# Sintesis *Soluble* Polianilin dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Dopan

## Retno Fitri Wulandari<sup>1</sup>, Nugrahani Primary Putri<sup>1\*</sup>

(1) Jurusan Fisika, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia, 60231 Email: \*\)nugrahaniprimary@unesa.ac.id

Diterima (02 Juni 2021), Direvisi (29 Juli 2021)

**Abstract.** This study reports the synthesis of soluble polyaniline by the oxidation polymerization method with various dopants HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and Fumaric acid (FA) and variations in dopant concentrations Of HCL(1M;1,5M),H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(0,12M;1M), fumaric acid (0.25M;1M). This variation of dopant and concentration was carried out to obtain polyaniline with optimum solubility and electrical conductivity. The results of FTIR characterization showed several characteristic polyaniline bonds from the samples that had been synthesized. PANi/FA with a concentration of 1M has the best solubility compared to PANi/HCl and PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, with a solubility value of 5.7% in NMP solvents. The electrical conductivity of all samples was measured by the two-point probe method. PANi / HCl with a concentration of 1M has the best conductivity than PANi/FA and PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with a value of 48 x10<sup>-4</sup> S/cm. The morphology of the oxidized polyaniline powder was observed using SEM. SEM results showed the morphology of polyaniline in the form of an interconnected sponge.

Keywords: Soluble polyaniline, electrical conductivity, Fumaric acid.

**Abstrak.** Penelitian ini melaporkan hasil sintesis *soluble* polianilin dengan metode polimerisasi oksidasi dengan variasi dopan HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan *Fumaric acid* (FA) dan variasi konsentrasi dopan HCL(1M;1,5M),H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,12M;1M), *Fumaric acid* (0,25M;1M). Variasi dopan dan konsentrasi ini dilakukan untuk memperoleh polianilin dengan kelarutan dan konduktivitas listrik yang optimum. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan beberapa ikatan karakteristik polianilin dari sampel yang telah disintesis. PANi/FA dengan konsentrasi 1M memiliki kelarutan yang paling baik dibandingan dengan PANi/HCl dan PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan nilai kelarutan sebesar 5,7 % pada pelarut NMP. Konduktivitas listrik seluruh sampel diukur dengan metode *two-point probe*. PANi/HCl dengan konsentrasi 1M memiliki konduktivitas paling baik dibandingkan dengan PANi/FA dan PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan nilai sebesar 48 x10<sup>-4</sup> S/cm. Morfologi serbuk polianilin hasil oksidasi telah diamati menggunakan SEM. Hasil SEM memperlihatkan morfologi polianilin berbentuk *interconnected-sponge*.

Kata kunci: soluble Polianilin, konduktivitas listrik, asam fumarat.

### **PENDAHULUAN**

Polianilin merupakan polimer konduktif yang saat ini sedang banyak diteliti. Hal ini disebabkan polianilin (PANi) memiliki karakteristik yang unik meliputi konduktivitas listrik yang baik, sifat optik yang baik, dan kestabilan kimia yang baik[1]. Polimer konduktif menjadi bahan yang sangat diminati untuk dikaji. tersebut disebabkan oleh polimer konduktif berbeda dari yang

polimer konvensional yakni mempunyai konduktivitas listrik yang tinggi. Diantara beberapa bahan polimer konduktif yang selama ini dikenal seperti Poliasetilen (PA), Polidiasetilen (PdA), Politiofen (PT) dan Poliperol (PPy), PANi memiliki kestabilan kimia yang baik diantara bahan polimer lainnya[2] PANi juga mempunyai kelebihan lain, yaitu kemudahan proses polimerisasi [3].

PANi memiliki tiga tingkat keadaan oksidasi tergantung pada tingkat doping pada proses polimerisasi. Tiga tingkat keadaan oksidasi PANi tersebut adalah leucomeraldine base (LB) dengan tingkat tereduksi penuh, emeraldine base (EB) teroksidasi setengah dan pernigraniline base (PB) teroksidasi penuh[4]. Dari ketiga tingkat keadaan PANi, yang banyak diteliti adalah EB karena konduktivitas listriknya dapat diatur dan memiliki beberapa baterai keunggulan, misalnya sebagai sekunder, sensor kimia seperti sensor gas, LED polimer, piranti elektronik, sel fotovoltaik, anti korosi dan aplikasi-aplikasi bidang optoelektronik lainnya[1]. Nilai konduktivitas listrik EB dapat diatur dari 10<sup>-10</sup> S/cm hingga 100 S/cm melalui proses doping [5].

Kelarutan PANi dalam pelarut organik kurang baik, hal ini sama seperti polimer konduktif umumnya. PANi sedikit larut pada pelarut organik N-methyl-2-pyrrolidone (NMP) [6]. PANi yang dibuat menggunakan metode oksidasi dengan doping asam kuat memiliki sifat tidak mudah larut terhadap pelarut organik baik[7].

Nilai konduktivitas listrik dan kelarutan PANi dipengaruhi oleh jenis dopan yang digunakan seperti asam kuat (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ataupun asam lemah (Fumaric acid). Molekul asam kuat cenderung menyebar pada rantai PANi sehingga dapat meningkatkan konduktivitas listrik sedangkan molekul meningkatkan lemah dapat asam polimer namun menghasilkan kelarutan konduktivitas yang lebih rendah[8]. Wang et al telah berhasil mensintesis soluble PANi dengan doping Fumaric Acid. Nilai konduktivitas listrik PANi yang dihasilkan sebesar 1,56 x 10<sup>-2</sup> S/cm. kelarutan PANi dalam pelarut NMP sebesar 2,8% [9]. Zakaria dkk telah melakukan penelitian

sintesis PANi degan variasi konsentrasi doping HCl. Nilai konduktivitas listrik PANi yeng terbaik sebesar 1,4 S/cm (dopan 1,5 M). Dari Penelitian ini dapat diketahui bahwa konsentrasi dopan akan mempengaruhi nilai konduktivitas listrik PANi[10]. Rahayu dkk juga mensistesis PANi dengan variasi konsentrasi doping H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Nilai konduktivitas listrik PANi yang terbaik sebesar 4,52 S/cm (Dopan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,5 M)[11]. Suwardi dkk telah melakukan sintesis PANi dengan dopan variasi jenis pelarut. Dari didapatkan bahwa suwardi penelitian pelarut terbaik adalah NMP dengan nilai kelarutan PANi sebesar 0,01% [12].

Pada artikel ini peneliti melaporkan hasil sintesis PANi yg telah dilakukan. PANi disintesis dengan variasi dopan (HCl,H2SO4,Fumaric Acid) dan konsentrasi dopan yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi jenis dan konsentrasi dopan terhadap nilai konduktivitas listrik PANi. PANi hasil sintesis kemudian dilarutkan dengan pelarut yang berbeda (NMP,Aseton,Etanol) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap solubilitas PANi.

#### METODE PENELITIAN

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah terdiri dari Anilin sebagai monomer, Ammonium peroxodisulfate ((NH)<sub>4</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) sebagai oksidan. HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan Fumaric Acid (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub>) sebagai dopan. N-methyl-2-pyrrolidone (NMP), aseton, dan etanol sebagai pelarut, serta PVA sebagai binder. Adapun alat yang digunakan adalah magnetic stirrer, microwave, dan dye press.

Langkah awal penelitian ini yaitu sintesis PANi menggunakan metode polimerisasi oksidasi dengan doping HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan Fumaric acid, yang dilakukan di Laboratorium Material jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya.

Sintesis PANi doping HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan Fumaric acid

Sebanyak 1,82 ml anilin dilarutkan kedalam 50ml HCl dengan konsentrasi yang divariasi dan dibiarkan selama 1 jam. Kemudian 5,71 gr APS  $((NH)_4S_2O_8)$ dilarutkan kedalam aquades dan dibiarkan selama 1 jam. Setelah 1 jam larutan anilin+HCl dan APS+aquades dicampurkan kedalam gelas kimia, lalu distirer selama 1 jam dan dibiarkan selama 24 jam untuk proses polimerisasi, kemudian dilakukan pencucian dengan 0,2M HCl, aseton, dan aquades. Setelah itu dioven dengan suhu 60° selama 20 jam. Setelah pengeringan di dengan pengayak 325 ayak Kemudian didapatkan serbuk PANi yang siap untuk dikarakterisasi. Proses sintesis dilakukan dengan metode yang sama pada H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan Fumaric acid dengan variasi konsentrasi. Sampel yang dihasilkan diberi nama FA1 (0,25M Fumaric acid ), FA2 (1M Fumaric acid), HCl1 (1M HCl), HCl2  $(1,5M \text{ HCl}), H_2SO_41 (0,12M \text{ H}_2SO_4),$  $H_2SO_42$  (1M  $H_2SO_4$ )

Sampel yang sudah jadi dikarakterisasi menggunakan spektroskopi Fourier Infrared (FT-IR) Transform Thermo scientific Nicolet iS10 untuk mengetahui jenis ikatan yang terdapat pada sampel. Scanning Electron Microscope (SEM) Inspect-S50 digunakan untuk mengamati morfologi sampel. Selain itu juga dilakukan **PANi** penentuan kelarutan konduktivitas listriknya.

Pada pengukuran konduktivitas serbuk PANi diubah menjadi *pellet*. Sebanyak 0,3 gram serbuk PANi di campur dengan 0,01 gram Polyvinyl alcohol (PVA), kemudian dikompaksi menjadi *pellet* dengan diameter 1cm. Konduktivitas listrik sampel ditentukan menggunakan metode *two-point probe*. Sebelum menentukan konduktivitas

listrik sampel, dilakukan pengukuran resistansi sampel. Dari nilai resistansi yang didapat, bisa ditentukan nilai resistivitas menggunakan **Persamaan 1** berikut:

$$R = \rho \frac{A}{I} \tag{1}$$

Nilai konduktivitas listrik sampel dapat ditentukan menggunakan **Persamaan 2** berikut:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \tag{2}$$

Dimana R adalah resistansi ( $\Omega$ ),  $\rho$  = resistivitas ( $\Omega$ m), A = luas *pellet* ( $m^2$ ), l = jarak antar probe (m), dan  $\sigma$  = konduktivitas listrik (( $\Omega$ cm)<sup>-1</sup>) atau (S/cm)

Pada uji kelarutan, 1 gram sampel PANi ditambahkan ke dalam setiap jenis pelarut sebanyak 10mL (NMP, etanol, dan aseton) dan diaduk menggunakan magnetik stirer selama 1 jam, kemudian dilanjutkan dengan ultrasonikasi selama 30 menit, lalu disentrifugasi selama 15 menit. Hasil sentrifugasi kemudian disaring. Serbuk hasil saring dipanaskan sampai kering menggunakan microwave oven ditimbang menggunakan neraca digital. kelarutan Besar nilai ditentukan menggunakan Persamaan 3 berikut[12]:

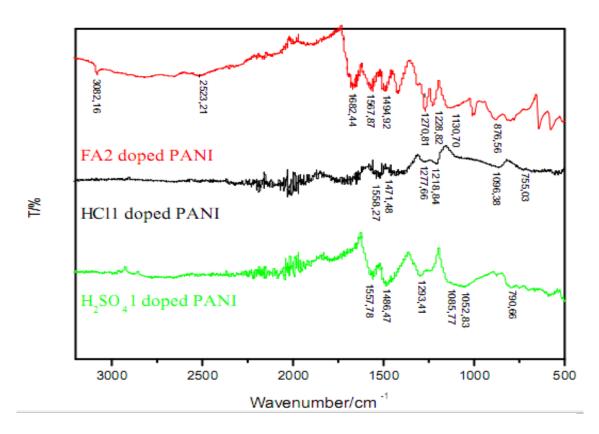
%kelarutan 
$$\left(\frac{g}{ml}\right) = \frac{m_1 - m_2}{volume\ pelarut} \times 100\%$$
 (3)

Dimana  $m_1$ = massa serbuk PANi (gram) sebelum dilarutkan,  $m_2$  = massa serbuk PANi (gram) setelah dilarutkan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Serbuk PANi hasil polimerisasi diuji dengan FTIR, yang berfungsi untuk mengidentifikasi jenis ikatan yang terbentuk pada sampel. Hasil karakterisasi FTIR ditunjukkan pada **Gambar 1**. Pada gambar 1 dapat dilihat kurva FTIR untuk sampel PANi/FA2, PANi/HC11, dan PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>1. Terdapat beberapa jenis ikatan karakteristik PANi diantaranya, N-H stretching vibration, C = C stretching (Q), C=N stretching (Q), C-C stretching, C-C stretching, dan C-H bending (B). Masing-

masing jenis ikatan dan bilangan gelombang ditunjukkan pada Tabel 1. Dari hasil perbandingan dengan data sheet dan beberapa referensi, menunjukkan bahwa sampel PANi hasil sintesis memiliki banyak kesesuaian. Sehingga dapat disimpulkan sampel telah disintesis bahwa yang merupakan molekul PANi.



Gambar 1. Hasil spectrum FT-IR pada PANi/FA2, PANi/HCl1, dan PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1

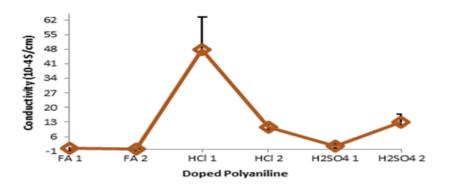
Tabel 1. Jenis ikatan untuk PANi/FA2, PANi/HCl1, dan PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>1

Bilangan gelombang (cm) <sup>-1</sup>							
Data sheet	Ref (FA)	Sampel PANi/F A2	Ref (HCl)	Sampel PANi/H Cl 1	Ref (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Sampel PANi/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1	Jenis ikatan
	3230- 2370	3082,16 - 2523,21	-	-	-	-	N-H stretching vibration
	1678	1682,44	-	-	-	-	C = O stretching vibration
1650-1560	1562	1567,87	1580	1558,27	1559	1557,78	C = C stretch $(Q)$
1500-1400	1488	1494,92	1490	1471,48	1480	1486,47	C = N stretch (Q), C-C stretch (B)
1335-1250	1284	1270,81	1297	1277,66	1301	1293,41	C-H bending (Q)
1250-1020	1230	1228,82	1218	1218,84	1244	1085,77	C-N Stretch, C-C atretch, C-H bending (B)
1250-1020	1150	1130,70	1146	1096,38	1103	1052,83	Efek dopan
850-550	812	876,56	620	755,03	800	790,66	C-H bending

Referensi: PANi/FA [9], PANi/HCL [10], PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [13]

Pada jenis ikatan C-H bending bilangan gelombang dari PANi/FA2 adalah 875 cm<sup>-1</sup> sedangkan pada *range* data sheet, ikatan C-H bending berada pada bilangan gelombang

850-550. Perbedaan ini dikarenakan deformasi luar bidang dari C-H dalam 1,4-distributed cincin benzene [9]

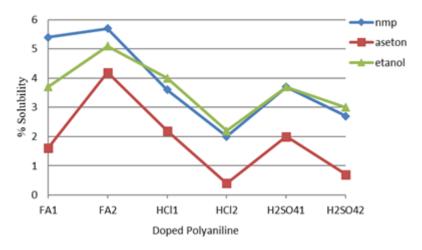


Gambar 2. Grafik konduktivitas PANi/FA, PANi-HCl, PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Hasil pengukuran konduktivitas listrik ditunjukkan pada Gambar 2. Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas listrik tertinggi yaitu PANi/HCl1 (48 ±15) x 10<sup>-4</sup> S/cm dan nilai konduktivitas listrik terendah terdapat pada PANI/FA2 (0,16 ± 0,04) x 10<sup>-4</sup> S/cm. Terlihat bahwa PANi dengan dopan Fumaric acid (asam lemah) mempunyai nilai konduktivitas listrik yang lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai konduktivitas listrik PANi dengan doping HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (asam kuat). Hal ini adalah bukti bahwa jenis dopan berpengaruh pada nilai konduktivitas listrik. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Dong et al. Pada konsentrasi 1M dengan jenis dopan yang berbeda, nilai konduktivitas listriknya juga berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa jenis dopan juga bepengaruh terhadap nilai konduktivitas listrik PANi[8]. Perbedaan jenis asam mempengaruhi konduktivitas listrik PANi dikarenakan tiap asam (FA, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) vang terurai saat proses hidrolisis. membentuk ion berbeda-beda. yang Senyawa HCl akan terurai menjadi H<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup> ,  $H_2SO_4$  terurai menjadi  $2H^+ + SO4^{2-}$ sedangkan Fumaric acid (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub>) terurai menjadi CH-COO<sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. Ion CH-COO<sup>-</sup> memiliki afinitas elektron yang lebih besar daripada ion Cl<sup>-</sup>.

Makin negatif nilai afinitas elektron, maka makin besar kecenderungan unsur tersebut dalam menyerap elektron, sehingga terjadi lebih banyak pergerakan membawa elektron yang muatan listrik[14]. Sebaliknya, dengan nilai afinitas electron yang lebih besar, maka pergerakan electron lebih sedikit, dan sampel menjadi kurang konduktif.

Konsentrasi dopan mempengaruhi nilai konduktivitas listrik PANi. konduktivitas listrik PANi dengan dopan yang sama, sebagai contoh PANi/FA1 (0,5  $\pm$  0,052) x 10<sup>-4</sup> S/cm, lebih besar dari  $PANi/FA2 (0.162 \pm 0.037) \times 10^{-4} S/cm.$ Kenaikan konduktivitas listrik seiring dengan kenaikan konsentrasi asam hingga molaritas tertentu, setelah nilai itu konduktivitas listrik akan menurun. Penambahan (doping) senyawa asam pada polimerisasi bertujuan proses untuk membentuk ikatan anilin yang lebih larut dalam larutan polimerisasi dan menciptakan suasana asam. Namun, jika konsentrasi asam terlalu tinggi, proses hidrolisis akan sehingga dominan polianilin dihasilkan memiliki bobot molekul rendah. ini dapat menurunkan nilai Hal konduktivitas listrik PANi [3].



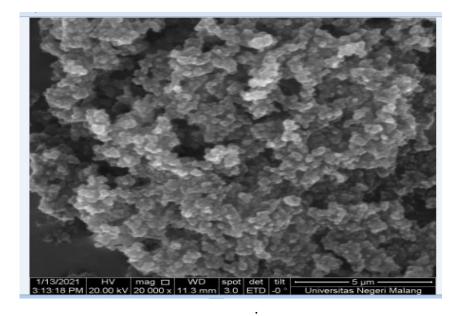
Gambar 3. Grafik kelarutan PANI/FA,PANI/HCl,PANI/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Pada Gambar 3 persentase kelarutan tertinggi yaitu PANi/FA2 dengan kelarutan sebesar 5,7% dan kelarutan terendah yaitu PANi/HCl2 dengan kelarutan sebesar 0,4%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan jenis dopan yang berbeda dapat mempengaruhi persentase kelarutan PANi. PANi dengan dopan Fumaric acid memiliki kelarutan yang lebih baik dalam pelarut organik polar. Adanya Fumaric acid sebagai dopan di rantai utama (backbone) PANi dapat melemahkan interaksi rantai utama PANi. memberikan ruang bagi backbone PANi, memungkinkan penetrasi molekul pelarut di dalam rantai dan meningkatkan kelarutan polimer di pelarut polar[9].

Pada konsentrasi yang sama dengan dopan dan pelarut yang berbeda, persentase kelarutan tertinggi didapat pada sampel PANi-FA2 dengan pelarut NMP. Hal ini menunjukkan bahwa **PANi** memiliki kelarutan yang baik pada organic polar. Namun diantara organik polar (NMP, aseton, dan etanol), NMP memiliki indeks polaritas tertinggi yaitu 6,7. Sedangkan etanol memiliki indeks polaritas 5,2 dan aseton memiliki indeks polaritas 5,1. Sehingga kelarutan tertinggi **PANi** 

diperoleh pada sampel yang dilarutkan dengan pelarut NMP.

Gambar menunjukkan hasil karakterisasi morfologi serbuk PANi/FA2 menggunakan SEM. Perbesaran digunakan 20.000 kali dengan tegangan 20.000 kV. Dengan software Image-J, PANi/FA2 memiliki ukuran partikel dengan diameter 126 nm. Doping fumaric acid PANi sebagian besar berada dalam bentuk interconnected-sponge. Pada penelitian Wang et al. hasil SEM memiliki ukuran partikel dengan diameter sebesar 150 nm[9]. Bila dilihat dari diameter ukuran partikel, hasil penelitian ini tidak terlalu jauh berbeda. Mekanisme pembentukan interconnected-sponge **PANI** dijelaskan sebagai berikut. Pada awal polimerisasi emulsi bebas surfaktan, micelles berbentuk batang terbentuk karena konsentrasi tinggi asam fumarat dan menyediakan ruang utama untuk polimerisasi anilin. Pada awalnya, nodul PANI dan oligomer anilin 1 dimensi dihasilkan secara bersamaan[15]. Karena substitusi elektrofilik, oligomer 1D dan nodul PANI dapat terhubung satu sama lain dan berkembang menjadi nano fibril[9].



Gambar 4. Hasil SEM pada sampel PANi/FA2

Dari karakterisasi yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa penelitian ini telah berhasil disintesis PANi yang mempunyai konduktivitas listrik dan kelarutan yang baik. Dilihat dari hasil FT-IR PANi dengan dopan Fumaric acid, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terdapat perbedaan gugus fungsi yang mempengaruhi nilai konduktivitas listrik dan kelarutan PANi. Hal ini dibuktikan dari hasil pengukuran konduktivitas listrik dan kelarutan PANi. Pada PANi dengan doping Fumaric acid muncul gugus fungsi N-H stretching vibration dan C = O stretching vibration yang tidak terdapat pada PANi dengan doping HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Gugus fungsi tersebut dapat mengurangi konduktivitas listrik PANi teteapi dapat meningkatkan kelarutanya.

#### **KESIMPULAN**

Pada penelitian ini telah berhasil disintesis soluble PANi dengan jenis dan konsentrasi dopan yg berbeda. Telah dibuktikan bahwa Jenis dan konsentrasi dopan dapat mempengaruhi konduktivitas listrik dan kelarutan PANi. konduktivitas listrik PANi dengan doping HCl lebih tinggi bila dibandingkan dengan H2SO4 dan **Fumaric** dopan acid. **PANi** Sedangkan kelarutan tertinggi didapatkan dengan dopan Fumaric acid. Pelarut terbaik untuk PANi adalah NMP.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Laboratorium material jurusan Fisikan Universitas Negeri Surabaya, laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang, Laboratorium Material dan metarulugi Institut Teknologi Sepuluh November yang telah memberi fasilitas dan kemudahan dalam proses karakterisasi pada penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] N. Widiyanti and N. prymari Putri, "Sintesis Polianilin Dengan Metode Interfasial Menggunakan Variasi Larutan Dalam Fasa Organik," *Inov. Fis. Indones.*, vol. 7, no. 02, pp. 71–73, 2018.
- [2] R. K. P. Putri and N. M. D. Putra, "Karakteristik Struktur, Optik, Dan Listrik Film Tipis Polianilin (Pani) Doping Hcl Yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating," *J. Phys.*, vol. 3(1), pp. 14–21, 2014.
- [3] M. N. Chomari and D. H. Kusumawati, "Variasi Molaritas H2SO4 pada Polianilin/H2SO4," *sains Mat.*, vol. 36, no. 1, pp. 3–15, 2012, doi: 10.7868/s0207401x17010083.
- [4] R. Bagherzadeh, M. Gorji, M. S. Sorayani Bafgi, and N. Saveh-Shemshaki, *Electrospun conductive nanofibers for electronics*. Elsevier Ltd., 2017.
- [5] B. P. Lapanporo, M. bara'allo Malino, and Aspi, "Analisis Data Spektrum Spektroskopi FT-IR untuk Menentukan Tingkat Oksidasi Polianilin," *Prima Fis.*, vol. I, no. 2, pp. 92–96, 2013.
- [6] Fitrilawati, "Peningkatan kelarutan polianilin melalui turunannya untuk bahan komposit fitrilawati †," vol. 08, no. 02, pp. 33–38, 2018.
- [7] N. Savest *et al.*, "Electrospun conductive mats from PANi-ionic liquid blends," *J. Electrostat.*, vol. 96, no. June, pp. 40–44, 2018, doi: 10.1016/j.elstat.2018.09.007.

- [8] X. Dong, X. Zhang, X. Wu, H. Cui, and D. Chen, "Investigation of gassensing property of acid-deposited polyaniline thin-film sensors for detecting H2S and SO2," *Sensors* (*Switzerland*), vol. 16, no. 11, 2016, doi: 10.3390/s16111889.
- [9] Y. Wang *et al.*, "Soluble polyaniline nanofibers prepared via surfactant-free emulsion polymerization," *Synth. Met.*, vol. 198, pp. 293–299, 2014, doi: 10.1016/j.synthmet.2014.10.038.
- [10] Z. Zakaria, N. F. A. Halim, M. H. V. Schleusingen, A. K. M. S. Islam, U. Hashim, and M. N. Ahmad, "Effect of Hydrochloric Acid Concentration on Morphology of Polyaniline Nanofibers Synthesized by Rapid Mixing Polymerization," *J. Nanomater.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/218204.
- [11] I. Rahayu, S. Susanti, A. Wijayanti, dan S. Hidayat, "Peningkatan konduktivitas litium besi fosfat melalui

- penambahan polianilina terdopan asam sulfat," vol. 05, no. 01, pp. 7–11, 2015.
- [12] Suwardi; Crys Fajar Partana; dan Das Salirawati, "Sintesis dan Karakterisasi Sintesis dan Karakterisasi Polianilin dan Poli(anilin-N,N-dimetilanilin) sebagai Bahan Sensor Tekanan," pp. 1–11.
- [13] S. X. Zhou *et al.*, "Facile synthesis of self-assembled polyaniline nanorods doped with sulphuric acid for high-performance supercapacitors," *Vacuum*, vol. 143, pp. 63–70, 2017, doi: 10.1016/j.vacuum.2017.05.028.
- [14] I. D. Pursitasari, Kimia Analitik Dasar dengan Strategi Problem Solving dan Open-ended Experiment. 2014.
- [15] H. Zhang, J. Wang, Z. Wang, F. Zhang, and S. Wang, "Electrodeposition of polyaniline nanostructures: A lamellar structure," *Synth. Met.*, vol. 159, no. 3–4, pp. 277–281, 2009, doi: 10.1016/j.synthmet.2008.09.015.

Retno Fitri Wulandari, dkk: Sintesis Soluble Polianilin dengan variasi Jenis dan Konsentrasi Dopan