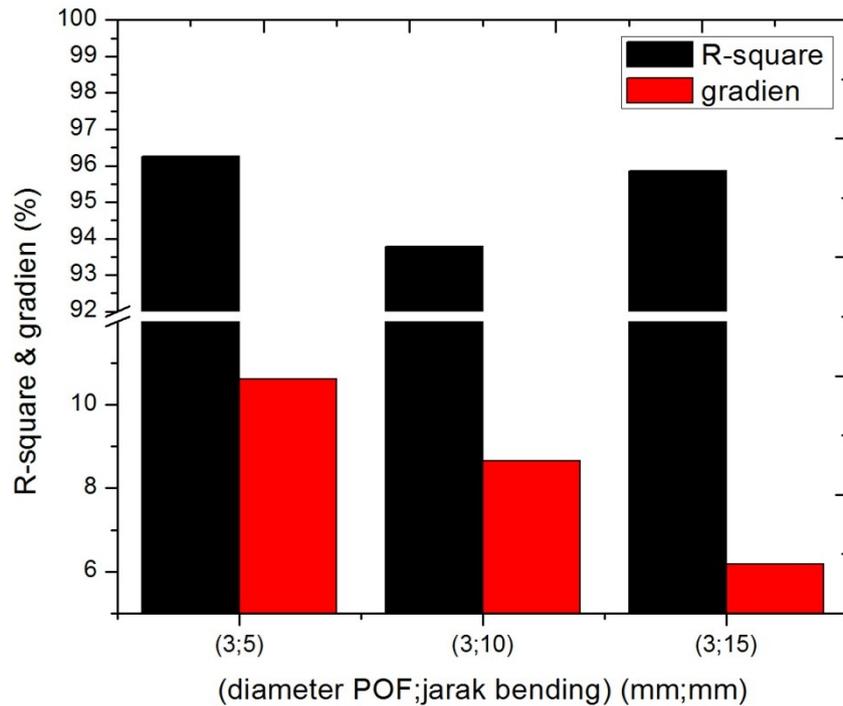
$$dB = 20 \log \left(\frac{V_i}{V_o} \right) \quad (3)$$

Dimana :

- V_i = tegangan listrik sebelum melewati alat *bending* (Volt)
- V_o = tegangan listrik setelah melewati alat *bending* (Volt)

Dalam persamaan ini V_i dan V_o secara berurutan adalah tegangan listrik yang terukur pada program aplikasi *WIM Acquisition* hasil pengukuran intensitas dari cahaya masuk ke serat optik (referensi) dan cahaya yang keluar dari serat optik termodulasi.

Grafik pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan gradien untuk setiap jarak *bending* yang diberikan. Dapat dianalisa bahwa semakin kecil jarak *bending* yang dilakukan maka mengakibatkan *lossbending* semakin tinggi. Dengan kata lain bahwa sensitifitas sensor semakin peka jika jarak *bending* semakin kecil.



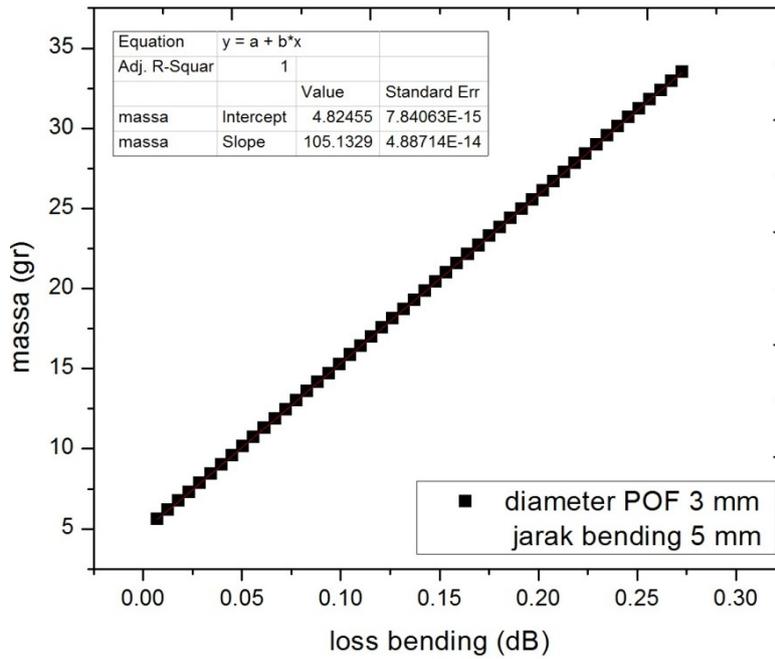
Gambar 9. (color online) Grafik R-square dan gradien

Semakin sensitif sensor maka semakin baik sensor yang dibuat, dalam hal ini adalah sensor WIM. Tingkat sensitifitas juga akan lebih baik jika didukung dengan validitas atau tingkat kepercayaan data yang ditunjukkan oleh nilai R-square. Sedangkan sensitifitas ditunjukkan oleh nilai gradien grafik (m) seperti pada Persamaan 4. Berdasarkan Gambar 9, sensor akan memiliki sensitifitas dan validitas yang tinggi pada saat jarak *bending* 5 mm. Dengan persamaan grafik yang didapat :

$$y = 0.10626x - 0.04589 \rightarrow y = mx + c \quad (4)$$

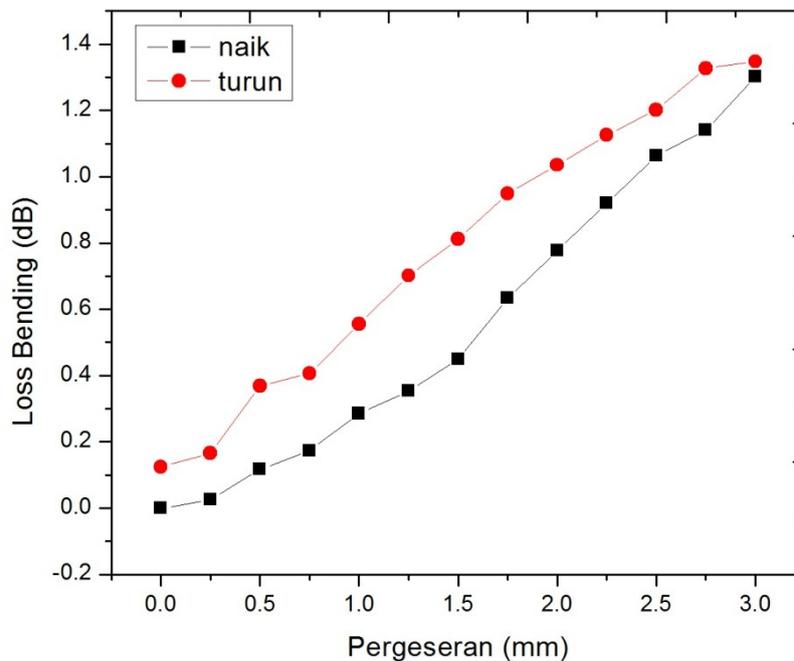
Akan tetapi analisa tersebut berlaku pada range pergeseran penekanan dari 1 sampai 3 mm. Hal ini karena pergeseran penekanan dibawah 1 mm memiliki pengukuran tegangan yang fluktuatif.

Persamaan 4 ini digunakan sebagai perhitungan untuk prediksi nilai massa yang ditampilkan pada program *WIM Acquisition*. Persamaan tersebut menunjukkan hubungan antara pergeseran penekanan dan *lossbending* yang akan diubah ke dalam grafik prediksi massa berupa hubungan pergeseran dan massa. Grafik prediksi massa dapat dilihat pada Gambar 10. Analisa ini dilakukan dengan bantuan aplikasi yang telah dikembangkan sendiri dengan Borlan Delphi 7, yang digunakan khusus untuk analisa massa.



Gambar 10. Grafik prediksi massa setiap perubahan *loss bending*

Untuk menentukan stabilitas dari sensor yang dibuat maka dapat diamati dari kurva histerisis sensor pada Gambar 11. Dari kurva terlihat adanya *loss bending* yang tidak tepat berhimpit antara titik satu dengan titik yang lain. Hal ini menandakan adanya nilai perbandingan *loss bending* yang tidak sesuai saat penekanan dinaikkan dan diturunkan. Semakin berhimpit kedua grafik maka semakin baik stabilitas sensornya. Namun, pada grafik ini memiliki *trend* kenaikan dan penurunan *loss bending* sebanding dengan variasi pergeseran akibat penekanan yang diberikan, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor serat optik yang dibuat relatif memenuhi kaidah stabilitas sebuah sensor.



Gambar 11. (color online) Kurva histerisis sensor serat optik

KESIMPULAN

Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa semakin besar pergeseran penekanan yang dilakukan maka *loss bending* yang muncul juga akan semakin besar. Serat optik plastik diameter 3 mm dengan perlakuan penekanan model *triple bending* pada jarak *bending* 5 mm memiliki nilai sensitifitas sensor dan validitas data paling tinggi, hal ini ditunjukkan oleh nilai gradien/ $m = 0,1063$ dan $R^2 = 0,9626$. Berdasarkan *trend* grafik dengan nilai gradien dan R^2 tersebut maka desain dari sistem sensor pada penelitian ini berpotensi untuk dapat diaplikasikan sebagai sensor *Weight in Motion*.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Bilro, L., Alberto, N., Pinto, J.L. dan Nogueira, R. 2012. Optical Sensors Based on Plastic Fiber. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. Basel, Switzerland, Vol. 12, Hal. 12184-12207.
- 2 Susanna, C., Marco, R., dan Martino, T. 2009. Macrobending Loss in Bend Insensitive Fibers: A Statistical Parameter. *International Wire & Cable Symposium*, Vol. 58, Hal. 258-263.
- 3 Waluyo, T.B., Bayuwati, D. dan Widiyatmoko, B. 2009. Karakteristik Rugi Lengkungan dengan Optical Time Domain Reflectometer untuk Penggunaannya sebagai Sensor Pergerakan Tanah. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, Vol. 9, Hal. 34-42.
- 4 Retno, S. 2011. Analisis Efisiensi Daya Pada Transmisi Daya Optik Lewat Bundel Serat Optik. *The 13th Industrial Electronics Seminar*, Vol. 13, Hal. 409-415.
- 5 Zendehnam, A., Mirzaei, M., Farashiani, A. dan Farhhani, I.H. 2010. Investigation of Bending Loss in a Single-Mode Optical Fiber. *Indian Academy of Sciences*, Vol. 74, Hal. 591-603.
- 6 Ramesh, B., Malla, A.S. dan Norman, W.G. 2008. A Special Fiber Optic Sensor for Measuring Wheel Loads of Vehicles on Highways, Sensors. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, Vol. 8, Hal. 2551-2568.
- 7 Yuniyanto, M., Marzuki, A. dan Ismail, Z. 2012. Desain Alat Ukur Rugi-Rugi Akibat Macrobending pada Multi-Mode Optical Fiber Berbasis Personal Computer. *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol. 2, No. 2, Hal. 138-145.