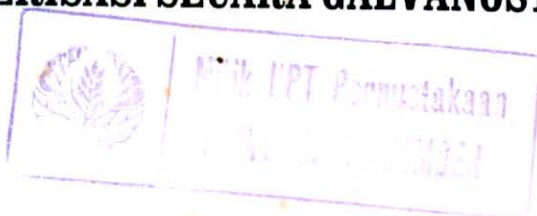


STUDI BENTUK - BENTUK POLIANILIN DALAM ELEKTROPOLIMERISASI SECARA GALVANOSTATIK



SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Asal	0 000 2001	Klasifikasi	5
Terima Tanggal	10236807		547.84
No. Inskripsi			ISA
			S

Oleh

ABDUL KHOLIQ ISA

NIM 971810301037

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
AGUSTUS, 2001**

MOTTO

➔ *Watak adalah bagian yang paling berharga pada diri manusia. Ia dibentuk oleh kesulitan-kesulitan bukan dari hidup bermalasan-malasan.*

➔ *Kesulitan-kesulitan itu tidak memberi otak baru pada manusia, akan tetapi memaksa ia untuk menggunakan otaknya.*

Kupersembahkan Karya-ku ini untuk :

1. *Kedua orangtua-ku, bapak Moch. Ach. Bakrie dan ibu-ku, Maswah atas segala doa, dukungan dan kasih sayang yang selalu diberikan.*
2. *Saudaraku, mas Yayah (Ucok) yang baik dan mbak Hotik yang cerewet, makasih atas doa, bantuan baik materi dan spiritnya. Aku sayang kalian!!!!*
3. *Dee-ach, yang selalu memberiku motivasi, menemaniku dalam suka dan duka, membuat hidupku jadi lebih berarti and I love you so much.*
4. *Sahabat-sahabatku, si kembar Dedy dan Andry (beserta nyonya-nya masing-masing) thank's untuk komputernya dan kerjasamanya, Farid trim's mau dengerin segala keluh kesahku, Sela-met, Yoyok and the gank (kapan ngopi lagi ???!), Udin, Yanto, Ari, Kamto dan teman-teman seperjuanganku, angkatan '97, '98, '99, '00 yang nggak bisa kusebutkan satu persatu.*
5. *Blacky, P 4443 JD yang telah mengantar kemanapun aku pergi, menemaniku saat aku sedih dan aku senang, aku bingung dan aku sebelll.*
6. *Almamater, Universitas Jember yang ku banggakan.*

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan Januari 2001 sampai dengan bulan Agustus 2001 di Laboratorium Kimia Sintesis FMIPA UNEJ. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Oktober 2001

Abdul Kholiq Isa



ABSTRAK

Abdul Kholiq Isa, juli 2001, **Studi Bentuk-bentuk Polianilin Dalam Elektropolimerisasi Secara Galvanostatik**, Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Pembimbing : (1) Drs Zulfikar PhD

(2) Drs Agus Subekti MSc PhD

Telah dilakukan sintesis dan doping polianilin (PAn) dengan metoda elektrokimia Galvanostatik untuk mengkaji pengaruh perubahan parameter sintesis, jenis elektroda kerja, arus sintesis, waktu sintesis, konsentrasi HCl dan konsentrasi monomer anilin terhadap perubahan bentuk-bentuk PAn, konduktivitas dan laju polimerisasi PAn.

Sebagai hasil kajian yang diperoleh dari analisis sejumlah PAn yang dihasilkan pada berbagai kondisi pemrosesan sintesis diperoleh gambaran tentang kaitan antara berat dan perubahan warna/bentuk PAn terhadap parameter sintesisnya. Kondisi bentuk garam emeraldine (hijau) dicapai jika dalam elektropolimerisasinya digunakan elektroda karbon sebagai anoda dan elektroda Ag/AgCl sebagai katoda di dalam sel elektrokimia yang berisi 30 mL anilin 1 M dengan 60 mL HCl 3 M. Arus sintesis dijaga konstan sebesar 2 mA selama proses polimerisasi. Polimerisasi dilakukan selama 30 menit. PAn yang dihasilkan pada kondisi ini berbentuk serbuk/granular berwarna hijau (garam emeraldine) yang melekat pada elektroda kerja.

Konduktivitas PAn tertinggi dicapai pada kondisi polimerisasi menggunakan HCl 3M, arus kerja 2 mA dan waktu polimerisasi selama 30 menit, sebesar 0,658 S/Cm.

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 20 OCT 2001
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam universitas jember.

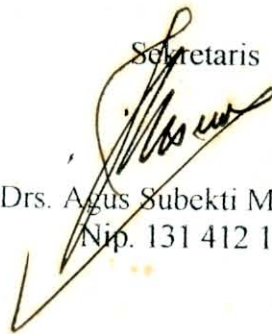
Tim Penguji

Ketua



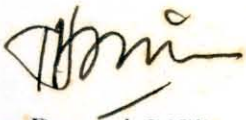
(Drs. Zulfikar, Ph.D)
Nip. 131 660 785

Secretaris

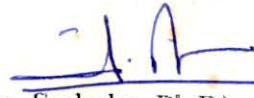


(Drs. Agus Subekti MSc, Ph.D)
Nip. 131 412 121

Anggota



(Drs. Busrani, MSi)
Nip. 131 945 805



(Drs. Sudarko, Ph.D)
Nip. 132 005 050

Mengesahkan

Dekan FMIPA UNEJ



(Ir. Sumadi, MS)
Nip 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Tertulis dengan judul “Studi bentuk-bentuk Polianilin Dalam Elektropolimerisasi Secara Galvanostatik”.

Karya Ilmiah Tertulis ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan, bimbingan dan masukan dari beberapa pihak, niscaya penulisan Karya Ilmiah Tertulis ini akan mengalami banyak hambatan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Prof.Dr. Kabul Santoso, selaku Rektor Universitas Jember;
2. Ir. Sumadi,MS selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberi ijin dan fasilitas;
3. drh. Wuryanti Handayani, Msi selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan ijin penyusunan Karya Ilmiah Tertulis ini;
4. Drs. Zulfikar, PhD selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan sejak dimulainya penelitian sampai penyusunan Karya Ilmiah Tertulis ini;
5. Drs. Agus Subekti, MSc.PhD, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penelitian ini.
6. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu penyusunan Karya Ilmiah Tertulis ini.

Semoga skripsi ini dapat memberi kontribusi terhadap kemajuan Ilmu Pengetahuan, khususnya di bidang polimer konduktif.

Jember, Oktober 2001

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
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Polimer	4
2.1.1. Polimer Konduktif	4
2.1.2. Massa Molekul dan Sifat Polimer	5
2.2. Polianilin	6
2.2.1 Struktur Polianilin	6
2.3. Elektropolimerisasi Anilin	8
2.3.1. Preparasi Polianilin	11
2.3.2. Empat Bentuk Polianilin	15
III. METODOLOGI	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2. Sintesis Secara Elektrokimia dengan Metoda Galvanostatik ...	17

3.3. Alat dan Bahan	18
3.4. Prosedur Polimerisasi	18
3.4.1. Preparasi Elektroda	18
3.4.2. Preparasi Bahan	19
3.4.3. Elektropolimerisasi Polianilin	19
3.5. Karakterisasi Polianilin	22
3.5.2. Karakterisasi Polianilin Menggunakan Spektroskopi UV-Vis	22
3.5.3. Karakterisasi Polianilin Menggunakan Spektroskopi IR	22
3.5.4. Karakterisasi Konduktivitas Polianilin	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Rancang Bangun Sumber Arus Konstan	25
4.2. Proses Polimerisasi Polianilin Secara Elektrokimia	26
4.3. Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Hasil Elektropolimerisasi	27
4.4. Pengaruh Variasi Arus Sintesis Terhadap Hasil Elektropolimerisasi	31
4.5. Pengaruh Variasi Waktu Sintesis Terhadap Hasil Elektropolimerisasi	35
4.6. Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl Terhadap Hasil Elektropolimerisasi	38
4.7. Pengaruh Variasi Konsentrasi Monomer Anilin Terhadap Hasil Elektropolimerisasi	43
4.8. Karakterisasi Polimer Polianilin	48
4.8.1. Karakterisasi Polianilin Menggunakan Spektroskopi Infra Merah	49
4.8.2. Karakterisasi Polianilin Menggunakan Spektroskopi UV-Vis	52
4.9. Konduktivitas Polianilin	55
4.9.1. Hasil Perancangan Alat Ukur Konduktivitas	55

4.9.2. Hasil Karakterisasi Konduktivitas Produk Polianilin	55
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

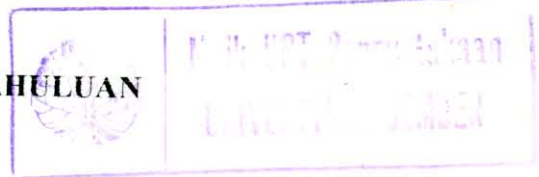
No	Judul>Nama Tabel	Halaman
1.	Preparasi Polianilin Dari Beberapa Hasil Penelitian	12
2.	Bentuk-bentuk Polianilin	16
3.	Serapan λ_{maks} Masing-masing Bentuk PAN	22
4.	Potensial Sel Variasi Jenis Elektroda dan Karakter PAN Hasil Sintesis	29
5.	Data Spektroskopi Infra Merah Pada PAN yang Telah Diberi Dopan (HCl).	49
6.	Jenis Transisi Elektronik Spektra UV-Vis PAN Garam Emeraldine Hasil Eksperimen.	54
7.	Spektrum UV-Vis Garam Emeraldine.	54
8.	Konduktivitas Sampel PAN Terhadap Variasi Konsentrasi HCl.	55
9.	Parameter Arus Sintesis Pada Pembuatan Sampel PAN untuk Karakterisasi Konduktivitas.	57
10.	Parameter Waktu Sintesis Pada Pembuatan Sampel PAN untuk Karakterisasi Konduktivitas.	59
11.	Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Hasil elektropolimerisasi.	67
12.	Pengaruh Variasi Arus Sintesis Terhadap Hasil elektropolimerisasi.	69
13.	Pengaruh Variasi Waktu Sintesis Terhadap Hasil elektropolimerisasi.	71
14.	Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl Terhadap Hasil elektropolimerisasi.	73
15.	Pengaruh Variasi Konsentrasi Anilin Terhadap Hasil elektropolimerisasi.	75

DAFTAR GAMBAR

No	Judul>Nama Gambar	Halaman
1.	Struktur Geometri Anilin	6
2.	Struktur Geometri Polianilin	6
3.	Struktur Molekul Bentuk (a) Basa Pernigraniline, (b) basa Emeraldine dan (c) Basa Leucoemeraldine	7
4.	Diagram Perangkat Metoda Galvanostatik	8
5.	Diagram Perangkat Metoda Potensiostatik.	9
6.	Mekanisme Polimerisasi Polianilin.	10
7.	Preparasi Elektroda Ag/AgCl.	19
8.	Rancangan Alat ukur Konduktivitas polianilin.	23
9.	Rangkaian Instrumen Elektropolimerisasi	25
10..	Proses dan Reaksi yang Dapat Terjadi Dalam Elektropolimerisasi Kationik.	26
11.	Pengaruh Variasi Elektroda ' Kerja terhadap Hasil Elektropolimerisasi.	28
12.	Pengaruh variasi Arus Sintesis terhadap Hasil Elektropolimerisasi.	31
13.	Grafik Pengaruh Waktu Sintesis Terhadap Hasil Elektropolimerisasi.	
14.	Oksidasi Sebagian rantai Polimer Menghasilkan Bentuk PAn Teroksidasi Penuh (Pernigraniline) dan Proses Doping Menghasilkan Bentuk Garam Emeraldine.	37
15.	Grafik Pengaruh konsentrasi HCl Terhadap Hasil Elektropolimerisasi.	39
16.	Protonasi Monomer Anilin Menjadi Kation Monomer.	41
17.	Protonasi Rantai Polimer Membentuk Garam emeraldine.	41
18.	Oksidasi Pada Rantai Polimer Membentuk PAn Pernigraniline.	42
19.	Reduksi Pada Rantai polimer Membentuk PAn Leukoemeraldine Akibat Pengaruh Konsentrasi HCl.	43

20.	Grafik Pengaruh Hubungan Antara Konsentrasi Anilin dengan Berat PAn yang Dihasilkan.	44
21.	Perubahan Bentuk PAn Akibat Pemberian jumlah Monomer yang Berbeda.	46
22.	Hubungan Antara Variasi Konsentrasi Anilin dengan Berat Rata-rata PAn.	47
23.	Spektrum Infra Merah PAn Bentuk Garam Emeraldine dengan Dopan HCl Pada Daerah 5000 Cm^{-1} s/d 400 Cm^{-1} .	49
24.	Spektrum Infra Merah PAn Bentuk Garam Emeraldine dengan Dopan HCl Pada Daerah 1500 Cm^{-1} s/d 400 Cm^{-1} .	50
25.	Spektra Infra Merah PAn (HCl) Hasil Penelitian Asrosi (1997).	51
26.	Spektrum Absorpsi Uv-Vis Polianilin Bentuk Garam Emeraldine.	52
27.	Standart Kurva Spektrum UV-Vis Polianilin Garam Emeraldine.	52
28.	Kurva Uv-Vis Garam Emeraldine Hasil Penelitian Otong (1996)	53
29.	Kurva Konduktivitas Bahan PAn Hasil Sintesis Terhadap Konsentrasi HCl.	56
30.	Kurva Konduktivitas Bahan PAn Hasil Sintesis Terhadap Arus Sintesis.	57
31.	Kurva Konduktivitas Bahan PAn Hasil Sintesis Terhadap Waktu Sintesis.	59

I. PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Studi polimer konduktif selain poliasetilen termasuk polipirol dan poli (p-phenilen) sedang giat dilakukan (Chen, 1987). Diantara polimer konduktif, polianilin menempati kedudukan yang istimewa karena kaya akan aspek ilmiah dan luas potensi aplikasinya seperti baterai sekunder, sensor, LED (Light Emitting Dioda) dan optoelektronik (Suryaningsih, 1997). Selain itu diantara polimer konduktif yang telah ditemukan, polianilin merupakan bahan yang paling stabil, mudah larut dalam pelarut organik, murah dan berlimpah. Sifat ini yang menjadikan polianilin sebagai objek penelitian yang sangat menarik perhatian.

Metoda polimerisasi secara elektrokimia atau dikenal sebagai elektropolimerisasi adalah metoda untuk mensintesis polimer konduktif. Polianilin dapat disintesa secara kimia atau elektrokimia oksidasi anilin. Diantara teknik elektrokimia, metoda galvanostatik digunakan untuk mengatur laju reaksi polimerisasi anilin yang terjadi pada elektroda. Studi kinetik menunjukkan bahwa tahap oksidasi monomer anilin menjadi dimer adalah tahap penentu laju reaksi (Yen Wei, 1990). Proses difusi monomer anilin yang berlangsung dari daerah bulk menuju lapisan ganda elektroda akan menentukan laju proses elektrokimia secara keseluruhan.

Perkembangan ilmu pengetahuan menunjukkan bahwa polianilin ada dalam empat bentuk yang berbeda dimana masing-masing bentuk memiliki warna yang berbeda. Sifat-sifat elektrokromik ini dapat diamati oleh perubahan voltase (Charles, 1994). Perubahan bentuk satu ke bentuk yang lain dapat dikontrol melalui proses redoks dan derajat protonasi yang dapat diatur oleh pH. Pengaruh arus, waktu sintesis, konsentrasi anilin dan konsentrasi HCl terhadap perubahan bentuk-bentuk polianilin juga dijadikan bahan studi dalam penelitian ini.

Sifat konduktivitas polimer konduktif dapat diatur dengan mengontrol parameter sintesis yaitu konsentrasi monomer, konsentrasi elektrolit, tegangan, arus, temperatur, dan waktu polimerisasi. Peningkatan konduktivitas listrik terjadi akibat doping atau pemasukan impuritas (dopan) ke dalam bahan bersangkutan.

Pengaruh parameter sintesis yakni konsentrasi elektrolit (HCl) , waktu dan arus sintesis terhadap sifat konduktivitas masing-masing bentuk polianilin akan diamati dalam penelitian ini.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. bagaimana pengaruh arus, waktu sintesis, konsentrasi monomer anilin dan konsentrasi elektrolit (HCl) terhadap berat produk serta perubahan bentuk-bentuk polianilin secara elektropolimerisasi;
- b. pada kondisi yang bagaimana (faktor konsentrasi HCl, konsentrasi monomer, waktu dan arus sintesis) akan diperoleh produk polianilin yang optimum;
- c. bagaimana pengaruh variasi elektroda kerja (stainless steel, platina, emas, karbon) terhadap polimer polianilin yang dihasilkan;
- d. bagaimana sifat konduktivitas polianilin hasil elektropolimerisasi terhadap parameter sintesis (konsentrasi HCl, waktu sintesis dan arus sintesis).

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk :

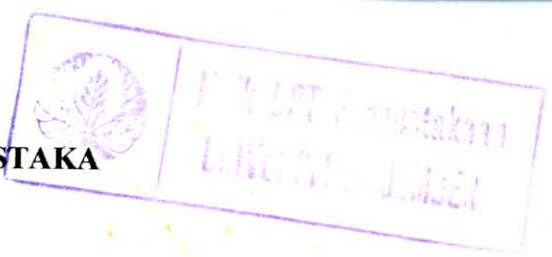
- a. merancang bangun sumber arus konstan dengan unjuk kerja 0 mA sampai 50 mA yang diperlukan pada pembuatan film tipis polimer konduktif polianilin (PAn) secara elektrokimia;
- b. mempelajari pengaruh variasi elektroda kerja (stainless steel, platina, emas, karbon) terhadap produk polimer polianilin yang dihasilkan;
- c. mempelajari pengaruh arus, waktu sintesis, konsentrasi monomer dan konsentrasi HCl terhadap perubahan bentuk-bentuk polianilin secara elektropolimerisasi;
- d. dapat menentukan kondisi optimum untuk mensintesis polianilin bentuk garam emeraldine secara elektropolimerisasi;
- e. mempelajari sifat konduktivitas polianilin hasil elektropolimerisasi terhadap parameter sintesis (konsentrasi HCl, waktu sintesis dan arus sintesis).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat sebagai berikut :

- a. dapat menguasai proses dasar pembuatan film tipis polimer konduktif polianilin secara elektrokimia dengan galvanostatik dan perubahan warna (elektrokromik) pada saat berlangsungnya proses polimerisasi;
- b. diharapkan pembuatan membran polianilin dengan metoda sederhana ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan analisis kimia di bidang sensor;
- c. dapat mengetahui sifat listrik bahan sehingga dapat mengembangkan potensi aplikasi polianilin sebagai polimer konduktif dalam perkembangan teknologi.

II. TINJAUAN PUSTAKA



2.1 Polimer

Polimer (makromolekul) adalah molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana. Kesatuan-kesatuan berulang itu setara atau hampir setara dengan monomer, yaitu bahan dasar pembuat polimer. Akibatnya, molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Sebagai contoh, polimer poli (feniletena) mempunyai harga rata-rata massa molekul mendekati 300.000. Hal ini menjadi sebab mengapa polimer tinggi memperlihatkan sifat sangat berbeda dari polimer bermassa rendah, sekalipun susunan kedua jenis polimer itu sama (Gordon, 1963).

Jika kesatuan berulang itu lurus, maka molekul polimer seringkali digambarkan sebagai molekul rantai atau rantai polimer. Panjang rantai polimer dapat dinyatakan dalam derajat polimerisasi (DP_n) polimer yang bersangkutan, yaitu jumlah kesatuan berulang dalam rantai polimer itu. Rantai polimer dapat juga bercabang. Beberapa rantai lurus dan bercabang dapat bergabung melalui sambungan silang membentuk polimer bersambung-silang. Jika sambungan silang terjadi ke berbagai arah maka terbentuk polimer sambung silang tiga dimensi yang sering disebut polimer jaringan.

2.1.1 Polimer Konduktif

Polimer konduktif adalah polimer yang secara instrinsik dapat menghantarkan listrik. Sifat polimer konduktif dapat diatur dengan mengontrol parameter sintesis, seperti konsentrasi monomer, konsentrasi elektrolit, tegangan/arus, waktu polimerisasi dan temperatur polimerisasi (Suryaningsih, 1997).

Diantara polimer konduktif, polianilin menempati kedudukan yang istimewa karena kaya akan aspek ilmiah dan luas potensi aplikasinya seperti batu baterai sekunder, sensor, elektroda membran untuk kebutuhan analisis, bahan elektrokromik, Light Emitting Dioda (LED) dan optoelektrokromik. Selain itu

polianilin merupakan bahan yang paling stabil, mudah larut dalam pelarut organik, murah dan berlimpah.

Polimer konduktif merupakan bahan yang bersifat listrik, hal ini terlihat dari struktur ikatan konjugasi polimer konduktif dalam keadaan murni dikenal sebagai bahan isolator listrik. Peningkatan konduktivitas listrik terjadi akibat doping atau pemasukan impuritas (dopan) ke dalam bahan bersangkutan. Variasi sifat listrik ini bersamaan dengan proses sintesis dan mekanisme doping yang berbeda. Bahan polimer konduktif ini juga mempunyai potensi aplikasi yang sangat menarik. Dalam perkembangan lebih lanjut, selain ditemukan sejumlah polimer konduktif seperti polipirol dan polianilin (PAn), juga berhasil ditemukan metoda sintesis dan doping elektrokimia yang sangat unggul, terutama karena sintesis dan doping dalam proses elektrokimia dapat dilaksanakan secara simultan, disamping itu proses doping dapat dilakukan secara reversibel dan lebih terkendali (Yuliah, 1999).

2.1.2 Massa Molekul dan Sifat Polimer

Proses pertumbuhan rantai selama polimerisasi bersifat acak. Oleh karena itu rantai-rantai polimer yang berbeda dalam suatu contoh polimer akan mempunyai panjang yang berbeda-beda pula, tentu saja dengan akibat massa molekul nisbi yang berbeda-beda. Dengan demikian penentuan massa molekul suatu contoh polimer secara eksperimen hanya akan memberikan harga rata-rata.

Banyak sekali sifat bahan polimer yang bergantung pada massa molekulnya, misalnya kelarutan, ketercetakan, kekentalan dan larutan serta lelehan, karena itu, perlu diketahui cara menentukan massa molekul nisbi (M_r) polimer. Sampel suatu polimer sebenarnya terdiri dari sebaran ukuran-ukuran molekul dan tentunya sebaran massa molekul. Oleh karena itu, setiap penentuan massa molekul akan menghasilkan harga rata-rata. Dua harga rata-rata yang penting bagi polimer ialah rata-rata jumlah dan rata-rata bobot.

Batasan rata-rata jumlah, M_n , secara matematika dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.1

$$\bar{M}_n = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots (2.1)$$

N_i ialah jumlah molekul dengan derajat polimerisasi (DP_n) = i , dan M_i ialah massa molekul dari molekul dengan DP_n = i . Jika massa molekul ditentukan berdasarkan sifat koligatif misalnya tekanan osmotik, maka harga rata-rata jumlah, M_n , dapat diperoleh. Batasan matematika bagi rata-rata bobot, M_w , diberikan oleh persamaan 2.2.

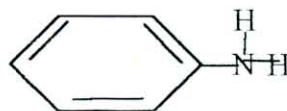
$$\bar{M}_w = \frac{\sum W_i M_i}{\sum W_i} \dots\dots\dots (2.2)$$

W_i adalah massa total semua molekul yang mempunyai DP_n = i dan M_i adalah massa molekul dari molekul dengan DP_n = i . Dengan perkataan lain, kita rata-ratakan massa molekul menurut massa molekul tiap macam penyusun polimer (Coward, 1991).

2.2 Polianilin

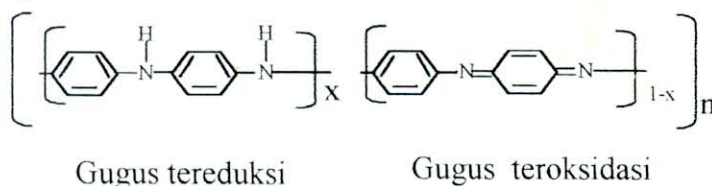
2.2.1. Struktur Polianilin

Polianilin (PAn) merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang dihasilkan dari proses polimerisasi monomer anilin ($C_6H_5NH_2$) dalam suasana asam. Anilin memiliki struktur geometri seperti diperlihatkan pada gambar 2.1





Gambar 2.1 Struktur geometri anilin

Adapun struktur geometri polianilin secara umum diperlihatkan pada gambar 2.2.



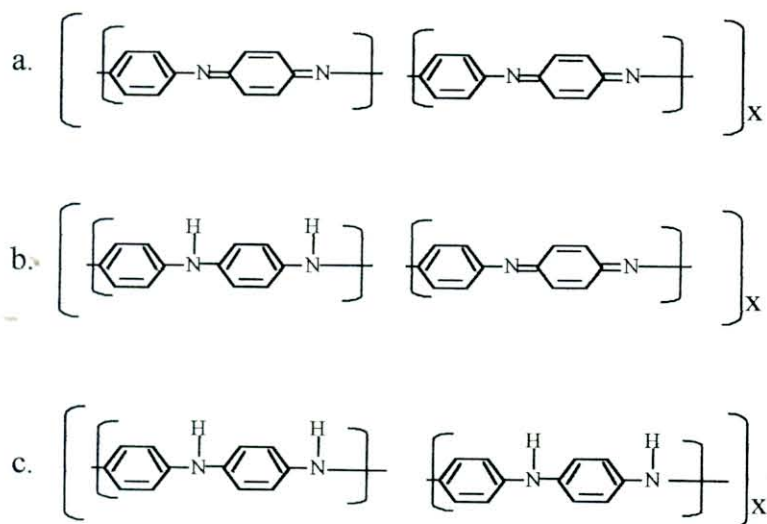
Gambar 2.2 Struktur geometri polianilin

Gugus tereduksi terdiri dari dua molekul yang berbentuk cincin benzoid (dimana struktur benzoid : ) dan dua gugus amin, sedang pada gugus teroksidasi salah satu cincin benzoid berubah menjadi cincin quinoid () dan gugus amin menjadi imin.

Nilai x ($0 \leq x \leq 1$) menentukan tingkat oksidasi polianilin. Nilai $x = 0$, menunjukkan tingkat teroksidasi penuh yang menghasilkan polianilin berbentuk basa pernigranilin (PNB) dimana rantai polimer hanya terdiri dari gugus teroksidasi.

Nilai $x = 0,5$, menunjukkan tingkat setengah teroksidasi yang menghasilkan polianilin berbentuk basa emeraldine (EB). Sementara nilai $x = 1$ menunjukkan tingkat tereduksi penuh yang menghasilkan polianilin berbentuk basa leukomeraldine (LEB) (Yuliah, 1999).

Bentuk-bentuk polianilin basa pernigraniline, basa emeraldine dan basa leukomeraldine diperlihatkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur molekul bentuk (a) basa pernigraniline, (b) basa emeraldine dan (c) basa leukomeraldine

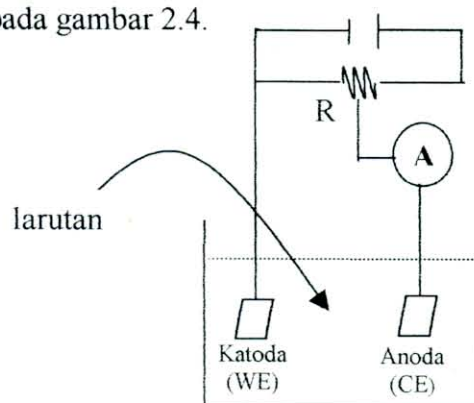
2.3 Elektropolimerisasi Anilin

Polianilin dapat disintesis secara kimia atau elektrokimia oksidasi dengan berbagai macam karakterisasi bentuk seperti “emeraldine”, “pernigralinine”, “leucomeraldine” dan lain sebagainya (Bartlett, 1998).

Metoda polimerisasi secara elektrokimia atau dikenal sebagai elektropolimerisasi adalah metoda baru untuk mensintesis polimer. Berdasarkan parameter pengendali yang digunakan, polimerisasi elektrokimia dapat dibedakan menjadi dua metoda, masing-masing dapat diterangkan sebagai berikut.

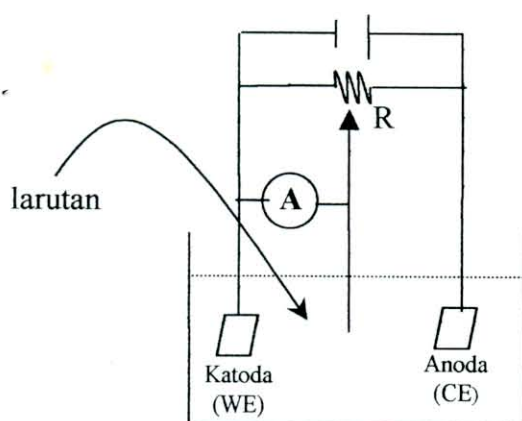
1. Metoda galvanostatik yang bekerja dengan arus konstan. Metoda ini menggunakan sistem sel dua elektroda (Yuliah, 1999).
2. Metoda potensiostatik yang bekerja dengan tegangan elektroda kerja (WE) tetap terhadap elektroda acuan (RE). Metoda ini menggunakan sistem sel tiga elektroda (Suryaningsih, 1997).

Berdasarkan hukum Faraday, laju reaksi reduksi/oksidasi yang terjadi pada anoda atau katoda sebanding dengan arus yang mengalir (Philip, 1994). Jika setiap reaksi melibatkan n elektron maka arus I yang mengalir ekuivalen dengan laju reaksi (i/nF) mol/detik, dimana F adalah konstanta faraday. Dengan mengatur arus berarti mengatur laju reaksi dan ini merupakan prinsip kerja dari metoda galvanostatik. Arus dibuat konstan dengan mengatur beda potensial antara katoda dan anoda. Akan tetapi, dengan berkurangnya konsentrasi reaktan dan terlapisnya permukaan elektroda dengan hasil reaksi maka beda potensial harus diubah untuk menghasilkan besar arus yang sama. Diagram perangkat metode galvanostatik diperlihatkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram perangkat metoda galvanostatik

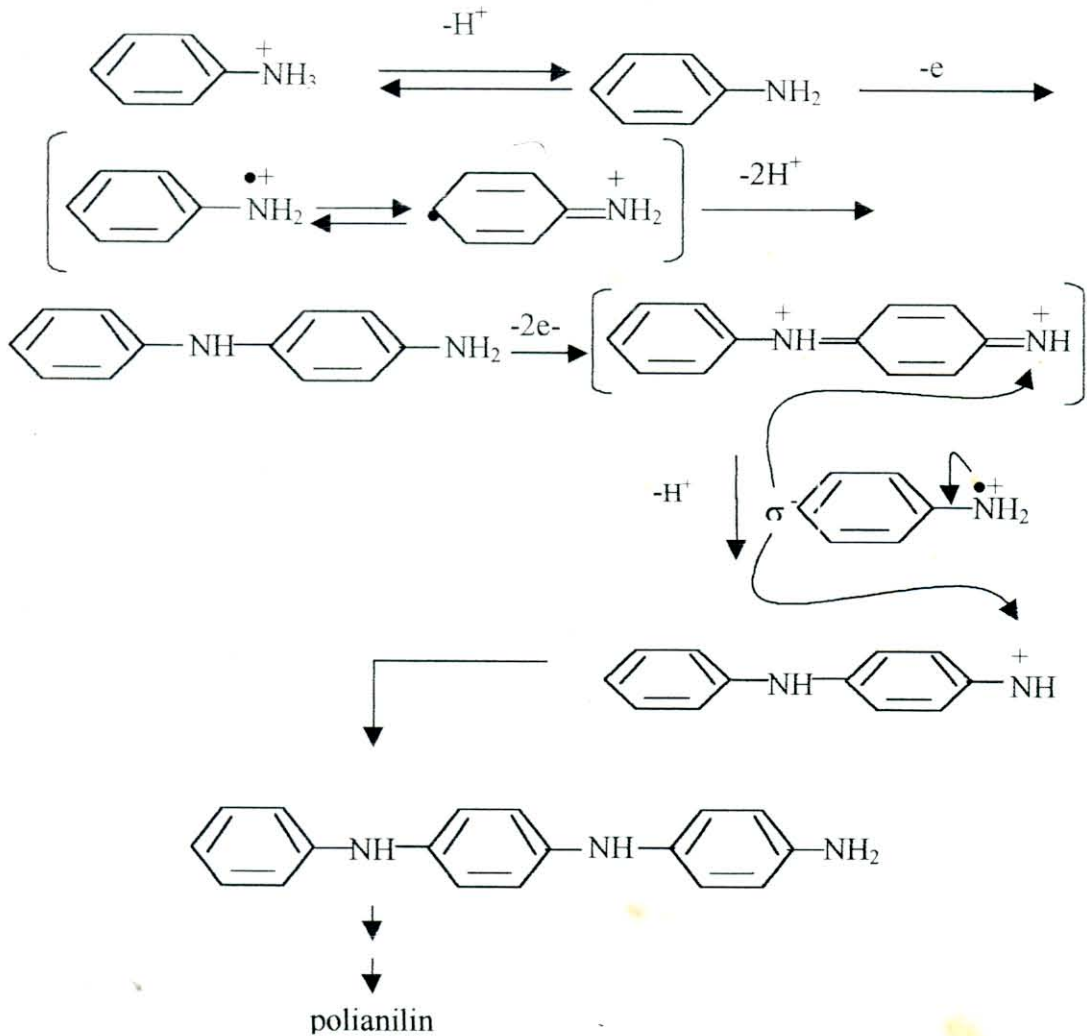
Dalam metoda potensiostatik, beda tegangan antara katoda dan anoda terhadap elektroda acuan dibuat tetap. Dengan demikian reaksi yang diinginkan dapat dikendalikan dengan memberi potensial katoda atau anoda yang tetap. Dengan demikian, reaksi yang diinginkan dapat dikendalikan (dikontrol) dengan pemberian potensial katoda atau anoda yang tepat terhadap elektroda acuan. Ini merupakan prinsip kerja dari metoda potensiostatik. Metoda ini sangat berguna untuk sistem yang memiliki reaksi *multi step* atau mengandung spesies elektroaktif lainnya. Diagram perangkat metode potensiostatik diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.4 Diagram perangkat metoda potensiostatik

Diantara teknik elektrokimia, metoda potensial siklik telah luas digunakan untuk memproduksi Polianilin film pada elektroda. Telah diamati bahwa Polianilin siap untuk terdegradasi dan membentuk ikatan sambung silang ketika menggunakan potensial menjadi lebih positif dari + 0,7 Volt terhadap SCE. Reaksi samping ini dapat diminimalkan dengan penggunaan potensial yang lebih rendah, dimana laju polimerisasi akan berkurang. Diketahui bahwa polimerisasi anilin adalah proses autokatalitik. Studi kinetik menunjukkan bahwa tahap oksidasi monomer anilin menjadi spesies dimer (turunan dari anilin) seperti p-aminodifenilamin, 1-2 difenilhidrazin dan benzidin adalah tahap penentu laju reaksi. Penambahan sejumlah dimer, p-aminodifenilamin, sebagai pendahuluan pada sistem polimerisasi dapat menghindari tahap lambat polimerisasi (Yen Wei,

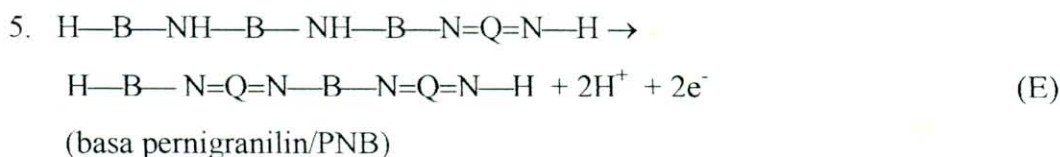
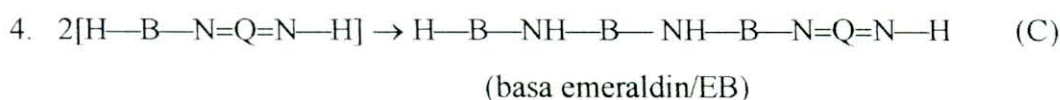
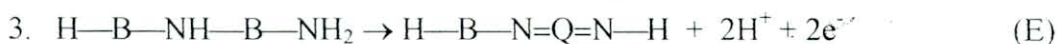
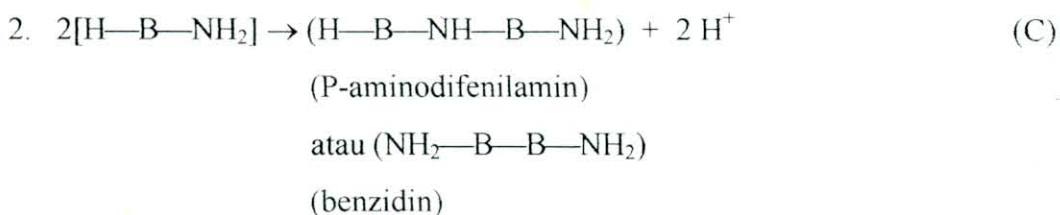
1990). Mekanisme polimerisasi anilin dapat ditunjukkan sebagai berikut pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Mekanisme polimerisasi polianilin

Oksidasi anilin ke bentuk dimer adalah reaksi lambat. Karena dimer memiliki potensial oksidasi lebih rendah daripada anilin, maka anilin akan mengalami oksidasi setelah membentuk ion diiminium. Serangan elektrofilik monomer anilin oleh ion diiminium atau ion nitrenium, yang dapat diturunkan dari deprotonasi ion diiminium, akan melengkapi tahap pertumbuhan hingga akhirnya akan terbentuk Polianilin. Ketika dimer ditambahkan pada sistem, langkah lambat pada polimerisasi dapat dihindari (Yen Wei, 1990).

Tahapan reaksi mekanisme polimerisasi polianilin dalam larutan asam dilukiskan sebagai berikut (Suryaningsih, 1998):



Dengan B adalah bentuk benzoid dan Q adalah bentuk quinoid

Tahapan (1) dan (2) ; (3) dan (4); (5) dan (6) merupakan tahapan elektrooksidasi (E) dan reaksi kimia (C) yang berselang seling. Setiap oksidasi (E) akan mengubah —B—NH—B—NH₂ menjadi —B—N=Q=N—H + 2H⁺ dan setiap reaksi kimia (C) yang mengikutinya akan mengabungkan unit —B—N=Q=N—H dan H—B—N=Q=N—H menjadi —B—N=Q=N—B—NH—B—NH—. Pada akhirnya, hasil keseluruhan akan merupakan polimer berkomposisi —B—NH—B—NH— dan —B—N=Q=N— (Suryaningsih, 1997).

2.3.1 Preparasi Polianilin

Polianilin dapat dipreparasi secara elektrokimia oksidasi di dalam sel yang berisi anilin dan sejumlah asam baik menggunakan metoda galvanostatik ataupun potensiostatik (Chen, 1987). Tabel 2.1 menunjukkan preparasi polianilin dari beberapa hasil penelitian sebelumnya.

Tabel 2.1 Preparasi Polianilin Dari Beberapa Hasil Penelitian.

No	Referensi	Metoda elektropolimerisasi	Larutan elektrolit	Elektroda	Kondisi polimerisasi dan karakter PAN yang dihasilkan
1	Show-An Chen (1987)	Galvanostatik	HBF ₄	Anoda : platina Katoda : platina	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi polimerisasi dilakukan dalam sel elektrokimia yang berisi 1,5 M HBF₄ dan 0,7 M anilin pada suhu kamar. Arus dijaga konstan sebesar 0,95 mA/cm². - Polianilin yang diperoleh berbentuk granular/gumpalan yang tidak beraturan berwarna hitam-kehijauan pada permukaan elektroda kerja (Pt).
2	Yen Wei (1990)	Potensiostatik	HCl	Elektroda kerja : Pt Elektroda mitra : Pt Elektroda acuan : SCE	<ul style="list-style-type: none"> - Polimerisasi dilakukan pada suhu kamar. Potensial kerja diatur antara -0,2 v sampai 0,8 v terhadap SCE. Cuplikan mengandung larutan anilin 0,22 M dalam HCl 1 M dengan penambahan dimer p-amoni difenilamin pada berbagai variasi konsentrasi. - Penambahan dimer p-amino difenilamin dalam

					<p>polimerisasi akan meningkatkan kualitas dan keseragaman polimer (PAn).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Polimer PAn yang terbentuk pada permukaan elektroda kerja (Pt) berbentuk film atau lapisan tipis.
3	Bradford Sherman (1994)	Potensiostatik	HCl	<p>Elektroda kerja : gelas NESAs (oksida timah dengan doping florida/antimon)</p> <p>Elektroda mitra : Cu</p> <p>Elektroda acuan : SCE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - PAn film disintesis antara + 0,6 v dan 0,7 v terhadap SCE selama 20 menit. Cuplikan mengandung 3 M HCl dan anilin 1,5 M. - Polimer yang diperoleh berupa lapisan tipis (film) yang melekat pada elektroda kerja (gelas NESAs). - PAn film yang terbentuk berwarna hijau.
4	Yayah Yuliah (1999)	Galvanostatik	HCl	<p>Anoda : kaca ITO (<i>Indium Tin Oxide</i>)</p> <p>Katoda : platina</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi polimerisasi dibuat dengan variasi arus sintesis 0,2 mA; 0,3 mA; 0,4 mA; 0,5 mA dan 0,6 mA masing-masing selama 15 menit. Karakterisasi PAn dilakukan dengan mengukur konduktivitas film PAn dengan menggunakan metoda <i>Four Point Probe</i>. - Polimer yang terbentuk berupa film (lapisan

5	Suryaningsih (1997)	Potensioostatik	HCl	Elektroda kerja : ITO Elektroda mitra : Pt Elektroda acuan : SCE	<p>tipis) yang melekat pada elektroda kaca ITO berwarna hijau (garam emeraldine).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Polimerisasi dilakukan selama 30 menit pada suhu kamar (26°C). Tegangan kerja diatur antara 600 mV sampai 700 mV. Cuplikan mengandung larutan anilin 0,5 M dalam 1 M HCl. Pengukuran konduktivitas PAN dilakukan dengan menggunakan metoda <i>Four Point Probe</i>. - polimer yang diperoleh melekat pada elektroda kerja (kaca ITO) berupa lapisan tipis berwarna hijau sampai hijau tua.
6	Foot, P dan R. Simon (1989)	Potensioostatik	HCl	Elektroda kerja : ITO Elektroda mitra : Au Elektroda acuan : SCE	<ul style="list-style-type: none"> - Proses polimerisasi dilakukan selama 3 sampai 30 menit yang memberikan film PAN dengan ketebalan 50 nm sampai 500 nm. - Selama proses potensial kerja diatur antara 0,6 Volt sampai 0,8 Volt terhadap SCE. - Polimer yang dihasilkan berupa lapisan tipis yang melekat pada elektroda ITO.

Preparasi polianilin dari beberapa hasil penelitian tersebut tidak menunjukkan adanya pengamatan terhadap faktor-faktor proses sintesis seperti jenis elektroda, variasi waktu sintesis dan suhu polimerisasi yang digunakan. Demikian juga dengan parameter sintesis seperti laju polimerisasi dan sifat elektrokromik polianilin terhadap faktor-faktor sintesis arus, konsentrasi elektrolit, konsentrasi monomer dan waktu sintesis merupakan bagian penelitian yang belum diamati. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap faktor-faktor sintesis tersebut untuk lebih melengkapi penelitian sebelumnya.

2.3.2 Empat Bentuk Polianilin

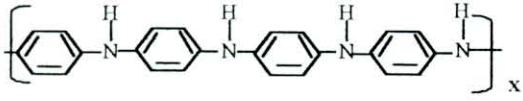
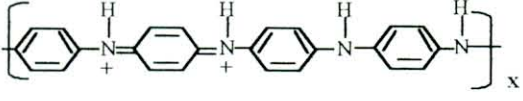
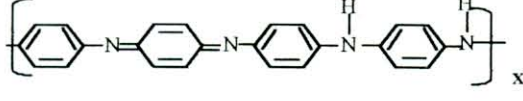
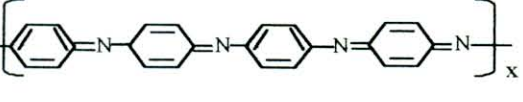
Perkembangan ilmu pengetahuan menunjukkan bahwa Polianilin ada dalam empat bentuk yang berbeda dimana masing-masing mempunyai warna yang berbeda. Anilin yang dipolimerisasi secara elektrokimia menjadi hijau, bentuk konduktif Polianilin diketahui sebagai garam emeraldine. Setelah film disintesis, semua bentuk Polianilin dapat diperoleh dan kemampuan dapat balik interkonversi sangat cepat secara elektrokimia (dengan mengubah voltase yang digunakan). Interkonversi antara bentuk garam emeraldine hijau dan bentuk basa emeraldine biru dapat juga dicapai dengan mengubah pH.

Nama, struktur, warna dan sifat-sifat listrik dari keempat bentuk Polianilin ditunjukkan pada tabel 2.2 (Charles, 1994)

Hal terpenting yang membedakan macam-macam bentuk Polianilin adalah perbandingan gugus benzoid terhadap gugus quinonediimine, yang dapat dikontrol melalui proses redoks dan derajat protonasi yang dapat diatur oleh pH.

Sifat-sifat elektrokromik (tampilan warna) diamati oleh perubahan voltase yang digunakan pada film Polianilin (Charles, 1994). Menggunakan tiga elektroda potentiostats reduksi sempurna leucoemeraldine, bentuk tak berwarna, diperoleh dibawah $-0,2$ volt, protonasi emeraldine salt green terjadi antara $+0,3$ volt sampai $+0,4$ volt, basa emeraldine biru terjadi pada $+0,7$ volt dan oksidasi sempurna menjadi pernigraniline ungu diperoleh pada $+0,8$ volt relatif terhadap SCE.

Tabel 2.2 Bentuk-bentuk Polianilin .

Nama	Struktur	Warna	dugaan
Leucomeraldine		Tak berwarna	Tereduksi penuh
Garam emeraldine		hijau	Teroksidasi sebagian dan protonasi
Basa emeraldine		biru	Teroksidasi sebagian
Pernigraniline		ungu	Teroksidasi penuh

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium kimia sintesis, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan Januari-Agustus 2001.

3.2 Sintesis Secara Elektrokimia dengan Metoda Galvanostatik

Proses polimerisasi secara elektrokimia terdiri dari tahapan inisiasi, propagasi dan terminasi (Yayah Yuliah, 1998). Pada proses inisiasi tidak dipergunakan bahan inisiator, tetapi dengan metoda ini, propagasi dapat diatur dengan mudah melalui pengaturan tegangan atau arus yang diberikan, disamping konsentrasi elektrolit dan konsentrasi monomer.

Ada tiga metoda dasar untuk pembuatan polimer konduktif (Suryaningsih, 1997), yaitu :

1. Sintesis secara kimia baik polimerisasi maupun dopingnya.
2. Polimerisasinya melalui sintesis kimia sedangkan dopingnya melalui proses elektrokimia.
3. Polimerisasi maupun doping dilakukan bersamaan dengan cara proses elektrokimia.

Dalam penelitian ini polimer konduktif PAN dibuat dengan menggunakan metoda yang terakhir sebab memiliki keuntungan (Yuliah, 1999) yaitu :

- i. Reaksi yang diinginkan dapat dengan mudah dilakukan melalui pemberian potensial listrik dan dapat dipilih melalui pengaturan parameter sintesa yang tepat (potensial atau arus listrik, jenis elektrolit, pelarut serta konsentrasinya dan jenis elektroda yang digunakan).
- ii. Proses doping, terjadi bersamaan polimerisasi sehingga tidak perlu dilakukan doping tersendiri.
- iii. Polimer yang terbentuk melekat (terlokalisasi) pada elektroda kerja.

Akan tetapi, belum diketahui secara kuantitatif bagaimana faktor-faktor proses seperti tegangan (potensial) kerja, arus kerja, konsentrasi monomer dan jenis

elektroda yang digunakan mengambil peranan dalam proses polimerisasi dengan elektrolit tertentu.

Metoda yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah metoda Galvanostatik. Pada metoda ini digunakan sel dua elektroda yang terdiri dari elektroda kerja (WE) dan elektroda mitra (CE) dan sumber arus konstan.

Parameter yang akan diamati dalam penelitian ini meliputi : arus sintesis; waktu sintesis; jenis elektroda yang digunakan (Pt, Au, stainless steel, dan karbon); konsentrasi monomer anilin; konsentrasi elektrolit (HCl); berat polimer polianilin; perubahan bentuk-bentuk (sifat elektrokromik) polianilin; laju polimerisasi; dan sifat konduktivitas polianilin hasil elektropolimerisasi.

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk preparasi polimer polianilin meliputi sumber arus konstan dengan unjuk kerja 0 mA sampai 50 mA, voltmeter digital, elektroda stainless steel, elektroda karbon, elektroda emas, elektroda platina, elektroda Ag/AgCl, beaker glass (100 mL; 150 mL), gelas ukur (10 mL), labu ukur (100 mL; 50 mL), pipet volume (50 mL; 25 mL; 10 mL) dan erlenmeyer.

Identifikasi polimer polianilin dilakukan menggunakan spektroskopi Uv-Vis, spektroskopi Infra Merah dan seperangkat alat konduktivitas.

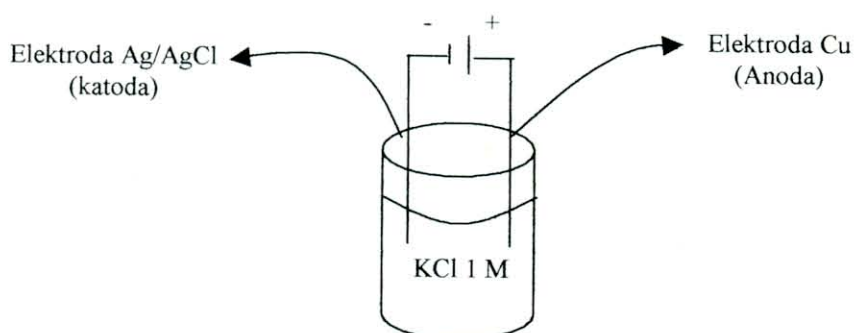
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi larutan anilin pro analisis (PA) dengan konsentrasi 0,5 M; 1 M; 1,5 M; 2 M; 2,5 M dan 3 M, larutan elektrolit (HCl) dengan konsentrasi 1 M; 2 M; 3 M; 4 M; 5 M dan 6 M, acetonitril, aquades dan larutan KCl 1 M.

3.4 Prosedur Polimerisasi

3.4.1 Preparasi Elektroda

Dalam proses elektropolimerisasi digunakan dua buah elektroda, yaitu elektroda kerja dan elektroda acuan. Elektroda kerja yang digunakan meliputi elektroda stainless steel, elektroda emas, elektroda platina dan elektroda karbon. Sedangkan elektroda Ag/AgCl digunakan sebagai elektroda acuan. Preparasi masing-masing elektroda dapat diterangkan sebagai berikut.

- a. Elektroda stainless steel diperlakukan dengan menggosok kedua permukaannya sampai menyerupai cermin.
- b. Elektroda Ag/AgCl dibuat dengan cara elektrolisis elektroda Ag (sebagai katoda) lawan elektroda Cu (sebagai anoda) dalam larutan KCl 1 M selama 30 menit, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Preparasi elektroda Ag/AgCl

- c. Elektroda karbon, dibuat dengan mencetak karbon menjadi lempengan atau batangan karbon berukuran 0,5 Cm x 3 Cm.

3.4.2 Preparasi Bahan

Preparasi bahan mencakup preparasi larutan monomer anilin dan larutan elektrolit (HCl). Masing-masing langkah preparasi dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Membuat larutan anilin dengan konsentrasi 0,5 M; 1M; 1,5 M; 2 M; 2,5M dan 3 M.
- b. Membuat beberapa larutan elektrolit 1 M; 2 M; 3 M; 4 M; 5 M dan 6 M dalam 60 mL H₂O/Acetonitril.

3.4.3 Elektropolimerisasi Polianilin.

Polianilin disintesis secara elektropolimerisasi dengan menggunakan metoda Galvanostatik terhadap berbagai variasi parameter sintesis, yaitu diantaranya adalah jenis elektroda, arus sintesis, waktu sintesis, konsentrasi HCl dan konsentrasi monomer anilin. Langkah-langkah elektropolimerisasi polianilin

terhadap masing-masing variasi parameter sintesis dapat diterangkan sebagai berikut.

1. Elektropolimerisasi dengan variasi elektroda
 - a. Polianilin disintesis secara elektrokimia di dalam sel dengan menggunakan dua buah elektroda. Elektroda kerja (anoda) dibuat bervariasi yaitu diantaranya elektroda stainless steel, emas, platina dan karbon, sedangkan elektroda acuan (katoda) digunakan elektroda Ag/AgCl.
 - b. Larutan di dalam sel berisi anilin 1M sebanyak 30 mL dengan acetonitril sebagai pelarut, ditambah larutan HCl 3 M sebanyak 60 mL. Arus dibuat konstan sebesar 2 mA dengan mengatur beda potensial kedua elektroda.
 - c. Waktu polimerisasi dibuat tetap pada setiap percobaan yaitu selama 30 menit.
 - d. Mencatat berat dan warna dari polimer polianilin yang diperoleh.

2. Elektropolimerisasi dengan variasi arus sintesis
 - a. Polianilin disintesis secara elektrokimia di dalam sel dengan menggunakan elektroda karbon sebagai elektroda kerja (anoda) dan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda acuan (katoda).
 - b. Larutan di dalam sel berisi anilin 1M sebanyak 30 mL dengan acetonitril sebagai pelarut, ditambah larutan HCl 3 M sebanyak 60 mL. Arus sintesis dibuat bervariasi yaitu sebesar 0,5 mA; 1 mA; 1,5 mA; 2 mA; 2,5 mA dan 3 mA.
 - c. Waktu polimerisasi dibuat tetap pada setiap percobaan yaitu selama 30 menit.
 - d. Mencatat berat dan warna dari polimer polianilin yang diperoleh.

3. Elektropolimerisasi dengan variasi waktu sintesis
 - a. Polianilin disintesis secara elektrokimia di dalam sel dengan menggunakan elektroda karbon sebagai elektroda kerja (anoda) dan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda acuan (katoda).

- b. Larutan di dalam sel berisi anilin 1M sebanyak 30 mL dengan acetonitril sebagai pelarut, ditambah larutan HCl 3 M sebanyak 60 mL. Arus sintesis dibuat konstan sebesar 2 mA dengan mengatur beda potensial kedua elektroda.
 - c. Waktu polimerisasi dibuat bervariasi yaitu selama 10 ; 20; 30; 40; 50 dan 60 menit.
 - d. Mencatat berat dan warna dari polimer polianilin yang diperoleh.
4. Elektropolimerisasi dengan variasi konsentrasi HCl
- a. Polianilin disintesis secara elektrokimia di dalam sel dengan menggunakan elektroda karbon sebagai elektroda kerja (anoda) dan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda acuan (katoda).
 - b. Larutan di dalam sel berisi anilin 1M sebanyak 30 mL dengan acetonitril sebagai pelarut, ditambah larutan HCl yang dibuat bervariasi konsentrasinya yaitu sebesar 1 M; 2 M; 3 M; 4 M; 5 M dan 6 M sebanyak 60 mL. Arus sintesis dibuat konstan sebesar 2 mA dengan mengatur beda potensial kedua elektroda.
 - c. Waktu polimerisasi dibuat tetap pada setiap variasi yaitu selama 30 menit.
 - d. Mencatat berat dan warna dari polimer polianilin yang diperoleh.
5. Elektropolimerisasi dengan variasi konsentrasi monomer anilin
- a. Polianilin disintesis secara elektrokimia di dalam sel dengan menggunakan elektroda karbon sebagai elektroda kerja (anoda) dan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda acuan (katoda).
 - b. Larutan di dalam sel berisi monomer anilin dengan konsentrasinya dibuat bervariasi sebesar 0,5M; 1M; 1,5M; 2M; 2,5M dan 3M sebanyak 30 mL dengan acetonitril sebagai pelarut, ditambah larutan HCl 3 M sebanyak 60 mL. Arus sintesis dibuat konstan sebesar 2 mA dengan mengatur beda potensial kedua elektroda.

- c. Waktu polimerisasi dibuat tetap pada setiap variasi yaitu selama 30 menit.
- d. Mencatat berat dan warna dari polimer polianilin yang diperoleh

3.5. Karakterisasi Polianilin

Karakterisasi polianilin dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis dan spektroskopi Infra Merah.

3.5.2 Karakterisasi Polianilin Menggunakan Spektroskopi Uv-Vis

Pengukuran spektrum UV-Vis dilakukan pada daerah 200 nm sampai dengan 800 nm. Serapan-serapan maksimum pada kurva UV-Vis berasal dari transisi elektronik dari satu pita ke pita yang berenergi yang lebih tinggi di dalam molekul polianilin. Data serapan maksimum panjang gelombang dari masing-masing bentuk polianilin diperlihatkan pada tabel 3.1 (Charles, 1994:71).

Tabel. 3.1 Serapan λ_{maks} Maksimum Masing-masing bentuk pAn

Nama	λ_{maks} (nm)	Warna
Leucomeraldine	310	Clear
Emeraldine salt	320, 420, 800	Hijau
Emeraldine base	320, 620	Biru
Pernigraniline	320, 530	Ungu

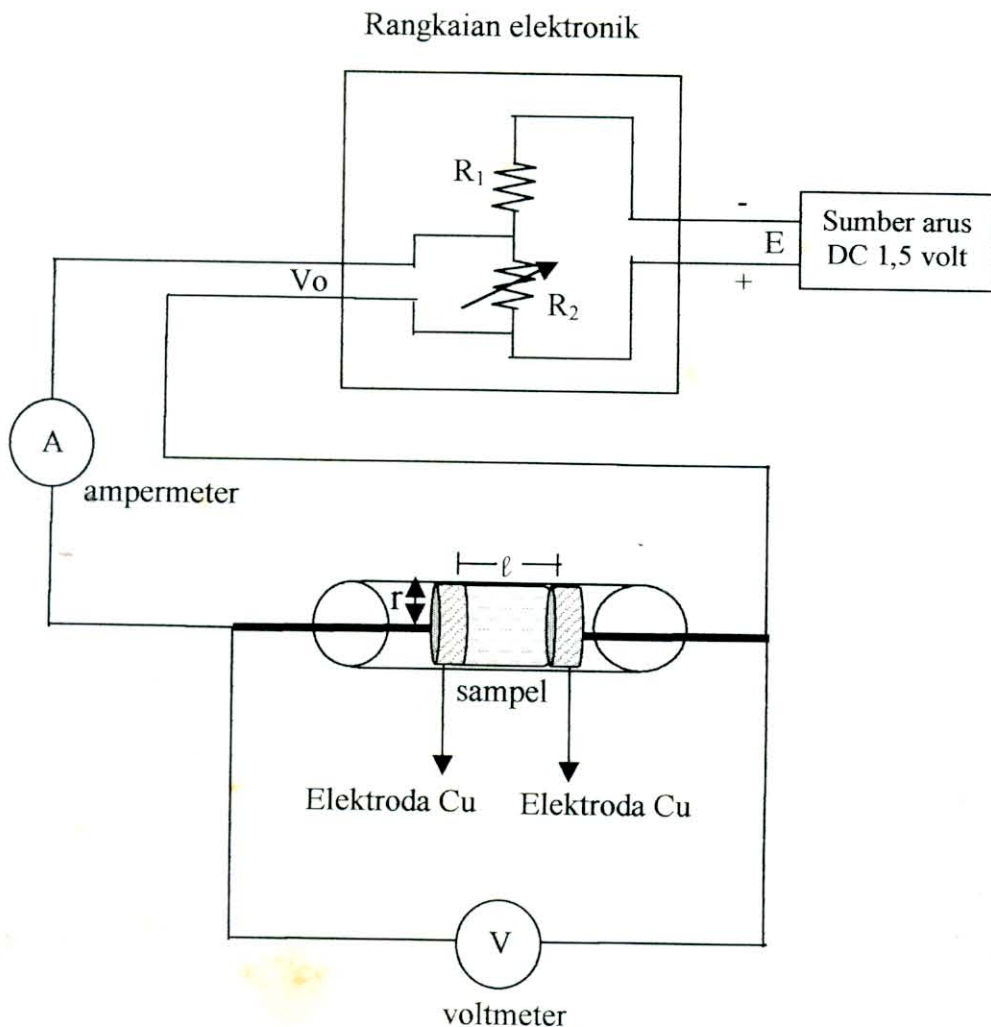
3.5.3 Karakterisasi Polianilin Menggunakan Spektroskopi IR

Pengukuran spektrum Infra Merah dilakukan pada daerah 400 Cm^{-1} sampai 5000 Cm^{-1} . Penentuan gugus kromofor C=C benzoid dan kromofor C=C kuinoid dilakukan dengan menggunakan spektroskopi IR, dimana serapan pada daerah berfrekuensi $1475 - 1490 \text{ Cm}^{-1}$ menunjukkan adanya kromofor C=C benzoid dan di daerah 1560 Cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C kuinoid.

3.5.4 Karakterisasi Konduktivitas Polianilin.

Pengukuran konduktivitas polianilin dilakukan dengan menggunakan dua buah elektroda yang terbuat dari tembaga. Rangkaian alat konduktivitas yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.2.

Produk polianilin diletakkan/dimasukkan ke dalam wadah yang berbentuk silinder dan ditekan hingga memiliki ketebalan 2 mm. Kedua ujung sampel dihubungkan dengan elektroda tembaga yang dialiri arus dari sumber arus konstan. Sumber arus konstan yang digunakan memiliki keluaran dari 0 mA sampai 50 mA. Kedua elektroda tembaga tersebut dihubungkan ke voltmeter sebagai tempat pembacaan tegangan, seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rancangan Alat Ukur Konduktivitas Polianilin.

Penurunan rumus untuk pengukuran konduktivitas sampel polianilin ditunjukkan sebagai berikut. Persamaan 3.1 menunjukkan formula untuk hambatan bahan.

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

dengan $A = \pi \times r^2$

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (3.2)$$

substitusi persamaan 3.1 dan 3.2 menghasilkan persamaan 3.3.

$$\rho = \frac{V \pi r^2}{I \cdot \ell} \dots\dots\dots (3.3)$$

sehingga persamaan untuk konduktivitas dapat ditulis seperti pada persamaan 3.4.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{I \cdot \ell}{V \pi r^2} \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana : σ = konduktivitas dalam S/Cm

ρ = hambatan jenis bahan

I = arus yang digunakan (mA)

ℓ = tebal sampel (mm)

V = Voltase yang teramati (mV)

A = luas permukaan sampel (lingkaran = $\pi \cdot r^2$)

π = konstanta sebesar 3,14

r = jari-jari lingkaran (mm)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pemberian potensial yang tepat di anoda bergantung pada harga potensial oksidasi monomer. Jika potensial anoda terlalu rendah, maka monomer anilin kurang elektroaktif sehingga laju proses sangat lambat. Akan tetapi, jika potensial anoda terlalu besar maka kation radikal monomer anilin akan terdorong menjauhi anoda sebelum sempat bereaksi secara kimia dan gagal membentuk rantai. Diantara jenis elektroda kerja (anoda) yang digunakan, elektroda karbon memberikan hasil yang jauh lebih baik daripada elektroda kerja lainnya (platina, emas dan stainless steel). Produk yang diperoleh berupa serbuk/granular yang menempel pada permukaan elektroda karbon.
2. Laju reaksi oksidasi monomer anilin yang terjadi pada anoda sebanding dengan jumlah arus yang mengalir. Produk polianilin yang diperoleh semakin besar sebanding dengan semakin besarnya arus i yang digunakan. Sifat elektrokromik polianilin sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus yang digunakan. Polianilin berwarna hijau (garam emeraldine) diperoleh jika digunakan arus 2 mA dalam proses polimerisasinya. Di atas kondisi ini (arus lebih besar dari 2 mA) produk yang diperoleh berupa campuran dari beberapa bentuk polianilin akibat terjadi oksidasi lebih lanjut pada sebagian rantai polimer yang telah terbentuk.
3. Lama polimerisasi sangat menentukan jumlah (gram) polianilin yang dihasilkan. Semakin lama proses polimerisasi dilakukan, maka semakin banyak produk polianilin yang diperoleh. Pembentukan rantai polimer pada permukaan elektroda kerja mulai terjadi kurang lebih 5 menit dari start (saat polimerisasi dimulai). Berat PAN bentuk garam emeraldine (hijau) yang paling tinggi dicapai jika proses polimerisasi dilakukan selama 30 menit, sedangkan diatas kondisi ini ($t > 30$ menit) PAN yang diperoleh berupa campuran dari beberapa bentuk PAN.

4. Pemberian konsentrasi HCl yang berbeda-beda akan mempengaruhi berat produk dan sifat-sifat elektrokromik dari PAN. Berat rata-rata PAN yang diperoleh pada kondisi polimerisasi menggunakan HCl 3 M adalah yang paling besar. Pemberian konsentrasi HCl lebih besar/kecil dari 3 M akan menghasilkan produk PAN yang semakin sedikit akibat pengaruh daya hantar elektrolit dan proses protonasi monomer anilin menjadi kation monomer yang tidak berperan dalam proses polimerisasi. Pemberian HCl sebesar 0,5 M menghasilkan PAN bentuk pernigraniline yang berwarna ungu, sedangkan menggunakan HCl 1 M s/d 4 M memperoleh produk garam emeraldine berwarna hijau, sementara pemberian HCl lebih dari 4 M menghasilkan campuran dari bentuk garam emeraldine dan leukoemeraldine.
5. Proses difusi monomer anilin yang berlangsung dari daerah *bulk* menuju elektroda akan menentukan laju proses elektrokimia secara keseluruhan. Semakin besar jumlah monomer anilin yang digunakan, maka laju difusi monomer semakin tinggi sehingga produk PAN yang menempel di elektroda semakin banyak. Hasil eksperimen menunjukkan produk PAN bentuk garam emeraldine yang paling baik dicapai jika digunakan konsentrasi monomer anilin sebesar 1 M.
6. Peningkatan waktu sintesis akan menurunkan laju polimerisasi hingga menit ke 40, namun peningkatan selanjutnya justru akan menaikkan laju polimerisasi. Kenaikan ini berkaitan dengan laju perubahan bentuk garam emeraldine ke bentuk basa pernigraniline.
7. Karakterisasi PAN bentuk garam emeraldine menggunakan spektroskopi Infra Merah menunjukkan adanya serapan didaerah 2000 Cm^{-1} s/d 400 Cm^{-1} . Puncak-puncak utama yang muncul pada kurva spektrum Infra Merah berasal dari adanya vibrasi molekul yang ada pada molekul polianilin, yaitu diantaranya : vibrasi C-H bending; C-N stretching; C=C benzoid dan C=C kuinoid.

Acuan (Cm^{-1})	Eksperimen (Cm^{-1})	Vibrasi
800,53	804,039	C—H bending
1122,67	1146,16	C—H stretching
1290,49	1291,2	C—N
1473,75	1489,86	C=C benzoid
1560	1570	C=C kuinoid

8. Karakterisasi Uv-Vis polianilin garam emeraldine memperoleh serapan maksimum pada panjang gelombang 254 nm, 428 nm dan 800 nm yang menunjukkan jenis transisi elektronik dari satu pita ke pita yang berenergi lebih tinggi didalam molekul polianilin garam emeraldine.

λ (nm)	ΔE (ev)	Intensitas serapan	Jenis transisi elektronik
254	4,87	0,975	$\pi \rightarrow \pi^*$ cincin <i>quinoid</i>
428	2,89	0,688	$\pi \rightarrow \pi^*$ cincin <i>benzoid</i>
800	1,55	0,708	pita valensi ke pita konduksi

9. Konduktivitas optimum polianilin diperoleh pada kondisi polimerisasi menggunakan HCl 3 M, arus sintesis 2 mA selama 30 menit, sebesar 0,66 S/Cm.

5.2 SARAN

Kondisi optimum polimerisasi secara Galvanostatik untuk memperoleh kondisi PAn bentuk garam emeraldine belum mencapai sempurna karena parameter sintesis suhu dan jenis elektrolit belum diamati. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap parameter-parameter tersebut untuk lebih menyempurnakan hasil penelitian ini.

Masih terdapatnya pengotor/kontaminan pada produk PAn garam emeraldine merupakan suatu permasalahan yang perlu dikaji lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dengan kemurnian yang sangat tinggi. Oleh karena itu perlu suatu pemikiran untuk mendapatkan cara/metoda pemurniannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Hiskia. 1992. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*, Bandung : Citra Aditya Bakti.
- Asrosi, M. Zainul, Darminto dan Mashuri. 1997. *Sintesis dan Perubahan Kinerja Listrik Polianilin sebagai Bahan Polimer Konduktif Akibat Perlakuan Panas*. Laporan penelitian. Lembaga Penelitian. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bartlett, Philip N, Peter R. Birkin, Jin Hai Wang, Fransisco Palmisano, Guiseppe De Benetto. 1998. *Analytical Chemistry*. Vol 70. 3685-3694 .
- Billmeyer, Fred W. J.R. 1970. *Text Book of Polymer Chemistry Science*. Second Edition. New york : John Wiley & Sons, Inc.
- Charles, Bradford Sherman, William B Euler and R. Ren Force. 1994. " Polyanilin-Aconduucting polymer". Dalam *Journal Chemical Education*, Vol 71 number 4.
- Chen, Show-An and Tein-San Lee. 1987. "Fibrlar Morphology of The Electrochemically Polimerization Polyaniline in Tetrafluoroboric Acid Aqueous Solution". Dalam *Journal of Polimer Science*. Vol 25. 455-460.
- Connor. and Kennet. 1990. *Chemical Kinetic*. New York : VCH Publisher.
- Cowd, M.A. 1991. *Kimia Polimer*. Bandung : ITB.
- Foot, PJS and R Simons. 1989. "Electrochromic Propeties of Conducting Polyaniline". Dalam *Jurnal Apllied Physics*. vol 22. 1598-1603.
- Gordon, Manfred. 1963. *High Polimer*. London : Addison Wesley.
- Hjertberg, T. W.R Salaneck, Lundstrom, N. L.D.somasiri and G. Macdiarmid. 1985. "'A ¹³C Cp-Mass NMR Investigation of polyaniline". Dalam *Journal of Polimer Science*. Vol 23. 503-508.
- Kroschwitz, 1988. *Electrical & Electronic Propeties of Polymers*. New York : John Wiley & Sons.
- Logan. S.R. 1996. *Fumdamental Chemichal Kinetic*. London : Longman.
- Nurhilal, Otong. Yayah Yuliah. dan Tuti Susilawati. 1996. *Sintesis dan Karakterisasi Polianilin sebagai Bahan Aktif sensor pH*, Laporan Penelitia. Bandung : Fakultas MIPA Universitas Padjadajaran.

- Philip, H Rieger. 1994. *Electrochemistry*. Second Edition. New York : Chapman & Hall .
- Saunders, K.J. 1988. *Organic polymer Chemistry*. London: Chapman & Hall.
- Singh, Ramadhar. N. Kumar A. Mansingh. 1996. "Transport and Structural properties of Polyaniline Doped With Monovalent and multivalent ions". Dalam *Jurnal polyme*. vol 38. 4897-4902.
- Silverstein. Bassler. Morrill. 1991. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. Canada : Fifth edition. John Wiley & Sons .
- Skottheim, T.A. 1986. *Hand Book of Conductivity Polymer*. Vol I dan II. New York : Marcel and Dekker, inc.
- Strepeckheyen, A.V. Derevitskaya, and G. Slonimsky. 1994. *Afirst Course of polimer Chemistry*. Moscow.
- Suryaningsih, Sri, dan Yayah Yuliah. 1998. *Pengaruh Konsentrasi Elektrolit, Tegangan dan Temperatur Pada Konduktivitas Bahan Polianilin*. laporan penelitian. Bandung : Fakultas MIPA UNPAD.
- Wei, Yen. YanSun. Guang-Way Jang and Xuntang. 1990. "Effect of p-aminodiphenilamine on Electrochemical polymerization of Aniline" Dalam *Journal of Polimer Science*. Vol 28. 81-87.
- Yuliah, Yayah. dan Tuti Aryani. 1999. *Pengaruh Arus Sintesis Terhadap Konduktivitas Polianilin Hasil Elektropolimerisasi*. laporan penelitian. Fakultas MIPA UNPAD.

Tabel 4.1 pengaruh variasi elektroda terhadap hasil polimerisasi

Perc	ulangan	Kons .HCl 60 mL	Kons. anilin 30 mL	Waktu polimerisasi (menit)	Arus sintesis (mA)	Anoda	Katoda	Warna PAn	Berat PAn (gram)	Berat rata- rata PAn (gram)
1	1	3 M	1 M	30	2 mA	Stainless stell	Ag/AgCl	Hijau	0,0058	0,0059
	2	3 M	1 M	30	2 mA	Stainless stell	Ag/AgCl	Hijau	0,0056	
	3	3 M	1 M	30	2 mA	Stainless stell	Ag/AgCl	Hijau	0,0064	
									SD : $4,2 \times 10^{-4}$ RSD : 7,1 %	
2	1	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0108	0,0109
	2	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0112	
	3	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0107	
									SD : $2,65 \times 10^{-4}$ RSD : 2,4 %	
3	1	3 M	1M	30	2 mA	Emas	Ag/AgCl	Coklat -hitam	0,0021	0,0022
	2	3 M	1M	30	2 mA	Emas	Ag/AgCl	Coklat -hitam	0,0024	
	3	3 M	1 M	30	2 mA	Emas	Ag/AgCl	Coklat -hitam	0,0020	
									SD : $2,12 \times 10^{-4}$ RSD : 9,64 %	
4	1	3 M	1 M	30	2 mA	Platina	Ag/AgCl	Coklat	0,0087	0,0091
	2	3 M	1 M	30	2 mA	Platina	Ag/AgCl	coklat	0,0095	

	3	3 M	1 M	30	2 mA	Platina	Ag/AgCl	Coklat	0,0091	
									SD : 4×10^{-2} RSD : 4,4 %	

Tabel 4.3 pengaruh variasi arus sintesis terhadap hasil polimerisasi

Perc	ulangan	Kons. HCl 60 mL	Kons. anilin 30 mL	Waktu polimerisasi (menit)	Arus sintesis (mA)	Anoda	Katoda	Warna PAn	Berat PAn (gram)	Berat rata-rata PAn (gram)
1	1	3 M	1 M	30	0,5	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0021	0,00210
	2	3 M	1 M	30	0,5	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0023	
	3	3 M	1 M	30	0,5	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0017	
									SD : 2×10^{-4} RSD : 9,5 %	
2	1	3 M	1 M	30	1	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0037	0,00385
	2	3 M	1 M	30	1	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0035	
	3	3 M	1 M	30	1	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0042	
									SD : $3,6 \times 10^{-4}$ RSD : 9,5 %	
3	1	3 M	1 M	30	1,5	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0055	0,00510
	2	3 M	1 M	30	1,5	karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0046	
	3	3 M	1 M	30	1,5	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0053	
									SD : $4,7 \times 10^{-4}$ RSD : 9,3 %	
4	1	3 M	1 M	30	2	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0108	0,01090
	2	3 M	1 M	30	2	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0112	

	3	3 M	1 M	30	2	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0107	0,01090
									SD : $2,65 \times 10^{-4}$ RSD : 2,4 %	
5	1	3 M	1 M	30	2,5	Karbon	Ag/AgCl	Hijau tua & ungu-kebiruan	0,0197	0,0203
	2	3 M	1 M	30	2,5	Karbon	Ag/AgCl	Hijau tua & ungu-kebiruan	0,0204	
	3	3 M	1 M	30	2,5	Karbon	Ag/AgCl	Hijau tua & ungu-kebiruan	0,0209	
									SD : $6,04 \times 10^{-4}$ RSD : 2,97 %	
6	1	3 M	1 M	30	3	Karbon	Ag/AgCl	Hijau tua & hitam	0,0341	0,0349
	2	3 M	1 M	30	3	Karbon	Ag/AgCl	Hijau tua & hitam	0,0356	
	3	3 M	1 M	30	3	Karbon	Ag/AgCl	Hijau tua & hitam	0,0350	
									SD : $7,5 \times 10^{-4}$ RSD : 2,16 %	

Tabel 4.4 pengaruh variasi waktu sintesis terhadap hasil polimerisasi

Perc	ulangan	Kons. HCl 60 mL	Kons. anilin 30 mL	Waktu polimerisasi (menit)	Arus sintesis (mA)	Anoda	Katoda	Warna PAn	Berat PAn (gram)	Berat rata-rata PAn (gram)
1	1	3 M	1 M	10	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0039	0,0043
	2	3 M	1 M	10	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0042	
	3	3 M	1 M	10	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0046	
									SD : $3,6 \times 10^{-4}$ RSD : 8,4%	
2	1	3 M	1 M	20	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0069	0,0077
	2	3 M	1 M	20	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0078	
	3	3 M	1 M	20	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0084	
									SD : $7,55 \times 10^{-4}$ RSD : 9,8 %	
3	1	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0108	0,0109
	2	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0112	
	3	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0107	
									SD : $2,65 \times 10^{-4}$ RSD : 2,4 %	
4	1	3 M	1 M	40	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0133	0,0131
	2	3 M	1 M	40	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0140	

	3	3 M	1 M	40	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0119	
									SD : $1,07 \times 10^{-3}$ RSD : 8,17 %	
5	1	3 M	1 M	50	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0253	
	2	3 M	1 M	50	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0271	0,0264
	3	3 M	1 M	50	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0260	
									SD : $9,6 \times 10^{-4}$ RSD : 3,65 %	
6	1	3 M	1 M	60	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0327	
	2	3 M	1 M	60	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0293	0,0317
	3	3 M	1 M	60	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0331	
									SD : $2,08 \times 10^{-3}$ RSD : 6,56 %	

Tabel 4.5 Pengaruh variasi konsentrasi HCl terhadap hasil polimerisasi

Perc	Ulangan	Kons. HCl 60 mL	Kons. anilin 30 mL	Waktu polimerisasi (menit)	Arus sintesis (mA)	Anoda	Katoda	Warna PAn	Berat PAn (gram)	Berat rata-rata PAn (gram)
1	1	0,5 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0029	0,0031
	2	0,5 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0030	
	3	0,5 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0033	
									SD : $2,12 \times 10^{-4}$ RSD : 6,8 %	
2	1	1 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0087	0,0091
	2	1 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0095	
	3	1 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0090	
									SD : $4,06 \times 10^{-4}$ RSD : 4,46 %	
3	1	2 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0098	0,0100
	2	2 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0093	
	3	2 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0110	
									SD : $8,75 \times 10^{-4}$ RSD : 8,7 %	
4	1	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0108	0,0109
	2	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0112	

	3	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0107	
									SD : $2,65 \times 10^{-4}$ RSD : 2,4 %	
5	1	4 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0066	0,0072
	2	4 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0076	
	3	4 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0074	
									SD : $5,39 \times 10^{-4}$ RSD : 7,3 %	
6	1	5 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & bening	0,0054	0,0059
	2	5 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & bening	0,0062	
	3	5 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & bening	0,0060	
									SD : $3,5 \times 10^{-8}$ RSD : 7,09 %	
7	1	6 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & bening	0,0034	0,0037
	2	6 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & bening	0,0040	
	3	6 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & bening	0,0039	
									SD : $3,32 \times 10^{-4}$ RSD : 8,9 %	

Tabel 4.6 pengaruh variasi konsentrasi anilin terhadap hasil polimerisasi

Perc	ulangan	Kons. HCl 60 mL	Kons. anilin 30 mL	Waktu polimerisasi (menit)	Arus sintesis (mA)	Anoda	Katoda	Warna PAn	Berat PAn (gram)	Berat rata-rata PAn (gram)
1	1	3 M	0,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0053	0,0059
	2	3 M	0,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0058	
	3	3 M	0,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0065	
									SD : 6×10^{-4} RSD : 10 %	
2	1	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0108	0,0109
	2	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0112	
	3	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0107	
									SD : $2,65 \times 10^{-4}$ RSD : 2,4 %	
3	1	3 M	1,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu-kebiruan	0,0115	0,0107
	2	3 M	1,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu-kebiruan	0,0097	
	3	3 M	1,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu-kebiruan	0,0109	
									SD : $5,87 \times 10^{-4}$ RSD : 5,48 %	
4	1	3 M	2 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0121	0,0119
	2	3 M	2 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0114	

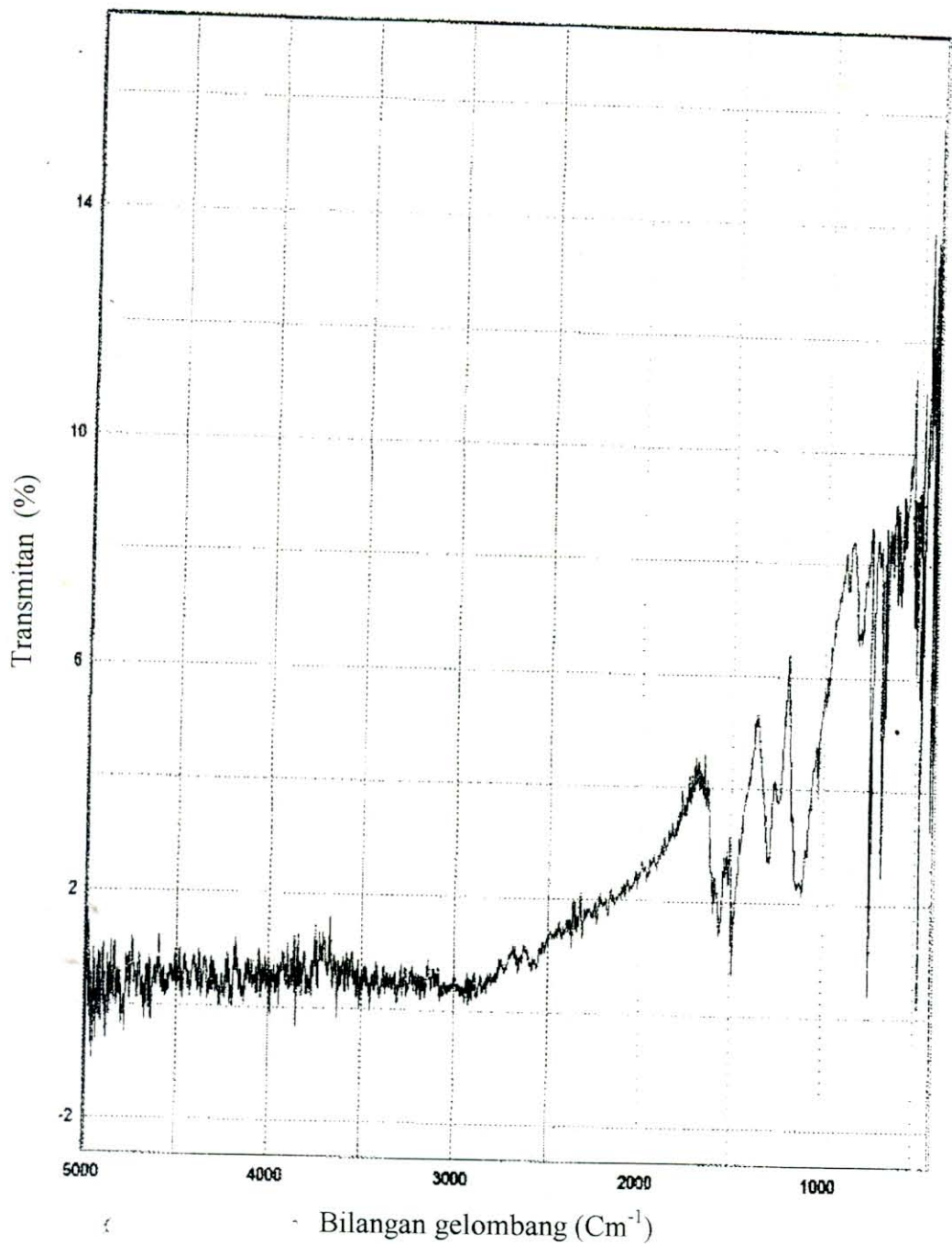
	3	3 M	2 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & ungu	0,0122	
									SD : $4,36 \times 10^{-4}$	
									RSD : 3,66 %	
5	1	3 M	2,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0129	
	2	3 M	2,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0125	0,0126
	3	3 M	2,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0124	
									SD : $4,2 \times 10^{-4}$	
									RSD : 3,3 %	
6	1	3 M	3 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0156	
	2	3 M	3 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0151	0,0148
	3	3 M	3 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Ungu	0,0136	
									SD : $1,04 \times 10^{-3}$	
									RSD : 7 %	

Tabel 4.7 pengaruh variasi konsentrasi anilin terhadap hasil polimerisasi

Perc	ulangan	Kons. HCl 60 mL	Kons. anilin 30 mL	Waktu polimerisasi (menit)	Arus sintesis (mA)	Anoda	Katoda	Warna PAn	Berat PAn (gram)	Berat rata-rata PAn (gram)
1	1	3 M	0,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0053	0,0059
	2	3 M	0,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0058	
	3	3 M	0,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0065	
									SD : 6×10^{-4} RSD : 10 %	
2	1	3 M	0,75 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0057	0,0061
	2	3 M	0,75 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0062	
	3	3 M	0,75 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0063	
									SD : $3,24 \times 10^{-4}$ RSD : 5,3 %	
3	1	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0108	0,0109
	2	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0112	
	3	3 M	1 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau	0,0107	
									SD : $2,65 \times 10^{-4}$ RSD : 2,4 %	
4	1	3 M	1,25 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & biru	0,0117	0,0111
	2	3 M	1,25 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & biru	0,0106	

	3	3 M	1,25 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau & biru	0,0110	
									SD : $5,57 \times 10^{-4}$ RSD : 5 %	
5	1	3 M	1,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau Ungu-kebiruan	0,0115	0,0107
	2	3 M	1,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau Ungu-kebiruan	0,0097	
	3	3 M	1,5 M	30	2 mA	Karbon	Ag/AgCl	Hijau Ungu-kebiruan	0,0109	
									SD : $5,87 \times 10^{-4}$ RSD : 5,48 %	

Kurva spektrum Infra Merah polianilin garam emeraldine pada 400Cm^{-1} sampai 5000Cm^{-1} .



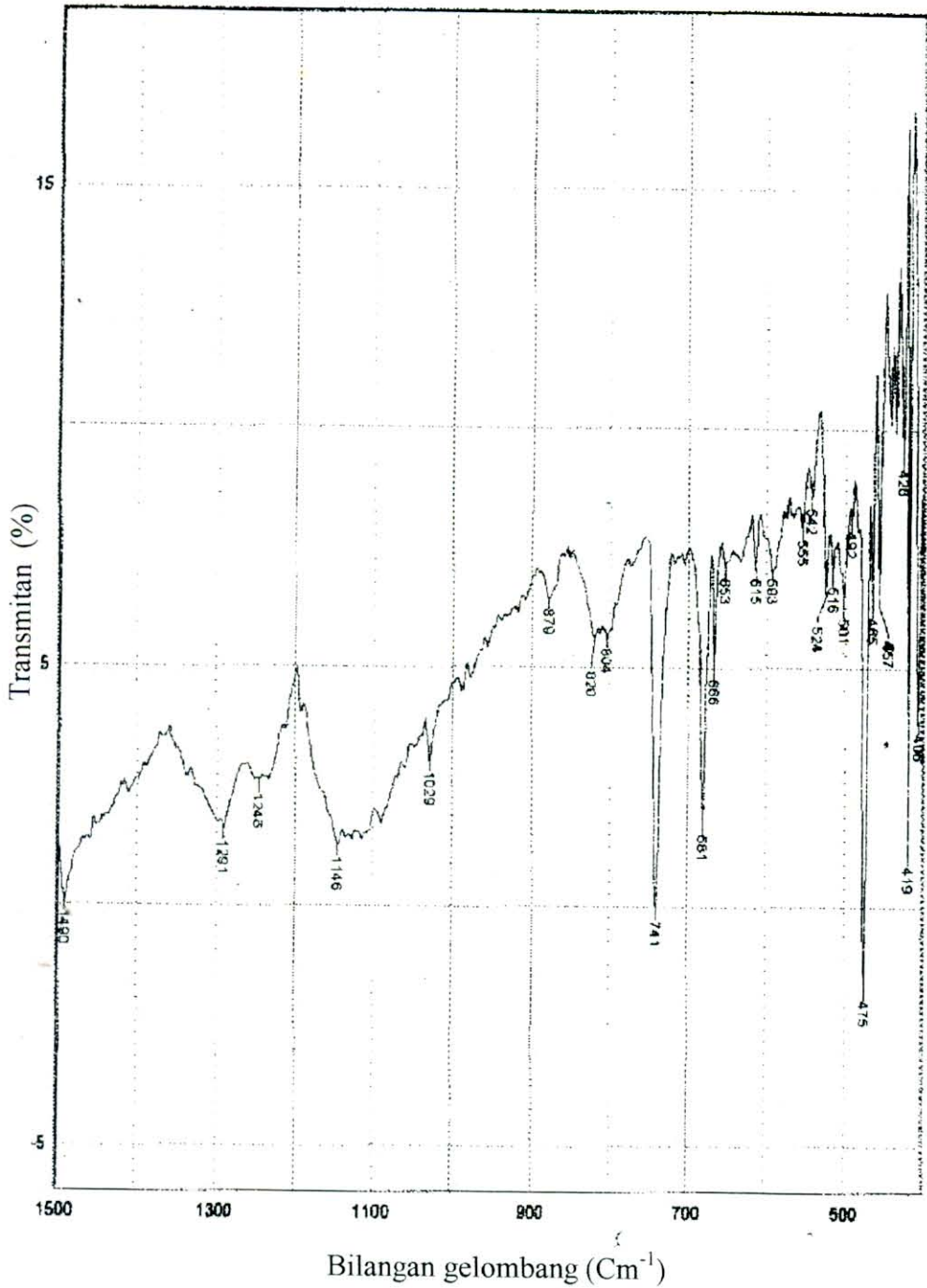
Transmittance / Wavenumber (cm-1)

Paged Y-Zoom CURSOR

File # 1 = KHOLIQ

7/10/01 12:31 PM Res=4 cm-1

Kurva spektrum Infra Merah polianilin garam emeraldine pada 400 Cm^{-1} sampai 1500 Cm^{-1} .



Transmittance / Wavenumber (cm-1)

Peaks Y-Zoom CURSOR

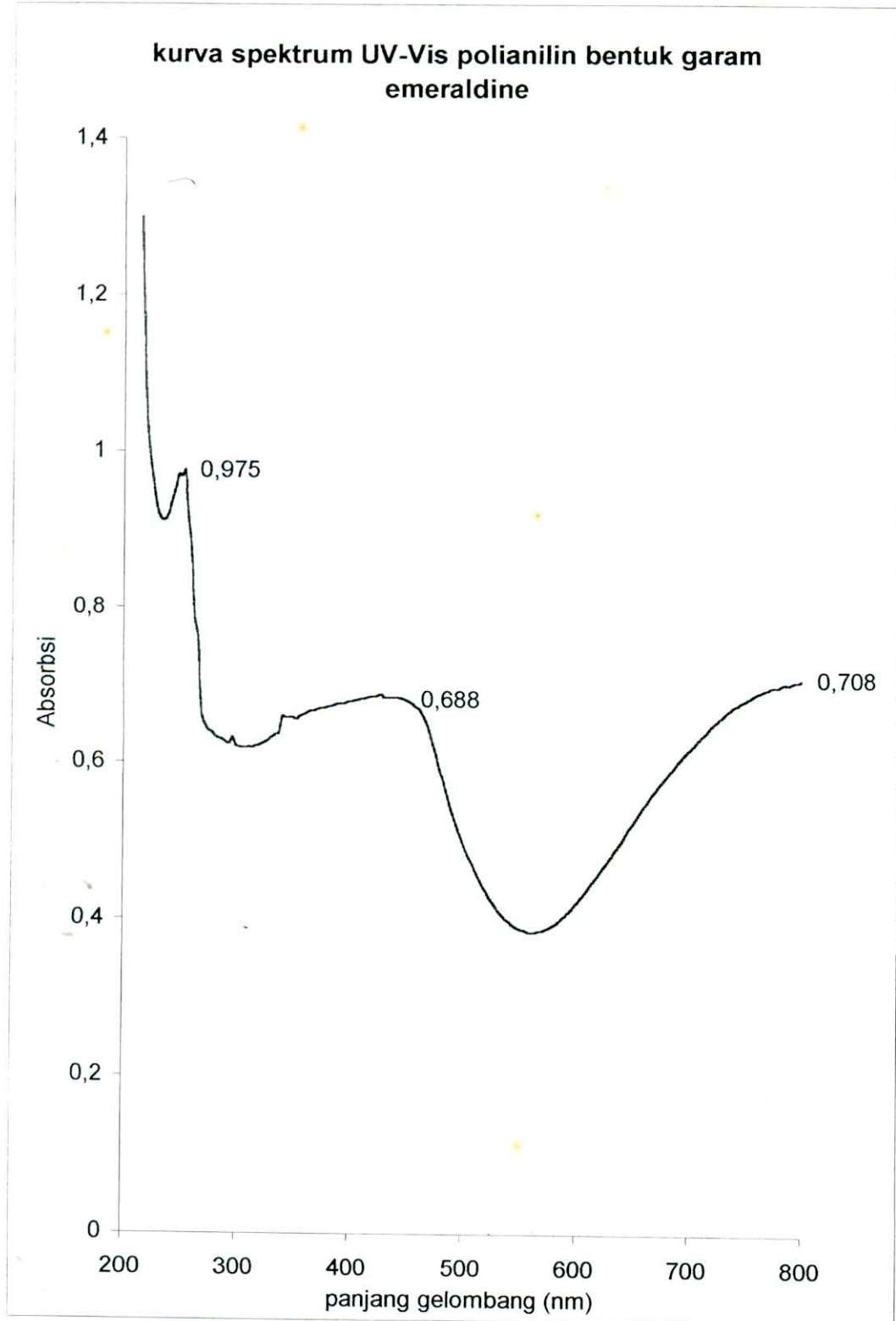
File # 1 = KHOLIQ

7/10/01 11:23 AM Res=4 cm-1

Data serapan spektra Infra Merah polianilin garam emeraldine

Peak Name	Peak Center
Peak 26	1489,86
Peak 25	1291,2
Peak 24	1246,41
Peak 23	1146,16
Peak 22	1029,18
Peak 21	879,049
Peak 20	820,435
Peak 19	804,039
Peak 18	741,571
Peak 17	680,698
Peak 16	666,577
Peak 15	652,907
Peak 14	614,606
Peak 13	592,029
Peak 12	554,741
Peak 11	542,538
Peak 10	524,097
Peak 9	515,618
Peak 8	501,308
Peak 7	492,266
Peak 6	472,937
Peak 5	465,577
Peak 4	456,882
Peak 3	426,045
Peak 2	418,801
Peak 1	406,898

Gambar 4.8 Spektrum absorpsi UV-Vis polianilin bentuk garam emeraldine

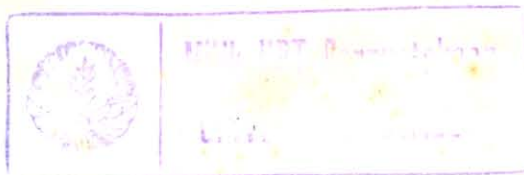


Data Serapan Spektra UV-Vis polianilin garam emeraldine.

λ (nm)	absorpsi				
215	1,299	350	0,659	488	0,547
218	1,087	353	0,656	491	0,535
221	1,014	356	0,66	494	0,523
224	0,972	359	0,662	497	0,51
227	0,941	362	0,664	500	0,499
230	0,92	365	0,667	503	0,488
233	0,912	368	0,667	506	0,479
236	0,912	371	0,669	509	0,471
239	0,921	374	0,67	512	0,461
242	0,936	377	0,671	515	0,452
245	0,953	380	0,672	518	0,444
248	0,97	383	0,673	521	0,437
251	0,968	386	0,674	524	0,429
254	0,975	389	0,676	527	0,423
257	0,917	392	0,676	530	0,416
260	0,872	395	0,676	533	0,411
263	0,787	398	0,678	536	0,406
266	0,762	401	0,679	539	0,402
269	0,664	404	0,68	542	0,398
272	0,649	407	0,681	545	0,394
275	0,642	410	0,682	548	0,391
278	0,639	413	0,683	551	0,389
281	0,634	416	0,684	554	0,388
284	0,632	419	0,685	557	0,386
287	0,63	422	0,685	560	0,385
290	0,627	425	0,687	563	0,386
293	0,625	428	0,688	566	0,387
296	0,633	431	0,684	569	0,387
299	0,622	434	0,684	572	0,389
302	0,621	437	0,684	575	0,391
305	0,62	440	0,684	578	0,393
308	0,62	443	0,684	581	0,396
311	0,621	446	0,683	584	0,399
314	0,62	449	0,681	587	0,403
317	0,622	452	0,679	590	0,407
320	0,623	455	0,676	593	0,411
323	0,625	458	0,672	596	0,415
326	0,627	461	0,669	599	0,42
329	0,63	464	0,662	602	0,425
332	0,634	467	0,652	605	0,43
335	0,637	470	0,641	608	0,435
338	0,638	473	0,626	611	0,441
341	0,66	476	0,611	614	0,447
344	0,658	479	0,594	617	0,453
347	0,658	482	0,579	620	0,458
		485	0,563	623	0,465

626	0,47
629	0,477
632	0,483
635	0,49
638	0,496
641	0,501
644	0,509
647	0,517
650	0,522
653	0,528
656	0,535
659	0,541
662	0,548
665	0,554
668	0,56
671	0,566
674	0,571
677	0,577
680	0,582
683	0,588
686	0,593
689	0,599
692	0,604
695	0,609
698	0,614
701	0,618
704	0,623
707	0,628
710	0,633
713	0,637
716	0,641
719	0,646
722	0,65
725	0,654
728	0,658
731	0,662
734	0,666
737	0,669
740	0,673
743	0,675
746	0,678
749	0,68
752	0,683
755	0,685
758	0,688

761	0,69
764	0,692
767	0,694
770	0,696
773	0,698
776	0,699
779	0,698
782	0,701
785	0,703
788	0,702
791	0,704
794	0,705
797	0,706
800	0,708



Gambar Polianilin hasil elektropolimerisasi bentuk garam emeraldine (hijau) dan basa emeraldine (biru).

