



## KARAKTERISTIK STRUKTUR, OPTIK, DAN LISTRIK FILM TIPIS POLIANILIN (PANI) DOPING HCl YANG DITUMBUHKAN DENGAN METODE SPIN COATING

R. K. P. Putri  N. M. D. Putra

Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, 50229

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Mei 2014

Disetujui Mei 2014

Dipublikasikan Juni 2014

*Keywords:*

PANi-HCl, spin coating, bonding structure, transmittance, energy gap, conductivity

### Abstrak

PANi-HCl dengan variasi konsentrasi dopan HCl 0,5M; 1M; 1,5M; 2M telah berhasil disintesis menggunakan metode polimerisasi interfasial yang menghasilkan endapan berwarna hijau tua. Perubahan karakteristik PANi akibat pengaruh dopan HCl tersebut diamati melalui terbentuknya ikatan cincin terprotolesi, perubahan energi gap serta konduktivitasnya. Struktur ikatan polimer sampel dikarakterisasi menggunakan FTIR (Fourier Transform Infra Red). Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan keberadaan ikatan cincin kuinoid dan benzoid, serta vibrasi stretching (C-N), bending (C-H), stretching (C=N) cincin kuinoid terprotolesi (H<sup>+</sup>). Film tipis PANi-HCl ditumbuhkan pada kecepatan 600 rpm selama 10 detik dengan metode spin coating. Transmitansi optik dikarakterisasi dengan spektrometer UV-vis dan konduktivitas listrik dianalisis dari pengukuran I-V meter. Nilai transmitansi semakin kecil pada peningkatan konsentrasi dopan dengan nilai terkecil ~76% yang dimiliki konsentrasi 1,5M. Nilai energi gap mengalami penyusutan sesuai dengan peningkatan konsentrasi dopan sebesar 3,9 eV, 3,7 eV, 3,2 eV, dan 5,0 eV. Sedangkan nilai konduktivitas film yang dihasilkan antara 1,39x10<sup>-6</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup> sampai 5,90x10<sup>-5</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup>.

### Abstract

*PANi-HCl with variations in dopant concentration of 0.5 M HCl; 1M; 1.5 M; 2M has been successfully synthesized using interfacial polymerization method that produces dark green precipitate. PANi characteristic changes due to the influence of HCl dopant were observed in the protonated ring bond formation, changes in the energy gap and conductivity. The structure of the polymer bonding samples were characterized using FTIR (Fourier Transform Infra Red). FTIR characterization results indicate the presence of ties and benzoid kuinoid ring, as well as stretching vibration (CN), bending (CH), stretching (C=N) ring kuinoid protonated (H<sup>+</sup>). PANi-HCl thin films were grown at a speed of 600 rpm for 10 seconds with a spin coating method. Optical transmittance characterized by UV-vis spectrometer and analyzed the electrical conductivity of IV measurement meters. Transmittance value the smaller the increase in dopant concentration with the smallest value of ~ 76% is owned by a concentration of 1.5 M. Value of the energy gap shrinkage in accordance with the increase in dopant concentration of 3,9 eV, 3,7 eV, 3,2 eV, and 5,0 eV. While the resulting film conductivity values between 1,39 x10<sup>-6</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup> to 5,90 x10<sup>-5</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup>.*

© 2014 Universitas Negeri Semarang

## PENDAHULUAN

Polimer konduktif merupakan polimer organik terkonjugasi yang menunjukkan sifat kelistrikan, kemagnetan dan sifat optis seperti logam sehingga polimer konduktif disebut juga logam sintetis. Hal yang menarik adalah konduktivitas polimer organik terkonjugasi dapat diatur dari wilayah konduktivitas isolator hingga superkonduktor melalui modifikasi kimiawi yakni dengan pendopingan. Diawali oleh Shirakawa et al. (1977) yang telah berhasil mensintesis polimer poliasetilen konduktif. Polimer konduktif menjadi bahan yang sangat diminati untuk dikaji. Hal tersebut disebabkan oleh sifat polimer konduktif yang berbeda dari polimer konvensional yakni mempunyai konduktivitas listrik yang tinggi sehingga polimer konduktif berpotensi untuk diaplikasikan pada baterai, divais tampilan elektrotronik, sensor, dan lain sebagainya (Aspi et al., 2013).

Ditinjau dari aspek kestabilan di udara, bahan polimer konduktif dari PANi memiliki kestabilan yang baik diantara bahan polimer yang selama ini dikenal seperti: Poliasetilen (PA), Polidiasetilen (PdA), Politiofen (PT) dan Poliperol (PPy) (Wibawanto, 2012). PANi bisa dianggap sebagai sebuah polimer konduktif di bawah kondisi tertentu, seperti pada saat dikenai cahaya UV, panas atau penambahan dopant yang cocok pada saat proses sintesis (Mihardi, 2008).

PANi merupakan salah satu jenis polimer konduktif, yang memiliki tiga tingkat keadaan oksidasi tergantung pada jenis doping dan tingkat doping dalam sintesis. Tiga tingkat keadaan oksidasi PANi yakni leukomeraldin base, LB (tereduksi penuh), emeraldin base, EB (teroksidasi setengah) dan pernigranilin base, PB (teroksidasi penuh). Dari ketiga tingkat keadaan PANi yang banyak dipelajari karena konduktivitas listriknya yang dapat diatur, mempunyai aplikasi luas dan banyak diteliti adalah emeraldin base karena konduktivitasnya dapat diatur dari  $10-10 \Omega/cm$  hingga  $100 \Omega/cm$  melalui proses doping (Aspi et al., 2013).

Salah satu kelebihan bahan polimer konduktif adalah mudah disintesis dengan biaya murah. Secara umum polianilin dibuat melalui oksidasi monomer anilin baik melalui oksidasi elektrokimia maupun oksidasi kimia biasa dengan oksidan ammonium peroxodisulfate ( $(NH_4)_2S_2O_8$ ) di dalam suasana asam. Asam yang biasa digunakan adalah asam klorida (HCl) dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) (Bard dan Larry, 2001) Polimerisasi interfasial merupakan metode kimia yang relatif sangat sederhana, hanya

membutuhkan peralatan sederhana seperti gelas kimia, erlenmeyer, dan kertas saring.

Sintesis polianilin dengan metode interfasial yang didoping HCl telah diteliti oleh Maddu, et al. (2008) untuk aplikasi sensor. Proses polimerisasi terbentuk pada batas antarmuka antara fasa organik yang mengandung anilin dan fasa air yang mengandung oksidan dan dopan proton. Menurut Agustiani (2012) pendopingan menggunakan dopan HCl terhadap polianilin menghasilkan penyempitan celah energi optis pada polianilin yang menunjukkan perubahan konduktivitas.

Film tipis polimer organik merupakan bagian yang sangat penting dalam perkembangan teknologi fotonik seperti untuk laser, LED, dan sel surya. Upaya fabrikasi film tipis ada dua proses yang biasa digunakan yaitu proses deposisi (deposition) dan dalam fasa larutan (solution phase). Khusus untuk fabrikasi film tipis dari bahan polimer banyak digunakan proses deposisi seperti solution casting, doctor blading, electrophoresis, dip coating, dan spin coating (Bachtiar, et al, 2006). Semua teknik tersebut dapat memberikan kualitas film yang baik, namun film yang dihasilkan cenderung tidak isotropik dan mengandung ketidakmurnian akibat pengaruh pelarut. Salah satu metoda fabrikasi polimer yang banyak dipakai adalah spin coating. Pada metode tersebut terdapat beberapa parameter yang dapat dikontrol dengan mudah antara lain konsentrasi larutan, suhu pemrosesan dan kecepatan serta lama rotasi. Ketebalan film yang dihasilkan juga ditentukan oleh pemilihan parameter tersebut.

Dengan memperhatikan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik struktur ikatan polimer serbuk PANi doping HCl yang disintesis dengan metode polimerisasi interfasial, karakteristik sifat optik dan listrik film tipis PANi-HCl yang ditumbuhkan dengan metode spin coating, serta hubungan antara struktur ikatan polimer serbuk, sifat optik dan listrik film tipis PANi-HCl.

## METODE PENELITIAN

### Sintesis PANi-HCl

Dalam penelitian ini, PANi-HCl disintesis dengan metode polimerisasi interfasial sistem dua fasa larutan organik/air. Langkah yang dilakukan dijelaskan berikut ini. Pertama, membuat dua larutan secara terpisah, yaitu larutan toluene 45,4 ml yang ditambahkan monomer anilin 1M 4,6 ml sebagai fasa

organik dan larutan HCl 0,5M; 1M; 1,5M; 2M yang ditambahkan 0,6 gr ammonium peroxodisulfat sebagai fasa air. Kedua larutan ini dicampur ke dalam satu gelas beaker tanpa diaduk, lalu kedua larutan tersebut dikocok, sehingga kedua larutan terpisah karena berbeda fasa, larutan Anilin/ Toluena berada di atas dan larutan HCl-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> berada di bawah. Pada saat yang sama, warna lapisan organik di sebelah atas berubah warna menjadi oranye kemerahan akibat pembentukan oligomer anilin dan dibiarkan dibiarkan selama 20 jam. Produk berupa endapan polianilin berwarna hijau gelap terkumpul pada bagian bawah wadah sesuai dengan penelitian Maddu et al. (2008).

Produk dipisahkan dari sisa reaksi dengan dicuci menggunakan HCl 0,2 M, aseton dan aquades dengan distirrer pada suhu ruang. Setiap proses filtrasi diakhiri dengan penyaringan menggunakan kertas saring. Hasil dari proses filtrasi tersebut yaitu endapan berupa suspensi yang berwarna hijau, kemudian dikeringkan di atas hot plate sehingga menghasilkan serbuk PANi-HCl yang kemudian dikarakterisasi dengan alat Perkin Elmer Frontier FTIR Spectrum untuk mengetahui ikatan yang terbentuk dalam PANi-HCl.

#### Penumbuhan Film Tipis PANi-HCl

Pada penelitian ini penumbuhan film PANi-HCl dilakukan dengan membuat larutan PANi-HCl:DMSO 6:10 dengan melarutkan serbuk PANi-HCl 0,03133 gram dalam 15 ml pelarut DMSO yang kemudian distirrer pada suhu 80°C selama 1 jam untuk mendapatkan larutan yang homogen.

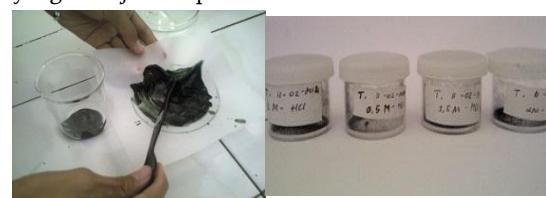
Penumbuhan film tipis PANi-HCl menggunakan spin coating di atas substrat kaca preparat dan PCB. Bahan berupa larutan diteteskan di atas substrat yang di letakkan di dalam spin coating, kemudian diputar dengan kecepatan 600 rpm selama 10 detik. Setelah proses spin coating, film PANi-HCl di atas substrat kaca preparat dilakukan pemanasan pada suhu 65°C derajat diatas hot plate. Morfologi film PANi-HCl di atas kaca preparat diamati dengan menggunakan CCD Mikroskop MS-804. Selanjutnya film PANi-HCl pada kaca preparat digunakan untuk karakterisasi UV-vis Perkin Elmer. Sedangkan film PANi-HCl di atas PCB dibuat dua sampel yaitu sampel basah dan kering yang dipanaskan pada suhu 75°C. Film PANi-HCl di atas substrat PCB ini digunakan untuk karakterisasi I-V Meter ELKAHVI dengan metode Two Point Probe (Schroder, 2005).

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Sintesis PANi-HCl

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses polimerisasi interfasial antara lain yaitu jenis dopan dan konsentrasi dopan (Chairunnisyah, 2011). Dopan yang digunakan dalam penelitian ini adalah HCl dengan konsentrasi 0,5M; 1M; 1,5M; 2M. Polimerisasi interfasial menghasilkan partikel dengan ukuran kecil dalam bentuk serat-serat (Huang dan Kaner, 2005).

Produk berupa endapan polianilin berwarna hijau gelap terkumpul pada bagian bawah wadah setelah terjadi proses polimerisasi selama 20 jam. Produk yang berwarna hijau gelap merupakan bentuk emeraldin terprotonasi. Pencucian dengan HCl 0,2M digunakan untuk menghilangkan monomer dan oksidan yang masih ada. Selain itu juga membuat protonasi PANi dengan ion klorida menjadi lebih seragam. Sedangkan pencucian dengan aseton dilakukan untuk menghilangkan intermediet senyawa organik dengan oligomer (Stejskal, 2002). Hasil dari proses filtrasi tersebut yaitu endapan berupa suspensi yang berwarna hijau, kemudian dikeringkan di atas hot plate sehingga menghasilkan serbuk PANi-HCl yang kemudian dikarakterisasi dengan FTIR untuk mengetahui ikatan yang terbentuk dalam PANi-HCl yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Endapan hasil polimerisasi Interfasial (b) Serbuk PANi-HCl

#### Struktur Ikatan

Pada PANi-HCl 0,5M, Gambar 2 merupakan grafik perbandingan keempat hasil FTIR PANi-HCl. Pada konsentrasi 0,5 M, menunjukkan puncak-puncak utama 1562cm<sup>-1</sup> dan 1498,17 cm<sup>-1</sup> yang merupakan sinyal modus dari kuinoid dan benzoid. Pita vibrasi lain adalah regangan (stretching) C-N pada 1298,85 cm<sup>-1</sup> dan 1248 cm<sup>-1</sup>. Puncak kuat 1125,16 cm<sup>-1</sup> bersesuaian dengan stretch C=N cincin kuinoid terprotonasi sebagai karakteristik kondisi konduktif PANi. Vibrasi tekukan (bending) C-H pada 800,24 cm<sup>-1</sup>.

Penelitian Zareh (2008) menunjukkan ciri-ciri PANi murni tanpa doping pada puncak 797 cm<sup>-1</sup> terdapat vibrasi C-H bending, antara puncak 1481 cm<sup>-1</sup> dan 1560 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya ikatan cincin benzoid dan kuinoid, serta pada puncak 1298 cm<sup>-1</sup>

terdapat vibrasi C-N stretching. Efek kehadiran dopan HCl pada penelitian ini muncul pada puncak sekitar 1124 cm<sup>-1</sup> – 1126 cm<sup>-1</sup> ditandai dengan adanya ikatan C=N kuinoid terprotonasi sebagai puncak karakteristik kondisi konduktif PANi (Maddu, 2008). Hal tersebut terjadi pada saat proses polimerisasi terjadi protonasi atom nitrogen yang berikatan imin dengan cincin kuinoid dari gugus teroksidasi dalam basa emeraldin (Kang et al., 2003). Proses protonasi ini menghasilkan cacat rantai dalam bentuk pasangan kation (H<sup>+</sup>) dan anion (dopan Cl<sup>-</sup>) yang berasal dari bahan elektrolit masuk ke dalam polimer dan terikat secara coulomb (Kusumawati, 2008).

Spektrum serapan FTIR PANi-HCl 1M menunjukkan puncak-puncak utama 1558,5 cm<sup>-1</sup> dan 1498,16 cm<sup>-1</sup> yang merupakan sinyal modus dari kuinoid dan benzoid. Pita vibrasi lain adalah regangan (stretching) C-N pada 1297,20 cm<sup>-1</sup> dan 1238,9 cm<sup>-1</sup>. Puncak kuat 1124,20 cm<sup>-1</sup> yang

merupakan C=N cincin kuinoid terprotonasi. Vibrasi tekukan (bending) C-H pada 796,84 cm<sup>-1</sup>.

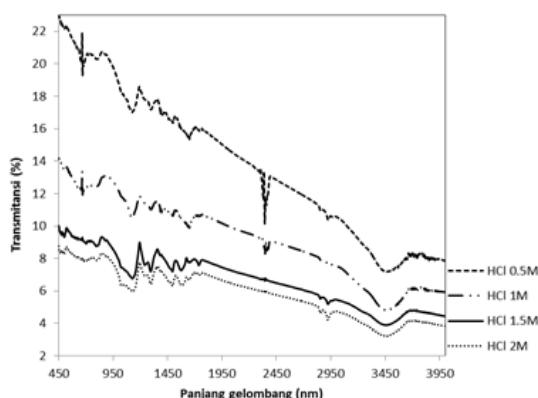
Spektrum serapan FTIR PANi-HCl 1,5M menunjukkan puncak-puncak utama 1574,72 cm<sup>-1</sup> dan 1494,41 cm<sup>-1</sup> yang merupakan sinyal modus dari kuinoid dan benzoid. Pita vibrasi lain adalah regangan (stretching) C-N pada 1295,73 cm<sup>-1</sup> dan 1241,05 cm<sup>-1</sup>. Puncak kuat 1124,76 cm<sup>-1</sup> yang merupakan C=N cincin kuinoid terprotonasi. Vibrasi tekukan (bending) C-H pada 799,73 cm<sup>-1</sup>.

Spektrum serapan FTIR PANi-HCl 2M, Gambar 4 menunjukkan puncak-puncak utama 1579,99 cm<sup>-1</sup> dan 1496,84 cm<sup>-1</sup> yang merupakan sinyal modus dari kuinoid dan benzoid. Pita vibrasi lain adalah regangan (stretching) C-N pada 1296,22 cm<sup>-1</sup> dan 1242,7 cm<sup>-1</sup>. Puncak kuat 1124,69 cm<sup>-1</sup> yang merupakan C=N cincin kuinoid terprotonasi. Vibrasi tekukan (bending) C-H pada 800,76 cm<sup>-1</sup>.

**Tabel 1.** Data Spektrum Bubuk PANi-HCl

Konsentrasi Dopan				Jenis Ikatan
0,5M (cm <sup>-1</sup> )	1M (cm <sup>-1</sup> )	1,5M (cm <sup>-1</sup> )	2M (cm <sup>-1</sup> )	
1562	1558,5	1574,72	1579,99	kuinoid C=C
1498,17	1498,16	1494,41	1496,84	benzoid C=C
1298,85	1297,20	1295,73	1296,22	stretching C-N
1248	1238,9	1241,05	1242,7	stretching C-N
1125,16	1124,20	1124,76	1124,69	C=N terprotonasi
800,24	796,84	799,73	800,76	bending C-H

Tabel 1 menunjukkan hasil karakterisasi FTIR untuk keempat variasi penambahan konsentrasi dopan. Pada perbandingan keempat grafik FTIR diatas terlihat bahwa peningkatan konsentrasi dopan HCl masing-masing sampel PANi-HCl cenderung menurunkan intensitas transmitansi pada bilangan gelombang yang sama atau mendekati (Aspi et al., 2013).



**Gambar 2.** Grafik perbandingan keempat hasil FTIR

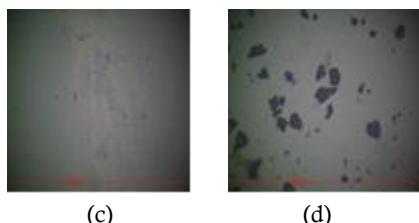
#### Penumbuhan Film Tipis PANi-HCl

Gambar 3 merupakan citra penampang film tipis PANi-HCl dengan variasi konsentrasi dopan HCl. Berdasarkan Gambar 3 (d) terlihat bahwa permukaan film PANi-HCl 2M yang tidak merata akibat dari pembuatan larutan serbuk PANi-HCl:DMSO yang tidak homogen. Dari gambar tersebut terlihat jelas terdapat rengkahan-rengkahan ketebalan yang berbeda pada lapisan. Adanya rengkahan tampak menyebar dan banyak sehingga keberadaan serbuk PANi-HCl tidak terlarut dalam DMSO. Ketidak homogenan tersebut disebabkan oleh suhu yang terlalu tinggi pada saat proses stirrer sehingga larutan dan serbuk tidak dapat bercampur secara merata (Prameswari, 2013).

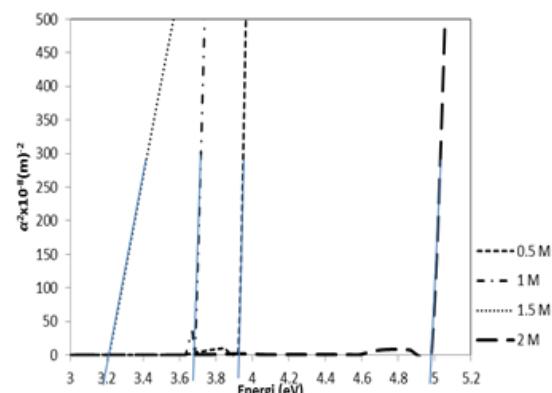


(a)

(b)

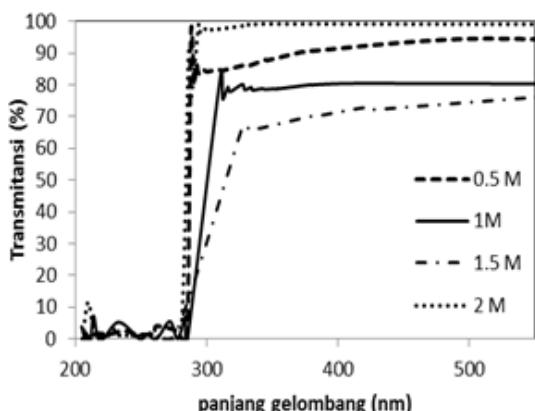


**Gambar 3.** Citra morfologi CCD mikroskop MS 804 dengan perbesaran 400 kali (a) 0,5 M (b) 1 M (c) 1,5 M (d) 2 M



**Gambar 5.** Hubungan  $\alpha^2$  dengan Cela Pita Energi Film PANi-HCl 0,5M; 1M; 1,5M; 2M yang Ditumbuhkan pada Kecepatan 600 rpm.

### Transmitansi Optik



**Gambar 4.** Hasil Karakterisasi Spektrometer UV-vis film tipis dengan variasi konsentrasi dopan HCl (a) 0,5M (b) 1M (c) 1,5M (d) 2M

Nilai transmitansi berbanding terbalik dengan nilai absorbansi. Nilai transmitansi bertambah besar menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang diteruskan semakin besar. Hal tersebut menunjukkan rendahnya kemampuan film tipis yang telah ditumbuhkan dalam mengabsorbsi cahaya. Nilai transmitansi yang bertambah disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jumlah atom doping yang masuk dalam kisi film, grain size, ketebalan dan juga kekasaran film. Faktor-faktor tersebut hadir karena adanya penambahan doping. Gambar 4 menunjukkan nilai transmitansi pada konsentrasi 0,5M; 1M; 1,5M; 2M masing-masing sebesar 96%, 84%, 76%, dan 99%.

Direct optical band gap ( $E_g$ ) dapat diperoleh dari ekstrapolasi linier terhadap sumbu energi foton dari grafik hubungan antara kuadrat koefisien absorbasi ( $\alpha^2$ ) terhadap energi foton E (Sugianto, 2005;98).

Gambar 5 menunjukkan hasil spektrum serapan film PANi-HCl dapat diketahui bahwa pendopingan menggunakan dopan HCl mampu menghasilkan penyempitan celah pita energi pada film PANi-HCl dengan celah energi yang terbentuk untuk konsentrasi 0,5M; 1M; 1,5M; 2M masing-masing sebesar 3,9 eV, 3,7 eV, 3,2 eV, dan 5,0 eV. Pendopingan menggunakan HCl mengakibatkan terjadinya penambahan ion ( $H^+$ ) yang menunjukkan kecenderungan pergeseran panjang gelombang sehingga terjadi peningkatan pembawa muatan bebas (polaron) antar pita. Kenaikan konsentrasi dopan menyebabkan pembawa muatan (polaron) yang bertambah banyak untuk mencapai pita konduksi, sehingga energi yang dibutuhkan untuk berpindah semakin sedikit (Agustiani, 2012). Pada film PANi-HCl 2 M terjadi kenaikan pada nilai celah energi. Hal tersebut diduga terjadi kejemuhan pada konsentrasi HCl 2M sehingga penambahan konsentrasi dopan tidak lagi berpengaruh pada sifat optik film tipis. Kejemuhan dopan tersebut dikarenakan sifat HCl yang pekat (bertambahnya konsentrasi) yang bersifat oksidator sehingga dapat merusak ikatan rantai pada polimer (Suryaningsih et al., 1998).

### Konduktivitas Listrik

Pada pengukuran ini, terlihat adanya variasi yang cukup peka terhadap konsentrasi dopan HCl yang terdapat dalam PANi. Hal ini berkaitan dengan penambahan konsentrasi dopan yang mempengaruhi sifat konduktivitas PANi-HCl yang dihasilkan, doping menyebabkan struktur dari sebuah sampel dapat berubah (Setiawan, 2008). HCl merupakan penyumbang proton pada PANi yang membuat atom N menjadi terprotonasi. Adanya penambahan ion

(H<sup>+</sup>) oleh dopan HCl maka mempengaruhi jumlah muatan pembawa dalam PANi (Mihardi, 2008). Proses protonasi ini menghasilkan cacat rantai dalam bentuk pasangan dikation (H<sup>+</sup>) dan dopan Cl<sup>-</sup> sehingga menimbulkan perubahan jumlah elektron pada rantai polimer (Kusumawati, 2008). Proses ini terjadi pada saat polimerisasi yang sekaligus juga terdapat reaksi oksidasi anilin yang terbentuk, inilah yang menghasilkan PANi-HCl menjadi bahan yang konduktif bisa menghantarkan listrik karena adanya pergerakan elektron yang menimbulkan arus (Suryaningsih et al., 1998).

**Tabel 2.** Hasil Karakterisasi Konduktivitas Film Tipis PANi-HCl dalam kondisi basah dan kering

Sampel	Konsentrasi HCl (M)	Konduktivitas (Ωcm) <sup>-1</sup>	
		basah	kering
PANi #A	0,5	1,35x10 <sup>-5</sup>	2,88x10 <sup>-6</sup>
PANi #B	1	1,94x10 <sup>-5</sup>	5,00x10 <sup>-6</sup>
PANi #C	1,5	5,90x10 <sup>-5</sup>	7,27x10 <sup>-6</sup>
PANi #D	2	5,49x10 <sup>-5</sup>	1,39x10 <sup>-6</sup>

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis nilai resistivitas film tipis PANi-HCl dalam kondisi basah dan kering dengan konsentrasi dopan 0,5M menunjukkan konduktivitas listrik paling kecil. Nilai konduktivitas film PANi-HCl kondisi basah dengan konsentrasi dopan 0,5M; 1M; 1,5M; 2M yaitu 1,35x10<sup>-5</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup>, 1,94x10<sup>-5</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup>, 5,90x10<sup>-5</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup> dan 5,49x10<sup>-5</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup>. Sedangkan film PANi-HCl kondisi kering yaitu masing-masing sebesar 2,88x10<sup>-6</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup>, 5,00x10<sup>-6</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup>, 7,69x10<sup>-6</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup> dan 1,39x10<sup>-6</sup> (Ωcm)<sup>-1</sup>. Menurut teori nilai konduktivitas PANi murni yaitu berkisar antara 10-10 (Ωcm)<sup>-1</sup> sampai 102 (Ωcm)<sup>-1</sup> (Mihardi, 2008), hal ini berarti PANi yang diperoleh pada penelitian ini cukup konduktif.

Konduktivitas listrik film PANi-HCl setelah dipanaskan dengan suhu 750°C mengalami penurunan dari konduktivitas listriknya dalam kondisi basah. Penurunan tersebut disebabkan karena proses pemanasan melepaskan kandungan air pada struktur ikatan PANi-HCl (PANI-HCl bersifat hidroskopis). Kandungan air menyebabkan terjadinya interaksi antara muatan positif dan negatif sehingga terdapat daya hantar tambahan pada ikatan PANi-HCl (Rositawati, 2004). Dengan demikian pengaruh air terhadap PANi-HCl membuat konduktivitas listrik juga meningkat yang diakibatkan oleh kelembaban relatif. Akan tetapi pada Tabel 2 terdapat batas jenuh bagi jumlah konsentrasi dopan, sehingga ketika batas

tersebut dicapai, maka konduktivitas menjadi konstan. Namun, apabila doping terus dilakukan konduktivitas akan menurun (Suryaningsih et al., 1998).

Hubungan antara Struktur Ikatan Serbuk, Transmisansi Optik, dan Konduktivitas Listrik Film PANi-HCl

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui hubungan antara struktur ikatan serbuk PANi-HCl, sifat optik dan listrik film tipis PANi-HCl. Prinsip kerja polimer konduktif adalah karena adanya ikatan rangkap terkonjugasi pada suatu rantai polimer, sehingga atom karbon mengikat atom karbon lain dengan ikatan tunggal dan ganda secara bergantian (berseling-seling) yang dapat mempengaruhi sifat konduktif pada polimer terkonjugasi (Sitorus dkk, 2011). Analisis hasil FTIR menunjukkan bahwa serbuk PANi-HCl ini memiliki puncak-puncak utama yang merupakan ikatan rangkap atom karbon C=C cincin benzoid dan kuinoid, ikatan C=N terprotonasi serta memiliki ikatan tunggal atom karbon yang lain yaitu C-H vibrasi bending dan C-N stretching sehingga pada penelitian ini serbuk PANi-HCl dapat menghasilkan film tipis PANi-HCl yang cukup konduktif sesuai dengan nilai energi gap dan konduktivitas yang dihasilkan.

Pengukuran sifat optik film PANi-HCl pada penelitian ini menunjukkan penurunan nilai transmisansi dan penyusutan nilai energi gap terhadap kenaikan konsentrasi dopan. Dari tabel nilai konduktivitas menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi dopan HCl mempengaruhi nilai konduktivitas film tipis PANi-HCl yang semakin tinggi, karena adanya penambahan ion (H<sup>+</sup>) oleh dopan HCl yang menyebabkan terjadinya peningkatan pembawa muatan bebas (polaron) antar pita pada rantai polimer. Film PANi-HCl mengalami kejemuhan pada konsentrasi dopan HCl 2 M. Hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya nilai celah pita energi dan menurunnya nilai konduktivitas pada film PANi-HCl konsentrasi 2 M. Kejemuhan tersebut diakibatkan oleh dopan HCl yang bersifat oksidator sehingga jika penambahannya terlalu banyak dapat merusak ikatan rantai pada polimer.

## KESIMPULAN

PANI-HCl dengan variasi konsentrasi doping HCl 0,5M; 1M; 1,5M; 2M telah berhasil disintesis menggunakan metode polimerisasi interfasial yang menghasilkan endapan berwarna hijau tua. Hasil karakterisasi serbuk PANi-HCl menggunakan FTIR menunjukkan ikatan cincin kuinoid dan benzoid,

serta vibrasi stretching (C-N), bending (C-H), stretching (C=N) cincin kuinoid terprotonasi.

Film tipis larutan PANi-HCl:DMSO 6:10 ditumbuhkan di atas substrat kaca preparat dan PCB menggunakan metode spin coating pada kecepatan 600 rpm selama 10 detik. Keempat sampel film tipis PANi-HCl menunjukkan nilai transmitansi pada konsentrasi 0,5M; 1M; 1,5M; 2M masing-masing sebesar 96%, 84%, 76%, dan 99%. Nilai energi gap mengalami penyusutan sesuai dengan peningkatan konsentrasi dopan sebesar 3,9 eV, 3,7 eV, 3,2 eV, dan 5,0 eV. Pengukuran konduktivitas film tipis PANi-HCl di atas PCB menggunakan dua jenis sampel yaitu kondisi basah dan kering. Hasil karakterisasi I-V Meter menunjukkan nilai konduktivitas paling tinggi pada konsentrasi 1,5M sebesar  $5,90 \times 10^{-5}$  ( $\Omega\text{cm}$ )-1 dan  $7,27 \times 10^{-6}$  ( $\Omega\text{cm}$ )-1 masing-masing untuk kondisi basah dan kering.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustiani E., M. B. Malino, dan B. P. Lapanporo. 2012. *Analisis Spektrum Serapan Optis Polianilin Hasil Sintesis Polimerisasi Kimia Interfasial*. Program Studi Fisika. FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak. Tersedia di [jurnal.untan.ac.id/index.php/jpfu/article/download/2117](http://jpfu.artcl.e/download/2117) [diakses 15-2-2014].
- Aspi, M. B. Malino, dan B. P. Lapanporo. 2013. *Analisis Data Spektrum Spektroskopi FTIR untuk Menentukan Tingkat Oksidasi Polianilin*. PRISMA FISIKA, Vol. I(2): 92-96.
- Bachtiar. 2006. *Fabrikasi Dan Karakterisasi Pandu Gelombang Planar*. Tersedia di <http://index.php/pandugelombang/2006.html> [diakses 10-2-2014].
- Bard, A. J. dan Larry R. F. 2001. *Electrochemical Methods, Fundamental and Applications*. Departement of Chemistry and Biochemistry (2th ed). Austin: University of Texas.
- Chairunnisyah, M. F. 2011. *Polimerisasi Interfasial Polianilin dan Aplikasinya sebagai Indikator Boraks*. Skripsi. Program Studi Kimia. FMIPA Universitas Indonesia.
- Huang, J. dan R. B. Kaner. 2005. *The Intrinsic Nanofibrillar Morphology of Polyaniline*. Journal The Royal Society of Chemistry Chem. Commun: 367-376.
- Kang, E. T., Neoh, K. G. dan Tan, K. L., 1998. *Polyaniline: Polymer with Many Interseting Intrinsic Redox State*. Prog. Polym. Sci. Vol. 23: 277-324.
- Kusumawati, D. H., W. Setyarsih, dan N. P. Putri. 2008. *Studi Pengaruh Arus Polimerisasi terhadap Konduktivitas Listrik Polianilin yang Disintesis dengan Metode Galvanostatik*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. Vol. 4(1): 080105-080109.
- Maddu, A., S. T. Wahyudi, dan M. Kurniati. 2008. *Sintesis dan Karakterisasi Nanoserat Polianilin*. Jurnal nanosains dan Nanoteknologi, Vol. 1(2): 73-78..
- Mihardi, I. 2008. *Karakteristik optik dan Listrik polianilin yang di Doped HCl*. Skripsi. Departemen Fisika. FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- Prameswari, T. 2013. *Sintesis Membrane Kitosan-Silika Abu Sekam Padi untuk Deklorisasi Zat Warna Congo Red*. Skripsi. Semarang: UNNES.
- Rositawati, D. N. 2004. *Pengaruh Doping dan Annealing terhadap Konduktivitas Listrik Film Polianilin*. SIGMA, Vol. 7(2): 118-120.
- Setiawan, A., Irzaman, dan A. Arief. 2008. *Uji Sifat Listrik Dan Optik Ba0.25sr0.75 Tio3 yang Didadah Niobium (BSNT) Ditumbuhkan Di atas Subrat Silikon Tipe-P dan Gelas Korning dengan Penerapannya sebagai Fotodioda*. Skripsi. Departemen Fisika. FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- Schroder, D. K. 2005. *Semiconductor Material and Device Characterization*. New Jersey: IEEE Press A Jhon Wiley & Sons, Inc., Publication. Tersedia di <https://www.google.co.id/search?q=Schroder%2C+D.K.+2005.+Semiconductor+Material+and+Device+Characterization> [diakses 4-2-2014].
- Shirakawa, H., E. J. Louis, A. G. Macdiarmind, C. K. Chiang, dan A. J. Heeger. 1977. *Synthesis of Electrically Conducting Organic Polymers: Halogen Derivatives of polyacetylene, (CH)x*. J.C.S. CHEM. COMM: 472-477.
- Sitorus, B., V. Suendi, dan F. Hidayat. 2011. *Sintesis polimer Konduktif sebagai Bahan Baku untuk Perangkat penyimpan Energi Listrik*. Jurnal ELKHA, Vol. 3(1).
- Stejskal, J. 2002. *Polyaniline, Preparation of A Conducting Polymer*. Pure Appl. Chem., Vol. 74(5): 857-867.

- Sugianto dan Upik Nurbaiti. 2005. *Buku Ajar Fisika Zat Padat*. Semarang: UNNES.
- Suryaningsih, S., D. H. Harjo, dan T. A. Demen. 1997. *Analisis Konduktivitas bahan Polianilin sebagai Fungsi konsentrasi Elektrolit*. Laporan penelitian Hibah Dana DPP/DRK FMIPA Universitas Padjadjaran.
- Wibawanto, R. H dan Darminto. 2012. *Elektropolimerisasi Film polianilin dengan Metode Galvanostatik dan pengukuran Laju Pertumbuhannya*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol. 8. Hal 120104-1-120104-6.
- Zareh, N. E., P. N. Moghadam, E. Azariyan dan I. Sharifian. 2011. *Conductive And Biodegradable Polyaniline/Starch Blends And Their Composites With Polystyrene*. Iranian Polymer Journal Vol. 20 (4): 319-328.