



## **LAPORAN PENELITIAN**

# **FABRIKASI DAN KARAKTERISASI PANDU GELOMBANG PLANAR POLIMER TERKONJUGASI**

**Oleh:**

**Dr. rer. nat. Ayi Bahtiar, M.Si.**

**Dr. Fitrilawati, M.Sc.**

**Dra. Yayah Yuliah, M.S.**

**I. Made Joni, S.Si., M.Sc.**

**DIBIYAI OLEH DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI,  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL SESUAI DENGAN PERJANJIAN  
PELAKSANAAN PEKERJAAN PENELITIAN  
NOMOR 013/SP3/PP/DP2M/II/2006  
TANGGAL 1 FEBRUARI 2006  
TAHUN ANGGARAN 2006**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PADJADJARAN**

**Oktober 2006**

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN HIBAH BERSAING**

---

1. a. . Judul Penelitian : Fabrikasi dan Karakterisasi Pandu gelombang Planar  
Polimer Terkonjugasi  
b. Kategori Penelitian : I/II/III

---

2. Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap dan Gelar : DR. rer. nat. Ayi Bahtiar, M. Si.  
b. Jenis Kelamin : Laki-laki  
c. Pangkat/Golongan/NIP : Penata Muda Tk.I/III-b/132169935  
d. Jabatan Fungsional : Lektor  
e. Fakultas/Jurusan : MIPA/Fisika  
f. Perguruan Tinggi : Universitas Padjadjaran  
d. Bidang Ilmu yang Diteliti : Fisika Material Optik

---

3. Jumlah Tim Peneliti : 3 orang

---

4. Lokasi Penelitian : a. Laboratorium Fisika Material UNPAD  
Jl. Raya Jatinangor km. 21 Sumedang  
b. Lab. Nonlinear Optics, MPI Polymer Research  
Ackermannweg 10, D-55128 Mainz, Germany

---

5. Jangka Waktu Penelitian : 2 (dua) tahun

---

6. Biaya yang diperlukan : Rp. 100.000.000,-

---

Jatinangor, 11 Oktober 2006

Mengetahui  
Dekan Fakultas MIPA

Ketua Peneliti

Prof. Dr. Husein H. Bahti  
NIP. 130344456

DR. rer. nat. Ayi Bahtiar, M. Si.  
NIP. 132169935

Menyetujui  
Ketua Kelembagaan Penelitian

Prof. Dr. Johan S. Masjhur, dr., SpPD-KE., SpKN  
NIP. 130 256 894

## RINGKASAN

# FABRIKASI DAN KARAKTERISASI PANDU GELOMBANG PLANAR POLIMER TERKONJUGASI

Ayi Bahtiar, Fitrilawati, Yayah Yuliah, I. Made Joni

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran  
Bandung

**NOMOR 013/SP3/PP/DP2M/II/2006**

Film tipis polimer organik merupakan bagian yang sangat penting dalam perkembangan teknologi fotonik seperti untuk *integrated optics*, laser, LED, sel surya dan divais optik nonlinier. Pandu gelombang planar sangat cocok dikembangkan untuk *integrated optics* (IO), karena mudah difabrikasi dan dapat diintegrasikan dengan komponen optik yang lain. Pandu gelombang dapat dibuat dari film tipis dengan indeks bias yang sesuai. Film tipis untuk pandu gelombang planar harus transparan, mempunyai indeks bias dan ketebalan yang homogen, dan mempunyai permukaan yang halus. Mendapatkan film tipis yang berkualitas baik merupakan kendala utama untuk aplikasi, sehingga banyak upaya yang dilakukan berkaitan dengan hal tersebut. Ada beberapa teknik yang biasa dipakai untuk pembuatan film tipis dari bahan organik antara lain vakum evaporasi, *doctor-blading*, *spin-coating* dan *dip-coating*. Teknik *spin-coating* merupakan salah satu teknik yang sangat cocok untuk pembuatan pandu gelombang planar dengan kualitas optik yang baik. Dalam penelitian ini, kami menggunakan teknik ini dalam memfabrikasi film tipis untuk aplikasi pandu gelombang planar dari bahan polimer.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh film tipis dengan kualitas optik yang baik, yaitu transparan, indeks bias yang homogen dan memiliki permukaan yang halus. Untuk mencapai tujuan tersebut, eksperimen dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah melakukan optimasi parameter fabrikasi film tipis dengan teknik *spin coating* seperti jenis pelarut, temperatur substrat, konsentrasi larutan, kecepatan spin, waktu dan temperatur fabrikasi. Dari tahap pertama ini dihasilkan korelasi antara parameter fabrikasi dan kualitas film tipis (ketebalan dan *surface roughness*) atau *empirical rule*. Tahap kedua adalah memfabrikasi film tipis dari bahan polimer yang berbeda (khususnya polimer yang berpotensi untuk devais *integrated optics*) dengan penyesuaian parameter fabrikasi diatas. Dari hasil ini akan dievaluasi adanya *empirical rule* dalam fabrikasi film tipis dengan teknik *spin-coating*. Tahap ketiga adalah mengukur sifat optik dari film tipis, yaitu koefisien absorpsi dan dispersi indeks bias.

Metoda penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda eksperimen. Eksperimen pada penelitian tahun pertama ini mencakup fabrikasi film tipis dengan teknik *spin coating* dan karakterisasi film tipis yang terdiri dari pengukuran ketebalan ( $d$ ), kerataan permukaan ( $R_a$ ), serta pengukuran UV-Vis untuk mengetahui sifat optiknya. Dalam tahun pertama ini telah dilakukan fabrikasi film tipis dari tiga jenis polimer dengan menggunakan teknik *spin coating*, yaitu polistiren (PS), polivinilkarbazol (PVK) dan MEH-PPV. Parameter *spin coating* yang divariasikan adalah kecepatan putaran dan suhu substrat. Hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa optimasi parameter fabrikasi film tipis dengan teknik *spin coating* memungkinkan kontrol ketebalan dan sifat permukaan film tipis polimer. Rumus empirik untuk menentukan ketebalan tidak hanya dipenuhi oleh pada saat pembuatan film tipis dari polimer PVK, melainkan juga dipenuhi saat fabrikasi film tipis dari polimer polistiren dan MEH-PPV.

Hasil pengukuran spektroskopi UV-Vis memberikan informasi tentang sifat optik dari film tipis polimer yaitu koefisien absorpsi dan dispersi indeks bias. Besar indeks bias pada kurva dispersi tersebut masih bersifat relatif karena hanya dihitung dari spektrum absorpsi menggunakan perumusan Kramers-Kronig. Dari sifat optik yang diperoleh menunjukkan bahwa polimer yang diteliti dapat digunakan untuk aplikasi fotonik karena dapat memenuhi beberapa persyaratan, seperti transparan, mempunyai indeks bias yang relatif besar dibandingkan dengan substrat/gelas dan memiliki *surface roughness* yang relatif kecil.

## SUMMARY

# FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF PLANAR WAVEGUIDES OF CONJUGATED POLYMERS

**Ayi Bahtiar, Fitrilawati, Yayah Yuliah, I. Made Joni**

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran  
Bandung

**NOMOR 013/SP3/PP/DP2M/II/2006**

Thin films of organic polymers play very important roles on the development of photonic integrated optics applications such as laser, light emitting diode (LED), photovoltaic cells and nonlinear optical devices. Optical waveguides are appropriate to be developed for integrated optics application due to easy of fabrication and they are relative easy to be integrated with other optical components. Optical planar waveguides can be made in the form of thin film of suitable materials that posses high refractive indices. Thin films have to posses good optical quality such as transparent in the work wavelength region, homogeniety in both refractive index and thickness. A lot efforts have been done in order to obtain good quality of thin films. They are several techniques for fabrication of thin organic films, e.g. vacuum evaporation, doctor-blading, spin-coating and dip-coating. Spin coating technique is widely used for fabrication of thin organic films or organic planar waveguides with good optical quality. In this research, we have used this technique to fabricate thin polymer film for planar waveguide application.

The aim of our research is to obtain good quality of thin polymer films, e.q. transparent in the work wavelength region, homogeniety in both refractive index and thickness. There are three steps of experiment. First step, several parameters of spin coating such as type of solvent, substrate temperature, concentration of solution, spinning speed, spinning time and fabrication temperature were optimized to obtain good quality of thin films. From this step, a correlation between spin coating parameters and thickness and surface roughness of thin films (emphirical rule) was obtained. In the second step, we have fabricated thin films from other polymers, especially which are potential for integrated optical devices, by adjusting obtained parameters in the first step. A new emphirical rule was obtained. In the last step, we have measured optical properties of all thin films e.q. absorption coefficent and dispersion of their refractive indices.

We have used experimental method in this research. We have used spin coating technique to fabricate thin polymer films. Alpa step profilomter was employed to measure

thin films thickness (d) and their surface roughness (Ra). Meanwhile, UVvis spectrometer was used to measure the optical properties of thin polymer films. In the first year, we have fabricated thin films from three different polymers by use of spin coating technique. They are polystyrene (PS), polyvinyl carbazole (PVK) and a derivate of poly(para-phenylenevinylene), poly[2-methoxy-5-(2'-ethyl-hexyloxy)-1,4-phenylenevinylene] (MEH-PPV). Spinning speed of spin coater and substrate temperature were variied. The results show that by optimization of thin film fabrication parameters, both the thickness and surface roughness of thin films can be controlled precisely. This emphirical rule could be used for other similar conjugated polymers.

## PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah, kami panjatkan ke khadirat Alloh SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesabaran kepada kami untuk melaksanakan penelitian Hibah Bersaing XIV dengan judul “Fabrikasi dan Karakterisasi Pandu gelombang Planar Polimer Terkonjugasi”.

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor 013/SP3/PP/DP2M/II/2006, tanggal 1 Februari sampai dengan 31 Oktober 2006. Kami mengucapkan terima kasih kepada bererapa pihak yang telah membantu kelancaran dalam penelitian ini:

1. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, melalui Proyek Penelitian Hibah Bersaing XIV
2. Ketua Lembaga Penelitian UNPAD, Bapak Prof. Dr. Johan S. Masjhur, dr., SpPD-KE., SpKN, beserta staffnya
3. Dekan FMIPA UNPAD, Bapak Prof. Dr. Husein H. Bahti
4. Ketua Jurusan Fisika, Bapak Dr. M. Qomarudin
5. Ketua Kelompok Bidang Keahlian (KBK) Fisika Material, Bapak Prof. Dr. Rustam E. Siregar
6. Prof. Dr. C. Bubeck dari MPI Polymer Research, Germany atas kesempatan melakukan pengukuran di Lab. Optic Nonlinear.
7. Semua pihak yang dapat kami sebutkan satu persatu

Semoga penelitian ini dapat berguna untuk memberikan konstribusi dalam penelitian-penelitian dasar (Basic Research) atau aplikasi (Applied Research) di Indonesia.

Jatinangor, 12 Oktober 2006

Peneliti

## DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN DAN SUMMARY.....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	1
DAFTAR TABEL .....	2
DAFTAR GAMBAR .....	2
DAFTAR LAMPIRAN .....	3
I. PENDAHULUAN .....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	7
IV. METODE PENELITIAN .....	8
V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	13
VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....	23
DAFTAR PUSTAKA .....	24
LAMPIRAN .....	26



## DAFTAR TABEL

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur ikatan polimer (a) polivinil karbazol (PVK), (b) polistiren (PS) dan (c) turunan dari poli(p-fenilen vinilen) (MEH-PPV).	8
Gambar 2. Penentuan ketebalan film menggunakan <i>alpha-step profiler</i>	9
Gambar 3. Definisi kehalusan permukaan ( $R_a$ ) suatu film berdasarkan metoda <i>center-line</i> .	10
Gambar 4. Pengaruh dari kecepatan rotasi terhadap ketebalan film PVK yang dibuat pada suhu sekitar 50 – 54 °C	14
Gambar 5. Pengaruh dari kecepatan rotasi pada kualitas permukaan film PVK yang difabrikasi pada suhu sekitar 50 –54°C.	14
Gambar 6. Pengaruh dari konsentrasi larutan terhadap ketebalan film PVK yang dibuat pada suhu sekitar 50 – 54 °C.	15
Gambar 7. Pengaruh konsentrasi larutan polimer pada kualitas permukaan film PVK yang dibuat pada suhu sekitar 50 –54°C dengan kecepatan rotasi 2000 rpm dan 4000 rpm.	15
Gambar 8. Pengaruh dari kecepatan rotasi terhadap ketebalan film yang dibuat pada polimer polistirene. Waktu putaran untuk ketiga konsentrasi adalah sama yaitu 60 detik.	17
Gambar 9. Pengaruh konsentrasi larutan polimer terhadap ketebalan lapisan film polistirene (PS) yang dibuat pada kecepatan putaran 2000 rpm .	17
Gambar 10. Pengaruh kecepatan rotasi ( $\omega$ )terhadap ketebalan film MEH-PPV.	19
Gambar 11. Pengaruh konsentrasi larutan polimer ( $c_w$ ) terhadap ketebalan film MEH-PPV.	19
Gambar 12. Kurva absorpsi polimer polistiren yang terdeposisi pada substrat fused silica	20
Gambar 13. Kurva dispersi indeks polimer polistiren yang terdeposisi pada substrat fused silica	21
Gambar 14. Kurva absorpsi polimer MEH-PPV yang terdeposisi pada substrat fused silica	21
Gambar 15. Kurva dispersi indeks polimer MEH-PPV yang terdeposisi pada substrat fused silica	22

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
I. RENCANA PENELITIAN TAHUN II .....	26
II. INSTRUMEN PENELITIAN .....	28
III. PERSONALIA TENAGA PENELITI DAN KUALIFIKASINYA .....	29

## I. PENDAHULUAN

Program penelitian ini bertujuan untuk membuat pandu gelombang planar dari bahan polimer terkonjugasi. Dalam rangka mencapai tujuan penelitian tersebut, penelitian dibagi dalam dua tahap. Tahap pertama penelitian ini difokuskan pada fabrikasi film tipis dengan menggunakan teknik *spin-coating*. Beberapa parameter fabrikasi yang ditinjau adalah jenis pelarut, konsentrasi larutan, kecepatan *spinning* dan waktu. Beberapa bahan polimer yang akan dipergunakan adalah Polivinil karbazol (PVK), Polistiren (PS), dan beberapa turunan Poli(p-fenil vinilen) [PPV].

Melalui kesempatan kunjungan penelitian ke luar negeri, kami melakukan kerjasama dengan kelompok optik nonlinear (Prof. Bubeck) di Max-Planck Institute for Polymer Research Mainz, German untuk mempertajam kualitas penelitian ini. Ketua Penelitian kelompok kami (Ayi Bahtiar) sedang berada di laboratorium mereka selama 3 bulan untuk melakukan penelitian dan mempersiapkan peralatan pengukuran waveguide loss yang akan dibangun di laboratorium kami. Selain itu, dengan memanfaatkan kesempatan pengadaan peralatan di Jurusan Fisika, kami sedang memesan peralatan *spin-coater portable* komersial. Hal ini memberi peluang bagi kami untuk mendapatkan hasil yang reproducible.

Dalam tahap pertama penelitian, telah dilakukan pengembangan hasil pendahuluan dan fabrikasi lapisan film tipis dari bahan polimer polistirene (PS) dan derivatif polimer terkonjugasi PPV (MEH-PPV) dengan pelarut toluen. Film tipis yang dihasilkan dikarakterisasi untuk mengetahui ketebalan, kerataan dan sifat optiknya. Pengukuran indeks bias dengan teknik prisma kopling belum dapat dilakukan karena masih menunggu komponen (prisma) yang sedang dipesan. Pengukuran indeks bias akan dilakukan saat anggota kami mengunjungi Laboratorium nonlinear optic di Max-Planck Institute. Sasaran utama dalam tahap ini adalah menghasilkan parameter optimal untuk pembuatan film tipis dari polimer tersebut dengan kualitas optik yang baik untuk aplikasi pandu gelombang planar.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Fabrikasi Film Tipis

Film tipis polimer organik merupakan bagian yang sangat penting dalam perkembangan teknologi fotonik seperti untuk *integrated optics* [1, 2], laser [3], LED [4], sel surya [5] dan divais optik nonlinier [6,7]. Pandu gelombang planar sangat cocok dikembangkan untuk *integrated optics* (IO), karena mudah difabrikasi dan dapat diintegrasikan dengan komponen optik yang lain. Untuk aplikasi pandu gelombang planar, terdapat persyaratan film tipis yang sangat berkaitan dengan kualitas optik. Kualitas film tipis yang dinyatakan dengan *optical loss* [8] akan menentukan performansi atau kinerja dari divais yang dibuat. Film tipis untuk pandu gelombang planar harus transparan, mempunyai indeks bias dan ketebalan yang homogen, dan mempunyai permukaan yang halus. Mendapatkan film tipis yang berkualitas baik merupakan kendala utama untuk aplikasi, sehingga banyak upaya yang dilakukan berkaitan dengan hal tersebut [9].

Upaya fabrikasi film tipis untuk pandu gelombang dari bahan polimer ONL sudah banyak dilaporkan dalam literatur [8]. Ada dua proses yang biasa dipergunakan untuk fabrikasi film tipis yaitu proses deposisi (*deposition*) dan proses dalam fasa larutan (*solution phase*). Khusus untuk fabrikasi film tipis bahan polimer banyak digunakan proses larutan seperti *solution casting*, *doctor blading*, *dipcoating*, dan *spincoating*. Semua teknik tersebut dapat memberikan kualitas optik yang baik, namun film yang dihasilkan cenderung tidak isotropik dan mengandung ketidakmurnian akibat pengaruh pelarut.

Salah satu metoda fabrikasi film tipis polimer yang banyak dipakai adalah *spincoating* [8]. Pada metoda tersebut terdapat beberapa parameter yang dapat dikontrol dengan mudah antara lain konsentrasi larutan, suhu pemrosesan dan kecepatan serta lama rotasi. Ketebalan film yang dihasilkan juga ditentukan oleh pemilihan parameter tersebut. Kemungkinan optimasi parameter tersebut menyebabkan metoda *spincoating* banyak dipakai baik untuk tujuan komersial dalam industri mikroelektronika maupun untuk penelitian dalam skala laboratorium. Namun demikian, kualitas film yang diperoleh belum memenuhi syarat bagi aplikasi fotonik (*photonic grade*) karena masih dihindangi dengan berbagai masalah pokok seperti transparansi film, inhomogenitas ketebalan dan kehalusan permukaan. Untuk aplikasi ini masih diperlukan ketepatan pemilihan parameter pemrosesan yang lebih cermat.

Sejauh ini sudah banyak usaha yang dilakukan untuk mencari parameter fabrikasi yang tepat untuk menghasilkan film tipis berkualitas baik dengan menggunakan teknik *spincoating* [8,10,11,12]. Di antara hasil yang telah dilaporkan terdapat beberapa masalah penting dalam fabrikasi film tipis. Masalah yang pertama adalah efek kulit jeruk (*orange peel*) yang dilaporkan oleh Lai [13] dan Spangler [10]. Efek tersebut muncul akibat penggunaan pelarut yang mempunyai titik didih (*boiling point*,  $T_b$ ) rendah. Untuk mengatasi masalah efek kulit jeruk, Holland [8] telah mendefinisikan batasan  $T_b$  dari pelarut yang tepat dipakai untuk fabrikasi film dengan teknik *spincoating*. Masalah kedua adalah transparansi film yang kurang memadai sebagaimana dikenal sebagai masalah *cloudiness* [13]. Masalah ini muncul akibat sifat higroskopik dari pelarut. Telah dilaporkan bahwa untuk masalah tekstur ‘kulit jeruk’, fabrikasi harus dilakukan dalam atmosfer nitrogen [13]. Namun hasil yang diperoleh sejauh itu ternyata belum memuaskan dan masalah kualitas film masih menjadi kendala pokok hingga saat ini. Baru-baru ini telah dilaporkan tentang pengaruh kecepatan rotasi dan konsentrasi larutan [12] terhadap kualitas film. Efek dari masing parameter fabrikasi tersebut hanya dikaji secara terpisah.

## 2.2 Pandu Gelombang Planar

Pandu gelombang planar merupakan struktur dasar pada IO karena berfungsi sebagai *optoboard* tempat dibangunnya komponen IO. Ada beberapa divais optik nonlinear (ONL) yang dibuat berdasarkan pandu gelombang planar diantaranya *optical switching* [6]. Keberhasilan pembuatan divais tersebut sangatlah bergantung pada kinerja dari pandu gelombang planar yang dibuat.

Pandu gelombang planar terdiri dari film tipis (indeks bias  $n_f$ ) yang terletak di antara substrat ( $n_s$ ) dan selubung/*cladding* ( $n_c$ ) yang berupa udara. Agar gelombang dapat berpropagasi di dalam pandu gelombang tersebut, maka selain persyaratan  $n_f > n_s > n_c$  juga terdapat persyaratan ketebalan minimum. Jumlah moda yang dapat berpropagasi di dalam pandu gelombang planar tersebut bergantung kepada parameter ketebalan dan indeks bias film. Karena itu penguasaan teknik fabrikasi dan karakterisasi film tipis menjadi sangat penting.

Selain ketebalan, karakteristik pandu gelombang yang penting adalah indeks bias dan *waveguide losses coefficient*. Salah satu teknik yang banyak dipakai untuk menentukan indeks bias dan ketebalan adalah teknik *prisma-coupling* [14]. Pada teknik ini, gelombang disalurkan ke dalam pandu gelombang dengan menggunakan prisma

melalui pengaturan sudut datangnya. Indeks bias tersebut dihitung secara iteratif menggunakan komputer mengikuti Ulrich dan Torge [14]. Kualitas pandu gelombang digambarkan dengan besarnya *loss* (atenuasi) yang menyatakan jumlah gelombang yang bocor saat disalurkan melalui pandu gelombang. Selain berasal dari absorpsi yang merupakan sifat intrinsik bahan, atenuasi disebabkan juga oleh hamburan yang diakibatkan oleh kehadiran butir kristal, dan ketidakmurnian, yang berkaitan dengan kualitas film tipis. Oleh sebab itu, salah satu upaya untuk menurunkan atenuasi dapat dilakukan melalui perbaikan pemrosesan film tipis [15].

### III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian tahap I ini akan ditujukan terutama kepada sasaran sebagai berikut:

1. Melakukan optimasi parameter fabrikasi seperti jenis pelarut, temperatur substrat, konsentrasi larutan, kecepatan *spin*, waktu dan temperatur fabrikasi.
2. Penentuan korelasi antara parameter fabrikasi dan kualitas film tipis (ketebalan dan *surface roughness*).
3. Fabrikasi film tipis dari bahan polimer yang berbeda (khususnya polimer yang berpotensi untuk devais *integrated optics*) dengan penyesuaian parameter fabrikasi diatas. Dari hasil ini akan dievaluasi adanya *empirical rule* dalam fabrikasi film tipis dengan teknik *spin-coating*.

Sementara itu, pengembangan peralatan *spin-coating* yang dilengkapi dengan modul pemanas, kontrol kecepatan dan suhu tidak dilakukan karena kami mendapatkan kesempatan untuk membeli peralatan spin coater portable komersial melalui Jurusan Fisika. Peralatan tersebut dalam tahap pemesanan. Kami merencanakan untuk mengembangkan modul pemanas pada peralatan spincoater komersial tersebut.

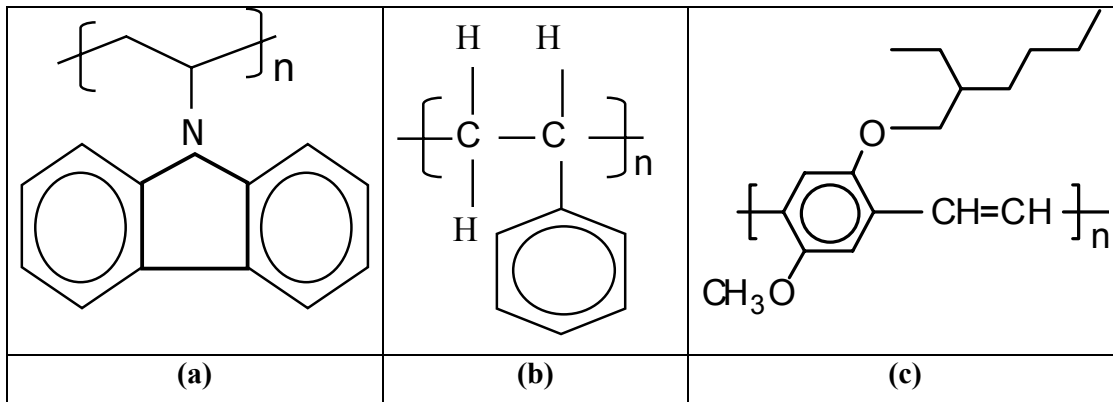
Manfaat penelitian pada tahap ini adalah menghasilkan film tipis yang mempunyai kualitas optik yang baik dalam rangka aplikasi pandu gelombang planar. Hal ini sangat penting berkaitan dengan kenyataan pandu gelombang planar sangat cocok dikembangkan untuk *integrated optics* (IO), karena mudah difabrikasi dan dapat diintegrasikan dengan komponen optik yang lain.

#### IV. METODA PENELITIAN

Metoda penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Eksperimen pada penelitian tahap pertama ini mencakup fabrikasi film tipis dengan teknik spin coating dan karakterisasi film tipis yang terdiri dari pengukuran ketebalan ( $d$ ), kerataan permukaan ( $R_a$ ), serta pengukuran UV-Vis untuk mengetahui sifat optiknya.

##### 4.1. Pembuatan Film Tipis dengan teknik spincoating

Sampel yang dipergunakan untuk pembuatan film tipis adalah polimer PVK (*Aldrich Chemika*), polistiren, dan MEH-PPV. Struktur masing-masing polimer diperlihatkan pada gambar 1. Khusus dalam eksperimen dengan polimer PVK, dipergunakan beberapa pelarut dengan berbagai titik didih ( $T_b$ ), antara lain kloroform ( $T_b = 61\text{ }^\circ\text{C}$ , *Merck*), dikloroetan ( $T_b = 84\text{ }^\circ\text{C}$ , *Merck*), toluen ( $T_b = 111\text{ }^\circ\text{C}$ , *Merck*) dan DMF ( $T_b = 153\text{ }^\circ\text{C}$ , *Fluka Chemika*). Untuk polimer polistiren dan MEH-PPV dipergunakan pelarut toluen. Larutan polimer tersebut dibuat dengan berbagai konsentrasi yang ditentukan berdasarkan perbandingan berat. Substrat yang dipakai adalah kaca silika ( $n(633) = 1,52$ ) dan kaca *fused silica* ( $n(633) = 1,457$ ) yang berukuran 35 mm x 25 mm x 1 mm. Sebelum dipakai, substrat tersebut dicuci dengan mempergunakan deterjen, larutan *Hellmanex 1 %*, *milli-Q water* dan etanol.



Gambar 1. Struktur ikatan polimer (a) polivinil karbazol (PVK), (b) polistiren (PS) dan (c) turunan dari poli(p-fenilen vinilen) (MEH-PPV).

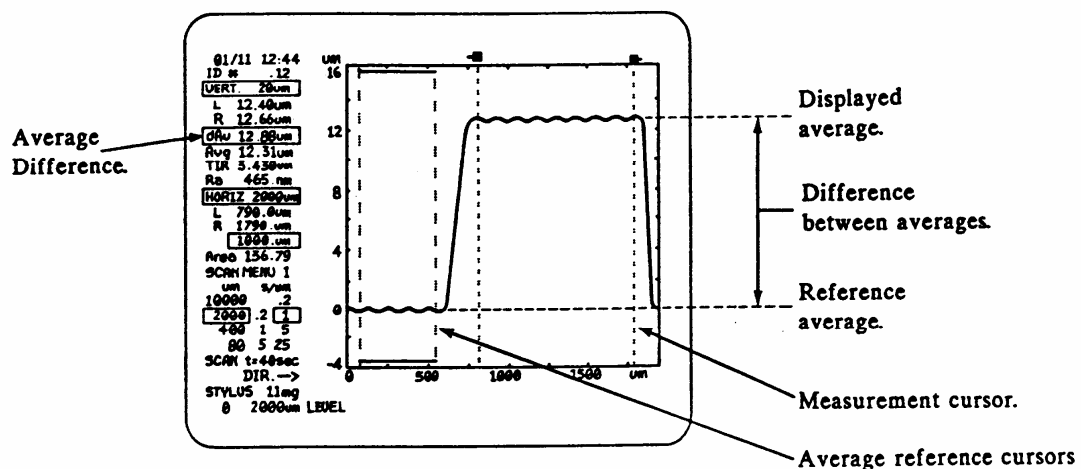
Proses *spincoating* dilakukan dengan meneteskan larutan polimer hingga menutupi seluruh permukaan substrat dan segera disusul dengan proses rotasi (*spinning*) pada kecepatan tertentu selama 30 detik. Pada akhir proses *spincoating* tersebut, film

yang terbentuk biasanya sudah menjadi kering. Beberapa parameter *spincoating* yang divariasi secara sistematis antara lain adalah pelarut, suhu fabrikasi ( $20\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), konsentrasi larutan polimer ( $2\% < c_w < 10\%$ ), dan kecepatan rotasi ( $500\text{ rpm} < \omega < 9000\text{ rpm}$ ). Selanjutnya untuk membuang pelarut yang terperangkap di dalamnya, film yang terbentuk dikenakan proses penghilangan pada suhu  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam di dalam ruang vakum.

#### 4.2. Pengukuran ketebalan film tipis dan profil permukaannya

Ketebalan film,  $d$  dan kehalusan permukaannya (*surface roughness*,  $R_a$ ) diukur dengan peralatan *Tencor Instrument model  $\alpha$ -step 200 Profiler*. Komponen utama dari peralatan tersebut adalah stilus (*stylus*) yang dapat merekam profil suatu permukaan. Peralatan yang dihubungkan dengan komputer tersebut dilengkapi dengan kamera video, monitor, dan printer sehingga memudahkan pengamatan profil permukaan selama proses pengukuran berlangsung.

Untuk mengukur ketebalan diperlukan titik referensi, yang dibuat dengan menggores film menggunakan jarum yang tajam. Pengukuran dilakukan dengan menggerakkan stilus dalam jangkauan tertentu melalui daerah yang tergores. Tebal film, yang langsung dapat dibaca pada layar monitor, merupakan perbedaan tinggi antara dua posisi kursor yang masing-masing terletak pada film dan substrat seperti yang diperlihatkan oleh gambar 2.



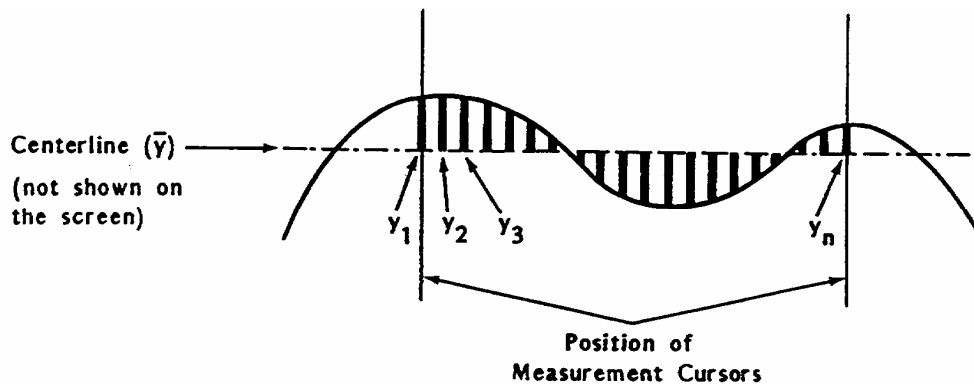
Gambar 2. Penentuan ketebalan film menggunakan *alpha-step profiler*.



Kehalusan permukaan film ditentukan berdasarkan kaidah *graphical centerline* [16]. Dalam penentuan tersebut, permukaan film diukur dengan stilus dalam jangkauan tertentu. Secara kuantitatif, kehalusan permukaan tersebut dinyatakan sebagai  $R_a$  yang didefinisikan oleh persamaan 1 [16] yaitu

$$R_a = \frac{|y_1| + |y_2| + |y_3| + \dots + |y_n|}{n} \quad (1)$$

dengan  $y_n$  menandai simpangan terhadap garis tengah (*centreline*) seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3. Hasil penentuan ini dapat dibaca langsung dari layar monitor.



Gambar 3. Definisi kehalusan permukaan ( $R_a$ ) suatu film berdasarkan metoda *centerline*.

Dalam eksperimen ini, pengukuran  $d$  dan  $R_a$  masing-masing dilakukan lima kali pada lima tempat yang berbeda, agar homogenitas ketebalan dan kehalusan permukaan film dapat diketahui. Selanjutnya, hasil pengukuran dinyatakan  $d = d \pm \Delta d$  dan  $R_a = R_a \pm \Delta R_a$  dengan  $d$  dan  $R_a$  menyatakan nilai rata-rata dari kelima data, sedangkan  $\Delta d$  dan  $\Delta R_a$  adalah deviasi standar yang bersangkutan.

#### 4.3. Pengukuran spektrum UV-Vis dan penentuan kurva dispersi indeks bias

Transparansi dan sifat optik diukur dari spektrum absorpsi dengan teknik reflektometri menggunakan *spectrometer Perkin Elmer model Lambda 9* dan Spektrometer Beckman DU 7000. Spektrometer Beckman DU 7000 menjangkau daerah

UV-VIS-NIR (200 nm – 900 nm) dan spektrometer Perkin Elmer model lambda 9 yang menjangkau daerah UV, VIS dan NIR yaitu dari 185 nm hingga 3200 nm. Pengukuran spektrum diawali dengan pengaturan parameter seperti jangkauan panjang gelombang, *scan speed*, sensitivitas pada daerah NIR (*NIR sensitivity*) dan lebar celah (*slit*). Kualitas spektrum yang dihasilkan sangat bergantung pada perangkat parameter tersebut. Sebelum dilakukan pengukuran, terlebih dahulu dilakukan koreksi terhadap latar belakang (*background*) dengan menggunakan substrat tanpa film. Koreksi tersebut selalu dilakukan dalam setiap pengukuran.

Konstanta optik linier tersebut dapat ditentukan berdasarkan hasil pengukuran spektrum transmisi. Dalam pengukuran tersebut cahaya dengan arah polarisasi TE dan intensitas  $I_0$  menuju sampel. Sebagian dari cahaya tersebut akan diserap oleh sampel dan sebagian lagi diteruskan dengan intensitas  $I$ . Modus pengukuran yang dipergunakan berupa absorpsi sehingga datanya berupa absorbansi ( $A$ ) atau *optical density* (OD) yang didefinisikan sebagai  $\log(I_0/I)$ . Konstanta optik linier  $\alpha$  ditentukan dari hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan persamaan Lambert-Beer ( $I = I_0 e^{-\alpha d}$ ) dan data ketebalan film.

$$\alpha = 2,3 \frac{OD}{d} \quad (2)$$

Sifat optik linier bahan dinyatakan dengan konstanta  $n$  (indeks bias) dan  $\alpha$  (koefisien absorpsi) yang didefinisikan sebagai

$$n = [1 + \text{Re}(\chi^{(1)})]^{1/2} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{k_0}{n} \text{Im}(\chi^{(1)}) \quad (4)$$

Dalam persamaan di atas,  $\chi^{(1)}$  adalah suseptibilitas listrik linier dan  $k_0$  adalah konstanta propagasi.

Selanjutnya, konstanta optik linier  $n$  dihitung dari data spektrum absorbansi dengan menggunakan perumusan Kramers-Kronig (KK) [17]. Untuk mengevaluasi  $n$ , permitivitas listrik bahan dinyatakan dalam bentuk kompleks,  $\varepsilon = \varepsilon_1 + i \varepsilon_2$ , dengan  $\varepsilon_1$  dan  $\varepsilon_2$  masing-masing adalah bagian riil dan imajiner.

$$\varepsilon_1(\omega) = \varepsilon_b + \frac{2}{\pi} \int \frac{\omega' \varepsilon_2(\omega')}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \quad (5)$$

Andaikan indeks bias kompleks dari bahan diungkapkan oleh  $(n + i \kappa)$ , maka berdasarkan hubungan  $(\varepsilon_1 + i \varepsilon_2)^{1/2} = (n + i \kappa)$  dapat dituliskan

$$\varepsilon_1(\omega) = n(\omega)^2 - \kappa(\omega)^2 \quad (6)$$

$$\varepsilon_2(\omega) = 2n(\omega)\kappa(\omega) \quad (7)$$

Suku  $\varepsilon_b$  dalam persamaan (5) adalah suku koreksi permitivitas (*background permittivity*) yang memasukkan efek absorpsi UV pada daerah luar jangkauan spektrometer. Besaran  $n(\omega)$  dan  $\kappa(\omega)$  pada persamaan (6) dan (7) masing-masing adalah bagian real dan imajiner indeks bias. Bagian imajiner  $\kappa(\omega)$  dapat dihitung dengan menggunakan data absorbansi seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (8).

$$\kappa(\omega) = \frac{\lambda \alpha}{4\pi} \quad (8)$$

Dengan menggunakan persamaan ini, persamaan integral (5) dapat diselesaikan dengan iterasi numerik. Dalam perhitungan tersebut, dilakukan aproksimasi pada iterasi pertama dengan menganggap indeks bias pada seluruh spektrum adalah konstan,  $n(\omega) = n_0$ .

Dalam eksperimen ini, untuk penentuan dispersi indeks bias dengan metoda KK dipergunakan program KKNEW yang telah dikembangkan oleh Neher [18] dari kelompok *Nonlinear Optics* MPIP. Data masukan dari program tersebut berupa absorbansi (ASCII data), ketebalan film, indeks bias  $n_0$  dan koreksi permitivitas  $\varepsilon_b$ . Keluaran (*out-put*) dari program tersebut berupa file data indeks bias  $n(\lambda)$  dan absorpsi  $\alpha(\lambda)$  yang telah dikoreksi terhadap atenuasi akibat refleksi antar permukaan, yaitu antara film-substrat dan film-udara. Metoda perhitungan ini hanya dapat memberikan hasil yang baik jika tersedia data  $\varepsilon_b$ .

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

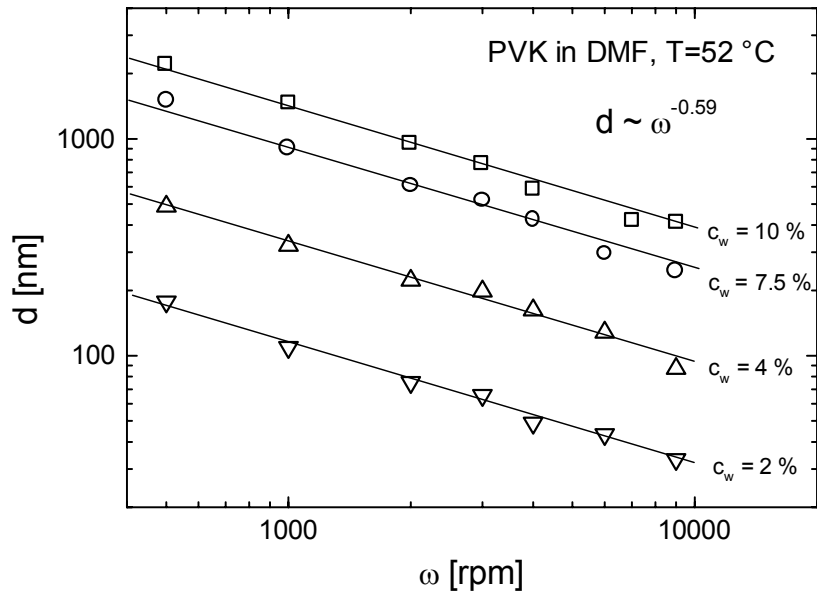
### 5.1 Hasil Pendahuluan dan pembahasannya

Dalam upaya untuk mendapatkan film tipis yang berkualitas baik secara konsisten perlu dikembangkan kriteria yang berkaitan dengan parameter pemrosesannya. Untuk tujuan tersebut telah dilakukan serangkaian eksperimen secara sistematis pada bahan polimer poli(N-vinilkarbazol) (PVK). Pemilihan PVK berkaitan dengan sifat absorpsinya yang sangat rendah pada hampir seluruh daerah cahaya tampak, sehingga evaluasi efek parameter fabrikasi film tipis dapat ditentukan secara terpisah dan pasti. Bahan PVK mempunyai indeks bias yang relatif besar ( $n_D = 1.68$ ), transparansi optik yang baik, stabilitas termal yang cukup tinggi ( $T_g = 200\text{ }^\circ\text{C}$ ), serta ketahanan yang tinggi terhadap kelembaban (*humidity*) dan solubilitas yang cukup baik bagi berbagai pelarut organik.

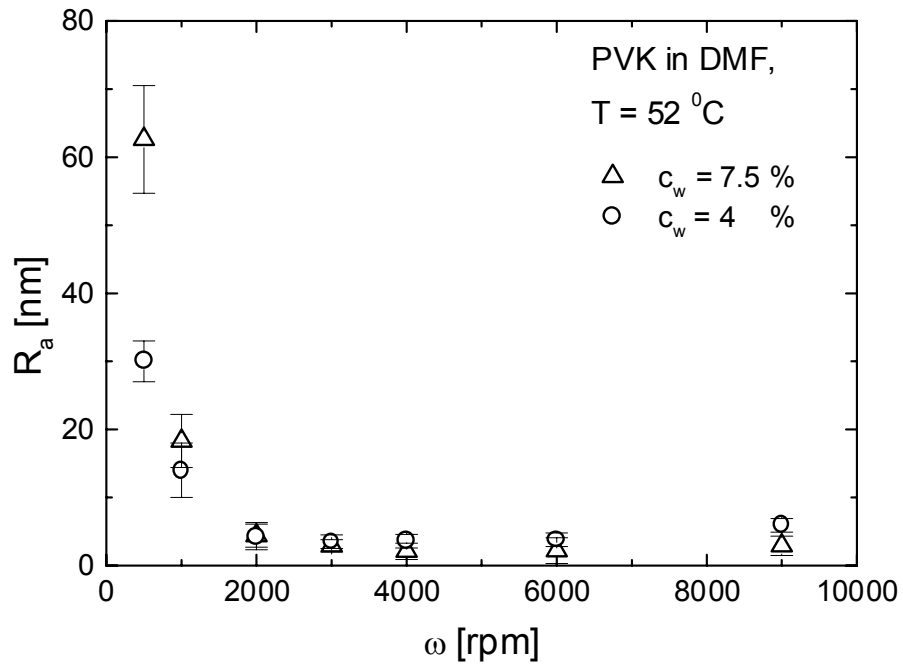
Hasil uji kelarutan menunjukkan bahwa PVK dapat larut dalam kloroform, dikloroetan, dan DMF pada suhu ruang, sedangkan dalam toluen hanya larut pada suhu tinggi sekitar  $50\text{ }^\circ\text{C}$  [13]. Walaupun film yang dibuat pada suhu ruang dari larutan PVK-DMF tidak transparan, namun tingginya kelarutan PVK dalam DMF merupakan hal yang sangat menguntungkan bagi upaya optimasi proses *spincoating*. Disamping itu, pelarut DMF mempunyai  $T_b$   $153\text{ }^\circ\text{C}$  yang melampaui  $T_b$  yang menyebabkan efek *orange peel*. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan pembuatan pada suhu tinggi ( $50^\circ$ ) dapat memperbaiki transparansi film PVK yang dibuat [13].

Ketebalan film sangat dipengaruhi oleh kecepatan rotasi. Hubungan antara ketebalan ( $d$ ) dan kecepatan rotasi ( $\omega$ ) dilaporkan memenuhi hubungan umum  $d \sim \omega^\alpha$ , dengan  $\alpha$  sebagai konstanta empirik. Pengaruh ketebalan terhadap ketebalan diperlihatkan dalam gambar 4. Selanjutnya, variasi kecepatan rotasi mempengaruhi kerataan permukaan (harga  $R_a$ ) seperti diperlihatkan oleh gambar 5. Tampak bahwa film yang difabrikasi dengan kecepatan dibawah  $2000\text{ rpm}$  mempunyai permukaan yang bergelombang. Penyebab dari kekasaran permukaan film tersebut diduga berkaitan dengan laju evaporasi pelarut yang tidak sinkron dengan laju rotasi.

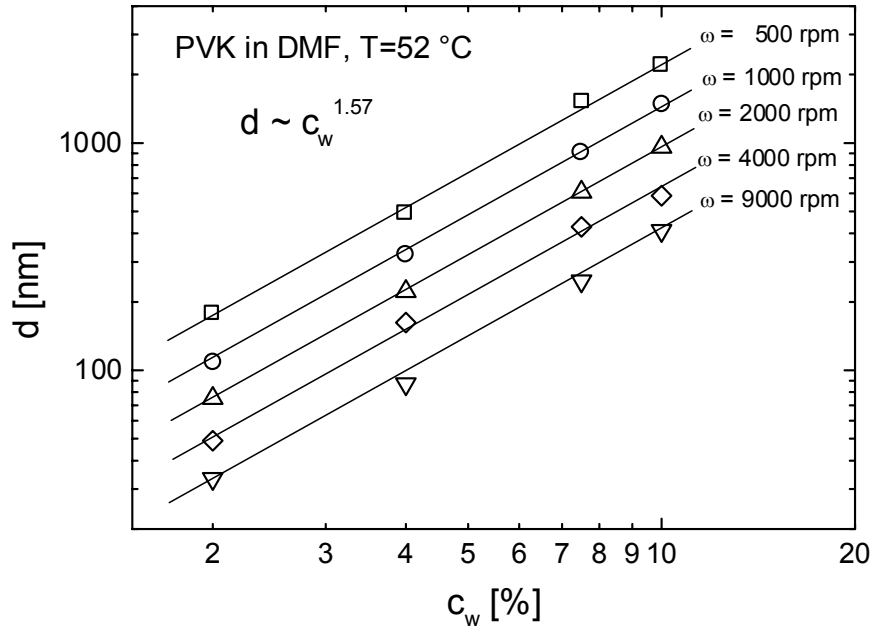
Pengaruh konsentrasi larutan pada ketebalan film ( $d$ ) diperlihatkan pada gambar 6. Selain pengaruh terhadap ketebalan, pengaruh konsentrasi larutan pada kualitas film tidak sedominan pengaruh suhu ataupun kecepatan rotasi. Seperti terlihat pada gambar 7.



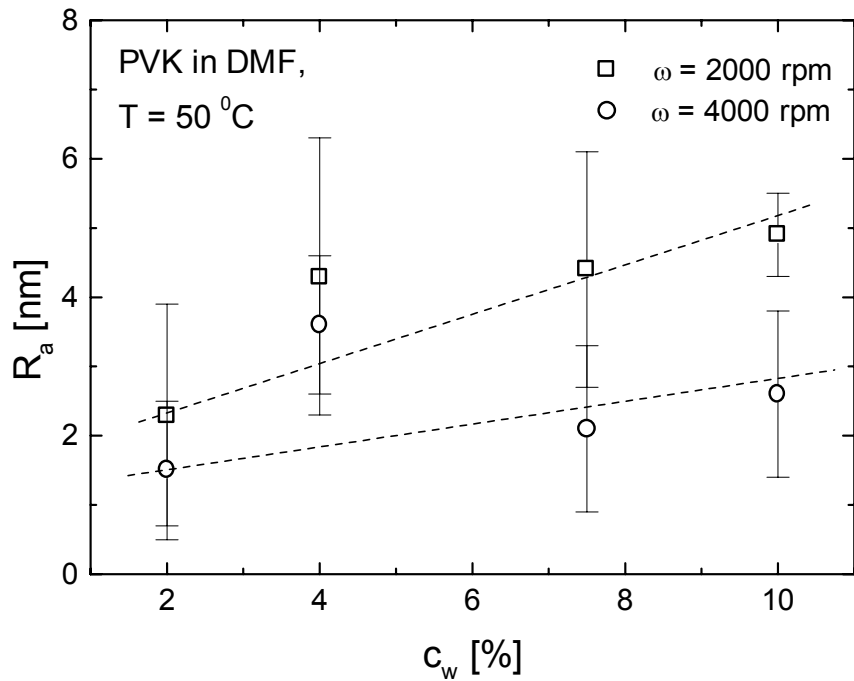
Gambar 4. Pengaruh dari kecepatan rotasi terhadap ketebalan film PVK yang dibuat pada suhu sekitar 50 – 54 °C



Gambar 5. Pengaruh dari kecepatan rotasi pada kualitas permukaan film PVK yang difabrikasi pada suhu sekitar 50 –54°C.



Gambar 6. Pengaruh dari konsentrasi larutan terhadap ketebalan film PVK yang dibuat pada suhu sekitar 50 – 54 °C.



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi larutan polimer pada kualitas permukaan film PVK yang dibuat pada suhu sekitar 50 – 54°C dengan kecepatan rotasi 2000 rpm dan 4000 rpm.

Pengaruh konsentrasi larutan polimer pada ketebalan film PVK diperlihatkan pada gambar 5.3 untuk berbagai kecepatan rotasi. Hasil tersebut menunjukkan ketebalan film ( $d$ ) yang meningkat dengan kenaikan konsentrasi ( $c_w$ ). Hubungannya tampak konsisten untuk  $\omega$  yang berbeda. Dari kurva log-log yang bersangkutan tampak hubungan linier dengan kemiringan kurva sebesar  $1,57 \pm 0,02$  untuk semua  $\omega$ . Ini berarti berlakunya hubungan umum  $d \sim c_w^\beta$  dengan  $\beta = 1,57$ .

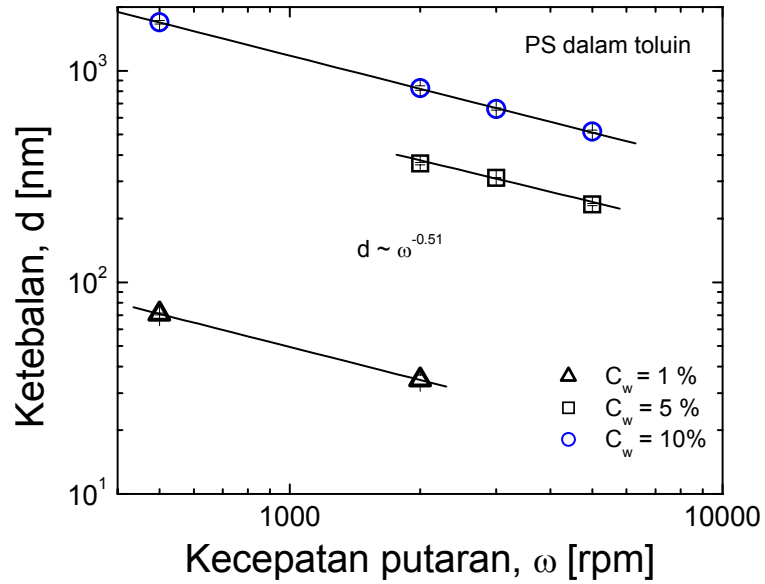
Dari hasil-hasil uraian di atas dapat disimpulkan bahwa dari eksperimen pendahuluan tersebut telah dihasilkan film optik PVK yang transparan dengan kualitas permukaan yang tinggi dengan menggunakan pelarut DMF serta fabrikasi optimal yaitu  $T = 50-52 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\omega = 2000 - 3000 \text{ rpm}$  dan  $c_w = 5 - 10 \%$ . Lebih jauh telah ditunjukkan pengaruh kecepatan rotasi dan konsentrasi larutan terhadap ketebalan dapat dinyatakan dengan perumusan empiris sebagai berikut:

$$d_2 = d_1 \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^\alpha \left( \frac{c_{w2}}{c_{w1}} \right)^\beta \quad (9)$$

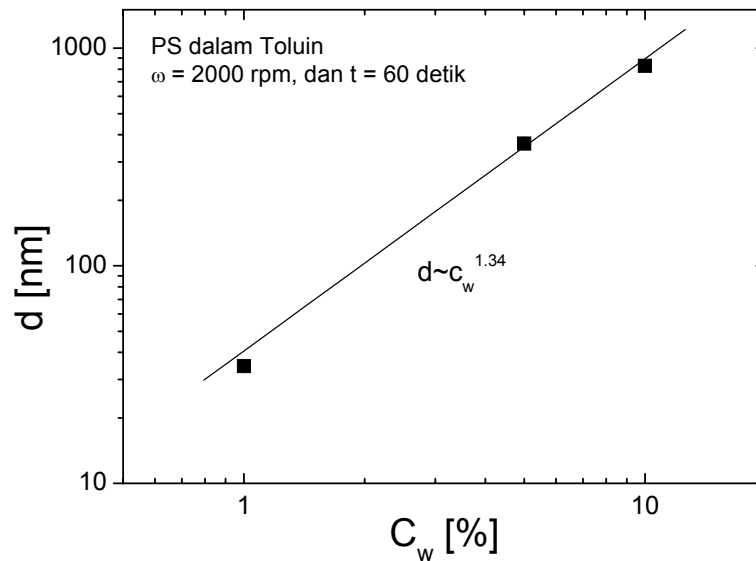
dengan  $\alpha = -0,59$ ,  $\beta = 1,57$  and  $d_1 (2000 \text{ rpm}/5\%) = 322 \text{ nm}$ . Berdasarkan rumus empiris ini dapat diperkirakan besar konsentrasi larutan polimer dan besar kecepatan rotasi untuk menghasilkan film dengan ketebalan yang diinginkan.

## 5.2 Hasil pengujian pada polimer polistiren

Hasil pendahuluan yang diuraikan diatas diujikan pada polimer polistiren. Polistiren yang dipakai memiliki berat molekul sekitar 1.200.000 gr/mol dan  $T_g 90 \text{ }^\circ\text{C}$ . Polimer tersebut dapat larut dengan baik toluen pada suhu ruang. Dalam eksperimen dilakukan variasi konsentrasi larutan polimer 1 % sampai dengan 5 % berat, variasi kecepatan dari 500 rpm sampai dengan 5000 rpm yang masing-masing diputar dalam waktu 60 detik. Hasil yang didapat diperlihatkan pada gambar 8 dan 9. Film tipis yang dihasilkan berkualitas optik yang bagus, secara visual tampak transparan dan memiliki permukaan yang cukup halus.



Gambar 8. Pengaruh dari kecepatan rotasi terhadap ketebalan film yang dibuat pada polimer polistirene. Waktu putaran untuk ketiga konsentrasi adalah sama yaitu 60 detik.



Gambar 9. Pengaruh konsentrasi larutan polimer terhadap ketebalan lapisan film polistirene (PS) yang dibuat pada kecepatan putaran 2000 rpm .

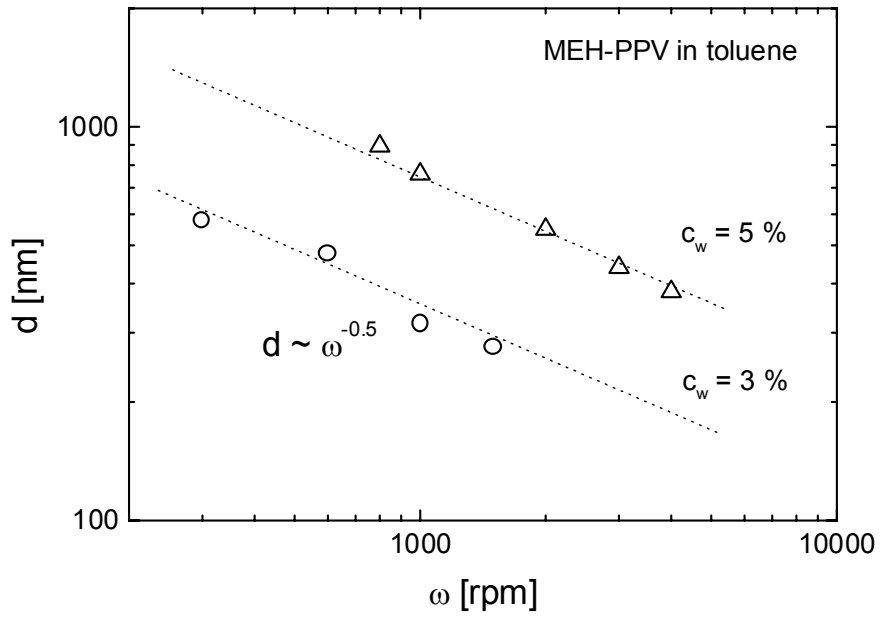


Jika rumus empiris (9) yang didapatkan dari optimasi pembuatan film tipis PVK diterapkan pada hasil fabrikasi film tipis polistiren, terlihat adanya kesesuaian yang jelas dengan nilai  $\alpha = -0,51$  dan  $\beta = 1,34$ . Rumus empiris tersebut akan memudahkan dalam pembuatan film tipis dengan ketebalan yang diinginkan, yaitu hanya dengan mengatur kecepatan putaran dan konsentrasi larutan. Namun, apabila dibandingkan dengan konstanta empiris yang didapat pada fabrikasi film tipis PVK, nilai tersebut sedikit berbeda. Hasil ini mengindikasikan untuk jenis polimer yang lain perlu dilakukan penelitian yang serupa agar diperoleh nilai *empirical rule*. Hal ini diperlukan karena setiap polimer memiliki viskositas yang reaktifitas yang berbeda terhadap pelarut

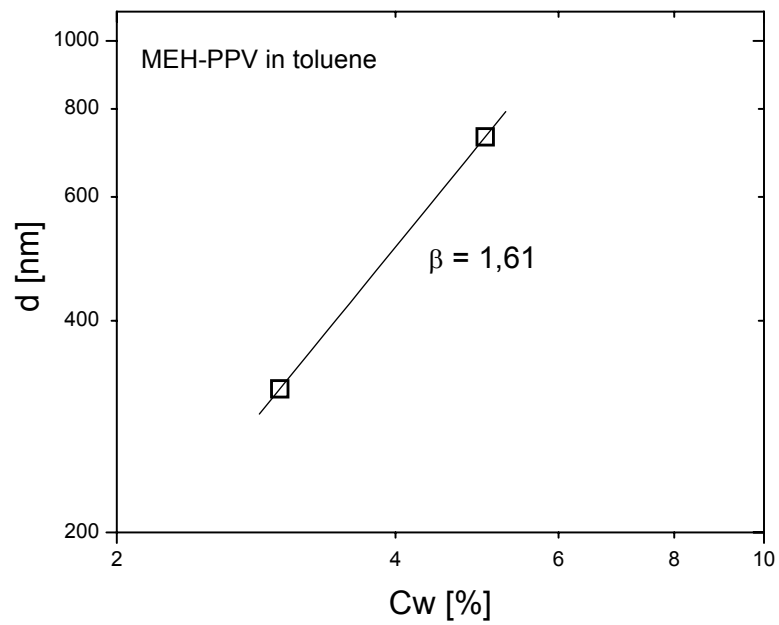
### 5.3 Hasil pengujian untuk polimer MEH-PPV

Polimer MEH-PPV memiliki struktur yang sama dengan PPV dengan dua gugus alkoksi yaitu metoksi dan etilheksiloksi. Polimer ini memiliki kelarutan yang baik dalam pelarut toluen. Film MEH-PPV yang dihasilkan dengan menggunakan pelarut toluen berwarna oranye transparan. Sifat transparansi tersebut sangat erat hubungannya dengan pelarut yang dipakai. Pelarut toluen mempunyai sifat higroskopik yang rendah sesuai dengan nilai solubilitasnya yang kecil di dalam air. Sifat ini dapat menghindarkan terjadinya peristiwa presipitasi (pengendapan) dalam proses *spincoating*, sehingga film yang dihasilkan tampak transparan. Permukaan film tipis MEH-PPV juga tampak halus.

Hasil variasi kecepatan rotasi ( $\omega$ ) dan konsentrasi larutan polimer ( $c_w$ ) terhadap ketebalan diperlihatkan dalam gambar 10 dan gambar 11. Tampak bahwa ketebalan film berkurang dengan bertambahnya  $\omega$  dan meningkatnya  $c_w$ . Kurva log-log antara ketebalan dan kecepatan rotasi baik untuk  $c_w = 3 \%$  maupun  $c_w = 5 \%$  berbentuk linier dengan kemiringan yang relatif sama yaitu  $\alpha = -0,50 \pm 0,02$ . Sama dengan pengamatan pada fabrikasi film PVK, hasil tersebut konsisten dengan rumus empiris yang sudah diungkapkan diatas dengan konstanta empiris  $\alpha = -0,50$  dan  $\beta = 1,61$ . Nilai  $\beta$  tersebut diperoleh dari kemiringan kurva log-log antara ketebalan ( $d$ ) dan konsentrasi larutan polimer ( $c_w$ ).



Gambar 10. Pengaruh kecepatan rotasi ( $\omega$ ) terhadap ketebalan film MEH-PPV.



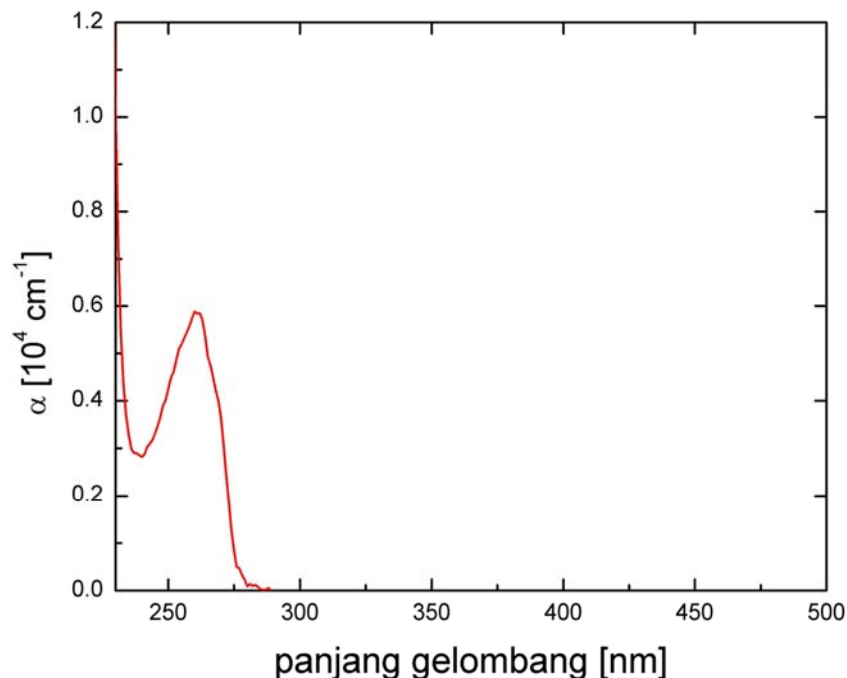
Gambar 11. Pengaruh konsentrasi larutan polimer ( $c_w$ ) terhadap ketebalan film MEH-PPV.

## 5.4 Sifat optik polimer

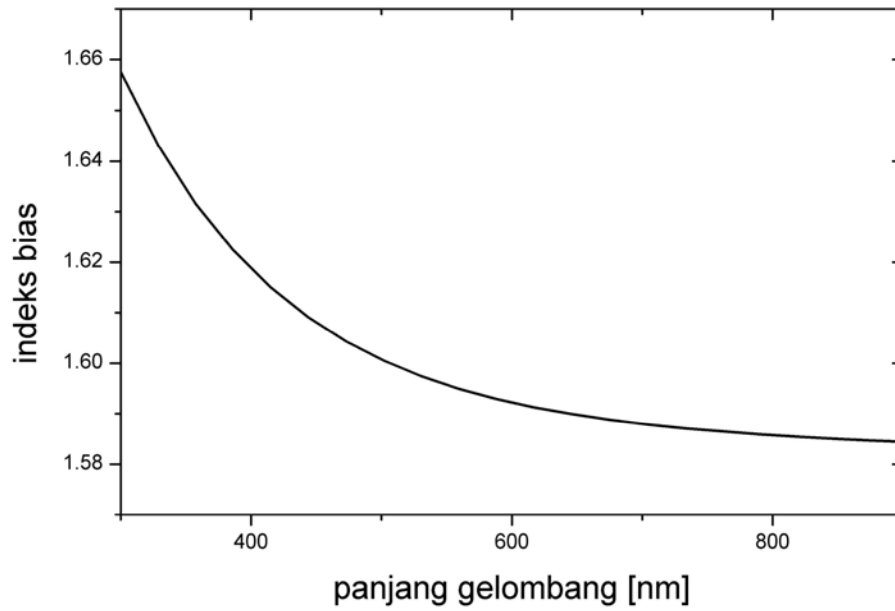
Selain kualitas film tipis, kinerja pandu gelombang planar ditentukan oleh sifat intrinsik bahan, yaitu koefisien absorpsi dan indeks bias. Sifat-sifat optik tersebut menentukan sifat penjalaran di dalam gelombang planar.

Dalam tahap pertama ini telah dikarakterisasi sifat optik dari polimer polistiren dan polimer MEH-PPV dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Selanjutnya, spektrum yang didapat dipergunakan untuk menentukan kurva dispersi indeks bias yang dihitung dengan menggunakan metoda Kramers-Kronig. Kurva absorpsi dan kurva disperse indeks bias untuk polimer polistiren diperlihatkan pada gambar 12 dan 13. Spektrum UV-Vis pada gambar 12 menunjukkan bahwa polimer tersebut bening transparan karena tidak ada absorpsi pada daerah panjang gelombang cahaya tampak.

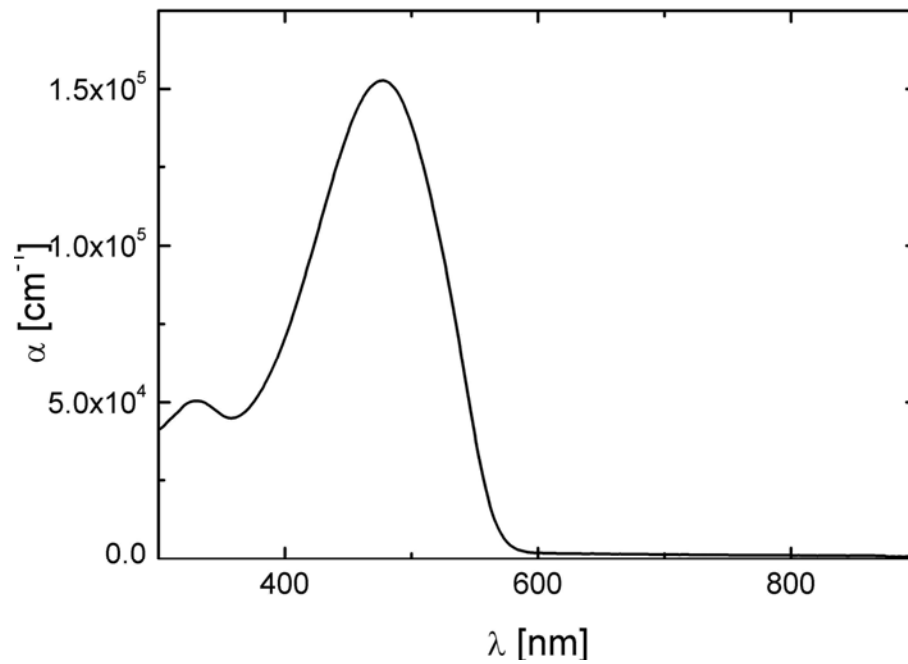
Pada gambar 14 dan 15 masing, masing adalah kurva adsorpsi dan kurva disperse indeks bias MEH-PPV. Jika dibandingkan dengan polimer polistiren, polimer MEH-PPV memiliki karakteristik yang berbeda. Polimer MEH-PPV, yang termasuk kelompok polimer terkonjugasi, memiliki absorpsi yang cukup besar pada daerah cahaya tampak. Karakteristik tersebut akan memiliki pengaruh besar jika bahan tersebut dipakai sebagai pandu gelombang planar.



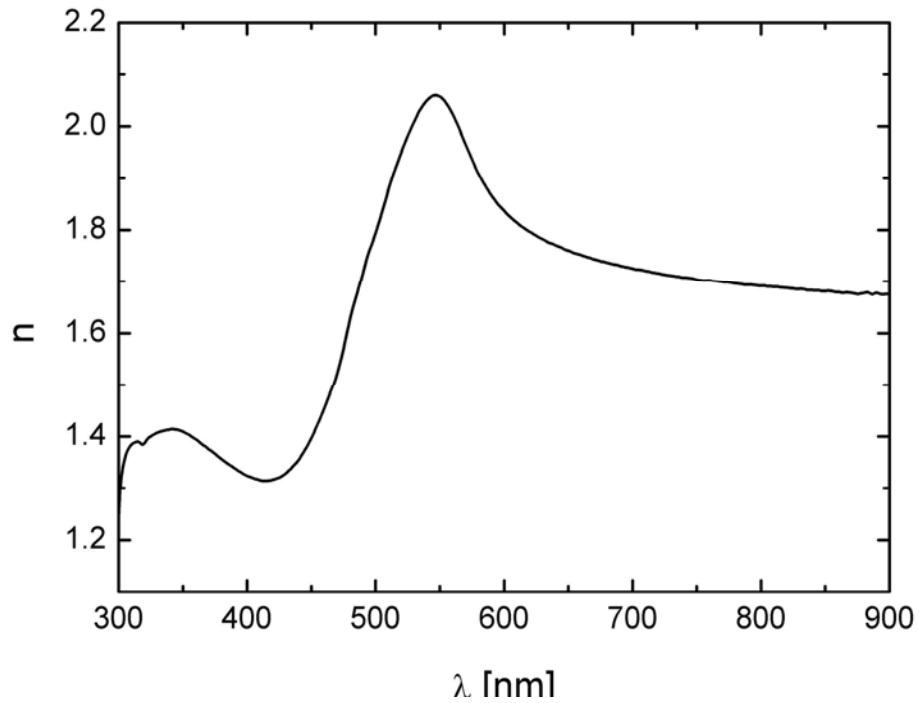
Gambar 12 Kurva absorpsi polimer polistiren yang terdeposisi pada substrat fused silica



Gambar 13 Kurva dispersi indeks polimer polistiren yang terdeposisi pada substrat fused silica



Gambar 14 Kurva absorpsi polimer MEH-PPV yang terdeposisi pada substrat fused silica



Gambar 14 Kurva dispersi indeks polimer MEH-PPV yang terdeposisi pada substrat fused silica

Pengukuran indeks bias dengan teknik prisma koping belum dapat dilakukan karena masih menunggu komponen (prisma) yang sedang dipesan. Pengukuran indeks bias sedang dilakukan oleh tim peneliti (Ayi Bahtiar) yang sedang mengunjungi Laboratorium nonlinear optic di Max-Planck Institute for Polymer Research, Germany.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam eksperimen pada tahap pertama ini telah dilakukan fabrikasi film tipis dengan menggunakan tiga jenis polimer, yaitu polistiren (PS), polivinilkarbazol (PVK) dan MEH-PPV. Hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa optimasi parameter fabrikasi film tipis dengan teknik *spin coating* memungkinkan kontrol ketebalan dan sifat permukaan film tipis polimer. Rumus empirik untuk menentukan ketebalan tidak hanya dipenuhi oleh pada saat pembuatan film tipis dari polimer PVK, melainkan juga dipenuhi saat fabrikasi film tipis dari polimer polistiren dan MEH-PPV.

Hasil pengukuran spektroskopi UV-Vis memberikan informasi tentang sifat optik dari film tipis polimer yaitu koefisien absorpsi dan dispersi indeks bias. Besar indeks bias pada kurva dispersi tersebut masih bersifat relatif karena hanya dihitung dari spektrum absorpsi menggunakan perumusan Kramers-Kronig. Dari sifat optik yang diperoleh menunjukkan bahwa polimer yang diteliti dapat digunakan untuk aplikasi fotonik karena dapat memenuhi beberapa persyaratan, seperti transparan, mempunyai indeks bias yang relatif besar dibandingkan dengan substrat/gelas dan memiliki *surface roughness* yang relatif kecil. Agar dapat digunakan langsung sebagai pandu gelombang, maka diperlukan data indeks bias film tipis dalam bentuk pandu gelombang (ketebalan sekitar 0,5 – 1 mikrometer). Pengukuran ini sedang dilakukan dengan menggunakan teknik *prisma coupler* di Max-Planck Institute for Polymer Research, Germany.

## DAFTAR PUSTAKA

1. T.A. Skotheim, R.L. Elsenbaumer, and J.R. Reynolds (Eds), *Handbook of Conducting Polymers*, New York: Marcel Dekker, (1998).
2. S.J. Lalama, J.E. Sohn, and K.D. Singer, 'Organic Material for Integrated Optics', *Integrated Optical Circuit Engineering II SPIE vol. 578*, 168, (1985).
3. M. D. McGehee, A.J. Heeger, "Semiconducting (Conjugated) polymers as materials for solid-state lasers", *Advanced Materials vol.12*, 1655, (2000).
4. R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Marks, C. Taliani, D. D. C. Bradley, D. A. Dos Santos, J. L. Bredas, M. Loegdlund, W. R. Salaneck, "Electroluminescence in Conjugated Polymers, *Nature vol. 397*, 121, (1999).
5. C.J. Brabec, N.S. Sariciftci, J.C. Hummelen, "Plastic Solar Cells", *Advanced Materials vol. 12*, 1655, (2001).
6. G.I. Stegeman and W.E. Torruellas, 'Nonlinear materials for information processing and communications', *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A vol. 354*, 745, (1996).
7. M. A. Bader, G. Marowsky, **A. Bahtiar**, K. Koynov, C. Bubeck, H. Tillmann, H.-H. Hörhold, S. Pereira, "PPV-Derivatives: New Promising Materials for Nonlinear All-Optical Waveguide Switching," *J. Opt. Soc. Am. B vol. 19*, 2250, (2002).
8. W.R. Holland, 'Fabrication and Characterization of Polymeric Lightwave Devices', pg. 397, *Polymers for lightwave and integrated optics*, L.A. Hornak (Ed.), New York: Marcel Dekker, (1992) dan literature di dalamnya
9. M. Allegrini, A. Arena, M. Labardi, G. Martino, R. Girlanda, C. Pace, S. Patane, G. Saitta, S. Savasta, "Photoluminescence from a soluble semiconducting polymer in waveguides and microcavity configurations," *Appl. Surf. Sci. vol. 142*, 603, (1999).
10. Spangler, L.L., J.M. Torkelson, J.S. Royal (1990), Influence of solvent and molecular weight on thickness and surface topography of spin-coated polymer films, *Polym. Eng. Sci.* **30**, 644-653
11. Extrand, C.W. (1994), Spin coating of very thin polymer films, *Polym. Eng. and Sci. Eng.* **34**, 390-394
12. Pethrick, R.A., and K.E. Rankin (1999), Criteria for uniform thin film formation for polymeric materials, *J. Mater. Sci-Mater. El.* **10**, 141-144

13. F. Fitrilawati, M.O. Tjia, J. Ziegler, C. Bubeck, “*Fabrication of planar waveguides of poly(N-vinylcarbazole)*, *Design, Fabrication, and Characterization of Photonic Devices*,” *Proceeding of SPIE* vol. 3896, 697, (1999). (10)
14. R. Ulrich, R. Torge, “*Measurement of thin film parameters with a prism coupler*”, *Applied Optics* vol. 12, 2901, (1973)
15. Stegeman, G.I. and W.E. Torruellas (1996), Nonlinear material for information processing and communications, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 354, 745-756
16. Manual of Tencor Instrument model alpha-step 200 profiler
17. Saleh, B.E.A and M.C. Teich (1991), *Fundamentals of Photonics*, Wiley-Interscience, New York
18. Neher, D. (1990), Ph.D. Dissertation, Mainz University, Mainz
19. A. Mathy, H-U Simmrock, C. Bubeck, “*Optical waveguiding in thin films of polyelectrolytes*”, *J. Phys. D: Appl. Phys.* vol. 24, 1003, (1991). (13)



## LAMPIRAN

### I. RENCANA PENELITIAN TAHUN II

Pada tahun kedua akan diadakan kegiatan penelitian dalam rangka menghasilkan pandu gelombang dari polimer terkonjugasi. Dengan menggunakan parameter optimasi ketebalan dan kualitas permukaan film tipis akan dibuat film tipis dari bahan polimer terkonjugasi. Selanjutnya film tersebut akan diuji kualitasnya sebagai pandu gelombang asimetri. Secara spesifik, beberapa tujuan yang dirancang pada penelitian tahap kedua adalah

1. Pengembangan set-up eksperimen untuk pengukuran karakterisasi pandu gelombang (indeks bias dan *waveguide loss coefficient*).
2. Mengukur indeks bias dan *waveguide loss coefficient* dari pandu gelombang planar yang dibuat.
3. Analisis penyebab *waveguide loss* dengan mengukur profile permukaan (SEM) dan struktur kristalinitas polimer (X-Ray).
4. Penentuan korelasi *waveguide loss coefficient* dengan morfologi film/pandu gelombang planar.
5. Menghasilkan pandu gelombang planar dengan nilai *waveguide loss coefficient* yang minimum.

Metoda yang dipakai dalam penelitian ini adalah kegiatan dalam rangka mewujudkan tujuan eksperimen antara lain meliputi kegiatan sebagai berikut:

- (i) Pembuatan dan pengembangan set-up untuk pengukuran *waveguide loss coefficient*.
- (ii) Pengukuran *waveguide loss coefficient* dari pandu gelombang planar dari berbagai polimer.
- (iii) Pengukuran morfologi permukaan dan struktur pandu gelombang planar polimer dengan SEM dan X-Ray, untuk menganalisa korelasi antara *waveguide loss coefficient* dengan morfologi pandu gelombang.

Dalam tahun kedua, rancangan dan jadwal penelitian diilustrasikan di bawah ini

No.	Kegiatan	Bulan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pembelian alat	■	■								
2	Pembelian bahan-bahan kimia	■	■	■	■						
3	Fabrikasi film tipis				■	■	■	■	■		
4	Penyiapan set-up eksperimen prism coupler untuk pengukuran waveguide coefficient loss		■	■	■	■	■	■			
5	Pengukuran waveguide coefficient loss					■	■	■			
6	Analisa data-data hasil pengukuran							■	■	■	
7	Seminar hasil eksperimen tahap II									■	
8	Pembuatan laporan kemajuan						■				
10	Pembuatan laporan akhir									■	■

## II. INSTRUMENT PENELITIAN

### 1. Peralatan Utama

No	Nama Alat	Lokasi	Kegunaan	Keadaan
1.	Timbangan (nst: 0.1 mg)	LFM-UNPAD	Alat menimbang	baik
2.	Magnetik stirer	LFM-UNPAD	Penyiapan larutan	baik
3.	Ultrasonic bath	LFM-UNPAD	Penyiapan substrat	baik
4.	Oven	LFM-UNPAD	Annealing film	baik
5.	Glove box	LFM-UNPAD	Penyiapan film	baik
6.	Spin-coater	LFM-ITB	Fabrikasi film	baik
7.	Rotary table	LFM-UNPAD	Karakterisasi waveguide	baik
8.	Laser He-Ne	LFM-UNPAD	Karakterisasi waveguide	baik
9.	Si detector	LFM-UNPAD,	Karakterisasi waveguide	baik
10.	Chopper	LFM-UNPAD,	Set-up optik	baik
11.	Optical table sederhana	LFM-UNPAD	Set-up peralatan optik	baik
12.	Lensa	LFM-UNPAD	Set-up optik	baik

### 2. Bahan Kimia

No	Nama Bahan	Penggunaan	Jumlah
1.	Polistiren (PS)	Bahan film tipis	1 gr
2.	Polimetilmetakrilat (PMMA)	Bahan film tipis	2 gr
3.	MEH-PPV	Bahan film tipis	200 mg
4.	PVK	Bahan film tipis	200 mg
5.	Chlorobenzene	Pelarut	2 lt
6.	Toluene	Pelarut	1 lt
7.	Chloroform	Pelarut	2 lt
8.	Silica gel	Penyimpanan sample	1 kg
9.	Hellmanex	Pembersih substrat	250 ml
10.	Kaca mikroskop	Substrat	10 kotak
11.	Substrat Quartz	Substrat	10 keping
12.	Prisma gelas simetris	Set-up prism coupler	1 buah
13.	Diode detektor Si	Set-up prism coupler	1 buah
13.	Akuades	Pelarut	100 lt
14.	Aceton teknis	Pencuci	5 lt
15.	Methanol teknis	Pencuci	5 lt
16.	Teepol	Pencuci	2 lt
17.	Glassware	Tempat reaksi kimia	1 set
18.	Tissue, Al foil, dll	Pembersih, pelindung	1 set

### III. PERSONALIA TENAGA PENELITI DAN KUALIFIKASINYA

#### Ketua Peneliti:

#### CURRICULUM VITAE

##### Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Dr. rer.nat. Ayi Bahtiar, M.Si.
2. Tempat/Tanggal Lahir : Ciamis, 29 Oktober 1970
3. Jenis Kelamin : Laki-laki
4. Bidang Keahlian : Fisika Material
5. Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA UNPAD
6. Alamat Kantor : Jl.Raya Bandung-Sumedang KM.21 Jatinangor  
Telepon/Fax. (022) 7796014
7. Alamat Rumah : Puri Indah Jatinangor Blok D5 No. 09 Jatinangor  
45363 Sumedang  
Telepon 081323028890  
e-mail: [ayibahtiar@yahoo.com](mailto:ayibahtiar@yahoo.com)

##### Pendidikan

No	Perguruan Tinggi	Kota dan Negara	Tahun Lulus	Bidang Studi
1.	S1-UNPAD	Bandung-Indonesia	1994	Fisika Energi
2.	S2-ITB	Bandung-Indonesia	1997	Fisika Material
3.	S3-Mainz Univ.	Mainz-Germany	2004	Optik Nonlinier

##### Pengalaman Penelitian

No	Judul Penelitian	Sumber dana	Tahun
1.	Optical Waveguides of conjugated Polymers for All-Optical Switching Devices	DAAD and BMBF Germany	200-2004
2.	Efek berat molekul terhadap sifat optik linier film tipis MEH-PPV	DIPA UNPAD	2005
3.	Nonlinear Photonic Crystal for all-optical switching applications	Research Grant TPSDP UNPAD	2005-2006
4.	Fabrikasi dan karakterisasi pandu gelombang planar polimer terkonjugasi	Hibah Bersaing XIV DIKTI	2006-2007

## Daftar Publikasi

### Journal International

1. H. Meier, D. Ickenroth, U. Stalmach, K. Koynov, **A. Bahtiar**, and C. Bubeck, "Preparation and Nonlinear Optics of Monodisperse Oligo(1,4-phenyleneethynylene)s," *Eur. J. Org. Chem.* **23** (2001), pp. 4431-4443.
2. K. Koynov, N. Goutev, F. Fitrilawati, **A. Bahtiar**, A. Best, C. Bubeck, H.-H. Hörhold, "Nonlinear prism coupling of MEH-PPV waveguides and their figure of merit for all-optical switching," *J. Opt. Soc. Am. B* **19** (2002), pp. 895-901.
3. M. A. Bader, G. Marowsky, **A. Bahtiar**, K. Koynov, C. Bubeck, H. Tillmann, H.-H. Hörhold, S. Pereira, "PPV-Derivatives: New Promising Materials for Nonlinear All-Optical Waveguide Switching," *J. Opt. Soc. Am. B* **19** (2002), pp. 2250-2262.
4. K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn, H.-H. Hörhold, C. Bubeck, "Molecular weight dependence of birefringence of thin films of the conjugated polymer MEH-PPV", *Appl. Phys. Lett.* **84** (2004), 3792-3794.
5. K. Koynov, **A. Bahtiar**, C. Bubeck, B. Muhling, H. Meier, "The Effects of Donor-Acceptor Substitution on the Nonlinear Optical Properties of Oligo(1,4-phenyleneethynylene)s Studied by Third Harmonic Generation Spectroscopy," *J. Phys. Chem.* **109** (2005), 10184-10188.
6. K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn, H.-H. Hörhold, C. Bubeck, "Molecular weight dependence of waveguides birefringence of thin films and chain orientation of the conjugated polymer MEH-PPV", *Macromolecules 2006*, in press
7. **A. Bahtiar**, K. Koynov, A. Kibrom, T. Ahn, C. Bubeck, "Multiphoton spectroscopy of polymers for all-optical switching", *Proc. SPIE* Vol. 6330, 2006

### Prosiding Konferensi Internasional/Regional

1. M.A. Bader, S. Soria, G. Marowsky, K. Koynov, **A. Bahtiar**, C. Bubeck, H.-H. Hörhold, "Conjugated polymers for grating waveguide structures in integrated optics", *Materials Week 2001 Proceedings*, Werkstoffwoche-Partnerschaft, Editor (2001).
2. **A. Bahtiar**, K. Koynov, C. Bubeck, M.A. Bader, U. Wachsmuth, G. Marowsky, "Towards nonlinear waveguide devices from conjugated polymers: Tuning of the materials properties and structuring", in *OSA Trends in Optics and Photonics (TOPS) Vol.80, Nonlinear Guided Waves and Their Applications*, OSA Technical Digest, Postconference Edition (Optical Society of America, Washington DC, 2002), pp. NLMD58\_1 - 3.
3. K. Koynov, **A. Bahtiar**, F. Fantinel, K. Petersen, C. Bubeck, M.A. Bader, G. Marowsky, H.-H. Hörhold, "Polymer waveguides for all-optical switching: materials properties and microstructuring", *Materials Week 2002 Proceedings*, Werkstoffwoche-Partnerschaft, Editor (2002).
4. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn, "Influence of Film Morphology on Optoelectronic Properties of Conjugated Polymers", *Proceeding of 2<sup>nd</sup> International Conference on Photo-Responsive Organics and Polymers (2<sup>nd</sup> ICPOP)*, Busan, Korea, 2004, pp. 20-21.
5. **A. Bahtiar**, "Conjugated Polymers for Nonlinear Waveguide Applications", *Proceeding of the 2<sup>nd</sup> ASEAN Science Congress and Sub-Comitte Conferences*, Jakarta, Indonesia, august 5-7, 2005

Ceramah/Pembicara pada Konferensi Internasional dan Regional:

1. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, N. Goutev, F. Fitrilawati, H.-H. Hörhold, "Dispersions of cubic nonlinearities and attenuation losses of polymer waveguides", *1st International Conference on Photo-Responsive Organics and Polymers*, Cheju, Korea, August 19-25, 2001 (invited).
2. M.A. Bader, S. Soria, G. Marowsky, K. Koynov, **A. Bahtiar**, C. Bubeck, H.-H. Hörhold, "Conjugated polymers for grating waveguide structures in integrated optics", *International Congress on Advanced Materials, Their Processes and Applications (Materials Week)*, BMBF Status Seminar "MaTech-Highlights", Munich, Germany, October 1 - 4, 2001 (poster).
3. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, H.-H. Hörhold, "Multifunctional Conjugated Polymers for All-Optical Switching", *International Symposium on Modern Optics and its Applications (ISMOA'02)*, Bandung, Indonesia, July 3-5, 2002 (invited).
4. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, H. Tillmann, H.-H. Hörhold, "Cubic Nonlinear Optical Effects in Polymer Waveguides", *Joint Symposium of the Korean Advanced Institute for Science and Technology and the Max-Planck Institute for Polymer Research*, February 25-26, 2002, Mainz Germany (invited).
5. **A. Bahtiar**, K. Koynov, C. Bubeck, M.A. Bader, U. Wachsmuth, G. Marowsky, "Towards nonlinear waveguide devices from conjugated polymers: Tuning of the materials properties and structuring", *OSA Topical Meeting "Nonlinear Guided Waves and Their Applications"*, Stresa, Italy, September 1 - 4, 2002 (poster).
6. **A. Bahtiar**, K. Koynov, H.-H. Hörhold, C. Bubeck, "Nonlinear Waveguide of Conjugated Polymers", *56th Scottish Universities Summer School in Physics (SUSSP) - NATO Advanced Study Institute on Ultrafast-Photonics*, St-Andrews, Scotland, September 1-14, 2002 (poster).
7. K. Koynov, **A. Bahtiar**, C. Bubeck, F. Fantinel, M.A. Bader, G. Marowsky, H.-H. Hörhold, "Microstructuring of Grating Waveguide Devices of Polymers for All-Optical Switching", *European Congress on Advanced Materials, Their Processes and Applications (Materials Week)*, Munich, Germany, September 30 - October 2, 2002 (poster).
8. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn, "Nonlinear Optical Spectroscopy of Conjugated Polymers", *International Workshop on Recent Trends in Nonlinear Optics and Ultra-Short Pulse Generation*, Pavia, Italy, June 15-16, 2003 (invited).
9. **A. Bahtiar**, K. Koynov, T. Ahn, C. Bubeck, H.-H. Hörhold, "Nonlinear Optical Spectroscopy of the Conjugated Polymer MEH-PPV", *XIth Conference on Laser Optics (LO'2003)*, St.Petersburg, Russia, June 30- July 04, 2003 (poster).
10. **A. Bahtiar**, K. Koynov, C. Bubeck, "Nonlinear Optical Spectroscopy of the Conjugated Polymer MEH-PPV", *International Symposium on Modern Optics and its Applications (ISMOA'03)*, Bandung, Indonesia, August 25-29, 2003 (contributed).
11. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn, "Linear and nonlinear optical waveguide spectroscopy of poly(p-phenylenevinylene)s", *European Conference on Organic Electronics and Related Phenomena 2003 (ECOER'03) Workshops on Organic Photonics*, Wye, Kent, London UK, September 22, 2003 (invited).
12. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn, "Molecular weight dependence of morphology and birefringence of thin films of the conjugated polymer MEH-

- PPV“, *European Conference on Organic Electronics and Related Phenomena 2003 (ECOER'03)*, Wye, Kent, London UK, September 21-27, 2003 (contributed).
13. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn, “Influence of Film Morphology on Optoelectronic Properties of Conjugated Polymers”, *2nd International Conference on Photo-Responsive Organics and Polymers (2nd ICPOP)*, Busan, Korea, February 16-20, 2004 (invited).
  14. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn,” Impact of molecular weight on film morphology and optical properties of the conjugated polymer MEH-PPV”, *Topical Meeting and Tabletop Exhibits on Nonlinear Optics: Materials, Fundamentals and Applications*, August 2-6, 2004, Hawaii, USA (contributed).
  15. C. Bubeck, **A. Bahtiar**, K. Koynov, T. Ahn,” Impact of molecular weight on film morphology and optical properties of the conjugated polymer MEH-PPV”, *International Symposium on Modern Optics and its Applications (ISMOA'04)*, Bandung, Indonesia, August 9-13, 2004 (invited).
  16. **A. Bahtiar**, “Conjugated Polymers for Nonlinear Waveguide Applications”, *The 2<sup>nd</sup> ASEAN Science Congress and Sub-Comitte Conferences*, Jakarta, Indonesia, august 5-7, 2005 (contributed).
  17. **A. Bahtiar**, A. Abrar, R.E. Siregar,” Study of an add-drop filter based on a single Bragg coupler”, *International Symposium on Modern Optics and its Applications (ISMOA'05)*, Bandung, Indonesia, August 15-20, 2005 (contributed).
  18. C. Bubeck, **A. Bahtiar**, K. Koynov, T. Ahn,” Thin Films of Conjugated Polymers: Molecular Weight and Chain Orientation Effects on Optoelectronic Properties”, *2005 International Conference on Advanced Fibers and Polymer Materials (ICAFPM 2005)*, Shanghai, China, October 19 – 21, 2005 (invited).
  19. C. Bubeck, K. Koynov, **A. Bahtiar**, T. Ahn, R. Cordeiro, T. Pakula, A. Kaltbeitzel, H.-H. Horhold,” Thin Polymer Films for Optoelectronics: Studies of Chain Packing Anisotropy and Photostability”, *3rd International Conference on Photoresponsive Organics and Polymers (3rd ICPOP) organized jointly with the 2nd French-Korean Symposium on PhotonicMaterials and Devices (2nd KF-PMD)Novotel Coralia, Val Thorens, France, January 15-20, 2006*05 (invited).
  20. **A. Bahtiar**, K. Koynov, A. Kibrom, T. Ahn, C. Bubeck,”Multiphoton spectroscopy of polymers for all-optical switching”, *SPIE optics and photonics 2006*, San Diego California, USA, 14-17 August 2006 (invited).

Jatinangor, 8 Oktober 2006

Ketua Peneliti,

Dr.rer.nat. Ayi Bahtiar, M.Si.  
NIP 132 169 935

## Anggota Peneliti:

### CURRICULUM VITAE

#### Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Dr. Fitrilawati
2. Tempat/Tanggal Lahir : Curup, 8 Pebruari 1965
3. Jenis Kelamin : Perempuan
4. Bidang Keahlian : Fisika Material
5. Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA UNPAD
6. Alamat Kantor : Jl.Raya Bandung-Sumedang KM.21 Jatinangor  
Telepon/Fax. (022) 7796014
  
7. Alamat Rumah : Jl. Teratai Raya no. 121 Bumi Kencana Rancaekek  
Bandung 40132  
e-mail: fitri@mail.unpad.ac.id

#### Pendidikan

No	Perguruan Tinggi	Kota dan Negara	Tahun Lulus	Bidang Studi
1.	S1-ITB	Bandung-Indonesia	1988	Fisika Material
2.	S2-Macquarie Univ	Sydney-Australia	1993	Fisika Material
3.	S3-ITB	Bandung-Indonesia	2001	Fisika Material

#### Pengalaman Kerja

No	Institusi	Jabatan	Periode Kerja
1.	UNPAD Bandung	Staf Dosen Fisika FMIPA	1994 - sekarang

#### Daftar Publikasi:

1. K. Koynov, N. Goutev, K. Ueberhofen, **F. Fitrilawati**, H.-H. Hörhold, C. Bubeck, Polymer Waveguides with Large Cubic Nonlinearities, *NATO Advanced Study Institute workshop: SOLITON-DRIVEN PHOTONICS*, Swinoujscie, Poland, 2000.
2. C. Bubeck, K. Ueberhofen, J. Ziegler, **F. Fitrilawati**, U. Baier, H. Eichner, C. Former, K. Muellen, S. Pfeiffer, H. Tillmann, H.-H. Hoerhold (2000), Waveguides of conjugated polymers with large cubic nonlinearities, *Nonlinear Optics*, 25, 93-104.
3. C. Bubeck, K. Koynov, J. Ziegler, H. Eichner, **F. Fitrilawati**, H.-H. Hörhold, Waveguides of PPV-Derivatives with Large Cubic Nonlinearities, *invited talk at 5<sup>th</sup> International Conference on Organic Nonlinear Optics*, Davos, Switzerland, 2000.
4. C. Bubeck, K. Koynov, N. Goutev, **F. Fitrilawati**, H.-H. Hörhold, Nonlinear Optical Spectroscopy of Polymer Waveguides, *invited talk at PacifiChem 2000* (Pacific Basin Chemical Societies Meeting), Honolulu, USA.2000.



5. **F. Fitrilawati**, M.O. Tjia, J. Ziegler, H.-H. Hoerhold, C. Bubeck (2000), "Fabrication of low loss MEH-PPV waveguide", Proc. XVIII National Physics Symposium, 457-463.
6. S. Hidayat, **F. Fitrilawati** (2000), "Electrochromic effect of evaporated PANI thin film", Proc. XVIII National Physics Symposium, 279-283
7. C. Panatarani, Sukesih, A. Haryono, **F. Fitrilawati**, R.E. Siregar (2000), "Pengaruh suhu pada proses konversi termal PPV", Kontribusi Fisika Indonesia, 11 (2), 51-56.
8. **F. Fitrilawati**, M.O. Tjia (2001), Effect of phenylene ring derivatization of polyaniline and its optical properties, *Optical Materials*, 16, 361-367.
9. C. Bubeck, K. Koynov, N. Goutev, H. Eichner, **F. Fitrilawati**, H.-H. Hoerhold, Nonlinear optical spectroscopy of polymer waveguide, *invited talk at International Symposium on Modern Optics and Its Applications*, Bandung, Indonesia, 2001.
10. **F. Fitrilawati**, M.O. Tjia, J. Ziegler, C. Bubeck (2001), "Fabrication of high quality thin film of PPV derivative polymers using spincoating method", Kontribusi Fisika Indonesia., 12 (2).
11. C. Bubeck, K. Koynov, A. Bahtiar, N. Goutev, **F. Fitrilawati**, H.-H. Hoerhold, Dispersions of cubic nonlinearities and attenuation losses of polymer waveguides, , invited talk at International Conference on Photo-Responsive Organics and Polymers (ICPOP 2001), Korea.
12. **F. Fitrilawati**, M.O. Tjia, A. Deutesfeld, H. Eichner, C. Bubeck, S. Pfeiffer, H.-H. Hoerhold, (2001), "Slab waveguide of poly(p-phenylenevinylene) and its derivatives: attenuation loss, cubic nonlinearity and photostability", International Conference on Photo-Responsive Organics and Polymers (ICPOP 2001), Korea.
13. K. Koynov, N. Goutev, **F. Fitrilawati**, A. Bahtiar, A. Best, C. Bubeck (2002), "Nonlinear prism coupling of MEH-PPV waveguides and their figure of merit for all-optical switching," *Journal of Optical Society of America B (JOSA B)* vol.19, 895.
14. W. Ji, H. I. Elim, J. He, **F. Fitrilawati**, C. Baskar, S. Valiyaveetil, W. Knoll," Photophysical and Nonlinear-Optical Properties of a New Polymer: Hydroxylated Pyridyl Para-phenylene, *J. Phys. Chem. B* 107 (2003), 11043.
15. R. Ravindranath, S. Valiyaveetil, C. Baskar, A. Putra, F. Fitrilawati, W. Knoll," Design and Characterization of Nanoarchitectures from Multifunctional Polyparaphenylenes", *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 776 (2003), Q11.5.1-Q11.5.5
16. F. Fitrilawati, R.Renu, C. Baskar, L. G. Xu, H. S. O. Chan, S. Valiyaveetil, K.Tamada, W. Knoll," Langmuir-Blodgett-Kuhn and self-assembled films of asymmetrically substituted poly(paraphenylene)", *Langmuir* 21 (2005), 12146.

Jatinangor, 8 Oktober 2006

Anggota Peneliti,

Dr. Fitrilawati, M.Sc.

NIP. 132 106 193

## Anggota Peneliti:

### CURRICULUM VITAE

#### Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Dra. Yayah Yuliah, MS
2. Tempat/Tanggal Lahir : Cianjur, 29 Juli 1961
3. Jenis Kelamin : Perempuan
4. Bidang Keahlian : Fisika Material
5. Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA UNPAD
6. Alamat Kantor : Jl.Raya Bandung-Sumedang KM.21 Jatinangor  
Telepon/Fax. (022) 7796014
7. Alamat Rumah : Jl. Riung Resmi Blok IC No. 45 Bandung 40295

#### Pendidikan

No	Perguruan Tinggi	Kota dan Negara	Tahun Lulus	Bidang Studi
1.	S1-UNPAD	Bandung-Indonesia	1987	Fisika
2.	S2-ITB	Bandung-Indonesia	1990	Natural Sciences

#### Pengalaman Riset

No.	Judul	Tahun
1.	Penentuan Orientasi film tipis dengan menggunakan Spektrum UV-Vis, (DIKS UNPAD, anggota)	2005
2.	Pengaruh Berat Molekul pada sifat absorpsi dan fluoresensi polimer derivative PPP, (DIKS, Anggota)	2004
3	Pembuatan film PET Sebagai Bahan Substrat Transparan dan Fleksibel (DIKS Unpad)	2003
4	Pengaruh Doping Asam Protonik Terhadap Konduktivitas dan Transparansi Polianilin (DIKS Unpad, anggota)	2003
5	Pengukuran Julat Konduktivitas Polianilin Dibawah Pengaruh Amoniak (DIKS Unpad, anggota)	2003
6	Pembentukan Lapisan Pasif pada antar-muka PANI-Logam dan Perannya sebagai medium Pencegah Korosi (DIKS, anggota)	2001
7	Pengukuran Laju Korosi pada Aluminium yang dilapisi PANI dengan Teknik dip-coating (DIKS, anggota)	2001
8	Pengukuran Arus Korosi pada Berbagai Logam yang dilapisi Polianilin	2001

## Daftar Publikasi

No.	Judul	Tahun
1	Pembuatan Film PANI-NMP dan Aplikasinya Sebagai Bahan Aktif Sensor-pH, Jurnal Fisika, Himpunan Fisika Indonesia Vol.2 No.4	1999
2	Perubahan Sifat Listrik Polimer Konduktif Polianilin Akibat Proses Plastisasi”, Jurnal Sain Materi Vol 1	1999
3	Fotovoltaic Polimer PPV, Kontribusi Fisika, 10 (1999) 47. (anggota)	1999
4	Fotodiode Polimer, Fabrikasi dan Karakterisasi, Prosiding Hasil Penelitian Bidang Teknik LIPI (anggota)	1999.
5		
6	Pembuatan Film PANI-NMP dan Aplikasinya sebagai Sensor pH, XVII National Physics Symposium and AAPPS Seminar on Physics of Materials, Yogyakarta	1998
7	Pembuatan dan Pengujian Unjuk Kerja FET polianilin, Seminar Akademik FMIPA UNPAD	1998
8	Karakterisasi Polianilin-NMP dan Studi Aplikasinya Sebagai Elektroda Baterai Sekunder”, Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II, Serpong (anggota)	1997
9	“Elektrokromisitas Bahan Komposit Polianilin-Oksida Tungsten”, Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II, Serpong, (anggota)	1997
10	Studi Korelasi antara Konsentrasi Doping, Struktur Ikatan dan Konduktivitas pada Polianilin, Proc. XVIth Nat. Symp. Phys. Metals and Alloys, Bandung.	1996
11	Sintesis dan Doping Polianilin dalam Berbagai Konsentrasi Elektrolit, Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi I, PPSM BATAN, Serpong.	1996

Jatinangor, 8 Oktober 2006  
Anggota Peneliti

Dra. Yayah Yuliah, MS.  
NIP: 131789794

## Anggota Peneliti:

### CURRICULUM VITAE

#### Identitas Diri

1. Nama Lengkap : I Made Joni, S.Si, M.Sc.
2. Tempat/Tanggal Lahir : Bali, 1 Juni 1972
3. Jenis Kelamin : Pria
4. Bidang Keahlian : Fisika Instrumentasi Elektronika
5. Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA UNPAD
6. Alamat Kantor : Jl.Raya Bandung-Sumedang KM.21 Jatinangor  
Telepon/Fax. (022) 7796014
7. Alamat Rumah : Plamboyan Indah No 11 RT 2 Rw 4 Cibiru  
Email : [Madejoni93@yahoo.com](mailto:Madejoni93@yahoo.com)

#### Pendidikan

No	Perguruan Tinggi	Kota dan Negara	Tahun Lulus	Bidang Studi
1.	S1-UNPAD	Bandung-Indonesia	1998	Instrumentasi
2.	S2-JN. Univ	India	2000	Instrumentasi

#### Pengalaman Kerja

No	Institusi	Jabatan	Periode Kerja
1.	UNPAD Bandung	Staf Dosen Fisika FMIPA	1998 – sekarang

#### Pengalaman Penelitian

No	Judul Penelitian	Tahun	Sumber Dana
1.	Perancangan Sistem Absensis Suara Berbantuan PC, Penelitian Lomba Karya Ilmiah Inovatif Produktif (LKIP), Seminar di UNDIP, Semarang.	1998	DIKTI
2.	Rancang Bangun filter Aktif untuk Pengolahan sinyal magneto Telurik ( Sebagai teknisi dan tugas akhir)	1998	RUT
3.	Dielectric Properties of Ice	2000	ICCR
4.	Analisis dan Simulasi Difusi Thermal Sistem Lennard-Jones Menggunakan Metode Kinetik Monte Carlo	2003	DIKS UNPAD

**Daftar Publikasi:**

1. **Made Joni** (2000), “Dielectric properties of Ice,” M.Sc. Thesis School of Physical Sciences Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India.
2. **I Made Joni**, dkk (2003), “Simulasi Difusi termal dengan metode kinetic monte carlo,” Project penelitian DIKs 2003. Jurusan Fisika FMIPA Unpad.
3. **I Made Joni**, Bambang Mukti Wibawa, Darmawan Hidayat (2004),” Perancangan Prototipe Multi Sel dan Sisitem Pakar Untuk Optimalisasi Produksi dan Kualitas Udang windu,” Seminar Nasional Budi Daya Udang, Sekolah Tinggi Perikanan (STP) Serang, Banten.

Jatinangor, 8 Oktober 2006

Anggota Peneliti,

I Made Joni, S.Si, M.Sc.  
NIP. 132 296 651

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN HIBAH BERSAING**

---

1. a. . Judul Penelitian : Fabrikasi dan Karakterisasi Pandu gelombang Planar  
Polimer Terkonjugasi  
b. Kategori Penelitian : I/II/III

---

2. Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap dan Gelar : DR. rer. nat. Ayi Bahtiar, M. Si.  
b. Jenis Kelamin : Laki-laki  
c. Pangkat/Golongan/NIP : Penata Muda Tk.I/III-b/132169935  
d. Jabatan Fungsional : Lektor  
e. Fakultas/Jurusan : MIPA/Fisika  
f. Perguruan Tinggi : Universitas Padjadjaran  
d. Bidang Ilmu yang Diteliti : Fisika Material Optik

---

3. Jumlah Tim Peneliti : 3 orang

---

4. Lokasi Penelitian : a. Laboratorium Fisika Material UNPAD  
Jl. Raya Jatinangor km. 21 Sumedang  
b. Lab. Nonlinear Optics, MPI Polymer Research  
Ackermannweg 10, D-55128 Mainz, Germany

---

5. Jangka Waktu Penelitian : 2 (dua) tahun

---

6. Biaya yang diperlukan : Rp. 100.000.000,-

---

Jatinangor, 11 Oktober 2006

Mengetahui  
Dekan Fakultas MIPA

Ketua Peneliti

Prof. Dr. Husein H. Bahti  
NIP. 130344456

DR. rer. nat. Ayi Bahtiar, M. Si.  
NIP. 132169935

Menyetujui  
Ketua Kelembagaan Penelitian

Prof. Dr. Johan S. Masjhur, dr., SpPD-KE., SpKN  
NIP. 130 256 894

## RINGKASAN

# FABRIKASI DAN KARAKTERISASI PANDU GELOMBANG PLANAR POLIMER TERKONJUGASI

Ayi Bahtiar, Fitrilawati, Yayah Yuliah, I. Made Joni

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran  
Bandung

NOMOR 013/SP3/PP/DP2M/II/2006

Film tipis polimer organik merupakan bagian yang sangat penting dalam perkembangan teknologi fotonik seperti untuk *integrated optics*, laser, LED, sel surya dan divais optik nonlinier. Pandu gelombang planar sangat cocok dikembangkan untuk *integrated optics* (IO), karena mudah difabrikasi dan dapat diintegrasikan dengan komponen optik yang lain. Pandu gelombang dapat dibuat dari film tipis dengan indeks bias yang sesuai. Film tipis untuk pandu gelombang planar harus transparan, mempunyai indeks bias dan ketebalan yang homogen, dan mempunyai permukaan yang halus. Mendapatkan film tipis yang berkualitas baik merupakan kendala utama untuk aplikasi, sehingga banyak upaya yang dilakukan berkaitan dengan hal tersebut. Ada beberapa teknik yang biasa dipakai untuk pembuatan film tipis dari bahan organik antara lain vakum evaporasi, *doctor-blading*, *spin-coating* dan *dip-coating*. Teknik *spin-coating* merupakan salah satu teknik yang sangat cocok untuk pembuatan pandu gelombang planar dengan kualitas optik yang baik. Dalam penelitian ini, kami menggunakan teknik ini dalam memfabrikasi film tipis untuk aplikasi pandu gelombang planar dari bahan polimer.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh film tipis dengan kualitas optik yang baik, yaitu transparan, indeks bias yang homogen dan memiliki permukaan yang halus. Untuk mencapai tujuan tersebut, eksperimen dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah melakukan optimasi parameter fabrikasi film tipis dengan teknik *spin coating* seperti jenis pelarut, temperatur substrat, konsentrasi larutan, kecepatan spin, waktu dan temperatur fabrikasi. Dari tahap pertama ini dihasilkan korelasi antara parameter fabrikasi dan kualitas film tipis (ketebalan dan *surface roughness*) atau *empirical rule*. Tahap kedua adalah memfabrikasi film tipis dari bahan polimer yang berbeda (khususnya polimer yang berpotensi untuk devais *integrated optics*) dengan penyesuaian parameter fabrikasi diatas. Dari hasil ini akan dievaluasi adanya *empirical rule* dalam fabrikasi film tipis dengan teknik *spin-coating*. Tahap ketiga adalah mengukur sifat optik dari film tipis, yaitu koefisien absorpsi dan dispersi indeks bias.

Metoda penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda eksperimen. Eksperimen pada penelitian tahun pertama ini mencakup fabrikasi film tipis dengan teknik *spin coating* dan karakterisasi film tipis yang terdiri dari pengukuran ketebalan ( $d$ ), rata-rata permukaan ( $R_a$ ), serta pengukuran UV-Vis untuk mengetahui sifat optiknya. Dalam tahun pertama ini telah dilakukan fabrikasi film tipis dari tiga jenis polimer dengan menggunakan teknik *spin coating*, yaitu polistiren (PS), polivinilkarbazol (PVK) dan MEH-PPV. Parameter *spin coating* yang divariasikan adalah kecepatan putaran dan suhu substrat. Hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa optimasi parameter fabrikasi film tipis dengan teknik *spin coating* memungkinkan kontrol ketebalan dan sifat permukaan film tipis polimer. Rumus empirik untuk menentukan ketebalan tidak hanya dipenuhi oleh pada saat pembuatan film tipis dari polimer PVK, melainkan juga dipenuhi saat fabrikasi film tipis dari polimer polistiren dan MEH-PPV.

Hasil pengukuran spektroskopi UV-Vis memberikan informasi tentang sifat optik dari film tipis polimer yaitu koefisien absorpsi dan dispersi indeks bias. Besar indeks bias pada kurva dispersi tersebut masih bersifat relatif karena hanya dihitung dari spektrum absorpsi menggunakan perumusan Kramers-Kronig. Dari sifat optik yang diperoleh menunjukkan bahwa polimer yang diteliti dapat digunakan untuk aplikasi fotonik karena dapat memenuhi beberapa persyaratan, seperti transparan, mempunyai indeks bias yang relatif besar dibandingkan dengan substrat/gelas dan memiliki *surface roughness* yang relatif kecil.



## SUMMARY

# FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF PLANAR WAVEGUIDES OF CONJUGATED POLYMERS

**Ayi Bahtiar, Fitrilawati, Yayah Yuliah, I. Made Joni**

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran  
Bandung

**NOMOR 013/SP3/PP/DP2M/II/2006**

Thin films of organic polymers play very important roles on the development of photonic integrated optics applications such as laser, light emitting diode (LED), photovoltaic cells and nonlinear optical devices. Optical waveguides are appropriate to be developed for integrated optics application due to easy of fabrication and they are relative easy to be integrated with other optical components. Optical planar waveguides can be made in the form of thin film of suitable materials that posses high refractive indices. Thin films have to posses good optical quality such as transparent in the work wavelength region, homogeniety in both refractive index and thickness. A lot efforts have been done in order to obtain good quality of thin films. They are several techniques for fabrication of thin organic films, e.g. vacuum evaporation, doctor-blading, spin-coating and dip-coating. Spin coating technique is widely used for fabrication of thin organic films or organic planar waveguides with good optical quality. In this research, we have used this technique to fabricate thin polymer film for planar waveguide application.

The aim of our research is to obtain good quality of thin polymer films, e.q. transparent in the work wavelength region, homogeniety in both refractive index and thickness. There are three steps of experiment. First step, several parameters of spin coating such as type of solvent, substrate temperature, concentration of solution, spinning speed, spinning time and fabrication temperature were optimized to obtain good quality of thin films. From this step, a correlation between spin coating parameters and thickness and surface roughness of thin films (emphirical rule) was obtained. In the second step, we have fabricated thin films from other polymers, especially which are potential for integrated optical devices, by adjusting obtained parameters in the first step. A new emphirical rule was obtained. In the last step, we have measured optical properties of all thin films e.q. absorption coefficent and dispersion of their refractive indices.

We have used experimental method in this research. We have used spin coating technique to fabricate thin polymer films. Alpa step profilomter was employed to measure

thin films thickness (d) and their surface roughness (Ra). Meanwhile, UVvis spectrometer was used to measure the optical properties of thin polymer films. In the first year, we have fabricated thin films from three different polymers by use of spin coating technique. They are polystyrene (PS), polyvinyl carbazole (PVK) and a derivate of poly(para-phenylenevinylene), poly[2-methoxy-5-(2'-ethyl-hexyloxy)-1,4-phenylenevinylene] (MEH-PPV). Spinning speed of spin coater and substrate temperature were variied. The results show that by optimization of thin film fabrication parameters, both the thickness and surface roughness of thin films can be controlled precisely. This emphirical rule could be used for other similar conjugated polymers.

## PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah, kami panjatkan ke khadirat Alloh SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesabaran kepada kami untuk melaksanakan penelitian Hibah Bersaing XIV dengan judul “Fabrikasi dan Karakterisasi Pandu gelombang Planar Polimer Terkonjugasi”.

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor 013/SP3/PP/DP2M/II/2006, tanggal 1 Februari sampai dengan 31 Oktober 2006. Kami mengucapkan terima kasih kepada bererapa pihak yang telah membantu kelancaran dalam penelitian ini:

1. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, melalui Proyek Penelitian Hibah Bersaing XIV
2. Ketua Lembaga Penelitian UNPAD, Bapak Prof. Dr. Johan S. Masjhur, dr., SpPD-KE., SpKN, beserta staffnya
3. Dekan FMIPA UNPAD, Bapak Prof. Dr. Husein H. Bahti
4. Ketua Jurusan Fisika, Bapak Dr. M. Qomarudin
5. Ketua Kelompok Bidang Keahlian (KBK) Fisika Material, Bapak Prof. Dr. Rustam E. Siregar
6. Prof. Dr. C. Bubeck dari MPI Polymer Research, Germany atas kesempatan melakukan pengukuran di Lab. Optic Nonlinear.
7. Semua pihak yang dapat kami sebutkan satu persatu

Semoga penelitian ini dapat berguna untuk memberikan konstribusi dalam penelitian-penelitian dasar (Basic Research) atau aplikasi (Applied Research) di Indonesia.

Jatinangor, 12 Oktober 2006

Peneliti