

## SINTESIS LAPISAN TIPIS *SOLUBLE* PANi DOPAN FUMARIC ACID DAN KARAKTERISTIKNYA

Dhini Faridatul Nisa, Nugrahani Primary Putri

Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Email: [dhini.17030224002@mhs.unesa.ac.id](mailto:dhini.17030224002@mhs.unesa.ac.id)

### Abstrak

Polianilin merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang memiliki keistimewaan yaitu sifat optik, morfologi, konduktivitas yang baik, dan kestabilan tinggi. Polianilin banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, misalnya sebagai sensor, elektroda pada baterai transistor, elektroda pada kapasitor, pelapis antikorosi. Berbagai macam metode pelapisan, diantaranya yaitu *dip coating*, elektrodeposisi, *spray pyrolysis* dan *spin coating*. Metode *spin coating* ini sering digunakan karena parameternya dapat dikontrol dengan mudah, merupakan metode yang sederhana dan efisien untuk menghasilkan lapisan tipis pada temperatur ruang dan dapat menghasilkan lapisan tipis dengan kualitas yang baik. Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis PANi dengan dopan Fumaric Acid menggunakan metode polimerisasi oksidasi. Deposisi lapisan tipis PANi dilakukan menggunakan metode *spin coating* diatas substrat *Printed Circuit Board* (PCB). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik lapisan tipis *soluble* PANi dengan variasi jenis dan konsentrasi pelarut. Pelarut yang digunakan adalah NMP, Etanol, dan Aseton, dengan konsentrasi 2%, 4%, dan 5%. Karakterisasi yang dilakukan adalah penentuan nilai konduktivitas listrik dengan metode *two point probe*, pengamatan morfologi dengan menggunakan mikroskop optik dan karakterisasi optik menggunakan spektrometer Uv-vis. Hasil dari karakterisasi morfologi yang baik didapatkan pada variasi kecepatan putar 2000 rpm, jenis pelarut NMP dan konsentrasi pelarut 2% terbentuk lapisan yang merata. Nilai transmitansi terbesar yaitu 88% pada pelarut NMP dengan variasi konsentrasi 2%. Sedangkan nilai konduktivitas listrik yang baik terdapat pada variasi kecepatan putar 2000 rpm, variasi jenis pelarut NMP, dan konsentrasi pelarut 2%.

**Kata Kunci:** PANi, *Spin coating*, Lapisan tipis, Konduktivitas listrik

### Abstract

Polyaniline is one type of conductive polymer that has special features, namely optical properties, morphology, good conductivity, and high stability. Polyaniline is widely used in various fields, for example as sensors, electrodes on transistor batteries, electrodes on capacitors, anti-corrosion coatings. Various kinds of coating methods, including dip coating, electrodeposition, spray pyrolysis and spin coating. This spin coating method is often used because its parameters can be controlled easily, it is a simple and efficient method to produce thin films at room temperature and can produce thin films with high quality. the good one. In this study, the synthesis of PANi with Fumaric Acid dopant was carried out using the oxidation polymerization method. PANi thin layer deposition was carried out using the spin coating method on a Printed Circuit Board (PCB) substrate. The purpose of this study was to determine the characteristics of PANi soluble films with variations in the type and concentration of solvents. The solvents used were NMP, Ethanol, and Acetone, with concentrations of 2%, 4%, and 5%. The characterization carried out was the determination of the electrical conductivity value using the two point probe method, morphological observations using an optical microscope and optical characterization using a UV-vis spectrometer. The results of good morphological characterization were obtained at variations in rotational speed of 2000 rpm, the type of solvent NMP and solvent concentration of 2% formed an even layer. The greatest transmittance value is 88% in NMP solvent with a concentration variation of 2%. While the good electrical conductivity values are found in variations in rotational speed of 2000 rpm, variations in the type of NMP solvent, and 2% solvent concentration.

**Keywords:** PANi, Spin coating, Thin film, Electrical conductivity

### PENDAHULUAN

Polianilin merupakan salah satu bahan polimer konduktif yang banyak diteliti. Hal ini dikarenakan polianilin mempunyai karakteristik yang unik meliputi mudah disintesis, konduktivitas listrik yang baik, sifat optik yang baik, dan kestabilan tinggi (Putra R. K., 2014). Polianilin (PANi) tersusun atas monomer anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) yang termasuk

senyawa turunan dari benzena dimana atom H digantikan gugus  $-NH_2$ . PANi memiliki dua gugus yang berulang, yaitu gugus tereduksi dan gugus teroksidasi, dimana gugus-gugus tersebut mengandung molekul berbentuk cincin benzoid dan cincin quinoid yang dihubungkan oleh atom nitrogen melalui ikatan amin ( $-NH-$ ) dan imin ( $-N=$ ) (Niken Agustiarina, 2020). Cincin benzoid bereaksi dengan

zat oksidatif dan cincin quinoid bereaksi dengan zat reduktif. Ketika bereaksi dengan zat oksidatif, cincin benzoid berubah menjadi quinoid yang menyebabkan peningkatan nilai konduktivitas listrik PANi. Sebaliknya, jika bereaksi dengan zat reduktif, cincin quinoid berubah menjadi benzoid yang menyebabkan polianilin menjadi lebih resistif (Nurvita Widiyanti, 2018).

Berdasarkan tingkat oksidasi, PANi terdiri dari 3 bentuk yaitu leucoemeraldine (tereduksi penuh), emeraldine (setengah teroksidasi), dan pernigraniline (teroksidasi Penuh). Bentuk emeraldine dibagi menjadi dua yaitu emeraldine base (EB) bersifat isolator dan emeraldine salt (ES) bersifat konduktif. Emeraldin memiliki nilai konduktivitas  $10^{-10} \Omega/\text{cm}$  hingga  $100 \Omega/\text{cm}$  melalui proses doping. Bentuk leucoemeraldine dan pernigraniline merupakan bentuk polianilin yang tidak dapat dibuat konduktif, karena leucoemeraldine dan pernigraniline merupakan konduktor yang buruk meskipun didoping dengan asam, EB dan ES merupakan bentuk polianilin yang tidak mudah larut hampir di semua pelarut organik umum karena memiliki struktur terkonjugasi (Emilia Dwi Roida, 2020). Ikatan terkonjugasinya yang dimiliki oleh polianilin ini, memungkinkan adanya proses transfer muatan. Karena polianilin memiliki tingkat konduktivitas yang baik maka dapat diaplikasikan sebagai: baterai sekunder, sensor kimia seperti sensor gas, elektroda pada baterai transistor, elektroda pada kapasitor (Niken Agustiarina, 2020)

Berbagai macam metode telah dilakukan untuk sintesis PANi, yaitu terdapat metode kimia dan metode elektrokimia. Sintesis PANi secara kimia dapat memproduksi dalam jumlah yang besar. Hal tersebut sangat menguntungkan untuk kepentingan aplikasi (Nurvita Widiyanti, 2018). Metode kimia ada 2 macam yaitu metode oksidasi dan metode interfisial. Dengan menggunakan metode oksidasi dapat menghasilkan serbuk PANi dengan ukuran yang sangat kecil, yang nantinya akan bagus dalam pemanfaatan sebagai lapisan tipis karena luas permukaan akan semakin lebar (Putra M. J., 2020).

Banyak cara yang dilakukan dalam penumbuhan lapisan tipis, diantaranya yaitu *dip coating*, elektrodeposisi, dan *spray pyrolysis* (Varadila Sahanaya, 2018). Dalam pembuatan lapisan tipis menggunakan teknik *spray pyrolysis* yaitu dimana larutan (fasa cair) diubah menggunakan transduser ultrasonik menjadi partikel (fasa gas) yang dapat digunakan untuk pelapisan pada substrat (Diah, 2017). *Dip coating* yaitu proses dimana substrat yang dicelupkan ke dalam larutan kemudian diangkat secara vertikal dengan kecepatan konstan kemudian ditarik keatas, lalu dikeringkan (Ahmad Mukhsinin, 2019). Metode elektrodeposisi adalah pembentukan endapan logam pada katoda dengan

menggunakan bantuan energi listrik melalui suatu elektrolit. Dalam proses metode elektrodeposisi membutuhkan elektroda-elektroda yang mempunyai sifat konduktif agar dapat menghantarkan arus listrik sehingga terjadi proses oksidasi dan reduksi. Elektroda-elektroda yang biasanya digunakan sebagai proses metode elektrodeposisi adalah platina, emas, grafit, dan karbon (Niken Agustiarina, 2020). Namun metode tersebut memiliki kekurangan diantaranya luas daerah penumbuhan lapisan tipis yang kecil, instrumen canggih dan biaya tinggi. Oleh karena itu, cara melakukan penumbuhan lapisan tipis secara sederhana dan cepat dalam proses penumbuhan lapisan tipis yaitu metode *spin coating* (Varadila Sahanaya, 2018).

Pembuatan lapisan tipis PANi menggunakan metode *spin coating*. *Spin coating* merupakan metode untuk mendeposisikan lapisan tipis dengan menyebarkan larutan ke atas substrat kemudian substrat diputar dengan kecepatan konstan tertentu agar dapat diperoleh endapan lapisan tipis di atas substrat. Metode ini merupakan metode yang paling sering dipakai untuk pembuatan lapisan tipis karena terdapat parameter yang dapat dikontrol dengan mudah, sederhana, metode yang efisien untuk menghasilkan lapisan tipis pada temperatur ruang dan dapat menghasilkan kualitas lapisan tipis yang baik (N P Putri, 2019). Proses pelapisan menggunakan *spin coating* berupa larutan dengan volume tertentu, menentukan ketebalan lapisan tipis yang dihasilkan bergantung dan karakteristik lainnya bergantung pada viskositas, laju pengeringan, presentase larutan, dan lain-lain (Parasmayanti, 2014).

Pada metode tersebut terdapat beberapa parameter yang dapat dikontrol dengan mudah antara lain konsentrasi larutan, suhu pemrosesan dan kecepatan serta lama rotasi. Ketebalan lapisan yang dihasilkan juga ditentukan oleh pemilihan parameter tersebut (Putra R. K., 2014). Proses *spin coating* dilakukan dengan memutar alat *coater* dengan kecepatan putar (rpm) dalam waktu tertentu. Semakin cepat putaran, akan diperoleh lapisan tipis yang lebih homogen dan tipis. Dengan metode *spin coating* dimungkinkan memperoleh kualitas lapisan tipis yang lebih baik (Prototipe, 2013). Pada deposisi lapisan tipis ada beberapa bahan yang digunakan sebagai bahan substrat diantaranya adalah substrat glass yang telah dilakukan oleh varadila dkk (2018), substrat ITO dilakukan oleh Ria Novita (2017) dan juga substrat PCB dilakukan oleh Nurvita Widiyanti (2018). Pada substrat PCB memiliki keunggulan biaya lebih murah dan mudah (Anggriana Nivitasari, 2015).

Sama seperti polimer konduktif umumnya, kelarutan PANI dalam pelarut organik kurang baik. PANI hanya larut sedikit pada pelarut organik seperti

N,N-Dimethyl formamide (DMF), N-methyl-2-pyrrolidone (NMP), dan Dimethyl sulfoxide (DMSO). Kondisi tersebut tidak memungkinkan pembuatan lapisan PANi yang relatif tebal untuk suatu aplikasi. Selain itu, kelarutan polimer juga merupakan faktor penting dalam pembuatan lapisan tipis. Untuk meningkatkan solubilitas polimer konduktif biasa dibuat bentuk turunan melalui modifikasi struktur (pendekatan kimia), diantaranya dengan mensubstitusi atom-atom H tertentu dengan gugus alkil atau alkoksi (Fitriawati, 2018). Modifikasi tersebut dilakukan pada tahap monomernya, sehingga sintesisnya dapat dilakukan dengan menggunakan proses reaksi yang sama dengan proses sintesis polimer yang bersangkutan. PANi yang dibuat menggunakan metode oksidasi dengan doping HCl (asam kuat) memiliki sifat tidak mudah larut terhadap pelarut organik, maka diperlukan konsentrasi larutan yang tepat agar partikel PANi dapat terlarut dengan baik (Retno Fitri Wulandari, 2021). Sedangkan PANi yang dibuat menggunakan metode oksidasi dengan doping Fumaric Acid dapat meningkatkan kelarutan PANi (Yanmin Wang, 2014).

Berdasarkan studi literatur dari beberapa penelitian terdahulu, pada penelitian ini telah dilakukan sintesis soluble PANi dengan dopan Fumaric Acid. Serbuk soluble PANi hasil sintesis dideposisi diatas substrat PCB menggunakan metode spin coating dengan variasi jenis dan konsentrasi pelarut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik lapisan tipis PANi yang terbentuk.

## METODE

### A. ALAT DAN BAHAN

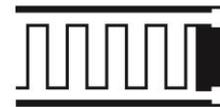
Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan diantaranya Fumaric Acid, APS ((NH)<sub>4</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, Anilin, Aquades, substrat PCB, kemudian bahan pelarut yang digunakan adalah N-Methylpyrrolidone (NMP), aseton, dan etanol. Alat yang digunakan untuk sintesis antara lain spin coater, magnetic stirrer, oven, ultrasonikasi, micropipet, dan neraca digital.

### B. PREPARASI SAMPEL

Untuk mensintesis PANi dengan metode polimerisasi oksidasi, langkah pertama yang dilakukan adalah mencampurkan 2,902 gr Fumaric-Acid dengan 25 ml aquades kedalam gelas kimia. Lalu diaduk menggunakan stirrer selama 30 menit. Kemudian ditambahkan 1,263 ml anilin dan diaduk selama 30 menit. Setelah itu ditambahkan larutan APS (2,852 gr dan 25 ml aquades). selanjutnya di diamkan selama 24 jam, endapan yang dihasilkan dioven selama 20 jam dengan suhu 60 °, PANi-

Fumaric Acid yang sudah dikeringkan dan dihaluskan, kemudian diayak menggunakan ayakan 325 mesh.

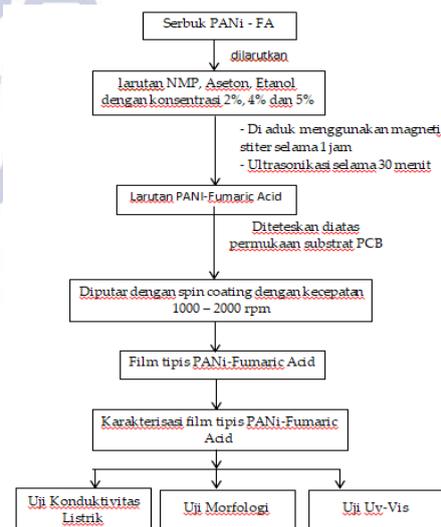
Penumbuhan film tipis pada PANi-Fumaric Acid dilakukan dengan membuat larutan terlebih dahulu. Dengan variasi pelarut yaitu N-Methylpyrrolidone (NMP), aseton dan etanol. Konsentrasi larutan juga divariasi yaitu 2%;4%; dan 5% dari berat PANi. Untuk membuat larutannya menggunakan magnetic stirrer selama 1 jam, kemudian dilanjutkan dengan ultrasonikasi selama 30 menit, untuk memperoleh larutan yang homogen, setelah itu larutan tersebut diteteskan di permukaan substrat PCB menggunakan micropipette lalu diputar dengan variasi kecepatan 1000, 1500, dan 2000 rpm selama 60 detik. Langkah diatas diulangi dengan variasi pelarut dan konsentrasi yang berbeda. Pada penumbuhan film tipis PANi-Fumaric Acid ini menggunakan substrat Printed Circuit Board (PCB), yang dimana substrat ini diberi pola diatasnya, yang ditunjukkan pada (Gambar 1).



Gambar 1. Pola PCB ( (Nurvita Widiyanti, 2018)

Dalam penelitian ini, PANi-Fumaric Acid disintesis menggunakan metode polimerisasi oksidasi.

Untuk memudahkan memahami tahapan penelitian maka disajikan diagram alir sebagai berikut



Gambar 2. Diagram alir penelitian

### C. Karakterisasi Sampel

Pada pengukuran konduktivitas film tipis PANi dengan masing-masing variasi konsentrasi dan larutan menggunakan spin coating di atas substrat PCB, sebelum di lapisi, substrat PCB ini di

ukur dahulu nilai resistansi menggunakan metode *two-point probe*. Pada pengukuran nilai resistansi dilakukan 5 kali pengulangan. Kemudian sampel hasil spin coating juga ditentukan nilai konduktivitas listriknya dengan metode *two-point probe*. Nilai konduktivitas yang digunakan yaitu dari selisih nilai konduktivitas sebelum dilapisi dan sesudah dilapisi. Sebelum menentukan konduktivitas listrik sampel, dilakukan pengukuran resistansi sampel. Dari nilai resistansi yang didapat, bisa ditentukan nilai resistivitas menggunakan persamaan 1 berikut :

$$R = \rho \frac{A}{l} \dots \dots \dots (1)$$

Nilai konduktivitas listrik sampel dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2 berikut

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots \dots \dots (2)$$

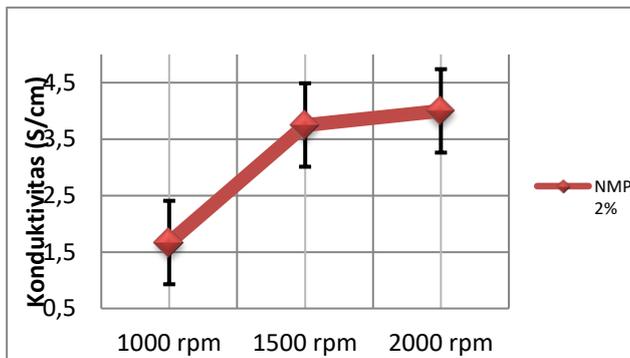
Dimana R adalah resistansi ( $\Omega$ ),  $\rho$  = resistivitas ( $\Omega m$ ), A = luas area yang terlapisi ( $cm^2$ ), l = jarak antar probe (cm), dan  $\sigma$  = konduktivitas listrik (S/cm).

Selain itu juga dilakukan uji transmitansi optik dan pengamatan morfologi. Pada uji transmitansi optik menggunakan spectrometer UV-VIS, pada karakteristik ini menggunakan substrat kaca. Uji morfologi menggunakan alat mikroskop optik.

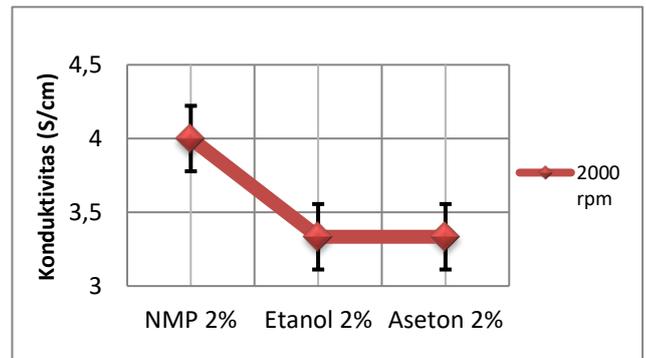
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Nilai Konduktivitas Listrik

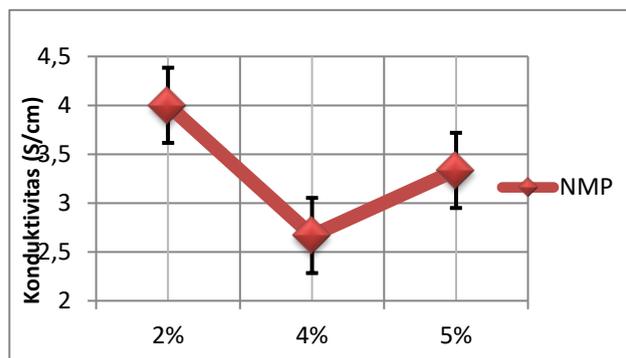
Penumbuhan film tipis PANi-Fumaric Acid dengan substrat PCB untuk mengetahui konduktivitas listrik dari film tipis PANi-Fumaric Acid.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.** Hasil karakterisasi konduktivitas listrik film tipis PANi-Fumaric Acid (a) pelarut NMP 2% variasi kecepatan putar (b) variasi jenis pelarut (c) variasi konsentrasi pelarut

Hasil pengukuran konduktivitas listrik ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar 3 (a) dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas listrik tertinggi yaitu pada kecepatan putar 2000 rpm dengan nilai  $4,00 \pm 1,22$  S/cm dan nilai terendah pada kecepatan putar 1000 rpm yaitu  $1,67 \pm 0,45$  S/cm. Hal itu dapat terjadi karena pada kecepatan putar yang lebih rendah lapisan PANi tidak merata. Dengan demikian semakin sedikit pergerakan elektron yang membawa muatan listrik maka nilai konduktivitasnya rendah (Anggriana Nivitasari, 2015). Pada lapisan yang terbentuk dengan kecepatan putar 2000 rpm morfologinya lebih merata dan tidak terjadi penggumpalan (*aglomerasi*), sehingga nilai konduktivitasnya lebih tinggi. Maka dapat disimpulkan bahwa variasi kecepatan putar pada penumbuhan lapisan tipis PANi-Fumaric Acid dapat mempengaruhi nilai konduktivitas listrik PANi.

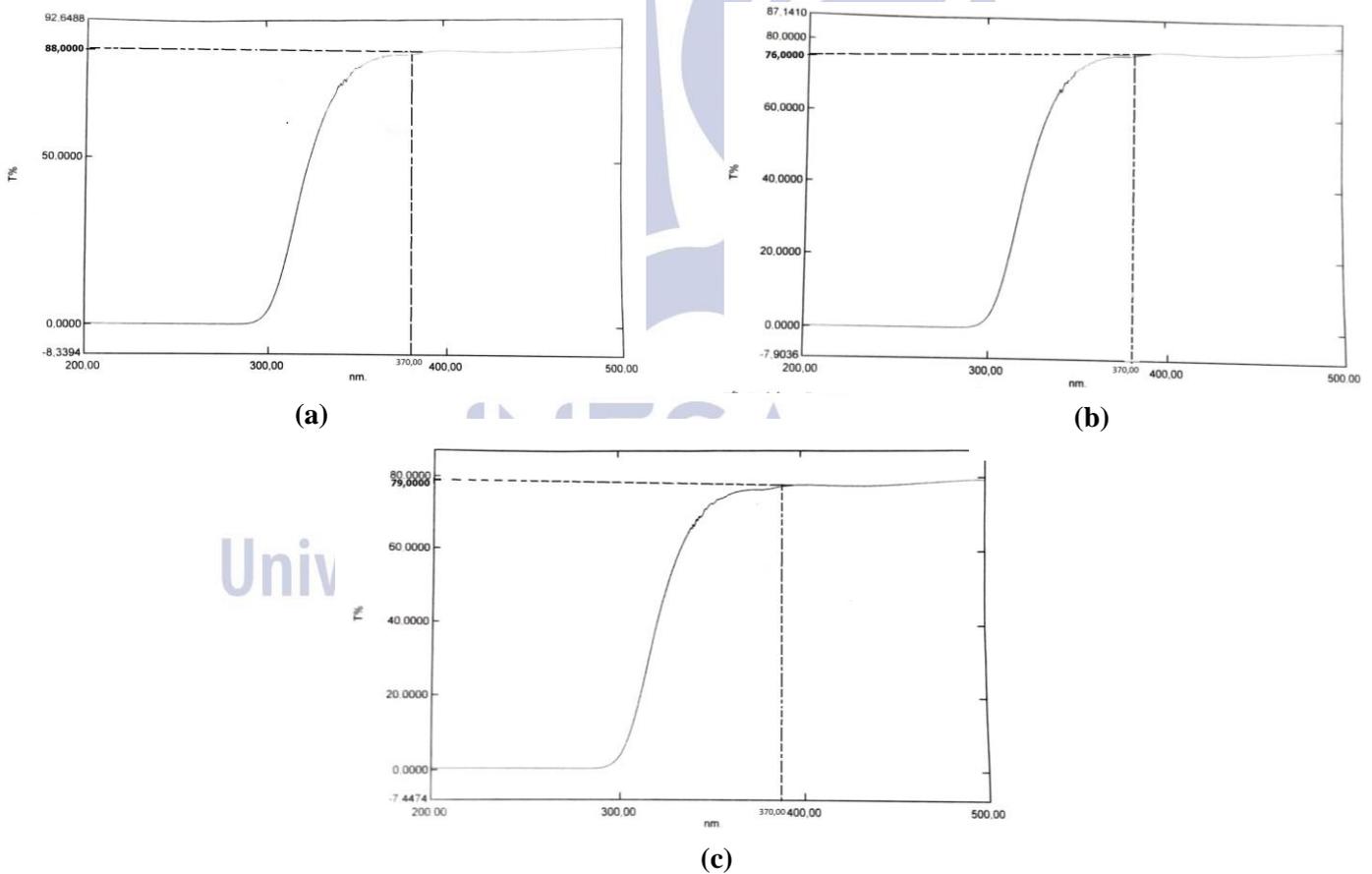
Gambar 3 (b) menunjukkan hasil konduktivitas variasi pelarut yaitu pelarut NMP, Etanol, dan Aseton dengan masing-masing konsentrasi 2%. Dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas tertinggi dimiliki oleh sampel dengan pelarut NMP. Hal ini dikarenakan larutan yang terbentuk dengan pelarut NMP lebih homogen dan

tidak cepat mengendap maka lapisan yang terbentuk lebih merata dan tidak terjadi aglomerasi sedangkan nilai konduktivitas terendah di pelarut Etanol dan Aseton, pada lapisan yang dihasilkan banyak gumpalan yang ada di lapisan tipis, hal ini akan mempengaruhi nilai konduktivitas pada lapisan tersebut.

Gambar 3 (c) menunjukkan nilai konduktivitas listrik lapisan tipis PANi-Fumaric Acid dengan variasi konsentrasi pelarut NMP. Nilai konduktivitas listrik tertinggi didapatkan pada konsentrasi 2%. hal ini disebabkan karena, dengan bertambahnya jumlah serbuk PANi dalam larutan akan menurunkan kelarutannya, sehingga pada saat *spin coating* banyak larutan yang menggumpal ataupun tidak merata, yang menyebabkan pengurangan pergerakan electron yang membawa muatan listrik.

### B. Transmittansi Optik

Pada pengujian sifat optik, dikarakterisasi menggunakan spektrometer UV-Vis dengan rentang panjang gelombang 200-500 nm, untuk mengetahui nilai transmittansinya.



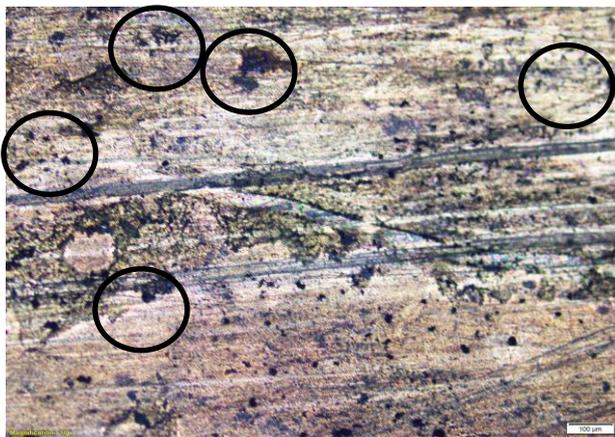
**Gambar 5.** Hasil karakterisasi spektrometer Uv-Vis film tipis dengan variasi konsentrasi pelarut NMP (a) 2% (b) 4% (c) 5%

Gambar 4. Dilihat dari grafiknya nilai transmitansi pada NMP 4% merupakan nilai terendah yaitu 76%. Menurut (Hanum Yuda Aditya, 2014) Hal ini disebabkan karena lapisan yang tebal yang ditumbuhkan di atas substrat kaca maka atom penyusunnya akan semakin banyak yang terbentuk mengakibatkan tumbukan partikel cahaya (foton) dengan atom-atom tersebut menjadi lebih sering sehingga semakin sulit bagi berkas cahaya untuk melewatinya. Ketebalan lapisan memberikan pengaruh terhadap beberapa sifat optik material, antara lain: absorbansi dan transmitansi. Pada NMP 2% memiliki nilai transmitansi yang tinggi yaitu 88%, hal ini menunjukkan permukaan lapisan tipis lebih tipis dibandingkan pada NMP 4%, sehingga dapat melewatkan cahaya tampak dengan intensitas yang lebih tinggi. Pada rentang panjang gelombang 300-370 nm menunjukkan bahwa lapisan tersebut mampu mengabsorpsi cahaya. Nilai transmitansi bertambah besar menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang

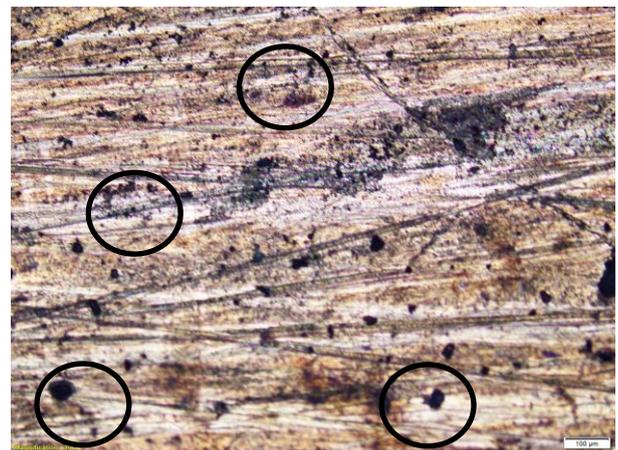
diteruskan semakin besar. Hal tersebut menunjukkan rendahnya kemampuan film tipis yang telah ditumbuhkan dalam mengabsorpsi cahaya. Hal ini sesuai dengan penelitian (Enni Setianingsih, 2014), (Putra R. K., 2014), dan (Hanum Yuda Aditya, 2014) Nilai transmitansi yang bertambah disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jumlah atom doping yang masuk dalam kisi lapisan, grain size, ketebalan dan juga kekasaran lapisan. Faktor faktor tersebut hadir karena adanya penambahan dopan (Putra R. K., 2014). Suatu substrat tidak akan memiliki nilai transmitansi 100% karena menandakan bahwa substrat tersebut tidak terlapisi.

### C. Morfologi

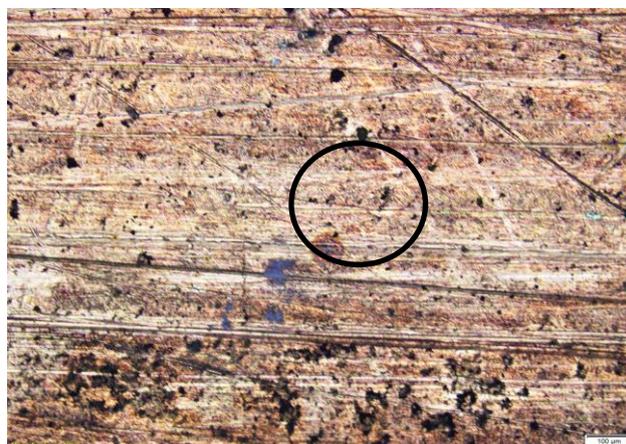
Pada pengujian morfologi alat yang digunakan yaitu mikroskop optik dengan perbesaran 100x. Berikut hasil karakteristik morfologi yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.



(a)



(b)

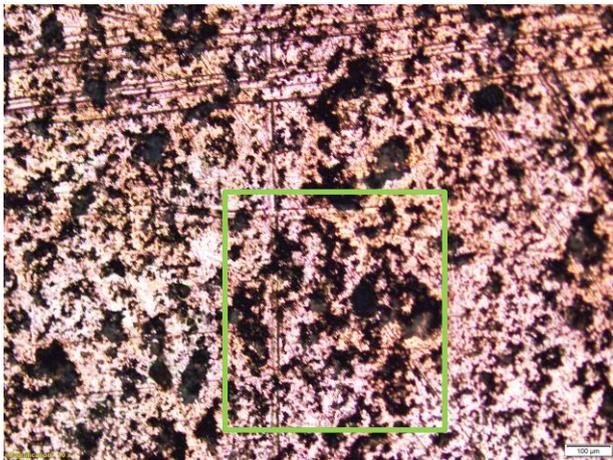


(c)

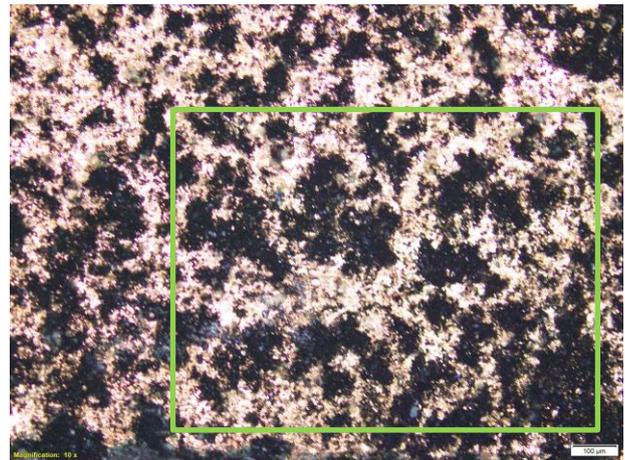
**Gambar 5.1** Hasil karakterisasi mikroskop optic (perbesaran 100x) Morfologi lapisan tipis PANi-Fumaric Acid dengan variasi kecepatan putar (a) 1000 rpm (b) 1500 rpm (c) 2000 rpm

Variasi kecepatan putar juga mempengaruhi morfologi lapisan PANi yang terbentuk (Gambar 5). Pada kecepatan putar 1000 rpm, terdapat pulau-pulau partikel PANi pada lapisan yang terbentuk. Hal ini dapat terjadi karena pada saat kecepatan putar yang digunakan rendah, proses penyebaran larutan menjadi lambat sehingga film yang terbentuk tidak

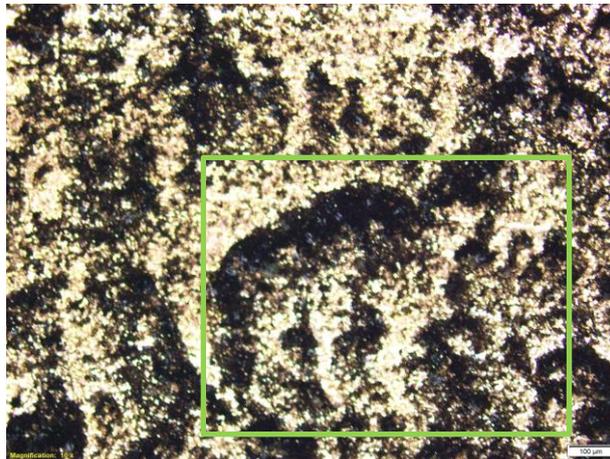
seragam dan terjadi aglomerasi. Sebaliknya, dengan kecepatan putar yang tinggi, gaya sentrifugal pada spin coating menjadi lebih besar dan memaksa film menyebar lebih cepat, hal ini menyebabkan aglomerasi lebih sedikit, dan permukaan lapisan merata.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 5.2** Hasil karakterisasi mikroskop optic (perbesaran 100x) Morfologi lapisan tipis PANi-Fumaric Acid dengan variasi konsentrasi pelarut (a) 2% (b) 4% (c) 5%

Morfologi permukaan pelapisan PANi ditunjukkan pada Gambar 3. Semua gambar sesuai dengan pelapisan dengan PANi dalam pelarut NMP.

Ada perbedaan dispersi antara film PANi pada konsentrasi larutan yang berbeda. Pelapisan yang berasal dari larutan PANi 2% dalam pelarut etanol memiliki morfologi yang lebih baik, menunjukkan

dispersi yang lebih merata dibandingkan dengan lapisan dengan konsentrasi 4% dan 5%. Morfologi ini berhubungan langsung dengan konsentrasi larutan. Seperti dijelaskan di atas, bahwa dengan konsentrasi larutan yang berbeda, jumlah serbuk PANi yang terdispersi dalam larutan juga berbeda. Sehingga larutan dengan konsentrasi 5% memiliki kandungan

## PENUTUP

### Simpulan

Lapisan tipis PANi-Fumaric Acid telah berhasil disintesis dengan variasi jenis pelarut, variasi konsentrasi pelarut dan variasi kecepatan putar diatas substrat PCB menggunakan metode spin coating. Pelarut yang digunakan adalah NMP, Aseton, dan Etanol dengan konsentrasi 2%, 4%, dan 5%. Kecepatan putar yang digunakan adalah 1000 rpm, 1500 rpm, dan 2000 rpm.

Pengukuran konduktivitas listrik pada lapisan tipis PANi-Fumaric Acid ini yang memiliki konduktivitas yang baik yaitu pada variasi kecepatan putar 2000 rpm memiliki nilai konduktivitas sebesar  $4,00 \pm 1,22$  S/m, variasi jenis pelarut konduktivitas tertinggi yaitu pada pelarut NMP, sedangkan pada variasi konsentrasi pelarut nilai konduktivitas tertinggi yaitu pada konsentrasi 2%. Nilai transmitansi pada konsentrasi 2%;4%;5% masing-masing sebesar 88%,76%, dan 79%. Nilai transmitansi yang bertambah disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jumlah atom doping yang masuk dalam kisi lapisan, grain size, ketebalan dan juga kekasaran lapisan.

Hasil karakterisasi morfologi lapisan tipis PANi-Fumaric Acid ini menunjukkan bahwa permukaan pada substrat PCB dengan metode spin coating yang paling baik adalah pada variasi kecepatan putar 2000 rpm, jenis pelarut NMP dengan konsentrasi pelarut 2% lapisan yang terbentuk merata dan tidak ada penggumpalan atau *aglomerasi*.

### Saran

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk menghasilkan karakteristik lapisan tipis PANi-Fumaric Acid yang ditumbuhkan dengan sifat optik dan konduktivitas listrik yang lebih baik dengan melakukan variasi waktu penumbuhan pada *spin coating*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Tim penulis menyampaikan terimakasih kepada Laboratorium material jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya, laboratorium material jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh November yang telah memberi fasilitas dan kemudahan pada penelitian ini.

serbuk PANi yang lebih banyak jika dibandingkan dengan larutan dengan konsentrasi 2%. Dengan bertambahnya jumlah serbuk PANi dalam larutan akan menurunkan kelarutannya, sehingga pada saat proses spin coating, banyak serbuk PANi yang menggumpal dan membentuk *aglomerasi* pada permukaan substrat PCB.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Mukhsinin, N. A. (2019). Rancang Bangun Alat Pembuat Lapisan Tipis Metode Dip Coating Berbasis Arduino Uno. *JIFP (Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya)*, 76-83.
- Anggriana Nivitasari, M. T. (2015). Pengaruh Ketebalan Terhadap Nilai Resistansi Lapisan Tipis Seng Sulftalosianin (Znpcsn) Sebagai Protoipe Detektor Ozon. *Natural B*.
- Emilia Dwi Roida, N. P. (2020). Aplikasi Polianilin Sebagai Bahan Aktif Pendeteksi Alkohol . *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* , Hal 152-162 .
- Enni Setianingsih, N. M. (2014). Karakteristik Struktur, Optik Dan Listrik Film Tipis Polianilin (Pani) Doping  $H_2SO_4$  Yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating . *Unnes Physics Journal* , 23-30.
- Fitrilawati. (2018). Peningkatan Kelarutan Polianilin Melalui Turunannya Untuk Bahan Komposit. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 33-38.
- Hanum Yuda Aditya, H. S. (2014). Analisis Sifat Optik Lapisan Tipis Bilayer  $ZnO/TiO_2$  Yang Dideposisikan Menggunakan Metode Sol-Gel Spray Coating Dan Aplikasinya Sebagai Fotodegradasi Zat Warna . *Youngster Physics Journal* , 223-230 .
- Irzaman, A. M. (2010). Uji Konduktivitas Listrik Dan Dielektrik Film Tipis Lithium Tantalate (  $LiTaO_3$  ) Yang Didadah Niobium Pentaoksida (  $Nb_2O_5$  ) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition . *Prosiding Seminar Nasional Fisika 2010* , 175-183.
- N P Putri, D. W. (2019). Solvent Effect On Viscoelastic Behaviour And Morphology Of Polyaniline Coating At QCM Sensor. *2019 Journal Of Physics: Conference Series*, 2-8.
- Niken Agustiarina, N. P. (2020). Deposisi Lapisan Tipis Polianialin Dengan Metode Elektrokimia. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 31 - 42.
- Nurvita Widiyanti, N. P. (2018). Sintesis Polianilin Dengan Metode Interfasial Menggunakan Variasi Larutan Dalam Fasa Organik . *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* , 71-73.

- Parasmayanti, F. (2014). Pengaruh Lama Sonikasi Pada Pembuatan Film Pani-Ag/Ni Terhadap Kristalinitas Dan Konduktivitasnya .
- Putra, M. J. (2020). Sintesis Dan Karakteristik Komposit Konduktif Pani/BC. *Digital Repository Universitas Jember*.
- Putra, R. K. (2014). Karakteristik Struktur,Optik,Dan Listrik Film Tipis Polianilin (Pani) Doping Hcl Yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating. *Unnes Physics Journal* , 14-21.
- Retno Fitri Wulandari, N. P. (2021). Sintesis Soluble Polianilin Dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Dopan. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*.
- Ria Novita, N. P. (2017). Sintesis Lapisan Tipis PANi/PVA sebagai Bahan Elektrotomik. *sains & Matematika*, 29-34.
- Varadila Sahanaya, R. d. (2018). Pengaruh Fraksi Konsentrasi Nanokomposit  $Fe_3O_4$ /Pani Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating Untuk Material Elektroda Baterai Lithium . *Pillar of Physics*, 49-56.
- Yanmin Wang, K. C. (2014). Soluble Polyanilin Nanofibers Prepared Via Surfanct-free emulsion Polymerization. *Syntetic Metal*, 293-299.