

PENENTUAN ENERGI GAP POLIPIROL
DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI OPTIK

KARYA TULIS (SKRIPSI)



Dijukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Menjadi Sarjana Sains
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember



Asal	: Hadiah	Klass
	: Pembelian	
Terima	: Tgl. 12 NOV 2002	535.84
No Induk:		WAH P

Oleh :

Herwin Syaiful Wahyudi
981810201058

edaw e./

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
OKTOBER, 2002

MOTTO

“Barang siapa menghendaki keberhasilan untuk dunia, maka ia harus memiliki ilmunya; dan barang siapa menghendaki keberhasilan untuk akhirat, maka ia harus memiliki ilmunya; dan barang siapa menghendaki keduanya, maka ia harus menguasai kedua ilmu itu pula”

(Sabda Rasulullah SAW)

“Akan Kami perlihatkan kepada mereka ayat-ayat Kami di segenap penjuru dan dalam diri mereka sendiri sehingga jelas bagi mereka bahwa Al Qur’an itulah yang benar”

(Fushshilat : 53)

“Barang siapa mempelajari ilmu untuk mendapatkan ridla Allah, tapi ia tidak mempelajarinya melainkan untuk mendapatkan kekayaan dunia, maka ia tidak akan mencium aroma surga”

(Abu Nua'im)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya tulis (skripsi) yang berjudul **“Penentuan Energi Gap Polipirol Dengan Menggunakan Spektroskopi Optik”** kepada :

1. Ayahanda Djuwari dan Ibunda Rusgiyati **“Do’a, Motivasi, dan Kasih sayangnya selalu bersamaku”**.
2. Mas Qomar dan Mbak Oni yang selalu memberi saran dan masukan kepadaku.
3. Adikku Hery Syaiful Wahyono **“Candamu adalah semangat”**.
4. Rina A. Susanti yang selalu memberi motivasi.
5. Semua keluargaku di desa yang selalu memberi nasehat dan saran kepadaku.
6. Almaterku tercinta Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan September 2001 sampai dengan bulan Oktober 2002 di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Oktober 2002

Herwin Syaiful Wahyudi



ABSTRAK

Penentuan Energi Gap Polipirol Dengan Menggunakan Spektroskopi Optik

(Herwin Syaiful Wahyudi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember)

Kata Kunci : Polipirol, Energi Gap, Konsentrasi Dopan dan Waktu Sintesis

Film Polipirol telah berhasil dibuat dengan memvariasikan konsentrasi dopan dan waktu sintesis. Sintesis film ini menggunakan *Sodium Toluene Sulphonate* sebagai dopannya, aquades sebagai pelarut dan elektroda yang digunakan adalah *stainless steel*. Variasi konsentrasi dopan yang digunakan adalah 0,05M; 0,1M; 0,15M; dan 0,2M sedangkan variasi waktu sintesis yang digunakan adalah 1 menit, 2 menit, dan 3 menit. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Komputasi Jurusan Fisika FMIPA dan Laboratorium Biologi Molekuler mulai bulan Februari 2002 – Mei 2002. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengukuran absorpsi dasar pada daerah panjang gelombang 200 nm – 300 nm dan diperoleh hasil bahwa energi gap polipirol adalah 4,67eV s/d 5,31eV. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa konsentrasi dopan berpengaruh terhadap energi gap. Akan tetapi tidak mutlak, sehingga perlu penelitian lebih lanjut.

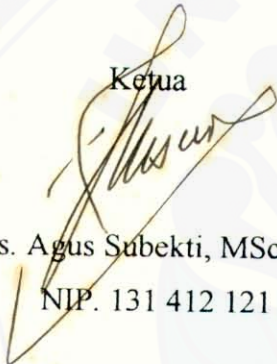
HALAMAN PENGESAHAN

Karya tulis (skripsi) ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

Hari : Senin
Tanggal : 1.1. NOV. 2002
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji,


Ketua


(Drs. Agus Subekti, MSc, PhD)
NIP. 131 412 121


Sekretaris


(Prantasi HTj, SSi, MSi)
NIP. 132 085 973

Anggota I



(Drs. Imam Rofi'i, GDPhys, MSc)
NIP. 131 975 310

Anggota II


(Sutisna, SPd, MSi)
NIP. 132 257 929

Mengesahkan,
Dekan Fakultas MIPA




(Ir. Sumadi, MS)

NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan segala rahmat dan hidayah-Nya Karya Tulis (Skripsi) yang berjudul **“Penentuan Energi Gap Polipirol Dengan Menggunakan Spektroskopi Optik”** dapat terselesaikan .

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu sampai terselesainya skripsi ini, antara lain :

1. Ir. Sumadi, MS selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember.
2. Dr. Agus Subekti selaku DPU dan Prantasi HTj, MSi selaku DPA yang telah sabar dalam membimbing penulis dari awal sampai skripsi ini selesai.
3. Dr. Sujito, Agung TN, Mphill, Sutisna, MSi, Imam Rofi'i, MSc dan seluruh dosen Fisika yang telah banyak membantu dan memberi motivasi kepada penulis.
4. Mas Budi dan kawan-kawan di Lab. Fisika Dasar.
5. Dian, Dwi, Bagus, Dani, dan teman-teman Fisika '98 yang telah memberi semangat kepada penulis.

Akhirnya penulis berharap adanya kritik dan saran dari pembaca, karena penulis sadar bahwa skripsi ini jauh dari sempurna. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan bisa dikembangkan lebih lanjut.

Jember, Oktober 2002

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
HALAMAN MOTTO.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN DEKLARASI.....	iv
ABSTRAK.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Polimer.....	4
2.1.1 Polimer Konduktif.....	5
2.1.2 <i>Polypyrrole</i> (PPy).....	5
2.2 Spektroskopi.....	6
2.2.1 Spektroskopi UV - <i>Visible</i>	7
2.3 Absorpsi Dasar.....	8
2.4 Transisi Langsung.....	10
2.5 Transisi Tidak Langsung.....	12
2.6 Struktur Pita Energi Pada PPy.....	12

III. METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.2.1 Alat	14
3.2.2 Bahan.....	15
3.3 Pembuatan Sampel	15
3.3.1 Sintesis PPy	15
3.3.2 Pengukuran Ketebalan Film	17
3.4 Prosedur Pengambilan Data	18
3.4.1 Karakterisasi dengan UV-Visible	19
3.5 Analisa Data	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Sintesis Film PPy.....	21
4.2 Karakterisasi Dengan Menggunakan Spektrofotometer.....	22
4.3 Analisa Data dan pembahasan.....	26
4.3.1 Penentuan E_g PPy.....	26
4.3.2 Pengaruh Konsentrasi Dopan Terhadap E_g PPy	31
4.3.3 Pengaruh Waktu Sintesis Terhadap E_g PPy.....	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
Lampiran – Lampiran	

DAFTAR TABEL

No	Judul Tabel	Halaman
1	Variasi Konsentrasi Dopan dan Waktu Pada Proses Sintesis Film PPy Dengan Konsentrasi <i>Pyrrrole</i> dan Volume Aquades Konstan	17
2	Identitas Film PPy yang Berhasil Dibuat	21
3	Data yang Diperoleh dari Spektrofotometer	23
4	Nilai Energi Foton (eV) dan $\alpha^2(\text{cm}^{-2})$	27
5	Hasil Eg PPy yang Diperoleh Dengan Memvariasikan Konsentrasi Dopan dan Waktu Sintesis	30
6	Nilai Energi Gap dari Beberapa Sumber	33

DAFTAR GAMBAR

No	Judul Gambar	Halaman
1	Transisi Langsung	8
2	Transisi Tidak Langsung	9
3	Skema Sel Sintesis	15
4	Foto Peralatan Yan Digunakan Dalam Sintesis PPy	16
5	Bentuk Film Tipis	16
6	Seperangkat Spektrofotometer Yang Digunakan Untuk Karakterisasi	19
7	Struktur Pita Energi Film Polipirol Untuk Waktu Sintesis 2 Menit	31

DAFTAR GRAFIK

No	Judul Grafik	Halaman
1	Plot Absorpsi (α) terhadap Panjang Gelombang	24
2	Hubungan antara Energi Foton (eV) dengan Absorpsi ² (α^2)	28
3	Hubungan Antara Konsentrasi Dopan Terhadap Eg PPy	31
4	Hubungan Antara Waktu Sintesis Terhadap Eg PPy	32





I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan polimer telah lama dikenal oleh masyarakat dengan nama plastik dan hanya digunakan sebagai isolator. Dengan berkembangnya pengetahuan dan teknologi, telah ditemukan polimer yang dapat menghantarkan arus listrik (polimer konduktif). Polimer ini diantaranya adalah *poly(p-phenylene)*, *polynetylene*, *polyaniline*, *poly(sulfunitride)* dan *polypyrrole* (PPy).

PPy merupakan polimer konduktif yang dibuat dengan polimerisasi secara elektrokimia dari pirol. PPy telah dipelajari secara intensif oleh pekerja IBM di USA (Young, 1984). Agar dapat dikembangkan dan digunakan untuk memenuhi tuntutan masyarakat khususnya dalam bidang elektronika, maka kita harus mengetahui sifat-sifat yang dimiliki oleh PPy. Sifat-sifat tersebut diantaranya adalah : konduktivitas, morfologi, keoptikan, dan energi gap (Eg).

Penelitian yang dilakukan oleh Kanazawa dkk pada tahun 1979, pada suhu ruang diperoleh konduktivitas PPy sebesar 100 S/cm (Kanazawa, 1979). Pada tahun 1983, J.C. Scott dalam penelitiannya menghasilkan konduktivitas *Polypyrrole Perchlorate* (PPCl₄) sebesar 100 S/cm, *Neutral Polypyrrole* (PP⁰) <10⁻⁶ S/cm (Scott, 1983). Pada tahun 1982, W.K. Ford menghasilkan konduktivitas PPy dengan dopan I₂ sebesar 600 Ω/cm (Ford, 1982).

Pada tahun 1983, L.J. Bredas dalam penelitiannya Eg PPy sebesar 3,2 eV dengan dopan sodium (Bredas, 1983). Pada tahun 1984, L.J. Bredas dalam penelitiannya dengan *undoped chain* menghasilkan Eg *Polyparaphenylene* (PPP) sebesar 3,5 eV, Eg *Quarterphenyl* (QP) sebesar 4,3 eV, dengan difraksi sinar-X diperoleh Eg *Quaterpyrrole* (Qpy) sebesar 4,8 eV, Eg PPy sebesar 4,0 eV, jika dengan *doped chain* satu dopan permonomer (100 mol %) diperoleh Eg PPP sebesar 1,0 eV (L.J. Bredas :1984).

Dengan konduktivitas dan Eg di atas, maka polipirol tergolong sebagai bahan semikonduktor. Pada bahan semikonduktor Eg sebesar 0,12 – 5,5 eV dan konduktivitas sebesar 10⁻⁶ - 10⁴ Ω/cm.

Dari hasil yang diperoleh sebelumnya harga E_g bervariasi dengan menggunakan berbagai dopan, sehingga perlu penelitian lebih lanjut mengenai harga E_g dengan memvariasikan konsentrasi pada dopan.

Dalam tugas akhir ini, sintesis PPy akan menggunakan larutan aquades, dopan yang digunakan adalah *Sodium Toluene Sulphonate*. Untuk mengetahui besar E_g akan digunakan data yang diperoleh dari spektroskopi optik.

Teori mengenai polimer konduktif, E_g , dan spektroskopi optik akan dijelaskan pada bab II. Sedangkan metode pembuatan film tipis sampai cara penentuan energi gap akan dijelaskan pada bab III. Pada bab IV akan ditampilkan hasil penelitian, dan pada bab V akan dijelaskan kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian.

1.2 Permasalahan

1. Berapakah harga E_g PPy hasil sintesis secara elektrokimia dengan menggunakan data yang diperoleh dari spektroskopi optik?
2. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi dopan terhadap E_g PPy yang diperoleh dari data spektroskopi optik ?
3. Bagaimanakah pengaruh waktu sintesis PPy terhadap harga E_g PPy yang diperoleh dari data spektroskopi optik ?

1.3 Tujuan

1. Menentukan harga E_g PPy hasil sintesis secara elektrokimia dengan menggunakan data yang diperoleh dari spektroskopi optik?
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi dopan terhadap E_g PPy yang diperoleh dari data spektroskopi optik ?
3. Mengetahui pengaruh waktu sintesis PPy terhadap harga E_g PPy yang diperoleh dari data spektroskopi optik ?

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui besar Eg PPy dengan menggunakan data yang diperoleh dari spektroskopi optik, mengetahui pengaruh konsentrasi dopan dan pengaruh waktu yang digunakan dalam sintesis. Selain hal di atas, penelitian ini juga dapat memberikan sumbangsih pada dunia teknologi, khususnya dibidang elektronika.



II. TINJAUAN PUSTAKA



2.1 Polimer

Polimer telah ada disekitar kita sejak kehidupan ini dimulai. Perkembangan selanjutnya mengarah pada pembuatan/sintesis polimer. Pemakaian polimer didasarkan pada berbagai pertimbangan diantaranya adalah karena bahan ini relatif murah, mudah dibuat, ringan, tahan terhadap bahan-bahan kimia dan bersifat sebagai isolator yang baik.

Polimer mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia, dan yang sering dikenal adalah protein hewani, selulosa dan polisakarida yang terdapat pada tumbuhan. Polimer terdiri atas banyak molekul monomer kecil yang terikat secara kovalen. Polimer yang memiliki satu macam satuan monomer disebut homopolimer, sedangkan yang memiliki kombinasi dua atau lebih monomer disebut kopolimer.

Ciri-ciri polimer bergantung pada satuan monomer penyusun polimernya maupun interaksi antara rantai polimer masing-masing. Gaya tarik-menarik antar rantai yang kuat menghasilkan polimer yang kuat. Interaksi yang menyebabkan susunan yang teratur pada polimer memberikan sifat kristal. Polimer yang terbentuk dari rantai yang tersusun secara acak, bersifat amorf dan memiliki sifat serupa karet yang ada pada elastomer.

Polimer menurut sifatnya pada waktu dipanaskan digolongkan menjadi 2, yaitu:

1. Termoplastik, polimer ini akan meleleh bila dipanaskan dan memperoleh kembali ciri dan sifat padatnya bila didinginkan.
2. Termoseting, polimer ini mengeras dan akan berubah sifatnya bila dipanaskan sampai meleleh dan menjadi padat dengan sifat fisika yang berbeda.

Telah banyak jenis polimer yang dihasilkan untuk perdagangan. Seperti polietilena yang lembek yang digunakan secara luas untuk pembungkus sampai

kopolimer polisterena yang digunakan sebagai elastomer dan bahan bangunan, serta polimer yang menghantarkan arus listrik (polimer konduktif).

2.1.1 Polimer Konduktif

Dewasa ini polimer telah diterima sebagai kelompok material dan sejajar kedudukannya dengan material lain seperti logam dan keramik. Dalam kelompok ilmu material (*material science*) telah banyak dipelajari dan dikembangkan terutama yang berkaitan dengan hubungan antara struktur dan sifat-sifat fisisnya.

Polimer konduktif (bersifat menghantarkan arus listrik) merupakan kelas yang relatif baru. Polimer jenis ini mempunyai beberapa keistimewaan, yaitu mempunyai konduktivitas listrik yang baik, sifat mekanik yang baik dan relatif mudah dibuat. Polimer konduktif yang telah dikenal diantaranya adalah *poli(p-phenylene)*, *Polyacetylene*, *Polypyrrole*, *Polytheophene*, dan *Poly(sulfurnitride)* (Subekti A., 1993:1).

2.1.2 Polypyrrole (PPy)

Dalam keadaan baru dipolimerisasi, PPy berwarna coklat kehitaman dan mengkilat tapi karena bereaksi dengan udara, lama kelamaan akan menjadi hitam. Bahan ini mempunyai struktur amorf seperti halnya pada semikonduktor amorf. Berat molekul rata-rata (jumlah untaian monomer rata-rata) berharga sekitar $10^2 - 10^3$ satuan pirol, dan tergantung pada kondisi polimerisasi (Nazzal dan Street, 1984:83).

Film ini mempunyai daya tahan yang cukup baik terhadap pengaruh lingkungan. Kelebihan ini merupakan potensi yang sangat menarik untuk diaplikasikan menjadi suatu bahan dalam pembuatan peralatan elektronika.

PPy merupakan salah satu contoh polimer konduktif. Polimer ini banyak mempunyai keunggulan seperti sifatnya yang ringan, mudah dibuat, dan dapat menghantarkan arus listrik yang relatif stabil.

PPy telah diketahui bahwa mempunyai struktur kristal yang tidak teratur sehingga dapat digolongkan sebagai material amorf dimana keadaan

elektroniknya terlokalisasi pada suatu tempat diantara pita valensi dan pita konduksi menurut Anderson Criterion (Anderson, 1959 : 1492).

Seperti pada semikonduktor, investigasi sifat optik film PPy dimana menunjukkan sifat mirip semikonduktor (seperti ditunjukkan adanya kenaikan konduktivitas dengan kenaikan konsentrasi dopan, penurunan dengan dedoping, dan penurunan dengan penurunan temperatur) dengan mengukur spektrum absorpsi mungkin merupakan cara yang langsung dan paling sederhana untuk menentukan struktur elektroniknya. Dengan mempelajari perubahan transmisi radiasi kemungkinan transisi dan distribusi elektron dapat dipelajari. Oleh sebab itu, spektrum transmisi dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat-tingkat energi yang selanjutnya tersusun sebagai struktur pita energinya

2.2 Spektroskopi

Spektroskopi adalah pengukuran dari interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan bahan (zat-zat). Spektroskopi sangat penting bagi para peneliti khususnya dibidang kimia organik, karena absorpsi energi dari spektrum elektromagnetik dapat dikorelasikan dengan struktur dari senyawanya.

Dengan alat spektro yang modern, seorang peneliti dengan cepat akan mendapatkan keterangan yang banyak mengenai struktur dari suatu senyawa dengan menggunakan sedikit saja cuplikan bahan.

Ada 3 macam alat spektro yang sering digunakan, yaitu :

- Spektroskopi Inframerah. Spektrum Inframerah berfungsi untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam sebuah molekul.
- Spektroskopi UV-Visible. Alat ini berfungsi dalam analisis kualitatif.
- Spektroskopi Resonansi Magnetik Nuklir, yang berfungsi untuk menentukan kerangka karbon dan gugus hidrokarbon dari rumus bangun (Fressenden, 1999).

2.2.1 Spektroskopi UV-Visible

Radiasi UV-Visible bila diabsorpsi oleh suatu senyawa, hasilnya adalah transisi elektron dari keadaan dasar dari suatu senyawa ke keadaan energi yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena adanya rangsangan.

Panjang gelombang cahaya UV-Visible lebih pendek daripada panjang gelombang radiasi inframerah. Satuan yang biasanya digunakan untuk panjang gelombang UV-Visible adalah nanometer ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-7} \text{ cm}$). Spektrum Visible berkisar antara 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah), sedangkan spektrum UV terentang dari 100 nm sampai 400 nm. Panjang gelombang UV-Visible yang diabsorpsi oleh suatu senyawa bergantung dari berapa banyak energi yang diperlukan untuk memindahkan elektron dalam senyawa tersebut.

Kuantisasi energi yang diserap oleh suatu senyawa berbanding terbalik dengan panjang gelombang radiasi :

$$\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

- dengan ΔE = energi yang diserap (eV atau J)
- h = tetapan Planck ($6,6 \times 10^{-34} \text{ J}$)
- ν = frekuensi, dalam Hz
- c = kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m/det}$)
- λ = panjang gelombang (nm)

Baik radiasi ultraviolet maupun radiasi cahaya tampak berenergi lebih tinggi daripada radiasi inframerah. Absorpsi cahaya ultraviolet atau cahaya tampak mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi.

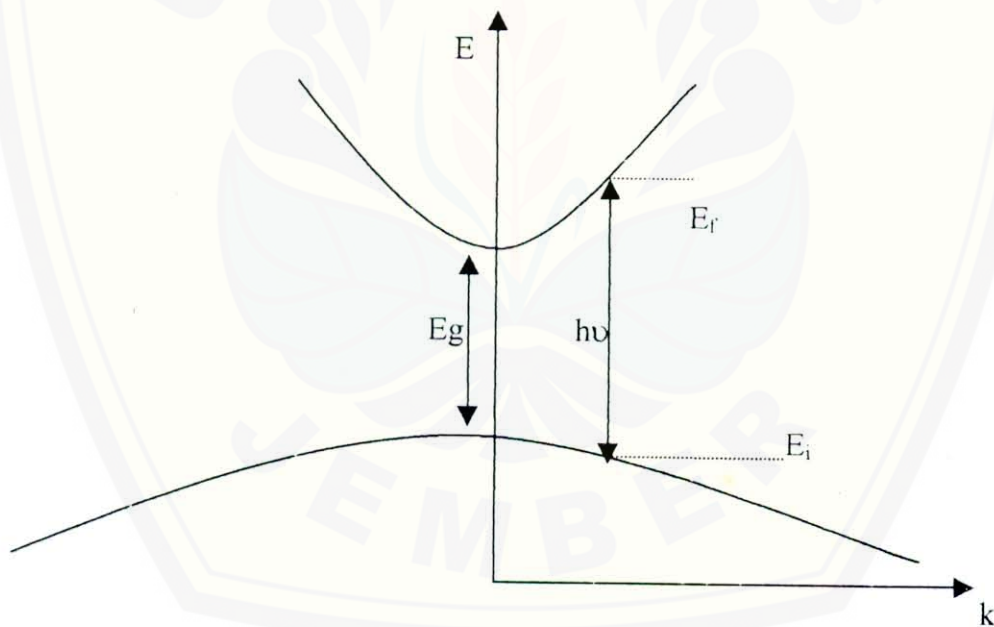
Panjang gelombang cahaya ultra violet atau cahaya tampak tergantung pada mudahnya promosi elektron. Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi elektron, akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul yang memerlukan energi lebih sedikit akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Senyawa yang menyerap cahaya dalam daerah tampak (yakni senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih

mudah dipromosikan daripada senyawa yang berada pada panjang gelombang uv yang lebih pendek (Fressenden, 1999).

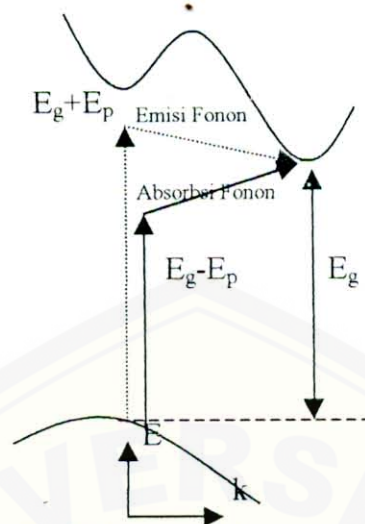
2.3 Absorpsi Dasar

Transisi dasar antara pita ke pita dari pita valensi ke pita konduksi karena penyerapan foton disebut sebagai absorpsi dasar. Dalam spektroskopi optik, absorpsi dasar terjadi saat elektron menyerap foton dari sinar yang datang dan melompat dari pita valensi ke pita konduksi. Energi foton paling tidak harus sama dengan energi gap. Proses ini biasanya digunakan untuk menentukan besarnya energi gap pada semikonduktor dengan menganalisa absorpsi pinggir.

Ada dua tipe transisi pada absorpsi dasar, secara langsung (gambar 1) dan secara tidak langsung (gambar 2).



Gambar 1. Transisi langsung



Gambar 2. Transisi tidak langsung

Keduanya melibatkan interaksi gelombang elektromagnetik dengan elektron pada pita valensi, dimana energinya akan naik melewati gap dasar ke pita konduksi. Namun transisi tidak langsung juga melibatkan interaksi simultan dengan getaran kisi. Oleh sebab itu, vektor gelombang dari elektron dapat mengubah transisi optik, perubahan momentum diberikan atau diterima oleh fonon.

Koefisien absorpsi $\alpha(h\nu)$ untuk suatu energi foton $h\nu$ adalah sebanding dengan probabilitas transisi P_{if} dari keadaan asal ke keadaan akhir, kerapatan elektron pada keadaan asal n_i , pada kerapatan keadaan akhir yang tersedia, n_f dan proses ini harus dijumlahkan untuk semua transisi antara keadaan yang terpisah oleh suatu energi $h\nu$:

$$\alpha(h\nu) = A \sum P_{if} n_i n_f \quad (2)$$

Pada kasus amorf, transisi pada energi rendah kemungkinan melibatkan keadaan gap. Proses keseluruhan ditentukan oleh transisi antar energi dimana kerapatan keadaan energi cukup tinggi, yaitu pada pita konduksi dan pita valensi.

2.4 Transisi Langsung

Berikut ini dibahas diskripsi yang diberikan oleh Pankove (1975) mengenai proses transisi pada semikonduktor. Transisi langsung merupakan transisi antara pita valensi dan pita konduksi yang terjadi pada vektor gelombang yang sama, $k=0$. Untuk hubungan hukum seleksi kuantum, transisi langsung terdiri transisi yang diperbolehkan, dan masing-masing dijelaskan pada bagian berikutnya. Ditinjau transisi absorpsi antara dua titik ekstrim pada gambar 1, probabilitas transisi P_{if} dapat dianggap tidak tergantung pada energi foton. Setiap keadaan asal pada E_i selalu berhubungan dengan keadaan akhir E_f sebagai

$$E_f = h\nu - |E_i| \quad (3)$$

tetapi untuk band parabolik,

$$E_f - E_g = \frac{h^2 k^2}{2m_h^*} \quad (4)$$

dan

$$E_i = \frac{h^2 k^2}{2m_h^*} \quad (5)$$

Oleh karena itu,

$$h\nu - E_g = \frac{h^2 k^2}{2} \left(\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right) \quad (6)$$

Kerapatan keadaannya,

$$N(h\nu)d(h\nu) = \frac{8\pi k^2 dk}{(2\pi)^2} = \frac{(2m_r)^{3/2}}{2\pi^2 \hbar^3} (h\nu - E_g)^{1/2} d(h\nu) \quad (7)$$

dimana m_r merupakan massa tereduksi diberikan oleh

$$\frac{1}{m_r} = \left(\frac{1}{m_c^*} + \frac{1}{m_h^*} \right) \quad (8)$$

Dengan demikian koefisien absorpsi dapat dituliskan

$$\alpha(h\nu) = A^* (h\nu - E_g)^{1/2} \quad (9)$$

dimana A^* diberikan oleh

$$A^* \approx \frac{q^2 \left(2 \frac{m_h^* m_e^*}{m_h^* + m_e^*} \right)^{3/2}}{nch^2 m_e^*} \quad (10)$$

Plot dari α^2 terhadap $h\nu$ akan memberikan garis lurus dengan titik potong di $h\nu = E_g$.

Pada beberapa material, hukum seleksi kuantum membatasi transisi langsung pada $k = 0$ tetapi memperbolehkan untuk $k \neq 0$, kenaikan probabilitas terhadap k^2 . Hal ini berarti bahwa kenaikan probabilitas sebanding dengan $(h\nu - E_g)$. Karena kerapatan keadaan yang terhubung pada transisi langsung sebanding dengan $(h\nu - E_g)^{1/2}$, koefisien absorpsi mempunyai ketergantungan spektrum sebagai

$$\alpha(h\nu) = A^* (h\nu - E_g)^{3/2} \quad (11)$$

dimana A^* diberikan oleh

$$A^* \approx \frac{4}{3} \frac{q^2 \left(2 \frac{m_h^* m_e^*}{m_h^* + m_e^*} \right)^{5/2}}{nch^2 m_h^* m_e^* h\nu} \quad (12)$$

Pada kasus yang terakhir plot antara $\alpha^{3/2}$ terhadap $h\nu$ memberikan garis lurus dengan titik potong di $h\nu = E_g$. Pada material dengan derajat ketidakteraturan yang tinggi, pendekatan α^2 diharapkan memberikan hasil yang lebih baik.

2.5 Transisi Tidak Langsung

Pada transisi tidak langsung, diperlukan adanya perubahan energi dan momentum sehingga diperlukan proses dua tingkat sebab foton tidak dapat memberikan perubahan momentum. Oleh karena itu, koefisien absorpsi dari transisi tidak langsung dituliskan sebagai

$$\alpha(h\nu) = \alpha_e(h\nu) + \alpha_a(h\nu) \quad (13)$$

dimana $\alpha_e(h\nu)$ disebabkan oleh emisi fonon dan $\alpha_a(h\nu)$ disebabkan oleh absorpsi fonon, masing-masing dituliskan

$$\alpha_e(h\nu) = \frac{A(h\nu - E_g - E_p)^2}{[1 - e^{-E_p/kT}]} \quad (14)$$

dan

$$\alpha_a(h\nu) = \frac{A(h\nu - E_g + E_p)^2}{[e^{-E_p/kT} - 1]} \quad (15)$$

2.6 Struktur Pita Energi Pada PPy

Seperti pada kristal, interaksi dari elektron pada suatu unit sel (dalam hal ini monomer ring) dengan tetangganya pada PPy menghasilkan formasi pita elektronik dengan tingkat energi tertinggi yang terisi (pita valensi pada kristal) dan energi terendah yang tidak terisi (pita konduksi pada kristal) dipisahkan oleh pita gap. Usaha telah dilakukan untuk menyusun pita energi pada PPy.

Grant dan Batra (1979 : 193) melaporkan aplikasi dari teori pita satu elektron untuk menganalisa transportasi dan sifat optik pada PPy. Ford

(1982:5030) menguji dengan *ultraviolet photoemission* dan spektrum absorpsi optik untuk menunjukkan hubungan antara kerapatan keadaan valensi dan struktur pita energi pada PPy.

Pfluger (1986 : 1368) telah membuat rangkuman properti elektronik yang penting dari PPy dan mendiskusikan struktur model elektronik untuk polimer ini dalam hal kerapatan keadaan termasuk untuk film netral, tingkat dopan yang rendah, tingkat dopan menengah, dan tingkat dopan yang tinggi.

Struktur yang dikemukakan diolah dari data transportasi optik *electron spin resonance* dan *photoelektron spectroscopic*. Seperti pada kebanyakan material amorf, pada struktur tersebut terdapat keadaan yang terlokalisasi dan mobilitas pinggir (E_{μ}) pada ekor pitaanya, dimana dapat terbentuk akibat adanya ketidakteraturan struktur pada polimer ini.

Data transisi optik yang digunakan disini berdasarkan hasil yang diperoleh Yakusi (1983 : 4774) yang menunjukkan hasil bahwa untuk film yang mendekati netral menunjukkan adanya puncak-puncak pada 0,7 eV, 1,4 eV, 2,1 eV, dan 3,2 eV dan pada tingkat doping yang tinggi menunjukkan adanya puncak di 1,0 eV, 2,7 eV, dan 3,6 eV.

III. METODE PENELITIAN

Dengan ditemukannya PPy dengan proses polimerisasi secara elektrokimia, dan memperoleh harga konduktivitas yang semakin baik serta E_g yang beragam, sehingga memicu peneliti lain untuk meneliti lebih lanjut.

Dalam penelitian ini penulis ingin meneliti pengaruh konsentrasi dopan *Sodium Toluene Sulphonate*, lama waktu yang digunakan dalam sintesis PPy dan harga E_g PPy.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Februari 2002 sampai bulan Mei 2002 yang bertempat di Laboratorium Elektronika dan Komputasi untuk sintesis film PPy dan di Laboratorium Biologi Molekuler untuk karakterisasi dengan Spektrofotometer.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Gelas kimia 250 ml
- Elektroda dari *stainless steel*
- Sumber Arus model Keithly 220
- Kabel
- *Doble sticky tape*
- Mika transparan
- Seperangkat sel sintesis
- Desikator
- Pengaduk
- Spektrofotometer
- Kuvet
- Neraca Elektrik
- Voltmeter Digital



3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam sintesis PPy adalah :

- *Pyrrrole*
- *Sodium Toluene Sulphonate*
- Aquades
- Braso

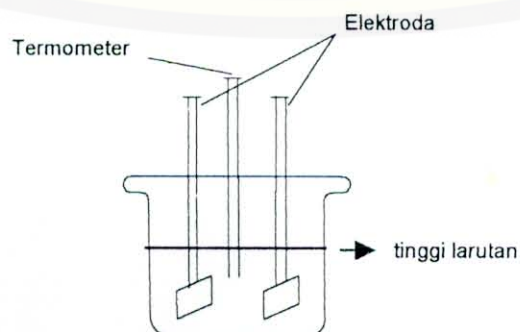
3.3 Pembuatan Sample

3.3.1 Sintesis PPy

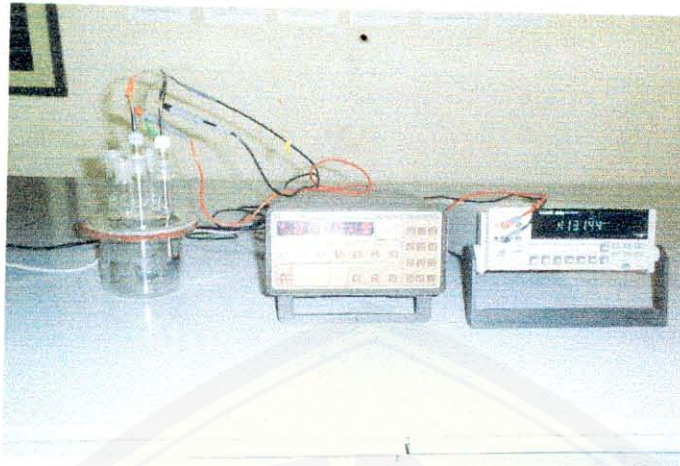
PPy dibuat dengan polimerisasi secara elektrokimia dalam suatu tabung. Larutan dalam tabung terdiri dari *pyrrrole*, *sodium toluene sulphonate* (sebagai dopan) dan aquades sebagai pelarut. Dalam sintesis ini kita akan memvariasikan konsentrasi dopan yang digunakan dan waktu sintesis, sedangkan volume aquades yang digunakan akan dibuat tetap. Proses polimerisasi berlangsung secara galvanostatik (arus tetap). Setelah beberapa menit film PPy akan terbentuk pada salah satu elektroda.

Dalam penelitian ini digunakan elektroda *stainless steel* dimana potensial oksidasinya lebih tinggi dari yang dimiliki *pyrrrole*. Selain itu *stainless steel* juga mempunyai kelebihan, yaitu : keras, tahan lama, mudah digosok, dan harganya murah jika dibandingkan dengan emas dan platina.

Dalam sintesis film, digunakan metode galvanostatik karena peralatan yang digunakan sederhana dan mudah dirangkai. Skema sintesis film dapat dilihat pada gambar 3.



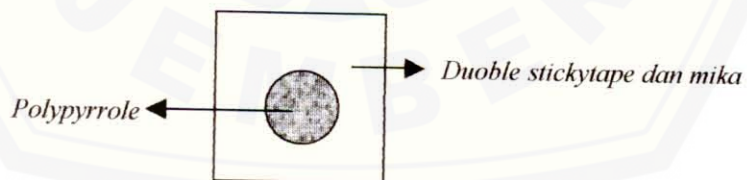
Gambar 3. Skema sel sintesis



Gambar 4. Foto Peralatan Yang Digunakan Dalam Sintesis Film PPy

Pada gambar 4, proses sintesis film PPy berlangsung di dalam tabung yang didalamnya terdapat elektroda yang terhubung dengan sumber arus dan tegangan. Film PPy akan terbentuk pada salah satu elektroda yang terbuat dari *Stainless Steel*.

Agar film yang terbentuk bisa tipis maka waktu yang digunakan harus seminimal mungkin (seperti tabel 1). Karena PPy yang terbentuk sangat tipis, maka cara mengambilnya dari permukaan elektroda dengan bantuan *double stickytape* dan mika. Hal ini dilakukan untuk menjaga kondisi pirol agar tidak rusak dan mudah diamati lihat gambar 5.



Gambar 5. Bentuk film tipis

Tabel 1. Variasi Konsentrasi Dopan Dan Waktu Pada Proses Sintesis Film PPy Dengan Konsentrasi Pyrrole Dan Volume Aquades Konstan.

Konsentrasi Dopan [M]	Waktu Sintesis (menit)
0.05	1
	2
	3
0.1	1
	2
	3
0.15	1
	2
	3
0.2	1
	2
	3

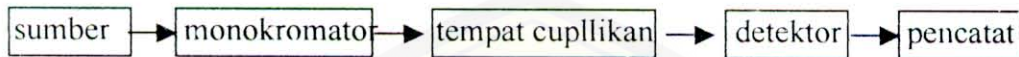
3.3.2 Pengukuran Ketebalan Film

PPy yang terbentuk akan berwarna kehitaman, tipis dan relatif mudah rusak dengan adanya benturan atau gesekan benda lain. Sehingga langkah-langkah yang digunakan untuk mengukur ketebalan film ini adalah sebagai berikut :

- Mengukur Ketebalan mika + *double stickytape*, yang dicatat sebagai A.
- Mengukur ketebalan film PPy + mika + *double stickytape*, yang dicatat sebagai B.
- Dari perlakuan di atas maka mengurangi perlakuan kedua dengan pertama (B – A) ketebalan film PPy dapat diketahui.

3.4 Prosedur Pengambilan Data

Alat yang digunakan untuk mempelajari serapan (absorpsi) atau emisi radiasi elektromagnetik sebagai fungsi dari panjang gelombang disebut spektrofotometer. Diagram sederhana dari spektrofotometer adalah sebagai berikut :



Keterangan :

1) Sumber Radiasi

Sumber radiasi yang ideal untuk pengukuran serapan harus menghasilkan spektrum yang kontinyu serta intensitas serapan yang seragam pada keseluruhan kisaran panjang gelombang yang sedang dipelajari. Sumber radiasi yang biasa digunakan untuk cahaya ultraviolet adalah lampu Hidrogen dan lampu filamen tungsten yang sering digunakan untuk sumber radiasi Visible (cahaya tampak).

2) Monokromator

Terdapat dua jenis alat yang digunakan untuk mengurai radiasi polikromatik menjadi monokromatik yaitu penyaring dan monokromator. Monokromator adalah serangkaian alat optik yang menguraikan radiasi polikromatik menjadi jalur-jalur yang efektif/panjang gelombang-gelombang tunggalnya dan memisahkan panjang gelombang-gelombang tersebut menjadi jalur-jalur yang sangat sempit.

3) Tempat Cuplikan

Tempat cuplikan/sampel yang digunakan adalah kuvet atau sel, yang sebelum digunakan harus dibersihkan dengan air, larutan detergen, dan asam nitrat panas.

4) Detektor

Detektor berfungsi menyerap tenaga foton yang mengenainya dan mengubah tenaga tersebut untuk dapat diukur secara kuantitatif. Adapun syarat penting untuk detektor adalah : mempunyai sensitivitas yang tinggi, waktu respon

pendek/cepat, tingkat kestabilan tinggi, sinyal yang diperoleh mudah dibaca dan diperjelas oleh meter.

5) Pencatat

Pencatat atau meter berfungsi mencatat hasil yang telah diperoleh oleh detektor (Sastrohamijoyo, 1991).



Gambar 6. Seperangkat Spektrofotometer yang Digunakan Untuk Karakterisasi

3.4.1 Karakterisasi dengan UV -Visible

Data dari UV - Visible diambil dengan menggunakan spektrofotometer, sedangkan teknik yang digunakan adalah absorpsi, dengan langkah-langkah :

- a. Mengatur Spektrofotometer untuk pengukuran Absorpsi (α) dengan panjang gelombang (nm).
- b. Mengatur nilai panjang gelombang dari 200 – 700 nm.
- c. Memasukkan sampel yang berada dalam kuvet pada spektrofotometer.
- d. Mencatat harga Absorpsi (α) dan panjang gelombang (nm) dengan interval 10 nm.

Setelah memperoleh data Absorpsi (α) dan panjang gelombang (nm), kemudian membuat grafik hubungan antara Absorpsi (α) dan panjang gelombang (nm) yang ditunjukkan pada grafik 1.

3.5 Analisa Data

Sebelum menentukan harga E_g PPy, panjang gelombang yang digunakan harus dirubah menjadi Energi Foton dengan persamaan :

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Kemudian untuk menentukan harga E_g PPy menggunakan asumsi bahwa PPy memiliki band langsung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\alpha(h\nu) = A^*(h\nu - E_g)^{1/2}$$

jika dikuadratkan maka akan diperoleh :

$$\left(\frac{\alpha}{A^*}\right)^2 = h\nu - E_g \text{ jika } \frac{\alpha}{A^*} = 0, \text{ maka } E_g = h\nu$$

Plot α^2 terhadap $h\nu$, pada saat $\alpha^2 = 0$ diperoleh $E_g = h\nu$.

Analisa data dilakukan setelah tahap karakterisasi selesai. Langkah pertama adalah mengetahui spektrum yang dihasilkan oleh PPy dengan konsentrasi dopan dan waktu sintesis yang bervariasi. Kemudian mengetahui besarnya E_g PPy dari data yang diperoleh dengan menggunakan spektroskopi optik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang berjudul “Penentuan Energi Gap Polipirol Dengan Menggunakan Spektroskopi Optik”, maka yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Harga energi gap polipirol mengalami penurunan dari 5,20eV menjadi 4,67eV dengan adanya penambahan konsentrasi dopan dari 0,05M sampai 0,20M.
2. Waktu sintesis tidak berpengaruh terhadap energi gap, tetapi berpengaruh terhadap tingkat penyerapan foton.

5.2 Saran

Dari kesimpulan yang telah diperoleh dalam penelitian, maka penulis menyarankan agar penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut mengenai proses penurunan energi gap dari sisi jumlah dopan yang terikat dengan jumlah monomer pirol dan mengambil data yang lebih rinci dan sistematis tentang pengaruh waktu sintesis terhadap penyerapan foton.



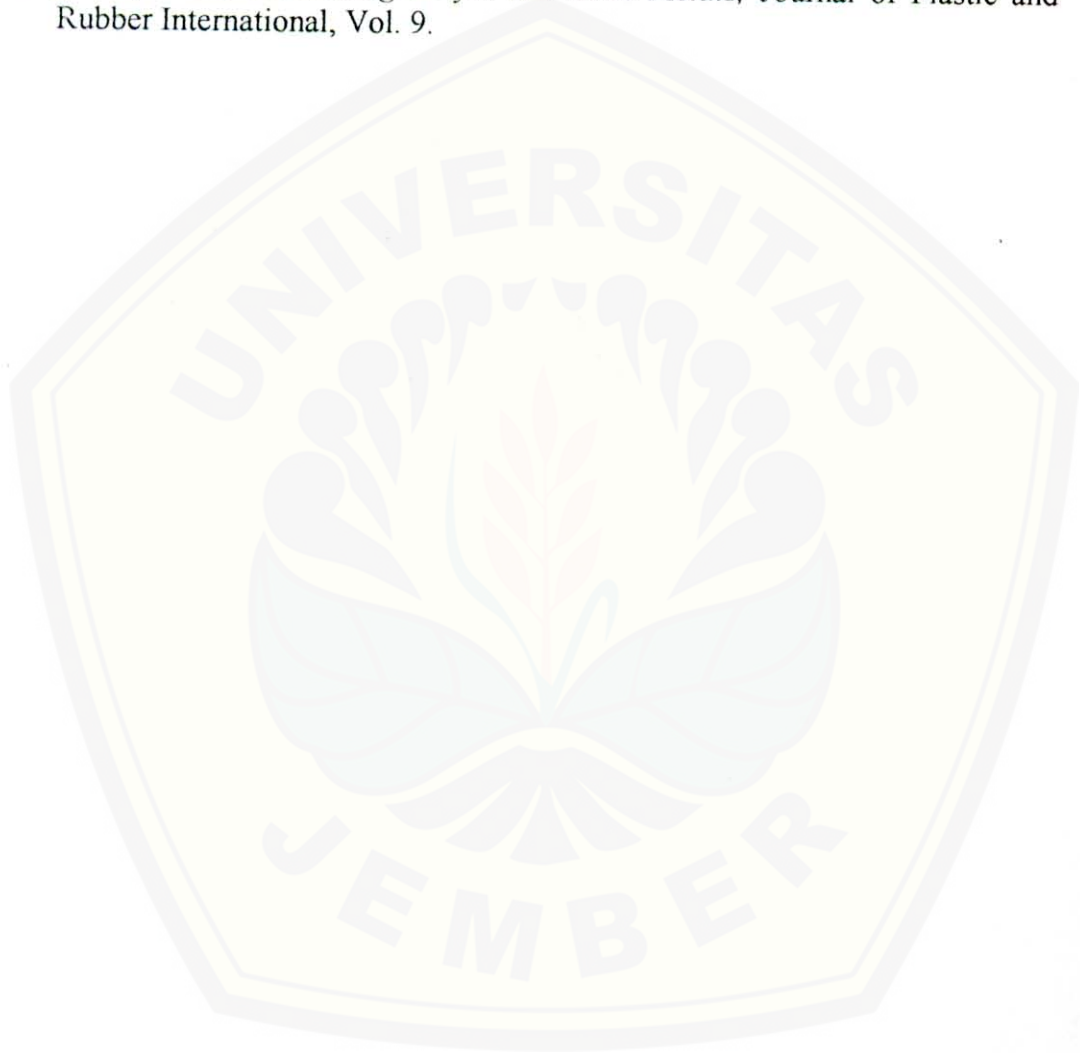
DAFTAR PUSTAKA

- Anderson P. W., 1959, *Physical Review*, 109, 1492.
- Bredas J. L. dan Adre J. M., 1983, *Bipolarons in Polypyrrole Chains*, Journal of American Physical Society.
- Bredas J. L. dan Adre J. M., 1984, *Highly Conducting Polyparaphenylene, Polypyrrole, and polythiophene Chains : An ab Initio Study of The Geometry and Electronic Structure Modivications Upon Doping*, Journal of American Physical Society.
- Ford W. K. dan Salaneck W. R., 1982, *Elektronic Structur of Polypyrrole and Olygomers of Pyrrole*, American Institute of Physics.
- Ford W. K., 1982, *Journal of Chemical Physics*, 77, 5030.
- Fressenden A. J., 1999, *Kimia Organik*, Erlangga, Jakarta.
- Grant P. M. dan Brata I. P., 1979, *Synthetic Metal I*, 193.
- Kanazawa K.K. dan Diaz A.F., 1979, *Polypyrrole : An Electrochemically Syntesized Conducting Organic Polymer*, IBM Research Laboratory, San Jose, Ca 95193 (U.S.A).
- Kaufman J. H. dan Colaneri N., 1985, *Evolution Of Polaron States Into Bipolarons In Polypyrrole*, IBM Research Laboratory, San Jose, California 95193.
- Nazzal A. dan Street G. B., 1984, *Molecul Weight Determination of Pyrrole Based polymer*, Journal of Chemical Society.
- Pankove J. I. 1975, *Optical processes in Semiconductor*, Dover Publication, New York.
- Pfluger P., 1986, *Handbook of Conducting Polymer*, Vol.2, New York.
- Sastrohamijoyo, 1991, *Spektoskopi*, Liberty, Yogyakarta.
- Scott J. C. dan Pfluger P., 1983, *Electron Spin Resonance Studies of Pyrrole Polymers : Evidence for Bipolarons*, IBM Research Laboratory, San Jose, California 95193.

Subekti A, 1993, *Pengembangan Struktur Band Energi Pada Polypyrrole dengan Menggunakan Data Absorpsi Optik*, Pusat Penelitian FKIP Univ. Jember, Jember.

Yakusi, 1983, *Optical Study of Polypyrrole*, IBM Research Laboratory, San Jose, California 95193.

Young R.J., 1984, *Conducting Polymers-Plastic Metals*, Journal of Plastic and Rubber International, Vol. 9.



LAMPIRAN - LAMPIRAN



Departemen Pendidikan Nasional RI
Universitas Jember
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

BORANG TA-06

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

..... Kami selaku Dosen Pembimbing Utama/Anggota yang mengawasi penelitian/percobaan mahasiswa sebagai tersebut di bawah ini :

Nama : Herwin Syaiful wahvudi
NIM : 981810201058
Jurusan/PS : Fisika
Semester : IX

menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan penelitian/percobaan, tentang

..... Penentuan Energi Gap Polipirol Dengan Menggunakan
..... Spektroskopi Optik.....

Bertempat : di Lab. Elektronika&Instrumentasi dan Lab. Biomolekuler
Dimulai tanggal 25 Februari 2002 s/d 30 Mei 2002

Surat keterangan ini dibuat sebagai persyaratan pengajuan permohonan ujian Tugas Akhir/Skripsi.

Demikian untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 15 Oktober 2002

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Agus Subekti

NIP. 131 412 121

Prantasi HT, MSi

NIP. 132 085 973

Nomor : 138/JurFis/PF/2002
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Penggunaan
Alat Laboratorium

Kepada Yth. : Ketua Pusat Penelitian
Biologi Molekuler
Universitas Jember
di -
Jember

Dengan hormat,

Sehubungan dengan pelaksanaan Tugas Akhir/Skripsi Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember yaitu :

Nama : Herwin Syaiful Wahyudi
NIM : 98 - 1058
Judul : Penentuan Energi Gap Polipirol dengan
Menggunakan Spektroskopi Optik

mohon perkenannya untuk dapat menggunakan alat Spektrofotometer dengan panjang Gelombang 200-800 nm .

Demikian, atas perhatian dan perkenannya disampaikan terima kasih.

Jember, 25 April 2002
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Sujito, PhD
NIP. 131 756 172

Kepada

Yth. Ketua Lab. Elektronika dan Instrumentasi
Jurusan Fisika
Universitas Jember



Dengan hormat, bersama ini kami memberitahukan bahwa yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Herwin Syaiful Wahyudi

NIM : 981810201058

Jurusan : Fisika

Fakultas : MIPA

Alamat : Jalan Danau Toba 9 Jember

Bermaksud untuk meminjam alat : Catu Daya Model Ketly 220

Untuk keperluan penelitian tugas akhir yang berjudul "Penentuan Energi Gap Polipirol dengan Menggunakan Spektroskopi Optik"

Demikian atas perhatiannya disampaikan terima kasih.

Pembimbing

Drs. Agus Subekti, Ph.D

NIP. 131 412 121

Jember, 6 April 2002

Pemohon

Herwin Syaiful W

NIM. 981810201058

Menyetujui,

Ketua Lab. Elektronika dan Instrumentasi



Sutisna, M.Si

NIP. 132 257 929