

ANÁLISIS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SISTEMA DE CONTROL  
DE UN MOTOR ELÉCTRICO (MOTOR) EN UN SISTEMA DE  
SOLAR

CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA ELÉCTRICA  
1988



KAJIAN SIFAT ELEKTRIK FILEM NIPIS POLIMER BERKONDUKSI POLIPIROL  
(PPy) SEBAGAI SEL SOLAR

Oleh

Siti Nur Faizah Binti Ismail

Laporan Penyelidikan ini diserahkan untuk memenuhi  
Sebahagian keperluan bagi  
Ijazah Sarjana Muda Sains Gunaan (Fizik Elektronik dan Instrumentasi)

Jabatan Sains Fizik  
Fakulti Sains dan Teknologi  
UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU  
2007

1100051286



**PENGAKUAN DAN PENGESAHAN LAPORAN  
PROJEK PENYELIDIKAN I DAN II**

Adalah ini diakui dan disahkan bahawa laporan penyelidikan bertajuk:

**KAJIAN SIFAT ELEKTRIK FILEM NIPIS POLIMER BERKONDUKTOR  
POLIPAIROL (PPy) SEBAGAI SEL SOLAR**

oleh **SITI NUR FAIZAH BINTI ISMAIL**, no matrik **UK10222**

telah diperiksa dan semua pembetulan yang disarankan telah dilakukan. Laporan ini dikemukakan kepada Jabatan Sains Fizik sebagai memenuhi sebahagian daripada keperluan Ijazah Sarjana Muda Sains Gunaan (Fizik Elektronik dan Instrumentasi), Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Terengganu.

Disahkan oleh:

.....  
Penyelia Utama

Nama : EN AZHAR BIN MOHD SININ

Cop Rasmi :

Tarikh:

.....  
Penyelia Kedua (jika ada)

Nama : PN HASIAH BT SALLEH

Cop Rasmi :

Tarikh:

.....  
Ketua Jabatan Sains Fizik

Nama : PROF. MADYA DR. SENIN BIN HASSAN

Cop Rasmi :

Tarikh: 30/4/2007

**PROF. MADYA DR. SENIN HASSAN**

Ketua Jabatan

Jabatan Sains Fizik

Fakulti Sains dan Teknologi

Universiti Malaysia Terengganu

21030 Kuala Terengganu

## PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil kesempatan yang ada pada secebis kertas ini untuk menzahirkan rasa bersyukur yang tidak terhingga terhadap Yang Maha Esa kerana dengan limpah dan rahmat-Nya dapat juga saya menyiapkan kajian ini.

Selain itu, saya juga ingin mencoretkan sedikit rasa berterima kasih yang tidak terucap buat ayahanda Ismail bin Abdullah serta bonda Siti Robiah binti Hj.Ismail, yang sentiasa memberikan galakan serta dorongan terhadap anakanda biarpun ia memakan masa yang lama untuk menghasilkan suatu hasil kerja yang boleh dibanggakan seumpama ini. Tidak dilupakan juga buat kedua-dua Penyelia saya iaitu En.Azhar bin Mohd Sinin dan juga Pn.Hasiah binti Salleh kerana tanpa sokongan, dorongan serta tunjuk ajar daripada mereka, kajian ini pasti tidak berjalan lancar.

Turut tidak dilupakan buat teman-teman, Nurul Hiqmah Nordin, Nuqman Ismail Mohd Nawawi, Nor Baiyyah Mohd Nor Saidi, Masnita Abd Rashid dan Suziati Mohd Sati yang telah banyak berkorban masa dan buah pandangan demi membantu saya dalam menyiapkan kajian ini.

Jutaan ucapan terima kasih buat para pensyarah dan juga kakitangan Makmal N.O.R. (USM), Pembantu-pembantu Makmal Fizik Asas (UMT) dan semua yang membantu saya dalam menyiapkan kajian ini.

## JADUAL KANDUNGAN

### HALAMAN

<b>MUKA SURAT JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN TESIS</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>JADUAL KANDUNGAN</b>	<b>iv</b>
<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>vii</b>
<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>viii</b>
<b>SENARAI SINGKATAN/SIMBOL</b>	<b>x</b>
<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1        PENDAHULUAN</b>	
1.1    Pengenalan	1
1.2    Objektif kajian	3
1.3    Skop kajian	3
<b>BAB 2        ULASAN BAHAN RUJUKAN</b>	
2.1    Polipirol	5
2.2    Penyalut berputar	6
2.3    Teknologi Filem Nipis	6
2.3.1 Sifat Optik	7
2.3.2 Sifat Elektrik	8

<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	
3.1	Bahan dan alatan	12
3.2	Penyediaan substrat dan polipirol (PPy)	12
	3.2.1 Penyediaan PPy	12
	3.2.2 Pemelarutan PPy	12
	3.2.3 Pempolimeran Pirol	13
3.3	Penghasilan Filem Nipis PPy	13
	3.3.1 Pembersihan Substrat	13
	3.3.2 Penghasilan Filem Nipis menggunakan penyalut berputar	15
3.4	Pencirian Filem Nipis PPy	18
	3.4.1 Morfologi Permukaan	18
	3.4.2 Pencirian Sifat Optik filem PPy	18
	3.4.3 Pencirian Kekonduksian filem PPy	20
	3.4.3.1 Kesan cahaya gelap ke atas filem nipis PPy	21
	3.4.3.2 Kesan cahaya nampak ke atas filem nipis PPy	21
	3.4.3.3 Kesan cahaya solar ke atas filem nipis PPy	22
3.5	Ketebalan Filem Nipis PPy	22
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	
4.1	Morfologi Struktur Filem Nipis PPy	24
	4.1.1 Substrat Au tanpa Film Nipis PPy	24
	4.1.2 Substrat Au dengan Filem Nipis PPy	28
4.2	Sifat Optik Filem Nipis PPy	31
	4.2.1 Serapan Optik	31
	4.2.2 Jurang Tenaga Filem Nipis PPy	32
4.3	Sifat Elektrik Filem Nipis PPy	34
	4.3.1 Kesan cahaya gelap ke atas filem nipis PPy	34
	4.3.2 Kesan cahaya nampak ke atas filem nipis PPy	34
	4.3.3 Kesan cahaya solar ke atas filem nipis PPy	34
4.4	Ketebalan filem nipis	40

<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Cadangan	42
<b>RUJUKAN</b>		43
<b>LAMPIRAN</b>		45
<b>VITAE</b>		64



## SENARAI JADUAL

<b>No. Jadual</b>		<b>Halaman</b>
4.1	Taburan unsur-unsur di dalam substrat Au tanpa filem nipis PPy.	26
4.2	Taburan unsur-unsur di dalam substrat Au dengan dengan filem nipis PPy.	30
4.39(a)	Nilai arus, voltan dan kekonduksian filem nipis PPy yang didedahkan pada cahaya gelap.	37
4.3(b)	Nilai arus, voltan, keamatan dan kekonduksian filem nipis PPy yang didedahkan pada cahaya nampak.	38
4.3(c)	Nilai arus, voltan, keamatan dan kekonduksian filem nipis PPy yang didedahkan pada cahaya solar.	39
4.6	Nilai bacaan ketebalan dari ellipsometer.	40

## SENARAI RAJAH

<b>No. Rajah</b>		<b>Halaman</b>
2.1	Pengelasan bahan mengikut kekonduksian elektrik.	9
3.1	Skematik bahagian-bahagian alat penyalut berputar.	15
3.2	Lakaran filem nipis PPy yang akan dihasilkan.	17
3.3	Lakaran proses serapan optik yang akan berlaku di dalam sistem Spektrofotometer.	19
3.4	Skematik sistem penduga empat titik.	20
3.5	Penduga empat titik.	21
3.6	Skematik sistem alat ellipsometer.	23
3.7	Ellipsometer.	23
4.1(a)	Imej elektron taburan belakang.	25
4.1(b)	Imej elektron sekunder substrat Au tanpa filem nipis PPy.	25
4.2	Spektrum taburan kandungan unsur-unsur yang terdapat pada substrat Au tanpa filem nipis.	27
4.3(a)	Imej elektron taburan belakang.	28
4.3(b)	Imej elektron sekunder substrat Au dengan filem nipis PPy.	28
4.4	Imej tompokan pada substrat Au dengan filem nipis PPy.	29
4.5	Spektrum unsur yang terdapat di dalam substrat Au dengan filem nipis PPy.	29

<b>No. Rajah</b>	<b>Halaman</b>
4.6 Spektrum serapan optik filem nipis PPy dalam julat panjang gelombang 200 nm hingga 300 nm.	31
4.7(a) Graf pekali serapan ( $\alpha^2$ ) melawan tenaga foton ( $E_f$ ) filem nipis PPy.	32
4.7(b) Graf pekali serapan ( $\alpha^2$ ) melawan tenaga foton ( $E_f$ ) filem nipis PPy.	33
4.7(c) Graf pekali serapan ( $\alpha^2$ ) melawan tenaga foton ( $E_f$ ) filem nipis PPy.	33
4.8(a) Graf perhubungan di antara keamatan dan kekonduksian bagi filem nipis PPy yang didedahkan pada sumber cahaya nampak dengan julat keamatan di antara nilai 100 hingga 1100 $\text{Wm}^{-2}$ .	35
4.8(b) Graf perhubungan di antara keamatan dan kekonduksian bagi filem nipis PPy yang menunjukkan ciri bagi sensor cahaya.	35
4.9(a) Graf perhubungan di antara keamatan dan kekonduksian bagi filem nipis PPy yang didedahkan pada sumber cahaya solar pada julat keamatan di antara nilai 500 hingga 1400 $\text{Wm}^{-2}$ .	36
4.9(b) Graf perhubungan di antara keamatan dan kekonduksian bagi filem nipis PPy yang menunjukkan ciri bagi sel solar.	36

## SENARAI SINGKATAN / SIMBOL

Au	Emas
C	Karbon
Cl	Klorin
$E_f$	Tenaga foton
Fe	Besi
H	Hidrogen
I	Keamatan
ITO	Indium Tin-Oxide
K	Kalium
Mg	Magnesium
N	Nitrogen
Na	Natrium
O	Oksigen
PPy	Polipirol
SEM	Mikroskop pengimbang elektron

$\rho$	Ketumpatan
$\sigma$	Kekonduktiviti
$\alpha$	Pekali serapan
$\text{\AA}$	Armstrong
exp	Eksponen
$h$	Pemalar Plank
$c$	Halaju cahaya
$\Omega$	Ohm
$\lambda$	Panjang Gelombang
$\pi$	Pai
$\rho_s$	Kerintangan kepingan dalam unit $\Omega\text{m}^{-1}$
$\mu$	Mikro

## SENARAI LAMPIRAN

No. Rajah		Halaman
A1	Data-data bagi kesan cahaya gelap ke atas filem nipis PPy.	45
A2	Data-data bagi kesan cahaya nampak ke atas filem nipis PPy.	46
A3	Data-data bagi kesan cahaya solar ke atas filem nipis PPy.	48
B	Pengiraan bagi penyediaan PPy.	52
C	Data-data spektrofotometer.	53

## ABSTRAK

Polipirol (PPy) adalah salah satu polimer sintetik dari kumpulan polimer pengalir. Bahan ini boleh bersifat seperti bahan semikonduktor bila didopkan dan akan bersifat pengalir jika disediakan di dalam bentuk filem nipis. Dalam kajian ini, penentuan ciri-ciri elektrik seperti jurang tenaga dan nilai kekonduksian elektrik bagi filem nipis PPy telah dilakukan. Pemendapan filem nipis PPy dilakukan dengan menggunakan kaedah penyalut berputar. Ketebalan filem nipis PPy diukur dengan menggunakan ellipsometer. Serapan optik bagi filem nipis PPy telah dilakukan menggunakan spektrofotometer pada julat panjang gelombang di antara 200 nm hingga 800 nm. Seterusnya dengan menggunakan nilai serapan yang sama jurang tenaga optik dapat ditentukan. Kekonduksian filem nipis PPy menggunakan kaedah penduga empat titik pada keadaan gelap, di bawah lampu tungsten yang berbeza-beza keamatannya serta di bawah sinaran cahaya matahari. Keputusan menunjukkan bahawa filem nipis PPy bersifat semikonduktor di mana nilai kekonduksian filem nipis di dalam keadaan gelap adalah  $2.19 \times 10^{-2} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$  dengan jurang tenaga bernilai 4.05 eV. Kekonduksian filem nipis PPy meningkat apabila didedahkan pada cahaya lampu tungsten dan cahaya matahari yang berbeza-beza keamatannya. Ketebalan filem nipis PPy adalah  $(79.26 \pm 0.01) \text{ \AA}$ .

## ABSTRACT

Polypyrrole PPy is one of the synthetic polymer. It can be as a semiconductor if there's been a doping and it also can be a conductor if it was produced in thin films form. In this research, the electrical characterization of the thin film PPy such as the electrical conductivity and the energy gap were done. Thin films PPy were prepared using the spin-coating technique. The thickness of the film were measured by ellipsometer meanwhile, the optic absorption been measured using the spectrophotometer at the range of 200 nm until 800 nm for the wavelength. Energy gap of the thin film PPy can be calculated using the value of the absorption by the spectrophotometer. The conductivity of the thin film PPy measured using the four point probe method and it been exposed to the variable intensity of the tungsten light, in the dark and under the sunlight. The result shows that this thin film PPy have the semiconductor characteristic with the conductivity value is  $2.19 \times 10^{-2} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$  in the dark and its conductivity were increase due to the increase of the intensity of the tungsten light and the sunlight. The energy gap for the thin film PPy are about 4.05eV. The thin film thickness is  $(79.26 \pm 0.01) \text{ \AA}$ .