

340901 H/og



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

R.S.Fi

530.4275

Nur

S-1

2008

TUGAS AKHIR - SF 1380

**STUDI FABRIKASI LAPISAN TIPIS TIGA LAPIS  
BAHAN POLYSTYRENE DAN POLYMETHYL  
METHACRYLATE (PMMA)  
DENGAN TEKNIK SPIN COATING**

IIK NURYANI  
NRP 1104 100 001

Dosen Pembimbing  
Drs. Gatut Yudoyono, MT  
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.

JURUSAN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2008

| PERPUSTAKAAN<br>ITS |          |
|---------------------|----------|
| Tgl. Terima         | 07-10-08 |
| Terima Dari         | H        |
| No. Agenda Pzp.     | 232001   |



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - SF 1380**

**STUDY FABRICATION OF POLYSTYRENE AND  
POLYMETHYL METHACRYLATE (PMMA) THREE  
LAYERED THIN FILM USING SPIN COATING**

**IIK NURYANI  
NRP 1104 100 001**

**Advisor  
Drs. Gatut Yudoyono, MT  
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.**

**Departement of Physics  
Faculty of Mathematics and Natural Science  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2008**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI FABRIKASI LAPISAN TIPIS TIGA LAPIS BAHAN  
POLYSTYRENE DAN POLYMETHYL METHACRYLATE  
(PMMA) DENGAN TEKNIK SPIN COATING**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada  
Bidang Studi Optoelektronika  
Program Studi S-1 Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**IIK NURYANI**  
Nrp. 1104 100 001

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Drs. Gatut Yudoyono, MT

Drs. Gontjang Prajitno, M.Si





**STUDI FABRIKASI LAPISAN TIPIS TIGA LAPIS BAHAN  
POLYSTYRENE DAN POLYMETHYL METHACRYLATE  
(PMMA) DENGAN TEKNIK SPIN COATING**

**Nama Mahasiswa** : Iik Nuryani  
**NRP** : 1104 100 001  
**Jurusan** : Fisika FMIPA ITS  
**Dosen Pembimbing** : Drs.Gatut Yudoyono,M.T  
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.

**Abstrak**

*Telah dilakukan penelitian dalam pembuatan lapisan tipis struktur tiga lapis dengan bahan Polystyrene 3% dan PMMA 2% pada substrat microscop slides dengan metode Spin Coating. Metode Spin Coating merupakan metode yang relatif mudah dilakukan dan mampu menghasilkan lapisan yang bagus. Proses Spin Coating tersebut dilakukan dengan variasi kecepatan pemutaran yaitu 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm serta variasi waktu pemutaran yaitu 30 detik dan 60 detik. Hasil dari pelapisan dilakukan proses pemanasan menggunakan Hot Plate pada temperatur 90<sup>o</sup>C selama 10 menit. Pengaruh kecepatan putar berdampak pada ketebalan lapisan. Kecepatan 2000 rpm menghasilkan ketebalan yang lebih tipis dari kecepatan 1000 rpm dan 1500 rpm, karena semakin besar kecepatannya maka semakin banyak larutan yang terpencair keluar substrat sehingga ketebalannya menjadi lebih tipis. Lapisan tipis diamati dengan menggunakan mikroskop. Ketebalan lapisan tipis menurun seiring dengan bertambahnya kecepatan putar.*

**Kata kunci** : *Spin Coating, Polystyrene, lapisan tipis, PMMA, ketebalan.*

## STUDY FABRICATION OF POLYSTYRENE AND POLYMETHYL METHACRYLATE (PMMA) THREE LAYERED THIN FILM USING SPIN COATING

Name : Iik Nuryani  
NRP : 1104 100 001  
Departement : Fisika FMIPA ITS  
Advisor : Drs.Gatut Yudoyono,M.T  
Drs.Gontjang Prajitno, M.Si.

### Abstract

*Observation for fabricating thin film multilayer using materials polymer Polystyrene 3 % and PMMA 2% into microscope slides substrate using Spin Coating method had been done. This method is easy and the result of thin film is good. The spin Coating process was done with rotary speed variation about 1000 rpm, 1500 rpm and 2000 rpm and the rotary time are 30 second and 60 second. Then the result of Coating is heated on Hot Plate, with temperature 90<sup>0</sup>C for 10 minute. The influence of speed is making an impact on the thickness of material. On 2000 rpm the thickness of Coating is thinner than 1500 rpm and 1000 rpm, because the quicker the rotary speed, the more solution is dispersed hence, the Coating is getting thinner. The thickness of thin film is observed by microscope. The thickness of thin film is dropping along with the raising of rotary speed.*

***Key note : Spin Coating, Polystyrene, Thin Film, Thickness.***

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil 'alamiin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "**Studi Fabrikasi Lapisan Tipis Tiga Lapis Bahan *Polystyrene* dan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) dengan Teknik Spin Coating**".

Tugas Akhir ini mengangkat tema tentang proses pembuatan lapisan tipis struktur tiga lapis dengan bahan polimer *Polystyrene* dan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA). Selanjutnya lapisan tipis yang dihasilkan digunakan sebagai bahan pandu gelombang

Selama proses penulisan sampai selesainya laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari banyak pihak, karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak dan Ibuku tercinta yang telah memberikan doa dan motivasi serta dukungan baik secara material dan spiritual.
2. Drs.Heny Faisal,M.Si, Ketua Jurusan Fisika FMIPA ITS.
3. Bapak Prof.Dr.Ir.Eddy Yahya,M.Sc selaku dosen wali.
4. Bapak Drs.Gatut Yudoyono,MT dan Bapak Drs.Gontjang Prajitno,M.Si selaku dosen pembimbing, terima kasih atas bimbingan, motivasi serta masukan yang diberikan.
5. Bapak Drs.Ali Yunus Rohedi,MT dan Bapak M.arif Bustomi,M.Si selaku dosen penguji.
6. Bapak-bapak dosen Optik :Drs.Hasto Sunarno, Drs.Agus Sutyono, Dr.Yono Hadi Pramono,M.Si, Dr.rer-nat Agus Rubiyanto dan Bapak Suryadi terima kasih atas segala bimbingannya selama penulis menuntut ilmu di Optik-ITS.
7. Bapak-ibu dosen dan karyawan Jurusan Fisika FMIPA ITS.

8. Mas Andhik Tri Cahyo yang telah memberikan doa, motivasi serta dukungan.
9. Teman-teman di menara optik (Mas Yusuf, Mas Yusni, Mbak Nyun, Midha). Serta teman-teman “**Gravitasi ‘04**” yang lain terima kasih atas persahabatan yang tak akan pernah terlupakan.
10. Teman-teman di ARH. 24A (Mas Indra, Mbak Rani, Mbak Shofi, Cucuk, Cicik, Iim, Resti, bunda lely sekeluarga, Ibu Margenah, Mbak Ima sekeluarga) terima kasih atas motivasi dan dukungan yang diberikan.

Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada penulisan Tugas Akhir ini sehingga saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan . Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan rekan-rekan jurusan Fisika FMIPA ITS.

Juli, 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>   | iii  |
| <b>ABSTRAK</b>   | iv   |
| <b>ABSTRACT</b>  | v    |
| <b>KATA PENGANTAR</b>  | vi   |
| <b>DAFTAR ISI</b>  | viii |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>   | xi   |
| <b>DAFTAR TABEL</b>  | xiv  |
| <br>   |      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   |      |
| 1.1 Latar Belakang   | 1    |
| 1.2 Perumusan Masalah  | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah  | 2    |
| 1.4 Tujuan penelitian  | 2    |
| 1.5 Manfaat penelitian   | 3    |
| <br>   |      |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                                   |      |
| 2.1 Lapisan Tipis  | 5    |
| 2.2 Penjalaran sinar optik dalam<br>pandu gelombang              | 5    |
| 2.3 Bahan Polimer  | 7    |
| 2.4 Pengaruh pemanasan Terhadap<br>Bahan Polimer Thermoplastis   | 9    |
| 2.5 <i>Polystyrene</i>   | 10   |
| 2.6 Toluena  | 12   |
| 2.7 Polymethyl Methacrylate<br>(PMMA)                            | 12   |
| 2.8 Kloroform  | 14   |
| 2.9 Pembuatan lapisan Tipis bahan<br>Polimer dengan Spin Coating | 15   |
| 2.10 Proses Spin coating   | 16   |





### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Skema Penelitian  | 17 |
| 3.2 Peralatan dan Bahan   | 18 |
| 3.3 Pembuatan Lapisan Tipis   | 20 |
| 3.3.1 Pembersihan substrat  | 20 |
| 3.3.2 Pembuatan Larutan PMMA<br>2%  | 21 |
| 3.3.3 Pembuatan Larutan<br><i>Polystyrene</i> 3%                          | 21 |
| 3.3.4 Pembuatan Lapisan Tipis Tiga<br>Lapis dengan Metode<br>Spin Coating | 21 |
| 3.4 Penentuan Ketebalan Lapisan Tipis                                     | 23 |
| 3.5 Pengolahan Data Ketebalan   | 25 |
| 3.6 Pengamatan Kerataan Lapisan   | 26 |
| 3.7 Penentuan Distribusi Intensitas                                       | 27 |

### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Hasil Fabrikasi Lapisan Tipis                                       | 29 |
| 4.1.1 Gambar Ketebalan Lapisan<br>Tipis Struktur Tiga Lapis             | 30 |
| 4.1.2 Perhitungan nilai ketebak<br>lapisan tipis struktur<br>tiga lapis | 31 |
| 4.2 Pembahasan  | 37 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>BAB V KESIMPULAN</b> | 45 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   | 47 |
| <b>LAMPIRAN A</b>       | 49 |
| <b>LAMPIRAN B</b>       | 51 |
| <b>LAMPIRAN C</b>       | 52 |
| <b>LAMPIRAN D</b>       | 53 |

LAMPIRAN E  
LAMPIRAN F

54  
55

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar   | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Gambaran gelombang zig-zag dari moda gelombang yang merambat dalam suatu pand gelombang<br>(Moda terpandu $\theta_i < \theta < 90^\circ$ )                                    | 6       |
| Gambar 2.2 Struktur kimia <i>Polystyrene</i>   | 12      |
| Gambar 2.3 Struktur kimia Polymethyl Methacrylate (PMMA)   | 14      |
| Gambar 2.4 Hubungan antara ketebalana film dengan kecepatan Spinner  | 15      |
| Gambar 2.5 Proses Spin Coating   | 16      |
| Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian  | 17      |
| Gambar 3.2 Spin coating  | 19      |
| Gambar 3.3 Proses pengadukan larutan Kloroform dan serbuk PMMA dengan magnetik stirrer   | 21      |
| Gambar 3.4 Proses pengadukan larutan Kloroform dan serbuk Polystyrene dengan magnetik stirrer  | 21      |
| Gambar 3.5 Proses Pelapisan dengan Spin Coating  | 23      |
| Gambar 3.6 Seperangkat Alat Spin Coating   | 23      |
| Gambar 3.7 Set up alat Penelitian  | 24      |
| Gambar 3.8 Pergeseran Pixel Gambar   | 25      |
| Gambar 3.9 Ketebalan Lapisan Tipis   | 26      |
| Gambar 3.10 Kerataan permukaan lapisan   | 26      |
| Gambar 3.11 Distribusi Intensitas Lapisan Tipis  | 27      |
| Gambar 4.1 Sampel Lapisan Tipis Struktur Tiga lapis baha Polystyrene3%-PMMA2%-Polystyrene3% dengan kecepatan putar 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm dan waktu putar 30 sekon dan 60 sekon | 29      |
| Gambar 4.2 Ketebalan Lapisan Tipis (a) 1000 rpm, 30 sekon (b) 1000 rpm, 60 sekon (c) 1500 rpm, 30 sekon (d) 1500 rpm, 60 sekon (d) 2000 rpm, 30 sekon                                    | 30      |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
|             | sekon (e)2000 rpm,60 sekon  |    |
| Gambar 4.3  | Pergeseran Pixel Gambar   | 31 |
| Gambar 4.4  | Ketebalan lapisan film Polystyrene-PMMA-Polystyrene   | 31 |
| Gambar 4.5  | Grafik hubungan antara ketebalan lapisan PS 3%(lapisan pertama) dan kecepatan putar dengan waktu putar 30 sekon       | 35 |
| Gambar 4.6  | Grafik hubungan antara ketebalan lapisan PS 3%(lapisan pertama) dan kecepatan putar dengan waktu putar 60 sekon       | 35 |
| Gambar 4.7  | Grafik hubungan antara ketebalan lapisan PMMA 2% (lapisan kedua) dan kecepatan putar dengan waktu putar 30 sekon      | 35 |
| Gambar 4.8  | Grafik hubungan antara ketebalan lapisan PMMA 2% (lapisan kedua) dan kecepatan putar dengan waktu putar 60 sekon      | 36 |
| Gambar 4.9  | Grafik hubungan antara ketebalan lapisan PS 3% (lapisan ketiga) dan kecepatan putar dengan waktu putar 30 sekon       | 36 |
| Gambar 4.10 | Grafik hubungan antara ketebalan lapisan PS 3% (lapisan ketiga) dan kecepatan putar dengan waktu putar 60 sekon       | 36 |
| Gambar 4.11 | Dua lapisan tipis yang terlihat kamera  | 39 |
| Gambar 4.12 | Kerataan Permukaan substrat setelah dilapisi Polystyrene-PMMA-Polystyrene (a)1500 rpm (b) 2000 rpm                    | 42 |
| Gambar 4.13 | Distribusi Intensitas cahaya yang terpandu pada lapisan tipis (a)1000 rpm (b) 1500 rpm untuk waktu pemutaran 60 sekon | 42 |
| Gambar B    | Lapisan tipis dengan waktu putar 30 sekon   | 51 |
| Gambar C    | Lapisan tipis dengan waktu putar 60   | 52 |
| Gambar D    | Permukaan substrat yang dilapisi PS-PMMA-PS   | 53 |
| Gambar E    | Distribusi Intensitas cahaya pada masing-masing lapisan   | 54 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Gambar F1 Magnetik Stirrer       | 55 |
| Gambar F2 Peralatan Spin Coating | 55 |
| Gambar F3 Pengatur Putaran       | 56 |
| Gambar F4 Pompa Vakum            | 56 |
| Gambar F5 Mikroskop              | 57 |
| Gambar F6 Positioning Sampel     | 57 |

## DAFTAR TABEL

| Tabel   | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Karakteristik Polystyrene   | 11      |
| 2.2 Karakteristik Toluena   | 12      |
| 2.3 Karakteristik Kloroform   | 14      |
| 4.1 Nilai Pixel Pergeseran dua gambar lapisan Polystyrene (lapisan Pertama) dan nilai ketebalan | 32      |
| 4.2 Nilai Pixel Pergeseran dua gambar lapisan PMMA (lapisan Kedua) dan nilai ketebalan          | 32      |
| 4.3 Nilai Pixel Pergeseran dua gambar lapisan Polystyrene (lapisan Ketiga) dan nilai ketebalan  | 33      |
| 4.4 Nilai ketebalan Lapisan Tipis Polystyrene 3% dan PMMA 2%                                    | 34      |



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Polymethyl Methacrylate (PMMA) dan *Polystyrene* merupakan salah satu contoh bahan polimer yang mempunyai beberapa keuntungan diantaranya, memiliki sifat transparansi optik yang baik, dapat dicetak dengan mudah, dapat diproses pada temperatur rendah dan relatif stabil terhadap efek lingkungan. Selain keunggulan tersebut, PMMA dan *Polystyrene* memiliki sifat mekanik dan termal yang baik sehingga memenuhi syarat untuk aplikasi sebagai bahan pandu gelombang.

Dari sifat yang dimiliki *Polystyrene* dan PMMA tersebut, maka dapat digunakan untuk fabrikasi lapisan tipis dengan struktur tiga lapis sebagai aplikasi pandu gelombang fotonik. Lapisan tipis dalam piranti-piranti optik tersusun dari substrat dan pelapis yang berbeda-beda tergantung dari penggunaannya. Secara umum substrat yang digunakan adalah kaca, sedangkan bahan polimer seperti *Polystyrene* dan PMMA biasanya digunakan sebagai bahan pelapisnya.

Karakter lapisan tipis banyak di pengaruhi oleh parameter optik salah satunya adalah indeks bias lapisan film. Untuk mengetahui indeks bias film harus diketahui dahulu nilai ketebalan lapisan filmnya. Apabila ketebalan lapisan tipis seorde dengan panjang gelombang cahaya yang digunakan, lapisan tipis dapat dibuat sebagai pandu gelombang type single-mode. Tetapi jika ketebalan lapisan lebih besar dari panjang gelombang cahaya yang digunakan maka dapat dikatakan sebagai pandu gelombang multi-mode.

Dalam Tugas Akhir ini penulis menggunakan metode Spin Coating untuk membuat lapisan tipis. Metode Spin Coating ini relatif mudah dilakukan, karena dengan mengubah kecepatan putar dan waktu pemutaran maka ketebalan dari lapisan juga akan berubah. Untuk mengamati ketebalan dari lapisan tipis yang dihasilkan menggunakan mikroskop, maka ketebalan lapisan

dapat dilihat secara langsung dengan mata, kemudian hasilnya difoto dan ketebalannya dihitung dengan menggunakan software Photo Editor.

### 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dikaji dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

- Bagaimana proses pembuatan lapisan tipis struktur tiga lapis bahan polimer *Polystyrene* 3% dan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) 2%.
- Bagaimana pengaruh kecepatan putar dan lama waktu pemutaran terhadap ketebalan lapisan tipis struktur tiga lapis yang berbasis pada bahan *Polystyrene* 3% dan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) 2%.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dikaji dalam Tugas Akhir ini antara lain:

- Bahan yang digunakan dalam pembuatan lapisan tipis adalah menggunakan bahan Polimer PMMA 2% dan *Polystyrene* 3% yang bersubstratkan kaca mikroskop slide dan dibatasi pada tiga lapis.
- Proses pembuatan lapisan tipis dengan menggunakan metode Spin Coating dengan variasi kecepatan putar yang digunakan 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm dan lama waktu pemutaran 30 dan 60 detik.
- Ketebalan lapisan diamati dengan menggunakan mikroskop dan nilai ketebalannya dihitung dengan menggunakan software Photo Editor.



#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah:

- Untuk mengetahui fabrikasi lapisan tipis struktur tiga lapis bahan Polymethyl Methacrylate (PMMA) 2% dan *Polystyrene* 3 % dengan metode Spin Coating.
- Untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar dan lama waktu pemutaran terhadap ketebalan lapisan tipis

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk menunjang aplikasi lapisan tipis tiga lapis yang berbasis pada bahan polimer PMMA 2% dan *polystyrene* 3% sehingga dapat digunakan sebagai bahan pandu gelombang.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lapisan Tipis

Lapisan tipis adalah suatu lapisan yang mempunyai ketebalan sangat tipis dan dengan tebal dalam orde panjang gelombang cahaya (sekitar 500 nm). Dilihat dari sisi optiknya, apabila ketebalan lapisan seorde dengan panjang gelombang cahaya tampak atau gelombang cahaya yang digunakan maka digunakan sebagai pandu gelombang tipe single-mode, tetapi jika ketebalannya lebih besar daripada orde panjang gelombang cahaya yang digunakan maka lapisan tipis dapat digunakan sebagai pandu gelombang multi-mode.

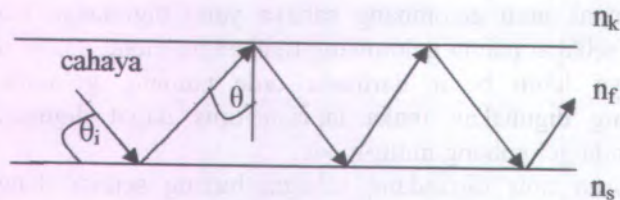
Lapisan tipis dipandang sebagai bidang sejajar dengan tebal dalam orde panjang gelombang cahaya. Rasio pemantulan atau transmisi dapat dibuat harga tertentu dengan mengatur parameter optik lapisan tipis tersebut, misalkan tebal lapisan dan indeks biasnya, sehingga dapat dibentuk sebagai lapisan anti pantulan (transmisi panas), lapisan pantulan tinggi (refleksi panas), filter optik, baik dalam spektrum cahaya ultra ungu (ultra violet), cahaya tampak atau infra merah (infra red) dan sebagai pemecah sinar. (Born, 1991)

Dalam pembuatannya, lapisan tipis dapat dibuat melalui teknik pendeposisian dari satu atau lebih lapisan tipis dari suatu jenis material ke substrat umumnya yang digunakan adalah kaca.

### 2.2 Penjalaran Sinar Optik dalam Pandu Gelombang

Suatu lapisan tipis yang didepositkan pada suatu substrat transparan pada dasarnya sudah dapat berfungsi sebagai pandu gelombang optik jika indeks biasnya lebih besar dari indeks bias substrat. Pandu gelombang optik tersusun atas tiga lapisan, yaitu kover, film dan substrat dengan nilai indeks bias masing-masing  $n_k$ ,  $n_f$  dan  $n_s$  dengan daerah film sebagai tempat penyaluran cahaya. Penyaluran cahaya di sepanjang daerah film ini

berlangsung hanya jika nilai  $n_f > n_s > n_k$  (dalam hal ini koernya adalah udara) dan ukuran filmnya (tebal dan atau lebarnya) lebih besar dari ukuran kritis. Pandu gelombang optik dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa bagian, berdasarkan struktur geometrinya (pandu gelombang kanal, planar dan silinder), berdasarkan struktur moda (single mode dan multimode), berdasarkan indeks bias (step indeks dan graded indeks) dan berdasarkan jenis bahan (glas, polimer dan semikonduktor).



Gambar 2.1 Gambaran gelombang zig-zag dari moda gelombang yang merambat dalam suatu pandu gelombang (Moda terpandu  $\theta_i < \theta < 90^\circ$ ).

Proses penjalaran sinar optik dalam pandu gelombang Slab step indeks ditunjukkan pada Gambar 2.1. Penyaluran tenaga cahaya di sepanjang daerah film digambarkan oleh sebuah sinar yang bergerak menurut lintasan zig-zag. Gelombang optik yang terpandu dalam pandu gelombang dalam bentuk moda gelombang optik yang mengalami pantulan dalam total pada kedua batas film-kover dan film-substrat. Mengacu pada hukum Snellius pemantulan internal hanya terjadi jika sudut datang gelombang ( $\theta_i$ ) lebih kecil dari sudut kritis ( $\theta_c$ ) pada kedua bidang batas dengan besar sudut kritis pada bidang batas film-kover dan film-substrat dan dengan sudut pantul pada bidang batas film-kover ( $\theta_{tk}$ ) dan film-substrat ( $\theta_{ts}$ ).

Untuk sinar yang menjalara pada batas film-kover

$$n_f \sin(\theta_i) = n_k \sin(\theta_{tk}) \quad (2.1)$$

Untuk sinar yang menjalara pada batas film-substrat

$$n_f \sin(\theta_i) = n_s \sin(\theta_{ts}) \quad (2.2)$$

Sinar yang datang pada sudut kritis  $\theta_i = \theta_{ck}$  menuju bidang batas antara film-kover dan sinar datang dengan sudut kritis  $\theta_i = \theta_{cs}$  menuju bidang batas film-substrat yang dibiarkan tepat di sepanjang masing-masing bidang batasnya dan sesuai dengan syarat  $\theta_{tk} = \theta_{ts} = 90^0$ , maka dari hubungan persamaan 2.1 dan 2.2 dapat ditentukan sudut kritisnya antara masing-masing batas. Untuk bidang batas film-kover nilai sudut kritisnya didapatkan

$$n_f \sin \theta_{ck} = n_k \sin 90^0 \quad (2.3)$$

Sehingga sudut kritis batas film-kover adalah

$$\theta_{ck} = \sin^{-1} \left( \frac{n_k}{n_f} \right) \quad (2.4)$$

Sedangkan untuk sudut kritis batas film-substrat adalah

$$\theta_{cs} = \sin^{-1} \left( \frac{n_s}{n_f} \right) \quad (2.5)$$

Pada struktur bahan pandu gelombang indeks bias substrat ( $n_s$ ) lebih besar daripada indeks bias kover ( $n_k$ ), sehingga  $\theta_s > \theta_k$ . Mengacu pada kriteria tersebut secara umum moda gelombang optik akan terpandu, maka rentang sudut datang yang mungkin untuk perambatan sinar optik tersebut ada tiga interval yaitu  $\theta_{cs} < \theta_i < 90^0$ ,  $\theta_{ck} < \theta_i < \theta_{cs}$  dan  $\theta_s > \theta_k$ .

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1, ketika sudut datang sinar berada dalam rentang  $\theta_{cs} < \theta_i < 90^0$ , sinar yang terpantul sempurna saat menumbuk bidang batas, terkurung dan menjalar di sepanjang daerah film menurut lintasan zig-zag. Jika bahan penyusun suatu pandu gelombang tidak terdapat rugi-rugi (losses), maka cahaya terpandu tidak mengalami atenuasi. (Rubiyanto, dkk 2003)

### 2.3 Bahan Polimer

Polimer berasal dari kata poli yang berarti banyak dan mer adalah bagian. Definisi polimer secara umum adalah makro molekul yang tersusun dalam ikatan bersama antara molekul molekul kecil dalam jumlah yang cukup besar. Dapat dikatakan,

polimer memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang biasanya dipergunakan dalam bahan pembuatan pandu gelombang selama ini. Kebanyakan polimer tidak stabil pada temperatur tinggi dan kondisi yang lembab. Setelah dikenai proses pemanasan, warna polimer menjadi kekuning-kuningan (*yellowish*). Faktor yang dapat menyebabkan bahan bersifat kekuning-kuningan salah satunya adalah pemanasan bahan polimer yang melebihi temperatur leleh dari bahan polimer dan waktu pemanasan yang lama pada temperatur tinggi. Polimer memiliki losses optik yang tinggi dibandingkan dengan silika, tetapi banyak bahan polimer yang dapat dimodifikasi sehingga membuat bahan polimer sangat menarik khususnya untuk proses fabrikasi optik. Parameter yang mempengaruhi pandu gelombang optik adalah bahan pembuat lapisan tipis pemandu (*thin film*), karena bahan lapisan tipis ini menentukan karakteristik atenuasi dan temperatur operasi.

Beberapa sifat polimer untuk bahan pandu gelombang antara lain :

1. Stabilitas termal rendah.
2. Sifat bias rangkap rendah.
3. Kekuatan mekaniknya bagus.
4. Harganya murah dan merupakan bahan yang bersahabat dengan lingkungan.
5. Sangat mudah fabrikasinya dan dapat dicetak pada suhu rendah.
6. Dibanding dengan bahan lain, koefisien pemuaian relatif besar.

Satu hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan bahan polimer yang berhubungan dengan sifat mekaniknya yaitu sifatnya yang mudah berubah karena temperatur. Karena ketahanan terhadap panasnya sangat buruk maka diperlukan perhatian yang cukup untuk tidak dipakai pada temperatur tinggi. Hal ini disebabkan karena sifat mekanis pada umumnya berubah-ubah secara drastis pada suhu sangat rendah, pada suhu cukup

tinggi juga akan menyebabkan material tersebut mengalami proses degradasi. [Roos,2002]

#### **2.4 Pengaruh Pemanasan Terhadap Bahan Polimer Thermoplastis.**

Sifat khas yang dimiliki bahan polimer adalah struktur bahan polimer Thermoplastis sangat mudah berubah dengan adanya perubahan suhu. *Polystyrene* dan PMMA merupakan salah satu bahan polimer yang tergolong Thermoplastis, yang mempunyai sifat melunak bila dipanaskan dan akan kaku bila didinginkan kembali. Contoh lain yang tergolong polimer termoplastis yaitu polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klorida (PVC).

Suhu untuk melunakkan bahan polimer jenis Thermoplastis ini sangat bervariasi (mulai  $<100^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $>200^{\circ}\text{C}$ ) bergantung pada jenis bahan polimernya. Pemanasan yang terlalu tinggi, melebihi titik lelehnya akan mengalami degradasi pada polimer tersebut. Titik leleh merupakan salah satu sifat yang dimiliki oleh material padat, dimana proses meleleh adalah perubahan dari fase padat ke fase cair. Hilangnya fase kristalin pada proses pelelehan polimer diikuti oleh perubahan sifat fisik yang tidak kontinu pada kerapatan, kapasitas panas, transparansi dan sebagainya. Pengukuran beberapa sifat ini dapat dipakai untuk mendeteksi titik leleh.

Sifat termal dari bahan ini adalah perubahan panas pada bahan polimer akan menyebabkan perubahan sifat dari bahan, dalam hal ini adalah kristalinitas dari bahan polimer. Dengan derajat kristalinitas yang berubah, maka beberapa sifat yang dimilikinya juga berubah. Derajat kristalinitas juga dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan panas pada temperatur tertentu terhadap bahan tersebut. Perubahan struktur disebabkan pada saat pemanasan akan terjadi pergerakan molekul, dan pergerakan ini akan merubah struktur dari molekulnya. Bila pemanasan dilakukan pada bahan *Polystyrene* dan PMMA maka

kenaikan suhu yang diberikan akan mengaktifkan pergerakan molekul menuju titik transisi. Aktifitas pergerakan molekul ini akan membawa konsekuensi bahwa modulus elastisitas dan kekerasan dari bahan menjadi rendah. Apabila suhu pemanasan melebihi titik transisi, maka bahan ini akan menjadi lunak dan modulus elastisitasnya akan secara drastis mengalami perubahan. Pemanasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan bagian dari bahan meleleh, maka suhu dimana bahan mulai meleleh dinamakan titik leleh atau *melting point* ( $T_m$ ). Sedangkan saat dimana bahan polimer mulai mengalami menjadi gelas, kaku, dan keras (atau bersifat seperti gelas), maka titik tersebut disebut *titik gelas* ( $T_g$ ). Jika pemanasannya melebihi titik leleh, bahan polimer tersebut akan meleleh.

Seperti bahan lainnya, bahan polimer juga akan mengalami pemuaian apabila dipanaskan. Kemampuan suatu bahan untuk memuai sangat ditentukan oleh koefisien muai panjang dari bahan yang bersangkutan. Koefisien muai panjang suatu bahan polimer mempunyai sifat isotropis maka koefisien muainya cukup sederhana, namun jika struktur bahan berbeda di setiap arah (bahan amorf) maka diperlukan pertimbangan yang lebih mendalam. Dalam hal ini dapat berarti bahwa bahan tersebut memiliki koefisien muai volume. Bahan *Polystyrene* mempunyai struktur tidak teratur dan karena tidak dapat membentuk kristal dengan molekul rantai yang tersusun beraturan, maka bahan ini dinamakan polimer amorf, akibatnya polimer ini tidak memiliki titik cair dan hanya melunak jika dipanaskan. [Asrori, 2000]

## 2.5 Polystyrene

*Polystyrene* adalah polimer yang terbuat dari monomer styrene, yaitu suatu hidrokarbon cairan terbuat dari minyak tanah yang banyak digunakan dalam industri kimia. *Polystyrene* berbentuk Thermoplastis padatan pada suhu kamar, tetapi dapat dilelehkan jika dipanaskan pada suhu tinggi dan kembali menjadi padat jika didinginkan.

*Polystyrene* padat murni tidak berwarna, dengan fleksibilitas terbatas. *Polystyrene* dapat berupa transparan atau dapat juga dibentuk dengan banyak warna. Dapat digunakan untuk produksi plastik dengan berbagai model. Adapun karakteristik *Polystyrene* adalah sebagai berikut: (<http://en.wikipedia.org/wiki/Polystyrene>)

Tabel 2.1 Karakteristik *Polystyrene*

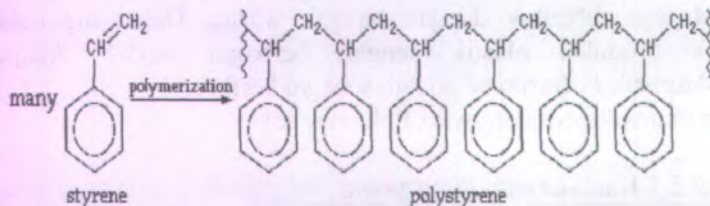
| <i>Polystyrene</i>    |                        |
|-----------------------|------------------------|
| Kerapatan             | 1050 kg/m <sup>3</sup> |
| Konduktivitas panas   | 0,08 W/(m.K)           |
| Konduktivitas Listrik | 10 <sup>-16</sup> S/m  |
| Modulus Young         | 3000-3600 MPa          |
| Titik leleh           | 240 <sup>0</sup> C     |
| Tensile Strength      | 46-60 MPa              |

Sifat mekanik dari *Polystyrene* antara lain:

1. Merupakan Polimer Thermoplastis tak berwarna dan bersifat transparan
2. *Polystyrene* murni berbentuk serbuk yang cukup keras dan fleksibilitasnya terbatas
3. Ukuran dari butirannya antara 0,13  $\mu$ m
4. Pada suhu kamar *Polystyrene* berbentuk Thermoplastis padatan, tetapi dapat dilelehkan pada suhu 120-180<sup>0</sup>C untuk dilakukan pencetakan dan penekanan, kemudian dikeraskan kembali pada suhu kamar.
5. Memiliki sifat listrik yang baik terutama pada frekuensi tinggi dan ketahanan radiasinya sangat baik.
6. Sifat kestabilan terhadap cahaya dan sifat tahan cuacanya rendah
7. Indeks bias *Polystyrene* adalah 1,59



Adapun struktur kimia dari *Polystyrene* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Struktur kimia *Polystyrene*

## 2.6 Toluena

Toluena dikenal sebagai methylbenzena, yaitu suatu cairan yang mempunyai bau khas seperti cat tinner, toluena berbau harum karena terbuat dari campuran benzena, Toluena merupakan hidrokarbon aromatik yang banyak digunakan dalam industri dan digunakan sebagai pelarut, Toluena secara alami terbuat dari minyak mentah yang biasanya digunakan dalam proses pembuatan bensin. Adapun sifat dari Toluene adalah sebagai berikut: (<http://en.wikipedia.org/wiki/Toluena>)

Tabel 2.2 Karakteristik Toluena

| Toluena              |  |
|----------------------|--|
| Densitas             | 0,8669 g/cm <sup>3</sup>                             |
| Daya larut dalam air | 0.053 g/100 mL (20-25 <sup>o</sup> C)                |
| Titik leleh          | -93 <sup>o</sup> C (180 K)/(-135.4 <sup>o</sup> F)   |
| Titik didih          | 110.6 <sup>o</sup> C (383.8 K)/231.08 <sup>o</sup> F |
| Temperatur kritis    | 320 <sup>o</sup> C (593 K)/608 <sup>o</sup> F        |
| Kekentalan           | 0.590 cPat 20 <sup>o</sup> C/68 <sup>o</sup> F       |

## 2.7 Polymethyl Methacrylate (PMMA)

Bahan PolyMethyl Metacrylate (PMMA) merupakan polimer yang memiliki transparansi optik yang baik dan relatif stabil terhadap efek lingkungan. Selain keunggulan tersebut,

PMMA memiliki sifat mekanik dan termal yang baik sehingga memenuhi syarat untuk aplikasi sebagai bahan pandu gelombang fotonik.

Secara umum PMMA sendiri mempunyai karakteristik-karakteristik sebagai berikut :

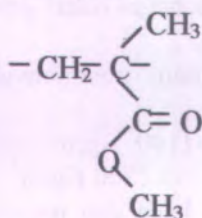
1. Memiliki densitas 1150-1190  $\text{Kg/m}^3$ , sekitar setengah dari densitas kaca yaitu 2400-2800  $\text{Kg/m}^3$
2. PMMA lebih lunak dari kaca dan mudah membaurkan cahaya
3. PMMA mudah dibentuk dan 92% meneruskan (mentransmisikan cahaya)
4. Tidak seperti kaca, PMMA tidak bertindak sebagai filter sinar UV dan dapat meneruskan sinar infra merah.

Kegunaan atau aplikasi dari PMMA sangat luas antara lain :

1. PMMA glass digunakan untuk membuat akuarium
2. PMMA digunakan sebagai pelapis cat anti bocor.
3. PMMA digunakan untuk pelapisan lensa luar pada lampu mobil.
4. PMMA digunakan untuk melapisi kaca depan pada helm.
5. Dalam Orthopedik, campuran semen dengan PMMA dapat digunakan untuk memperkuat implantasi pada tulang
6. PMMA digunakan sebagai pelapis kaca pada layar LCD komputer dan layar TV untuk menjaga penyebaran cahaya

Dengan keunggulan-keunggulan tersebut, maka bahan ini merupakan salah satu bahan yang tepat untuk digunakan sebagai bahan pemandu gelombang. Dalam hal ini digunakan sebagai bahan film tipis pada pandu gelombang planar.

Adapun struktur kimia Polymethyl Methacrylate (PMMA) adalah:



Gambar 2.3 Struktur kimia Polymethyl Methacrylate (PMMA)

Seperti halnya bahan plastik dan kaca, PMMA banyak dijumpai pada kaca jendela, bedanya jika plastik atau kaca dalam ketebalan lebih dari 13 inchi (33 cm) akan terlihat buram namun PMMA akan terlihat transparan sempurna. Dalam bentuk cairan PMMA dapat bertahan di bawah suhu  $-100^{\circ}\text{C}$ .

## 2.8 Kloroform

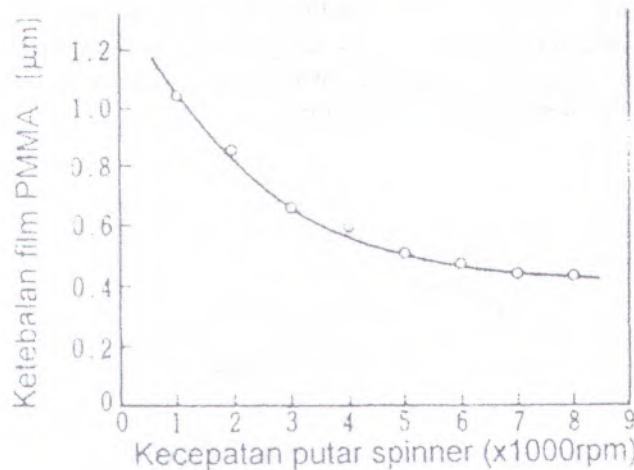
Kloroform adalah nama umum untuk Triklorometana ( $\text{CHCl}_3$ ). Kloroform dikenal karena sering digunakan sebagai bahan pembius, meskipun kebanyakan digunakan sebagai pelarut nonpolar di laboratorium atau industri. Wujudnya pada suhu ruang berupa cairan, namun mudah menguap. Kloroform tidak mudah terbakar, tetapi dia akan terbakar ketika mencapai temperature yang sangat tinggi.

Tabel 2.3 Karakteristik Kloroform

| Kloroform            |                          |
|----------------------|--------------------------|
| Densitas             | 1,484 gr/cm <sup>3</sup> |
| Daya larut dalam air | 1 g/100 mL (15°C)        |
| Titik leleh          | -63,2°C                  |
| Titik didih          | 61,3°C                   |
| Temperatur kritis    | 450 °C                   |
| Kekentalan           | 159,6mmHg at 20°C/ 68°F  |

### 2.9 Pembuatan Lapisan Tipis Bahan Polimer dengan Spin Coating

Banyak bahan polimer yang sedang diteliti untuk aplikasi pandu gelombang seperti Polimer *Polystyrene* dan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA). Untuk membuat pandu gelombang dengan ketebalan  $1 \mu m$  cara yang pertama yaitu material di encerkan dengan pelarut tertentu. Setelah material diencerkan kemudian dispin ke atas permukaan substrat kaca. Dengan metode Spin Coating ketebalan bisa dikontrol secara akurat dengan mengatur viskositas material dan kecepatan putar. Contoh pembuatan ada pada Gambar 2.4 ketebalan film yang diinginkan dengan Spin Coating bisa didapatkan dengan berdasarkan kurva kalibrasi dari eksperimen. Semakin besar kecepatan putar yang diberikan pada alat Spin maka semakin tipis lapisan yang dihasilkan. (Rubiyanto,dkk. 2003)

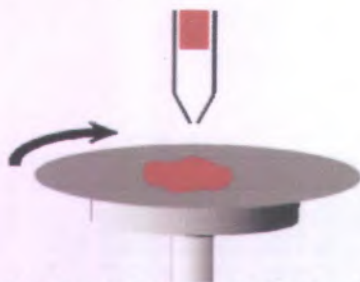


Gambar 2.4 Grafik hubungan antara ketebalan film dengan kecepatan spinner.

## 2.10 Proses Spin Coating

Proses Spin Coating telah banyak digunakan untuk aplikasi lapisan tipis. Adapun proses Spin Coating adalah dengan meneteskan sedikit larutan film di atas substrat kemudian substrat diputar (dengan alat Spin Coating) dengan kecepatan tertentu, yang berputar secara konstan agar dapat diperoleh endapan film di atas substrat dengan kerataan yang baik. Semakin cepat putaran, akan diperoleh film yang semakin homogen dan tipis. Adanya percepatan sentrifugal dari alat spin sehingga larutan film menyebar merata ke seluruh permukaan substrat sehingga lapisan terbentuk. Pada umumnya ketebalan lapisan tergantung dari kecepatan spin dan viskositas cairan. Semakin cepat kecepatan putar maka akan diperoleh lapisan yang semakin tipis. Semakin tinggi viskositas larutan maka akan diperoleh lapisan yang bagus.

Metode Spin Coating banyak digunakan untuk pelapisan pada material polimer, photoresist pada silikon dan pada material yang lain berbentuk wafer. Metode ini relatif mudah dan efektif untuk membuat lapisan tipis dengan variasi ketebalan hanya dengan mengatur parameter waktu dan kecepatan dan juga viskositas serta densitas dari larutan.



Gambar 2.5 Proses Spin Coating

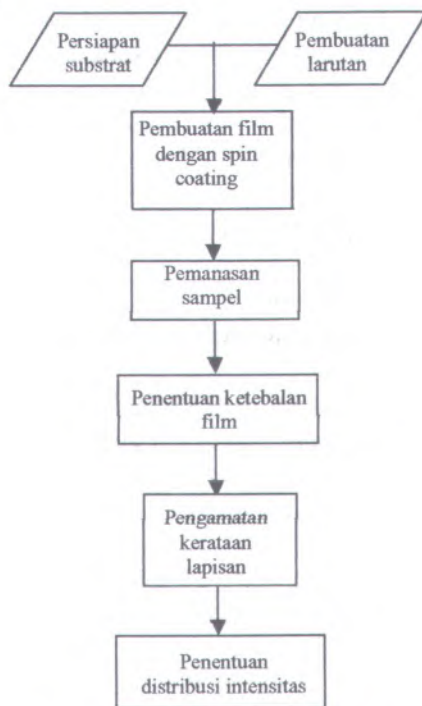
### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III ini akan membahas tahapan – tahapan proses pembuatan lapisan tipis yang meliputi penyiapan bahan, preparasi sampel, pembuatan lapisan film *Polystyrene* 3% dan PMMA 2% serta karakterisasi ketebalan masing-masing lapisan film. Penelitian dilakukan di Laboratorium Optik, jurusan fisika FMIPA ITS.

### 3.1 Skema Penelitian

Gambaran umum metodologi penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



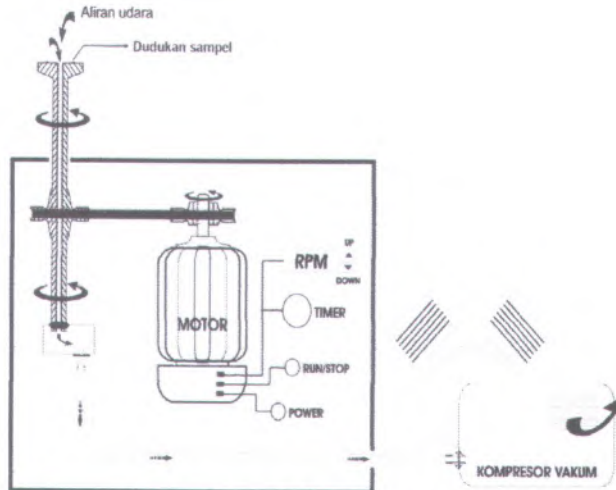
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Bahan-bahan yang di gunakan dalam penelitian ini antara lain Kaca Mikroskop Slide (substrat) dengan ukuran panjang 2,5 cm dan lebar 1,5 cm, serbuk Polymethyl Methacrylate (PMMA), serbuk *Polystyrene*, larutan Toluena yang digunakan untuk melarutkan *Polystyrene*, larutan Kloroform yang digunakan untuk melarutkan serbuk PMMA, sabun tepol dan Aceton untuk membersihkan substrat dari kotoran (debu) dan lemak.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Pengaduk magnet (magnetic stirrer)  
Magnetic stirrer berfungsi untuk melarutkan serbuk PMMA dengan pelarut kloroform dan serbuk *Polystyrene* dan pelarut Toluena agar merata dan homogen. Selain itu Magnetic Stirrer juga berfungsi sebagai Hot Plate untuk proses pemanasan lapisan tipis yang telah dibuat.
2. Spin coating  
Spin coating merupakan alat yang digunakan untuk proses pelapisan, yang dilengkapi dengan:
  - Pengatur kecepatan putar rpm, timer dan pengatur tekanan
  - Motor sebagai pemutar
  - Specimen Holder atau dudukan sampel sebagai tempat sampel
  - Kompresor vacuum yang berfungsi untuk memfakumkan ruang tabung hingga mencapai 0,08 mPa dan menyedot sampel agar tidak jatuh dari tempat dudukan saat proses pelapisan.



Gambar 3.2 Spin coating

3. Satu set peralatan mikroskop  
Peralatan ini digunakan untuk mengamati ketebalan lapisan yang telah dilengkapi dengan kamera webcam type creative untuk memotret foto hasil ketebalan yang langsung dihubungkan dengan Komputer, serta dilengkapi dengan mikrometer yang digunakan untuk menggeser sampel sehingga diperoleh perbandingan pergeseran pixel antara sampel sebelum digeser dan sampel setelah digeser, dengan nilai satu pergeseran yaitu  $10 \mu\text{m}$ .
4. Kertas amplas dengan ukuran kekasaran 800-1200  
Kertas gosok berfungsi untuk menghaluskan sisi samping kaca, proses ini dilakukan sebelum proses pelapisan.
5. Timbangan digital  
Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat serbuk PMMA dan *Polystyrene*, serta larutan Toluena dan Kloroform.



#### 6. Sumber cahaya

Sumber cahaya yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu halogen. Lampu di sini digunakan untuk menyinari substrat agar ketebalan lapisan terlihat jelas pada mikroskop.

### 3.3 Pembuatan Lapisan Tipis

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan lapisan tipis adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1 Pembersihan Substrat

Pembersihan substrat (kaca Mikroskop Slide) dilakukan dengan cara:

1. Kaca mikroskop (substrat) yang telah dipotong dan telah dihaluskan bagian sampingnya dicuci dengan menggunakan sabun tepol, dibilas dengan air kemudian dikeringkan
2. Substrat diletakkan dalam larutan Aceton selama 10 menit
3. Substrat dibersihkan dan dikeringkan
4. Proses 2-3 diulangi kembali apabila substrat belum bersih.

#### 3.3.2 Pembuatan Larutan PMMA 2%

Pembuatan larutan PMMA dimulai dengan menyiapkan serbuk PMMA sesuai dengan % berat yang telah ditentukan dan pelarut kloroform. Untuk membuat larutan PMMA 2% diperlukan serbuk PMMA 0,5086 gr dan larutan Kloroform 16,79 ml, kemudian serbuk PMMA tersebut dilarutkan ke dalam larutan kloroform. Larutan diaduk dengan menggunakan Magnetik Stirer selama 3-6 jam.



Gambar 3.3 Proses pengadukan larutan Kloroform dan serbuk PMMA dengan Magnetic Stirrer

### 3.3.3 Pembuatan Larutan *Polystyrene* 3%

Pembuatan larutan *Polystyrene* dimulai dengan menyiapkan serbuk *Polystyrene* sesuai dengan % berat yang ditentukan dan pelarut Toluena. Untuk membuat larutan *Polystyrene* 3% diperlukan serbuk *Polystyrene* 0,5401 gr dan larutan Toluena 20 ml, kemudian serbuk *Polystyrene* dicampurkan ke dalam larutan Toluena. Larutan diaduk dengan menggunakan Magnetic Stirrer selama 3-6 jam.

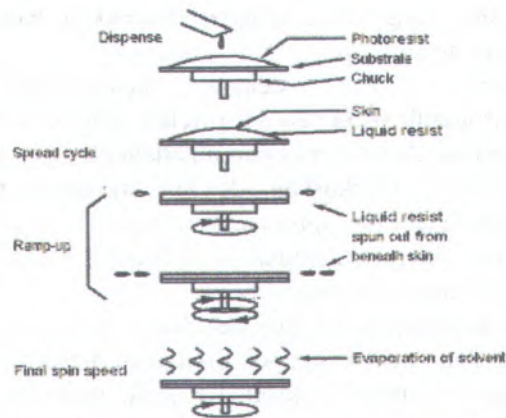


Gambar 3.4 Proses pengadukan larutan Toluena dan serbuk *Polystyrene* dengan Magnetic Stirrer

### 3.3.4 Pembuatan Lapisan Tipis Tiga Lapis dengan Metode Spin Coating

Pembuatan lapisan tipis struktur tiga lapis dilakukan dengan cara:

1. Meletakkan substrat yang telah bersih pada kedudukan substrat dengan tepat
2. Meneteskan larutan *Polystyrene* 3% (untuk lapisan pertama) di atas permukaan substrat sebanyak 6-8 tetes
3. Menghidupkan Spinner dengan kecepatan 1000 rpm selama 30 detik
4. Memanasi lapisan dengan suhu 90°C selama 10 menit.
5. Substrat yang telah dilapisi *Polystyrene* kemudian dilapisi dengan larutan PMMA 2% (lapisan yang kedua), dispin dengan kecepatan 1000 rpm selama 30 detik.
6. Memanasi lapisan dengan suhu 90°C selama 10 menit
7. Substrat yang telah dilapisi *Polystyrene* 3% dan PMMA 2% dilapisi kembali dengan larutan *Polystyrene* 3% (lapisan ketiga) kemudian dispin dengan kecepatan 1000 rpm selama 30 detik
8. Memanasi lapisan dengan suhu 90°C selama 10 menit
9. Langkah 1-8 dilakukan kembali untuk sampel yang berbeda dengan kecepatan yang sama (1000 rpm) tapi dengan waktu 60 detik
10. Untuk sampel yang selanjutnya langkah 1-8 dilakukan kembali dengan kecepatan 1500 rpm dan variasi waktu 30 dan 60 detik
11. Langkah 1-8 dilakukan kembali untuk sampel selanjutnya dengan kecepatan 2000 rpm dan dengan variasi waktu 30 dan 60 sekon.



Gambar 3.5 Proses pelapisan dengan Spin Coating

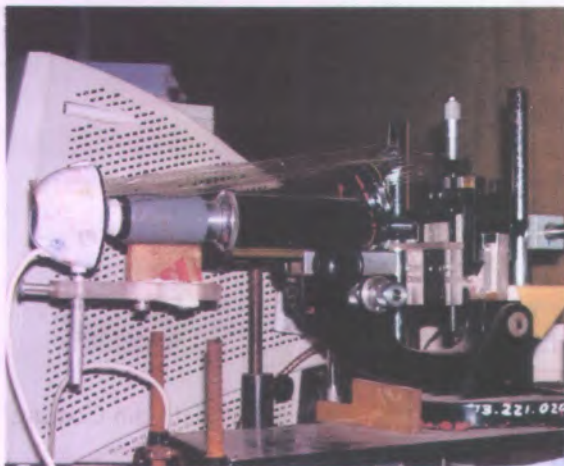


Gambar 3.6 Seperangkat alat Spin Coating

### 3.4 Penentuan Ketebalan Lapisan Tipis

Adapun untuk mengetahui ketebalan lapisan dari substrat yang telah dilapisi dapat diamati dengan menggunakan mikroskop yang telah dilengkapi dengan kamera *Webcame type creative* dan mikrometer, yang telah dihubungkan dengan Personal Komputer. Proses penentuan ketebalan lapisan tipis adalah sebagai berikut:

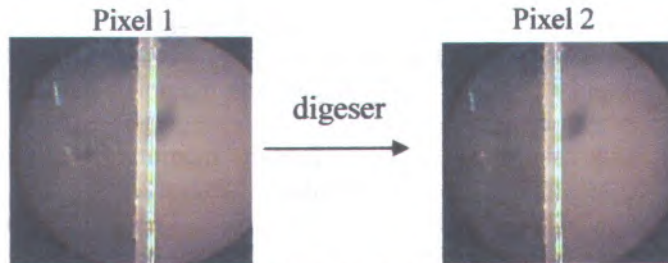
1. Substrat yang telah dilapisi diletakkan pada dudukan sampel mikroskop.
2. Substrat disinari dengan menggunakan cahaya polikromatik pada sisi yang telah dilapisi. (lampu yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu halogen)
3. Mikroskop difokuskan dengan memutar mikrometer sampai ketebalan lapisan terlihat jelas.
4. Setelah diperoleh gambar yang focus kemudian hasilnya difoto dengan kamera *webcame*.
5. Setelah didapatkan foto ketebalan yang pertama, tanpa mengubah posisi sampel dilakukan pergeseran sampel dengan memutar mikrometer pada mikroskop, dengan pergeseran 5 skala pada mikrometer, kemudian sampel difoto kembali.



Gambar 3.7 Set up alat Penelitian

### 3.5 Pengolahan Data Ketebalan

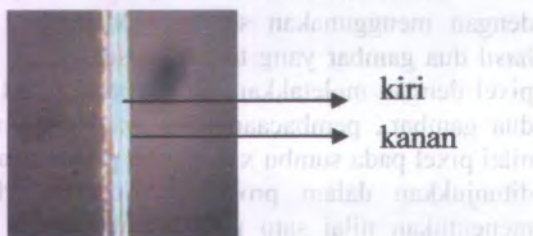
Untuk menentukan nilai pergeseran pixel dari lapisan tipis dengan menggunakan software Microsoft Photo Editor, yaitu hasil dua gambar yang telah digeser, difoto dan dicari nilai satu pixel dengan meletakkan kursor pada satu titik yang sama pada dua gambar., pembacaan nilai pixel gambar ditunjukkan oleh nilai pixel pada sumbu x dan nilai pixel pada sumbu y yang telah ditunjukkan dalam program Microsoft Photo Editor. Untuk menentukan nilai satu pixel gambar yang telah diukur, dicari selisih antara pixel gambar sebelum digeser dan pixel gambar yang telah digeser. Nilai pixel yang berubah adalah nilai pixel pada sumbu x, sedangkan nilai pixel pada sumbu y tetap. Kemudian selisih pixel sumbu x pada kedua gambar dibandingkan dengan pergeseran yang telah dilakukan pada sampel. Setelah dibandingkan akan diperoleh nilai satu pixel (dalam satuan mikrometer).



Gambar 3.8 Pergeseran pixel gambar

Untuk menentukan nilai ketebalan dari masing-masing lapisan dengan menggunakan software Microsoft Photo editor yaitu dengan meletakkan kursor pada batas kanan dan batas kiri lapisan pertama (*Polystyrene*) pada gambar, kemudian lapisan kedua (PMMA) dan lapisan ketiga (*Polystyrene*) pada gambar. Nilai pixel yang berubah adalah nilai pixel pada sumbu x sedangkan pixel pada sumbu y tetap. Selisih pixel pada sumbu x

dikalikan dengan nilai satu pixel gambar maka nilai ketebalan untuk masing-masing lapisan dapat diketahui.



Gambar 3.9 Ketebalan lapisan tipis

### 3.6 Pengamatan Kerataan Lapisan

Pengamatan kerataan dari lapisan dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Proses pengamatan kerataan lapisan tipis adalah sebagai berikut:

1. Substrat yang telah dilapisi diletakkan pada kedudukan sampel mikroskop.
2. Substrat disinari dengan menggunakan cahaya polikromatik pada permukaan substrat yang telah dilapisi. (lampu yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu halogen)
3. Mikroskop difokuskan dengan memutar mikrometer sampai kerataan dari permukaan substrat terlihat jelas.
4. Setelah diperoleh gambar yang focus kemudian hasilnya difoto dengan kamera *webcame*.

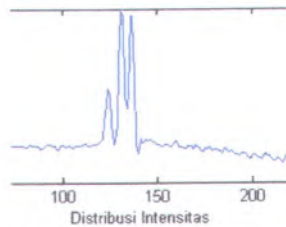


Gambar 3.10 Kerataan permukaan lapisan

### 3.7 Penentuan Distribusi Intensitas

Penentuan distribusi intensitas dari masing-masing lapisan tipis dilakukan dengan menggunakan Software Matlab dan program Scanloop2.

Proses penentuan distribusi intensitas adalah dengan memasukkan gambar lapisan (Gambar 3.9) yang telah didapatkan ke dalam software Matlab yang di dalamnya sudah tersedia program Scanloop2, gambar diScanloop dari arah horisontal. Dari hasil Scanloop didapatkan gambar distribusi intensitas berkas cahaya yang terpantul dari masing-masing lapisan.



Gambar 3.11 Distribusi intensitas

Gambar 3.11 menunjukkan tingkat cahaya yang terpantul pada masing-masing lapisan. Dari gambar intensitas yang didapatkan menunjukkan bahwa intensitas berkas cahaya yang terpantul pada lapisan pertama dan lapisan ketiga (*Polystyrene*) tidak sama, padahal parameter yang digunakan sama (konsentrasi larutan, kecepatan putar, dan lama waktu pemutaran). Hal ini disebabkan karena lapisan kurang bersih, terdapat kotoran debu atau lemak yang masih menempel pada lapisan, sehingga cahaya yang terpantul dari masing-masing lapisan tidak sama.

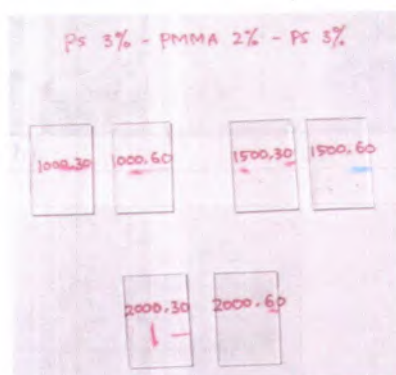


## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian tentang lapisan tipis tiga lapis bahan *Polystyrene* 3% dan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) 2% yang bersubstratkan pada kaca mikroskop slide dengan menggunakan metode Spin Coating dan karakterisasi ketebalan dari lapisan akibat pengaruh kecepatan putar dan lama waktu pemutaran dan diperoleh data sebagai berikut:

### 4.1 Hasil Fabrikasi Lapisan Tipis

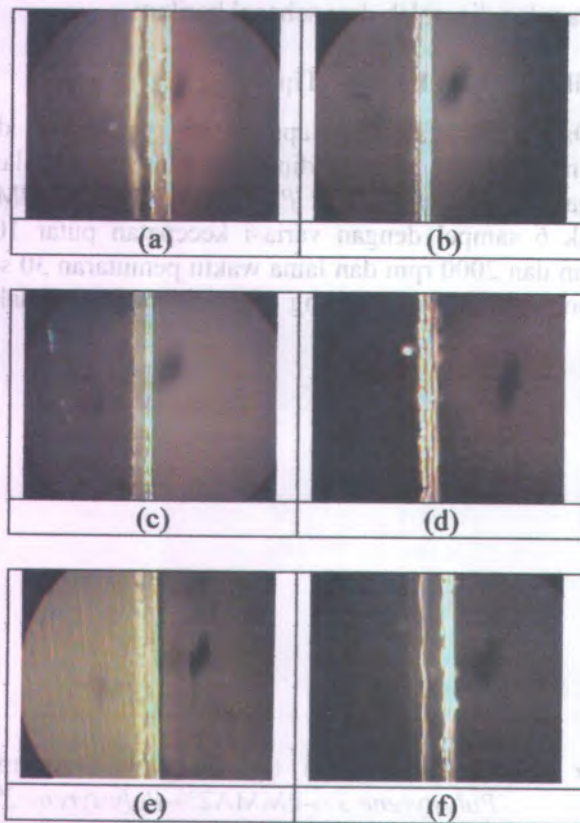
Dari proses fabrikasi lapisan tipis yang telah dilakukan dengan metode Spin Coating diperoleh sampel ketebalan lapisan tipis tiga lapis dengan bahan *Polystyrene* 3% dan PMMA 2% sebanyak 6 sampel dengan variasi kecepatan putar 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm dan lama waktu pemutaran 30 detik dan 60 detik. Adapun sampel yang telah didapatkan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Sampel lapisan tipis struktur tiga lapis bahan *Polystyrene* 3%-PMMA2%-*Polystyrene* 3% dengan kecepatan putar 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm dan waktu putar 30 detik dan 60 detik.

#### 4.1.1 Gambar Ketebalan Lapisan Tipis Tiga Lapis

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh ketebalan dari masing-masing lapisan, untuk menentukan nilai ketebalan dari masing-masing lapisan digunakan mikroskop untuk mengamati ketebalannya. Gambar ketebalan lapisan tipis dengan kecepatan putar 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm dan waktu putar 30 detik dan 60 detik adalah ditunjukkan pada Gambar 4.2



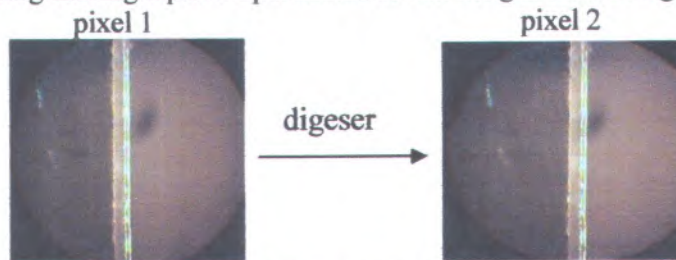
Gambar 4.2 Ketebalan lapisan tipis (a)1000 rpm,30sekon (b)1000 rpm,60 sekon (c)1500 rpm,30 sekon

(d) 1500 rpm, 60 sekon, (e) 2000 rpm, 30 sekon  
 (f) 2000 rpm, 60 sekon.

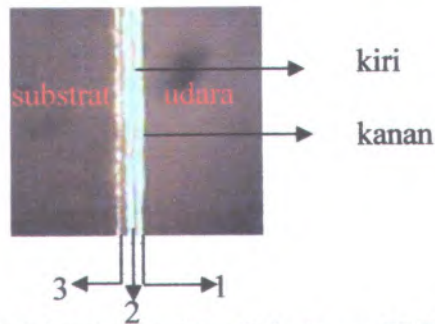
Dari sampel yang telah didapatkan sebelum diamati ketebalannya, telah dipanaskan selama 10 menit dengan suhu  $90^{\circ}\text{C}$  menggunakan Hot Plate, dengan tujuan untuk menghilangkan uap dari pelarut.

#### 4.1.2 Perhitungan Nilai Ketebalan Lapisan Tipis Tiga Lapis

Untuk mengetahui nilai ketebalan lapisan tipis *Polystyrene-PMMA-Polystyrene* dapat diketahui dari data pixel yang telah didapatkan. Adapun cara penentuan ketebalan dari masing-masing lapisan tipis adalah sesuai dengan metodologi.



Gambar 4.3 Pergeseran pixel gambar



Gambar 4.4 Ketebalan lapisan film *Polystyrene-PMMA-Polystyrene*

Dari data yang telah didapatkan, untuk setiap sampel yang sama, diambil dua gambar ketebalan dengan melakukan pergeseran mikrometer pada mikroskop, gambar yang pertama adalah sebelum dilakukan pergeseran, sedangkan gambar yang kedua merupakan gambar setelah dilakukan pergeseran. Dari pergeseran tersebut diperoleh data pergeseran pixel pada gambar dan data pixel ketebalan. Adapun nilai pixel pada gambar dan nilai pixel ketebalan yang di peroleh adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Nilai pixel pergeseran dua gambar lapisan *Polystyrene* (lapisan pertama) dan nilai pixel ketebalan

| no | Kecepatan (rpm)/waktu (sekon) | Pixel pergeseran |             | Pixel ketebalan PS 3%(lapisan1) |            |
|----|-------------------------------|------------------|-------------|---------------------------------|------------|
|    |                               | Pixel1(x,y)      | Pixel2(x,y) | Kiri(x,y)                       | Kanan(x,y) |
| 1  | 1000,30                       | 127,102          | 132,102     | 161,102                         | 166,102    |
| 2  | 1000,60                       | 112,118          | 122,118     | 123,118                         | 129,118    |
| 3  | 1500,30                       | 139,118          | 146,118     | 155,118                         | 159,118    |
| 4  | 1500,60                       | 108,125          | 118,125     | 121,125                         | 125,125    |
| 5  | 2000,30                       | 107,120          | 124,120     | 134,120                         | 139,120    |
| 6  | 2000,60                       | 124,68           | 139,68      | 148,68                          | 152,68     |

Tabel 4.2 Nilai pixel pergeseran dua gambar lapisan *PMMA* (lapisan kedua) dan nilai pixel ketebalan

| no | Kecepatan (rpm)/waktu (sekon) | Pixel pergeseran |             | Pixel ketebalan PMMA 2%(lapisan2) |            |
|----|-------------------------------|------------------|-------------|-----------------------------------|------------|
|    |                               | Pixel1(x,y)      | Pixel2(x,y) | Kiri(x,y)                         | Kanan(x,y) |
| 1  | 1000,30                       | 127,102          | 132,102     | 144,102                           | 148,102    |
| 2  | 1000,60                       | 112,118          | 122,118     | 117,118                           | 122,118    |
| 3  | 1500,30                       | 139,118          | 146,118     | 151,118                           | 153,118    |
| 4  | 1500,60                       | 108,125          | 118,125     | 116,125                           | 118,125    |
| 5  | 2000,30                       | 107,120          | 124,120     | 129,120                           | 132,120    |
| 6  | 2000,60                       | 124,68           | 139,68      | 145,68                            | 147,68     |

Tabel 4.3 Nilai pixel pergeseran dua gambar lapisan *Polystyrene* (lapisan ketiga) dan nilai pixel ketebalan

| no | Kecepatan (rpm)/waktu (sekon) | Pixel pergeseran |             | Pixel ketebalan PS 3%(lapisan3) |            |
|----|-------------------------------|------------------|-------------|---------------------------------|------------|
|    |                               | Pixel1(x,y)      | Pixel2(x,y) | Kiri(x,y)                       | Kanan(x,y) |
| 1  | 1000,30                       | 127,102          | 132,102     | 124,102                         | 130,102    |
| 2  | 1000,60                       | 112,118          | 122,118     | 112,118                         | 115,118    |
| 3  | 1500,30                       | 139,118          | 146,118     | 139,118                         | 141,118    |
| 4  | 1500,60                       | 108,125          | 118,125     | 108,125                         | 112,125    |
| 5  | 2000,30                       | 107,120          | 124,120     | 120,120                         | 124,120    |
| 6  | 2000,60                       | 124,68           | 139,68      | 123,68                          | 126,68     |

Dari data pixel yang telah didapatkan, nilai ketebalan dari masing-masing lapisan dapat diketahui. Adapun cara penentuan ketebalan sesuai dengan metodologi penelitian, dan perhitungan ketebalan dari masing-masing lapisan adalah sebagai berikut:

- Contoh perhitungan untuk mengetahui nilai satu pixel gambar, dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan pada Tabel 4.1 adalah:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ pixel} &= \frac{\text{pergeseransampel}}{\text{pergeseranpixel}} (\mu\text{m}) \\
 &= \frac{50}{132 - 127} (\mu\text{m}) \\
 &= \frac{50}{5} (\mu\text{m}) \\
 &= 10 \mu\text{m}
 \end{aligned}$$

- Contoh perhitungan untuk mengetahui ketebalan lapisan, dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan pada Tabel 4.1 adalah:

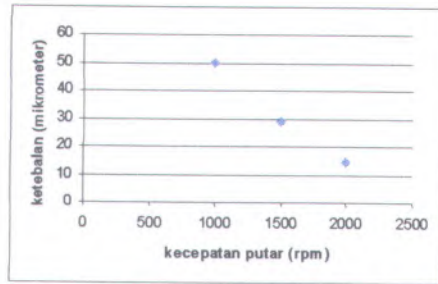
$$\begin{aligned}
 \text{Tebal lapisan} &= [(\text{pixel kanan} - \text{pixel kiri}) \times \text{nilai 1 pixel}] \\
 &= [(166-161) \times 10 \mu\text{m}] \\
 &= (5 \times 10 \mu\text{m}) \\
 &= 50 \mu\text{m}
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan ketebalan lapisan tipis yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.4

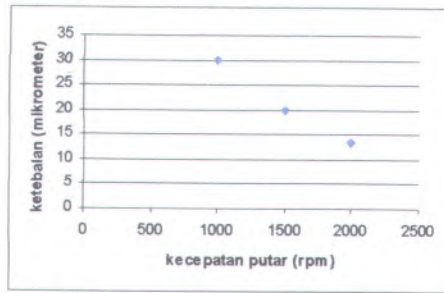
Tabel 4.4 Nilai ketebalan lapisan tipis *Polystyrene*3%-PMMA  
2%-*Polystyrene* 3%

| No | Kecepatan(rpm)<br>/waktu(sekon) | Nilai ketebalan lapisan tipis ( $\mu\text{m}$ ) |           |           |
|----|---------------------------------|---|-----------|-----------|
|    |                                 | Lapisan 1                                       | Lapisan 2 | Lapisan 3 |
| 1  | 1000,30                         | 50  | 40        | 60        |
| 2  | 1000,60                         | 30  | 25        | 15        |
| 3  | 1500,30                         | 28,57   | 14,28     | 14,28     |
| 4  | 1500,60                         | 20  | 10        | 20        |
| 5  | 2000,30                         | 14,76   | 8,8       | 11,76     |
| 6  | 2000,60                         | 13,32   | 6,66      | 9,99      |

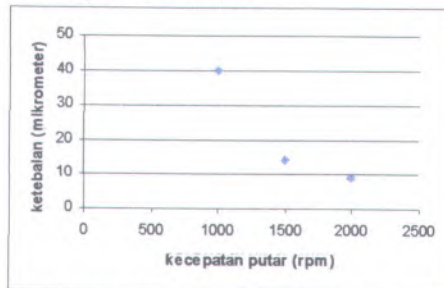
Untuk mengetahui naik turunnya ketebalan pada masing-masing lapisan yang dihasilkan akibat dari kecepatan putar dan lamanya waktu pemutaran maka dari Tabel 4.4 dapat dibuat grafik hubungan antara ketebalan lapisan dan kecepatan putar. Yang ditunjukkan pada Gambar 4.5-4.10.



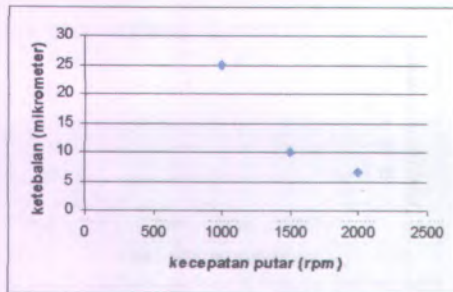
Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara ketebalan lapisan PS 3% (lapisan pertama) dan kecepatan putar dengan waktu putar 30 sekon



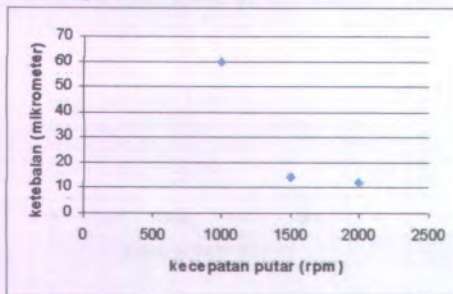
Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara ketebalan lapisan PS 3% (lapisan pertama) dan kecepatan putar dengan waktu putar 60 sekon



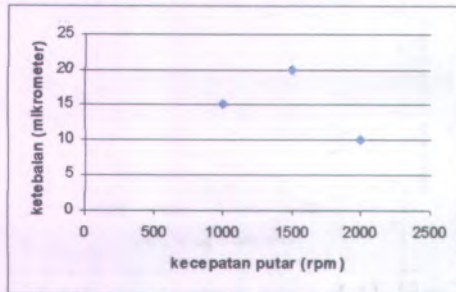
Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara ketebalan lapisan PMMA 2% (lapisan kedua) dan kecepatan putar dengan waktu putar 30 sekon



Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara ketebalan lapisan PMMA 2% (lapisan kedua) dan kecepatan putar dengan waktu putar 60 detik



Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara ketebalan lapisan PS 3% (lapisan ketiga) dan kecepatan putar dengan waktu putar 30 detik



Gambar 4.10 Grafik Hubungan antara ketebalan lapisan PS 3% (lapisan ketiga) dan kecepatan putar dengan waktu putar 60 detik



## 4.2 Pembahasan

Fabrikasi lapisan tipis yang berbasis pada bahan *Polystyrene* dan PMMA dengan metode Spin Coating telah dilakukan. Dalam prosesnya beberapa hal yang meliputi tahapan dalam pembuatannya harus diperhatikan, antara lain persiapan substrat. Dalam penelitian ini substrat yang digunakan adalah kaca mikroskop slides. Sebelum proses pelapisan dilakukan, substrat dipoles terlebih dahulu bagian permukaan sampingnya dengan menggunakan kertas amplas. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses pelapisan, mempermudah untuk menentukan ketebalan lapisan serta mempermudah pemanduan gelombang cahaya ketika dilewatkan pada lapisan. Setelah dilakukan pemolesan pada substrat kemudian substrat dibersihkan, hal ini perlu dilakukan untuk menghilangkan kotoran (debu) dan lemak yang menempel pada substrat, karena sedikit kotoran (debu) dan lemak yang menempel pada substrat akan mempengaruhi hasil lapisan. Pembersihan substrat dapat dilakukan dengan banyak cara. Dalam penelitian ini pembersihan substrat dilakukan dengan merendam substrat menggunakan larutan Aceton selama 10 menit, kemudian substrat dikeringkan menggunakan hair dryer. Pembersihan pada substrat bertujuan agar lapisan film tidak mudah mengelupas setelah proses pelapisan.

Proses fabrikasi yang dilakukan dengan menggunakan bahan polimer *Polystyrene* dan PMMA karena memiliki sifat transparansi yang baik dan memiliki sifat mekanik dan termal yang baik pula sehingga memenuhi syarat sebagai aplikasi pandu gelombang. Pelarut yang digunakan dalam penelitian adalah Toluena dan Kloroform. Serbuk *Polystyrene* dilarutkan pada pelarut Toluena sedangkan serbuk PMMA dilarutkan pada pelarut Kloroform. Proses pelarutan dilakukan selama 3-6 jam dengan menggunakan *Magnetik Stirrer*, larutan yang dihasilkan dari proses pelarutan bening atau tidak berwarna, hal ini menunjukkan bahwa dua bahan yang telah dilarutkan telah terjadi proses

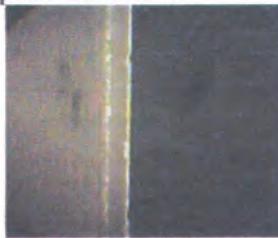
homogenisasi, sehingga ketika larutan dilapiskan ke substrat hasil lapisan bening dan lapisan pada permukaan substrat rata.

Dalam pembuatan lapisan tipis banyak metode yang digunakan, tergantung dari bahan yang digunakan dalam proses pelapisan. Dalam penelitian ini metode yang digunakan dalam proses pelapisan adalah metode Spin Coating, karena dalam proses pembuatannya bahan yang digunakan adalah bahan polimer yaitu *Polystyrene* dan PMMA yang berupa larutan. *Polystyrene* dan PMMA merupakan polimer yang bersifat Thermoplastis yaitu bahan yang mudah diubah menjadi fasa cair jika dilarutkan dengan pelarut tertentu, dan dapat berubah menjadi fasa padatan setelah larutan di teteskan dan di putar dengan alat spin (dalam bentuk lapisan tipis), metode Spin Coating banyak digunakan dalam proses pelapisan karena dapat dilakukan dengan relatif mudah. Hanya dengan mengatur kecepatan putar, waktu pemutaran dan tekanan alat maka lapisan dapat dengan mudah dibuat. Waktu yang digunakan dalam proses pemutaran adalah 30 sekon dan 60 sekon untuk masing-masing kecepatan putar 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm.

Percobaan pertama yang dilakukan adalah pembuatan lapisan pertama yaitu substrat dilapisi polimer *Polystyrene* dengan konsentrasi 3%. Setelah proses pelapisan substrat dipanaskan pada suhu 90°C selama 10 menit. Proses pemanasan disini bertujuan untuk menghilangkan uap dari pelarut. Jika sudah didapatkan lapisan yang bagus dan merata, substrat didiamkan selama  $\pm 8$  jam. Apabila lapisan pertama sudah dingin dilanjutkan pembuatan lapisan yang kedua dengan polimer PMMA 2% kemudian sampel dipanaskan kembali dengan suhu yang sama dan didiamkan sampai benar-benar dingin, dilanjutkan dengan pembuatan lapisan ketiga dengan polimer *Polystyrene* 3%. Variasi kecepatan putar yang digunakan adalah 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm dengan lama waktu pemutaran 30 dan 60 sekon. Hasil dari proses pelapisan tidak semuanya menghasilkan lapisan sesuai yang diinginkan. Hal ini dapat diketahui dengan menggunakan mikroskop. Dari beberapa sampel yang telah

dibuat, tidak semua sampel dapat terlihat oleh kamera dengan jelas. Dan kebanyakan dari sampel yang telah dilapisi *Polystyrene-PMMA-Polystyrene*, kamera hanya bisa menangkap dua lapisan dari tiga lapisan yang telah dibuat. Dan kebanyakan yang terlihat adalah lapisan pertama dan lapisan ketiga, sedangkan lapisan kedua (PMMA) tidak terlihat. Hal ini karena fabrikasi PMMA lebih sulit dari *Polystyrene*. Karena pada larutan PMMA pelarut yang digunakan adalah Kloroform, yang mana Kloroform merupakan pelarut yang memiliki sifat yang mudah sekali menguap, hal ini ditunjukkan dari titik didih Kloroform lebih rendah dari titik didih Toluena. Sehingga pada saat penetasan larutan PMMA di atas permukaan substrat, larutan PMMA sudah menguap terlebih dahulu sebelum dispin (diputar).

Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Dua lapisan tipis yang terlihat kamera

Dari beberapa sampel, hanya ada 6 sampel yang lapisannya terlihat jelas tiga lapis, 3 sampel dengan kecepatan 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm untuk lama waktu pemutaran 30 sekon. Dan 3 sampel lainnya dengan kecepatan 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm dengan waktu 60 sekon. Setelah proses pengambilan gambar, dilakukan perhitungan ketebalan dari lapisan menggunakan Software Microsoft Photo Editor. Dan hasil dari perhitungan ketebalan dari masing-masing lapisan ditunjukkan pada Tabel 4.4. Dari hasil perhitungan yang telah diperoleh diplot pada grafik hubungan antara ketebalan lapisan dan kecepatan putar yang di tunjukkan pada Gambar 4.5-4.10.

Pada Gambar 4.5-4.9 menunjukkan grafik hubungan antara ketebalan lapisan tipis dengan kecepatan putar. Dari grafik diketahui bahwa nilai ketebalan menurun seiring dengan bertambahnya kecepatan. Semakin cepat putaran dari alat spin maka ketebalan lapisan yang dihasilkan semakin tipis. Akan tetapi pada Gambar 4.10 grafik hubungan antara ketebalan lapisan *Polystyrene* 3% (lapisan ketiga) dan kecepatan putar untuk waktu putar 60 sekon terdapat sedikit perbedaan dengan grafik sebelumnya, nilai ketebalan pada kecepatan 1000 rpm lebih kecil dari kecepatan 1500 rpm. Seharusnya nilai ketebalan 1000 rpm lebih besar dari 1500 rpm. Sehingga grafik yang dihasilkan tidak kontinu turun. Hal ini disebabkan ketidakstabilan dari alat Spin pada kecepatan 1000 rpm.

Dari Gambar 4.5-4.10 menunjukkan bahwa nilai ketebalan dipengaruhi oleh kecepatan putar dan lama waktu pemutaran dari alat Spin Coating. Hasil ketebalan lapisan dengan kecepatan 2000 rpm lebih tipis dari kecepatan 1000 rpm. Karena semakin cepat pemutarannya maka larutan yang terpengaruh keluar dari substrat juga semakin banyak akibat adanya gaya Sentrifugal sehingga nilai ketebalan lapisannya menjadi lebih tipis. Selain kecepatan putar ketebalan lapisan juga dipengaruhi oleh lama waktu pemutaran. Waktu putar 60 sekon hasil lapisannya lebih tipis dari waktu putar 30 sekon. Hal ini disebabkan karena semakin lama larutan diputar maka akan semakin banyak larutan yang meluber ke seluruh permukaan substrat sehingga hasil lapisannya lebih tipis dari waktu 30 sekon.

Fabrikasi lapisan tipis dengan menggunakan metode spin coating, tidak selalu sesuai dengan yang diinginkan, ketebalan lapisan pada substrat dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah:

#### 1. Konsentrasi larutan

Konsentrasi larutan yang digunakan dalam proses pelapisan juga berpengaruh pada ketebalan lapisan tipis, dalam penelitian ini konsentrasi untuk larutan *Polystyrene* 3% dan PMMA 2%. Apabila larutan yang digunakan terlalu pekat maka lapisan yang



dihasilkan akan semakin tebal di bagian tertentu dan tidak merata karena terjadi penggumpalan larutan pada saat proses pemutaran, dan jika terlalu encer pada saat pemutaran akan mudah terpecah, sehingga lapisan tipis yang dihasilkan juga tidak merata.

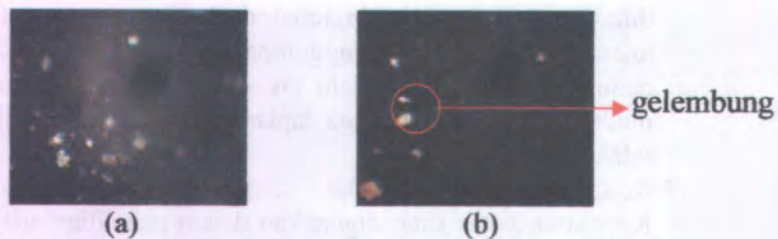
2. Kestabilan dari alat spin dan kecepatan putar

Kecepatan putar yang digunakan dalam penelitian adalah 1000 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm. Ketika alat spin bekerja tidak stabil karena kecepatan yang melebihi batas, hal ini di tunjukkan dengan suara dari alat spin akibat adanya gesekan dari mesin, akan mempengaruhi ketidakteraturan lapisan pada substrat.

3. Proses pengadukan

Proses pengadukan dalam pembuatan larutan harus homogen, yaitu dua bahan yang telah dilarutkan sudah larut menjadi satu dan berwarna bening. Karena hasil larutan akan berpengaruh pada kerataan lapisan. Apabila larutan yang digunakan proses pelapisan kurang homogen, lapisan yang dihasilkan tidak rata. Hal ini disebabkan karena masih terdapat butiran serbuk yang belum larut pada pelarut yang digunakan. Sehingga terdapat gelembung-gelembung akibat serbuk yang belum larut oleh pelarut pada permukaan substrat. Hal ini dapat dilihat secara langsung oleh mata dengan menggunakan mikroskop.

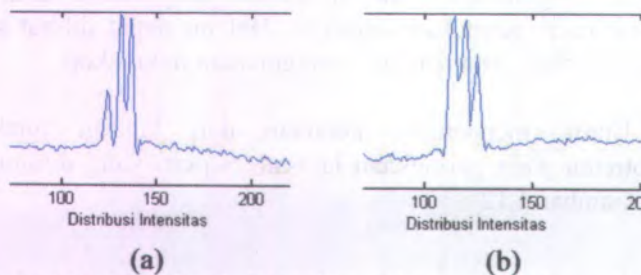
Untuk mengetahui kerataan dari lapisan dilakukan pemotretan pada permukaan lapisan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Kerataan permukaan substrat setelah dilapisi *Polystyrene-PMMA-Polystyrene* (a)1500rpm, (b) 2000rpm.

Dari Gambar 4.12 menunjukkan kerataan lapisan pada sampel, pada gambar tersebut terdapat gelembung-gelembung. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengadukan dari larutan PMMA atau *Polystyrene* belum homogen, masih terdapat sisa-sisa serbuk yang belum larut. Oleh karena itu pada proses pelapisan hasil lapisan tidak rata di seluruh substrat.

Dari sampel lapisan yang telah didapatkan dapat juga digunakan untuk menentukan distribusi intensitas berkas cahaya yang terpantul pada lapisan dengan menggunakan Software Matlab dan program scanloop2



Gambar 4.13 Distribusi intensitas cahaya yang terpandu pada lapisan tipis (a)1000 rpm (b) 1500 rpm untuk waktu pemutaran 60 detik.

Dari Gambar 4.13 menunjukkan distribusi intensitas pada lapisan, pada gambar (a) untuk kecepatan 1000 rpm diketahui tingkat intensitas berkas cahaya terpantul yang paling besar adalah pada lapisan kedua (PMMA) dan pada lapisan pertama dan

lapisan ketiga intensitasnya tidak sama, hal ini menunjukkan bahwa lapisan kurang bersih masih terdapat debu atau lemak yang menempel, sehingga cahaya yang terpantul dari lapisan tidak sama. Pada Gambar (b) kecepatan 1500 rpm menunjukkan distribusi intensitas berkas cahaya yang terpantul yang paling besar adalah pada lapisan pertama (*Polystyrene*), padahal lapisan pertama dan lapisan ketiga (*Polystyrene*) memiliki parameter yang sama. Hal ini juga disebabkan masih terdapat debu atau lemak yang menempel pada lapisan. Sehingga cahaya yang terpantul dari lapisan tidak sama.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Fabrikasi lapisan tipis struktur tiga lapis dengan bahan polimer *Polystyrene* 3% dan PMMA 2% telah berhasil dilakukan.
2. Proses fabrikasi lapisan tipis dengan menggunakan pelarut Kloroform lebih sulit daripada pelarut Toluena.
3. Penambahan kecepatan pada lapisan tipis mengakibatkan perubahan pada ketebalan lapisan tipis.
4. Ketidakrataan lapisan tipis disebabkan beberapa faktor antara lain kestabilan alat spin coating, kecepatan putar, konsentrasi larutan, dan proses pengadukan.

### 5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan masih terdapat banyak kekurangan, sehingga masih perlu adanya perbaikan pada penelitian selanjutnya agar lebih sempurna yaitu pada:

1. Mengukur ketebalan lapisan menggunakan kamera yang mempunyai kemampuan resolusi tinggi.
2. Dilakukan dengan variasi kecepatan putar, lama waktu pemutaran dan konsentrasi lebih banyak lagi sehingga diperoleh data yang lebih akurat.
3. Pembuatan lapisan tipis dilakukan dengan variasi bahan polimer yang lain selain *Polystyrene* dan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA).



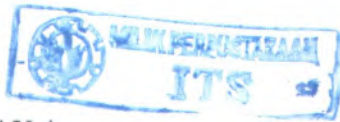
## DAFTAR PUSTAKA

- Asrori, M.Z, 2002, *Buku Ajar Fisika Polimer*, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya, hal (48-51)
- Agung, Yohanes Budi, 2007, *Analisis Karakteristik Pemanduan Gelombang pada Lapisan Tipis Polymethyl Methacrylate (PMMA)*, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya
- Wahyuningsih, Atiek Eka, 2007, *Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Ketebalan Lapisan Tipis Bahan Polystyrene Hasil Fabrikasi dengan Teknik Spin Coating*, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- Heavens, O.S, 1991, *Optical Properties of Thin Solid Film*, Dovers Publication Inc New York, Hal 55-57
- Muniroh, Kiswatul, 2007, *Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Ketebalan Lapisan Tipis Bahan PMMA Hasil Fabrikasi dengan Teknik Spin Coating*, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- Roos and Immonen, April 2002, *Polymers for Optical Waveguides*, Technology Evaluation Report for Optical Interconnections and Enabling Technologies, Helsinki University of technology:20-21
- Rubiyanto, Agus dan Rohedi, Ali Yunus, 2003, *Buku Ajar Optika Terpadu*, Jurusan Fisika ITS, Surabaya.
- Suseno, A. 2007, *Fabrikasi dan Karakteristik Ketebalan Lapisan tipis Polymethyl Methacrylate (PMMA) dengan Teknik Spin Coating*, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.

[Http://en.wikipedia.org/wiki/Polystyrene.](http://en.wikipedia.org/wiki/Polystyrene)

[Http://en.wikipedia.org/wiki/Klorofom](http://en.wikipedia.org/wiki/Klorofom)

[Http://en.wikipedia.org/wiki/Toluena](http://en.wikipedia.org/wiki/Toluena)



LAMPIRAN A

PERHITUNGAN PROSEN BERAT POLYSTYRENE DAN PMMA

Untuk menentukan prosen berat Polystyrene dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini:

% berat = (mPs / (mPs + mT)) X 100%.....(1)

Dengan mPs= massa serbuk Polystyrene (gram)

mT = massa toluene (gram)

Sehingga persamaan (1) dapat digunakan untuk menentukan massa dari pelarut Toluena yang digunakan:

3% = (mPs / (mPs + mT)) X 100%

3% = (0,5401 / (0,5401 + mT)) X 100%

mT = 17,4623 gr

Dari rumusan massa jenis bahan Toluena maka dapat diketahui volume dari Toluena

P = (mT / V) => V = (mT / rho)

Dengan rhoToluena = 0,8669 gr/cm^3

mToluena = 17,4623 gr

VToluena = volume Toluena ml

Maka, Vtoluena = (17,4623 / 0,8669) = 20 ml

Sedangkan untuk menentukan prosen berat PMMA menggunakan persamaan berikut ini:

% berat = (mPmma / (mPmma + mK)) X 100%.....(2)

Dengan mPMMA = Massa serbuk PMMA (gram)

$mK$  = Berat Kloroform (gram)

Maka persamaan (2) dapat digunakan untuk menentukan massa dari pelarut Kloroform yang digunakan:

$$2\% = \frac{mP_{mma}}{mP_{mma} + mK} \times 100\%$$

$$2\% = \frac{0,5086}{0,5086 + MK} \times 100\%$$

$$mK = 24,9214 \text{ gr}$$

Dari rumusan massa jenis bahan Kloroform maka dapat diketahui volume dari Kloroform:

$$P = \frac{mK}{V} \Rightarrow V = \frac{mK}{\rho}$$

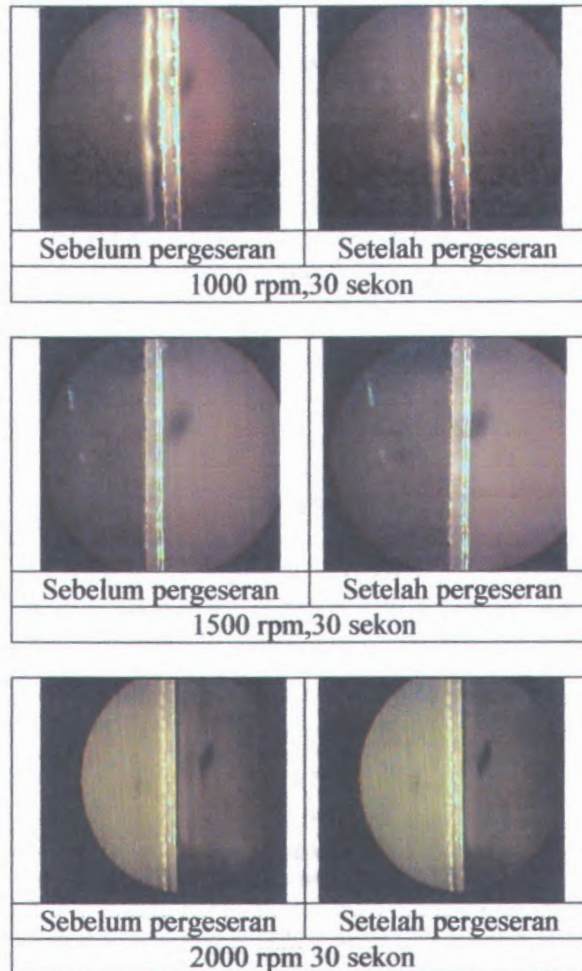
Dengan  $\rho_{\text{Kloroform}} = 1,484 \text{ gr/cm}^3$

$m_{\text{Kloroform}} = 24,9214 \text{ gr}$

$V_{\text{Kloroform}} = \text{Volume Kloroform (ml)}$

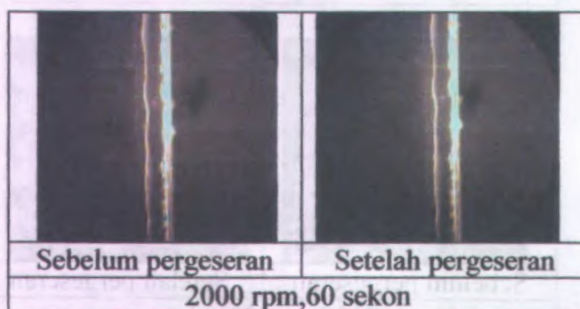
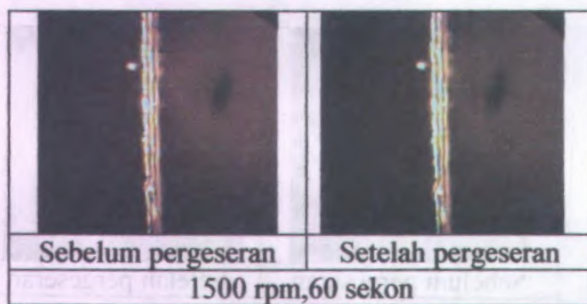
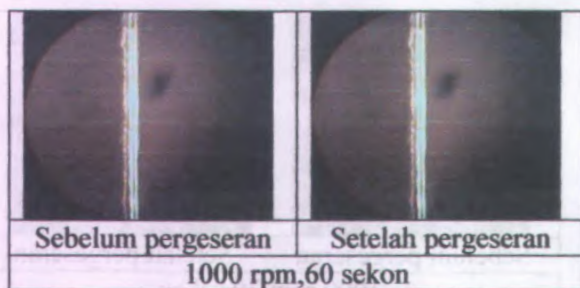
$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_{\text{Kloroform}} &= \frac{24,9214}{1,484} \\ &= 16,79 \text{ ml} \end{aligned}$$

## LAMPIRAN B



Gambar (B) Lapisan tipis dengan waktu putar 30 sekon

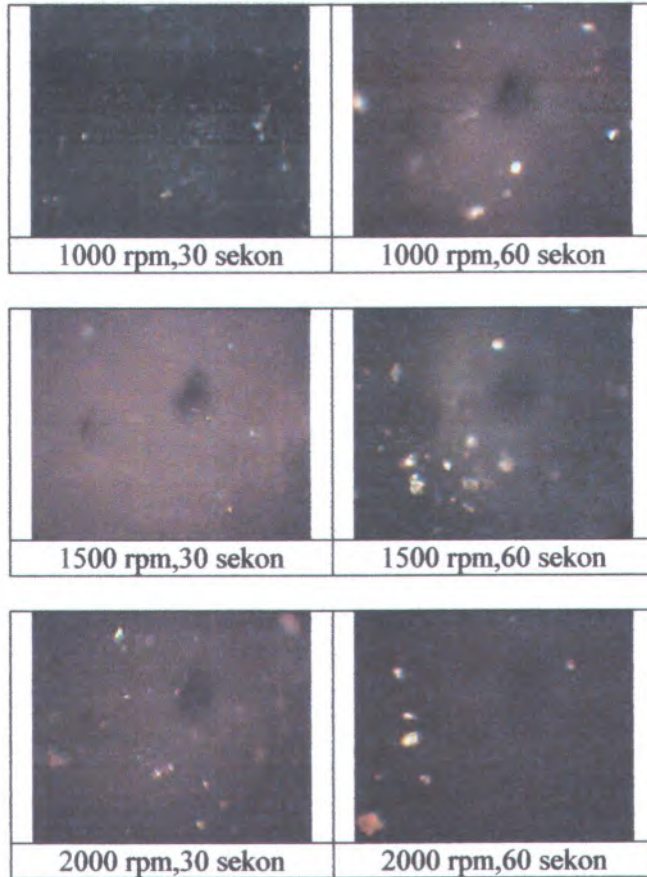
## LAMPIRAN C



Gambar (C) Lapisan tipis dengan waktu putar 60 sekon

## LAMPIRAN D

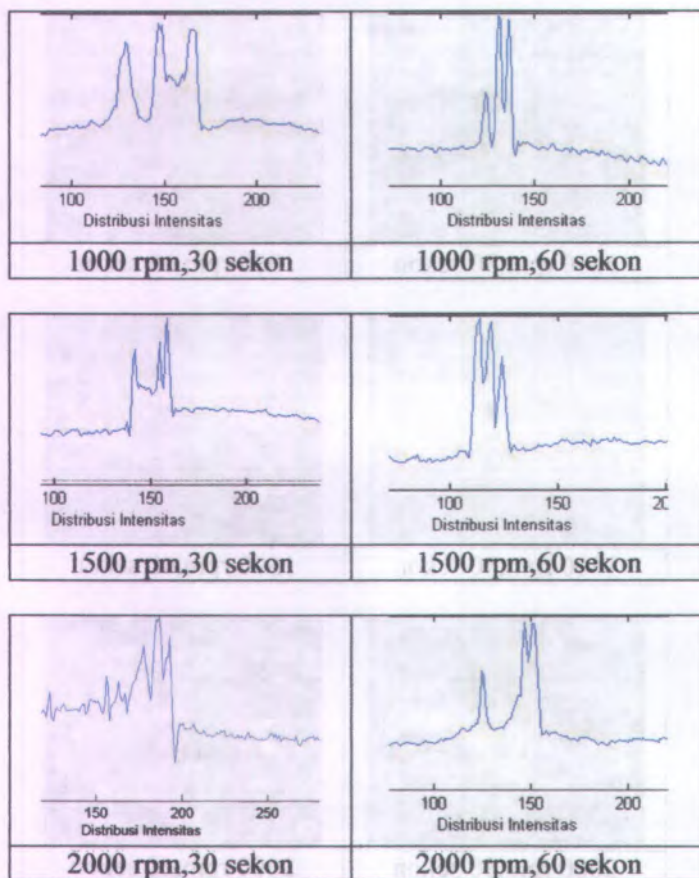
## GAMBAR KERATAAN PERMUKAAN LAPISAN



Gambar (D) Permukaan substrat yang dilapisi larutan PS-PMMA-PS

## LAMPIRAN E

## GAMBAR DISTRIBUSI INTENSITAS



Gambar (E) Distribusi intensitas cahaya pada masing-masing lapisan



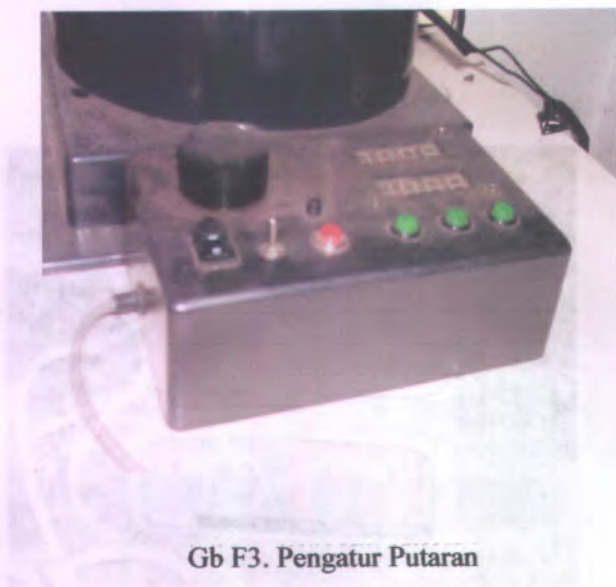
**LAMPIRAN F**  
**GAMBAR PERALATAN**



Gb F1. Magnetik Stirrer



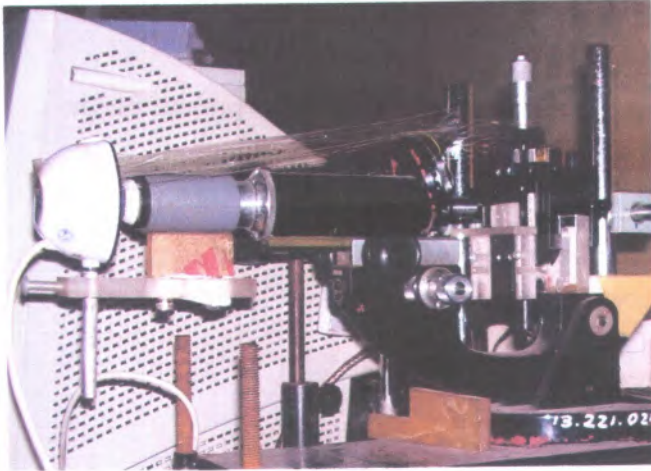
Gb F2. Peralatan Spin Coating



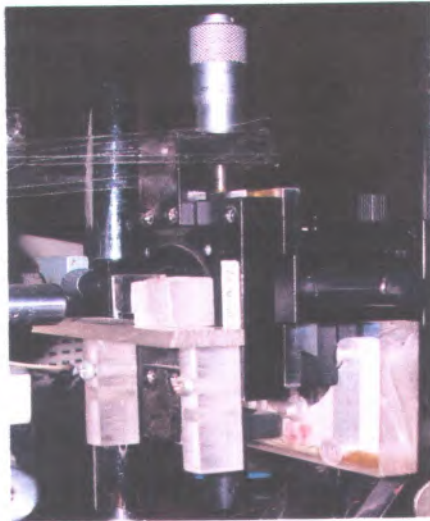
Gb F3. Pengatur Putaran



Gb F4. Pompa Vakum



Gb F5. Mikroskop



Gb F6. Positioning Sampel

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan dikota Lamongan, 8 Agustus 1985. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Wijaya Kusuma German, SDN German, SLTP Sunan Drajat Sugio, SMUN 1 Lamongan. Setelah lulus dari SMUN 1 Lamongan tahun 2004, Penulis mengikuti PMDK dan diterima di Jurusan Fisika FMIPA ITS pada tahun 2004 dan terdaftar dengan NRP 1104 100 001. Di Jurusan Fisika Penulis mengambil Bidang Studi Optik dan Optoelektronika. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMASIKA) ITS. Selain itu Penulis juga aktif sebagai Asisten Dosen Praktikum Fisika Dasar, dan juga aktif sebagai Asisten Dosen mata kuliah Fisika Dasar di ITS.