

PENGARUH TEMPERATUR SINTESIS SECARA ELEKTROKIMIA  
TERHADAP KONDUKTIVITAS LISTRIK DAN MORFOLOGI  
POLIPIROL

**SKRIPSI**



Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Penyelesaian Program Sarjana Sains Jurusan Fisika Fakultas Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Oleh:

**Dian Kurniasih**

NIM. 981810201078

Acol	Hadiah	Blas
Terima Tanggal	13 NOV 2002	541.37
No Induk		KUR
		P

Uluw a.r/

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER

OKTOBER, 2002

**MOTTO**

*“I often say that when you can measure what you are speaking about and express it in numbers, you know something about it, but when you cannot express it in numbers your knowledge is a of meager and unsatisfactory kind.”*

*Lord Kelvin  
(1824 – 1907)*

*“Ada dua cara menghayati kehidupan. Yang satu adalah seolah-olah mukjizat itu tak pernah ada. Yang lain adalah seolah-olah segala sesuatunya merupakan mukjizat”*

*Albert Einstein*

**Kupersembahkan Karya ini:**

**Untuk Ibunda dan Bapak tercinta yang telah banyak memberikan dorongan  
moril dalam penyelesaian skripsi ini.**

**Untuk Kakakku yang telah memberikan harapan semangat untukku.**

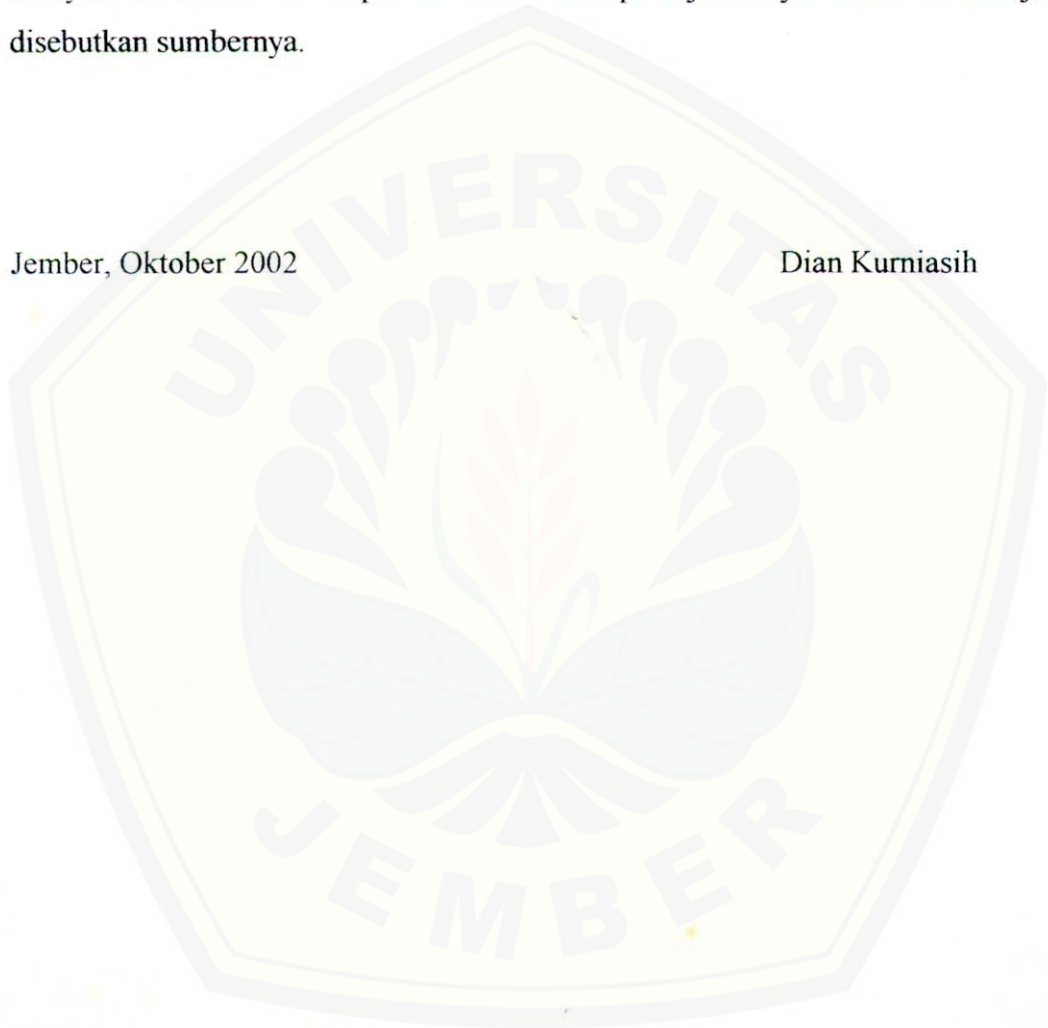


## DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan April 2002 sampai dengan bulan Juni 2002 di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember dan Jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi 10 November Surabaya. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya.

Jember, Oktober 2002

Dian Kurniasih





## ABSTRAK

**PENGARUH TEMPERATUR SINTESIS SECARA ELEKTROKIMIA TERHADAP KONDUKTIVITAS LISTRIK DAN MORFOLOGI POLIPIROL** (Dian Kurniasih, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Fisika, Universitas Jember).

Kata kunci : Polipirol, Konduktivitas listrik, Temperatur

Penelitian tentang polimerisasi polipirol secara elektrokimia dengan variasi temperatur telah dilaksanakan dalam tugas akhir ini. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Elektronika dan Komputasi Fakultas MIPA Universitas Jember dan laboratorium Fisika Zat Padat Fakultas MIPA Institut 10 November Surabaya, mulai bulan April 2002 sampai dengan Juni 2002. Polimerisasi polipirol menggunakan pelarut aquades, dan sebagai pendukung elektrolitnya digunakan Sodium P-Toluen Sulfonat. Pada polimerisasi konsentrasi dopan dan rapat arus dibuat tetap, yaitu pada dopan sebesar 0,1 M sedangkan rapat arusnya adalah sebesar  $5 \text{ mAcm}^{-2}$ . Pada sintesis ini dari masing-masing variasi temperatur berlangsung selama satu jam. Polimerisasi dibuat dengan temperatur yang berbeda yaitu sebesar,  $13^{\circ} \text{C}$ ,  $20^{\circ} \text{C}$ ,  $25^{\circ} \text{C}$ ,  $35^{\circ} \text{C}$ ,  $39^{\circ} \text{C}$ . Ternyata dari hasil penelitian ini didapatkan harga konduktivitas listrik yang tertinggi pada temperatur  $20^{\circ} \text{C}$ , yaitu sebesar  $(115 \pm 6,9) \text{ S/cm}$ . Selain itu dari sintesis ini pula ditinjau morfologi permukaannya yaitu dengan mikroskop optik (MO). Gambar yang diperoleh menunjukkan bahwa permukaan yang lebih halus diperoleh pada film dengan konduktivitas yang tinggi, yaitu pada temperatur  $20^{\circ} \text{C}$ .

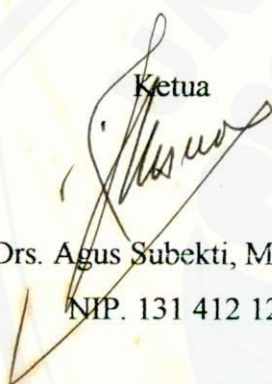
**HALAMAN PENGESAHAN**

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 : ..... 11 NOV 2002 .....  
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji,

Ketua

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

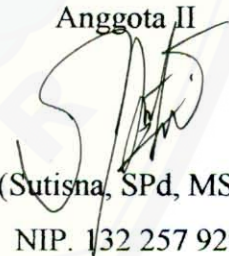
Sekretaris

  
(Prartasi 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

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang karena rahmatNya serta berkat do'a restu semua pihak dan didasari oleh keteguhan hati, maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Drs. H. Agus Subekti, M.Sc, Ph.D sebagai dosen pembimbing utama (DPU) yang dengan penuh kesabaran telah membimbing penulis mulai awal sampai dengan terbentuknya laporan ini.
2. Prantasi Harmi Tj. M.si., sebagai dosen pembimbing anggota (DPA) yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Sutisna, M.Si, Imam Rofi'I, M.Sc., yang membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bambang Piluharto, M.Si, D. Setyawan P.H., M.Si yang ikut serta dalam membantu penyelesaian tugas akhir ini.
5. Adik-adikku Kelinci no. 4 yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Teman-temanku: Herwin, Ustik, Evin, Soni dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kami mengharapkan saran dan koreksi. agar skripsi ini lebih sempurna lagi.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga dengan segala kekurangan, skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca dan dapat memberi kontribusi terhadap kemajuan ilmu pengetahuan khususnya bidang ilmu bahan.

Jember, Oktober 2002

Penulis

DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN DEKLARASI</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Makalah .....	2
1.4 Manfaat .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Polimer konduktif .....	3
2.2 Polipirol .....	5
2.3 Struktur polipirol .....	6
2.4 Metode sintesis polipirol .....	6
2.5 Elektrokimia .....	7
2.6 Reaksi Dalam Elektrokima .....	8
2.7 Sel Elektrolisis .....	8
2.8 Reaksi Polimerisasi polipirol .....	9
2.9 Hantaran Listrik pada polipirol .....	11
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>12</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	12



3.2	Alat dan Bahan .....	12
3.2.1	Alat .....	12
3.2.2	Bahan .....	12
3.3	Tahap Persiapan .....	13
3.3.1	Sel Elektrokima .....	13
3.3.2	Elektroda .....	15
3.3.3	Bahan Pelarut dan Pendukung Elektrolit .....	16
3.4	Desain Sistem .....	16
3.5	Tahap Sintesis .....	18
3.5.1	Kondisi Elektropolimerisasi .....	18
3.6	Sifat Kelistrikan .....	19
3.7	Morfologi Polipirol .....	21
3.8	Analisis Hasil penelitian .....	22
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1	Sintesis dan Identifikasi Film Tipis Polipirol .....	23
4.2	Analisis dan Pengukuran Konduktivitas Listrik .....	22
4.3	Analisis Data Penelitian dan Pembahasan .....	24
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>30</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
Lampiran 1. Perhitungan Nilai Konduktivitas Listrik Film Polipirol		
Lampiran 2. Surat Keterangan Penelitian		

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>	<b>Judul Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Sifat fisik polipirol	6
4.1	Identitas sampel polipirol	23
4.2	Konduktivitas polipirol	23



## DAFTAR GAMBAR

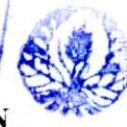
<b>Gambar</b>	<b>Judul Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Konduktivitas listrik beberapa polimer konduktif dibanding dengan bahan lain	4
2.2	Skema geometri molekul pirol	5
2.3	Mekanisme terjadinya film polipirol	10
3.1	Skema sel sintesis	14
3.2	Rangkaian skema sel sintesis	15
3.3	Desain sistem dalam pembuatan film	17
3.4	Rangkaian sistem dalam pembuatan film	18
3.5	Skema alat ukur konduktivitas	20
3.6	Pengukuran konduktivitas listrik	21
3.7	Mikroskop optik	22
4.2	Morfologi polirol posisi pinggir	27
4.3	Morfologi polirol posisi tengah	28

## DAFTAR GRAFIK

Grafik	Judul Grafik	Halaman
4.1	Hubungan konduktivitas listrik vs temperatur.	25







## I. PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Bahan polimer yang biasanya disebut sebagai plastik, biasanya bersifat isolator. Tapi selain bersifat isolator juga ada yang bersifat konduktor atau dikenal sebagai polimer konduktif, yaitu polimer yang mampu menghantarkan arus listrik.

Polimer sebagai konduktor listrik intrinsik mempunyai daya tarik besar bagi para peneliti untuk diteliti dalam beberapa tahun ini. Salah satu polimer konduktif yang dikembangkan adalah jenis polimer pirol atau polipirol (PPy). Jenis polimer ini sangat menarik karena relatif stabil dan juga mudah disintesis dengan menggunakan proses polimerisasi elektrokimia. Adanya polimer yang bersifat konduktif, menjadi tuntutan bagi industri elektronik untuk dikembangkan agar mudah untuk diproduksi dan mempunyai komposisi yang baik.

Polipirol yang merupakan polimer konduktif telah dikenal sejak 70 tahun yang lalu, namun baru diteliti secara intensif setelah Kanazawa (1979:854) yang berhasil membuat film yang relatif stabil dengan metode elektrokimia dan didapatkan konduktivitas film mencapai 100 S/cm. Setelah itu banyak peneliti lain untuk mendapatkan film yang lebih baik dan sederhana yang dapat diaplikasikan menjadi suatu bahan dalam membuat piranti elektronika.

Polimer konduktif netral dapat dibuat seperti layaknya pada industri polimer sintetik. Polimerisasi asetilin dapat dicapai dengan katalis Ziegler-Natta pada temperatur rendah. Poli(p-penilin) dan poli (penilin sulfida) juga sudah dibuat melalui sintesis secara kimia dengan metode Fredel-Crafts. Polimer yang diperoleh kemudian dibuat dengan konduktif dengan jalan mengalirkan uap yang mengandung bahan pengotor misalnya saja:  $I_2$ ,  $AsF_5$ ,  $Br_2$  dan sebagainya atau dengan pengotor secara elektrokimia dengan pengotor  $ClO_4$ ,  $BF_4$ ,  $Li^+$ ,  $Na^+$  (Subekti,1993:1).

Metode untuk mensintesis film polipirol adalah sintesis elektrokimia mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Maddison (1989:219). Elektroda yang digunakan adalah stainless steell, karena logam ini memiliki beberapa kelebihan. Elektropolimerisasi dilakukan dalam larutan encer menggunakan air. Pada

optimasi yang telah dilakukan sebelumnya sintesis dibuat dengan temperatur yang konstan, tetapi pada percobaan kali ini optimasi dibuat dengan memvariasikan temperatur polimerisasi. Jadi dari variasi temperatur tersebut dapat terlihat perbedaan morfologinya dari masing-masing film. Dari elektropolimerisasi nanti juga dapat diketahui harga konduktivitasnya, dimana harga konduktivitas masing-masing film akan dibandingkan dengan variasi temperatur. Sedangkan morfologi polipirol sendiri dapat dilihat menggunakan mikroskop .

Dalam laporan tugas akhir ini akan dijelaskan pengaruh temperatur terhadap konduktivitas serta morfologinya dengan menggunakan metode seperti yang telah dijelaskan di atas. Dengan variasi temperatur, akan didapatkan karakterisasi kelistrikan dari variasi temperatur tersebut, sehingga kondisi optimasi dapat diperoleh.

## **1.2 Permasalahan**

Pada temperatur berapa sintesis polipirol secara elektrokimia menghasilkan film dengan konduktivitas tertinggi dan morfologi permukaan terbaik.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Mencari pengaruh temperatur terhadap konduktivitas listrik dan morfologi Polipirol.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan memperoleh nilai konduktivitas listrik dari sintesis elektrokimia dengan variasi temperatur, diharapkan dapat memberikan sumbangsih kepada dunia pendidikan dalam hal ini sebagai sumber belajar dengan memahami lebih jauh tentang mata kuliah Fisika Zat Padat dan Fisika Bahan pada pokok bahasan semikonduktor.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

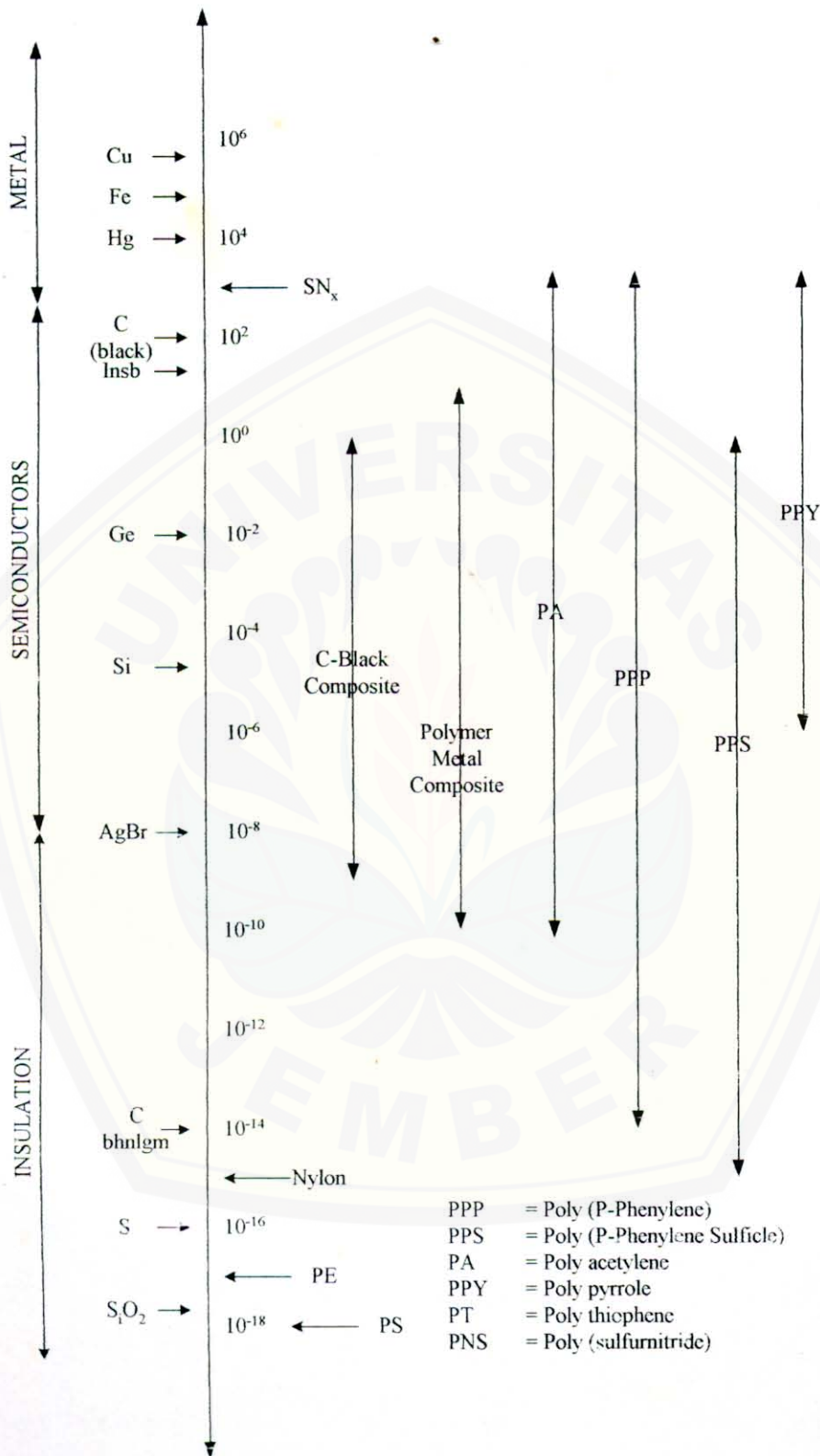
### 2.1 Polimer Konduktif

Dewasa ini polimer telah menjadi pemikiran oleh para ahli untuk dikembangkan sebagai bahan piranti elektronika. Pemakaian polimer ini didasarkan pada pertimbangan diantaranya adalah karena bahan ini relatif murah, ringan, mudah dibuat, tahan terhadap bahan-bahan kimia dan bersifat sebagai isolator dan konduktor yang baik.

Polimer telah ada sejak dahulu. Polimer alami mempunyai peranan yang sangat penting bagi makhluk hidup, misalnya saja pada karet alam dan perkembangan selanjutnya adalah pada pembuatan polimer sintetis.

Polimer konduktif adalah polimer yang mampu menghantarkan arus listrik dan memiliki beberapa keistimewaan. Polimer-polimer konduktif ini diantaranya adalah *Polyacetylene*, *Polypyrrole*, *Polythiophene*, *Poli(p-phenylene)*, dan *Poly(sulfurnitride)* (Subekti, 1993:1). Konduktivitas untuk bahan polimer ini dapat mencapai harga setinggi yang dimiliki oleh bahan semikonduktor atau logam. Sebagai contoh *Polyacetylene* dalam keadaan netral memiliki konduktivitas listrik sebesar  $10^{-8} \text{ Scm}^{-1}$  yang dapat dikotori oleh elektron donor atau aseptor sehingga konduktivitasnya sampai pada level  $10^3 - 10^5 \text{ Scm}^{-1}$ . Harga Konduktivitas listrik dari beberapa polimer konduktif sendiri dapat dilihat pada gambar 2.1.





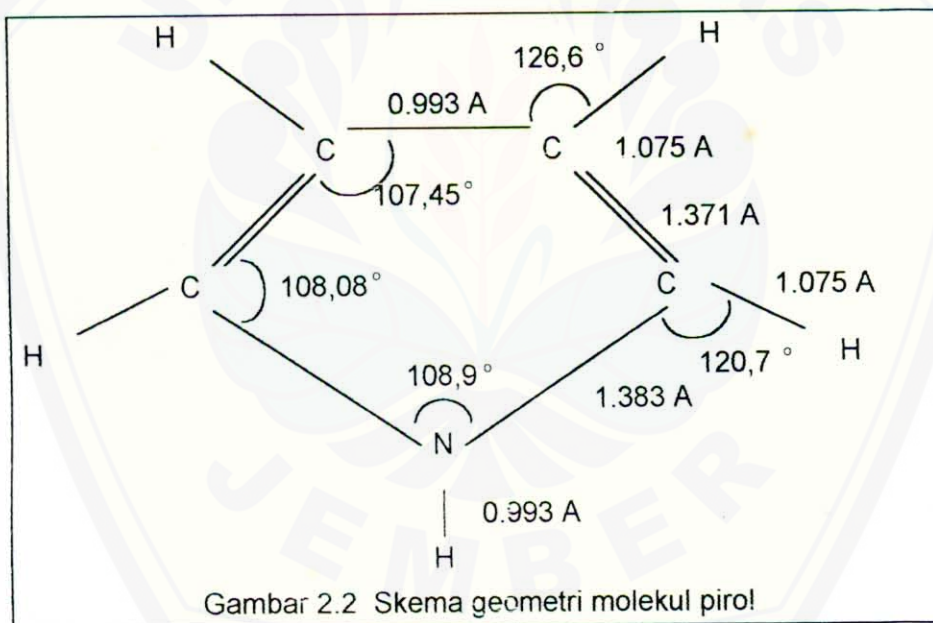
Gambar 2.1 konduktivitas listrik beberapa polimer konduktif dibanding dengan bahan lain (Sumber : Young, 1984 :29)



## 2.2 Polipirol

Monomer pirol sendiri dapat ditemukan pada klorofil, hemoglobin dan aspartin. Dalam keadaan terdestilasi bahan ini tidak berwarna karena bereaksi dengan udara maka bahan ini menjadi berwarna hitam. Karena kelebihan tersebut bahan polipirol ini sangat menarik untuk dikembangkan dalam pembuatan piranti elektronika.

Dalam keadaan baru dipolimerisasi, polipirol berwarna coklat kehitaman dan mengkilat tetapi karena polipirol ini bereaksi dengan udara maka akan menjadi hitam. Bahan polipirol ini mempunyai struktur amorphus seperti halnya pada semikonduktor amorphus. Berat molekul rata - rata atau jumlah untai monomer rata - rata berharga sekitar  $10^2$ - $10^3$  satuan pirol dan tergantung pada satuan polimerisasi (Nazal, Street,1984:83). Skema geometri molekul ini seperti terlihat pada gambar di bawah ini (gambar 2.2):



### 2.3 Struktur Polipirol

Pola difraksi sinar-X dari oligomer polipirol sudah diperoleh, struktur dimernya berupa monoklinik, sedangkan trimernya berupa ortorombik, keduanya menunjukkan bahwa molekul pirol terhubung pada  $\alpha$ ,  $\alpha'$ . Namun demikian tidak ada informasi yang diperoleh dari pola difraksi dari polimer pirolnya karena ketidakteraturan struktur dari polimer ini.

Film ini mempunyai daya tahan cukup baik terhadap pengaruh lingkungan. Kelebihan ini merupakan potensi yang menarik untuk dikembangkan dalam pembuatan piranti elektronika. Properti fisik dari pirol dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini:

**Tabel 2.1 Properti fisik pirol**

(sumber: Encyclopedia of chemical Teknologi 1968:842)

Properti	Harga
BM	67,09
Titik didih, $^{\circ}\text{C}$	130
Rapat jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2,31
Temperatur kritis, $^{\circ}\text{C}$	366
Indeks refraksi	1,508
Titik lebur, $^{\circ}\text{C}$	24
Konstanta dielektrik pada $20^{\circ}\text{C}$	8

### 2.4 Metode Sintesis Polipirol

Angeli telah mengamati bahwa pirol hitam dapat terbentuk melalui oksidasi pada temperatur ruang pada larutan asetat dengan hidrogen peroksida. Mc. Neil pada tahun 1963 melaporkan pirolisis dari tetraiodopirol. Pirolisis tersebut dilakukan pada udara terbuka pada temperatur  $120 - 700^{\circ}\text{C}$  menghasilkan polimer hitam dan tidak larut pada berbagai pelarut. Konduktivitas listrik dari polimer yang dihasilkan berkisar antara  $5 \cdot 10^{-3} - 1 \text{ S/cm}$ , tergantung pada temperatur pirolisis.



Elektropolimerisasi dari pirol pertama kali dilakukan oleh Dallioleo pada 1968, dimana film yang terbentuk pada platina mempunyai konduktivitas listrik sebesar 8 S/cm. Analisis elemental menunjukkan bahwa polimer terdiri dari 0,15 dianion sulfat untuk setiap cincin pirol.

Kanazawa (1979) melaporkan penemuan polipirol stabil, fleksibel dengan konduktivitas sebesar 100 S/cm dibuat dengan tehnik elektrokimia.

Gardini dan Bocchi pada tahun 1986 melaporkan adanya cara baru untuk memperoleh film polipirol atau komposit polipirol. Film dapat terbentuk dengan menaruh 30 % larutan  $\text{FeCl}_3$  dan 10 % pirol dalam benzena atau toluen dalam udara terbuka kurang lebih 6 jam. Film yang terbentuk dari permukaan, mempunyai konduktivitas listrik 8 S/cm. Konduktivitas tersebut dapat ditingkatkan menjadi 10 – 30 S/cm dengan cara melapiskan polipirol pada permukaan film PA atau lembaran latex (tebal 0,1 – 0,2 mm).

Bahan polipirol ini dipelajari secara efektif oleh IBM di USA. PPy dibuat dengan polimerisasi pirol. Aseptor polimer konduktif (biru hitam) dihasilkan pada anoda saat larutan monomer dielektrolisis dengan  $\text{Et}_4\text{N}^+\text{BF}_4$ . Film yang dihasilkan mempunyai konduktivitas 100 S/cm, sebagai polimer konduktif polipirol menunjukkan stabilitas kimia dan stabilitas termal yang baik.

Dari uraian di atas nampak bahwa tehnik elektrokimia merupakan metode yang paling tepat untuk membuat film polipirol dengan kualitas yang baik.

## 2.5 Elektrokimia

Dasar dari elektrokimia adalah reaksi redoks, yaitu reaksi serah terima elektron dari suatu pereaksi ke pereaksi yang lain. Jadi dari hal tersebut terdapat hubungan antara energi listrik dengan reaksi kimia. Listrik timbul dari aliran atau gerakan partikel bermuatan dalam mediumnya yang disebut sebagai konduktor.

Aliran itu terjadi karena terdapat beda potensial diantara dua titik dalam konduktor tersebut. Beda potensial itu dapat dibuat bila kedua ujung konduktor dihubungkan dengan sumber arus. Sumber arus dapat diciptakan dengan mengubah energi mekanik, energi panas atau energi kimia dengan alat – alat tertentu.

## 2.6 Reaksi Dalam Elektrokimia

Hantaran listrik dalam logam hanyalah perpindahan elektron secara fisika, sedangkan dalam larutan, di samping perpindahan ion juga disertai reaksi kimia di kedua elektroda. Salah satu elektroda akan menerima elektron dari larutan, sedangkan elektroda yang lain memberikan elektron ke dalam larutan.

Partikel yang dapat berupa senyawa atau ion yang melepaskan elektron disebut teroksidasi dan yang menerima elektron disebut tereduksi. Oleh sebab itu reaksi dalam elektrokimia adalah reaksi oksidasi reduksi

Reaksi redoks dapat terjadi dalam satu wadah, sehingga serah terima elektron secara langsung dari satu partikel ke partikel lain. Akan tetapi dalam elektrokimia, serah terima elektron itu dibuat secara tidak langsung, yaitu melalui kawat atau logam. Hal tersebut dalam elektrokimia terdapat dua macam hantaran listrik, yaitu hantaran elektronik dan hantaran elektrolitik. →

## 2.7 Sel Elektrolisis

Elektrolisis berasal dari kata elektro (listrik) dan lisis (penguraian), yang berarti penguraian senyawa oleh arus listrik dan alatnya disebut sel elektrolisis. Dengan kata lain, sel elektrolisis ini memerlukan energi listrik untuk memompa elektron, dalam proses elektrolisis merupakan kebalikan dari proses sel Galvani. Dalam sel ini harus ada partikel yang dapat menerima elektron dan melepaskan elektron.

Sebenarnya reaksi elektrolisis merupakan redoks yang tidak spontan tetapi terjadi karena diberi energi listrik dari luar. Sebagai contoh tidak mungkin  $\text{Cl}^-$  menyerahkan elektronnya kepada  $\text{Na}^+$  menjadi  $\text{Na (s)}$  dan  $\text{Cl}_2 \text{ (g)}$ , yang spontan adalah sebaliknya,  $\text{Na}$  menyerahkan elektron pada  $\text{Cl}_2$ . Kedua elektroda dihubungkan masing – masing dengan kutub sumber arus searah. Elektroda yang dihubungkan akan kelebihan elektron dan disebut katoda, sedangkan yang lain akan bermuatan positif disebut anoda.

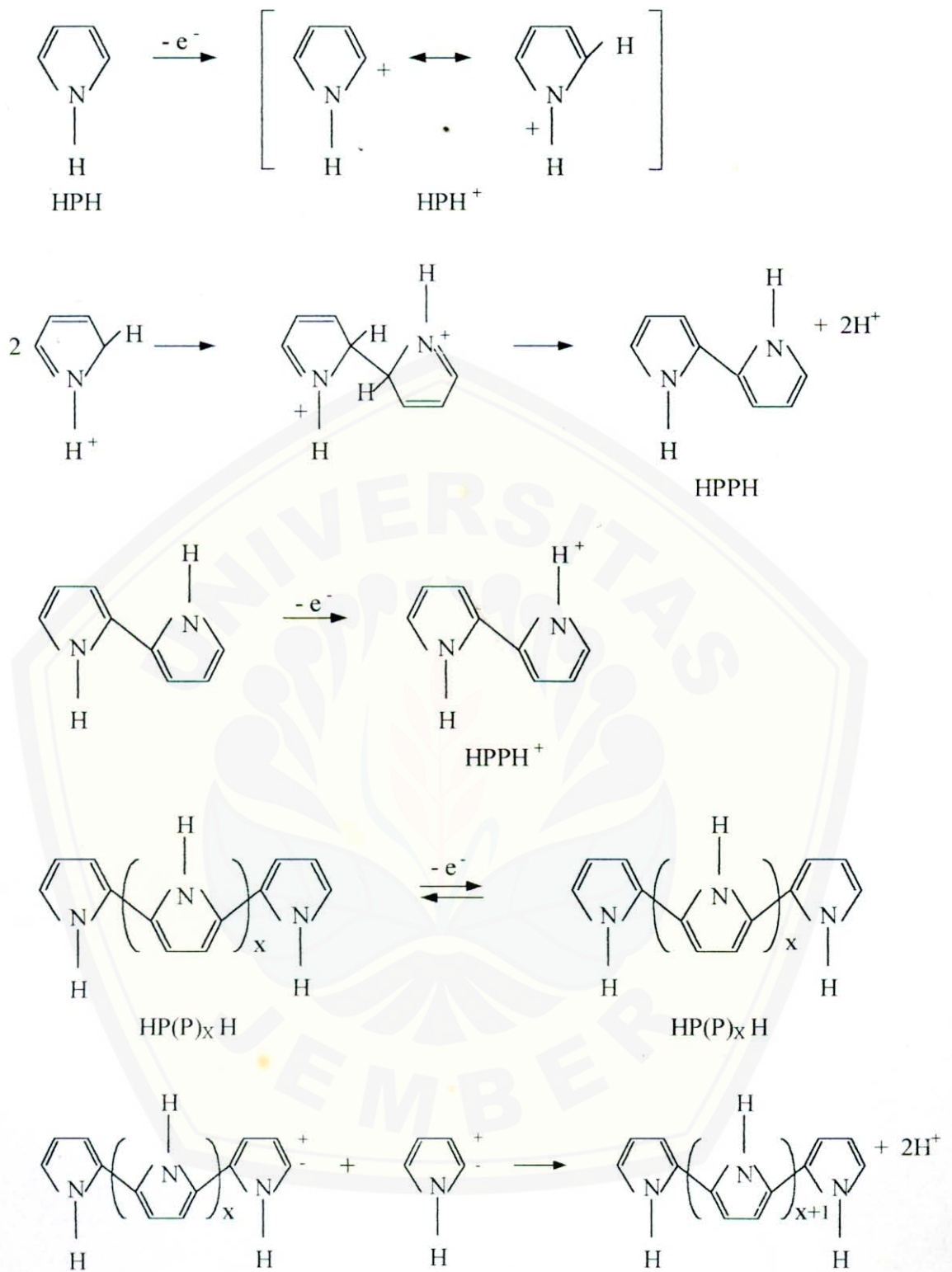


## 2.8 Reaksi Polimerisasi Polipirol

Reaksi ini didasarkan pada prinsip elektrolisis biasa. Pada sel elektrolisa anoda merupakan tempat oksidasi, elektron yang terjadi didalamnya tidak terjadi secara spontan, sedangkan pada katoda harus ada persediaan elektron untuk menggerakkan reduksi. Oleh karena itu pada sel elektrolisa potensial anoda harus dibuat positif relatif terhadap potensial katoda.

Pertukaran ion positif dan ion negatif ini yang mengawali terjadinya untaian polimer. Perpindahan elektron kemungkinan membentuk reaksi gandingan, demikian seterusnya. Sehingga untaian polimer terbentuk karena terus di transfer (Funt, 1986:587).

Untuk polipirol, mekanisme terjadinya proses elektropolimerisasi yang pertama meliputi oksidasi monomer pirol menjadi kation radikal dan dimerisasi, dimana dua buah kation tersebut membentuk pirol dimer. Film terbentuk hanya jika besarnya potensial listrik cukup besar sehingga terjadi oksidasi pirol seperti diperlihatkan oleh kenyataan bahwa film tidak tumbuh lagi saat potensial dikurangi ke harga diantara potensial oksidasi monomer pirol. Mekanisme ini dapat diperjelas dari gambar 2.3.



Gambar 2.3 : Mekanisme terjadinya film polipirol (Genies, 1983 : 101)

## 2.9 Hantaran Listrik Pada Polipirol

Pada material amorphus, energi fermi terletak diantara pita energi yang terlokalisasi. Posisi tingkat fermi sebenarnya ditentukan oleh distribusi muatan pada gap state, sedangkan energi fermi dapat bergeser naik turun dengan proses doping.

Pada semikonduktor kristal dan isolator, transportasi muatan biasanya terjadi oleh gerakan elektron bebas pada pita konduksi dan hole pada pita valensi. Energi fermi terletak diantara band gap, walaupun demikian kecacatan dalam kisi yang terlokalisasi dapat menyebabkan letak energi fermi dapat tergeser.

Sehubungan dengan posisi energi fermi, ada dua kemungkinan mekanisme konduksi pada material yang amorphus. Pertama proses hopping diantara state yang terlokalisasi dan proses lain berupa eksitasi termal ke extended state pada energi sebesar  $E_A$ . Sehingga dari  $E_A$  dapat diperoleh :

$$\sigma = \sigma_{\min} \exp [ - ( E_A - E_F ) / kT ] \quad 2.1$$

Pada temperatur yang cukup rendah dimana eksitasi termal dari pembawa muatan dapat diabaikan, konduktivitas disebabkan oleh adanya hopping dari pembawa muatan antar state yang terisi ke state yang kosong disekitar energi fermi.

Pada polimer konduktif seperti polipirol, proses transportasi dapat dipandang sebagai akibat dari pergerakan elektron diantara state yang terlokalisasi, atau pergerakan pembawa muatan yang tereksitasi seperti pada polaron dan bipolaron. Keduanya dapat dijelaskan dengan teori Mott Variabel Range Hopping (VRH). Teori ini dasarnya membahas probabilitas hopping dan tidak tergantung pada jenis pembawa muatan yang terlibat pada proses tersebut.

Hukum Mott variabel range hopping memberikan persamaan ketergantungan konduktivitas listrik terhadap temperatur yaitu sebagai berikut:

$$\sigma (T) = \sigma_0 ( E_F ) \exp [ - ( T_0 / T )^{-1/4} ] \quad 2.2$$

dimana  $\sigma (T)$  adalah konduktivitas listrik pada temperatur  $T$ ,  $\sigma_0$  adalah tetapan konduktivitas listrik dan  $T_0$  adalah karakteristik temperatur.



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Komputasi Fakultas MIPA Universitas Jember dan Laboratorium Fisika Zat Padat Fakultas MIPA ITS Surabaya pada periode April 2002 sampai dengan Juni 2002.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

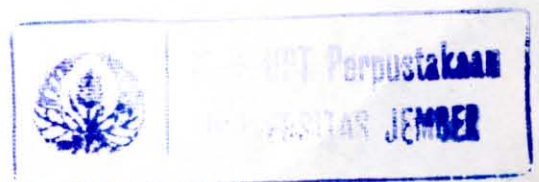
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Catu Daya Model Keithly 220,
- b. Mikroskop Optik jenis Nikon PFX
- c. Voltmeter,
- d. Sel Sintesis,
- e. Beaker Glass,
- f. Water Bath,
- g. Desikator,
- h. Spet,
- i. Stop Wath,
- j. Pengaduk,
- k. Alat pengukur konduktivitas dengan metode 4 jolok,
- l. Elektroda stainless steell,
- m. Neraca elektrik,
- n. Mikrometer,
- o. Penggaris.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Pirrol,
- b. Aquades,
- c. Garam toluen polianilin-sulfonat,
- d. Brasso sebagai pembersih elektroda.



### 3.3 Tahap Persiapan

Sejak ditemukannya polipirol dengan elektropolimerisasi, dan didapatkan harga konduktivitas yang semakin baik, hasil kerja inilah yang akhirnya memicu pekerja lainnya untuk meneliti karakteristik lebih lanjut tentang polimer ini.

Berdasar hal tersebut di atas, pada penelitian polipirol, metode pembuatan film tipis polipirol yang digunakan adalah elektropolimerisasi.

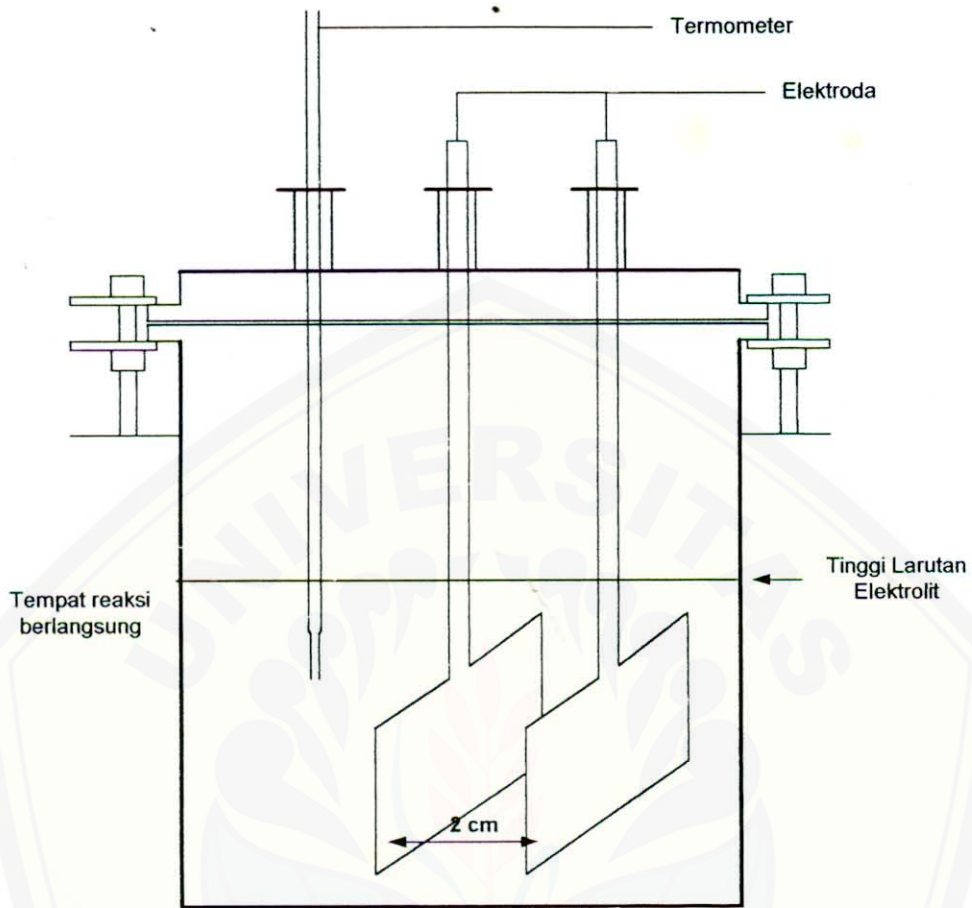
Tahap ini dilakukan untuk menyiapkan beberapa peralatan yang akan digunakan dalam proses sintesis dan karakterisasi. Beberapa prosedur yang diperlukan meliputi:

#### 3.3.1 Sel Elektrokimia

Polimerisasi elektrokimia dilakukan secara galvanostatik yaitu dengan arus tetap. Metode galvanostatik banyak dipilih karena peralatan yang diperlukan sederhana dan mudah dirangkai. Skema dari elektrokimia yang digunakan dalam penelitian diperlihatkan pada gambar 3.1. Tabung dalam penelitian ini dirancang untuk menampung larutan sebanyak  $500 \text{ cm}^3$ .

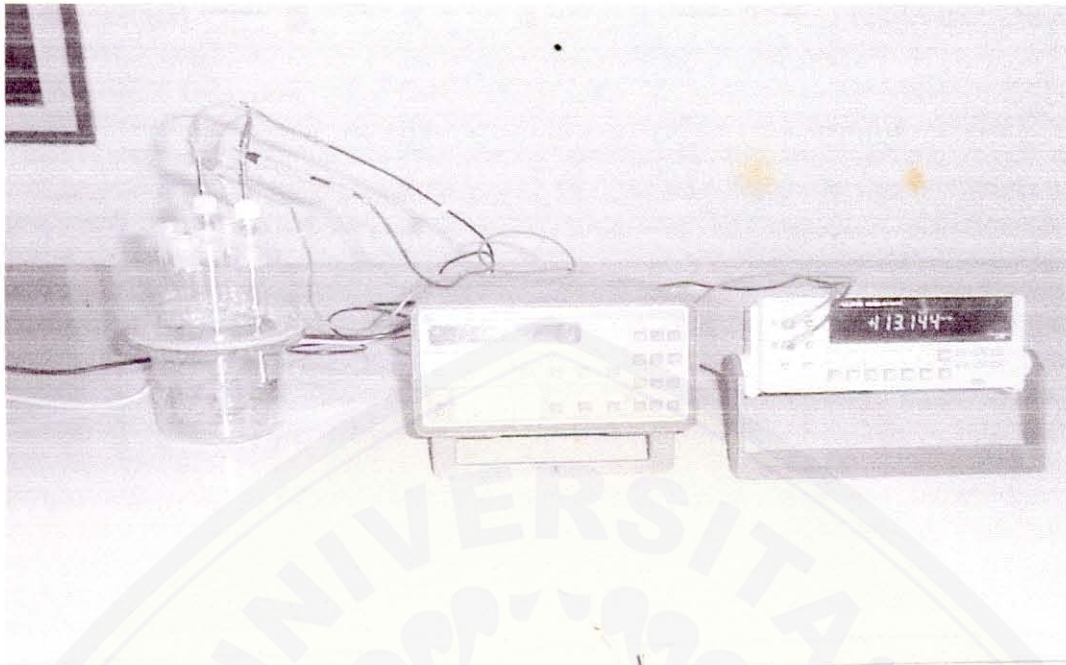
Pada tutup atas terdapat tiga lubang, yaitu untuk memasukkan elektroda kerja dan elektroda kounter serta untuk memasukan termometer air raksa. Dalam penelitian ini tidak digunakan gas Nitrogen yang berfungsi sebagai pengikat oksigen sebagaimana dalam penelitian Subekti et.al (1993).

Jarak vertikal dari kedua elektroda mengikuti percobaan yang dilakukan oleh Maddison yaitu dibuat tetap sebesar 2 cm. Bagian tutup atas dan bagian tabung reaksi (bawah) dijepit dengan kuat agar tidak terjadi kebocoran gas selama proses polimerisasi.



Gambar 3.1 : Skema sel sintesis





Gambar 3.2 : Rangkaian skema sel sintesis

### 3.3.2 Elektroda

Polimerisasi yang terjadi di dalam sel elektrokimia terjadi secara galvanostatik dengan dua elektroda yang berdekatan, dan setiap elektroda dapat dianggap memberikan kontribusi khas kepada potensial sel. Walaupun tak mungkin mengukur kontribusi elektroda tunggal, kita dapat menentukan bahwa satu elektroda mempunyai nilai tertentu, dan kemudian berdasarkan hal tersebut memberikan nilai kepada elektroda lain. Elektroda yang khusus dipilih adalah “Elektroda Hidrogen Standar” (EHS) yang di beri nilai nol.

Dalam sel elektrokimia yang terdapat dua elektroda sebagai konduktor logam yang dicelupkan ke dalam elektrolit konduktor ion (yang dapat berupa padatan, cairan dan larutan). Elektroda dan elektrolitnya membentuk kompartemen terbuka. Kedua elektroda dapat menempati kompartemen dapat dihubungkan dengan jembatan garam, yaitu larutan elektrolit yang melingkupi sirkuit listrik dan memungkinkan sel itu berfungsi.

Dalam beberapa penelitian banyak digunakan emas dan platina digunakan sebagai elektroda karena mudah teroksidasi dan mempunyai potensial oksidasi 1,71 dan 1,2 volt. Tetapi dalam penelitian ini elektroda yang digunakan adalah *stainless steel*, dimana potensial oksidasinya lebih dari yang dimiliki pirol. Logam campuran ini memiliki kelebihan, yaitu mempunyai bahan yang halus, tahan lama, mudah digosok dan harganya lebih murah bila dibandingkan dengan emas dan platina.

### 3.3.3 Bahan Pelarut dan Pendukung Elektrolit

Dalam elektropoliimerisasi pirol, sejumlah pelarut organik telah banyak digunakan. Hal terpenting dari pelarut tersebut adalah bahwa pelarut harus mampu mendukung elektrolit. Pelarut organik yang sering digunakan seperti: asetonitril, tetrahidrofur dan tetraalkilmonium.

Larutan elektrolit dapat bertindak sebagai konduktor, karena mengandung partikel bermuatan yang disebut ion positif dan ion negatif. Dalam larutan, listrik dihantarkan oleh ion – ion sehingga disebut hantaran elektrolitik. Larutan akan menghantarkan listrik bila dicelupkan dua batang logam yang terpisah dan masing-masing dihubungkan dengan sumber arus searah. Ion positif akan bergerak ke elektroda negatif (katoda) dan sebaliknya ion negatif ke elektroda positif (anoda).

Penggunaan pelarut organik ini sangat terbatas sekali karena mahal. Dalam elektropoliimerisasi kali ini digunakan pelarut organik air.

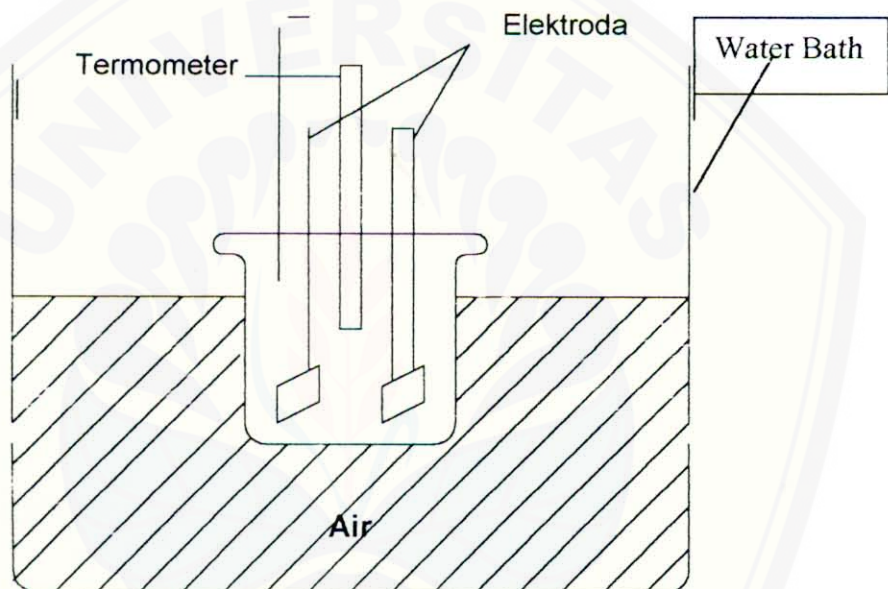
### 3.4 Desain Sistem

Pembuatan film dengan sel elektrokimia dalam suatu sistem dibuat dengan memvariasikan temperatur. Variasi tersebut diperoleh dengan jalan memanaskan atau mendinginkan sistem tersebut. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh temperatur yang konstan.

Mekanisme kerja dari sistem tersebut sendiri adalah, sel elektrolisis di letakkan dalam water bath yang berisi air. Dalam water bath itu sendiri terdapat suatu pengontrol temperatur, jadi dari water bath dapat kita lakukan pengontrolan

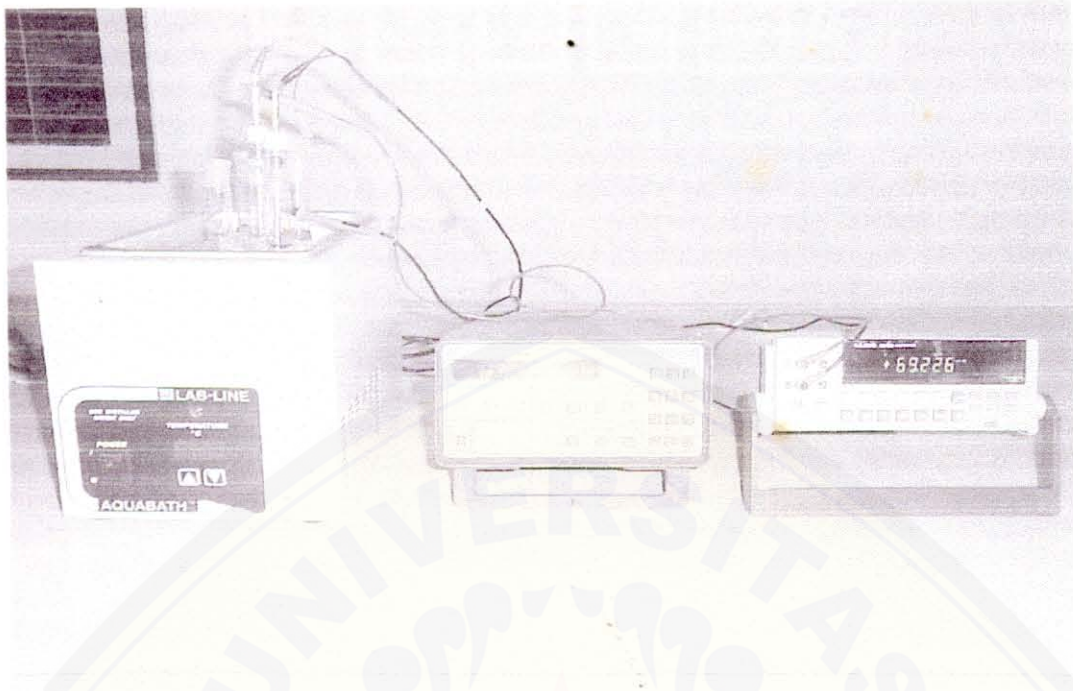


temperatur sehingga dari kontrol tersebut kita dapat memperoleh temperatur yang diinginkan. Untuk memperoleh temperatur di bawah temperatur ruang, wadah yang berisi air tadi diisi dengan es sehingga pada waktu pemanasan akan terjadi kesetimbangan thermal terhadap sel elektrolisis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram pada gambar 3.2 :



Gambar 3.3 : Desain sistem dalam pembuatan film





Gambar 3.4 : Desain sistem dalam pembuatan film

### 3.5 Tahap Sintesis

Tahap sintesis disini adalah proses dari pembuatan film tipis polipirol, yang meliputi beberapa tahapan. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut.

#### 3.5.1 Kondisi Elektropolimerisasi

Elektropolimerisasi dalam penelitian ini mengikuti prosedur yang diberikan oleh Maddison (1989:219). Maddison menggunakan elektroda stainless steel yang dilapisi dengan emas. Elektropolimerisasi dilarutkan dengan larutan encer menggunakan air sebagai pelarut dan sodium p-sulfonat sebagai dopan.

Dalam penelitian ini, film polipirol disintesis secara galvanostatik dan menggunakan elektroda stainless steel dengan ukuran  $5 \times 5 \times 0,2 \text{ cm}^3$ . Sebagai pencatu daya digunakan sumber arus yang bervariasi model Keithly 220. Kerapatan arus yang digunakan adalah besarnya arus yang diberikan dibagi

dengan luas elektroda. Sedangkan pada elektropolimerisasi dibuat dengan memvariasikan temperatur.

### 3.6 Sifat Kelistrikan

Pengukuran konduktivitas listrik dalam penelitian ini menggunakan metode 4 jolok sejajar. Arus dibuat konstan dialirkan melalui 2 elektroda luar, kemudian tegangan yang terjadi pada dua elektroda di dalam diukur dengan sebuah voltmeter yang mempunyai impedensi tinggi. Seperti terlihat pada gambar 3.3.

Film yang akan diukur konduktivitas listriknya terlebih dahulu dipotong dengan dimensi tertentu. Konduktivitas listrik dari bahan tersebut diturunkan dengan melihat harga hambatan dari suatu bahan homogen yang panjangnya  $l$ , luas penampang  $A$  dan resistivitas listrik bahan tersebut adalah  $\rho$ , dimana  $\rho = 1/\sigma$  terdapat hubungan,

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (3.1)$$

dimana  $A = w \times d$  dan  $R = V / I$  sehingga :

$$\frac{V}{I} = \frac{l}{\sigma} wd \quad (3.2)$$

Konduktivitas listrik bahan dapat dituliskan sebagai berikut ,

$$\sigma = \frac{Il}{Vwd} \quad (3.3)$$

dimana:  $\sigma$  = konduktivitas listrik (S/cm)

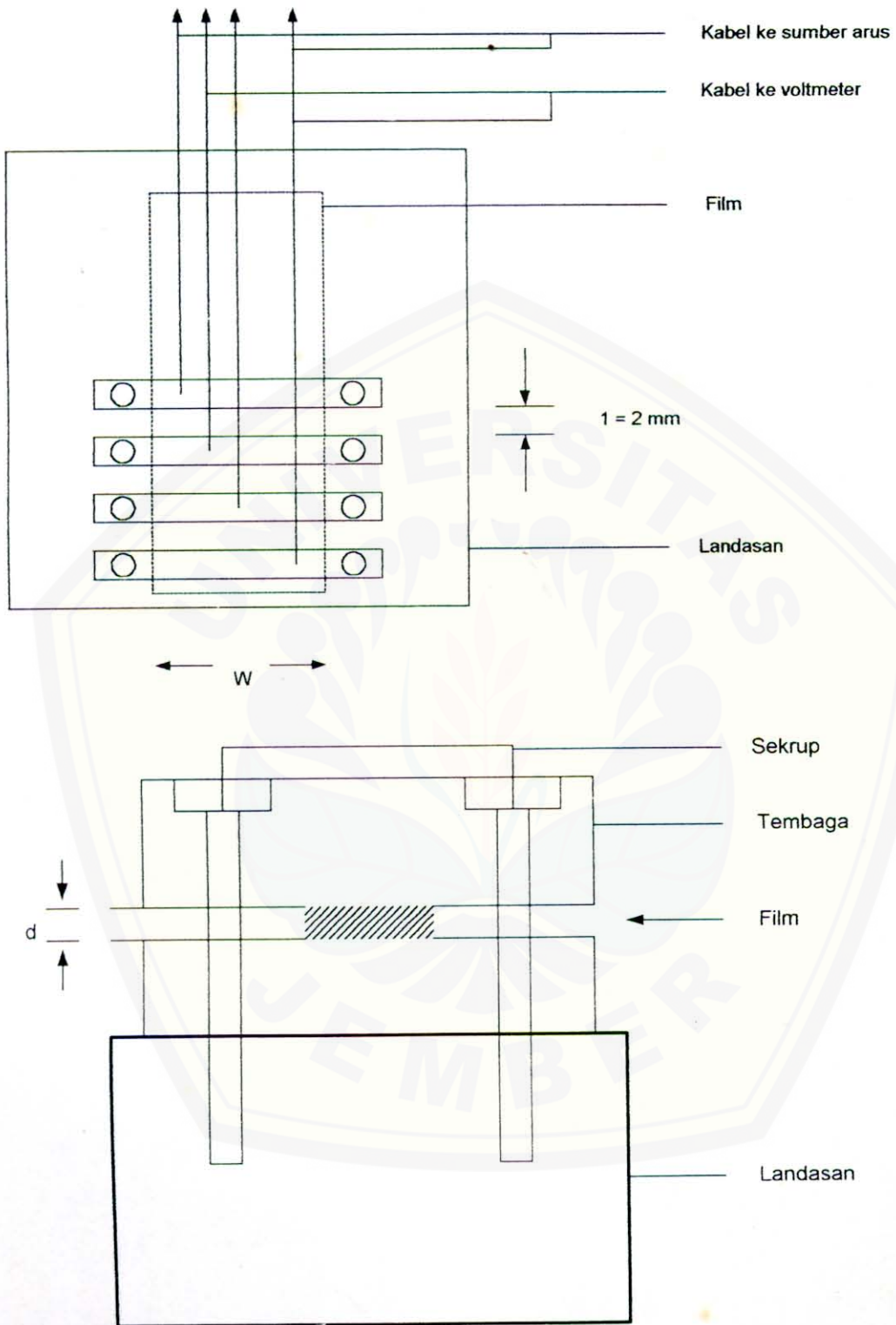
$I$  = kuat arus yang mengalir (A)

$l$  = jarak antara dua elektroda dalam (cm)

$V$  = potensial listrik antara kedua elektroda dalam (V)

$w$  = lebar polimer (cm)

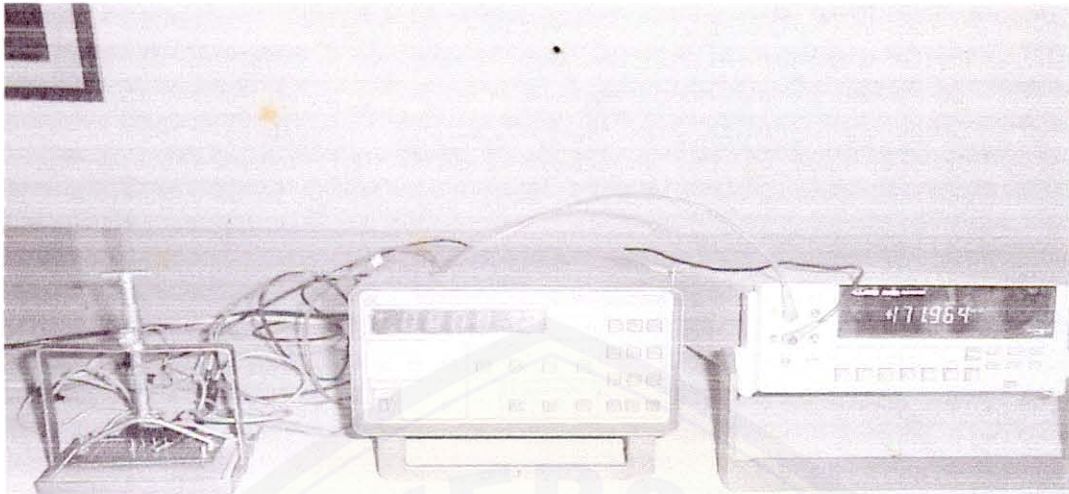
$d$  = tebal polimer (cm)



Gambar 3.5 : Skema alat ukur konduktivitas

a. Penampang atas, b. Penampang samping





Gambar 3.6 : Pengukuran konduktivitas listrik

### 3.7 Morfologi Polipirol

Investigasi morfologi film bertujuan untuk mengetahui kualitas permukaan polipirol yang didapatkan terhadap perubahan polimerisasi. Karakterisasi permukaan film dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik jenis Nikon PFX. Mikroskop ini mempunyai dua perangkat lensa. Satu perangkat terdapat dekat benda (obyek) yang dipelajari, dan karena itu disebut obyektif. Perangkat lain adalah okuler, yaitu yang dekat dengan mata.

Baik obyektif maupun okuler dirancang untuk perbesaran yang berbeda. Lensa obyektif biasanya dipasang pada roda berputar, yang disebut dengan gagang putar dan setiap lensa obyektif dapat diputar ke tempat yang sesuai dengan perbesaran yang diinginkan.

Daya total perbesaran mikroskop dapat ditentukan dengan mengalikan daya perbesaran lensa obyektif dengan daya perbesaran lensa okuler. Bahan film diletakkan pada mikroskop sebagai preparat. Dengan perbesaran 1000 kali maka

morfologi dari permukaan polipirol dapat terlihat yang kemudian direkam dengan sebuah kamera.



Gambar 3.7 : Mikroskop optik

### 3.8 Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian dilakukan setelah dilakukannya tahap sintesis, yaitu meliputi karakteristik sifat kelistrikan dan karakteristik morfologi permukaan film terhadap temperatur sintesis. Analisis ini dilakukan dengan beberapa parameter lainnya dibuat konstan. Parameter-parameter yang dibuat konstan antara lain konsentrasi larutan, konsentrasi dopan (0,1 M), jarak elektroda juga dibuat tetap yaitu sebesar 2 cm, dan rapat arus ( $5 \text{ mAcm}^{-2}$ ). Sintesis dilakukan pada temperatur  $13^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$  dan  $39^{\circ}\text{C}$ .



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa, temperatur optimum pada penumbuhan polipirol secara elektrokimia terjadi pada temperatur sekitar 20°C. Pada temperatur penumbuhan ini diperoleh film dengan konduktivitas listrik tertinggi disertai dengan morfologi permukaan yang lebih halus.

### 5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat dikemukakan sehubungan dengan studi lebih lanjut mengenai pembuatan film tipis polipirol adalah sebagai berikut:

- Dalam morfologi polipirol hendaknya perlu dikembangkan lebih lanjut, jadi tidak hanya terbatas pada morfologi permukaannya saja yang ditinjau dengan mikroskop optik, tetapi juga perlu dilihat penampang melintang film yang tumbuh.
- Perlu digunakan metode karakterisasi morfologi yang lebih baik, misalnya dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).





DAFTAR PUSTAKA

- Atkins P.W.. 1997. *Kimia Fisika*. Erlangga. Jakarta.
- Funt B.L.. 1986. *Electrochemical Initiation*. Encyclopedia of Polymers Science and Engineering. Wiley. New York.
- Gardini G.P. and Bocci V.. 1986. *Chemical Synthesis of Conducting Polypyrrole and Some Composite*. Journal of Chemical Society. Chemical Communication.
- Hort E.V. and Smith R.F.. 1968. *Pyrrrole*. Encyclopedia of Chemical Tehnologi. Wiley. USA.
- Kanazawa K.K. and Diaz A.F.. 1979. *Polypyrrole: An Electrochemically Synthesized Conducting Organic Polimer*. Synthetic Metal 1.
- Keenan. Kleinfelter. Wood. A.Pudjaatmaka hadyana. 1999. *Kimia Untuk Universitas*. Erlangga. Jakarta.
- Maddison D.S. and Unsword J.. 1988 *Electrical Conductivity and Thermoelectric Power of polypyrrole with Different Doping Levels*. . Synthetic Metal 1.
- Mc Neil. 1963. *Electronic Conduction in Polymers: The Chemical Structure of Polypyrrole*. Australian journal Of Chemistri 6.
- Nazzal a. and Street G.B.. 1984. *Molecul Weight Determination of Pyrrole-based Polymer*. Journal of Chemical Society. Chemical Communication.
- Subkti. A.. 2002. *Pengantar Eksperimen Fisika* .Jurusan Fisika. Universitas Jember.
- Subkti. A.. 1993. *Pengembangan Struktur Band Energi Pada Polipirol Dengan Menggunakan Data Absorpsi Optik*. Pusat Penelitian FKIP Univ. Jember. Jember.
- Syukri S. 1999. *Kimia Dasar 3*. ITB. Bandung.

Volk and Wheeler. 1993. *Mikrobiologi Dasar*. Erlangga. Jakarta.

Young R.J.. *Conducting Polymers-Plastic Metals ?*. Journal of Plastic and Rubber International.



# Lampiran - lampiran





Lampiran 1. Perhitungan nilai konduktivitas listrik film polipirol

$$1. \sigma = \frac{I \ell}{v w d}$$

$$\sigma = \frac{0,5 \times 10^{-3} \text{ A} \times 8 \times 10^{-1}}{1,527 \times 10^{-3} \text{ V} \times 6 \times 10^{-1} \text{ cm} \times 10 \times 10^{-4} \text{ cm}} = 44 \text{ S cm}^{-1}$$

$$2. \sigma = \frac{I \ell}{v w d}$$

$$= \frac{0,5 \times 10^{-3} \text{ A} \times 8 \times 10^{-1}}{1,453 \times 10^{-3} \text{ V} \times 6 \times 10^{-1} \text{ cm} \times 4 \times 10^{-4} \text{ cm}} = 115 \text{ S cm}^{-1}$$

$$3. \sigma = \frac{I \ell}{v w d}$$

$$\sigma = \frac{0,5 \times 10^{-3} \text{ A} \times 8 \times 10^{-1}}{1,768 \times 10^{-3} \text{ V} \times 6 \times 10^{-1} \text{ cm} \times 6 \times 10^{-4} \text{ cm}} = 63 \text{ S cm}^{-1}$$

$$4. \sigma = \frac{I \ell}{v w d}$$

$$\sigma = \frac{0,5 \times 10^{-3} \text{ A} \times 8 \times 10^{-1}}{2,863 \times 10^{-3} \text{ V} \times 6 \times 10^{-1} \text{ cm} \times 5 \times 10^{-4} \text{ cm}} = 47 \text{ S cm}^{-1}$$

$$5. \sigma = \frac{I \ell}{v w d}$$

$$\sigma = \frac{0,5 \times 10^{-3} \text{ A} \times 8 \times 10^{-1}}{2,786 \times 10^{-3} \text{ V} \times 6 \times 10^{-1} \text{ cm} \times 6 \times 10^{-4} \text{ cm}} = 26 \text{ Scm}^{-1}$$

## RALAT PERHITUNGAN

- ◇  $l$  (cm) = Jarak antara dua elektroda dalam  
Resolusi Penggaris = 0,05 cm
- ◇  $d$  (cm) = tebal polimer  
Resolusi Mikrometer = 0,0005 cm
- ◇  $w$ (cm) = lebar polimer  
Resolusi penggaris = 0,05 cm

## PERHITUNGAN :

1.

$$\Delta \sigma = \left[ \left| \frac{I}{Vwd} \Delta l \right| + \left| \frac{I \ell}{Vw^2 d} \Delta w \right| + \left| \frac{I \ell}{Vwd^2} \Delta d \right| \right]$$

$$\Delta \sigma = \left[ \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A}{1.527 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 10 \times 10^{-4} cm} \times 0.05 \right| + \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{1.527 \times 10^{-3} V \times 0.36 cm \times 10 \times 10^{-4} cm} \times 0.05 \right| + \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{1.527 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 10 \times 10^{-4} cm} \times 5 \times 10^{-4} \right| \right]$$

$$\Delta \sigma = 7 S / cm$$

2.

$$\Delta \sigma = \left[ \left| \frac{I}{Vwd} \Delta l \right| + \left| \frac{I \ell}{Vw^2 d} \Delta w \right| + \left| \frac{I \ell}{Vwd^2} \Delta d \right| \right]$$

$$\Delta \sigma = \left[ \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A}{1.453 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 4 \times 10^{-4} cm} \times 0.05 \right| + \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{1.453 \times 10^{-3} V \times 0.36 cm \times 4 \times 10^{-4} cm} \times 0.05 \right| + \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{1.453 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 1.6 \times 10^{-5} cm} \times 5 \times 10^{-4} \right| \right]$$

$$\Delta \sigma = 27 S / cm$$

3.

$$\Delta \sigma = \left[ \left| \frac{I}{Vwd} \Delta l \right| + \left| \frac{I \ell}{Vw^2 d} \Delta w \right| + \left| \frac{I \ell}{Vwd^2} \Delta d \right| \right]$$

$$\Delta \sigma = \left[ \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A}{1.768 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 6 \times 10^{-4} cm} \times 0.05 \right| + \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{1.786 \times 10^{-3} V \times 0.36 cm \times 6 \times 10^{-4} cm} \times 0.05 \right| + \left| \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{1.786 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 3.6 \times 10^{-5} cm} \times 5 \times 10^{-4} \right| \right]$$

$$\Delta \sigma = 14 S / cm$$

4.

$$\Delta \sigma = \left[ \left| \frac{I}{Vwd} \Delta \ell \right| + \left| \frac{I \ell}{Vw^2 d} \Delta w \right| + \left| \frac{I \ell}{Vwd^2} \Delta d \right| \right]$$

$$\Delta \sigma = \left[ \begin{array}{l} \frac{0.5 \times 10^{-3} A}{2.863 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 5 \times 10^{-4} cm} \cdot 0.05 \left| + \right. \\ \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{2.683 \times 10^{-3} V \times 0.36 cm \times 5 \times 10^{-4} cm} \cdot 0.05 \left| + \right. \\ \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{2.863 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 2.5 \times 10^{-5} cm} \cdot 5 \times 10^{-4} \left| \right. \end{array} \right]$$

$$\Delta \sigma = 9 S / cm$$

5.

$$\Delta \sigma = \left[ \left| \frac{I}{Vwd} \Delta \ell \right| + \left| \frac{I \ell}{Vw^2 d} \Delta w \right| + \left| \frac{I \ell}{Vwd^2} \Delta d \right| \right]$$

$$\Delta \sigma = \left[ \begin{array}{l} \frac{0.5 \times 10^{-3} A}{2.786 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 9 \times 10^{-4} cm} \cdot 0.05 \left| + \right. \\ \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{2.786 \times 10^{-3} V \times 0.36 cm \times 9 \times 10^{-4} cm} \cdot 0.05 \left| + \right. \\ \frac{0.5 \times 10^{-3} A \times 8 \times 10^{-1} cm}{2.786 \times 10^{-3} V \times 6 \times 10^{-1} cm \times 8.1 \times 10^{-5} cm} \cdot 5 \times 10^{-4} \left| \right. \end{array} \right]$$

$$\Delta \sigma = 5 S / cm$$



BORANG TA-06

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

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

Nama : DIAN KUPNIASIH  
NIM : 98-1078  
Jurusan/PS : FISIKA/ MIPA  
Semester : IX

menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan penelitian/percobaan tentang Pengaruh Temperatur Sintesis Secara Elektrokimia Terhadap Konduktivitas Listrik dan morfologi Polipirol.

Bertempat : Laboratorium Elektronika dan Komputasi  
Dimulai tanggal : 4 April 2002 s/d 10 Juni 2002

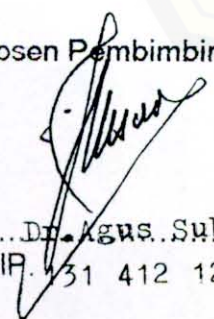
Surat keterangan ini dibuat sebagai persyaratan pengajuan permohonan ujian Tugas Akhir/Skripsi.

Demikian untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 15 Oktober 2002....

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota

  
..... Dr. Agus Subekti .....  
NIP. 31 412 121

  
..... Prantasi Harmi Tj.M.Si .....  
NIP. 132 085 973

Kepada Yth : Ketua Jurusan FISIKA  
Fakultas MIPA UNEJ  
Jember

Dengan hormat,  
Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : DIAN KURNIASIH.....  
2. Nomor Induk Mahasiswa : 981310201078.....  
3. Jurusan : FISIKA.....  
4. Semester : IX.....  
5. Tempat Tanggal Lahir : Jember, 10 Pebruari 1980.....  
6. Alamat Asal : Jt. Smp. Agung 31 Kesilir Wul. Jbr.  
Berdasarkan Surat Penetapan Dosen Pembimbing Tugas Akhir/Skripsi oleh  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Nomor : 445a/J2519/PP.9/2001.....  
Tanggal : 9 Pebruari 2001.....  
Judul Karya Ilmiah Tertulis : Pengaruh Temperatur Sintesis.....  
Secara Elektrokinia terhadap.....  
Konduktivitas Listrik dan Mor.....  
fologi Polipiro.....

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Agus Subekti.....  
Dosen Pembimbing Anggota : Prantasi Harmi Tj. S. Si., M. Si.  
Dengan ini kami mohon diuji Tugas Akhir/ Skripsi kami.  
Syarat-syarat yang harus kami penuhi telah kami laksanakan.

Atas pemberian kesempatan ujian, dengan ini kami ucapkan terima kasih.

Jember, 15 Oktober 2001  
Pemohon,

DIAN KURNIASIH.....  
NIM. 98-1078

DISPOSISI :

1. Ujian ditetapkan hari/tanggal : 28 Oktober 2002.....  
2. Tim Penguji :  
Ketua : Dr. Agus Subekti.....  
Sekretaris : Prantasi Harmi Tj. S. Si. M. Si.....  
Anggota : Imam Roflii M. Sc., Sutisna S. Pd. M. Si.....

Ketua Jurusan/  
Komisi Bimbingan  
Jurusan FISIKA.....





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

Nomor : 184 / Jur Fis / PP / 02  
Lampiran : -  
Perihal :

Kepada : Yth. Dekan  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember  
di-  
Jember

Sehubungan dengan surat permohonan pelaksanaan ujian oleh mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : DIAN KURNIASIH  
NIM : 93-1078  
Jurusan : FISIKA

maka diberitahukan bahwa pelaksanaan ujian ditetapkan pada:

1. Ujian ditetapkan hari/ tanggal: 28 Oktober 2002
2. Tim Penguji : Ketua : Dr. Agus Subekti  
Sekretaris : Prantasi Harmi Tj.M.Si.  
Anggota : Sutisna M.Si.

Demikian mohon dapatnya dibuatkan surat tugas untuk tim penguji yang bersangkutan.

Atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Jember, 15 Oktober 2002...  
Ketua Jurusan FISIKA

Dr. Sujito

NIP. 131 759 172





DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS JEMBER

FMIPA JURUSAN FISIKA

Jl. Kalimantan 37 Jember

Telp.(0331) 334293, 330225 Fax. (0331) 330225

Nomor : 182/Jur Fis/PP/2002  
Lampiran : 1 (satu) bendel  
Perihal : *Pemberitahuan Jadwal Ujian  
Tugas Akhir II a.n Dian Kurniasih*

Kepada Yth. : .....


Jurusan Fisika FMIPA  
Universitas Jember

Mengharap dengan hormat kehadiran Bapak/Ibu/Sdr. Pada acara ujian Tugas Akhir II, mahasiswa :

Nama : Dian Kurniasih  
NIM : 98 - 1078  
Judul : Pengaruh Temperatur Sintesis Secara Elektrokimia Terhadap Konduktivitas Listrik dan Morfologi Polipirol  
Hari/tanggal : Senin/ 28 Oktober 2002  
Waktu : 09.00 WIB - Selesai  
Tempat : Laboratorium Optoelektronika dan Fisika Modern

Atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Jember, 15 Oktober 2002  
Ketua Jurusan Fisika,

  
Dr. Sujito  
NIP. 131 756 172

Tembusan Kepada Yth :

1. Ka. Sub Bag. Akademik FMIPA;
2. Yang bersangkutan ;
3. Arsip.

