

PENGEMBANGAN SENSOR pH
MENGUNAKAN PRUSSIAN BLUE-POLIPIROL

SKRIPSI



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

Asal	Handich	Kelas	541
Terima	Tgl 4 NOV. 2002	DIA	
Oleh	No. Induk	P	

Dwi Ustik Diana

981810201115

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2002

MOTTO

“Doa-doamu adalah cahaya, dan ibadah-ibadahmu adalah kekuatan, Tidurmu telah menjadi musuhmu. Hidupmu adalah kesempatan yang kau jadikan sebuah persiapan”.

(As-saraj/ Mashari’ul usysyaq)

“Kerja adalah cinta yang mengejawantah dan jika kau tidak sanggup bekerja dengan cinta hanya dengan enggan maka lebih baik kau meninggalkannya lalu kau mengambil tempat didepan gapura candi meminta sedekah dari mereka yang bekerja dengan suka cita”.

(Kahlil Gibran)

“Kegagalan bukanlah suatu kekalahan tetapi suatu titik awal untuk meraih kesuksesan, karena kegagalan bukanlah suatu takdir, tetapi kegagalan adalah sukses yang tertunda dan kesuksesan bukanlah milik orang tertentu tetapi milik siapa saja yang berjuang keras untuk menggapainya”.

(Aku)

Skripsi Ini Saya Persembahkan Untuk:

- **Tuhanku Yang Maha Esa**
- **Agama dan Bangsa**
- **Ayahanda Usman Suwadi dan Ibunda Tercinta Astutik yang Telah Mendidik dan Membesarkan Aku dengan Cinta Kasih dan Belaian Sayang**
- **Bapak H. Moh. Jamhuri dan Pak De-ku Bapak Abdul Azis yang telah Membimbing dan Mengarahkanku dalam Menuntut Ilmu**
- **Keluarga Besar Nenekku Tercinta, yang selalu Memperhatikan Aku, Saudara-saudaraku Mbak Yuyun dan Mas Safi'i, Adikku tercinta Indra dan Nita yang Kusayang tanpa kalian aku bukanlah apa-apa.**
- **Sahabatku Mahasiswa Fisika'98 (Yuli, Yuni, Benny Eko, Farid, Febi, Agus Darmawan, dkk), Ni'am dan Yeti yang selalu membantuku**
- **Athena Computer Crew**
- **Rekan-rekan seperjuangan di HMI Cabang Jember Komisariat MIPA**
- **Teman-temanku penelitian (Rosmalia, Herwin, Dian, Ewa dan Hendrik),**
- **Serta Almamaterku.**

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan Februari-Juni 2002 di Laboratorium Biomol Fakultas Pertanian, Laboratorium Biokimia, dan Laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya.

Jember, Oktober 2002.

Dwi Ustik Diana



ABSTRAK

Dwi Ustik Diana, NIM: 981810201115, Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember, melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Sensor pH Menggunakan Prussian Blue-Polipirol”. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA Universitas Jember dengan Dosen Pembimbing:

1. Drs. Agus subekti, MSc, PhD.

2. Drs. Bambang kuswandi, MSc, PhD.

Kata Kunci: Polipirol, Prussian Blue, Elektropolimerisasi dan Metode Galvanostatik.

Telah dikembangkan teknologi pengukuran pH dengan menggunakan Polipirol-Prussian Blue sebagai sensor pH. Polipirol merupakan suatu polimer konduktif yang bersifat mengantarkan arus listrik. Prussian Blue merupakan senyawa kompleks antara besi dengan sianida. Teknik yang digunakan untuk sensor pH ini adalah teknik polimerisasi dengan metode galvanostatik menggunakan elektroda stainless steel. Hasil Penelitian Menunjukkan Film tipis yang berwarna coklat kehitaman atau hitam. Penentuan panjang gelombang maksimum dengan menggunakan uji indikator asam (larutan HCl 0,1 M), uji indikator basa (larutan NaOH 0,1 M) dan uji sifat netralitas menggunakan larutan air. Hasil yang diperoleh pada panjang gelombang 250 nm dan film Polipirol (ppy)-Prussian Blue (PB) yang terbentuk cenderung bekerja pada daerah basa range pH 7-pH 8 dengan persamaan garis $Y=0,329X-2,33$ dan reproduksibilitas 0.010.

Skripsi ini diterima oleh fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember

Hari : Rabu

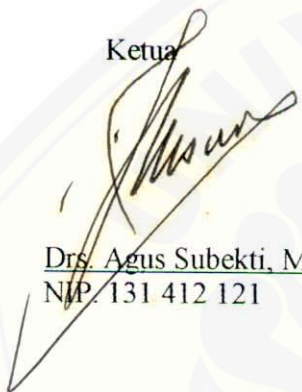
Tanggal : 13 NOV 2002

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua



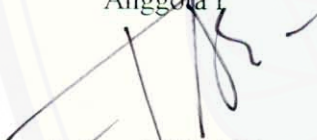
Dr. Agus Subekti, M.Sc.Ph.D
NIP. 131 412 121

Sekretaris



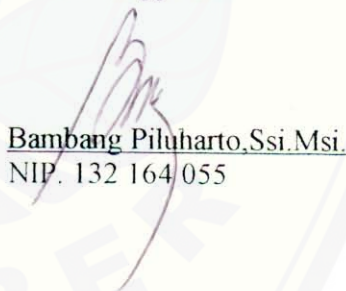
Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc.Ph.D
NIP. 132 094 129

Anggota I



Prantasi H. Tj. Msi
NIP. 132 085 973

Anggota II




Bambang Piluharto, Ssi. Msi
NIP. 132 164 055

Mengesahkan

Dekan FMIPA Univ. Jember




Dr. Sumadi, MS

NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji Syukur Kehadirat Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat, taufik, hidayah dan idayah-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir yang berjudul “Pengembangan Sensor pH dengan Menggunakan Polipirol - Prussian Blue” ini dapat diselesaikan.

Penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Sumadi, MS selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember
2. Drs. Sujito, Ph.D, selalu ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember
3. Drs. Agus Subekti , M.Sc.Ph.D, selaku Dosen pembimbing Utama dan Drs. Bambang Kuswandi, , M.Sc.Ph.D, selaku Dosen pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Drs. Imam Rofi'i, GDPhys, M.Sc, Sutisna, MSi, Agung TN,Mphil dan seluruh dosen fisika telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir.
5. Ayahanda Usman Suwadi dan Ibunda Astutik serta seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dorongan, semangat dan do'a dalam penulisan Tugas Akhir.
6. Teman-teman seluruh angkatan '98 di jurusan Fisika dan pihak lain yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga bimbingan, do'a dan bantuan yang telah diberikan dapat dibalas oleh Allah SWT. Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak mengalami kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dan semua pihak demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang memerlukannya.

Jember, Oktober 2002

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Motto	ii
Halaman Persembahan	iii
Halaman Deklarasi	iv
Halaman Abstrak	v
Halaman Pengesahan	vi
Halaman Kata Pengantar	vii
Halaman Daftar Isi	viii
Halaman Daftar Tabel	xi
Halaman Daftar Gambar	xii
Halaman Daftar Lampiran	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengukuran Konsentrasi Ion pH	3
2.2 Polimer Konduktif	7
2.2.1 Monomer Pirol	8
2.2.2 Polimer Pirol	9
2.2.3 Struktur Polipirol	9
2.2.4 Sifat Fisis Pirol	10
a. Sifat Optik	10
b. Sifat Kelistrikan	10

2.2.5 Metode Sintesis Polipirol	11
a. Mekanisme Elektropolimerisasi	12
b. Kondisi Elektropolimerisasi	13
2.3 Prussian Blue (Hexacyanoferrat)	15
2.4 Analisis Spektrofotometri UV-VIS	15
2.4.1 interaksi Radiasi Elektromagnetik dengan Bahan	16
2.4.2 Instrumentasi	17
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	19
3.3 Prosedur Kerja	20
3.3.1 Prosedur Pembuatan Film Polipirol - Prussian Blue ...	
a. Desain Sel Elektrokimia	20
b. Elektroda	21
c. Bahan Pelarut dan Pendukung Elektrolit	21
d. Teknik Pembuatan Film Polipirol (ppy) – Prussian Blue (PB)	22
e. Karakterisasi Film	22
f. Sensor pH Film Polipirol (ppy) - Prussian Blue (PB) Menggunakan Larutan	23
3.3.2 Preparasi Larutan Buffer	23
3.3.3 Optimasi Parameter	24
3.3.4 Karakterisasi	24
a. Range pH	24
b. Reprodusibel	24

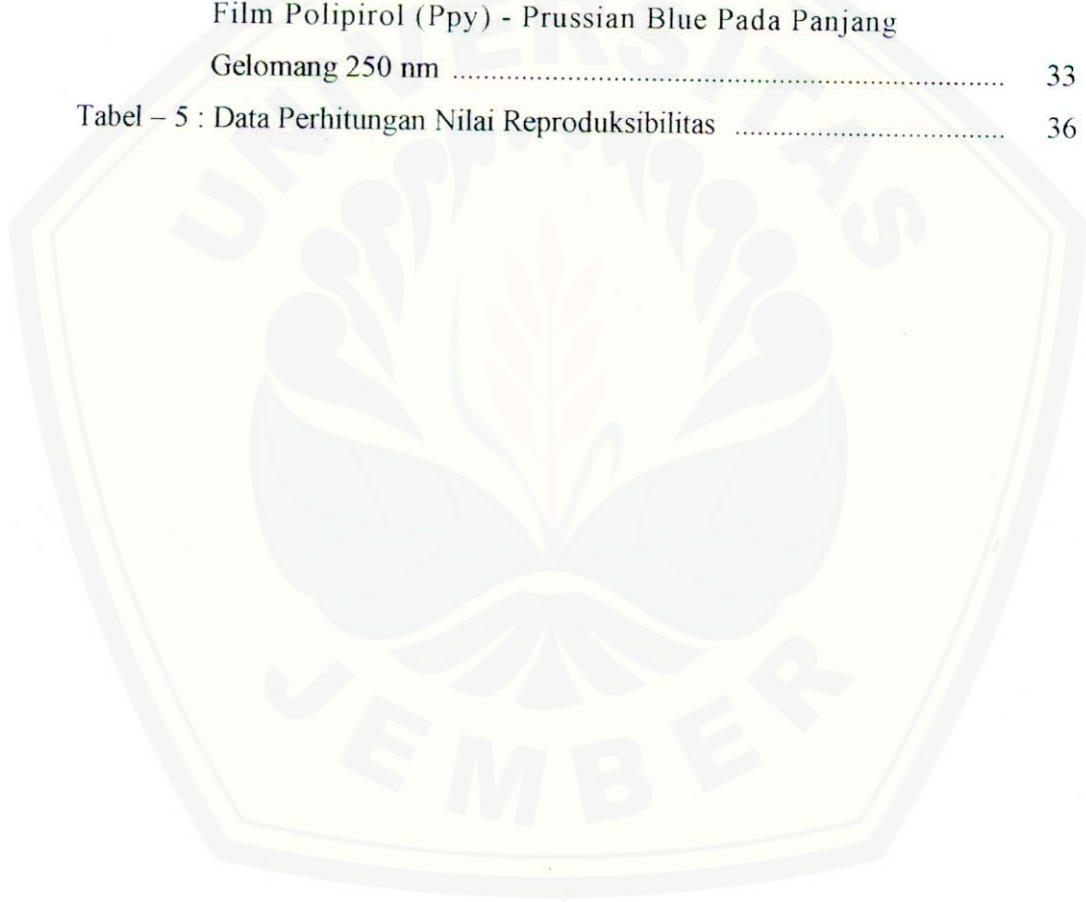
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Hasil Pembuatan Film Polipirol (Ppy) - Prussian Blue	25
4.1.1	Preparasi Pembuatan Film Polipirol (Ppy) - Prussian Blue (PB)	25
4.1.2	Pembuatan Film Polipirol (Ppy) - Prussian Blue (PB)...	26
4.2	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	28
4.2.1	Uji Indikator Asam dengan Menggunakan Larutan HCl 0,1 M pada Panjang Gelombang 200-800 nm	29
4.2.2	Uji Indikator Basa dengan Menggunakan Larutan NaOH 0,1 M pada Panjang Gelombang 200-800 nm ...	30
4.2.3	Uji Indikator Air dengan Menggunakan Larutan Air pada Panjang Gelombang 200-800 nm	30
4.3	Penentuan Panjang Gelombang Untuk Masing-masing Uji ...	31
4.4	Penentuan pH Kerja Sensor	31
4.5	Karakterisasi	34
4.5.1	Range pH	34
4.5.2	Reproduksibilitas	35
BAB V.	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel – 1 : Properti Fisik Pirol.....	9
Tabel – 2 : Daerah panjang gelombang UV-VIS	15
Tabel – 3 : Data Pengamatan Parameter pH Terhadap Analisis Film Polipirol (Ppy) -Prussian Blue Pada Panjang Gelombang 250 nm	32
Tabel – 4 : Data Pengamatan Parameter pH 7-pH 9 Terhadap Analisis Film Polipirol (Ppy) - Prussian Blue Pada Panjang Gelombang 250 nm	33
Tabel – 5 : Data Perhitungan Nilai Reprodusibilitas	36

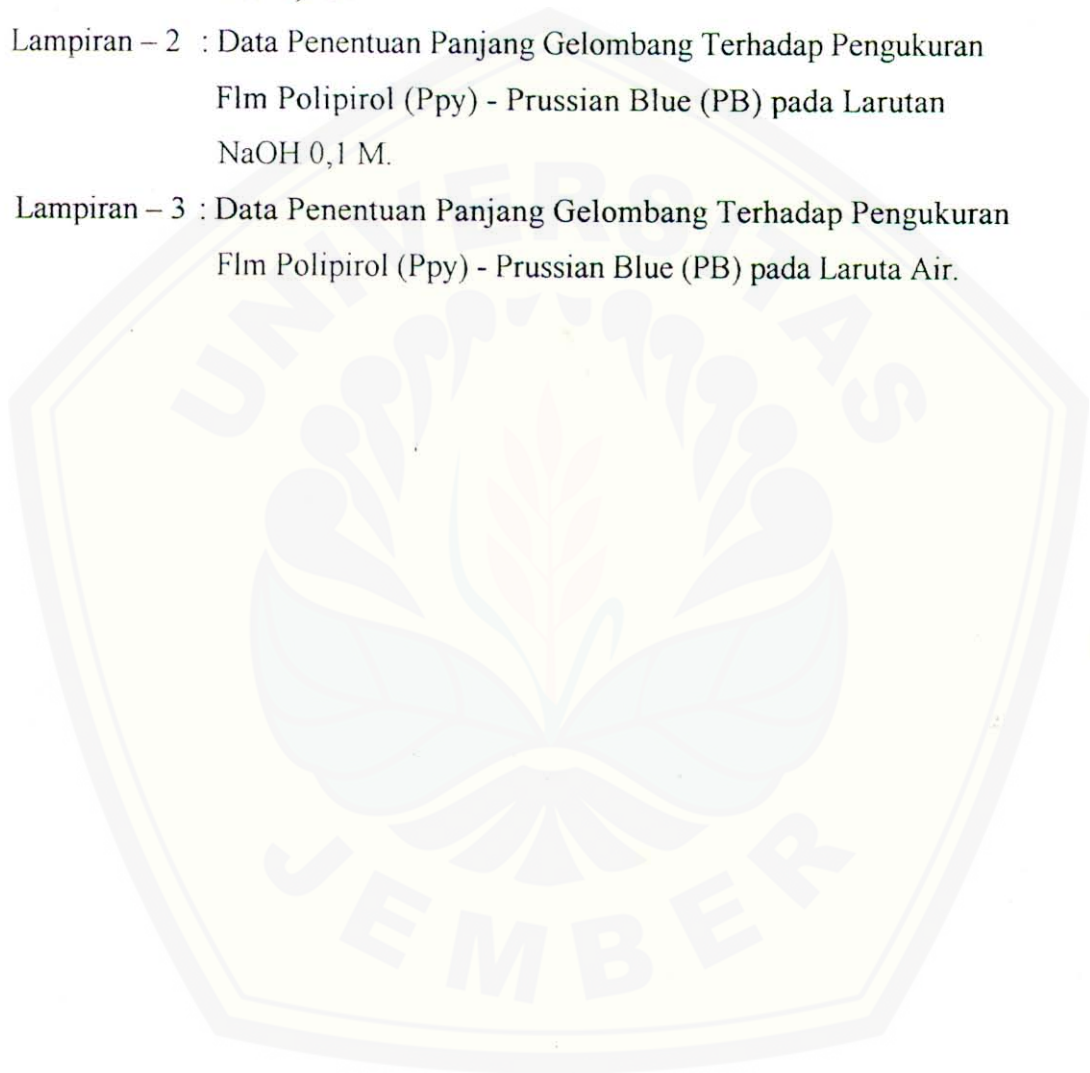


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar – 1 : Elektroda (gelas) Pengukur Untuk Mengukur pH	4
Gambar – 2 : Elektroda Acuan Kalomel Untuk Mengukur pH	5
Gambar – 3 : PH meter	6
Gambar – 4 : Geometri Molekul Pirol	8
Gambar – 5 : Absorpsi Optik Dari Pirol	10
Gambar – 6 : Mekanisme Terjadinya Film Pirol	13
Gambar – 7 : Skema Elektrokimia	18
Gambar – 8 : Pembuatan Film Polipirol (Ppy) - Prussian Blue	23
Gambar – 9 : Film Polipirol dengan Kamera Digital	24
Gambar – 10 : Film Polipirol (Ppy) - Prussian Blue (PB) pada Posisi Tengah dan Pinggir pada Arus $I = 32 \text{ mA}$ dengan mikroskop Optik perbesaran 400x	25
Gambar – 11 : Film Polipirol (Ppy) -Prussian Blue (PB) pada Posisi Tengah dan Pinggir pada Arus $I = 32 \text{ mA}$ dengan mikroskop Optik perbesaran 4000x	25
Gambar –12 :Uji Indikator asam.....	28
Gambar -13 :Uji Indikator basa.....	29
Gambar –14 :Uji Indikator netral	30
Gambar –15 :Uji indicator Asam, Basa dan Netral.....	31
Gambar –16 :Pengukuran Film Polipirol (Ppy) - Prussian Blue (PB)	32
Gambar –17 : Hasil Pengukuran Nilai Absorbansi dari pH 7- pH8	34
Gambar –18 : Kurva Kalibrasi Pengukuran pH 7-pH 8 Versus Absorbansi Pada Panjang Gelombang 250 nm	35

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran – 1 : Data Penentuan Panjang Gelombang Terhadap Pengukuran
Fim Polipirol (Ppy) - Prussian Blue (PB) pada Larutan
HCl 0,1 M
- Lampiran – 2 : Data Penentuan Panjang Gelombang Terhadap Pengukuran
Flm Polipirol (Ppy) - Prussian Blue (PB) pada Larutan
NaOH 0,1 M.
- Lampiran – 3 : Data Penentuan Panjang Gelombang Terhadap Pengukuran
Flm Polipirol (Ppy) - Prussian Blue (PB) pada Laruta Air.





BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ukuran keasaman dan kebasaan suatu medium dapat dinyatakan dengan pH. Berdasarkan definisi pH adalah ukuran aktivitas kadar ion Hidrogen. Pengukuran pH atau karakteristik asam-basa suatu larutan diperlukan dalam banyak sistem kondensat salah satunya adalah untuk mengetahui sifat korosif. Air netral mempunyai pH 7. Batas-batas praktis skala pH adalah 0 dan 14. Untuk larutan asam kuat pH sama dengan 0 dan pH 14 adalah untuk basa kuat (Sutanto, 1987).

Metode yang paling umum untuk mengukur pH adalah dengan menggunakan elektroda sel gelas dan elektroda sel kalomel yang digunakan dengan instrumen potensiometer. Elektroda gelas bekerja berdasarkan prinsip bahwa potensial dapat diamati antara dua larutan yang berbeda konsentrasi ion hidrogennya, kalau mereka dipisahkan oleh dinding gelas tipis. Potensial ini adalah fungsi dari dua konsentrasi. Larutan penyangga dimasukkan dalam elektroda gelas yang ditutup secara permanen, yang dikelilingi oleh larutan yang pH-nya sedang diukur. Metode di atas merupakan metode dengan menggunakan pH meter. Untuk menentukan titrasi asam basa pengganti indikator dapat digunakan pH meter (Sutanto, 1987).

Polipirol merupakan suatu polimer konduktif yang bersifat menghantarkan arus listrik dan merupakan kelas yang relatif baru. Polimer jenis ini mempunyai beberapa keistimewaan, yaitu mempunyai konduktifitas yang baik, sifat mekanik yang baik dan relatif mudah dibuat (Subekti, 1993).

Prussian Blue (PB) merupakan senyawa kompleks antara besi dengan sianida. Prussian Blue pertama kali diproduksi di Jerman oleh Diesboch. Prussian Blue dapat digunakan dalam sensor elektrokimia karena sifat katalis (Koncki, 1998).

Teknologi pengukuran pH yang sedang dikembangkan adalah menggunakan (PB)-Polipirol sebagai sensor pH. Gabungan antara (PB)-Polipirol ini merupakan suatu metode baru dan sederhana yang diharapkan mempunyai penyerapan yang tinggi terhadap pH (Koncki.1998).

Pada penelitian yang akan dilakukan digunakan (PB)-Polipirol sebagai sensor pH dengan prussian blue sebagai dopan berupa penumbuhan film yang tipis dan transparan menggunakan elektroda stainless steel.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dikemukakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah panjang gelombang optimal untuk pembuatan sensor pH berbasis PB-Polipirol?
2. Bagaimanakah karakteristik (range pH, reproduksibel) dari pembuatan sensor pH berbasis PB-Polipirol?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

1. Menentukan optimasi panjang gelombang untuk pembuatan sensor pH berbasis PB-Polipirol;
2. Memperoleh karakteristik (range pH, reproduksibel) dari pembuatan sensor pH berbasis PB-Polipirol.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk :

1. Mengetahui pemantauan pH pada range tertentu;
2. Mampu mengembangkan sensor pH menggunakan PB-Polipirol dengan sensitivitas tinggi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengukuran Konsentrasi Ion pH

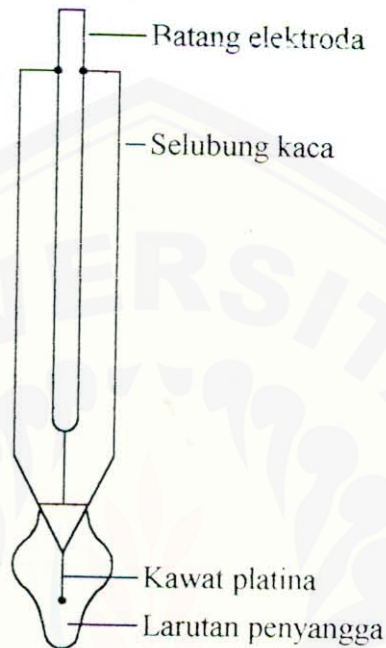
Berdasarkan definisinya pH merupakan ukuran keasaman atau kebasaannya. Jika kita pandang air yang 100% murni, air itu diionisasi sehingga mengandung kadar 10^{-7} mol ion hidrogen dan kadar 10^{-7} mol ion hidroksil setiap mol air. Karena keduanya mempunyai nilai yang sama, larutan itu netral dan pH dinyatakan sebagai eksponen negatif kadar ion hidrogen, yaitu 7. Harus selalu diingat bahwa suatu larutan berair, produk kadar ion hidroksil harus selalu berada pada kisaran 10-14. Jadi, apabila kadar ion hidrogen dilipatgandakan sepuluh kali sehingga menjadi 10^{-6} , maka kadar ion hidrogen akan berubah menjadi 10^{-8} mol setiap mol air. Dalam hal ini dikatakan bahwa pH ialah 6 karena kadar ion hidrogen lebih besar dari kadar ion hidroksil, larutan semacam ini bersifat asam. Demikian pula, jika kadar ion hidrogen dikurangi dalam suatu larutan netral, dengan menambahkan kelebihan ion hidroksil sepuluh kali, kadar ion hidrogen menjadi 10^{-8} dan kadar ion hidroksil 10^{-6} . Larutan ini mempunyai pH 8 dan sifatnya basa. Sifat asam ditunjukkan dengan pH dibawah 7, sedangkan pH diatas 7 menunjukkan sifat basa. Skala pH diberikan sebagai berikut:

$$\text{pH} = \log \left[\frac{1}{[\text{H}^+]} \right] = -\log [\text{H}^+] \dots\dots\dots (1)$$

dengan pH adalah harga skala, dan H adalah konsentrasi ion hidrogen. Air netral mempunyai pH 7,0. Batas-batas praktis skala pH adalah 0 dan 14. pH sama dengan 0 untuk asam kuat dan pH adalah 14 untuk basa kuat (Sutanto, 1987).

Metode yang paling umum untuk mengukur pH adalah dengan menggunakan elektroda sel gelas dan elektroda sel kalomel atau gabungan keduanya (elektroda kombinasi) yang digunakan dengan instrumen potensiometer. Elektroda gelas bekerja berdasarkan prinsip bahwa potensial dapat diamati antara dua larutan yang berbeda konsentrasi ion hidrogennya, kalau mereka dipisahkan

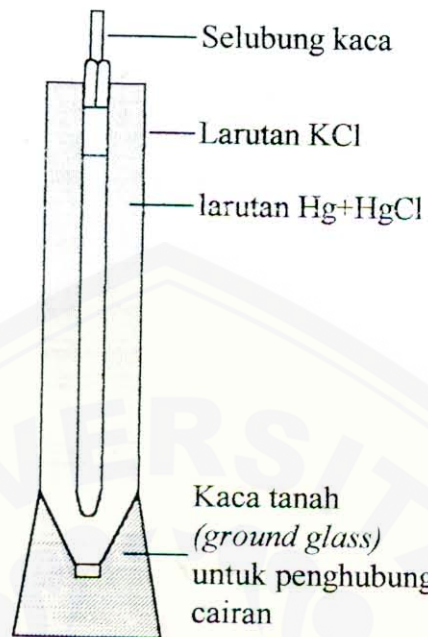
oleh dinding gelas tipis. Potensial ini adalah fungsi dari dua konsentrasi. Larutan penyangga dimasukkan dalam elektroda gelas yang ditutup secara permanen, yang dikelilingi oleh larutan yang pH-nya sedang diukur (Sutanto, 1987).



Gambar 1. Elektroda (gelas) Pengukur untuk Mengukur pH (Sutanto, 1987)

Larutan penyangga dalam elektroda mempunyai konsentrasi ion hidrogen tetap. Oleh sebab itu potensial pada elektroda tergantung pada konsentrasi ion-hidrogen dari larutan yang diukur (Sutanto, 1987)

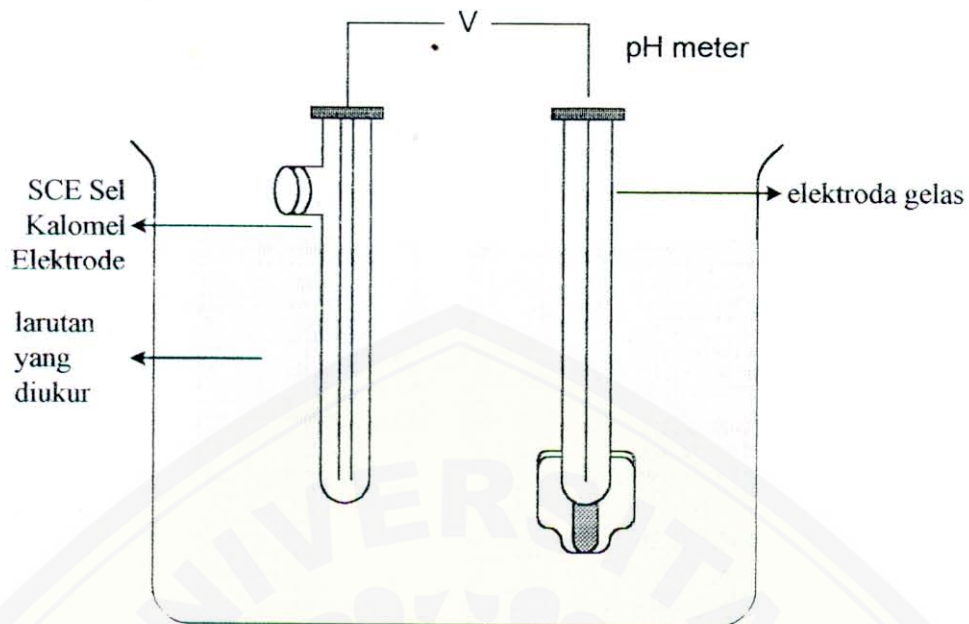
Elektroda kalomel sering digunakan sebagai elektroda acuan. Kalomel (air raksa dan klorida air-raksa) tergantung dalam bejana bagian dalam dan menyelimuti kawat platina. Klorida potassium suatu larutan jenuh, dalam cairan yang berkontak dengan larutan yang diukur yang mengelilingi elektroda acuan. Hubungan cairan dilakukan oleh lubang kecil pada elektroda, dimana sebuah penutup terbuat dari gelas ditempatkan, hubungan ke sisi luar diberikan oleh lapisan cair dalam sambungan gelas. Dalam beberapa kasus, kapiler digunakan untuk memungkinkan hubungan cairan. Jadi elektrolit (klorida potassium) perlahan-lahan keluar dari elektroda dalam cairan yang diukur. Potensial pada elektroda acuan bersifat konstan (Sutanto, 1987).



Gambar 2. Elektroda Acuan Kalomel untuk Pengukuran pH (Sutanto, 1987)

Karena kerja elektroda tergantung pada tahanan listrik gelas, kesalahan temperatur harus dikompensasi karena tahanan tersebut sebanding dengan temperatur. Elektroda ini dapat menimbulkan kesalahan statis negatif kalau ion-ion sodium ada dalam larutan alkali. Dalam penggunaan tersebut perlu memilih satu elektroda yang dibangun dari gelas jenis khusus (Sutanto, 1987).

Elektroda sel gelas dan elektroda sel kalomel merupakan bagian dari pH meter ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. pH meter

Logam perak yang dicelupkan ke dalam larutan HCl 0,1 M bertindak sebagai elektroda pembanding 2. Sedang elektroda kalomel sebagai elektroda pembanding 1. Elektroda perak/perak klorida merupakan bagian dari elektroda gelas tapi tidak peka terhadap pH. Bagian membran gelas yang tipis pada ujung elektroda adalah peka terhadap pH.

Elektroda hidrogen merupakan standart laboratorium yang tidak terpengaruh oleh kontaminasi. Elektroda ini memerlukan umpan hidrogen murni terus-menerus.

Kita tinjau tentang pH jika pH itu didefinisikan sebagai : $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ Kenyataannya hubungan antara pH dengan konsentrasi H_3O^+ tidaklah sesederhana seperti yang tercantum di atas, lebih-lebih kalau konsentrasinya tinggi. Oleh karena itu, kita mengadakan pengertian baru yaitu aktivitas ion H_3O^+ yang diberi lambang $a_{\text{hidronium}}$. Tabiat cairan bukan ditentukan oleh konsentrasi melainkan oleh aktivitas. Aktivitas menggambarkan bagian konsentrasi yang aktif. Aktivitas akan sama dengan konsentrasi hanya apabila larutan diencerkan tak terhingga.

Aktivitas ion H_3O^+ bergantung pada faktor-faktor :

1. konsentrasi larutan
2. temperatur larutan
3. ion-ion lain yang hadir dalam larutan (Brink, 1987).

Pengaruh ion yang lain tak dapat dipisahkan dari ion hidronium. Karena faktor-faktor di atas, maka aktivitas H_3O^+ yang sebetulnya tidak mungkin diukur. Suatu harga yang absolut tidak mungkin ditemukan. Oleh karena itu, untuk mengukur pH harus dicampur dengan larutan standart (Brink, 1985).

Untuk menentukan skala pH, kita bertolak dari cairan yang netral yaitu air murni. Air berdisosiasi menurut persamaan:



Konstanta air pada 24°C ialah:

$$K_a = [H_3O^+]. [OH^-] 10^{-14} \dots\dots\dots(3)$$

Atau:

$$-\log K_a = -\log [H_3O^+] - \log [OH^-] \dots\dots\dots(3.1)$$

Untuk konsentrasi yang rendah berlaku:

$$-\log [H_3O^+] = -\log a_{\text{hidronium}} = \text{pH} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{dan } -\log [OH^-] = -\log a_{\text{hidroksil}} = \text{pOH} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{sedangkan } \text{p}K_a = -\log K_a \dots\dots\dots(6)$$

Mengingat bahwa air murni mengurai membentuk satu ion H_3O^+ dan satu ion OH^- dan:

$$\text{pH} = \text{pOH} = 7 \dots\dots\dots(7)$$

Skala praktis pH mulai dari 0 sampai 14. Kalau jumlah ion H_3O^+ bertambah (aktivitasnya), sifat larutan akan bertambah asam dan harga pH akan turun di bawah 7. Sebaliknya kalau jumlah ion H_3O^+ berkurang, sifat larutan akan bertambah basa dan pH akan naik menjadi lebih dari 7 (Brink, 1987).

2.2 Polimer Konduktif

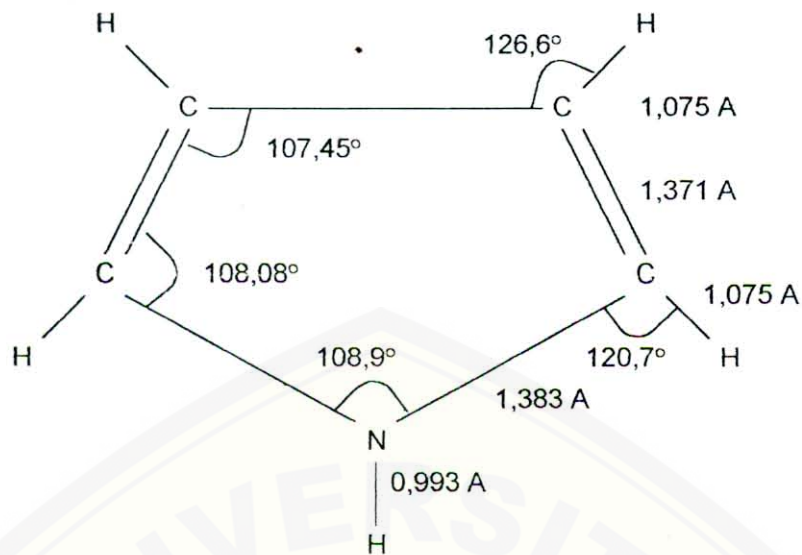
Polimer telah ada di sekitar kita sejak kehidupan ini dimulai. Polimer alami mempunyai peranan yang sangat penting bagi makhluk hidup. Karet alam sebagai contoh, telah digunakan untuk berbagai keperluan sejak ratusan tahun yang lalu. Perkembangan selanjutnya mengarah pada pembuatan polimer sintesis (Subekti, 1993).

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

Polimer konduktif bersifat mengantarkan arus listrik merupakan kelas yang relatif baru. Polimer jenis ini mempunyai beberapa keistimewaan, yaitu mempunyai konduktivitas yang baik, sifat mekanik yang baik dan relatif mudah dibuat. Polimer konduktif yang telah dikenal adalah poli(phenylene), polyacetylene, polypyrrole, polythiophene dan poly(sulfur nitride) (Subekti, 1993).

2.2.1 Monomer Pirol

Pirol dapat ditemukan pada produk alam seperti klorofil, hemoglobin dan aspaldin. Dalam keadaan terdestilasi, bahan ini yang tak berwarna tetapi akan menjadi hitam jika terkena udara. Skema geometri molekul ini seperti terlihat pada gambar 4 dan properti dasar pirol diberikan pada tabel 1.



Gambar 4. Geometri molekul pirol

Tabel 1. Properti Fisik Pirol

(Sumber: Encyclopedia of Chemical Technology 1968)

Properti	Harga
BM, g/mol	67,09
Titik didih, °C	130
Rapat Jenis (Gram/Cm) ³	2,31
Temperatur Kritis, °C	366
Indeks Refleksi	1,508
Titik lebur, °C	24
Konstanta dielektrik 20 °C	8

2.2.2 Polimer Pirol

Dalam keadaan baru dipolimerisasi, polipirol berwarna coklat kehitaman dan mengkilat tetapi karena reaksi dengan udara, lama-kelamaan akan menjadi hitam. Bahan ini mempunyai struktur amorphus seperti halnya pada semikonduktor amorphus. Berat molekul rata-rata (jumlah untaian monomer rata-rata) berharga sekitar 10^2 - 10^3 satuan pirol dan bergantung pada kondisi polimerisasi (Nazzal dan Street, 1984).

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

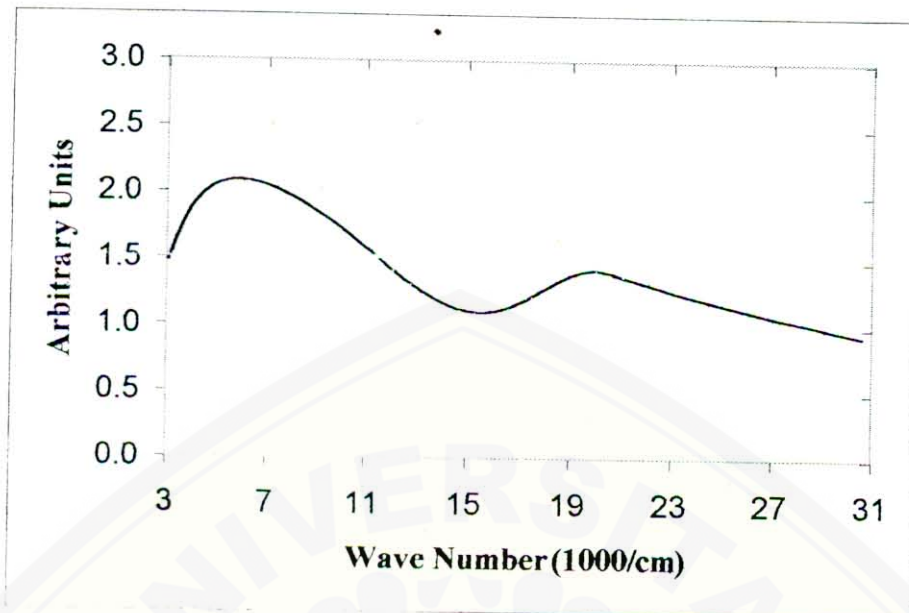
2.2.3 Struktur Polipirol

Pengetahuan tentang kondisi dan faktor penting sangat diperlukan untuk mempelajari mekanisme hantaran listrik pada polipirol. Pola difraksi sinar-X dari oligomer polipirol sudah diperoleh (Street, 1985). Struktur dimernya berupa monoklinik sedangkan trimernya berupa orthorombik. Keduanya menunjukkan bahwa molekul pirol terhubung pada α , α' . Namun demikian tidak ada informasi yang dapat diperoleh dari pola difraksi dari polimer pirolnya karena ketidakteraturan struktur dari polimer ini. Struktur dari polipirol ini memang masih dalam perdebatan, terutama tentang bagaimana interaksi antara bahan pengotor (dopan) dan untaian pirol. Penelitian lebih lanjut dari permasalahan ini sangat menarik untuk dikembangkan (Subekti, 1993).

2.2.4 Sifat Fisis Pirol

a. Sifat Optik

Pada spektrum optik dibuat dengan deposit film dengan ketebalan 1000Å dengan lapisan timah oksida, cahaya tampak UV (12500 ke 30000 cm^{-1}) diukur dengan "a Hewlett Packard" diode 8450 A pengatur spektrometer dengan dual beam spektrofotometer. Dan hal ini terjadi absorpsi dari oksidasi polipirol. Puncak absorpsi terjadi pada puncak 1,2 dan 2,9 eV (Kanazawa dan Diaz, 1979).



Gambar 5. Absorpsi Optik dari Polipirol

b. Sifat Kelistrikan

Dari keadaan listriknya film ditunjukkan dengan temperatur ruangan dengan konduktivitas $(10 - 100)/\Omega\text{cm}$. Film ini sangat stabil di udara dengan konduktivitas yang tidak mengalami perubahan. Dimana pada daerah bawah menunjukkan kelakuan dari pertumbuhan polimer oxipirol dari larutan encer sulfur. Pada film dengan temperatur ruangan $6/\Omega\text{cm}$ menunjukkan ketergantungan dari konduktivitas yang kecil (Kanazawa, 1979).

2.2.5 Metode Sintesis Polipirol

Polipirol dengan elektropolimerisasi pertama kali ditemukan oleh Dallileo pada tahun 1968, dengan menggunakan platina sebagai elektroda, film yang terbentuk mempunyai konduktivitas sebesar $8/\Omega\text{cm}$. Perkembangan selanjutnya oleh Kanazawa (1979), dengan tehnik elektrokimia juga didapat polipirol stabil, fleksibel dengan konduktivitas yang dicapai sebesar $100/\Omega\text{cm}$.

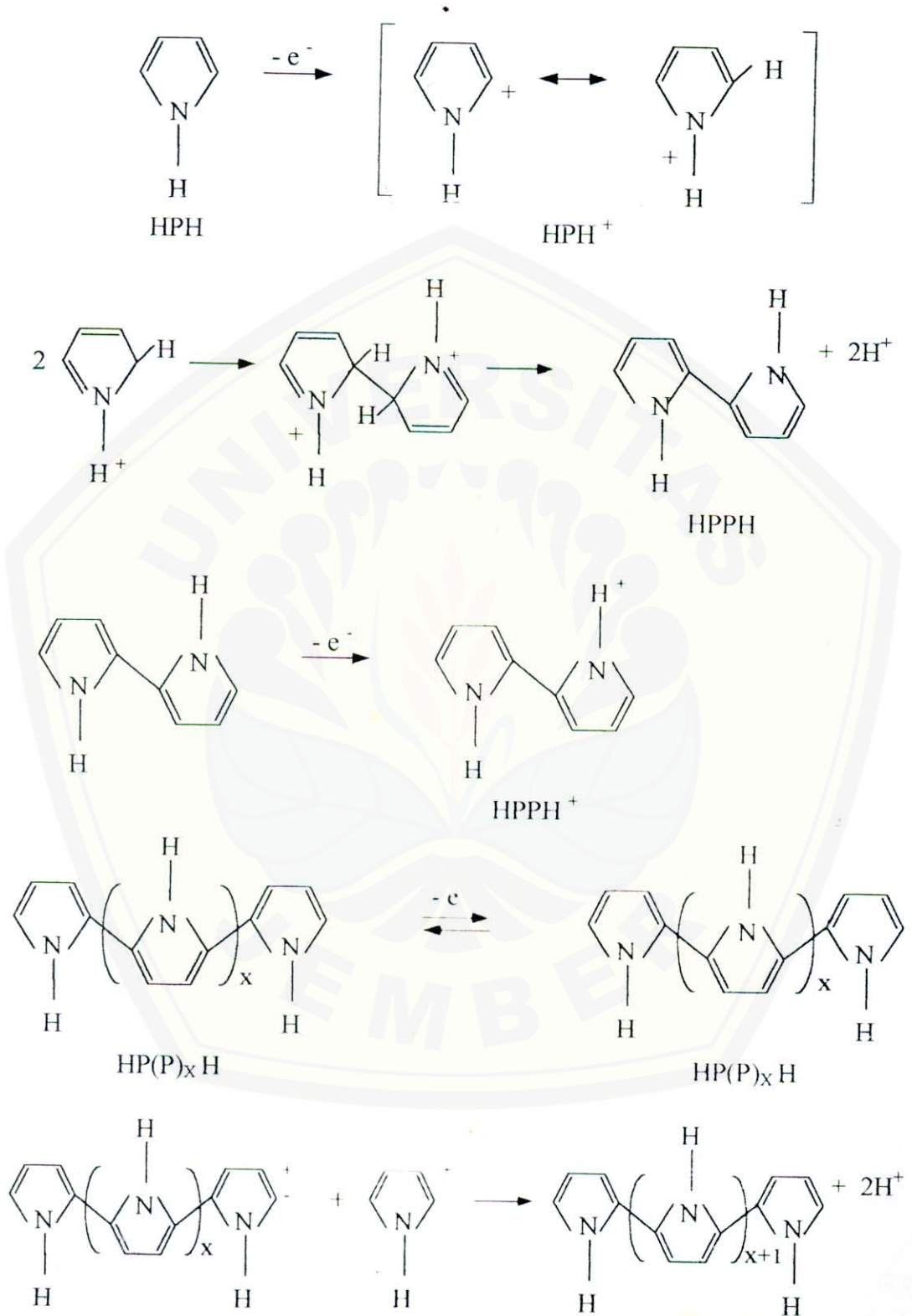
Hasil kerja inilah yang akhirnya memicu pekerja lainnya untuk meneliti karakterisasi lebih lanjut tentang polimer ini. Berdasar hal tersebut diatas, pada

dimmer. Film terbentuk hanya jika besarnya potensial listrik cukup besar sehingga terjadi oksidasi pirol seperti diperlihatkan oleh kenyataan bahwa film tidak timbul lagi saat potensial oksidasi dari monomer pirol dan film polipirol (Genies, 1983).

b. Kondisi Elektropolimerisasi

Elektropolimerisasi dalam penelitian ini menggunakan elektroda stainless steel. Elektropolimerisasi dilarutkan dalam larutan encer, dalam hal ini larutan yang digunakan adalah air.

Dalam penelitian ini, film polipirol disintesis secara galvanostatik dengan menggunakan elektroda stainless steel dengan ukuran $5 \times 5 \times 0,2 \text{ cm}^3$. Sebagai pecatu daya digunakan sumber arus yang bervariasi model Keithly 220. Kerapatan arus yang digunakan adalah besarnya arus yang diberikan dibagi dengan luas elektroda. Larutan encer dibuat dari air murni sebagai pendukung elektrolit.



Gambar 6. :Mekanisme Terjadinya Film Polipirol (Genies, 1983)

2.3 Prussian Blue (hexacyanoferat) .

Beberapa tahun yang lalu, hexacyanoferat ($K_3Fe(CN)_6$) atau dengan nama Prussian Blue (PB) telah diproduksi untuk digunakan sebagai bahan pembuatan tinta, lukisan dll. Dalam tahun terakhir, kimia fisika menyediakan PB dalam struktur, warna dan konfigurasi elektronik sebagai wujud kompleksnya. Kerja lain yang menggambarkan elektrode dimodifikasi dengan sifat polimer, seperti polipirol atau polianile dimana PB bertindak sebagai dopan atau penerus inorganik (Koncki, 1998).

Prussian Blue dapat digunakan dalam sensor elektrokimia karena sifat elektrokatalis. Prussian Blue ini mempunyai penyerapan yang tinggi terhadap pH. Sehingga gabungan film yang akan terbentuk diharapkan mempunyai penyerapan yang tinggi terhadap pH (Koncki, 1998).

2.4 Analisis Spektrofotometri UV –Vis

Metode spektrofotometri digunakan untuk determinasi unsur berdasarkan absorbansi pada daerah panjang gelombang UV-VIS. Spektrofotometri mempunyai hubungan dengan absorbansi kompleks berwarna pada konsentrasi tertentu. Larutan tidak berwarna dapat juga terdeteksi karena dimungkinkan berada di daerah ultra violet (UV). Metode spektrofotometri dapat digunakan untuk analisis semua unsur, kecuali dalam bentuk gas (Marczenko, 1986).

Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Daerah panjang gelombang UV-VIS adalah seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Daerah panjang gelombang UV-VIS

Daerah	Panjang gelombang λ (nm)
Visibel	400-700
UV dekat	400-190
UV jauh	190-100

Pada umumnya spektrum yang terserap pada daerah UV adalah 200-400 nm dan daerah visible (tampak). Elektron yang dapat berpindah tempat umumnya adalah adanya ikatan rangkap dan terkonjugasi dari atom karbon, nitrogen ataupun oksigen. Pada umumnya elektron dalam molekul berada dalam keadaan dasar pada suhu kamar (Sastromidjojo, 1991).

Proses absorpsi suatu spesies berlangsung dalam dua tahap yaitu:

1. Tahap eksitasi

Pada tahap ini spesies akan tereksitasi akibat absorpsi foton ($h\nu$) dengan waktu hidup terbatas (10^{-8} - 10^{-9})



2. Tahap relaksasi

Pada tahap ini terbentuk spesies baru dengan berubahnya M^* dengan reaksi fotokimia.



Puncak absorpsi (λ_{max}) dapat dihubungkan dengan jenis ikatan-ikatan yang ada dalam spesies. Spektroskopi absorpsi berguna untuk mengkarakterisasi gugus fungsi dalam suatu molekul dan untuk analisis secara kuantitatif berdasarkan transisi elektronik yaitu elektron π , σ , n dan electron pada kulit d dan f, serta adanya transfer muatan (Khopkar, 1990).

2.4.1 Interaksi Radiasi Elektromagnetik Dengan Bahan

Cahaya yang jatuh pada suatu senyawa, sebagian cahaya akan diserap oleh molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul tersebut. Setiap senyawa mempunyai tingkatan energi yang spesifik. Bila cahaya mempunyai energi yang sama dengan perbedaan energi antara tingkat dasar (G) dan tingkat tereksitasi (E_1, E_2, \dots, E_n) jatuh pada senyawa, maka elektron-elektron yang berada pada keadan dasar akan dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi, sedangkan

sebagian energi lain diserap sesuai dengan panjang gelombangnya. Elektron yang tereksitasi akan melepaskan energi dengan proses radiasi panas dan akhirnya kembali ke keadaan dasar. Hubungan intensitas radiasi sebagai fungsi panjang gelombang atau frekuensi dikenal sebagai spektrum serapan, dan dirumuskan dengan (Sukardjo, 1990):

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

- E = Energi (J)
- h = konstanta planck ($6,626 \times 10^{-34}$) Js
- ν = frekuensi foton cahaya (Hz)
- c = kecepatan cahaya (m/s)
- λ = Panjang gelombang (nm)

2.4.2 Instrumentasi

1) Sumber Radiasi

Spektrofotometer UV – VIS dapat menggunakan single beam ataupun double beam. Sumber radiasi yang digunakan umumnya lampu halogen tungsten untuk daerah visible dan lampu D2 (deuterium) atau H2 untuk daerah UV.

2) Monokromator

Sumber radiasi yang melewati kuvet yang berisi sample akan dikumpulkan oleh suatu cermin atau lensa sehingga sumber radiasi yang diperoleh monokromatis. Nantinya diharapkan diperoleh λ spesifik dengan absorbansi tertentu untuk analit yang dideteksi. Pada beberapa spektrofotometer, penambahan alat optik digunakan untuk menambah kepekaan dari berkas sinar untuk memfokuskan sinar pada tengah sel sample.

3) Jenis kuvet

Jenis kuvet yang digunakan umumnya terbuat dari gelas, kuarsa. Campuran silica, dan jenis-jenis bahan dari plastik. Untuk yang lebih peka biasanya

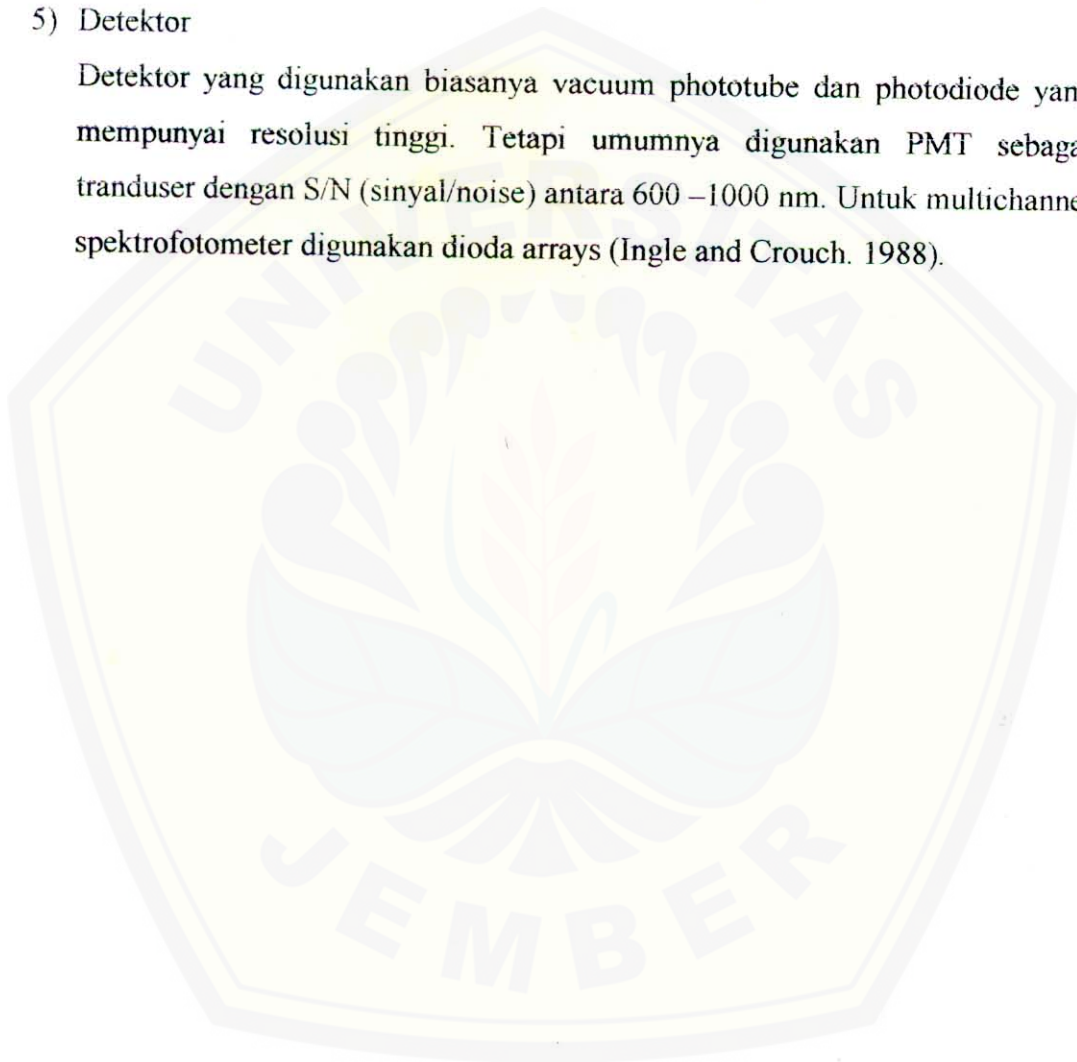
terbuat dari kuarsa atau campuran silica karena dapat mengukur pada $\lambda < 300$ nm.

4) Transduser

Transduser akan menerima sinar yang telah ditransmisikan kemudian mengkonversikannya menjadi arus listrik sesuai dengan detektor.

5) Detektor

Detektor yang digunakan biasanya vacuum phototube dan photodiode yang mempunyai resolusi tinggi. Tetapi umumnya digunakan PMT sebagai transduser dengan S/N (sinyal/noise) antara 600 –1000 nm. Untuk multichannel spektrofotometer digunakan dioda arrays (Ingle and Crouch. 1988).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di laboratorium Elektronika Dasar, Laboratorium Biokimia, laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan laboratorium Biomolekul, Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian adalah pada bulan Februari 2002 - Juni 2002.

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

- 1). pH meter
- 2). Spektrofotometer UV –VIS
- 3). Elektroda
- 4). Sumber arus model Keithly 220
- 5). Mikroskop Optik
- 6). Kamera digital

3.2.2 Bahan

- 1). Pyrrole (Pyr)
- 2). $K_3Fe(CN)_6$ (hexacyanoferrat)
- 3). HCl 0,1 M
- 4). Air
- 5). Na-asetat
- 6). Asam asetat
- 7). Amonium klorida
- 8). Amonia
- 9). NaOH 0.1 M



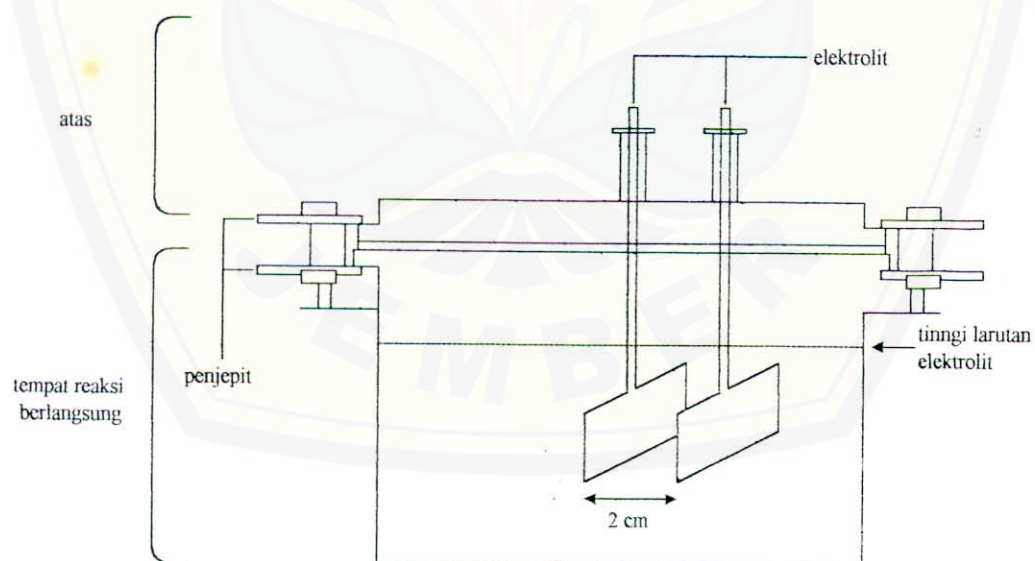
3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Prosedur pembuatan film PB dan Polipirol

a. Desain Sel Elektrokimia

Polimerisasi secara elektrokimia dapat berlangsung secara potensiostatik (tegangan tetap) atau secara galvanostatik (arus tetap). Desain sel elektrokimia tergantung pada tipe eksperimen yang dipilih. Metode yang digunakan adalah galvanostatik karena peralatan yang diperlukan sederhana dan mudah dirangkai. Skema dari elektrokimia yang digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 7. Tabung reaksi didesain untuk dapat menampung larutan sebanyak 500 cm^3 .

Pada tutup atas terdapat dua lubang, yaitu untuk memasukkan elektroda kerja dan elektroda counter. Elektroda yang digunakan adalah stainless steel dimana potensial oksidanya lebih dari yang dimiliki pirol. Kemudian pada kedua elektroda tersebut kita lapiasi mika tipis yang bagian tengahnya dilubangi supaya lebih mudah mengupas film yang terbentuk.



Gambar 7. Skema Sel Elektrokimia

b. Elektroda

Potensial elektroda selalu didefinisikan relatif terhadap referensi standart. Potensial dari elektroda ini didefinisikan sama dengan 0,00 Volt. Pada praktek potensial akan lebih meyakinkan jika diukur dengan referensi kedua seperti misalnya elektroda kalomel jenuh yang mempunyai potensial +0,2414 Volt relatif terhadap ENH (Bird, 1993).

Potensial oksidasi dari pirol adalah 1,2 Volt (Diaz, 1981). Untuk menghindari oksidasi pada elektroda (korosi) dan agar monomer dapat teroksidasi, potensial elektroda harus lebih besar atau sama dengan potensial oksidasi dari pirol.

Beberapa logam sangat mudah teroksidasi (potensial oksidanya rendah). Emas dan platina, yang masing-masing mempunyai potensial oksidasi rendah. Emas dan platina, yang masing-masing mempunyai potensial oksidasi 1,71 dan 1,2 Volt telah banyak digunakan sebagai elektroda untuk mengoksidasi pirol. Karena berbagai keterbatasan misalnya bentuk yang ada di pasaran dan harganya yang mahal, maka logam ini tidak praktis untuk digunakan.

Dalam penelitian ini elektroda yang digunakan adalah stainless steel dimana potensial oksidanya lebih dari yang dimiliki pirol. Logam campuran ini mempunyai kelebihan, yaitu merupakan bahan yang keras, tahan lama, mudah digosok dan harganya murah bila dibandingkan emas atau platina.

c. Bahan Pelarut dan Pendukung Elektrolit

Sejumlah pelarut organik baik yang encer maupun yang tidak, telah banyak digunakan untuk elektropolimerisasi pirol. Hal yang penting adalah bahwa pelarut harus mampu untuk melarutkan pendukung elektrolit. Pelarut organik yang sering digunakan garam asetonitril, tetrahidrofur dan tetraalkilamonium.

Penggunaan pelarut organik sangat terbatas karena mahal, mempunyai berat molekul yang besar sehingga untuk mendapatkan larutan yang konduktif dibutuhkan jumlah besar, dan kadang-kadang dapat timbul letusan. Elektropolimerisasi dengan menggunakan pelarut cair dapat menghasilkan

polimer dengan konduktivitas listrik setinggi yang diperoleh dengan menggunakan pelarut organik.

Air sebagai salah satu pelarut cair mempunyai beberapa keistimewaan untuk digunakan sebagai pelarut. Dengan pelarut ini dimungkinkan pemakaian sejumlah ion sebagai dopan. Karena mudah didapat dan harganya yang relatif murah, air mempunyai potensial yang besar untuk memproduksi film polipirol secara besar-besaran.

d. Teknik Pembuatan Film Tipis PB -Polipirol

Desain sel elektrokimia disini menggunakan elektroda stainless steel dengan ukuran $5 \times 5 \times 0,2 \text{ cm}^3$. Sebagai pecatu daya digunakan sumber arus yang bervariasi model Keithly 220. Kerapatan arus yang digunakan adalah besarnya arus yang diberikan dibagi dengan luas elektroda. Larutan encer dibuat dari air murni dan PB sebagai pendukung elektrolit.

Film tipis dibuat dengan mencampurkan 5 ml pirol dengan 0,1 M $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ dan ditambah aquades 500 ml yang diletakkan dalam tabung reaksi 1000 ml kemudian diaduk sehingga homogen dan dialiri arus 32 mA. Film ditumbuhkan selama satu jam.

e. Karakteristik Film

Karakteristik dilakukan setelah proses pencucian film yang terbentuk dengan larutan elektrolit sisa hingga permukaan menjadi homogen/rata kemudian film tersebut dikeringkan dalam desikator. Disini kita akan memperoleh sifat film. Pada spektra tertentu dengan panjang gelombang yang tertentu pula akan diperoleh penyerapan tertentu. Panjang gelombang yang dipakai adalah dari 200 sampai 800 nm.

3.3.2 Sensor pH dengan PB-Polipirol Menggunakan Larutan

Sensor pH film PB-Polipirol menggunakan larutan dilakukan untuk menentukan sifat dari film PB-Polipirol. Untuk menentukan sifat tersebut digunakan larutan HCl 0,1 M untuk indikator asam, larutan NaOH 0,1 M untuk indikator basa dan larutan netral untuk sifat netralitas.

3.3.3 Preparasi larutan Buffer

Menyiapkan larutan buffer menggunakan pH meter sesuai dengan variasi pH larutan asam, larutan basa atau larutan netral (air) sesuai dengan panjang gelombang maksimum yang diperoleh. Larutan buffer dibuat dalam range pH 7- pH 11 dipreparasi sebagai berikut:

a. Larutan Buffer pH 7

Larutan buffer pH 7 dibuat dengan mengambil 0,556 ml NH_3 dan dicampur dengan NH_4Cl 0,1 M 100 kemudian pH larutan dikontrol dengan menggunakan pHmeter.

b. Larutan Buffer pH 8

Larutan buffer pH 8 dibuat dengan mengambil 5,556 ml NH_3 dicampur dengan NH_4Cl 0,1 M 100 ml kemudian pH larutan dikontrol dengan menggunakan pHmeter.

c. Larutan Buffer pH 9

Larutan buffer pH 9 dibuat dengan mengambil 55,56 ml NH_3 dicampur dengan NH_4Cl 0,1 M 10 ml kemudian pH larutan dikontrol dengan menggunakan pHmeter.

d. Larutan Buffer pH 10

Larutan buffer pH 10 dibuat dengan mengambil 111,112 ml NH_3 dicampur dengan NH_4Cl 0,1 M 10 ml kemudian pH larutan dikontrol dengan menggunakan pHmeter.

e. Larutan Buffer pH 11

Larutan buffer pH 11 dibuat dengan mengambil 0,56 ml NH_3 dicampur dengan NH_4Cl 0,1 M 10 ml kemudian pH larutan dikontrol dengan menggunakan pHmeter.

3.3.4 Optimasi Parameter

a Penentuan λ_{\max} air, Larutan NaOH 0,1 M dan HCl 0,1 M

Mengukur absorbansi dari larutan NaOH 0,1 M dan HCl 0,1 M kemudian memasukkan dalam kuvet yang sudah dilapisi film (PB -Polipirol), sehingga diperoleh λ_{\max} .

b Penentuan Absorbansi Larutan NaOH 0,1 M, HCl 0,1 M dan air.

Menentukan absorbansi larutan NaOH 0,1 M, HCl 0,1 M dan air pada λ_{\max} dengan penambahan larutan buffer, kemudian memasukkannya dalam kuvet yang sudah dilapisi film. Sehingga nantinya diperoleh range pH larutan yang sudah ditentukan.

3.3.5 Karakterisasi

a. Range pH

Linier range dapat dilihat dari kurva kalibrasi dengan mengplotkan pH PB/Polipirol pada sumbu X dan absorbansi pada sumbu Y. Kesesuaian garis kurva kalibrasi dapat ditentukan dengan persamaan garis

$$Y = bX + a \dots\dots\dots(11)$$

Dari sini nantinya akan diketahui range pH dengan cara mengplotkan pH pada kurva kalibrasi yang dibuat dengan interval larutan standar yang sudah diketahuinya

b. Reprodusibel

Reprodusibel adalah suatu metode pengulangan percobaan yang dilakukan agar dihasilkan limit antar percobaan sekecil mungkin. Dengan metode ini diharapkan memberikan nilai 95 % setiap pendekatan untuk satu kali pengulangan atau lebih yang berbeda. Reprodusibel dapat diukur dari standart deviasi (Caulcut, R. and Boddy, 1983).

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian “ Pengembangan Sensor pH Menggunakan Polipirol - Prussian Blue ” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Panjang Gelombang Optimal untuk pembuatan sensor pH berbasis Polipirol dan Prussian Blue adalah 250 nm pada daerah sedikit basa dengan range pH 7- pH 8.
2. Pengukuran mempunyai nilai reproduksibilitas yang baik dengan standart deviasi rata-rata 0,010.

5.2 Saran

Pengembangan Sensor pH dengan menggunakan Prussian Blue dan Polipirol yang berupa film tipis memerlukan penelitian lanjutan tentang optimasi sintesis film Polipirol (ppy) – prussian blue (PB) terkait dengan parameter penumbuhan berupa konsentrasi larutan, konsentrasi PB, rapat arus dan suhu larutan.



Daftar Pustaka

- Bird T.,1993. *Kimia Fisik Untuk Universitas*. Gramedia.Jakarta.
- Brink O.G. 1985. *Dasar-Dasar Ilmu Instrumen*. Bina Cipta. Jakarta.
- Bocchi V. dan Gardini G.P. *Chemical Synthesis of Conducting Polypyrrole and Some Composite*. Journal of The Chemical Society. Chemical Communication.
- Caulcutt, R., and Boddy, R 1983. *Statistic for Analitical Chemistry*. Chapman and Hall. London.
- Diaz A.F. dan Croeley,1981; *Elektrooxidation of Aromatic Oligomer and Conducting Polymers*. Journal of Electroanalitical Chemistry 121.
- Funt B.L..1986. *Electrochemical Initietion Encyclopedia of polymers Science and Engineering*. Wiley. New York.
- Genies E.M. dan Bidan G., 1983. *Spectroelectrochemical Study of Pyrrole Film*., Journal of Electrochemical Chemistry.
- Hort E.V. and Smith R.F..1968. *Pyrrole Encyclopedia of Chemical Tehnology*. Wiley USA.
- James D. Ingle, JR and Stanley R.Crouch, 1988. *Spectrochemical Analysis*. Prentice Itall Internasional Inc, Mexico-Canada.
- Kanazawa K.K. and Diaz A.F.. 1979. *Polypyrrole: An Electrochemically Synthesized Conducting Organic Polimer*. Sinthetic Metal 1.
- Khopkar,S,m. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Koncki, 1998. *Composite Film Of Prussian Blue and N-Substituted Polypirrole: Fabrication and Aplication To Optical Determination Of pH*. Journal Of Chemical Society.
- Marzenco Zymunt.1986. *Separation and Spectrofotometric Determination Of Elements*. John Wiley and Sons.

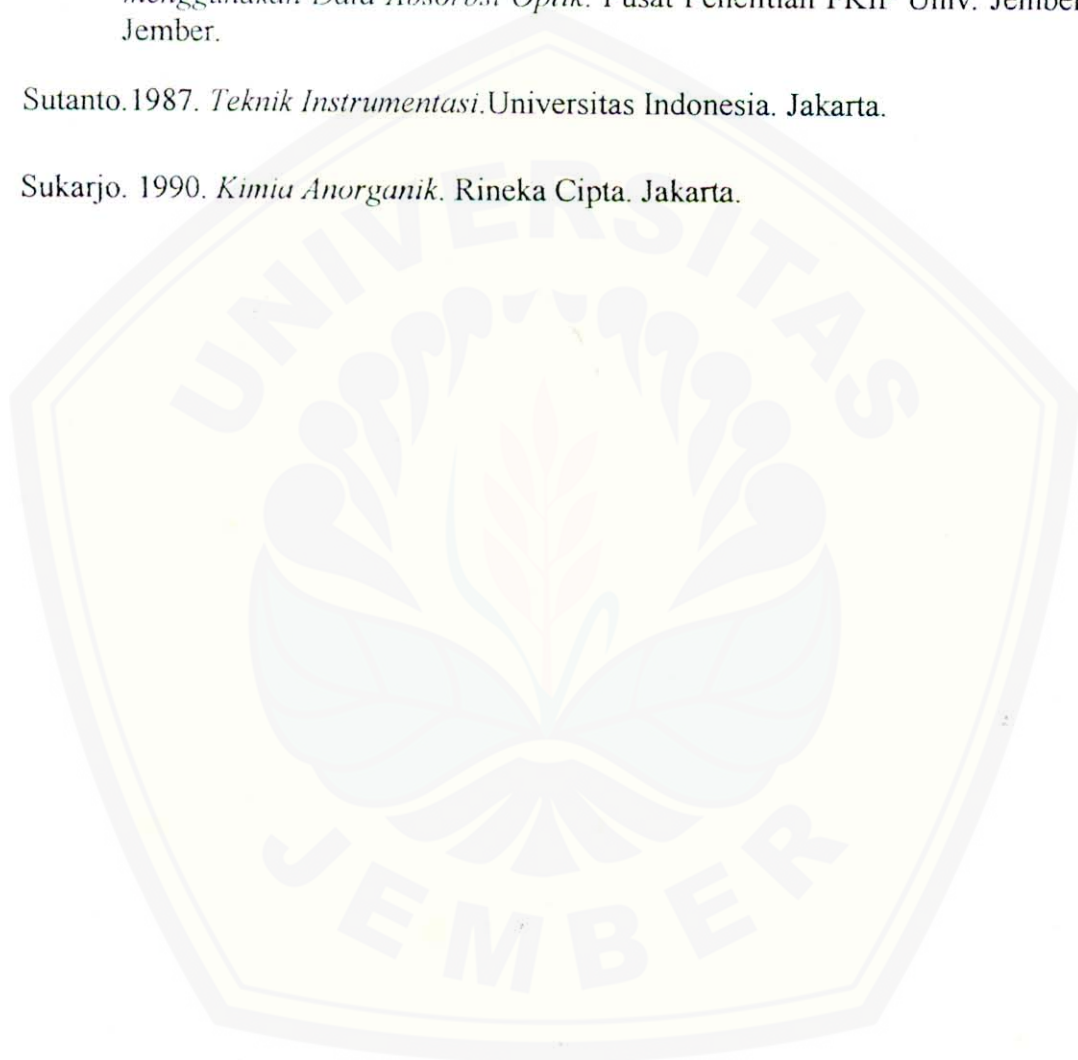
Nazzal and Steet, G.B.. 1984. *Weight Determination Of Pyrrole-based Polymer*. Journal Of Chemical Society.

Sastromidjojo. H. 1991. *Spektroskopi*. UGM. Press. Yogyakarta.

Subekti. A.. 1993. *Pengembangan Struktur Band Energi pada polipirol dengan menggunakan Data Absorpsi Optik*. Pusat Penelitian FKIP Univ. Jember. Jember.

Sutanto. 1987. *Teknik Instrumentasi*. Universitas Indonesia. Jakarta.

Sukarjo. 1990. *Kimia Anorganik*. Rineka Cipta. Jakarta.





LAMPIRAN

Lampiran 1: Data penentuan Panjang Gelombang terhadap pengukuran Film Polipirol (Ppy) -Prussian Blue (PB) dalam larutan HCl 0,1 M.

Panjang Gelombang	Pengulangan			Rata-rata
	U1	U2	U3	
200	1,440	1,400	1,430	1,423
210	0,420	0,410	0,420	0,417
220	0,290	0,280	0,290	0,287
230	0,220	0,220	0,210	0,217
240	0,180	0,180	0,170	0,177
250	0,165	0,160	0,165	0,163
260	0,160	0,160	0,160	0,160
270	0,150	0,150	0,150	0,150
280	0,140	0,140	0,140	0,140
290	0,130	0,130	0,130	0,130
300	0,120	0,120	0,120	0,120
310	0,120	0,120	0,120	0,120
320	0,130	0,130	0,130	0,130
330	0,120	0,120	0,120	0,120
340	0,120	0,120	0,120	0,120
350	0,125	0,125	0,125	0,125
360	0,125	0,125	0,125	0,125
370	0,120	0,120	0,120	0,120
380	0,130	0,130	0,130	0,130
390	0,120	0,120	0,120	0,120
400	0,360	0,350	0,360	0,357
410	0,420	0,360	0,360	0,380
420	0,420	0,360	0,360	0,380
430	0,420	0,360	0,360	0,380
440	0,410	0,350	0,350	0,370
450	0,400	0,340	0,340	0,360
460	0,390	0,330	0,330	0,350
470	0,380	0,320	0,320	0,340
480	0,380	0,320	0,320	0,340
490	0,370	0,305	0,310	0,328
500	0,370	0,305	0,310	0,328
510	0,375	0,310	0,315	0,333
520	0,370	0,315	0,310	0,332

530	0,360	0,310	0,310	0,327
540	0,370	0,310	0,310	0,330
550	0,370	0,310	0,310	0,330
560	0,370	0,310	0,310	0,330
570	0,370	0,310	0,310	0,330
580	0,370	0,310	0,310	0,330
590	0,370	0,310	0,310	0,330
600	0,370	0,320	0,320	0,337
610	0,370	0,315	0,320	0,335
620	0,375	0,310	0,315	0,333
630	0,360	0,304	0,310	0,325
640	0,360	0,302	0,310	0,324
650	0,360	0,300	0,305	0,322
660	0,360	0,300	0,300	0,320
670	0,360	0,300	0,300	0,320
680	0,360	0,300	0,300	0,320
690	0,360	0,300	0,300	0,320
700	0,360	0,300	0,300	0,320
710	0,360	0,300	0,300	0,320
720	0,360	0,300	0,300	0,320
730	0,360	0,300	0,300	0,320
740	0,360	0,300	0,300	0,320
750	0,360	0,305	0,300	0,322
760	0,360	0,300	0,300	0,320
770	0,360	0,300	0,290	0,317
780	0,360	0,290	0,290	0,313
790	0,350	0,290	0,290	0,310
800	0,350	0,280	0,290	0,307

Lampiran 2: Data penentuan Panjang Gelombang terhadap pengukuran Film Polipirol (Ppy) -Prussian Blue (PB) dalam larutan NaOH 0,1 M.

Panjang Gelombang	Pengulangan			Rata-rata
	U1	U2	U3	
200	1,000	1,000	1,000	1,000
210	1,000	1,000	1,000	1,000
220	0,700	0,680	0,750	0,710
230	0,620	0,595	0,600	0,605
240	0,585	0,595	0,550	0,577
250	0,542	0,550	0,540	0,544
260	0,560	0,540	0,520	0,540
270	0,530	0,520	0,510	0,520
280	0,460	0,498	0,500	0,486
290	0,485	0,485	0,495	0,488
300	0,510	0,470	0,470	0,483
310	0,480	0,450	0,450	0,460
320	0,460	0,445	0,440	0,448
330	0,420	0,420	0,405	0,415
340	0,415	0,405	0,400	0,407
350	0,410	0,400	0,395	0,402
360	0,405	0,385	0,390	0,393
370	0,400	0,385	0,380	0,388
380	0,390	0,380	0,380	0,383
390	0,440	0,420	0,420	0,427
400	0,340	0,330	0,360	0,343
410	0,320	0,325	0,360	0,335
420	0,315	0,320	0,350	0,328
430	0,300	0,315	0,340	0,318
440	0,290	0,310	0,340	0,313
450	0,284	0,310	0,330	0,308
460	0,283	0,305	0,330	0,306
470	0,282	0,300	0,320	0,301
480	0,281	0,300	0,320	0,300
490	0,280	0,300	0,320	0,300
500	0,320	0,280	0,290	0,297
510	0,320	0,280	0,290	0,297
520	0,316	0,270	0,300	0,295

530	0,316	0,280	0,300	0,299
540	0,316	0,280	0,300	0,299
550	0,315	0,280	0,300	0,298
560	0,310	0,280	0,290	0,293
570	0,310	0,280	0,300	0,297
580	0,310	0,280	0,290	0,293
590	0,290	0,270	0,300	0,287
600	0,295	0,267	0,300	0,287
610	0,290	0,267	0,290	0,282
620	0,285	0,266	0,290	0,280
630	0,285	0,265	0,290	0,280
640	0,285	0,265	0,284	0,278
650	0,290	0,265	0,285	0,280
660	0,285	0,265	0,285	0,278
670	0,285	0,265	0,285	0,278
680	0,285	0,265	0,285	0,278
690	0,285	0,265	0,290	0,280
700	0,280	0,262	0,290	0,277
710	0,280	0,262	0,290	0,277
720	0,280	0,263	0,290	0,278
730	0,285	0,263	0,295	0,281
740	0,285	0,263	0,295	0,281
750	0,285	0,266	0,295	0,282
760	0,290	0,266	0,290	0,282
770	0,290	0,265	0,290	0,282
780	0,280	0,264	0,290	0,278
790	0,240	0,263	0,282	0,262
800	0,239	0,260	0,280	0,260

Lampiran 3: Data penentuan Panjang Gelombang terhadap pengukuran Film Polipirol (Ppy) - Prussian Blue (PB) dalam air

Panjang Gelombang	Pengulangan			Rata-rata
	U1	U2	U3	
200	0,840	0,790	0,810	0,813
210	0,550	0,520	0,530	0,533
220	0,330	0,340	0,340	0,337
230	0,190	0,200	0,200	0,197
240	0,130	0,115	0,130	0,125
250	0,118	0,120	0,120	0,119
260	0,119	0,115	0,120	0,118
270	0,119	0,115	0,120	0,118
280	0,120	0,120	0,120	0,120
290	0,118	0,115	0,119	0,117
300	0,115	0,115	0,120	0,117
310	0,115	0,115	0,125	0,118
320	0,115	0,120	0,120	0,118
330	0,115	0,120	0,120	0,118
340	0,120	0,120	0,120	0,120
350	0,120	0,120	0,120	0,120
360	0,120	0,120	0,120	0,120
370	0,118	0,120	0,140	0,126
380	0,120	0,140	0,150	0,137
390	0,140	0,140	0,150	0,143
400	0,360	0,365	0,365	0,363
410	0,350	0,360	0,365	0,358
420	0,350	0,350	0,360	0,353
430	0,340	0,350	0,360	0,350
440	0,340	0,340	0,350	0,343
450	0,340	0,340	0,340	0,340
460	0,340	0,340	0,340	0,340
470	0,350	0,350	0,340	0,347
480	0,340	0,350	0,340	0,343
490	0,340	0,350	0,340	0,343
500	0,340	0,340	0,340	0,340
510	0,340	0,340	0,340	0,340
520	0,340	0,340	0,340	0,340
530	0,340	0,340	0,340	0,340

540	0,340	0,330	0,330	0,333
550	0,340	0,340	0,340	0,340
560	0,340	0,340	0,340	0,340
570	0,340	0,340	0,340	0,340
580	0,340	0,330	0,330	0,333
590	0,330	0,330	0,330	0,330
600	0,330	0,340	0,340	0,337
610	0,330	0,340	0,340	0,337
620	0,330	0,330	0,330	0,330
630	0,330	0,330	0,330	0,330
640	0,330	0,330	0,330	0,330
650	0,330	0,320	0,320	0,323
660	0,330	0,330	0,330	0,330
670	0,320	0,330	0,330	0,327
680	0,320	0,330	0,330	0,327
690	0,320	0,330	0,330	0,327
700	0,320	0,330	0,330	0,327
710	0,320	0,330	0,330	0,327
720	0,320	0,330	0,330	0,327
730	0,320	0,320	0,320	0,320
740	0,330	0,330	0,320	0,327
750	0,330	0,330	0,320	0,327
760	0,330	0,330	0,315	0,325
770	0,325	0,325	0,315	0,322
780	0,320	0,325	0,315	0,320
790	0,320	0,325	0,314	0,320
800	0,320	0,325	0,315	0,320

