

# Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Tebal Lapisan Tipis dengan Metode *Spin Coating*

Mohammad Istajarul Alim, Annisa Nurul Aini, Muhadha Shalatin, Diky Anggoro  
Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Raya ITS, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail*: anggorodiky@gmail.com

**Abstrak**—Pengaruh kecepatan putar terhadap tebal lapisan tipis dengan metode *spin coating* merupakan suatu percobaan dengan memutar cairan sehingga didapatkan lapisan tipis. Tujuan dari percobaan ini yaitu untuk membuat dan memahami lapisan tipis pada material *Polymethyl Methacrylate* (PMMA). Suatu substrat berupa kaca preparat diberikan tetesan PMMA dan dilakukan pemutaran radial dengan kecepatan tinggi. PMMA tersebut kemudian akan membentuk suatu lapisan tipis karena adanya gaya sentrifugal. Lapisan tipis PMMA selanjutnya dilakukan pengamatan melalui mikroskop dan ditentukan panjang satu pikselnya untuk menentukan ketebalan dari lapisan tipis tersebut. Prinsip dari percobaan ini yaitu berdasarkan gaya pada gerak melingkar yaitu gaya sentrifugal. Dimana gaya sentrifugal berperan sebagai gaya yang menyebabkan cairan PMMA menyebar kesegala arah menutupi kaca preparat. Hasil yang didapatkan berdasarkan percobaan ini yaitu didapatkan ketebalan lapisan tipis PMMA dengan kecepatan 800 rad/s sebesar 0,124 mm, dengan kecepatan 1500 rad/s sebesar 0,163 mm dan kecepatan 2000 rad/s sebesar 0,154 nm.

**Kata Kunci**—Gerak melingkar, lapisan tipis, *Polymethyl Methacrylate*.

## I. PENDAHULUAN

Kehidupan ini tidak lepas dari satuan panjang. Dimana secara umum satuan panjang yang digunakan merupakan satuan meter. Batas tertinggi dari satuan meter merupakan eksameter dengan besarnya  $10^{18}$  meter dan batas terendahnya yaitu attometer dengan besarnya  $10^{-18}$  meter. Dalam dunia mikro, biasanya satuan yang digunakan adalah mikrometer hingga nanometer. Kedua satuan ini tentunya sangat banyak digunakan dalam dunia mikro untuk mempermudah penulisan angka, tak terkecuali dari suatu lapisan tipis. Kebanyakan lapisan tipis yang terbentuk mencapai satuan mikrometer hingga nanometer. Ada banyak cara teknik fabrikasi lapisan tipis pada saat ini hingga menyentuh satuan mikrometer atau nanometer. Yang paling banyak digunakan merupakan dengan cara metode *spin coating*. Dengan metode ini diharapkan lapisan tipis yang dibentuk sangat baik dengan cara fabrikasinya yang mudah. Maka dengan itu sangat diperlukan pembahasan metode *spin coating* dengan lebih dalam lagi.

Lapisan tipis merupakan suatu material yang memiliki ketebalan sangat tipis dalam satuan nanometer hingga mikrometer. Didalam suatu industri sangat banyak akan menggunakan dari lapisan tipis. Biasanya lapisan tipis digunakan oleh industri polimer yang dipicu akan bahan-bahan mikroelektronika dan kebutuhan lain akan komponen miniatur. Didalam bidang mengenai lapisan tipis akan ada pembahasan mengenai lapisan tipis pada daerah bebas dan lapisan tipis pada daerah substrat. Dimana dalam lapisan tipis

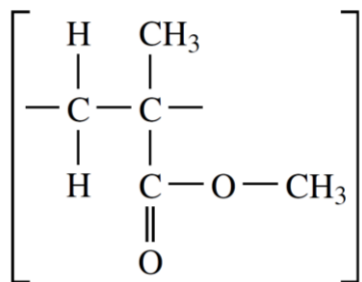
yang bebas merupakan suatu lapisan tipis yang menggunakan polimer udara akan mempengaruhi perilaku polimer sebagai lapisan tipis tersebut akan berkurang dalam hal ketebalan. Artinya didalam lapisan tipis yang bebas kita akan memiliki suatu ketebalan lapisan yang amat benar-benar tipis. Kemudian untuk lapisan tipis pada daerah substrat merupakan suatu lapisan tipis yang menggunakan substrat padatan atau cair yang kemudian diuapkan untuk menghasilkan lapisan tipis yang dimaksud. Untuk lapisan tipis ini sangat banyak digunakan sebagai penelitian mengenai pola perilaku apabila terdapat cahaya yang ditransmisikan melewati substrat pada lapisan tipis [1].

Pandu gelombang merupakan medium yang digunakan untuk memandu gelombang. Dimana pandu gelombang berprinsip mentransmisikan gelombang-gelombang yang ada tanpa menghilangkan gelombang itu keluar sebelum seharusnya keluar. Konsep dari pandu gelombang banyak digunakan sebagai alat transportasi optik dan sinyal dari suatu titik ke titik yang lain. Pandu gelombang menggunakan bentuk reflektansi ketika suatu gelombang ingin dibelokkan. Dengan begitu, dapat diharapkan seluruh gelombang dapat keluar dari medium pandu gelombang secara total [2].

Banyak teknik yang digunakan untuk pembuatan lapisan tipis. Dimana pada saat ini dalam pembuatan lapisan tipis banyak dilakukan dengan cara teknik pemutaran lapisan. Teknik ini sering disebut dengan *spin coating*. Pada dasarnya suatu larutan berbentuk cair yang biasanya menggunakan polimer diberikan pada suatu medium. Kemudian polimer tersebut diputar dengan kecepatan tinggi sehingga polimer dikenai oleh gaya sentrifugal. Karena adanya gaya tersebut yang mengakibatkan larutan lapisan tipis akan merata diseluruh permukaan medium. Dengan begitu, lapisan tipis pun dapat dibentuk dengan menggunakan metode *spin coating* atau pemutaran lapisan [1].

Pada dasarnya pembuatan lapisan tipis dengan menggunakan metode *spin coating* dengan cara melakukan gerak rotasi pada larutan secara dipercepat. Namun sebelum itu kita perlu menyiapkan substrat yang biasanya berupa kaca preparat. Larutan kemudian diteteskan pada substrat sebagai mediumnya dengan menggunakan penetes. Banyak atau sedikitnya larutan yang digunakan tidak akan mempengaruhi dari hasil akhir lapisan tipis. Kemudian setelah diberikan larutan pada substrat dilakukan perputaran rotasi dipercepat hingga kekecepatan tinggi. Larutan akan berusaha menjauhi titik pusat perputaran hingga seluruh permukaan substrat tertutupi oleh larutan larutan dan untuk kelebihan larutan akan terpental keluar dari medium. Setelah itu dapat dimatikan perputarannya dan dilakukan pemanasan hingga lapisan tipis membentuk suatu padatan dengan ketebalan dalam skala mikro atau bahkan hingga menyentuh skala nanometer [1].

PMMA atau merupakan singkatan dari *polymethyl methacrylate* merupakan suatu polimer termoplastik transparan yang bukan sejenis kaca berbasis silika. Polimer jenis ini memiliki nilai modulus tarik yang relatif tinggi pada penggunaan suhu ruangan. PMMA juga digolongkan sebagai material yang mudah rapuh karena tingkat frakturnya yang relatif tinggi. *polymethyl methacrylate* merupakan suatu polimer non kristalin dan berwujud transparan, dimana karakterisasi struktural utama yang mempengaruhi transmisi cahaya pada polimer merupakan kristalinitas. Seperti pada bahan keramik yang memiliki batas butir, pori, dan partikel yang memiliki urutan panjang gelombang cahaya akan menciptakan hamburan. Dimana kristal dalam polimer bertindak sebagai hamburan dipusatnya. Selain *polymethyl methacrylate*, terdapat material lain sejenis yang merupakan bagian dari polimer non kristalin yang berwujud transparan. Sebagai contoh merupakan polikarbonat dan polistiren. Secara struktur kimiawi, *polymethyl methacrylate* dapat digambarkan ikatannya seperti pada gambar 1 [3].



Gambar 1. Struktur *polymethyl methacrylate*

Konsep gerak dalam melakukan *spin coating* merupakan konsep gerak melingkar. Dimana berdasarkan gerak melingkar terdapat gaya sentripetal dan gaya khayal sentrifugal pada arah horizontal. Sedangkan pada arah vertikal tentunya terdapat gaya berat yang akan menghasilkan gaya gesek antara substrat dengan larutan. Mengenai gaya gesek, hanya akan terjadi pada saat dilakukan percepatan. Dimana arah gaya gesek searah dengan perputaran larutan *spin coating*. Namun untuk gaya gesek ini sebenarnya merupakan gaya sekunder yang bisa diabaikan dalam penerapan *spin coating*. Kemudian untuk gaya sentripetal mengambil peran penting. Dimana gaya ini merupakan gaya utama dalam gerak melingkar [4].

II. METODE PENELITIAN

Pada percobaan pengaruh kecepatan putar terhadap tebal lapisan tipis dengan menggunakan metode *spin coating* dilakukan untuk menentukan ketebalan dari lapisan tipis itu sendiri. Dimana metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.1 Peralatan dan Bahan

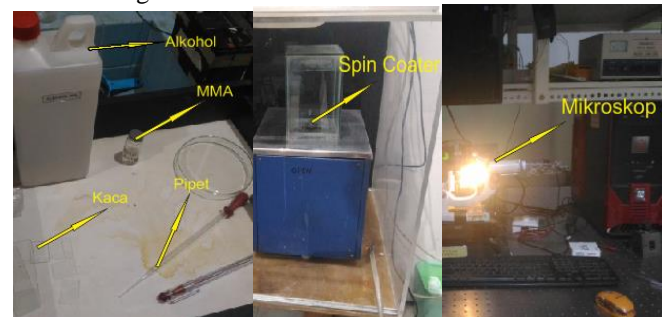
Dalam percobaan ini, peralatan dan bahan yang digunakan dalam percobaan yaitu kaca preparat yang digunakan sebagai medium lapisan tipis. Digunakan larutan PMMA sebagai material yang akan dijadikan lapisan tipis. Menghaluskan kaca preparat digunakan amplas kertas. Mensterilkan kaca preparat dengan digunakannya alkohol 96%. *Spin Coater* digunakan untuk dilakukannya perputaran substrat dan kaca preparat. Pipet tetes digunakan untuk dilakukannya penetesan larutan PMMA ke atas medium kaca preparat. Pengamatan tebal lapisan digunakan mikroskop sebagai pembesar gambar dan software gambar beserta komputer untuk ditentukannya piksel gambar.

2.2 Skema kerja

Langkah kerja dilakukannya percobaan pengaruh kecepatan putar terhadap tebal lapisan tipis dengan metode *spin coating* yaitu peralatan dan bahan disiapkan terlebih dahulu. Amplas kemudian digunakan untuk dihaluskannya kedua sisi samping kaca preparat. Kaca preparat selanjutnya dibersihkan dengan menggunakan alkohol 96%. Larutan PMMA kemudian diaplikasikan pada kaca preparat dengan digunakannya pipet tetes. Kaca preparat beserta larutan dimasukan kedalam *spin coater* dan dilakukan penghisapan gas, lalu *spin coater* dinyalakan selama 2 menit. Percobaan tersebut kemudian diulangi untuk kecepatan putar yang berbeda. Selanjutnya, kaca preparat beserta lapisan tipis dilakukan pengamatan dengan digunakannya mikroskop untuk menentukan besarnya nilai tiap piksel dan dilakukan konversi untuk tebal lapisan tipis itu sendiri dengan menggunakan aplikasi *software web cam* dan *software photoeditor*.

2.3 Skema Alat

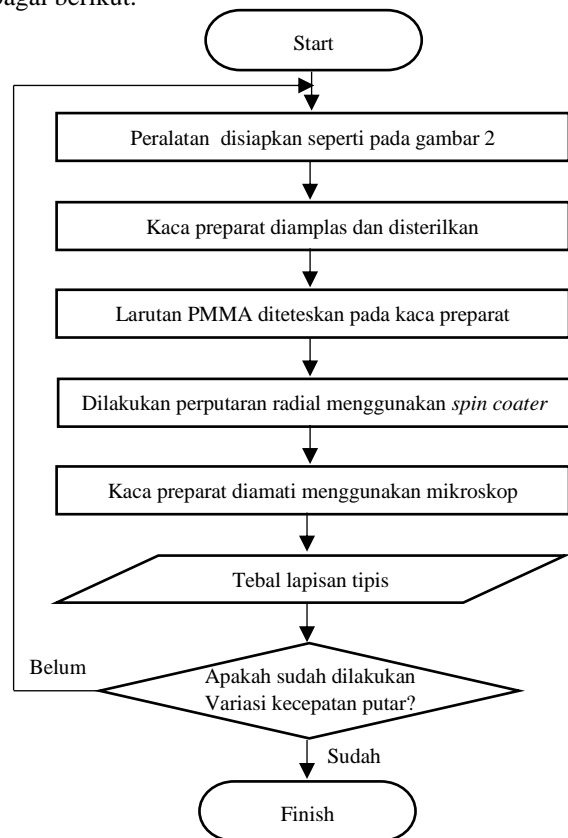
Adapun skema alat yang digunakan dalam percobaan adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Skema alat dalam percobaan

2.4 Diagram alir

Diagram alir yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram alir percobaan

III. HASIL DAN DISKUSI

Data yang telah didapatkan pada percobaan pengaruh kecepatan putar terhadap tebal lapisan tipis dengan metode *spin coating* dapat ditulis dalam bentuk tabel. Data tersebut kemudian dapat digunakan untuk menentukan tebal lapisan tipis dalam satuan meter. Hasil akhir nantinya dapat digunakan untuk pembahasan mengenai lapisan tipis itu sendiri.

3.1 Analisa Data

Berdasarkan hasil percobaan, didapatkan nilai piksel untuk menentukan tebal dalam satuan meter dan ketebalan lapisan tipis dalam satuan piksel setiap beda kecepatan putarnya. Adapun data nilai piksel untuk menentukan tebal dalam satuan meter dapat ditampilkan pada tabel 1. Sedangkan untuk data ketebalan lapisan tipis dalam satuan piksel setiap beda kecepatan putarnya dapat ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 1. Data nilai piksel untuk menentukan tebal dalam satuan meter

ΔPergeseran (mm)	X awal (piksel)	Y awal (piksel)	X akhir (piksel)	Y akhir (piksel)
0,15	935	389	884	385
0,15	884	385	830	400
0,15	830	400	773	400
0,15	773	400	717	400
0,15	717	400	664	398

Tabel 2. Data ketebalan lapisan dalam satuan piksel

Kecepatan (rad/s)	Daerah	X awal (piksel)	Y awal (piksel)	X akhir (piksel)	Y akhir (piksel)
800	Atas	546	389	501	395
	Tengah	546	400	501	404
	Bawah	546	411	501	414
1500	Atas	622	389	564	368
	Tengah	622	395	564	395
	Bawah	622	403	564	402
2000	Atas	659	378	603	377
	Tengah	659	381	603	381
	Bawah	659	385	603	384

3.2 Perhitungan

Dari data percobaan yang telah didapatkan, dapat digunakan untuk menentukan nilai 1 piksel dalam satuan meter. Selain itu berdasarkan nilai 1 piksel tersebut dapat ditentukan untuk nilai ketebalan lapisan tipis dalam satuan meter. Adapun contoh perhitungannya dapat ditampilkan sebagai berikut ini.

Diketahui : Data untuk menentukan tebal 1 piksel

- X awal = 935 piksel
- Y awal = 389 piksel
- X akhir = 884 piksel
- Y akhir = 385 piksel
- Δ pergeseran = 0,15 mm

Data untuk menentukan tebal lapisan

- X awal = 546 piksel
- Y awal = 389 piksel
- X akhir = 501 piksel
- Y akhir = 395 piksel

Ditanya : Tebal 1 piksel dan tebal lapisan tipis?

Solusi :

- Tebal 1 piksel

$$1 \text{ piksel} = \frac{\Delta \text{ pergeseran}}{\sqrt{(x \text{ awal} - x \text{ akhir})^2 + (y \text{ awal} - y \text{ akhir})^2}}$$

$$1 \text{ piksel} = \frac{0,15}{\sqrt{(935 - 884)^2 + (389 - 385)^2}}$$

$$1 \text{ piksel} = 2,93 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

- Tebal lapisan

$$\text{Tebal} = 1 \text{ piksel} \times \sqrt{(x \text{ awal} - x \text{ akhir})^2 + (y \text{ awal} - y \text{ akhir})^2}$$

$$\text{Tebal} = 2,93 \times 10^{-3} \times \sqrt{(546 - 501)^2 + (389 - 385)^2}$$

$$\text{Tebal} = 0,13 \text{ mm}$$

Berdasarkan data tersebut, maka nilai ketebalan tiap piksel dan ketebalan lapisan dapat ditentukan. Adapun data untuk nilai ketebalan tiap piksel dapat ditampilkan pada tabel 3 dan ketebalan lapisan dapat ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 3. Nilai ketebalan tiap piksel

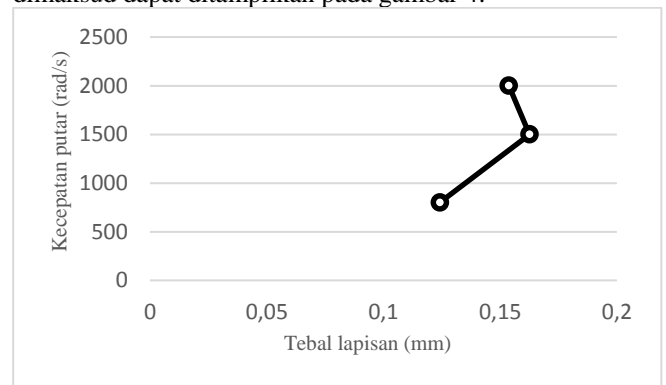
Pergeseran ke	Tebal 1 piksel (x10 <sup>-3</sup> mm)	Rata-rata tebal 1 piksel (x10 <sup>-3</sup> mm)
1	2,93	2,75
2	2,68	
3	2,63	
4	2,68	
5	2,83	

Tabel 4. Nilai ketebalan lapisan

Kecepatan (rad/s)	Daerah	Tebal (mm)	Rata-rata tebal (mm)
800	Atas	0,125	0,124
	Tengah	0,124	
	Bawah	0,124	
1500	Atas	0,170	0,163
	Tengah	0,159	
	Bawah	0,159	
2000	Atas	0,154	0,154
	Tengah	0,154	
	Bawah	0,154	

3.3 Grafik

Berdasarkan nilai tebal lapisan tipis yang telah diperoleh, maka dapat ditulis dalam bentuk grafik hubungan kecepatan putar dengan tebal lapisan tipis. Adapun grafik yang dimaksud dapat ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Hubungan kecepatan putar dengan tebal lapisan

3.4 Pembahasan

Percobaan pengaruh kecepatan putar terhadap tebal lapisan tipis dengan metode *spin coating* dapat ditemukan gejala pandu gelombang. Dimana pandu gelombang sendiri merupakan gejala dimana suatu gelombang dapat dibelokkan oleh suatu medium sehingga diharapkan gelombang tersebut tidak menyebar kemana-mana, atau dalam artian gelombang masuk akan sama dengan gelombang keluar. Apabila dikaitkan dengan percobaan ini, maka pandu gelombang dapat ditemukan pada lapisan tipis itu sendiri. Secara kasat mata, terjadinya pandu gelombang pada percobaan ini dapat diketahui oleh adanya cahaya yang lebih terang daripada sekitarnya pada daerah lapisan tipis. Dengan adanya pandu gelombang tersebut, maka akan menguntungkan bagi pengamat karena mempermudah dalam membedakan antara lapisan tipis dengan medium kaca preparat.

Dalam pembentukan lapisan tipis, maka dibutuhkan kecepatan putar berdasarkan percobaan *spin coating*. Hal ini dikarenakan kecepatan putar berperan sebagai proses pemerataan cairan yang akan menjadi lapisan tipis pada medium kaca preparat. Pembentukan lapisan tipis dapat terjadi pada mesin *spin coater* yang dapat diatur kecepatan putarnya mulai dari kecepatan rendah ke kecepatan tertinggi yang dapat dilakukan oleh *spin coater*. Karena selama proses dilakukannya perputaran radial pada *spin coater* mengalami suatu gerak, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja saat pembentukan lapisan tipis. Dimana gaya-gaya tersebut adalah gaya sentrifugal, gaya gesek, dan gaya adhesi. Gaya sentrifugal merupakan gaya yang sangat berperan penting dalam pembentukan lapisan tipis. Hal ini dikarenakan gaya sentrifugal menyebabkan larutan yang digunakan menjadi lapisan tipis dapat menyebar secara rata diseluruh permukaan medium kaca preparat. Kemudian untuk gaya gesek dan gaya kohesi adhesi memiliki peranan yang sangat kecil. Untuk gaya gesek sendiri arahnya berlawanan dengan arah gerak kaca preparat ataupun cairan sebagai lapisan tipis. Sedangkan gaya kohesi adhesi menyebabkan interaksi antar larutan zat lapisan tipis dengan medium kaca preparat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tebal lapisan tipis sejatinya dapat ditinjau secara beberapa sudut pandang. Dimana faktor tebal lapisan tipis secara sudut pandang lapisan itu sendiri terdiri dari nilai viskositas zat lapisan tipis dan susunan molekul zat lapisan tipis. Untuk nilai viskositas apabila digunakan viskositas yang tinggi akan menyebabkan lapisan tipis lebih sulit bergerak sehingga lapisan yang terbentuk kurang tipis. Sedangkan untuk susunan molekul zat lapisan tipis akan bergantung pada ikatan-ikatannya. Dimana kebanyakan lapisan tipis terbuat dari bahan polimer. Selanjutnya untuk faktor tebal lapisan tipis karena adanya perilaku terhadap lapisan tipis yaitu adanya kecepatan putar dan kondisi lingkungan. Untuk faktor kecepatan putar, maka semakin cepat kecepatan putarnya akan menghasilkan lapisan yang lebih tipis. Sedangkan untuk kondisi lingkungan sangat bergantung pada suhu sekitar dan tingkat kelembapannya.

Berdasarkan hasil percobaan yang diperoleh, didapatkan nilai lapisan tipis berdasarkan perilaku kecepatan putar. Dimana tebal lapisan tipis berdasarkan urutan dari ketebalan terendah ke tertinggi adalah pada kecepatan putar 800 rad/s, 2000 rad/s, dan 1500 rad/s. Hasil yang didapatkan tersebut sejatinya tidak sesuai dengan teori yang ada. Dimana seharusnya nilai ketebalan terendah adalah 2000 rad/s dan ketebalan tertinggi adalah 800 rad/s. Adanya perbedaan antara nilai tebal lapisan tipis secara percobaan dan teori karena faktor eror. Dimana faktor eror pada percobaan ini terjadi karena adanya paralaks antar pembuatan lapisan kecepatan putar 800 rad/s dengan pembuat lapisan kecepatan putar 1500 rad/s dan 2000 rad/s.

Fabrikasi lapisan tipis sejatinya diperlukan tingkat ketelitian yang tinggi. Dimana hasil akhir yang didapat nantinya ada pada nilai satuan yang relatif kecil. Mulai dari tingkat kesterilan yang tinggi hingga proses pengamplasan yang sehalus mungkin harus diterapkan selama fabrikasi lapisan tipis. Apabila hal hal seperti itu dilakukan dengan benar dan teliti, maka diharapkan fabrikasi dari lapisan tipis memiliki tingkat keakuratan yang tinggi.

#### IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada percobaan pengaruh kecepatan putar terhadap tebal lapisan tipis dengan

metode *spin coating* yaitu dalam melakukan fabrikasi lapisan tipis dapat digunakan dengan metode *spin coating*, dimana larutan lapisan tipis akan diputar secara radial hingga membentuk suatu lapisan tipis. Kemudian lapisan tipis dapat dibuat dengan menggunakan material polimer *polymethyl methacrylate* (PMMA) dengan hasil akhir untuk kecepatan putar 800 rad/s adalah 0,124 mm, kecepatan putar 1500 rad/s adalah 0,163 mm dan kecepatan putar 2000 rad/s adalah 0,154 rad/s.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Beck, C E. *Characterization of Spin Coated Polymers in Nano-environments as a Function of Film Thickness*. Blacksburg : Virginia Polytechnic Institute (2001)
- [2] Parker, M A. *Physics of Optoelectronics*. New York : Taylor & Francis Group (2005)
- [3] Mitchell, B S. *An Introduction to Materials Engineering and Science*. New York : John Wiley & Sons (2004)
- [4] Young, H D. *Fisika Universitas*. Jakarta : Erlangga (2002)

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Saya selaku penulis laporan ini dan praktikan dari percobaan pengaruh kecepatan putar pada tebal lapisan tipis dengan metode *spin coating* mengucapkan terimakasih kepada segenap asisten laboratorium Fisika optik. Terimakasih saya sampaikan kepada saudara Annisa Nurul Aini dan Muhadha Shalatin sebagai asisten laboratorium dari percobaan pengaruh kecepatan putar pada tebal lapisan tipis dengan metode *spin coating*. Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang terkait dalam praktikum pengaruh kecepatan putar pada tebal lapisan tipis dengan metode *spin coating* baik saat melakukan percobaan serta dalam melakukan penyusunan laporan praktikum ini.

#### LAMPIRAN



Gambar 5. v 800 rad/s awal

Gambar 6. v 800 rad/s akhir



Gambar 7. v 1500 rad/s awal

Gambar 8. v 1500 rad/s akhir



Gambar 9. v 2000 rad/s awal

Gambar 10. v 2000 rad/s akhir



Gambar 11. Pergeseran sebanyak 5 kali dengan delta 0,15 mm