

Studi pengaruh konsentrasi larutan *polystyrene* terhadap jumlah mode pandu gelombang yang dikarakterisasi dengan metode prisma kopling

Oleh :
Wahyu Hidayat
M.0202049

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Sejak dekade terakhir, lapisan polimer tipis telah banyak menarik perhatian untuk aplikasi dalam bidang industri elektronik dan dalam komponen optik terintegrasi karena kemudahan dalam proses pembuatannya, konstanta dielektrik yang rendah, dan sifat-sifat optik-tekanan dan listriknya. Sifat-sifat optik dari lapisan polimer tipis sangat penting dalam aplikasi optoelektronik dan khususnya dalam sirkuit dan komponen optik terintegrasi. Optik terintegrasi merupakan teknologi yang akan berperan besar pada masa depan antara lain untuk aplikasi dalam bidang sensor fotonik, komunikasi optik dan switching fotonik.

Lapisan tipis yang mempunyai ketebalan antara 3 nm-3000 nm telah menjangkau banyak bidang dan semakin banyak diteliti. Contoh aplikasi lapisan tipis antara lain dalam bidang elektronika, yaitu sebagai lapisan pemisah antara substrat yang digunakan dengan obyek penelitian. Di samping itu pula lapisan tipis dapat digunakan sebagai lapisan anti reflektor, pelapisan optik, lapisan tahan korosi, lapisan tahan aus, sel surya maupun sensor gas.

Khusus dalam aplikasi komponen optik terintegrasi lapisan polimer tipis berperan sebagai pandu gelombang berbentuk bidang yang di dalamnya dapat mengandung beberapa fungsi optik. Dalam aplikasi tersebut, indeks bias n dan ketebalan film h merupakan parameter penting untuk diketahui karena akan menentukan performansi dari pandu gelombang. Untuk mengetahui nilai kedua parameter tersebut dapat digunakan metode prisma kopling. Keunggulan metode prisma kopling yaitu hanya mengg θ 1 a berupa sudut kopling yang dapat diukur dengan teliti dan mudah, dapat memberikan informasi banyaknya modus yang dapat disalurkan oleh pandu gelombang.

Lapisan tipis dibuat dari bahan *Polystyrene* dengan konsentrasi 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, 15%, dan 17%. Bahan tersebut mempunyai sifat seperti kaca, jelas dan mengkilap, keras dan pembuatannya relatif mudah. Lapisan tipis ini dibuat dengan menggunakan teknik *spin coating*. Lapisan tipis pada substrat diperoleh dari penyebaran bahan material yang berasal dari hasil putaran *spinner*. Dalam pengukuran, lapisan tipis ditempatkan di atas sebuah substrat dan berbatasan dengan udara di bagian atasnya, dimana lapisan tipis tersebut memiliki indeks bias yang lebih besar dari keduanya (substrat dan udara), dengan kondisi ini lapisan tipis dapat berfungsi sebagai pandu gelombang. Bahan *Polystyrene* memenuhi syarat dasar sebagai bahan optik unggul dan juga berpotensi untuk digunakan sebagai medium pandu gelombang optik dalam bentuk lapisan tipis. Hasil karakterisasi lapisan tipis *Polystyrene* yang dibuat dengan metode *spin coating* menggunakan metode prisma kopling menunjukkan bahwa kualitas lapisan tipis *Polystyrene* yang layak untuk aplikasi pandu gelombang dapat

diperoleh dengan pelarut *Toluene* serta konsentrasi larutan yang tepat (Edi Sanjaya, 2001).

Lewat pengukuran dengan metode prisma kopling ini indeks bias dari suatu bahan dielektrik dan ketebalannya dapat diketahui secara bersamaan. Ketebalan lapisan akan menentukan jumlah modus gelombang yang dapat terbentuk di dalam pandu gelombang (<http://www.fi.itb.ac.id>).

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Berapa jumlah mode gelombang yang dapat dipandu oleh lapisan tipis *Polystyrene* 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan 17%.
- b. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan *Polystyrene* terhadap jumlah mode gelombang yang dapat dipandu.

I.3. Batasan Masalah

Penelitian dibatasi pada :

- a. Lapisan tipis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Polystyrene* 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan 17% dengan pelarut *Toluene*.
- b. Metode penumbuhan lapisan tipis menggunakan metode *spin coating* dengan waktu putar *spinner* 1,5 menit.
- c. Penentuan jumlah mode gelombang yang terbentuk dalam pandu gelombang menggunakan metode prisma kopling.

I. 4. Tujuan Penelitian

- a. Menentukan jumlah mode gelombang yang dapat dipandu oleh lapisan tipis *Polystyrene* 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan 17%.
- b. Mengetahui pengaruh konsentrasi larutan *Polystyrene* terhadap jumlah mode gelombang yang dapat dipandu.

I.5. Manfaat Penelitian

- a. Memberikan informasi tentang pengaruh konsentrasi larutan *Polystyrene* terhadap jumlah mode gelombang yang dihasilkan.
- b. Memberikan wawasan yang luas tentang metode pengukuran prisma kopling pada lapisan tipis.

1.6 Sistematika Penulisan.

Pada skripsi ini, sistematika penulisan disusun sebagai berikut :

BAB 1 : Pendahuluan

Berisi tentang : Latar belakang masalah, Perumusan masalah, Batasan masalah, Tujuan penelitian, Manfaat penelitian, dan Sistematika penulisan.

BAB II : Dasar Teori

Berisi tentang : teori dasar pandu gelombang, mode gelombang, medan *evanescent*, *Polystyrene*, teori spin coating, prinsip kerja prisma kopling, indeks bias material.

BAB III : Metodologi Penelitian

Berisi tentang : Tempat dan waktu penelitian, Alat dan bahan penelitian, Metode penelitian, dan Prosedur penelitian.

BAB IV : Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berisi tentang : perhitungan jumlah mode gelombang, dan pengaruh jumlah mode gelombang terhadap konsentrasi larutan.

BAB V : Penutup

Berisi tentang : Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian, dan saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

DASAR TEORI

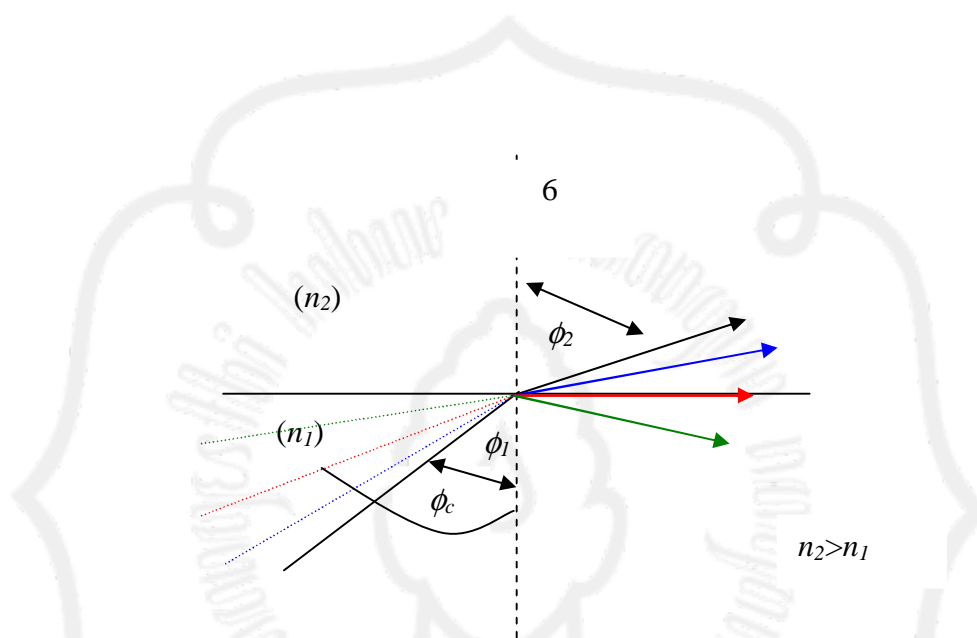
II.1. Pandu Gelombang

Secara umum, komponen utama pandu gelombang optik adalah lapisan tipis dari bahan berindeks bias besar yang diapit oleh bahan lain dengan indeks bias rendah, sedemikian sehingga cahaya dapat merambat di dalamnya dan tidak menerobos keluar. Cahaya yang dimasukkan dalam divais optik ini akan merambat dari satu ujung ke ujung yang lain.

Konsep pandu gelombang optik sebagai media transmisi pada suatu sistem komunikasi didasarkan pada hukum *Snellius* untuk perambatan cahaya pada media transparan. Pandu gelombang optik dibentuk dari dua lapisan utama yaitu lapisan utama yang pada plat dielektrik berupa lapisan tipis dengan indeks bias n_1 yang menempel pada substrat dengan indeks bias n_2 yang lebih kecil dari n_1 (Darmansyah Deva Sani, 2005).

Menurut hukum *Snellius* cahaya yang datang pada antar muka antara dua media transparan yang indeks biasnya berbeda akan mengalami pembiasan

sebagai berikut: Sinar yang datang dari medium berindeks bias tinggi dengan sudut ϕ_1 terhadap garis normal menuju medium berindeks bias lebih rendah akan dibelokkan menjauhi normal bidang batas antar medium sebesar ϕ_2 , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Sinar datang dari medium berindeks bias tinggi ke medium berindeks bias rendah

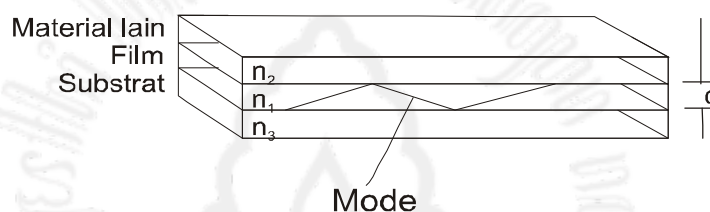
Jika sinar yang dibiaskan membentuk sudut 90° terhadap garis normal, maka sudut sinar datangnya disebut sudut kritis ϕ_c . Jika sudut datang lebih besar dari sudut kritis ϕ_c , maka cahaya akan dipantulkan kembali ke dalam media. Dari Hukum *Snellius* diketahui bahwa (Thomas, 1997).

$$\frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.1)$$

Dengan mengambil $\phi_2 = 90^\circ$ maka besar sudut kritis dapat ditentukan, yaitu :

$$\sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.2)$$

Cahaya bisa merambat dalam medium pandu gelombang seperti pada Gambar 2.2 dengan prinsip refleksi internal. Refleksi internal bisa terjadi jika cahaya merambat dari medium dengan indeks bias tinggi menuju medium dengan indeks bias yang lebih rendah.

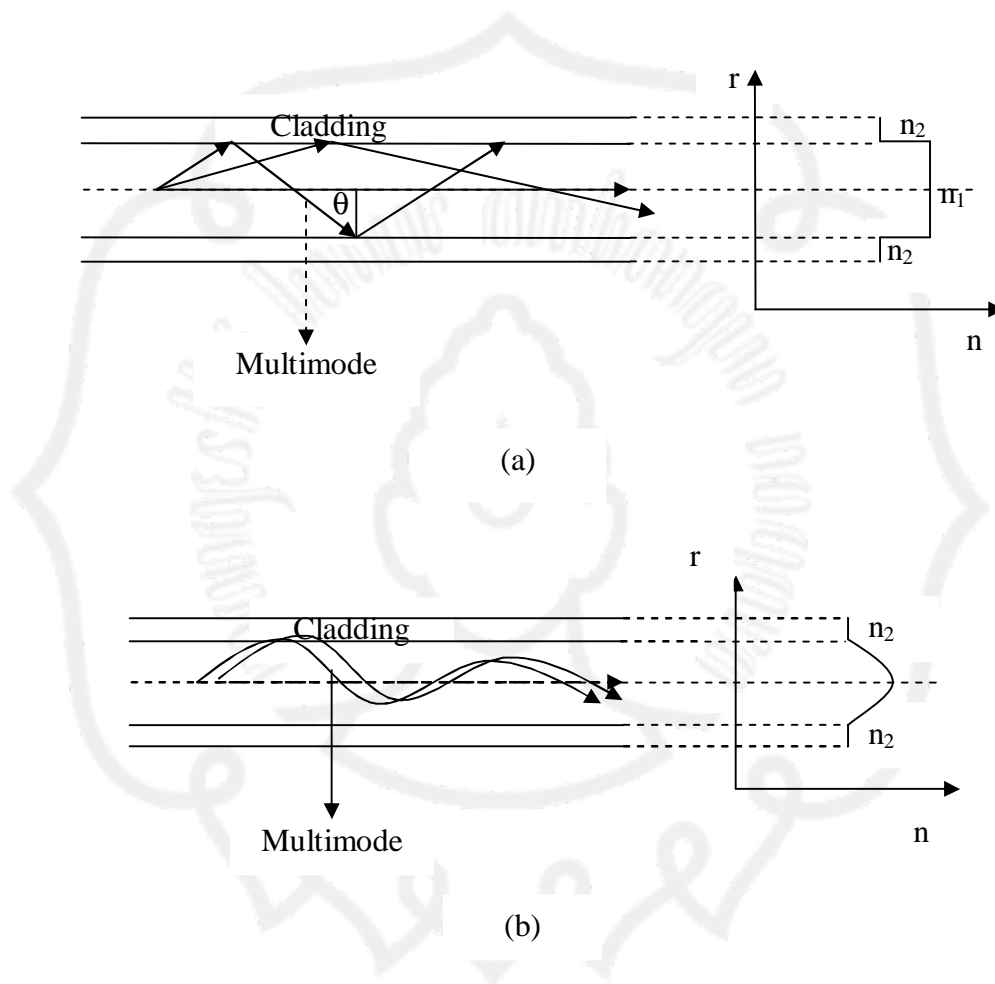


Gambar 2.2. Perambatan Cahaya pada Plat Dielektrik

Pada Gambar 2.2, material lain merupakan *cover* yang bahannya bisa sama dengan substrat atau material yang berbeda dengan substrat. Jika tidak menggunakan *cover*, maka material lain yang dimaksud adalah berupa udara. Apapun materialnya syarat n_2 dan $n_3 < n_1$ harus dipenuhi.

Profil indeks bias dari suatu permukaan pandu gelombang bisa berubah berupa *graded index* atau *step index*. *Step index* mempunyai karakter indeks bias lapisan tipis n_1 yang seragam dan secara tegas berbeda dengan indeks bias *cladding* n_2 , seperti Gambar 2.3 (a). *Graded index* merupakan karakter indeks bias n_1 lapisan tipis yang berubah secara berangsur sebagai fungsi dari r , pada

nilai r tertentu besarnya sama dengan indeks bias n_2 seperti pada gambar 2.3 (b) (K.D. Moller, 1988).



Gambar 2.3. Profil Indeks Bias Step Indeks (a) dan Graded Indeks (b)

Dalam model pandu gelombang yang paling sederhana, bahan yang digunakan dianggap memiliki sifat-sifat: *lossless* (tidak menyerap energi

gelombang cahaya), isotropis (laju penjalaran gelombang cahaya sama ke segala arah), homogen (refraktif indeksnya sama di setiap titik), linier (refraktif indeksnya bersifat linier terhadap intensitas cahaya). Indeks bias dan ketebalan merupakan karakteristik dari setiap pandu gelombang. Hubungan tersebut menunjukkan semakin besar ketebalan dan selisih harga indeks biasnya maka semakin banyak modulus gelombang yang dapat dipandu.

II.1.1. Mode Gelombang

Sinar akan mengalami pemantulan total di dalam pandu gelombang jika sudut datang sinar lebih besar dari pada sudut kritis hingga 90° . Untuk sinar dengan sudut 90° maka sinar akan berjalan secara horisontal sehingga indeks bias efektif akan sama dengan indeks bias lapisan tipis ($n_{eff} = n_1$). Sedangkan untuk sinar pada sudut kritis ($\sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1}$ maka $n_{eff} = n_2$) indeks bias efektif tergantung pada bahan luar. Dapat disimpulkan bahwa untuk sinar bersudut antara ϕ_c sampai 90° , indeks bias efektif (n_{eff}) mempunyai rentang :

$$n_2 < n_{eff} < n_1 \quad (2.3)$$

Indeks bias efektif (n_{eff}) adalah perbandingan kecepatan cahaya di ruang bebas dengan kecepatan cahaya terpandu (Thomas Sri Widodo, 1997).

II.1.1.a. Syarat Mode

Tidak semua gelombang yang mempunyai arah sinar antara sudut kritis sampai dengan sudut 90° akan terperangkap di dalam lapisan tipis oleh adanya pantulan total. Hanya sinar dengan arah tertentu saja yang sesuai dengan mode

pandu gelombang yang akan merambat sepanjang lapisan tipis (Thomas Sri Widodo, 1997).

Menurut mode medan, gelombang terpandu harus memenuhi syarat fase yang menghasilkan interferensi konstruktif. Gelombang akan terpandu apabila muka gelombang dari semua berkas gelombang memiliki selisih fase sebesar 2π . Jika kondisi tersebut tidak dipenuhi maka dalam berkas gelombang tidak terjadi interferensi konstruktif. Karena selisih fase tersebut, pada beda panjang lintasan tidak semua harga θ_1 akan menyebabkan gelombang terpandu. Hanya harga $\theta_1 > \theta_c$ tertentu saja akan memenuhi syarat fase tersebut dan menghasilkan gelombang terpandu.

II.1.1.b. Pola Mode

Terdapat medan yang meluruh secara eksponensial di luar lapisan tipis. Penembusan ke lapisan luar bertambah dengan pertambahan orde mode pandu gelombang. Hal ini terjadi karena sudut sinar mendekati sudut kritis bila m bertambah.

Intensitas gelombang akan menurun karena adanya penyerapan dan penghamburan (*scattering*). Penghamburan disebabkan oleh ketakhomogenan bahan dan ketaksempurnaan batas. Mode-mode yang berorde tinggi dan bersudut kecil merambat pada lintasan zig-zag yang lebih panjang dari pada yang berorde lebih rendah. Maka mode berorde tinggi menderita rugi serapan yang lebih besar. Mode-mode yang mendekati putus (*cut off*) adalah mode-mode yang berorde lebih tinggi dan sinarnya mendekati sudut kritis. Sinar-sinar ini akan mudah

disimpangkan di bawah sudut kritis sehingga medannya akan menembus dalam ke lapisan luar lapisan tipis. Di daerah ini mode-mode tersebut akan mengalami penyerapan dan menyusut dengan cepat.

II.1.2. Gelombang Evanescent

Pada perambatan gelombang cahaya, pemantulan internal total atau *Total Internal Reflection (TIR)* menyebabkan adanya energi yang terkopel ke medium lain yang cukup rapat. Hal ini mengakibatkan sebagian energi gelombang cahaya akan hilang, dan disebut sebagai kegagalan pemantulan total atau *Frustrated Total Reflection (FTIR)*. Persamaan gelombang yang ditransmisikan saat terjadi pembiasan adalah :

$$E_t = E_{0t} e^{i(k_t \cdot r - \omega t)} \quad (2.4)$$

dimana pada bidang koordinat persamaan diperoleh :

$$k_t \cdot r = k_t (\cos \theta_t, 0, \sin \theta_t) \cdot (x, y, z)$$

$$k_t \cdot r = k_t (x \cos \theta_t + z \sin \theta_t)$$

dimana

$$\cos \theta_t \equiv \sqrt{1 - \sin^2 \theta_t} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}} \quad (2.5)$$

persamaan di atas merupakan persamaan akhir dari Hukum Snellius. Pada saat sudut kritis, $\sin \theta = n$ dan $\cos \theta = 0$. Saat terjadi TIR, $\sin \theta > n$, maka $\cos \theta_t$ menjadi imajiner murni. Dapat ditulis :

$$\cos \theta_t = i \sqrt{\frac{\sin^2 \theta}{n^2} - 1} \quad (2.6)$$

faktor eksponensialnya menjadi :

$$k_t \cdot r = k_t z \frac{\sin \theta}{n} + i k_t x \sqrt{\frac{\sin^2 \theta}{n^2} - 1} \quad (2.7)$$

pada definisi real, bilangan positifnya adalah

$$\alpha \equiv k_t \sqrt{\frac{\sin^2 \theta}{n^2} - 1} \quad (2.8)$$

kemudian pada gelombang transmisinya menjadi

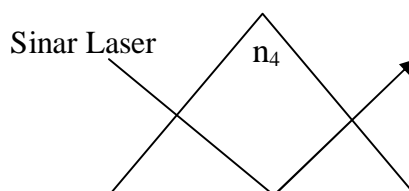
$$E_t = E_{0t} e^{-i\alpha x} e^{i k_t \sin \theta / n z} e^{-\alpha x} \quad (2.9)$$

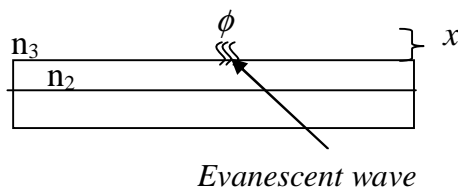
Persamaan di atas menunjukkan bahwa amplitudo gelombang akan menurun secara eksponensial saat gelombang cahaya memasuki medium yang lebih renggang di arah sumbu x . Sedangkan bilangan i merupakan faktor eksponensial yang membentuk gelombang harmonik dengan satuan amplitudo. Saat gelombang masuk ke dalam medium yang lebih renggang, nilai amplitudo akan menurun sebesar $1/\alpha$.

$$x = \frac{1}{\alpha} = \frac{\lambda}{2\pi \sqrt{\frac{\sin^2 \theta}{n^2} - 1}} \quad (2.10)$$

Dimana, $n = \frac{n_3}{n_4}$, n_3 adalah indeks bias udara sehingga persamaan (2.10) menjadi

$$x = \frac{\lambda}{2\pi \sqrt{n_4^2 \sin^2 \phi - 1}} \quad (2.11)$$





Gambar 2.4. Diagram terjadinya evanescent wave

Pengkoplingan gelombang evanescent merupakan proses gelombang elektromagnetik yang bertransmisi dari medium satu ke medium yang lain seperti medan elektromagnetik evanescent. Energi pada medan evanescent akan kembali ke medium awal, tetapi kalau ada medium kedua, energi tersebut akan diteruskan ke daerah penetrasi. Kegagalan pemantulan total internal, dapat diaplikasikan sebagai variabel keluaran dari pengkoplingan, membuat dua sudut siku-siku prisma yang dapat merubah pengkopelan medan evanescent dari satu prisma ke prisma yang lain. Aplikasi lainnya adalah pada dasar prisma yang dekat dengan pandu gelombang optik, medan evanescent dapat menunjukkan adanya perambatan mode gelombang (Frank L. Pedrotti, S.J, dan Leno.S. Pedrotti, 1993).

II.2. *Polystyrene* (PS)

Polimer merupakan molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana. Nama ini diturunkan dari bahasa Yunani *Poly*, yang berarti “banyak”, dan *mer*, yang berarti “bagian”. Bahan *Polystyrene* (PS) termasuk polimer yang memenuhi syarat sebagai bahan optik unggul berpotensi digunakan sebagai bahan divais pandu gelombang optik dalam bentuk film tipis (www.Diglip.unikom.ac.id).

Polystyrene adalah sebuah polimer terbuat dari styrene monomer, sebuah hidrokarbon cair yang dibuat secara komersial dari petroleum. Pada suhu ruangan, polystyrene biasanya thermoplastik padat, tetapi dapat mencair pada suhu yang lebih tinggi untuk *molding* atau *extrusion*, kemudian kembali menjadi padat. *Styrene* adalah sebuah monomer *aromatic*, dan *polystyrene* adalah sebuah polimer *aromatic*.

Polystyrene pertama kali dibuat pada 1839 oleh Eduard Simon, seorang apoteker Jerman. Ketika mengisolasi zat tersebut dari resin alami, Eduard Simon tidak menyadari apa yang telah ditemukannya. Seorang kimiawan organik Jerman lainnya, Hermann Staudinger, menyadari bahwa penemuan Simon terdiri dari rantai panjang molekul styrene, yang adalah sebuah polymer plastik.

Polystyrene padat murni adalah sebuah plastik tak berwarna, keras dengan fleksibilitas yang terbatas yang dapat dibentuk menjadi "*mold*" dengan detil yang bagus. *Polystyrene* dapat menjadi transparan atau dapat dibuat menjadi banyak warna. *Polystyrene* digunakan untuk membuat model plastik, *cutlery* plastik, pemaketan CD dan DVD, dan banyak objek lainnya (<http://en.wikipedia.org>).

Tabel 2.1. Parameter solubilitas dari beberapa polimer dan pelarut

Solven	$/10^3 \text{J}^{1/2} \cdot \text{m}^{-3/2}$
Aceton	20.3
Carbon Tetrachloride	17.6
Chloroform	19
Cychlohexane	16.8
Methanol	29.7
Toluene	18.2
Water	47.9
Xylene	18

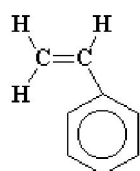
Polymer	$/10^3 \text{ J}^{1/2} \text{ m}^{-3/2}$
Polyethylen	16.4
Polystyrene	18.5
Poly (methyl methacrylare)	19
Poly propylene	19
Poly (vinyl chloride)	20

Polystyrene tersebut termasuk jenis polimer termoplastik yang tidak beraturan (*Thermoplastic amorphous*), yang memiliki sifat sebagai berikut (<http://www.sigmaaldrich.com>):

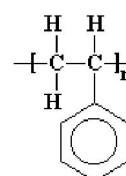
- Indeks bias : 1.59
- Rapat jenis : 1.04gr/mL saat 25⁰C
- T_g : 94⁰C
- Titik lunak : 107⁰C

Ada tiga jenis *polystyrene*, yaitu *isotactic polystyrene*, *syndiotactic polystyrene* dan *atactic polystyrene*. *Isotactic polystyrene* adalah polimer kristal dan susunan atomnya teratur. *Atactic polystyrene* adalah seperti plastik keras, strukturnya tidak beraturan (*amorphous*), dan tidak dapat berubah menjadi kristal. *Syndiotactic polystyrene* adalah *polystyrene* yang berbentuk semi-kristal.

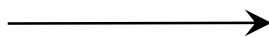
Pada monomer styrene mempunyai cincin karbon C₆H₅ yang ditempatkan atom karbon di atas satu ikatan rangkap atom karbon (C=C). Grup penil C₆H₅ mempunyai 6 atom karbon yang masing-masing berada pada sudut hexagon. Lima dari enam atom karbon terikat pada atom hidrogen, sedangkan atom karbon yang ke-enam selalu terhubung dengan atom karbon yang lainnya. Pada gambar 2.8 menunjukkan bahwa ikatan C₆H₅ terdiri dari tiga ikatan atom karbon tunggal dan tiga ikatan atom karbon rangkap.



styrene



polystyrene

Gambar 2.5. Struktur *Polystyrene*

II.3. Metode Spin Coating

Metode spin coating adalah metode penempelan lapisan pada suatu substrat dengan cara meneteskan cairan pelapis pada pusat substrat yang diputar. Material coating dideposisi atau diletakkan pada bagian tengah substrat baik dengan cara manual maupun bantuan robot. Material tersebut dituangkan atau disemprotkan di atas substrat. Prinsip fisika dibalik spin coating adalah keseimbangan antara viskositas larutan dengan gaya sentrifugal yang dikontrol oleh kecepatan spin.

$$h(t) = h_0 \left[1 + \frac{4\rho\omega^2 h_0^2 t}{3\eta} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$h(t) = \frac{h_0}{\sqrt{1 + \frac{4\rho\omega^2 h_0^2 t}{3\eta}}} \quad (2.12)$$

dimana,

- | | | | |
|--------|---|----------|---------------------------|
| $h(t)$ | : Ketebalan pada waktu t (nm) | ω | : Kecepatan putar (rpm) |
| h_0 | : Ketebalan awal (nm) | t | : Waktu putar (menit) |
| ρ | : Massa jenis bahan (Kg/cm^3) | η | : Viskositas bahan (Pa.s) |

Metode spin coating ini memuat empat tahapan dasar :

a. Tahap penetesan cairan (*dispense*)

Pada bagian ini cairan dideposisikan di atas permukaan substrat, kemudian diputar dengan kecepatan tinggi. Kemudian lapisan yang telah dibuat akan dikeringkan sampai pelarut pada lapisan tersebut benar-benar sudah menguap.

Proses *dispense* dibagi menjadi dua macam, yaitu :

- 1) *Static dispense*, proses disposisi sederhana yang dilakukan pada larutan di atas pusat substrat. Adanya kecepatan yang sangat tinggi dan ukuran substrat yang lebih besar dapat memastikan cairan benar-benar telah tersebar rata di atas substrat.
- 2) *Dynamic dispense*, proses deposisi dengan kecepatan putar yang kecil kira-kira 500 rpm. Pada proses ini cairan yang tersebar di atas substrat akan sedikit terbuang dan substrat menjadi lebih basah, sehingga lapisan yang terbentuk akan lebih tebal.

b. Tahap percepatan spin coating

Setelah tahap penetesan cairan, larutan dipercepat dengan kecepatan yang relatif tinggi. Kecepatan yang digunakan pada substrat ini akan mengakibatkan adanya gaya sentrifugal dan turbulensi cairan. Kecepatan yang digunakan antara 1500-6000 rpm dan tergantung pada sifat cairan terhadap substrat yang digunakan. Waktu yang digunakan kira-kira 1.5 menit.

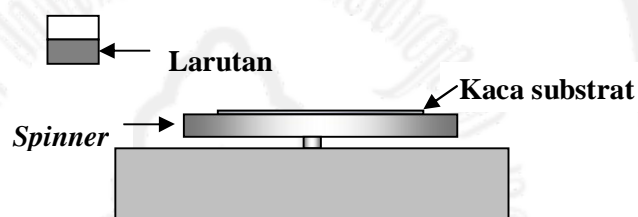
c. Tahap pengeringan,

Pada tahap ini terbentuk lapisan tipis murni dengan suatu ketebalan tertentu. Tingkat ketebalan lapisan yang terbentuk bergantung pada tingkat kelembaban

dasar substrat. Adanya kelembaban yang kecil menyebabkan ketebalan lapisan murni yang terbentuk akan menjadi semakin besar.

Beberapa variabel parameter proses yang termasuk dalam spin coating adalah sebagai berikut:

- a. Viskositas atau kekentalan larutan
- b. Kandungan material
- c. kecepatan angular
- d. Waktu putar atau *spin time*

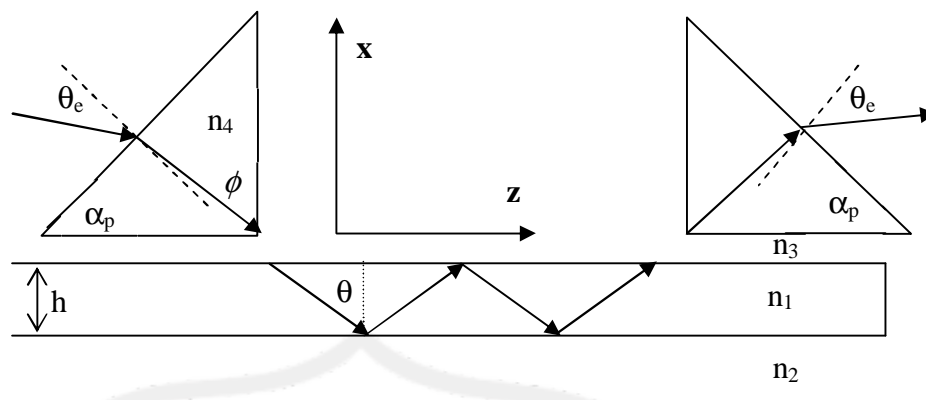


Gambar 2.6. Skema alat pada metode Spin Coating

II.4. Prinsip Kerja Prisma Kopling

Prinsip kerja prisma kopling dapat dijelaskan dengan bantuan skema

2.7.



Gambar 2.7. Penjalaran gelombang dari udara-prisma-pandu gelombang-prisma-udara

Dari gambar tersebut dapat dilihat cahaya datang menuju prisma dengan sudut datang. Sudut datang θ_e pada sisi miringnya selanjutnya dibiaskan ke dalam prisma dan membentuk sudut ϕ terhadap sisi tegak pada dasar prisma. Sudut ϕ ini nantinya akan menentukan besar kecepatan fase berkas cahaya dalam arah z yang menjalar di dalam prisma dan dalam lapisan antara prisma dengan pandu gelombang. Besarnya kecepatan fase dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$V_p = \frac{c}{n_4 \sin \phi} \quad (2.13)$$

dimana n_4 merupakan indeks bias prisma.

Besarnya kecepatan fase tersebut akan berpengaruh pada kuat atau tidaknya cahaya terkople ke dalam pandu gelombang. Cahaya akan terpandu dengan kuat ke dalam pandu gelombang apabila ϕ berharga sedemikian sehingga kecepatan fase gelombang yang menjalar di dalam prisma sama dengan kecepatan fase salah satu modus gelombang di dalam pandu gelombang yang kecepatannya dapat dinyatakan oleh:

$$v_m = \frac{c}{n_{eff}^m} \quad (2.14)$$

Dengan n_{eff}^m merupakan indeks bias efektif pandu gelombang untuk mode gelombang untuk setiap mode gelombang tersalur. untuk kondisi $v_p = v_m$ berlaku hubungan yang disebut kondisi sinkronisasi:

$$n_{eff}^m = n_4 \sin \phi_m \quad (2.15)$$

Dengan ϕ_m merupakan sudut di dasar prisma pada saat cahaya terpandu di dalam lapisan tipis. Dalam kondisi tersebut ϕ_m berharga lebih besar dari sudut kritis pemantulan total internal pada batas antara prisma dengan celah. Maka apabila berkas cahaya datang membentuk sudut ϕ_m pada dasar prisma, berkas cahaya tersebut mengalami pemantulan total internal.

Dalam persamaan (2.15) sudut ϕ_m dihubungkan dengan sudut datang θ_e melalui persamaan sebagai berikut:

$$\phi_m = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \theta_e}{n_4} \right) + \alpha_p \quad (2.16)$$

Sehingga persamaan (2.16) menjadi,

$$n_{eff}^m = n_4 \sin \left(\sin^{-1} \left(\frac{\sin \theta_e}{n_4} \right) + \alpha_p \right) \quad (2.17)$$

Dimana α_p merupakan sudut prisma. Dengan menggunakan persamaan (2.17) di atas, maka harga indeks bias efektif pandu gelombang untuk setiap modus gelombang tersalur dapat dihitung.

Efek tunneling merupakan dasar dari mekanisme kopling gelombang dari prisma ke pandu gelombang, yakni gelombang dapat menembus lapisan celah

udara antara prisma dan pandu gelombang. Lebar celah tersebut biasanya sekitar satu seperempat panjang gelombang sumber cahaya dan celah diasumsikan uniform dan sejajar dengan bidang y - z dimana berkas cahaya yang datang ke dalam prisma dianggap memiliki amplitudo konstan F_m . Gelombang tersebut kemudian mengalami pemantulan total internal di dasar prisma sehingga amplitudo terpantul menjadi G_m dan yang lain terkople ke dalam pandu gelombang. Akibatnya terbentuk gelombang stasioner dalam prisma dan gelombang evanescent dalam celah udara.

II.5. Indeks Bias

Indeks bias suatu materi didefinisikan sebagai perbandingan antara kecepatan cahaya di dalam ruang hampa dengan kecepatan cahaya di dalam medium. Perbandingan ini dapat ditentukan dengan menggunakan Hukum Snellius, indeks bias (n) dinyatakan dengan :

$$n = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} \quad (2.18)$$

$$n = \frac{c}{c_n} \quad (2.19)$$

dengan

- n : indeks bias
- θ_i : sudut datang
- θ_r : sudut bias
- c : kecepatan cahaya di ruang hampa (3×10^8 m/s)
- c_n : kecepatan cahaya pada medium

Indeks bias sebenarnya tidaklah sama pada material yang sama tetapi merupakan variasi dari panjang gelombang sinar datang. Sebagian besar biasanya

dinyatakan sebagai n_D yang menunjukkan indeks dari emisi sinar kuning pada sodium (589,3 nm). Indeks emisi sinar kuning pada Helium (587,6 nm) dinyatakan n_d juga biasa digunakan. Karena panjang gelombang mendekati identik, sehingga perbedaannya sangat kecil diantara indeks bias tersebut.

Beberapa hal yang mempengaruhi indeks bias suatu material, diantaranya adalah :

1. Kerapatan Elektron (*Electron Density*) dan Polarisabilitas (*Polarizability*).

Indeks bias pada material ditentukan oleh interaksi antara cahaya dengan elektron pada atom material. Peningkatan kerapatan elektron atau polarisabilitas ion akan meningkatkan indeks bias. Oleh karena itu, sebuah material yang terdiri dari atom dengan jumlah ion sedikit yang berarti bahwa kerapatan elektron dan polarisabilitasnya rendah akan memiliki indeks bias kecil.

2. Kerapatan Material (*Material Density*).

Kerapatan material juga mempunyai peranan untuk mengendalikan besarnya indeks bias material tersebut. Massa jenis atau kerapatan sebuah material didefinisikan sebagai perbandingan antara massa (m) dan volume (V),

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.19)$$

Cahaya yang merambat pada medium yang memiliki kerapatan yang tinggi akan memiliki kecepatan yang lebih kecil di dalam medium yang kerapatannya rendah, karena pada medium dengan kerapatan tinggi partikel cahaya akan lebih banyak mengalami tumbukan akibatnya indeks bias di medium tersebut akan lebih tinggi..

3. Ekspansi Thermal (*Thermal Expantion*)

Ekspansi thermal gelas dapat dapat menyebabkan naik turunnya indeks bias. Kerapatan gelas akan turun ketika dipanaskan, karena volume dari gelas akan mengembang sehingga indeks bias gelas akan turun. Polarisabilitas ion akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu yang akan meningkatkan indeks bias, yang akan sebanding dengan kenaikan kerapatan (Thomas, 1997).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode ekperimental di laboratorium. Penelitian ini meliputi pembuatan lapisan tipis dengan menggunakan larutan *Polystyrene* dan kaca sebagai substrat. Lapisan yang terbentuk akan digunakan sebagai pandu gelombang. Selanjutnya lapisan tipis dikarakterisasi dengan menggunakan metode prisma kopleng.

III.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sub laboratorium Fisika, UPT Pusat MIPA Universitas Sebelas Maret mulai bulan Maret sampai dengan bulan Agustus 2006.

III.3. Alat dan Bahan

III.3.1. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Set up alat Prisma Kopting
2. Lensa cembung, digunakan untuk memfokuskan sinar laser.
3. Penunjuk sudut, digunakan untuk menunjukkan besarnya pergeseran sudut
4. Sumber *sinar laser He-Ne* ($\lambda = 638, \text{ nm}$)
5. Gelas Beker, digunakan sebagai tempat *aquades*.
6. Botol larutan, digunakan sebagai tempat pencampuran bahan dengan pelarut.
7. Pipet, digunakan untuk mengukur volume larutan.
8. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang imbang larutan yang akan dibuat.



Gambar 3.1. Timbangan Digital

9. *Stirrer*, digunakan untuk mengaduk larutan.



Gambar 3.2. *Stirrer*

10. *Spin coater*, digunakan untuk membuat lapisan tipis.



Gambar 3.3. *Spin Coater*

11. *Ultrasonic cleaner*, digunakan untuk membersihkan substrat gelas preparat dari kotoran yang melekat sehingga memiliki daya rekat yang lebih baik.



Gambar 3.4. *Ultrasonic Cleaner*

12. Pinset, digunakan untuk mengambil kaca *soda-lime* dari *Ultrasonic Cleaner*
13. Pemotong kaca, digunakan untuk memotong kaca *Soda-Lime*.
14. Alat *polish* kaca, digunakan untuk mengamplas kaca *Soda-Lime*.



Gambar 3.5. Alat *polish* kaca

III.3.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

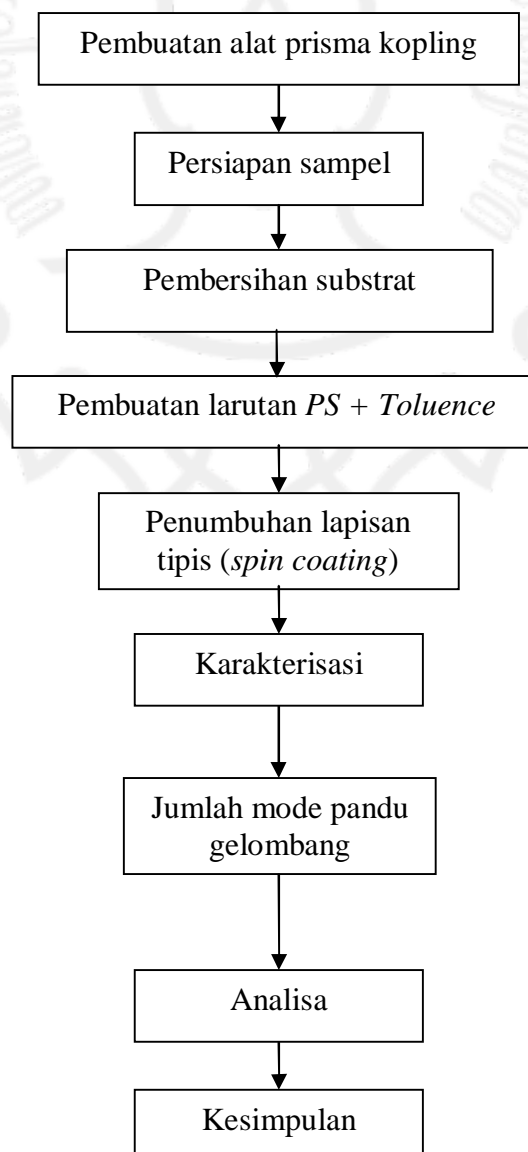
1. *Polystyrene*
2. *Toluene*
3. Prisma BK ($n = 1.517$) dengan ukuran 5 mm
4. Substrat kaca *Soda-Lime* ukuran 1.7 x 1 cm

5. Aquades

III. 4. Langkah-langkah Penelitian

III.4.1. Bagan Penelitian

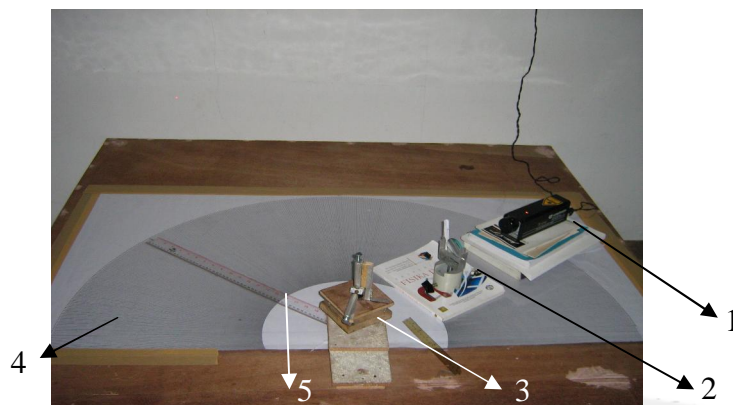
Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yang skemanya adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6. Bagan penelitian

III.4.2. Pembuatan Alat Prisma Kopling

Hal yang pertama kali dilakukan dalam penelitian ini adalah perancangan dan pembuatan alat prisma kopling. Untuk membuat alat prisma kopling terlebih dahulu membuat meja dari kayu dengan ukuran sekitar 1 x 1.5 m yang digunakan untuk tempat meletakkan skala sudut yang terbuat dari kertas. Setelah itu membuat dudukan atau alat pemutar prisma yang juga terbuat dari kayu dengan bahan alumunium sebagai poros as-nya. Selanjutnya membuat alat penjepit prisma dan alat penjepit substrat yang terbuat dari bahan alumunium yang nantinya akan diletakkan di atas dudukan atau pemutar prisma. Untuk penunjuk skala digunakan sebuah penggaris yang salah satu ujungnya dihubungkan ke poros pemutar dan ujung lainnya diberi jarum agar dapat menunjuk skala dengan teliti. Alat pemutar berikut penjepit prisma dan penjepit substrat diletakkan di atas meja yang bagian penggirnya telah dilubangi dengan menggunakan bor. Set up alat prisma kopling yang berhasil dirancang dan dibuat ditunjukkan oleh Gambar 3.7.



Keterangan gambar:

1. Sumber laser
2. Lensa cembung
3. Tempat prisma
4. Skala sudut

Gambar 3.7. Skema eksperimen prisma kopling

III. 4. 3. Persiapan Sampel

Substrat yang digunakan adalah kaca preparat *Soda-Lime* dengan ukuran 1.7 x1 cm yang dipotong-potong menjadi empat bagian. Substrat yang sudah disiapkan bagian tepi lebarnya diampas dengan alat pemolish kaca dengan ukuran *polish* dimulai dari 1000 *Grid* dan dilanjutkan dengan 1200 *Grid* dengan tujuan cahaya yang terpandu dapat keluar melalui bagian tersebut.

Substrat yang sudah disiapkan sebelum digunakan untuk pembuatan lapisan tipis terlebih dahulu dibersihkan dengan sabun kemudian dibersihkan lagi menggunakan *Ultrasonic Cleaner* dengan larutan *aquades*. Hal ini dimaksudkan untuk membersihkan kotoran yang menempel pada kaca, di samping itu pula menghindari kontaminasi dengan bahan lain sehingga mendapatkan daya rekat yang bagus pada waktu *spin coating*.

Mula-mula menuangkan *aquades* ke dalam bejana *Ultrasonic Cleaner* hingga mencapai ketinggian kurang lebih 1/3 bejana tersebut. Kemudian menyiapkan gelas beker yang diisi dengan *aquades* sebanyak 30 ml, selanjutnya

memasukkan substrat ke dalamnya. Gelas beker yang sudah terisi *aquades* dan substrat tadi dimasukkan dalam bejana. Kemudian mengeset alat *Ultrasonic Cleaner* dengan aturan sebagai berikut:

Set Temp	: 29°C
Set Sonic	: 30 menit
Set Degas	: 5 menit

Selama proses pencucian substrat tidak boleh saling menumpuk supaya kotoran pada substrat satu tidak menempel ke substrat yang lainnya. Setelah substrat dibersihkan dengan *Ultrasonic Cleaner*, kemudian substrat dikeringkan dengan menggunakan kompresor.

III. 4. 4. Penumbuhan Lapisan Tipis (*Spin Coating*)

Pada proses ini diawali dengan pembuatan larutan *Polystyrene* dengan konsentrasi 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, 15%, dan 17%. Untuk mendapatkan konsentrasi tersebut hal yang dilakukan adalah menimbang botol kosong (yang akan digunakan untuk mencampur *Polystyrene* dengan *Toluene*) sehingga diperoleh berat botol kosong. Kemudian *Toluene* dimasukkan ke dalam botol lalu ditimbang dan diperoleh berat botol + *Toluene*. Dengan menghitung selisih antara berat botol kosong dengan berat botol + *Toluene* maka akan diperoleh berat *Toluene*. Dengan menggunakan persamaan

$$X \% = \frac{PS}{PS + T} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dimana:

X : Konsentrasi larutan yang diinginkan

PS : Berat *Polystyrene*

T : Berat *Toluene*

maka berat *Polystyrene* yang ditambahkan ke dalam botol agar terbentuk larutan dengan konsentrasi yang diinginkan dapat dicari. Setelah itu campuran *Polystyrene* dan *Toluene* tadi diaduk dengan menggunakan *stirrer* kurang lebih 1 jam 15 menit agar semua *Polystyrene* dapat larut.

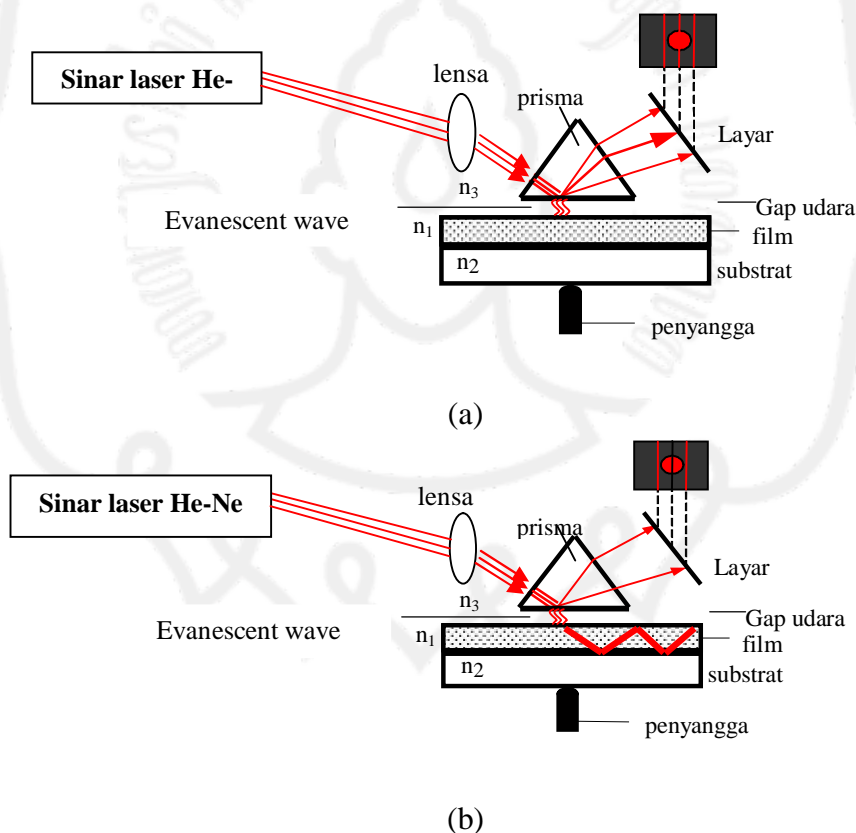
Setelah larutan dibuat maka segera dilakukan proses *spin coating*. Tahap-tahapnya adalah sebagai berikut:

- a. Meneteskan sedikit demi sedikit larutan *Polystyrene* 5% pada permukaan kaca substrat sampai rata.
- b. Menyebarkan larutan *Polystyrene* 5% tadi dengan cara memutar *spinner* pada kecepatan putar 3000 *rpm* selama 1.5 menit hingga terbentuk lapisan tipis *Polystyrene*.
- c. Mengulangi langkah a dan b untuk konsentrasi 7%, 9%, 11%, 13%, 15%, dan 17%.

III. 4.5. Karakterisasi Pemanduan Gelombang

Pada penelitian ini penentuan mode gelombang yang terbentuk dalam pandu gelombang dilakukan dengan dengan metode prisma kopling tunggal. Pada pemutaran, posisi lapisan tipis dan prisma diatur sehingga posisi jatuh berkas sinar laser pada prisma tidak berubah saat diputar. Dari gambar dapat dijelaskan bahwa sumber cahaya berasal dari sinar laser He-Ne warna merah ($\lambda = 632.8$ nm), dan lapisan tipis terletak di bagian dasar prisma. Pertama kali sinar laser dipancarkan mengenai prisma melalui lensa cembung. Sudut kopling pertama (θ) dihitung

dari sinar laser yang sejajar dengan bidang normal prisma. Kemudian prisma diputar, sedangkan posisi sinar laser adalah konstan. Pemutaran dilakukan secara perlahan-lahan sampai mencapai sudut tertentu, dan pada permukaan kaca terbentuk pola pandu gelombang. Pada saat pemanduan, spot terang yang terbentuk di layar diamati. Skema eksperimen dengan menggunakan metode prisma kopling ditunjukkan oleh Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Skema eksperimen dengan menggunakan metode prisma kopling pada saat (a) cahaya tidak terpandu, (b) cahaya terpandu

III.4.5. Analisa Data

Pada penelitian ini data yang diperoleh berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data kuantitatif akan dianalisa berdasarkan rumus-rumus yang bersesuaian sedangkan data kualitatif akan diinterpretasikan berdasarkan teori. Dalam penelitian pandu gelombang yang terbentuk akan digunakan untuk menentukan banyaknya mode gelombang.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

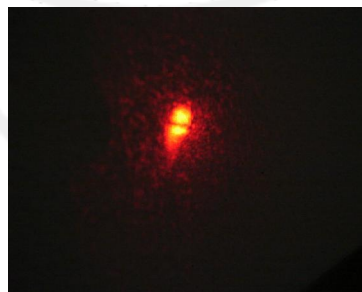
IV.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membuat lapisan tipis yang terbuat dari campuran antara *Polystyrene* (PS) dengan *Toluene* sehingga diperoleh larutan *Polystyrene* dengan beberapa konsentrasi yaitu, konsentrasi 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan 17%. Metode Spin Coating dipilih sebagai metode untuk menumbuhkan lapisan tipis pada substrat bersih yang terbuat dari kaca *Soda-Lime* berukuran 1.7 x 1 cm dengan kecepatan putar 3000 *rpm* dan waktu putar 1,5 menit. Karakterisasi jumlah mode pandu gelombang dilakukan dengan metode prisma kopling.

Cahaya laser yang bersumber dari laser He-Ne ($\lambda = 632,8$ nm) masuk ke dalam prisma melalui lensa cembung dengan sudut-sudut datang tertentu. Sudut datang diperoleh dengan cara memutar prisma. Pada sudut datang kurang dari sudut kritis, cahaya yang masuk ke dalam prisma tersebut akan dibiaskan

mendekati garis normal bidang batas dan pada bagian dasar prisma cahaya akan dipantulkan. Hal ini dapat dilihat dari berkas cahaya yang terbentuk pada layar berupa lingkaran penuh seperti pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1. Berkas cahaya yang teramati pada layar saat gelombang cahaya tidak terpandu keluar. Hal ini juga dapat dilihat ya yang terbentuk pada layar yaitu berupa lingkaran yang terbelah dua oleh garis hitam, seperti pada Gambar 4.2. Cahaya yang masuk ke dalam lapisan tipis tersebut akan mengalami pemantulan total internal atau dapat disebut juga terpandu. Sehingga, jika berkas cahaya yang terbentuk pada layar seperti pada Gambar 4.2. maka cahaya tersebut dapat dikatakan terpandu. Sedangkan Gambar 4.3. adalah gambar berkas cahaya yang merambat di dalam lapisan tipis.



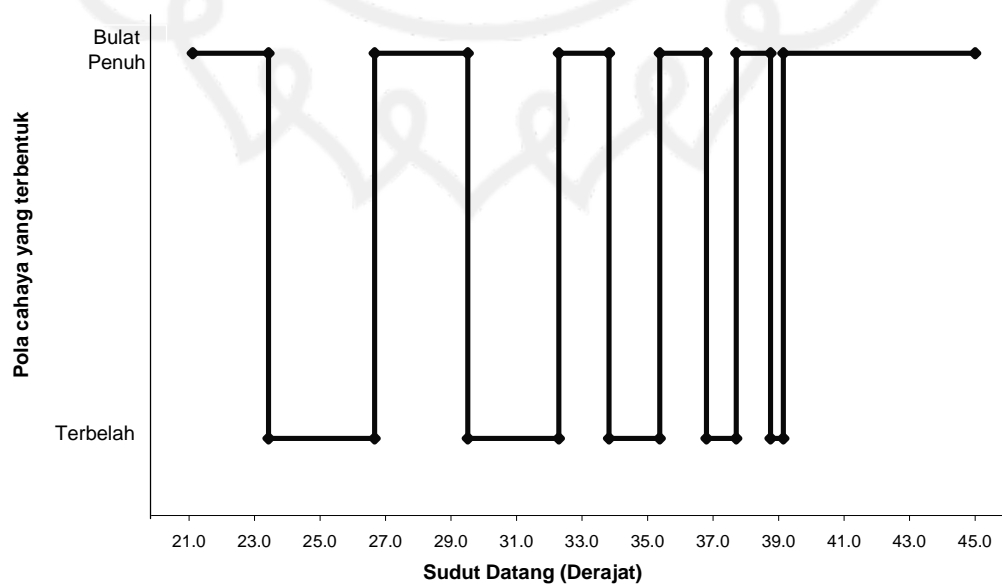
Gambar 4.2. Berkas cahaya yang teramati pada layar saat gelombang terpandu



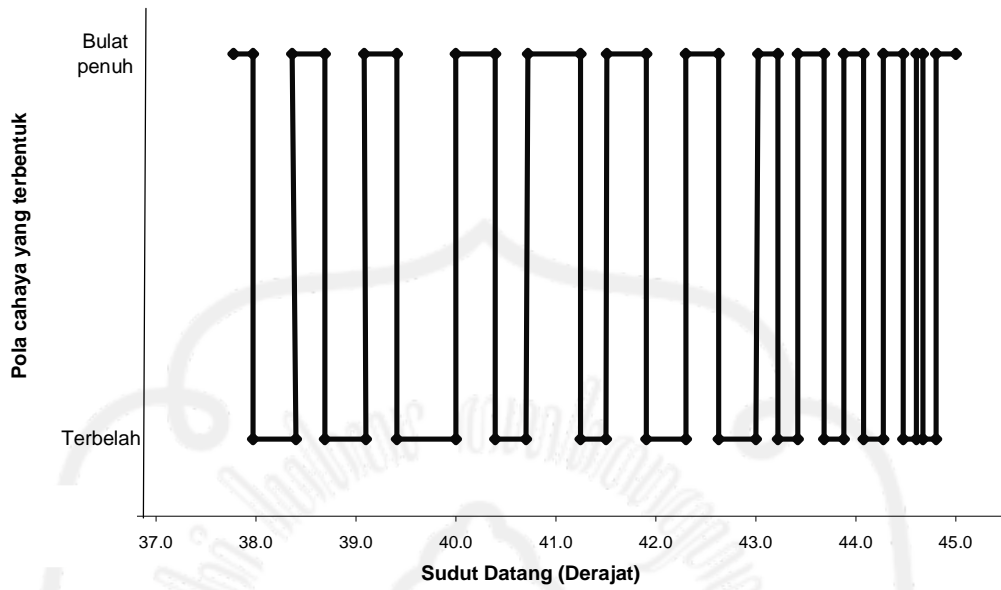
Gambar 4.3. Berkas cahaya yang teramati pada lapisan tipis saat gelombang terpandu

Pada eksperimen pola-pola seperti gambar di atas hanya dapat diperoleh jika pada kaca substrat terdapat lapisan tipis. Jika pada substrat tidak terdapat lapisan tipis maka berkas yang terbentuk pada layar hanya berupa pola gelap-terang.

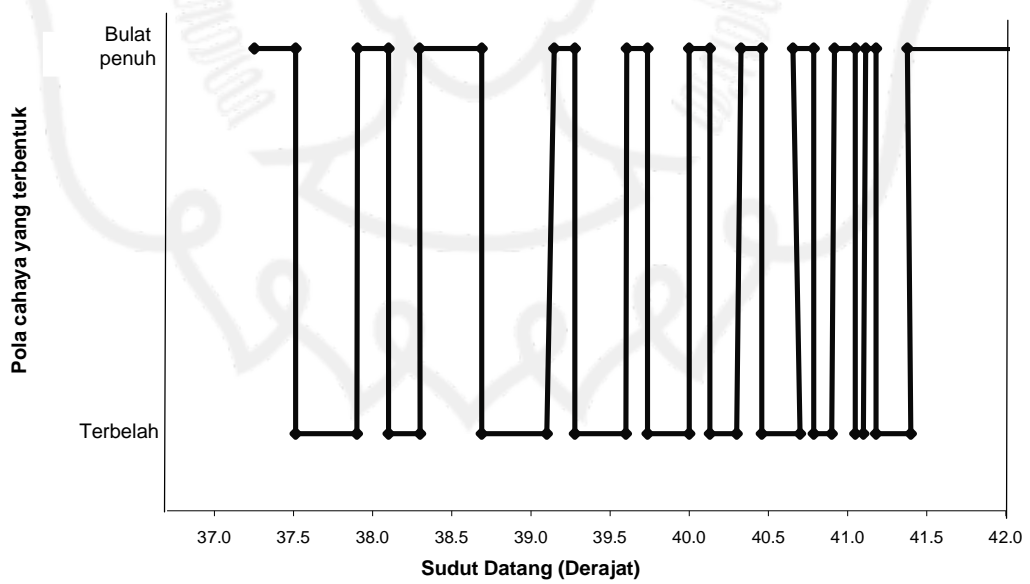
Grafik hubungan antara sudut datang dengan pola berkas cahaya yang terbentuk pada layar ditunjukkan oleh grafik di bawah ini:



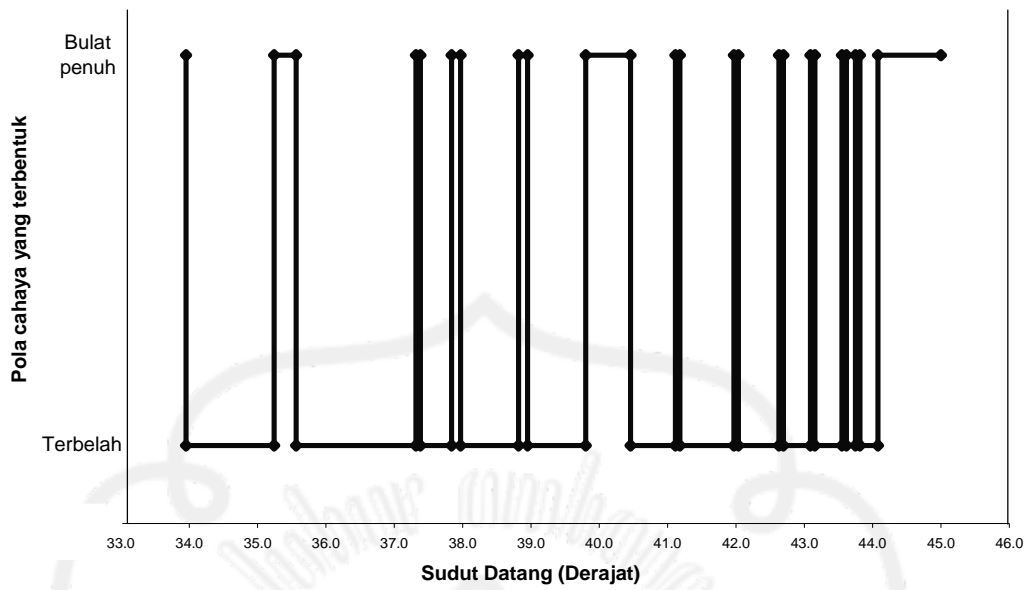
(a)



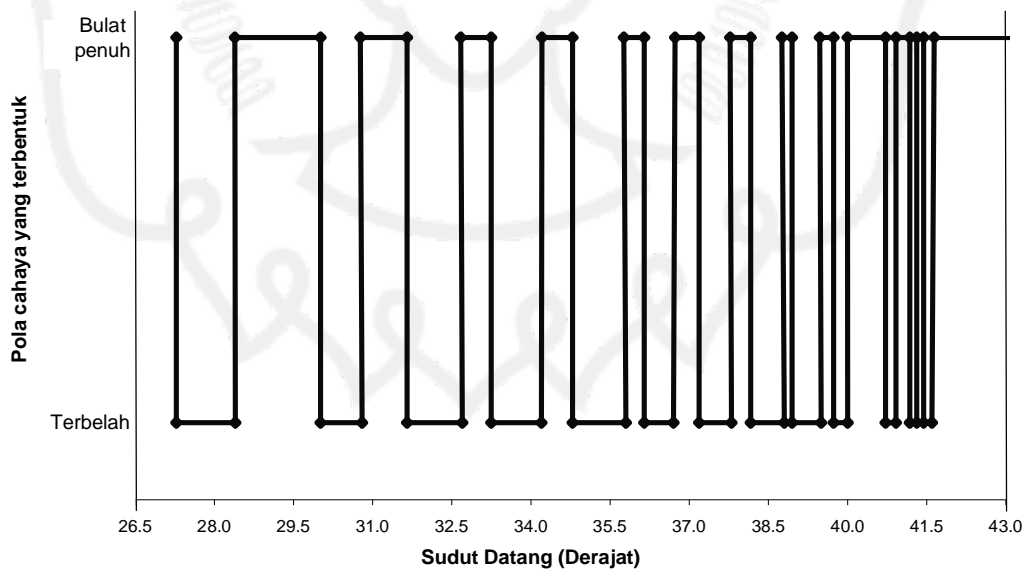
(b)



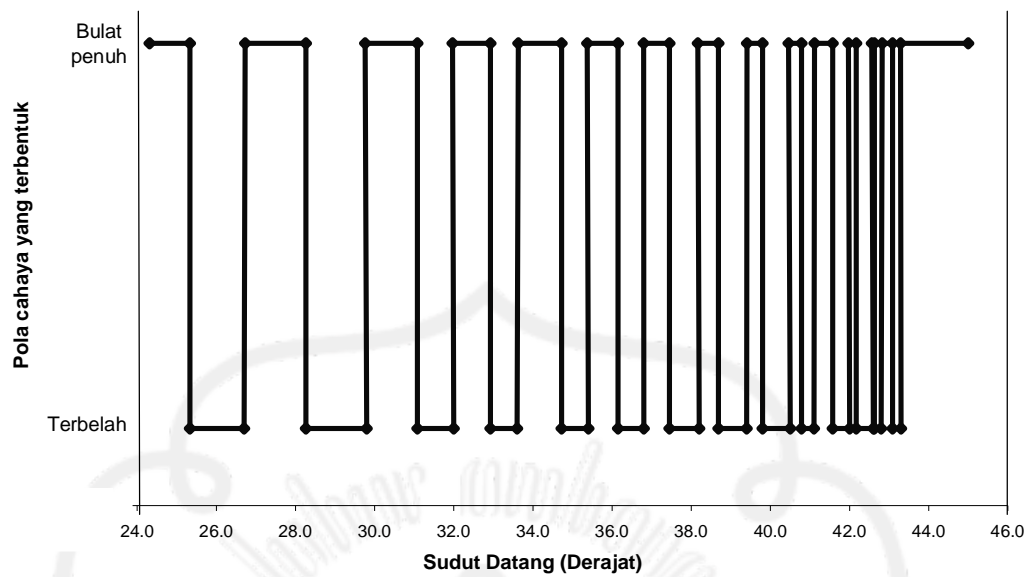
(c)



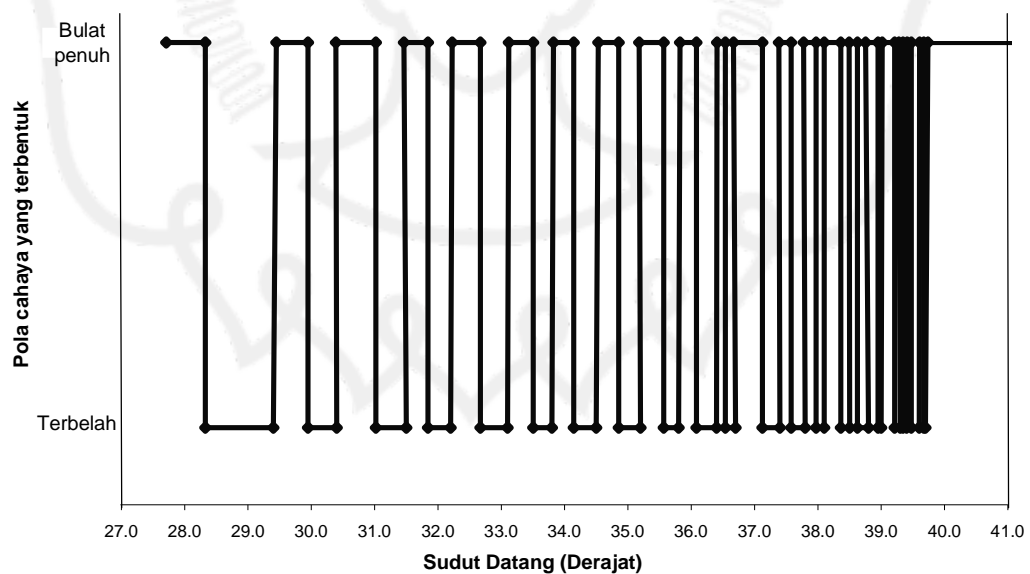
(d)



(e)



(f)



(g)

Grafik 4.1. Grafik hubungan sudut putar prisma kopling dan pola berkas cahaya yang terbentuk pada layar (a). Polystyrene 5%, (b). Polystyrene 7%, (c). Polystyrene 9%, (d). Polystyrene 11%, (e). Polystyrene 13%, (f). Polystyrene 15%, (g). Polystyrene 17%

IV.2. Pembahasan

Pada pengambilan data menggunakan metode prisma kopling sumber cahaya yang berasal dari laser He-Ne yang memiliki panjang gelombang 632.48 nm dilewatkan ke sebuah lensa cembung terlebih dahulu sebelum mengenai prisma. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk memfokuskan sinar laser yang masuk ke dalam prisma agar pola berkas cahaya bulat penuh maupun terbelah dapat diamati dengan jelas. Cahaya yang masuk ke dalam prisma akan dibiarkan ke dasar prisma. Dari penelitian diperoleh tiga pola berkas cahaya yang tampak pada layar yaitu pola bulat penuh, pola terbelah dan pola cahaya yang merambat di dalam lapisan tipis.

Pola bulat penuh seperti pada Gambar 4.1 terjadi karena cahaya yang mengenai dasar prisma mengalami pemantulan total internal sehingga cahaya akan terpantul keluar dan tidak terjadi pemanduan gelombang cahaya pada lapisan tipis. Sedangkan pola terbelah terjadi karena cahaya datang pada dasar prisma mengalami pemanduan pada lapisan tipis. Pemanduan gelombang cahaya ini terjadi karena terdapat cahaya yang ditransmisikan menuju gap antara prisma dengan lapisan tipis. Adanya cahaya tersebut menyebabkan terjadinya kegagalan pemantulan internal total, dan membentuk medan evanescent. Dalamnya penetrasi medan evanescent ditunjukkan pada persamaan 2.10, sehingga lapisan tipis harus diletakkan di dekat prisma dengan jarak kurang dari besar kedalaman penetrasi medan evanescent yaitu sekitar satu seperempat panjang gelombang sumber cahaya agar cahaya dapat masuk ke dalam lapisan tipis. Cahaya yang masuk ke dalam lapisan tipis akan terpandu sehingga terbentuk pola berkas

cahaya terbelah pada layar seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2. Hal tersebut menunjukkan bahwa gelombang datang dengan gelombang terpantul di dalam lapisan tipis mengalami interferensi konstruktif dan kecepatan fase gelombang yang menjalar di dalam prisma sama dengan kecepatan fase salah satu mode gelombang lapisan tipis.

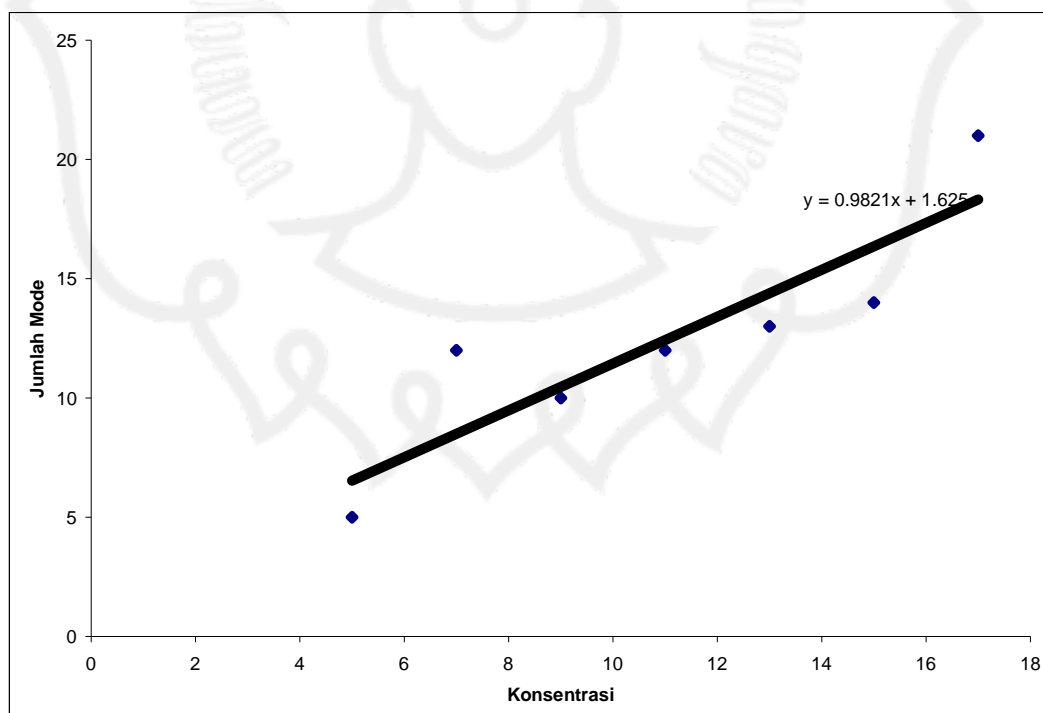
Pada teori mengenai syarat mode gelombang dijelaskan bahwa hanya cahaya dengan arah tertentu saja yang sesuai dengan mode pandu gelombang yang akan merambat sepanjang struktur. Gelombang terpandu harus memenuhi syarat fase yang menghasilkan interferensi konstruktif. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa banyaknya cahaya yang dapat terpandu pada lapisan tipis dengan sudut datang antara sudut kritis sampai 90° menunjukkan banyaknya jumlah mode gelombang yang dimiliki oleh lapisan tipis tersebut. Grafik 4.1 di atas merupakan grafik hubungan antara sudut datang cahaya dalam prisma dengan pola berkas cahaya yang keluar dari prisma setelah melewati lapisan tipis *Polystyrene*. Sumbu x mewakili sudut datang cahaya dalam prisma sedangkan sumbu y mewakili pola berkas cahaya yang terbentuk. Dari Grafik 4.1 dapat diperoleh informasi mengenai jumlah mode gelombang yang dimiliki lapisan tipis dengan cara menghitung jumlah pola berkas cahaya terbelah yang terbentuk. Sehingga diperoleh jumlah mode gelombang lapisan tipis pada masing-masing konsentrasi sebesar yang ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Jumlah mode gelombang yang terbentuk pada tiap-tiap konsentrasi

Polystyrene

Konsentrasi <i>Polystyrene</i> (PS) (%)	Jumlah Mode
5	5
7	12
9	10
11	12
13	13
15	14
17	21

Dari tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara jumlah mode pandu gelombang dengan konsentrasi larutan *Polystyrene* sebagai berikut:



Grafik 4.2. Grafik hubungan konsentrasi larutan vs jumlah mode

Pada grafik 4.2 dapat dilihat kecenderungan bertambahnya jumlah mode gelombang seiring dengan bertambahnya konsentrasi *Polystyrene*. Hal ini disebabkan karena besarnya konsentrasi larutan *Polystyrene* mempengaruhi besarnya ketebalan lapisan tipis yang terbentuk dimana konsentrasi berpengaruh pada gaya ikat antar atom. Jika konsentrasi semakin besar maka susunan atom pada larutan *Polystyrene* akan semakin rapat sehingga gaya ikat antar atom juga akan semakin besar dan menyebabkan viskositas bahan juga bertambah. Pada penelitian ini, kecepatan putar alat spin coating adalah konstan sehingga gaya sentrifugal yang dialami oleh masing-masing konsentrasi juga konstan. Oleh karena itu, larutan dengan viskositas kecil atau dengan kata lain konsentrasinya kecil maka akan mudah menyebar sedangkan untuk larutan dengan viskositas besar atau memiliki konsentrasi yang besar maka tidak mudah menyebar. Sehingga larutan *Polystyrene* dengan konsentrasi kecil akan memiliki ketebalan yang lebih kecil dari larutan *Polystyrene* dengan konsentrasi besar.

Pada teori mengenai pandu gelombang dijelaskan bahwa semakin besar ketebalan medium pandu gelombang dan selisih harga indeks bias antara medium pandu gelombang dengan bahan pengapitnya juga semakin besar maka semakin banyak mode gelombang yang dapat dipandu oleh medium pandu gelombang tersebut. Seperti yang ditampilkan pada Grafik 4.2. bahwa jumlah mode gelombang yang dapat dipandu oleh lapisan tipis *Polystyrene* akan bertambah jika konsentrasi larutan *Polystyrene* juga bertambah. Tetapi pada konsentrasi 7% dan konsentrasi 11% memiliki jumlah mode yang sama. Faktor yang menjadi penyebab hal tersebut adalah ketebalan lapisan tipis pada kedua konsentrasi sama.

Pada teori spin coating besaran-besaran yang mempengaruhi ketebalan lapisan tipis adalah waktu putar, kecepatan putar, densitas bahan, viskositas, dan ketebalan awal, karena pada penelitian ini menggunakan waktu dan kecepatan putar yang sama pada setiap sampelnya maka faktor yang mempengaruhi ketebalan lapisan tipis dengan konsentrasi yang berbeda adalah ketebalan awal atau volume larutan yang diteteskan pada substrat. Jadi pada saat penumbuhan lapisan tipis, volume larutan *Polystyrene* 7% yang diteteskan ke substrat lebih banyak dibandingkan dengan volume larutan *Polystyrene* 11% yang diteteskan ke substrat sehingga ketebalan kedua lapisan tipis tersebut dapat sama.

Pada Tabel 4.1. ditunjukkan bahwa lapisan tipis *Polystyrene* yang diteliti memiliki jumlah mode gelombang yang tidak tunggal atau disebut juga pandu gelombang multimode. Pada pemandu gelombang ini akan memiliki nilai indeks bias efektif (n_{eff}) yang berbeda-beda pada setiap modenya yang disebabkan oleh nilai sudut di dasar prisma yang berbeda-beda. Semakin besar sudutnya maka semakin besar pula nilai indeks bias efektifnya sehingga kecepatan fasenya akan semakin berkurang. Untuk sudut yang berbeda maka kecepatan fasenya juga berbeda. Perbedaan kecepatan fase ini menyebabkan sebagian gelombang sampai di ujung pandu gelombang lebih dahulu dari pada yang lain, hal tersebut dapat menyebabkan dispersi mode pandu gelombang. Adanya dispersi tersebut akan menyebabkan informasi yang disalurkan menjadi cacat sehingga lapisan tipis *Polystyrene* tersebut kurang baik jika diaplikasikan sebagai medium pandu gelombang. Lapisan tipis *Polystyrene* tersebut dapat diaplikasikan sebagai switching dimana dapat dipilih pada mode ke berapa informasi akan disalurkan.

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen dan hasil pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Jumlah mode gelombang yang dapat dipandu oleh lapisan tipis *Polystyrene* cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan *Polystyrene*.
- b. Konsentrasi larutan *Polystyrene* yang rendah menghasilkan pandu gelombang yang baik.

V.2. Saran

- a. Menambahkan sensor cahaya pada alat prisma kopling sehingga dapat diketahui intensitas cahaya yang telah masuk, terpandu maupun yang terefleksi dengan begitu dapat dihitung besarnya *loss* energi.
- b. Menggunakan konsentrasi larutan yang lebih kecil sehingga diharapkan diperoleh lapisan tipis dengan ketebalan yang kecil dimana jumlah mode yang dapat dipandu juga sedikit.
- c. Menggunakan sumber cahaya yang telah terpolarisasi *Transverse Electric* (TE) atau *Transverse Magnetic* (TM) yang nantinya dapat dicari pengaruhnya terhadap mode pandu gelombang.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmansyah Deva Sani, 2005 : *Jaringan Komputer Model Analisis*, <http://www.onno.vism.org/>, 7 maret 2006.
- Didit Yudhistira, 2001 : *Metode Karakterisasi Kopling Prisma dan Penerapannya pada Penentuan Ketebalan dan Indeks Bias PMMA*, ITB.
- Edi Sanjaya, 2001 : *Fabrikasi dan Karakterisasi Film Tipis Polystyrene untuk Aplikasi Pandu Gelombang Planar*, <http://library.gunadarma.ac.id>, 22 September 2006
- E. Freznel, Louis, 2000 : *Communication Electronic Principle and Aplication* 3rd Edition.
- Frank L. Pedrotti, S.J, dan Leno.S. Pedrotti, 1993 : *introduction To Optics*, 2nd edition, Prentice Hall International edition.
- Guerthen, R., 1990 : *Moderen Optics*, Duke University.
- Khairuddin, Ahmad Marzuki, dan Mardiyati, 2006 : *Karakterisasi pandu gelombang Planar dari Film Tipis Organik dengan Metode Prisma Kopling*, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- K.D. Moller, 1988 : *Optics*, University Science Book, Mill Valley, California
- Malcom, P.S., 2001 : *Kimia Polimer*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Odion, G., 1991 : *Principle of Polymerization*, 3rd edition, John Willey and Sons, INC.
- Robert, J, Young, 1980 : *Introduction to Polymers*, Chapman and Hall, Manchester
- Science, B., 1997 : *Spin Coating Theory*, <http://www.brewerscience.com/products/cee/technical/spitheory>, 15 Januari 2007
- Thomas Sri Widodo, 1997 : *Optoelektronika*, Andi Ofset, Yogyakarta.
- <http://www.diglip.unikom.ac.id/>, 3 Maret 2006
- <http://en.wikipedia.org/wiki/>, 3 maret 2006.

<http://www.fi.itb.ac.id/>, 3 maret 2006.

<http://www.sigmaldrich.com/products/Polystyrene>, 28 Desember 2006.

