

Studi tentang Pemanfaatan Pandu Gelombang Slab berbasis *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) Hasil Fabrikasi dengan Teknik *Spin Coating* sebagai Alat Ukur Massa

Mefina Yulias Rofianingrum, Gatut Yudoyono, Ali Yunus Rohedi
Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: gyudoyono@physics.its.ac.id

Abstrak—Pandu Gelombang Slab telah banyak digunakan untuk berbagai macam aplikasi. Salah satu aplikasi Pandu Gelombang Slab adalah sebagai Alat Ukur Massa. Penelitian ini memfokuskan pada studi tentang aplikasi Pandu Gelombang Slab sebagai Alat Ukur Massa dengan melakukan pembebanan terhadap pandu gelombang hasil fabrikasi dengan lapisan tipis berbahan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA). Proses fabrikasi dilakukan dengan Teknik *Spin Coating* dengan kecepatan putar 1000 rpm hingga 2000 rpm selama 60 detik. Dari hasil fabrikasi kemudian dilakukan karakterisasi untuk mengetahui ketebalan lapisan tipis yang dibuat kemudian dilakukan pengamatan dengan melewati laser He-Ne pada lapisan tipis melalui fiber optik *single mode*. Dari karakterisasi diketahui bahwa hasil fabrikasi merupakan Pandu Gelombang Slab *single mode* dengan ketebalan lapisan tipis 12,2 μm . Pandu gelombang tersebut kemudian diberikan pembebanan hingga sebesar 13,5637 gr. Dari penelitian diketahui bahwa Pandu Gelombang dapat dimanfaatkan menjadi Alat Ukur Massa dengan rentang pengukuran antara 1,8559 gr sampai dengan 3,6733 gr. Makin besar massa beban yang diberikan maka posisi sinar yang terpandu semakin turun.

Kata Kunci—Pembebanan, Pandu Gelombang, Lapisan Tipis, *Polymethyl Methacrylate*, *Spin Coating*.

I. PENDAHULUAN

Di era modern saat ini, sudah sangat memungkinkan untuk mendesain, memfabrikasi dan mengkarakterisasi suatu sistem yang sangat tipis. Jika kemampuan ini dibuat sedemikian rupa hingga mencapai tingkat presisi maka ketika diaplikasikan dengan material yang lebih bervariasi akan dapat menciptakan banyak teknologi aplikasi yang canggih [1]. Salah satu sistem tersebut adalah Pandu Gelombang Slab. Pandu Gelombang Slab merupakan tinjauan sederhana untuk memahami dasar pemanduan gelombang [3]. Teknologi Pandu Gelombang Slab memiliki kemungkinan untuk dapat memproduksi suatu devais yang padat, *monolithic* dan *multi sensor* yang dapat dihubungkan ke rangkaian instrumentasi melalui fiber optik dan adapat dikendalikan dari jarak jauh [2].

Pandu Gelombang Slab dengan lapisan tipis dapat difabrikasi dengan menggunakan beberapa metode. Salah satu metode yang telah lama digunakan adalah Metode *Spin Coating*. Fabrikasi dengan menggunakan metode ini dapat menghasilkan ketebalan lapisan minimal 0,5 μm [1]. Metode *Spin Coating* ini digunakan karena sifatnya yang relatif mudah

namun pada umumnya telah mampu menghasilkan pandu gelombang.

Pandu Gelombang Slab yang memiliki kemampuan memandu dengan baik, dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam aplikasi. Salah satu aplikasi dari Pandu Gelombang Slab adalah sebagai Alat Ukur Massa. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan fabrikasi, karakterisasi dan uji pembebanan Pandu Gelombang Slab hasil fabrikasi untuk mempelajari pemanfaatannya sebagai Alat Ukur Massa. Adapun Pandu Gelombang Slab yang difabrikasi terdiri dari substrat akrilik, film berbahan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) dan kover udara. Substrat akrilik digunakan karena indeks biasanya yang tidak terlalu berbeda jauh dari bahan yang digunakan sebagai film namun tetap lebih kecil nilai indeks biasanya dibandingkan dengan bahan tersebut sehingga diharapkan Pandu Gelombang Slab yang difabrikasi dapat memandu dengan baik.

II. METODOLOGI

A. Fabrikasi Pandu Gelombang Slab

Pandu Gelombang Slab dibuat dengan substrat berupa akrilik dengan panjang 12 mm, lebar 9 mm dan tebal 2 mm serta *Polymethyl Methacrylate* (MMA) sebagai lapisan *film*. Fabrikasi Pandu Gelombang Slab dilakukan dengan menggunakan teknik *Spin Coating* dimana substrat akrilik ditetesi dengan MMA sebanyak $\pm 0,45$ ml dan diputar dengan kecepatan putar 1000 rpm sampai dengan 2000 rpm selama 1 menit. Hasil fabrikasi kemudian dipoles bagian tepiannya untuk menghilangkan lapisan yang meluber di tepi substrat dan dipanaskan pada suhu 70°C selama 10 menit.

B. Karakterisasi Pandu Gelombang Slab

Karakterisasi Pandu Gelombang Slab hasil fabrikasi terdiri dari pengukuran ketebalan lapisan tipis (*film*) dan pengamatan pemanduan gelombang. Pengukuran ketebalan *film* dilakukan dengan menggunakan software *supereyes* yang terdapat pada webcam yang dihubungkan dengan mikroskop dan *personal computer*. Untuk pengukuran ketebalan dilakukan pengukuran konversi dari nilai dalam satuan pixel ke nilai dalam satuan

µm. Perhitungan konversi ini dilakukan dengan mengambil foto lapisan yang terbentuk kemudian dilakukan pergeseran pada mikrometer sekrup yang telah terintegrasi dengan mikroskop sebesar 50µm dan diambil fotonya. Foto-foto tersebut disimpan dalam format *jpg kemudian foto tersebut diolah dengan *scanloop* berbasis Matlab untuk mengetahui titik-titik koordinat lapisan dan kemudian dilakukan perhitungan dimana

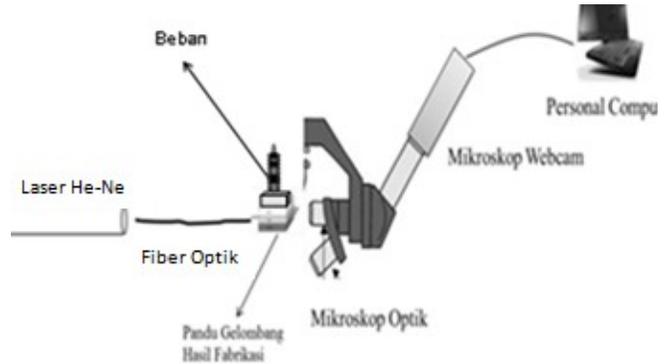
$$\frac{\text{Pergeseran}}{|x_2 - x_1|} = \frac{50 \mu\text{m}}{|133 - 128|} = \frac{50 \mu\text{m}}{14 \text{ pixel}} = 3,57 \mu\text{m/pixel}$$

Sehingga diperoleh nilai konversi yaitu 1 pixel = 3,57 µm. Hasil konversi tersebut kemudian dimasukkan dalam software *supereyes* dan kemudian pengukuran dapat dilakukan dengan melakukan *drag cursor mouse* sepanjang tebal lapisan yang hendak diukur.

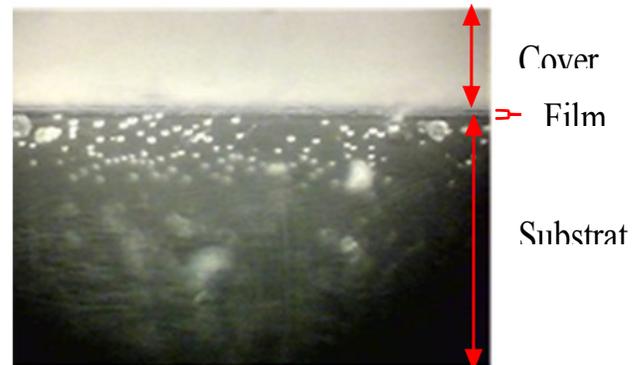
Langkah karakteristik selanjutnya adalah pengamatan pandu gelombang hasil fabrikasi dengan menghubungkan pandu gelombang dengan sumber cahaya yaitu laser He-Ne ($\lambda=0,6328 \mu\text{m}$) menggunakan fiber optik *singlemode*, kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop yang dihubungkan dengan webcam dan komputer. Pandu gelombang dianggap dapat memandu dengan baik bila tidak terdapat *loss* pada *cover* dan substrat.

C. Pengujian Pandu Gelombang Slab dengan Pembebanan

Pandu gelombang yang telah dikarakterisasi dan dapat memandu dengan baik kemudian diberikan perlakuan pembebanan. Perlakuan pembebanan dilakukan dengan penambahan beban yang bertahap kemudian dilanjutkan dengan penurunan beban yang bertahap. Beban yang digunakan terdiri dari 11 buah beban dan sebuah pnyangga beban dengan massa total 13,5637 gr. Pada setiap penambahan maupun pengurangan beban dilakukan pengambilan foto sinar yang terpandu pada pandu gelombang. Adapun rangkaian peralatan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Set-up alat



Gambar 2. Pandu gelombang hasil fabrikasi



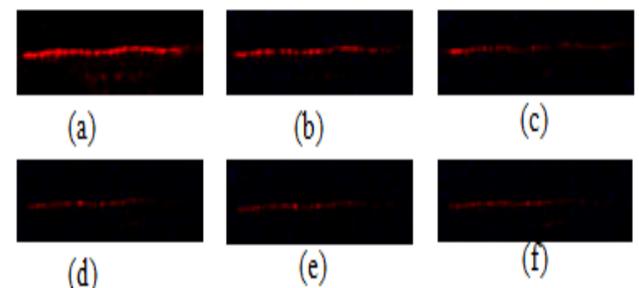
Gambar 3. Sinar yang terpandu pada pandu gelombang hasil fabrikasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Fabrikasi dan Karakterisasi

Gambar 2 menunjukkan pandu gelombang hasil fabrikasi dimana pandu gelombang merupakan pandu gelombang asimetri dengan *cover* berupa udara, film berupa MMA dan substrat berupa akrilik. Dengan melakukan pengukuran ketebalan yang sebelumnya dilakukan kalibrasi terlebih dahulu diperoleh ketebalan lapisan sebesar 12,2 µm.

Hasil karakterisasi dengan pengamatan pandu gelombang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut diketahui pandu gelombang dapat memandu dengan baik dan dapat dilakukan langkah selanjutnya yaitu pengujian pandu gelombang dengan memberikan pembebanan. Pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa sinar terpandu tepat berada di tengah lapisan dan pandu gelombang merupakan Pandu Gelombang *singlemode*.



Gambar 4. Hasil pengamatan pandu gelombang saat penambahan beban (a) keadaan awal (b) dengan pembebanan total sebesar 2,3657 gram (c) dengan pembebanan total 3,3837 gram (d) dengan pembebanan total 4,4017 gram (e) dengan pembebanan total 5,4197 gram (f) dengan pembebanan total 6,4377 gram

B. Hasil Pengujian Pandu Gelombang dengan Pembebanan

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan hasil pengamatan pada sinar yang terpandu pada pandu gelombang pada saat

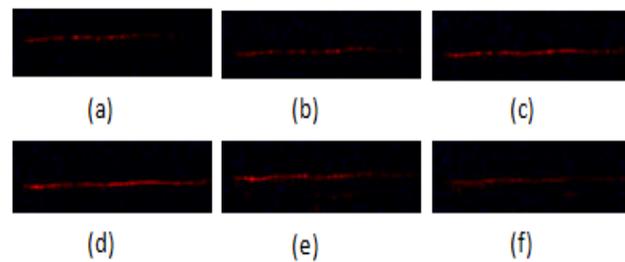
penambahan dan pengurangan beban. Kedua gambar tersebut kemudian telah diolah dengan menggunakan software *ImageJ* dalam tipe *grayscale* (8 bit) kemudian diamati posisi sinar terpandunya. Posisi-posisi sinar terpandu untuk tiap perlakuan kemudian dibuat menjadi suatu grafik hubungan antara massa beban yang diberikan dengan posisi sinar terpandunya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dari Gambar 6 diketahui bahwa posisi sinar terpandu cenderung makin turun seiring dengan penambahan massa beban mengikuti persamaan polinomial orde 2 yaitu persamaan $y=0,0577x^2-0,4239x+98,0047$ dan kemudian posisi sinar terpandu cenderung semakin naik saat beban dikurangi mengikuti persamaan $y=0,0392x^2-0,1455x+97,7113$ dimana y adalah posisi sinar terpandu dalam satuan pixel dan x merupakan massa beban yang diberikan dalam satuan gram. Dari kedua persamaan polinomial orde dua tersebut diketahui bahwa Pandu Gelombang dapat digunakan sebagai Alat Ukur Massa dengan range pengukuran antara 1,8559 gr sampai dengan 3,6733 gr. Kemudian bila dikaitkan dengan posisi sinar terpandu yang berada di tengah lapisan maka dapat diketahui bahwa lapisan makin tipis saat diberi penambahan beban dan kembali ke keadaan semula saat beban dikurangi. Lapisan dapat kembali ke keadaan semula karena beban yang diberikan masih berada dalam batas kemampuan elastisitas bahan yang terkait dengan modulus elastisitas MMA yaitu sebesar 3,3 Mpa[4]. Hal ini terbukti dengan hasil pengukuran ketebalan film setelah penambahan dan pengurangan beban yaitu diperoleh nilai ketebalan sebesar 12,2 μm yang sama dengan tebal film mula-mula sebelum diberi perlakuan beban.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu Pandu Gelombang Slab berbasis *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) hasil fabrikasi dengan Metode *Spin Coating* dengan ketebalan film 12,2 μm merupakan pandu gelombang *single mode* dan dapat dimanfaatkan menjadi Alat Ukur Massa dengan rentang pengukuran antara 1,8559 gr sampai dengan 3,6733 gr. Makin besar massa beban yang diberikan maka posisi sinar yang terpandu cenderung semakin turun sesuai dengan polinomial orde dua.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harris, R.D. and Wilkinson, J.S, "Waveguide Surface Plasmon Resonance Sensors", *Sensors and Actuators B*, vol 29, pp. 261-26, 1995.
- [2] Kowel, Stephen T. , Selfridge, Richard, Eldering, Charles and Marloff Norman, "Future Application of Ordered Polymeric Thin Films". *Thin Solid Films*, vol 152, pp.377-403, 1987.
- [3] Pigeon, F., Jourlin, Y. and Parriaux, O. 2001. "Slab Waveguide Resonance Monitoring by Free Space Waves". *Thin Solid Films*, vol 394, pp. 237-241, 2001.



Gambar 5 Hasil pengamatan pandu gelombang saat pengurangan beban (a) keadaan awal (b) pengurangan beban total 1,0180 gram (c) pengurangan beban total 2,0360 gram (d) pengurangan beban total 3,054 gram (e) pengurangan beban total 4,052 gram (f) pengurangan beban total 5,09 gram.