

Pembuatan Bahan Konduktor Melalui Proses Polimerisasi Anilin

HAR. Fachry, Edy Santoso dan Harisena Febriadi
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Unsri
Jl. Raya Inderalaya – Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662

Abstrak

Polymerization of polyaniline (PANI) was done using the electrochemical method with aniline as monomer, H_2SO_4 as doping solution and methanol as solvent. The result of the synthesis was yellow powder which adheres to the anode. After being neutralized and dried, the PANI powder was dissolved in plasticizer solution with weight ratio of 1:5. The solution was stirred using magnetic stirrer for six hours until being homogenous. The homogenous solution was processed into a thin film using casting method on PCB, and than was dried with silica gel and its thickness was measured by the V-I method, both with and without the annealing process for five hours and ten hours at other temperature. The result of the experiment shows that the concentration of doping increases while the concentration of annealing decreases the electrical conductivity of PANI.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekarang ini perkembangan dari bahan konduktor telah mengalami kemajuan dengan pesat. Banyak bahan-bahan baru yang dapat digunakan sebagai bahan konduktor. Suatu material digolongkan berdasarkan kemampuannya untuk menghantarkan arus listrik, dapat dibedakan menjadi 3, yaitu : bahan konduktor, semikonduktor, dan bahan isolator.

Semenjak perang dunia ke-2, material polimer merupakan bagian dari industri kimia Amerika Serikat yang berkembang secara pesat. Diperkirakan lebih dari 25 % dana penelitian kimia dihabiskan untuk polimer.

Polimer tinggi adalah molekul yang mempunyai massa molekul besar. Polimer tinggi terdapat di alam (benda hidup, baik binatang maupun tumbuhan, mengandung sejumlah besar bahan polimer) dan dapat juga disintesis dilaboratorium. Para ahli kimia telah berhasil menggali pengetahuan yang dapat digunakan untuk membuat polimer yang sesuai bagi berbagai tujuan tertentu, dan pengetahuan tentang hal itu menyebabkan industri polimer berkembang pesat dalam empat puluh tahun terakhir ini.

Polimer alam, seperti halnya selulosa, pati, dan protein, telah dikenal dan digunakan manusia berabad-abad lamanya untuk keperluan pakaian dan makanan, sedangkan industri polimer merupakan hal yang baru. Karet alam digunakan dalam tenunan berkaret sebelum Goodyear menemukan proses vulkanisasi pada tahun 1839.

Anilin merupakan senyawa organik dengan komposisi C_6H_7N yang termasuk kedalam senyawa aromatic, dengan bantuan doping asam aniline dapat menjadi bahan konduktor dengan nilai konduktivitas tertentu.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui dan meningkatkan nilai konduktivitas dari polianilin, serta mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi sifat konduktor polianilin seperti perbedaan konsentrasi dan jenis dopping asam yang digunakan sebagai elektron acceptor.

1.3. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan diketahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai konduktivitas agar didapatkan bahan

konduktor polimer yang benar-benar baik dan stabil.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dipakai adalah metoda eksperimen, yaitu untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari konsentrasi asam yang digunakan sebagai dopping akseptor penerima elektron dan juga jenis asam yang digunakan sebagai dopping.

2.1. Bahan yang Digunakan

1. Anilin (C_6H_7N)
2. H_2SO_4
3. Methanol
4. Aquades
5. Larutan Plastilizer

2.2. Alat yang Digunakan

1. Gelas ukur
2. Beker gelas besar
3. Elektroda platina atau elektoda tembaga
4. Power supply
5. Multimeter
6. Potensiometer
7. Papan PCB
8. Neraca digital
9. Pengaduk magnetic (stirrer)
10. Oven
11. Konduktimeter

2.3. Perlakuan dan Rancangan Percobaan

2.3.1. Sintesis Anilin

Dalam pembuatan bahan konduktor dari senyawa anilin melalui proses polimerisasi ini, monomer aniline dilarutkan dalam methanol serta diberikan dopping dari masing-masing variasi jenis dan konsentrasi dopping dengan perbandingan molaritas antara aniline, dopping dan pelarut (methanol) adalah 1 : 2,5 : 6,5. Konsentrasi dopping dan perbandingan molaritas seperti yang diinginkan diperoleh melalui pengenceran.

Selanjutnya proses polimerisasi elektrokimia yang dilakukan dengan menggunakan metode elektrokimia galvanostatik selama 1 jam. Endapan polianilin (PANI) dikeringkan. Proses diulangi sampai serbuk PANI yang dihasilkan cukup banyak.

2.3.2. Pembuatan Lapisan Film Polianilin (PANI)

Serbuk PANI kering dilarutkan dalam plastilizer dengan perbandingan berat 1 : 5. Larutan ini kemudian diaduk selama kurang lebih 2 jam untuk mendapatkan larutan yang homogen. Selanjutnya meng-casting larutan PANI-PLASTILIZER yang telah homogen pada papan PCB.

Pengamatan

Pada penelitian ini pengamatan yang dilakukan adalah meliputi :

1. Arus listrik yang digunakan
2. Besarnya tegangan listrik
3. Suhu dan lama Pengeringan
4. Konsentrasi Dopping

Dari variable diatas akan diamati nilai konduktivitas pada serbuk PANI.

2.4. Prosedur Percobaan

2.4.1. Sintesis polianilin

1. Monomer yaitu aniline yang berupa bubuk dimasukan kedalam beker gelas dan ditambahkan pelarut methanol, selanjutnya diaduk dengan menggunakan pengaduk magnetic (stirrer).
2. Larutan yang telah menjadi homogen tersebut selanjutnya ditambahkan asam sebagai dopping, dan diaduk kembali.
3. Proses yang dilakukan selanjutnya yaitu polimerisasi elektrokimia dengan menggunakan metoda elektrokimia
4. Proses ini dilakukan dengan meletakan elektroda anoda dan katoda yang dialiri arus tertentu. Ke dalam beker gelas, elektrodanya berasal dari plat platina atau tembaga.
5. Setelah beberapa lama akan terbentuk endapan polianilin (PANI) yang menempel pada anoda, jika endapan tersebut telah banyak diambil dan dicuci dengan menggunakan aquades untuk menetralkan pH, selanjutnya serbuk polianilin tersebut dikeringkan dalam eksikator.
6. Langkah ini dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan serbuk polianilin yang cukup banyak.
7. Proses yang sama juga dilakukan untuk konsentrasi asam yang berbeda-beda.

2.4.2. Pembuatan Lapisan Film polianilin (PANI)

1. Serbuk polianilin (PANI) yang telah dikeringkan dari bermacam variasi konsentrasi asam dilarutkan dalam beker gelas dengan menggunakan pelarut plastilizer yang berguna untuk meningkatkan fleksibilitas.
2. Larutan ini kemudian diaduk dengan menggunakan pengaduk magnetik (stirrer) dengan waktu lebih kurang 2 jam, yang bertujuan untuk mendapatkan larutan yang homogen.
3. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan lapisan film yang diletakkan pada papan PCB (casting).

2.4.3. Pengukuran Konduktivitas Polianilin (PANI)

1. Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan dengan metoda $V-I$, yaitu dengan mengukur tegangan (V) yang melewati lapisan film tersebut. Pengukuran dilakukan dengan menghitung selisih antara tegangan yang masuk dan keluar yang melewati papan PCB, adapun peralatan yang digunakan yaitu multimeter.
2. Setelah mendapatkan kedua nilai tersebut, kita mencari nilai tahanan atau hambatan (R) yang melewati papan PCB tersebut dengan menentukan terlebih dahulu intersept antara nilai arus (I) dan tegangan (V) yang melewati lapisan film. Dimana intersept sama dengan nilai hambatan (R).
3. Menghitung nilai hambatan jenisnya (ρ) dengan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

4. Selanjutnya mengukur konduktivitas (S) yang merupakan kebalikan dari nilai hambatan jenisnya (ρ) :

$$S = \frac{1}{\rho}$$

5. Proses yang sama dilakukan untuk konsentrasi yang berbeda-beda.

6. Setiap proses dilakukan tanpa pemanasan dan dengan pemanasan pada temperature yang berbeda (60°C dan 80°C).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengamatan

Pada percobaan ini didapatkan hasil serbuk polianilin (PANI) yang mempunyai warna kuning gelap. Setelah dilarutkan dengan plastilizer akan membuat polianilin menjadi mudah mengeras sehingga mudah untuk dibuat lapisan film. Film yang telah mengering diukur tegangannya dengan menggunakan arus yang berbeda, pengukuran dilakukan dengan multimeter.

Hasil dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan data tegangan (V) dan juga data tegangan setelah film dipanaskan pada suhu 60°C dan pemanasan pada suhu 80°C . Hasil yang didapat diunjukkan pada table 3.1 sampai 3.5. Adapun table 3.1 menunjukkan tegangan yang didapat dengan penambahan asam sulfat sebesar 3 M, tabel berikutnya juga menunjukkan konsentrasi asam yang berbeda.

Table 3.1 Polianilin dengan penambahan asam sulfat 3 M

Arus (I)	V	V ₆₀	V ₈₀
0.3	0.0067	0.013	0.0152
0.6	0.0094	0.034	0.0371
0.9	0.0213	0.045	0.0587
1.2	0.0296	0.059	0.0794
1.5	0.0387	0.072	0.0943

Table 3.2. polianilin dengan penambahan asam sulfat 2,5 M

Arus (I)	V	V ₆₀	V ₈₀
0.3	0.0075	0.0261	0.0264
0.6	0.0161	0.0521	0.0565
0.9	0.0263	0.0753	0.0817
1.2	0.0351	0.0933	0.0972
1.5	0.0456	0.142	0.157

Table 3.3. Polianilin dengan penambahan asam sulfat 2 M

Arus (I)	V	V ₆₀	V ₈₀
0.3	0.0214	0.0271	0.0341
0.6	0.0361	0.0584	0.0715
0.9	0.0591	0.0873	0.0983
1.2	0.0816	0.127	0.167
1.5	0.0982	0.153	0.177

Table 3.4. Polianilin dengan penambahan asam sulfat 1.5 M

Arus (I)	V	V ₆₀	V ₈₀
0.3	0.0293	0.0352	0.074
0.6	0.0563	0.0766	0.138
0.9	0.0817	0.114	0.256
1.2	0.143	0.117	0.321
1.5	0.157	0.235	0.407

Table 3.5. Polianilin dengan penambahan asam sulfat 1 M

Arus (I)	V	V ₆₀	V ₈₀
0.3	0.047	0.137	0.161
0.6	0.052	0.282	0.327
0.9	0.096	0.431	0.484
1.2	0.173	0.572	0.643
1.5	0.261	0.697	0.802

Dalam melakukan pengolahan data dengan menggunakan regresi linier untuk menentukan nilai hambatannya (R) yang selanjutnya digunakan dalam penghitungan konduktivitas polianilin tersebut. Perhitungan ini dilakukan untuk masing-masing perlakuan terhadap temperature dan pada konsentrasi yang berbeda-beda.

Dimana :
 $X = \ln I$
 $Y = \ln V$

Konduktivitas (S) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$S = \frac{1}{\rho}$$

Dimana :

ρ = Hambatan jenisnya
 l = Panjang lapisan film
 = 5 cm
 A = Luas penampang film
 = $3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$
 S = Konduktivitas listrik (siemens/cm)

Setelah dilakukan pengolahan data, didapatkan nilai konduktivitasnya, dimana nilai konduktivitas yang didapat setelah melakukan berbagai macam-perlakuan. Nilai konduktivitas polianiline (PANI) dapat ditunjukkan pada table berikut ini :

Table 3.6 nilai konduktivitas

Konsentrasi (M)	Konduktivitas ($\times 10^3 / \Omega \text{ cm}$)		
	Tanpa Pemanasan	Pemanasan 60 °C	Pemanasan 80 °C
3	5.952	3.501	2.495
2.5	5.252	1.832	1.656
2	2.511	1.560	1.311
1.5	1.461	1.133	0.588
1	0.910	0.354	0.318

3.2. Pembahasan

Penelitian yang dilakukan terbagi kedalam 3 tahapan. Tahap pertama adalah pembuatan polianilin dengan menggunakan elektrolisa. Tahap kedua yaitu pembuatan lapisan film polianilin. Tahap ketiga dilanjutkan dengan penghitungan konduktivitas dari lapisan Polianilin.

Pada tahap pertama, yaitu pembuatan Polianilin melalui elektrolisa dilakukan dengan cara mencampur aniline dengan methanol dan asam dengan perbandingan konsentrasi tertentu. Senyawa aniline berfungsi sebagai monomer dalam pembuatan polianilin ini. Aniline dilarutkan sampai benar-benar larut dan tercampur secara homogen. Selanjutnya memasukan senyawa asam sebagai doping kedalam larutan polianilin tersebut.

Doping yang digunakan adalah asam sulfat pekat yang terlebih dahulu diencerkan konsentrasinya. Setelah polimerisasi elektrokimia yang menggunakan sel tembaga yang akan terbentuk endapan, endapan inilah yang dinamakan polianilin, endapan ini berwarna kuning gelap yang lebih dikenal dengan nama garam Emeraldin.

Dari penelitian yang telah dilakukan, peneliti mencoba melakukan perlakuan yaitu dengan merubah konsentrasi asam yang berbeda-beda, dengan konsentrasi 1 M, 1.5 M, 2 M, 2.5 M, dan 3 M. pemilihan dari kelima konsentrasi ini didasari dengan konsentrasi yang cukup besar diharapkan mendapatkan nilai konduktivitas yang cukup baik. Proses ini dilakukan beberapa kali sehingga didapatkan hasil yang banyak. Setelah didapatkan serbuk yang didapat dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan sifat asamnya, selanjutnya serbuk Polianilin yang telah dicuci dikeringkan pada temperature ruangan atau dengan menggunakan eksikator.

Pada tahap kedua pembuatan lapisan film dari Polianilin. Serbuk polianilin yang telah dikeringkan dilarutkan ke dalam plastilizer, dimana plastilizer ini berfungsi untuk meningkatkan fleksibiliti dan ekstensibiliti dari suatu film tanpa merubah sifat properties dari polimer tersebut. Polianilin dilarutkan kedalam plastilizer dengan perbandingan tertentu dan selanjutnya diaduk dengan menggunakan stirrer selama lebih kurang 30 menit sehingga didapatkan hasil yang homogen. Larutan tersebut selanjutnya dicasting pada sebuah papan. Pengamatan dilakukan melalui pemanasan dan tidak melalui pemanasan

Pada tahap ketiga yaitu penghitungan nilai konduktivitas pada masing-masing lapisan film. Penghitungan ini dilakukan berdasarkan bermacam perlakuan yang telah dilakukan.

Dari table 3.6 kita dapat melihat bahwa nilai konduktivitas bahwa dengan naiknya nilai arus maka akan naik pula nilai tegangan yang melewati lapisan film polianilin tersebut, dan nilai resistivitasnya akan turun serta naiknya nilai konduktivitasnya, dengan turunnya nilai konsentrasi doping nilai tegangan polianilin akan naik dan nilai konduktivitas dari polianilin tersebut akan turun. Dengan dilakukannya pemanasan tegangan polianilin akan turun dan resistivitasnya akan naik, maka nilai konduktivitasnya akan turun.

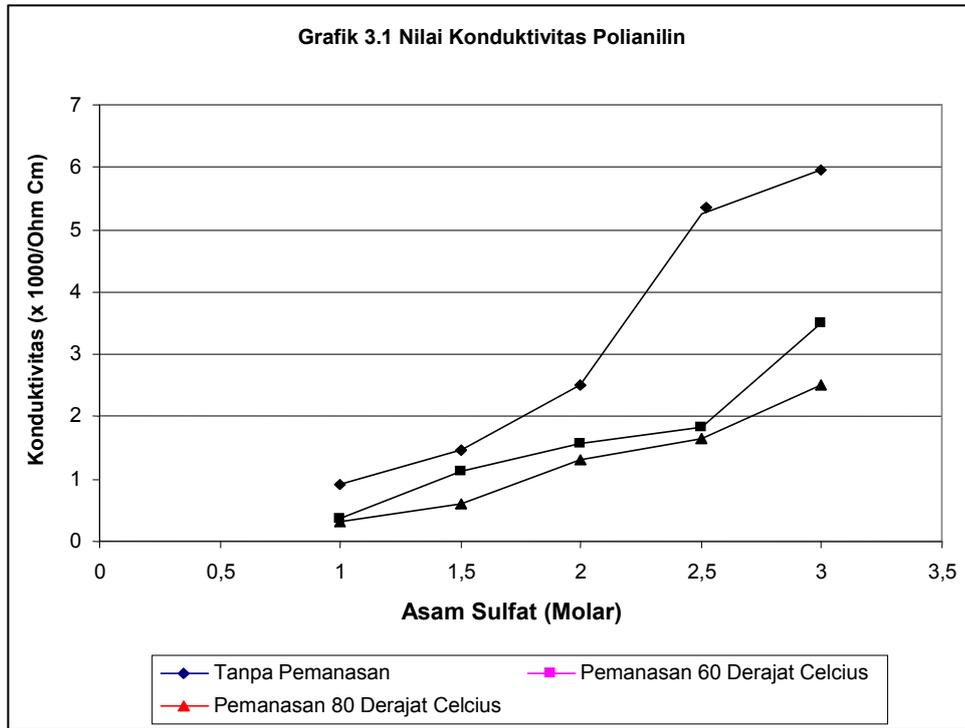
Nilai konduktivitas tertinggi didapat pada lapisan polianilin dengan penambahan konsentrasi asam 3 M tanpa perlakuan pemanasan, nilai konduktivitasnya sebesar $5.952 \times 10^{-3} / \Omega\text{cm}$. Pada konsentrasi 3 M penurunan nilai konduktivitasnya setelah pemanasan 60 °C dan 80 °C mengalami penurunan sebesar 41.17 % dan 58.08 %.

Pada penambahan konsentrasi asam 2.5 M didapat penurunan nilai konduktivitasnya sebesar 65.11 % dan 68.46 %. Penurunan ini merupakan yang terbesar dibandingkan dengan penambahan konsentrasi lainnya. Pada penambahan konsentrasi asam 2 M penurunannya sebesar 37.87 % dan 47.78 %

Pada penambahan konsentrasi asam 1.5 M didapat penurunan nilai konduktivitas sebesar 22.45 % dan 59.75 %. Pada pemanasan dengan temperature 80 °C didapat nilai konduktivitasnya 0.588×10^3 yang termasuk kedalam bahan semikonduktor.

Penurunan untuk penambahan konsentrasi asam 1 M adalah 61.09 % dan 65.05 %. Nilai konduktivitas terendah yaitu pada penambahan konsentrasi asam 1M dengan pemanasan lapisan film dengan temperature 80 °C. nilai konduktivitasnya $0.318 \times 10^3 / \Omega\text{cm}$. Dimana dalam range nilai konduktivitasnya termasuk pada bahan semikonduktor, selain itu pada konsentrasi asam 1 M baik dengan pemanasan maupun tanpa pemanasan didapatkan nilai konduktivitasnya berada pada bahan semikonduktor.

Adapun nilai konduktivitas yang didapat, ditunjukkan pada grafik 3.1 berikut



Berdasarkan nilai yang didapatkan terjadi penurunan nilai konduktivitasnya. Penurunan ini dipengaruhi oleh penurunan konsentrasi asam yang digunakan, dimana asam bersifat sebagai electron acceptor. Dengan adanya penambahan asam menyebabkan timbulnya kation radikal bebas akibat reaksi oksidasi polimerisasi. Kation radikal ini menyebabkan polianilin yang berikatan rangkap akan membentuk tingkat energi diantara pita valensi dan pita konduksi. Hal ini menyebabkan adanya electron bebas yang merupakan pembawa muatan pada polianilin. Penambahan konsentrasi asam dengan sendirinya akan menyebabkan makin banyaknya electron bebas yang terikat pada polianilin sehingga menyebabkan konduktivitasnya akan meningkat.

Pada perlakuan selanjutnya yaitu dengan memanaskan lapisan film polianilin dengan temperature tertentu juga menyebabkan perubahan nilai konduktivitas. Perubahan ini terjadi karena terjadinya penataan kembali atom-atom penyusun polianilin tersebut. Dengan adanya pemanasan ini ada sebagian dari lapisan film polianilin ini yang

rusak. Polianilin mempunyai sifat yang kurang stabil terhadap perubahan temperature.

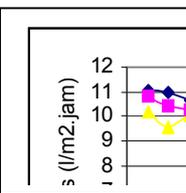
Selain itu dengan adanya pemanasan akan menyebabkan pembebasan uap air yang terdapat pada rantai Polianilin. Dengan adanya uap air yang terperangkap akan menghasilkan interaksi elektrostatis elektrostatis yang memberikan tambahan daya hantar listrik

Hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan nilai konduktivitas yang berbeda berdasarkan perlakuan yang berbeda pula. Dimana konsentrasi dan perlakuan pemanasan dapat memberikan hasil yang berbeda.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Untuk menaikkan nilai konduktivitas dari polianilin dapat dilakukan dengan menambah konsentrasi dopping.
2. Nilai konduktivitas polianilin berbanding terbalik dengan nilai resistivitasnya.



3. Semakin tinggi nilai konsentrasi akan mempengaruhi turunnya nilai tegangan dari polianilin
4. Semakin besar arus yang digunakan maka nilai tegangan polianilin akan semakin besar pula.
5. Pemanasan akan mempengaruhi naiknya nilai resistivitas polianilin dan menyebabkan turunnya nilai konduktivitas polianilin tersebut.

4.2. Saran

1. Penggunaan stirrer dalam proses pengadukan harus benar-benar diperhatikan, baik segi temperatur maupun kehomogenan larutan.
2. Perlu adanya perbaikan sifat polianilin yang belum stabil terhadap pemanasan pada suhu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Allcock R Harry, Frederick W and Lampe. *Contemporary Polymer Chemistry* (Second Edition). Oxford : 1995

P. J. Flory, *Principle Of Polymer Chemistry*. Ithaca, N.Y: Cornell University Press, 1953. Chap 1

Consultan Eri & Engineers, *Paint Varnish Solvent And Coating Technology*. Engineer India Research Institute. India

Perry Robert H, 1985, "*Perry's Chemical Engineering Hand Book*", 6th Edition, McGraw-Hill Company, New York.

Dogan, et al. *Conducting Polymers Of Aniline*. 1993
 Van Vlack, L.H. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta : Erlangga

Groggins, H. P. *Unit Processes In Organic Synthesis*, 5th Edition, McGraw-Hill Company, New York

Masamori, DR. *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita

Cowd, A. M. *Kimia Polimer*. Bandung : ITB