

3006 = 1.8



**LAPORAN PENELITIAN**

**PEMBUATAN DAN PENGUKURAN TRANSMITASI  
BAHAN POLIANILIN KOMPLEKS**

Oleh :

**TUTI ARYATI  
YAYAH YULIAH**

DIBIYAI OLEH BAGIAN PROYEK PENINGKATAN KUALITAS SUMBERDAYA MANUSIA  
DENGAN SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN  
NOMOR : 013/LIT/BPPK-SDM/III/2001 TANGGAL 15 MARET 2001

**DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PADJADJARAN  
OKTOBER 2001**

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR PENELITIAN DOSEN MUDA**

1. a. Judul Penelitian : Pembuatan dan Pengukuran Transmittansi Bahan Polianilin Kompleks  
b. Kategori Penelitian : I / II / III

2. Ketua Penelitian

a. Nama Lengkap dan Gelar : Dra. Tuti Aryati,MS.  
b. Jenis Kelamin : Perempuan  
c. Pangkat / Golongan / NIP : Penata / III.c / 131 413 148  
d. Jabatan Fungsional : Lektor  
e. Fakultas / Jurusan : MIPA / Fisika  
f. Univ/Inst./Akademik : Universitas Padjadjaran  
g. Bidang Ilmu yang diteliti : Fisika Material

3. Jumlah Tim Peneliti : 2 orang

No	Nama	Fakultas/Lembaga	Tugas
1	Dra. Tuti Aryati,MS.	Fisika, FMIPA UNPAD	Ketua Peneliti
2	Dra. Yayah Yuliah,MS.	Fisika, FMIPA UNPAD	Peneliti

4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Material Jurusan Fisika,  
Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran  
Jalan Raya Jatinangor, Sumedang 45363 Jawa Barat

5. Jangka waktu penelitian : 8 bulan (15 Maret 2001 – 14 Oktober 2001)

6. Biaya dan jangka waktu penelitian  
Jumlah biaya penelitian : Rp 5.000.000,- (Lima juta rupiah)

Bandung, 2 Oktober 2001  
Kepala Proyek Penelitian

Mengetahui  
Dekan Fakultas MIPA  
  
Prof. Dr. H. Rustom E. Siregar  
NIP 130 344 456  


Mengetahui  
Ketua Kelembagaan  
Penelitian

  
Dra. Tuti Aryati,MS.  
NIP 131 413 148

  
Masjhur, dr, SpPD-KE, SpKN  
NIP 130 256 894

## ABSTRAK

Dengan menggunakan *camphor sulfonic acid* (CSA) sebagai salah satu asam protonik bergugus fungsional untuk memprotonasi polianilin, telah dibuat film polianilin kompleks dengan perbandingan 2:1. Film PANI-CSA dibuat dengan melarutkan polianilin kompleks dalam pelarut m-cresol dengan perbandingan bobot 1 %. Pengukuran resistansi bahan memperlihatkan karakteristik listrik yang stabil pada temperatur dibawah 100° C, dengan resistansi permukaan 75 Ohm. Pada keadaan tersebut bahan memiliki transmitansi sekitar 60% pada panjang gelombang antara 400 dsampai 700 nm.

## ABSTRACT

By using *camphor sulfonic acid* (CSA) as a functionalized protonic acid to protonated polyaniline, has been made a polianiline complex material at 2:1 mol concentration. A PANI-CSA film was casted from solution of 1% weight of polianiline complex in m-cresol. The result of the resistance measurement show that the PANI-CSA complex film has stable electric characteristic at the temperature below 100° C, with 75 Ohm of surface resistance. At these situation, the material show transmittance in about 60 % at the range of 400 to 700 nm of wave length.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas terselsaikannya laporan penelitian ini.

Laporan ini memuat hasil penelitian yang dilakukan selama delapan bulan yang dibiayai Oleh Proyek Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia, tahun anggaran 2000/2001, dengan srat perjanjian penelitian No. 013/LIT/BPPK-SDM?III/2001, tanggal 15 Maret 2001, tentang Pembuatan dan Pengukuran Transmittansi Bahan Polianilin Kompleks.

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memungkinkan terselenggaranya penelitian ini, antara lain:

- Ketua Lembaga Penelitian UNPAD beserta staf atas bantuannya dalam merealisasikan proyek penelitian ini.
- Dekan Fakultas Fisika FMIPA UNPAD beserta staf yang telah memberi dukungan mulai dari pengajuan proposal sampai penyelesaian penelitian ini.
- Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNPAD, yang telah memberikan keleluasaan waktu dan fasilitas Lab. untuk melaksanakan penelitian ini.
- Para peneliti di Lab. Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA UNPAD terutama mahasiswa tugas akhir: Agustiana Ramdani dan Budiyana, atas kerja sama yang baik selama penelitian .
- Rekan-rekan dosen lainnya yang telah memberikan bantuan selama penelitian.

Kritik dan saran kearah perbaikan sangat kami harapkan, terima kasih.

Bandung, Oktober 2001

Ketua Peneliti.

Tuti Aryati

## DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Identitas dan Pengesahan .....	i
Abstrak .....	ii
Abstract .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi .....	iv
Daftar Gambar .....	v
Daftar Tabel .....	vi
1. Pendahuluan .....	1
2. Tinjauan Pustaka .....	3
2.1 Polianilin .....	3
2.2 Polianilin Kompleks .....	7
3. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	8
4. Metode Penelitian	
4.1. Pembuatan Bubuk PANI EB .....	9
4.2 Pembuatan Kompleks PANI-CSA dan Film PANI-CSA .....	10
4.3 Pengukuran Konduktivitas film PANI-CSA .....	10
4.4 Pengukuran Spektrum UV-Vis film PANI-CSA .....	11
5. Hasil dan Pembahasan .....	12
6. Kesimpulan .....	16
Daftar Pustaka .....	17
Riwayat Hidup Peneliti .....	18

## DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1 Struktur molekul PANI secara umum	1
Gambar 2.2 Bentuk PANI pada tingkat oksidasi yang berbeda	4
Gambar 2.3 Proses doping/ dedoping PANI melalui protonasi/deprotonasi	5
Gambar 2.4 Struktur pita energi polaron dan bipolaron	6
Gambar 5.1. Spektrum UV-Vis PANI-EB	14
Gambar 5.2. Spektrum UV-Vis PANI-CSA	14
Gambar 5.3 Kurva Transmittansi film PANI-CSA untuk resistansi permukaan yang berbeda.	15

## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 5.1 Karakteristik I-V Film PANI-CSA.	13
Tabel 5.2 Resistansi Film PANI-CSA.	13

## 1. PENDAHULUAN

Sifat konduktif bahan polimer ditemukan pertama kali pada tahun 1978 oleh Shirikawa dkk. pada bahan poliasetilen. Pada penelitian selanjutnya telah ditemukan beberapa bahan polimer lain yang bersifat konduktif. Ciri utama yang dimiliki polimer konduktif adalah adanya ikatan terkonjugasi pada pada rantainya. Di antara polimer berkonjugasi, polianilin (PANI) dan poli-para fenilen vinilen (PPV) merupakan bahan yang banyak dipelajari karena kaya akan potensi aplikasi. Beberapa contoh polimer berkonjugasi lainnya adalah polipirrol (PPY), poliasetilen (PA), poliparafenilen (PPP), politiofen (PT), polifuran (PF).

Beberapa contoh potensi aplikasi dari PANI yang menarik adalah bahan perisai elektromagnet, transistor, indikator elektrokromik dan *smart window*, alternatif baterai sekunder tanpa polusi, serta sensor dan aktuator, dan optoelektronik. Sedangkan contoh aplikasi PPV adalah sebagai bahan LED, devais optik nonlinear sel surya.

Selanjutnya, PANI khususnya menempati kedudukan yang istimewa karena kaya aspek ilmiah dan luas potensi aplikasinya. Berbeda dari polimer konduktif lainnya, mekanisme polimerisasi dan proses dopingnya serta sifat kimia-fisisnya memperlihatkan variasi yang luas, tergantung pada jenis bahan pelarut dan elektrolit, jenis proses serta parameter sintesis yang dipilih. Dengan demikian, bahan ini memberi peluang luas bagi pengkajian ilmiah dan pengembangan aplikasinya.

Pada awalnya polianilin murni dikenal sebagai bahan dengan intraktabilitas tinggi, sulit untuk diproses, hal ini merupakan kendala utama dalam aplikasinya. Pada perkembangannya diketahui bahwa polianilin dalam bentuk basa, tanpa doping yang bersifat isolator dapat larut dalam NMP (N-methylpirrolidinone) [1], pyrrolidine [2] dan asam sulfat pekat serta asam-asam kuat lainnya. Meskipun demikian kemungkinan untuk mendapatkan bahan polianilin dalam bentuk konduktor yang dapat larut dalam pelarut non-polar atau pelarut organik polar rendah masih belum tampak.

Perkembangan berikutnya menunjukkan bahwa penggunaan asam protonik fungsional seperti HCSA (camphorsulfonic acid) sebagai dopan menghasilkan bahan polianilin kompleks PANI-CSA yang dalam kedua bentuknya, konduktif dan non konduktif dapat larut dalam pelarut biasa seperti toluene, xylene, chloroform, m-cresol dan lain-lain. Dengan demikian asam protonik fungsional memungkinkan polianilin dapat

diproses dalam bentuk konduktifnya untuk dijadikan serat, lembaran, film tipis transparan dan lain-lain.

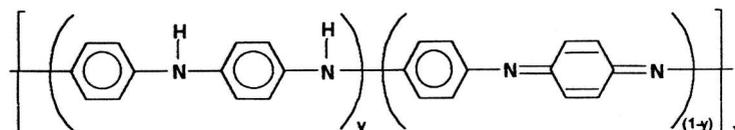
Program penelitian ini merupakan langkah awal untuk melakukan studi aplikasi polianilin kompleks khususnya PANI-CSA sebagai bahan elektroda transparan. Untuk maksud tersebut akan dilakukan pembuatan kompleks PANI-CSA dan pengukuran karakteristiknya.

Terlebih dahulu akan dilakukan sintesis polianilin untuk mendapatkan bubuk basa emeraldin, dilanjutkan dengan pembuatan kompleks PANI-CSA, pengukuran konduktivitas serta pengukuran transmitansinya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 POLIANILIN

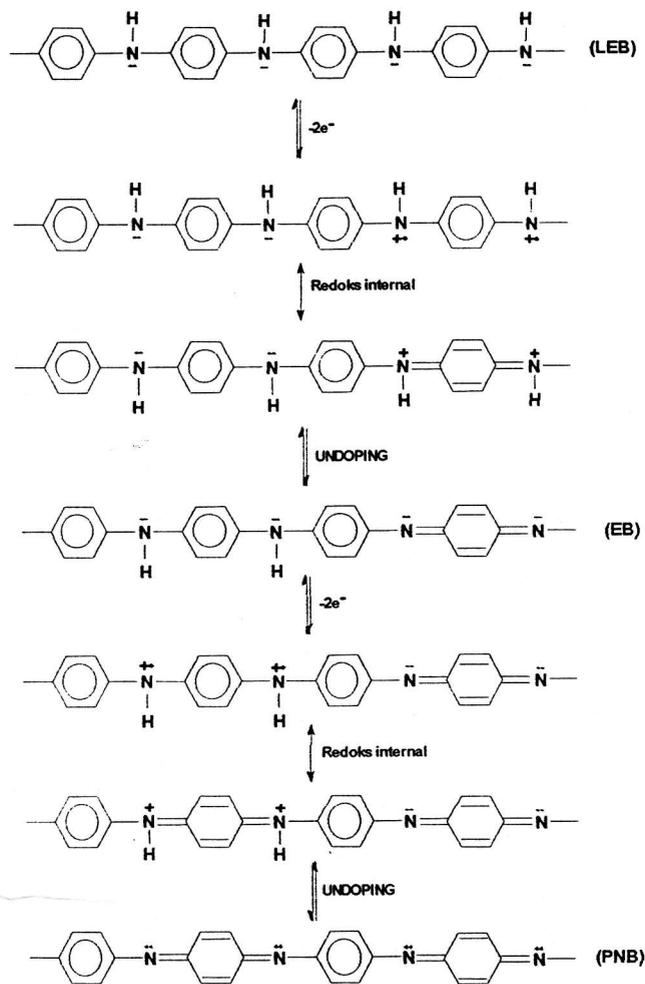
Polianilin (PANI) adalah polimer konduktif yang mempunyai ikatan rantai terkonjugasi. Struktur molekul polimer PANI secara umum ditunjukkan oleh gambar 2.1 dibawah ini.



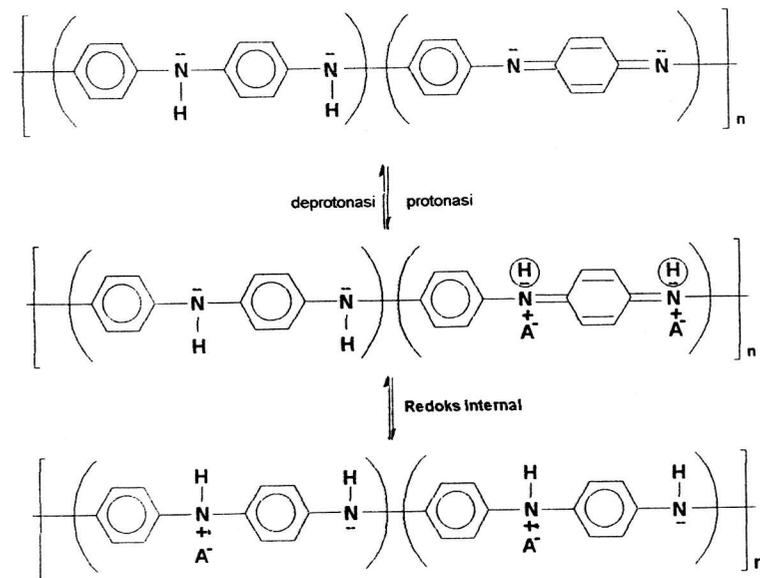
**Gambar 2.1** Struktur molekul PANI secara umum

Pada gambar tersebut tampak bahwa polimer PANI mempunyai dua gugus berulang, yaitu gugus tereduksi  $\left(\text{--}\text{C}_6\text{H}_4\text{--NH--C}_6\text{H}_4\text{--NH--}\right)$  dan gugus teroksidasi  $\left(\text{--}\text{C}_6\text{H}_4\text{--N=C}_6\text{H}_4\text{=N--}\right)$ . Gugus-gugus tersebut mengandung molekul-molekul berbentuk cincin benzoid  $\left(\text{--}\text{C}_6\text{H}_4\text{--}\right)$  dan cincin kuinoid  $\left(\text{=C}_6\text{H}_4\text{=}\right)$  yang dihubungkan satu sama lain oleh atom nitrogen melalui ikatan amin  $\left(\text{--NH--}\right)$  dan imin  $\left(\text{--N=}\right)$  [3]. Nilai  $y$  dalam gambar tersebut yang berkisar antara 0 dan 1, menentukan tingkat oksidasi PANI. Bila  $y = 0$ , PANI berada dalam tingkat teroksidasi penuh yang menghasilkan polimer dalam bentuk basa pernigranilin (PGN), sedangkan harga  $y = 0,5$  berkaitan dengan tingkat setengah teroksidasi yang menghasilkan polimer dalam bentuk basa emeraldin (EB), dan  $y = 1$  berkaitan dengan tingkat tereduksi penuh yang menghasilkan polimer dalam bentuk basa leukoemeraldine (LEB). PANI yang teroksidasi, akan kehilangan atom H yang berkaitan kovalen dengan atom N di sebelah cincin benzoid. Penarikan atom H tersebut menyebabkan atom N tidak stabil karena memiliki satu elektron yang tidak berpasangan (polaron). Elektron pada atom N tersebut akan berikatan dengan elektron dari atom C pada cincin benzoid, sehingga mengubah cincin benzoid menjadi kuinoid, dan mengubah ikatan amin menjadi imin. Sebaliknya pada PANI yang tereduksi atom N yang mengikat cincin kuinoid akan menangkap atom H, sehingga akan mengubah cincin kuinoid menjadi cincin benzoid dan mengubah ikatan imin menjadi amin. Proses perubahan bentuk ikatan ditunjukkan pada gambar 2.2.

PANI hasil sintesa kimia berada dalam bentuk EB bersifat isolator, bentuk tersebut dapat diubah menjadi ES (garam emeraldin) yang konduktif melalui perlakuan asam atau protonasi [4]. Proses protonasi EB menghasilkan cacat rantai dalam bentuk pasangan dikation dan dopan A<sup>-</sup> seperti terlihat pada gambar 2.3. Dopan A<sup>-</sup> yang masuk ke dalam polimer akan terikat secara coulomb dengan kation yang terdapat pada rantai PANI. Pada proses doping/dedoping melalui proses protonasi/deprotonasi ini tidak mengubah jumlah elektron di dalam rantai.



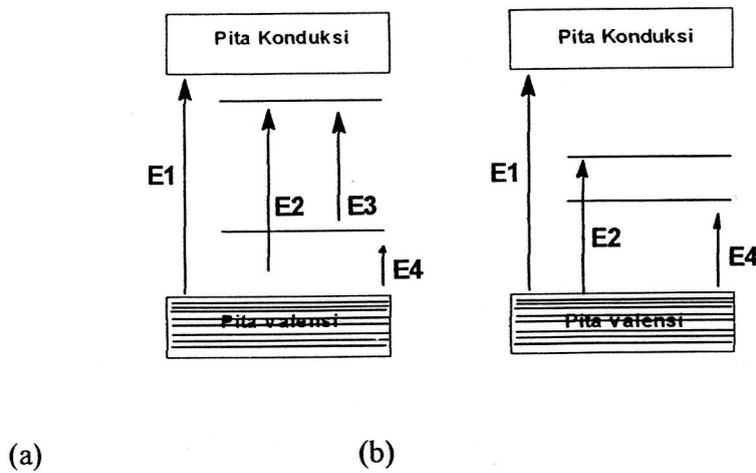
Gambar 2.2 Bentuk PANI pada tingkat oksidasi yang berbeda



**Gambar 2.3** Proses doping/ dedoping PANI melalui protonasi/deprotonasi

Proses protonasi dapat terjadi melalui beberapa cara, diantaranya melalui atom N yang berikatan imin yang dipengaruhi stabilitas resonansi [5]. Protonasi PANI EB dengan HCl (asam klorida) hingga tingkat 50 % menunjukkan adanya peningkatan sinyal ESR terhadap kenaikan tingkat protonasi. Hasil tersebut bertentangan dengan bentuk dikation ES yang tidak memiliki radikal dan spin. Kehadiran cacat rantai bentuk kation radikal (polaron) polisemikuinon dinyatakan sebagai akibat proses disproporsionasi (redoks internal). Hasil seperti ini cenderung terjadi pada pemberian dopan yang berasal dari asam monovalen, seperti HCl, HF, HI, dan sebagainya [6].

Selanjutnya, kehadiran polaron dan bipolaron pada rantai PANI menimbulkan perubahan struktur elektroniknya. Perubahan tersebut secara kualitatif dapat digambarkan sebagai munculnya celah (*gap states*) dalam struktur elektronik. Susunan tingkat energi dalam celah energi tersebut berkaitan dengan kehadiran polaron dan bipolaron seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Struktur pita energi polaron (a) dan bipolaron (b)

Munculnya tingkat-tingkat energi di dalam celah energi dapat dideteksi dengan spektroskopi yang berkaitan dengan proses transisi antar berbagai tingkat energi. Pada gambar di atas juga ditunjukkan kemungkinan eksitasi elektron yang terjadi pada polimer konduktif yang mengandung polaron atau bipolaron. Kehadiran polaron dalam polimer konduktif menghasilkan empat transisi yaitu transisi E1 dari pita valensi (PV) ke pita konduksi (PK), transisi E2 dan E4 dari pita valensi (PV) ke pita polaron, dan transisi E3 dari antar pita polaron. Selanjutnya, kehadiran bipolaron dalam polimer konduktif hanya menghasilkan tiga transisi yaitu tanpa kehadiran transisi E3 (transisi antar pita bipolaron) [7].

## 2.2 Polianilin Kompleks (PANI-kompleks)

Polimer yang memiliki ikatan rantai terkonjugasi pada umumnya bersifat rigid sehingga sulit untuk di proses. Demikian pula halnya dengan PANI yang diperoleh dari hasil sintesis kimia. Keadaan ini merupakan kendala dalam aplikasinya, terutama aplikasi yang berkaitan dengan film tipis konduktif. Film konduktif PANI biasanya diperoleh dengan melarutkan PANI-EB yang non konduktif dalam pelarut seperti N-methyl-2-pyrrolidinone (NMP), setelah menjadi film kemudian diberi dopan sehingga membentuk

film PANI-ES yang konduktif. Film PANI-ES yang dibuat dengan cara seperti ini biasanya memiliki konduktivitas antara 1 sampai 5 S/cm [8].

Hasil penelitian berikutnya menunjukkan bahwa penggunaan asam protonik bergugus fungsional (functionalized protonic acid) sebagai dopan menghasilkan PANI-kompleks yang dapat larut dalam pelarut organik biasa.

Asam protonik bergugus fungsional secara umum dinyatakan dengan notasi  $H^+(M-R)$ , dengan  $H^+M$  adalah gugus asam fungsional yang dapat berupa asam sulfonik, asam karbosiklik, asam fosfonik, sulfat atau fosfat dll., dan R adalah suatu gugus organik. Proton dari asam protonik bereaksi dengan nitrogen yang berikatan iminb pada polianilin dan mengubah basa menjadi garam yang konduktif, gugus  $(M-R)$  bertindak sebagai ion lawan. Pemilihan gugus fungsional R dipilih disesuaikan dengan pelarut non polar atau pelarut organik dengan polaritas rendah. Sebagai contoh dapat dipilih champorsulfonic acid (CSA) atau dodecylbenzenesulfonic acid (DBSA)[9]. Pemilihan gugus organik tersebut membuat PANI-kompleks dapat larut dalam pelarut biasa seperti dekalin, kloroform, meta-kresol, xilena dan sebagainya.

### 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Sejalan dengan perkembangan teknologi piranti elektronika, bahan konduktor transparan banyak dibutuhkan. Bahan konduktor seperti ini pada umumnya digunakan sebagai bahan pembuatan elektroda transparan dan bahan antistatik transparan. Elektroda transparan dibutuhkan antara lain untuk LED, sel surya dan LCD (layar peraga kristal cair).

Sebagai elektroda transparan dibutuhkan bahan dengan konduktivitas listrik yang relatif tinggi dan transparansi yang tinggi pula. Hanya sedikit bahan yang memiliki kombinasi karakteristik seperti ini. Bahan organik yang memiliki potensi aplikasi dibidang ini antarlain bahan polianilin kompleks dan *blending*-nya.

Program penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi aplikasi polianilin kompleks khususnya PANI-CSA sebagai bahan elektroda transparan. Untuk tujuan tersebut akan dilakukan pembuatan kompleks PANI-CSA dan pengukuran karakteristiknya.

Terlenih dahulu akan dilakukan sintesis polianilin untuk mendapatkan bubuk basa emeraldin, dilanjutkan dengan pembuatan kompleks PANI-CSA, pengukuran konduktivitas serta pengukuran transmitansinya.

Banyak manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari program penelitian ini. Dari segi keilmuannya sendiri penelitian ini bermanfaat untuk dapat menguasai proses pembuatan dan penentuan sifat-sifat bahan konduktif transparan.

Manfaat lain dari program penelitian ini adalah meningkatkan atmosfer akademik khususnya di laboratorium Fisika Material FMIPA UNPAD karena pada program penelitian ini selain dosen-dosen diibatkan pula beberapa mahasiswa. Diantara mereka ada yang menjadikannya sebagai bahan tugas akhir, bahan LKTI dan lomba karya ilmiah mahasiswa lainnya, yang sampai laporan ini dibuat masih sedang berlangsung.

## 4. METODE PENELITIAN

### 4.1. Pembuatan Bubuk PANI EB

Bubuk PANI EB dibuat dengan metode kimia dari monomer anilin, asam klorida, dan inisiator ammonium persulfat. Proses sintesis dikelompokkan dalam lima tahap, yaitu penyiapan larutan, polimerisasi, pemisahan, deprotonasi, dan pengeringan.

Tahap pertama adalah penyiapan larutan anilin dan larutan inisiator. Larutan anilin dibuat dari 16,6 ml anilin (0,73 M) yang telah didestilasi dengan 1M HCl bertemperatur 1°C hingga jumlahnya 250 ml. Kemudian larutan inisiator dibuat dari 13,68 gr ammonium persulfat (0,24 M) dengan 1M HCl bertemperatur 1°C sehingga jumlahnya menjadi 250 ml. Campuran anilin dan inisiator tersebut masing-masing diaduk dengan pengaduk magnetik hingga merata sehingga larutan berwarna bening.

Tahap selanjutnya adalah polimerisasi yaitu pencampuran larutan monomer dengan larutan inisiator disertai dengan proses pengadukan dengan menggunakan alat pengaduk magnetik. Pencampuran dilakukan dengan peneteskan larutan inisiator ke dalam larutan anilin dengan kecepatan sekitar 2 ml/menit pada temperatur sekitar 0°C. Proses polimerisasi ditandai dengan timbulnya perubahan warna campuran yang berturut-turut dari bening menjadi kuning bening, hijau muda, hijau tua, biru muda, biru tua dan terbentuknya endapan biru kehitaman. Setelah pencampuran inisiator dan monomer selesai, pengadukan diteruskan sekitar 4 jam lagi sehingga diperoleh larutan yang lebih pekat dengan endapan yang lebih banyak.

Tahap ketiga adalah proses pemisahan yaitu untuk mendapatkan polianilin murni dalam bentuk endapan yang terpisah dari zat-zat lain. Pada tahap ini hasil polimerisasi disaring dengan corong buchner, sehingga diperoleh endapan hijau kehitaman dan filtrat berwarna bening. Endapan PANI yang berwarna hijau kehitaman tersebut dicuci dengan akuades. Pencucian dilakukan secara terus-menerus hingga warna filtrat menjadi bening, serta diperoleh endapan dengan warna tetap hijau kehitaman. Pencucian selanjutnya menggunakan metanol yang berlangsung hingga filtrat berwarna bening.

Selanjutnya transfer PANI menjadi PANI EB dilakukan melalui pencampuran endapan PANI dengan 250 ml 0.1 M  $\text{NH}_4\text{OH}$  (Merck 25 %) sehingga pH campuran tersebut melebihi 8. Proses tersebut dilakukan dengan pengadukan selama 15 jam. Selanjutnya campuran tersebut disaring dan dicuci dengan akuades, sampai filtrat

berwarna bening. Pencucian tersebut dilanjutkan dengan menggunakan metanol. Endapan yang dihasilkan kemudian diekstrak dengan THF (Tetrahidrofur) untuk membuang PANI yang berantai pendek. Endapan yang dihasilkan tersebut kemudian dibilas dengan dietil eter.

Proses selanjutnya adalah pengeringan menggunakan desikator yang divakumkan selama 24 jam. Endapan tersebut selanjutnya digerus, sehingga diperoleh bubuk berwarna coklat keperakan. Bubuk tersebut kemudian dikeringkan kembali dalam sistem pengering vakum pada temperatur sekitar 50° C selama 4 jam.

#### 4.2 Pembuatan kompleks PANI-CSA dan Film PANI-CSA

Basa emeraldin hasil sintesis secara kimia dicampur dengan *camphorsulfonic acid* (CSA) dengan perbandingan tertentu. Dengan menggunakan *mortar* dan *pestle*, campuran PANI-EB:CSA tersebut digerus sampai tercampur dengan baik dalam atmosfer *inert*.

Film PANI-CSA dibuat dengan melarutkan sejumlah tertentu kompleks PANI-CSA dalam pelarut m-cresol dengan konsentrasi tertentu disesuaikan dengan ketebalan yang diinginkan. Larutan kemudian dimasukkan kedalam *ultrasonic bath* selama 48 jam pada temperatur 50° C. Larutan selanjutnya disaring untuk membuang bagian-bagian yang tidak larut dan *dicasting* diatas substrat kaca dengan menggunakan *spin casting*, kemudian diuapkan pada temperatur 50°C untuk menghilangkan sisa-sisa pelarut dilanjutkan dengan pengeringan dalam ruang vakum.

#### 4.3 Pengukuran Konduktivitas Film PANI-CSA

Konduktivitas konduktivitas/resistivitas film PANI-CSA diukur dengan menggunakan metode four line probe dengan menggunakan kawat platina sebagai probe, sumber arus konstan dan alat pengukur tegangan.

Konduktivitas dihitung melalui hubungan

$$\sigma = (i/\Delta V).(d/wt)$$

dengan:

i adalah arus yang diberikan

$\Delta V$  adalah tegangan antara dua probe bagian dalam  
d adalah jarak antar probe  
w adalah lebar sampel dan t adalah tebal sampel.

#### **4.4 Pengukuran Transmittansi Film PANI-CSA**

Untuk mengamati sifat optiknya antara lain dapat dilakukan dengan mengukur transmittansi melalui pengukuran spektrum UV-Vis. Spektrum UV-Vis berkisar antara 160 nm sampai 960 nm. Dalam molekul organik biasa spektroskopi ini digunakan untuk mengeksitasi elektron terluar ke orbital dengan tingkat energi yang lebih tinggi. Selain itu juga digunakan untuk menyelidiki konjugasi molekul yang akan tampak dari pergeseran pita absorpsi ke panjang gelombang yang lebih besar serta peningkatan intensitas absorpsi pada daerah tersebut.

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Hasil Sintesis Bubuk PANI

Polimer PANI yang dihasilkan dalam eksperimen ini menggunakan parameter sintesis optimum yaitu perbandingan berat anilin dan inisiator 2:1, suhu polimerisasi sekitar 0°C, waktu polimerisasi 4 jam dan konsentrasi pelarut HCl 1M (Tjia 1995a). Hasil polimerisasi yang diperoleh pertama kali adalah endapan berwarna hijau kehitaman. Produk ini diidentifikasi sebagai emeraldin hidroklorid, berupa bubuk garam emeraldin yang terprotonasi sekitar 42%. Hasil tahap pertama ini kemudian di-deprotonasi dalam larutan NH<sub>4</sub>OH dengan pH diatas 12, menjadi basa emeraldin (PANI-EB) berupa bubuk berwarna coklat tua. Ekstraksi menggunakan THF menghasilkan sejumlah kecil PANI EB berantai pendek dan sejumlah besar PANI berantai panjang.

### 5.2 Kompleks PANI-CSA dan Film PANI-CSA

Kompleks PANI-CSA dibuat dengan perbandingan 2:1 mol. Dan film PANI-CSA dibuat dengan melarutkan kompleks PANI-CSA dalam pelarut m-cresol dengan konsentrasi 1%. Dengan menggunakan spiner, larutan kemudian dicasting diatas substrat kaca berukuran 2,5x2,5 cm Secara visual film PANI-CSA yang dihasilkan berwarna biru terang.

### 5.3 Konduktivitas Film PANI-CSA

Karakteristik elektrik film PANI-CSA dapat dilihat dari hasil pengukuran karakteristik I-V film PANI-CSA pada berbagai temperatur sebagai seperti pada tabel 5.1. Ketergantungan terhadap temperatur diamati disini mengingat dalam aplikasinya sebagai elektroda transparan untuk sel energi surya (materi penelitian yang sedang dilakukan di lab Material fisika UNPAD oleh kelompok lain) film PANI-CSA ini harus mengalami pemanasan pada proses konversi termal sel surya tersebut.

**Tabel 5.1 Karakteristik I-V Film PANI-CSA.**

I (mA)	V(mV)				
	27°C	50°C	100°C	150°C	175°C
0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,00	5,0	7,3	7,8	219	2470
0,20	10,1	14,6	15,7	433	2470
0,30	15,1	21,8	23,5	643	2470
0,40	20,2	29,1	31,4	849	2480
0,50	25,3	36,4	39,2	1053	2480
0,60	35,4	50,9	54,9	1453	2490
0,70	35,4	50,9	54,9	1453	2490
0,80	40,4	58,2	62,6	1649	2490
0,90	45,5	65,4	70,5	1848	2500
1,00	50,5	72,6	78,2	2040	2510

Dari tabel karakteristik I-V tersebut diperoleh resistansi permukaan sebagai berikut:

**Tabel 5.2 Resistansi Film PANI-CSA.**

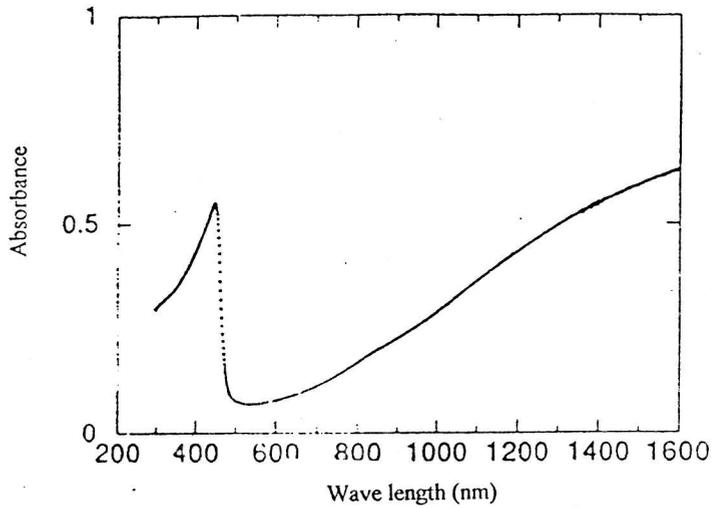
T°C	R(Ohm)
27	48
50	69
100	75
150	2009
175	8481

Hasil pengukuran dan perhitungan pada tabel diatas menunjukkan bahwa resistansi film PANI-CSA naik terhadap kenaikan temperatur yang berarti konduktivitas bahan menurundengan naiknya temperatur. Sampai temperatur 100°C kenaikan resistivitas kecil sedangkan diatas temperatur 150°C resistansi bahan naik secara drastis. Hasil ini menunjukkan bahwa bahan mengalami degradasi pada temperatur diatas 150°C.

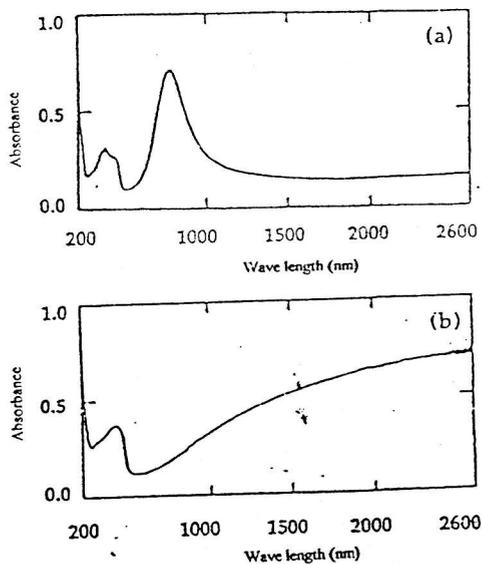
#### 5.4 Spektrum UV-Vis Film PANI-CSA

Spektrum absorpsi PANI-EB yang diambil pada panjang gelombang 400 sampai 1000 nm diperlihatkan pada Gambar 5.1 dan untuk film PANI-CSA pada Gambar 5.2. Gambar 5.1. memperlihatkan karakteristik optik basa emeraldin dengan puncak absorpsi

yang tinggi disekitar panjang gelombang 440 nm. Pada Gambar 5.2 muncul puncak tajam disekitar panjang gelombang 260 nm sebagai akibat penambahan m-cresol.



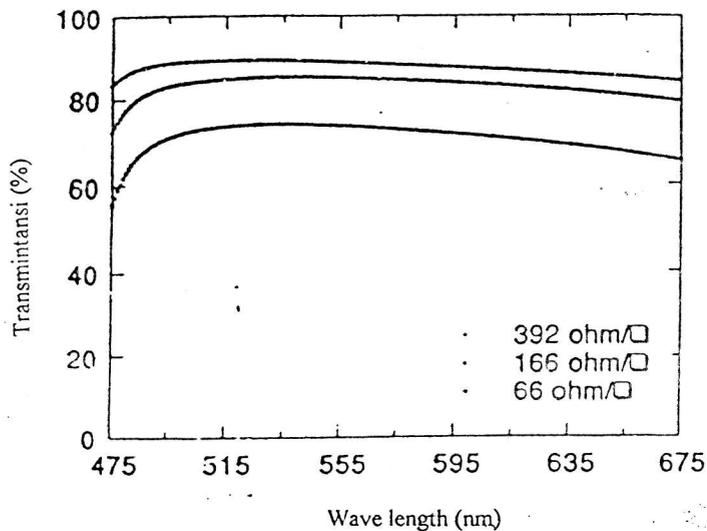
Gambar 5.1. Spektrum UV-Vis PANI-EB



Gambar 5.2. Spektrum UV-Vis PANI-CSA

Pengukuran % transmitansi dan pengaruh perubahan resistansi (dalam hal ini akibat pengaruh temperatur) terhadap transmitansi sampai laporan ini dibuat belum sempat dilakukan. Sebagai pembahasan dalam hal ini akan dilakukan dengan cara komparatif

dengan mengambil perbedaan kurva transmitansi terhadap perubahan resistansi karena perbedaan ketebalan film seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.3 [9].



Gambar 5.3 Kurva Transmitansi film PANI-CSA untuk resistansi permukaan yang berbeda.

Dengan membandingkan tabel 5.2 dan Gambar 5.3 antara lain dapat diperkirakan bahwa:

- Pada temperatur kamar resistansi film PANI-CSA lebih kecil dari 66 Ohm/sat. luas permukaan sehingga kurva transmitansinya akan berada dibawah kurva 1 (maksimum 70%).
- Pada temperatur 50 - 100° C, kurva transmitansi akan berada diantara kurva 1 dan kurva 2 dengan transmitansi diatas 80%.
- Pada temperatur diatas 150° C film PANI-CSA dapat memiliki transmitansi diatas 90%, tetapi konduktivitasnya telah menurun sampai 1/40 bagian. Ini berarti bahwa meskipun film memiliki transmitansi yang tinggi tetapi tidak sesuai untuk bahan elektroda transparan karena konduktivitasnya terlalu kecil.

## KESIMPULAN

Prosesibilitas bahan PANI dapat ditingkatkan dengan memberikan dopan berupa asam sulfotat, dalam hal ini camphor sulfonic acid (CSA), sehingga bahan PANI dapat diproses secara langsung dalam bentuk konduktifnya.

Film PANI-CSA yang dihasilkan memiliki karakteristik elektrik yang stabil pada temperatur dibawah 100 °C dan mulai mengalami degradasi pada temperatur 150 °C, ditandai dengan naiknya resistansi permukaan secara drastis sampai dengan sekitar 2000 Ohm.

Spektrum UV-Vis Menunjukkan puncak absorpsi yang tajam pada panjang gelombang sekitar 440 nm untuk PANI-EB dan muncul puncak absorpsi baru pada 260 nm untuk film PANI-CSA, kemudian menurun pada panjang gelombang diatas 500 nm. Ini berarti bahwa bahan berifat transparan pada panjang gelombang cahaya tampak diatas panjang gelombang tersebut.

Nilai transmitansi pada panjang gelombang diatas melebihi 60% pada temperatur kamar, dan naik sampai sekitar 70% pada kenaikan temperatur sampai 100° C. Kenaikkan tajam pada temperatur diatas 150° C.

Hasil akhir yang dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini adalah bahwa bahan polianilin kompleks PANI-CSA dengan konsentrasi 1% bobot memiliki karakteristik yang sesuai untuk aplikasi elektroda transparan dengan transmitansi lebih besar dari 50% dan stabil pada temperatur dibawah 100° C.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Andreatta A., A.J. Heeger, P. Smith, (1990) *Polym. Comm.* **31**, 275.
2. Angelopoulos M., G.E. Asturias, S.P. Ermer, A. Ray, E.M. Scherr, and A.G. MacDiarmid, (1988), *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **160**, 151.
3. Saleneck, W.R., D.T. Clark, and E.J. Samuelson (ed) (1991) *Science and Application of Conducting Polymers*, W.R. Saleneck, D.T. Clark, and E.J. Samuelson (ed), Adam Higler, New York, p73.
4. Chiang, J., A.G. MacDiarmid, (1986), *Synth. Met.* **13**, 193, p 529.
5. MacDiarmid, A.G., and A.J. Eipstein, (1989), *Faraday Discuss Chem. Soc.* **88**, 317
6. Lapkowski, M., (1990), *Synth. Met.* **35**, 183
7. Tjia, M.O., R.E. Siregar, Mikrajuddin, R. Hidayat, (1994), "Pengembangan Bahan Polimer Konduktif dan Aplikasinya", Laporan Hibah Bersaing II/1, kontrak no. 040/P4M/DPPM/94/PHB.II/2/1994;
8. Younan Xia, A.J. Epstein, and A.G. MacDiarmid (1994), *Macromolecules.* **27**, 7212.
9. Cao, Y., P. Smith, and A.J. Heeger (1993), *Synth. Met.* **55-57**, 3514.
10. Cao, Y , G.M. Treacy, A.J. Heeger, and P. Smith, (1992), *App. Phys. Lett.* **60**, 2711.

## RIWAYAT HIDUP

1. Nama : Tuti Aryati, Dra, MS
2. NIP : 131 413 148
3. Pangkat/golongan : Penata/III/c
4. Jabatan Fungsional : Lektor Muda
5. Jabatan Struktural : -
6. Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA UNPAD
7. Alamat Rumah : Jl. Saluyu Indah I, Komp. Riung Bandung,  
Bandung 40295. Telp. 7569786
8. Alamat Kantor : Jurusan Fisika FMIPA UNPAD  
Jl. Raya Jatinangor Sumedang 45363  
Telp./Fax.: (022) 796014
9. Riwayat Pendidikan : - S2, Fisika ITB, Lulus tahun 1990  
- S1, Fisika UNPAD, Lulus tahun 1980
10. Riwayat Pekerjaan : Staf Dosen Jurusan Fisika FMIPA UNPAD,  
mulai tahun 1982 sampai sekarang.
11. Daftar Karya Ilmiah dan Publikasi
  1. Yayah Yuliah, Doy Hardojo H., Fitrilawati, **Tuti Aryati**, Pengaruh Plasticizer dalam Pelarut NMP pada Sifat Mekanik Polianilin. Laporan Penelitian Dasar III, Februari 1998.
  2. Tuti Aryati, Tjahyana Sualam, Pembuatan Film Tipis Polianilin Secara Elektrokimia untuk Aplikasi Elektrokromik, Laporan Penelitian Dosen Muda, Februari 1998.
  3. Sri Suryaningsih, **Tuti Aryati**, Doy Hardoyo, Analisis Konduktivitas Bahan Polianilin sebagai Fungsi Konsentrasi Elektrolit, Laporan Penelitian DPP/DRK Unpad, 1898.
  4. Tuti Aryati, Yayah Yuliah, Sri Suryaningsih, Pengaruh Arus Sintesis Terhadap Konduktivitas Polianilin Hasil Elektropolimerisasi.

Jatinangor, 15 Oktober 2001



(Tuti Aryatai, Dra, MSi)

## RIWAYAT HIDUP

1. Nama Lengkap : Yayah Yuliah, Dra, MS
2. Tempat dan Tanggal lahir : Cianjur, 29 Juli 1961
3. Pangkat/golongan : Penata/III/c
4. Jabatan Fungsional : Lektor
5. Jabatan Struktural : -
6. Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA UNPAD
7. Alamat Rumah : Jl. Riung Resmi 45/IC, Komp. Riung Bandung,  
Bandung 40295.
8. Alamat Kantor : Jurusan Fisika FMIPA UNPAD  
Jl. Raya Jatinangor Sumedang 45363  
Telp./Fax.: (022) 796014
9. Riwayat Pendidikan :- S2, Fisika ITB, Lulus tahun 1990  
- S1, Fisika UNPAD, Lulus tahun 1987
10. Riwayat Pekerjaan : Staf Dosen Jurusan Fisika FMIPA UNPAD,  
mulai tahun 1989 sampai sekarang.
11. Karya Ilmiah
  1. Y. Yuliah, D. Hardoyo, F. Fitrilawati, T. Aryati, L. Safriani, D. Hamdani, "Perubahan Sifat Listrik Polimer Konduktif Polianilin Akibat Proses Plastisasi", Seminar Akademik FMIPA UNPAD, 1999.
  2. Yayah Yuliah, Nendi Suhendi, Dadan Hamdani, Pembuatan Film PANI-NMP dan Aplikasinya sebagai Sensor pH, XVII National Physics Symposium and AAPPS Seminar on Physics of Materials, Yogyakarta Desember 1998.
  3. Yayah Yuliah, Dadan Hamdani, Pembuatan dan Pengujian Unjuk Kerja FET polianilin, Seminar Akademik FMIPA UNPAD, Oktober 1998.
  4. Yayah Yuliah, Doy Hardojo H., Fitrilawati, Tuti Aryati, Pengaruh Plasticizer dalam Pelarut NMP pada Sifat Mekanik Polianilin. Laporan Penelitian Dasar III, Februari 1998.
  5. Yayah Yuliah, Nendi Suhendi, Pembuatan Prototipe Sensor pH dengan Bahan Aktif Polianilin, Laporan Penelitian Dosen Muda, Februari 1998.
  6. Yayah Yuliah, Tuti Susilawati, Otong Nurhilal, Sintesis dan Karakterisasi Polianilin Sebagai Bahan Aktif Sensor pH, Laporan Penelitian Dosen Muda, Februari 1997.

7. Yayah Yuliah, Studi Korelasi antara Konsentrasi Doping, Struktur Ikatan dan Konduktivitas pada Polianilin, Proc. XVIth Nat. Symp. Phys. Metals and Alloys, Bandung 1996
8. Yayah Yuliah, Sintesis dan Doping Polianilin dalam Berbagai Konsentrasi Elektrolit, Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi I, PPSM BATAN, Serpong, 1996.
9. Yayah Yuliah, Polimer Konduktif, Sintesis dan Karakterisasi, Laporan Magang Penelitian Basic Sciences, Desember, 1995.

Jatinangor, 15 Oktober 2001

(Yayah Yuliah, Dra, MSi)