

PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN MASSA PANI TERHADAP KONDUKTIVITAS NANOFIBER PVA/PANI

¹⁾Diva Nuri Islami, ²⁾Nugrahani Primary Putri

¹⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: diva.20046@mhs.unesa.ac.id
²⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: nugrahaniprimary@unesa.ac.id

Abstrak

Polianilin adalah salah satu polimer konduktif yang memiliki konduktivitas relatif tinggi dan banyak dikembangkan karena tahapan sintesisnya yang mudah. PANI dapat dibentuk menjadi nanofiber karena lebih efektif jika dibandingkan dengan film tipis dan membran. Nanofiber memiliki luas permukaan dan memiliki konduktivitas listrik dan termal yang lebih tinggi. Sebelum terbentuk nanofiber, dilakukan variasi penambahan massa PANI pada larutan PVA. Sesuai pada uji FTIR menunjukkan bahwa gugus fungsi PVA dan PANI yang didapatkan telah sesuai dengan referensi. Nilai konduktivitas listrik nanofiber PVA/PANI diidentifikasi menggunakan *four point probe* (FPP), dan didapatkan hasil terbaik adalah pada saat variasi penambahan massa PANI sebesar 1.3 g dengan nilai sebesar $4.82 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$. Dimana, semakin besar variasi penambahan massa PANI mengakibatkan semakin besar nilai konduktivitas nanofiber PVA/PANI.

Kata Kunci: PVA, PANI, Massa, Konduktivitas

Abstract

Polyaniline is one of the conductive polymers that has relatively high conductivity and is widely developed due to its easy synthesis stages. PANI can be formed into nanofibers because it is more effective when compared to thin films and membranes. Nanofiber has higher surface area and electrical and thermal conductivity. Before the formation of nanofiber, the variation of PANI mass addition to PVA solution was carried out. FTIR test shows that the functional groups of PVA and PANI obtained are in accordance with the reference. The electrical conductivity value of PVA/PANI nanofiber was identified using four point probe (FPP), and the best result was obtained when the variation of PANI mass addition of 1.3 g with a value of $4.82 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$. Where, the greater the variation of PANI mass addition, the greater the conductivity value of PVA/PANI nanofiber.

Keywords: PVA, PANI, Mass, Conductivity

I. PENDAHULUAN

Polianilin (PANI) adalah polimer penghantar listrik yang dibuat dari senyawa yang disintesis dari monomer dengan ikatan kimia konjugasi yang dapat meningkatkan konduktivitas elektriknya. Karena konduktivitas elektriknya yang baik, densitasnya yang rendah, dan kemudahan pembuatan, polianilin (PANI) dapat digunakan sebagai pengganti logam dan semikonduktor dalam berbagai aplikasi. PANI adalah salah satu dari kelompok polimer penghantar listrik yang memiliki kelebihan dapat disintesis dengan mudah dan memiliki stabilitas yang tinggi.

Polianilin (PANI) menjadi salah satu polimer konduktif yang paling banyak dipelajari karena sintesisnya yang sederhana dan murah, memiliki sifat redoks yang unik, konduktivitas yang tinggi, dan stabilitas lingkungan yang sangat baik (Robertson *et al.*, 2016). Dengan memiliki konduktivitas listrik yang dapat dikontrol, PANI banyak dikembangkan sebagai material aktif perangkat elektronik seperti sensor, kapasitor, baterai, dan lain sebagainya. PANI dapat dibentuk menjadi nanofiber karena lebih efektif jika dibandingkan dengan film tipis dan membran (Bittencourt *et al.*, 2019). Nanofiber memiliki luas permukaan dan memiliki konduktivitas listrik dan termal yang lebih tinggi dibandingkan dengan material lainnya. Sebagai polimer

konduktif, PANI tidak mudah dibuat menjadi nanofiber karena sifatnya yang tidak larut dan memiliki berat molekul yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan polimer lain sebagai polimer pembawa (*carrier*) dan membantu pembentukan nanofiber, salah satunya adalah PVA (Santibenchakul *et al.*, 2015). Nanofiber merupakan jenis serat yang diproduksi dengan menggunakan teknologi nano. Untuk menghasilkan nanofiber, dapat menggunakan metode elektrosinning.

Elektrosinning dapat menghasilkan serat sangat halus dengan diameter dalam dimensi nanometer hingga mikrometer (Wang *et al.*, 2021). Selain pembuatannya yang mudah, dengan elektrosinning, ukuran dan morfologi nanofiber dapat dikontrol dengan baik melalui pengaturan parameter sintesis seperti tegangan, laju alir, dan jarak antara ujung jarum dan kolektor. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan nanofiber dengan ukuran, bentuk, dan struktur yang digunakan untuk berbagai aplikasi.

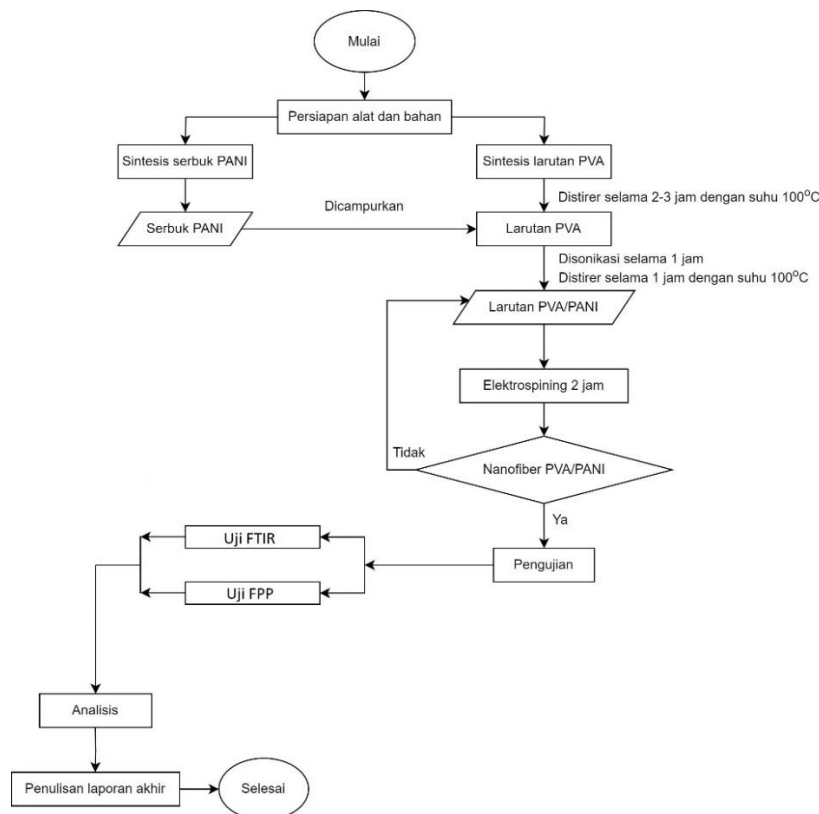
Sintesis nanofiber PVA/PANI dengan metode elektrosinning dapat dilakukan dengan menggunakan variasi jarak pemintal terhadap kolektor dan substratnya seperti yang telah dilakukan oleh Isroiyyah & Putri, (2022) dengan menggunakan variasi jarak 11, 13, 15, dan 17 cm yang memiliki konduktivitas terbaik pada variasi jarak 11 cm. Kemudian, dilakukan variasi penambahan massa PANI terhadap larutan sebelum proses elektrosinning yang telah dilakukan Putri *et al.*, (2024) yang mana didapatkan morfologi dan struktur yang berbeda pada nanofiber PVA/PANI.

Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan memvariasi penambahan massa PANI pada larutan PVA sebelum dilakukan proses elektrosinning dan mengurangi jarak pemintal terhadap kolektor agar hasil konduktivitas yang didapatkan lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Kemudian, dilakukan identifikasi gugus fungsi dalam satu senyawa menggunakan FTIR, dan mengidentifikasi konduktivitas listriknya menggunakan *four point probe* (FPP).

II. METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian berbasis eksperimen yang dilakukan melalui 4 tahapan proses, yaitu preparasi, sintesis, karakterisasi, dan analisis data. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari hingga April 2024 yang dilakukan di Laboratorium FMIPA UNESA dan Laboratorium Lembaga Ilmu Hayati dan Teknik UNAIR. Berikut disajikan diagram alir rencana penelitian ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Variabel Operasional Penelitian

Untuk variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, variabel kontrol, manipulasi (bebas), dan respon. Untuk variabel kontrol yang digunakan adalah konsentrasi larutan PVA 10%, jarak pemintal terhadap kolektor, laju alir dan tegangan pada saat elektrospinning. Kemudian variabel bebasnya adalah variasi penambahan massa PANI terhadap larutan PVA sebesar 0.7 g, 1.0 g, dan 1.3 g. Untuk variabel responnya adalah konduktivitas nanofiber PVA/PANI.

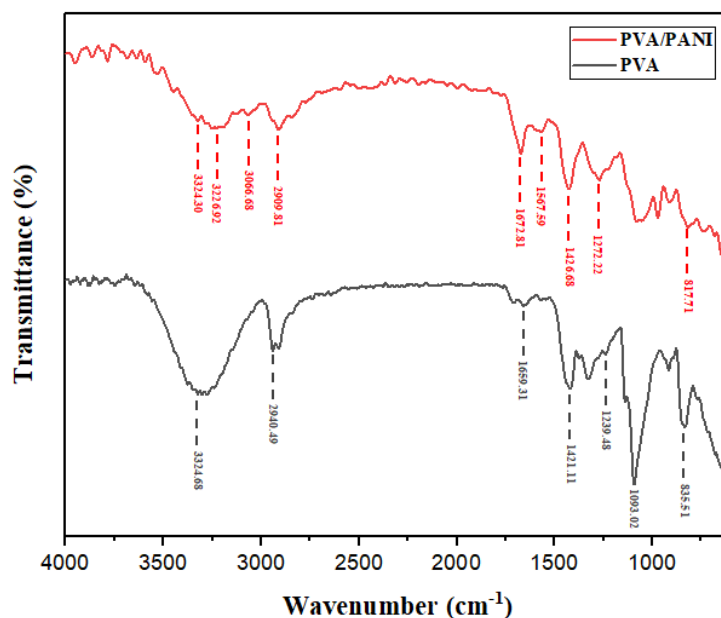
C. Teknik Pengumpulan Data

Larutan PVA/PANI yang telah disintesis kemudian dilanjutkan dengan pembuatan nanofiber dengan menggunakan elektrospinning. Selanjutnya dapat dilakukan dengan proses identifikasi karakteristik menggunakan FTIR yang bertujuan untuk menentukan gugus fungsi senyawa yang terbentuk apakah sudah sesuai dengan gugus fungsi milik PVA dan PVA/PANI. Untuk identifikasi selanjutnya yaitu identifikasi sifat listrik berupa konduktivitas nanofiber PVA/PANI menggunakan *four point probe*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Gugus Fungsi Nanofiber PVA/PANI dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Analisis kuantitatif dengan karakterisasi FTIR sangat penting untuk mengetahui identifikasi substrat gugus fungsi yang ada dalam sampel nanofiber PVA/PANI. Karakterisasi FTIR menghasilkan grafik yang menggambarkan hubungan antara bilangan gelombang dan persen transmisi. Puncak yang ada pada bilangan gelombang tertentu akan menunjukkan jenis gugus fungsi atau ikatan dalam suatu material. Nilai bilangan gelombang yang diperoleh dibandingkan dengan kelompok fungsional referensi dari penelitian sebelumnya (Isroiyyah & Putri, 2022). Berikut merupakan hasil karakterisasi menggunakan FTIR yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil Karakterisasi FTIR Nanofiber PVA dan Nanofiber PVA/PANI

Berdasarkan **Gambar 2**, terlihat puncak-puncak keberadaan gugus fungsi PVA dan PANI dalam rentang bilangan 500 cm^{-1} – 4000 cm^{-1} . Untuk mengidentifikasi jenis ikatan yang diperoleh dari pola serapan tersebut, dilakukan pencocokan hasil uji dengan referensi yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Pencocokan Ikatan Gugus Fungsi Material

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi PVA	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi PVA/PANI
*Datasheet	Hasil Uji Sampel PVA		Hasil Uji Sampel PVA/PANI	
3500 - 3200	3324.68	O-H stretching ^[5]	3324.30 3226.92 3066.68	O-H stretching ^[1]
3000 - 2840	2940.49	-CH ₂ - stretching ^[2]	2909.81	N-H stretching vibration ^[3] CH ₂ stretching vibration ^[4]
1700 - 1650			1672.81	C=O stretching vibration ^[4]
1650 - 1560	1659.31	C=O amide I ^[5]	1567.59	C=C stretch (Q) ^[6]
1500 - 1400	1421.11	C-O-H band ^[7]	1426.68	C=N stretch (Q) ^[4]
1335 - 1250			1272.22	C-H bending (Q) ^[4]
1250-1020	1239.48	C-H bending ^[8]		
	1093.02	C-O stretching ^[5]		
840 - 790	835.51	C-C stretching of PVA ^[9]	817.71	N-H bonding ^[6]

Keterangan:

(Adeli *et al.*, 2019)^[1]

(Yuliani *et al.*, 2022)^[5]

(Faruq *et al.*, 2023)^[9]

(uzalia & kusumawati, 2023)^[2]

(AL-Faris & Putri, 2022)^[6]

(Wulandari & Putri, 2021)^[3]

(Agustin & Kusumawati, 2023)^[7]

(Istroiyah & Putri, 2022)^[4]

(Istiqomah & Kusumawati, 2022)^[8]

Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Adeli *et al.*, (2019) pada puncak 3200–3500 cm⁻¹ terjadi peregangan O-H dapat diartikan bahwa puncak ini adalah puncak dari PVA. Pada puncak bilangan gelombang 2909.81 cm⁻¹ terbentuk ikatan gugus fungsi CH₂ stretching vibration yang merupakan puncak PVA. Kemudian, terdapat juga puncak hasil sintesis PANI dengan menggunakan doping asam fumarat pada hasil pengujian, diketahui bahwa jenis ikatan yang terbentuk diantaranya yaitu, N-H stretching vibration yang terdapat pada puncak 3066.68 cm⁻¹, kemudian C=O stretching vibration yang terdapat pada puncak 1672.81 cm⁻¹, setelah itu ada C=C stretch (Q) yang terdapat pada puncak 1567.59 cm⁻¹, lalu C=N stretch (Q) pada puncak 1426.68 cm⁻¹, dan C-H bending (Q) pada puncak 1272.22 cm⁻¹ yang merupakan puncak dari PANI. Hasil identifikasi FTIR menunjukkan bahwa nanofiber PVA dan nanofiber PVA/PANI ini memiliki banyak kesesuaian dengan referensi. Sehingga, nanofiber ini telah mengandung molekul PVA dan molekul PANI.

B. Konduktivitas Listrik Nanofiber PVA/PANI dengan Four Point Probe (FPP)

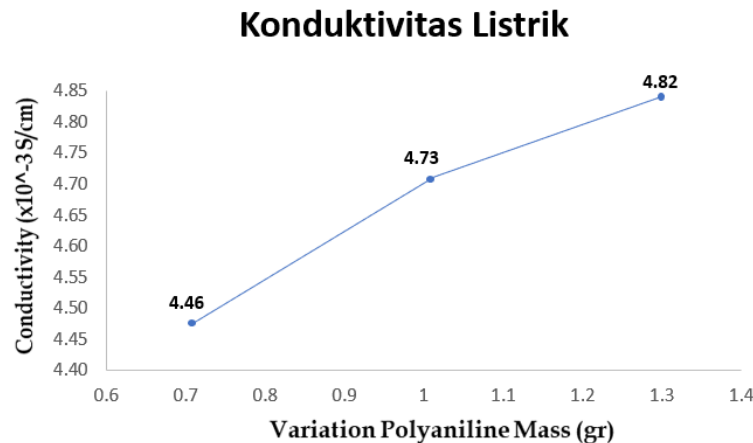
Pengujian FPP digunakan untuk mengidentifikasi tegangan keluar (V_{out}) dan arus keluar (I_{out}). Dimana, data hasil tegangan keluar (V_{out}) dan arus keluar (I_{out}) dari setiap nanofiber dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai resistivitasnya sehingga dari nilai resistivitas dapat diketahui besar konduktivitas nanofibernya. Dimana, untuk mencari nilai resistivitas digunakan **Persamaan 1**.

$$\rho = \frac{\pi t}{\ln(2)} \frac{V_{out}}{I_{out}} \quad (1)$$

Selanjutnya, untuk mencari nilai konduktivitas listrik dari nanofiber PVA/PANI dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2**.

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

Setelah didapatkan nilai konduktivitas listrik dari masing-masing nanofiber PVA/PANI kemudian didapatkan grafik sesuai dengan **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi Massa PANI terhadap Konduktivitas Listrik

Dari **Gambar 3.** dapat diketahui bahwa konduktivitas listrik nanofiber PVA/PANI masing-masing adalah sebesar 4.46×10^{-3} S/cm pada penambahan massa PANI sebesar 0.7 gram, kemudian 4.73×10^{-3} S/cm pada variasi penambahan massa PANI 1.0 gram, dan 4.82×10^{-3} S/cm pada variasi penambahan massa PANI sebesar 1.3 gram. Nilai konduktivitas nanofiber PVA/PANI yang diperoleh ini lebih besar, dikarenakan penelitian ini dilakukan penambahan variasi massa PANI saat dilakukan proses elektrospinning dan pada penelitian ini dilakukan pengurangan jarak jarum suntik elektrospinning ke kolektornya menjadi lebih dekat yaitu sebesar 13cm dan menambah besar laju alirnya sebesar 5ml/jam sehingga memungkinkan lebih banyak nanofiber yang terbentuk selama proses elektrospinning berlangsung. Konduktivitas nanofiber PVA/PANI ini semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi massa PANI yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan seiring bertambahnya massa PANI maka semakin banyak PANI yang terperangkap/menyatu dengan nanofiber, sehingga memungkinkan bertambahnya nilai konduktivitas PANI.

IV. PENUTUP

A. Simpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis nanofiber PVA/PANI dengan menggunakan metode elektrospinning yang mana dilakukan variasi penambahan massa PANI terhadap larutan PVA. Dimana, didapatkan gugus fungsi nanofiber PVA/PANI yang telah sesuai dengan gugus fungsi milik PVA dan PANI. Kemudian, semakin bertambahnya variasi massa PANI mengakibatkan konduktivitas listrik nanofiber PVA/PANI semakin bertambah. Dimana, konduktivitas listriknya diidentifikasi menggunakan *four point probe*.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan saran agar material dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan oksida logam untuk menambah besar konduktivitas listriknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeli, H., Khorasani, M. T., & Parvazinia, M. (2019). Wound dressing based on electrospun PVA/chitosan/starch nanofibrous mats: Fabrication, antibacterial and cytocompatibility evaluation and in vitro healing assay. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 238–254. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.115>
- Agustin, T. N., & Kusumawati, D. H. (2023). Fabrikasi dan Karakterisasi Nanofiber PVA-Graphene Oxide (GO) sebagai Separator Baterai Lithium-Ion. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 12, 1–13.
- AL-Faris, I. S., & Putri, N. P. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Komposit PANi/ZnO Sebagai Sensor Gas Metanol. *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 393–400. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.3.393-400.2022>
- Bittencourt, J. C., de Santana Gois, B. H., Rodrigues de Oliveira, V. J., da Silva Agostini, D. L., & de Almeida Olivati, C. (2019). Gas sensor for ammonia detection based on poly(vinyl alcohol) and polyaniline electrospun. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(13), 26–29. <https://doi.org/10.1002/app.47288>
- Faruq, A., Nur, F., & Kusumawati, D. H. (2023). Karakteristik Porositas dan Antibakteri Wound Dressing Nanofiber PVA-Pare (*Momordica charantia*) Porosity and Antibacterial Characteristics of PVA-Pare (*Momordica charantia*) Nanofiber as Wound Dressing. 8(2), 32–40.
- Isroiyyah, I., & Putri, N. P. (2022). Indonesian Physical Review. *Indonesian Physical Review*, 6(1), 114–123.
- Istiqomah, K. V. N., & Kusumawati, D. H. (2022). Sintesis Nanofiber Kitosan/Pva Sebagai Wound Dressing Dengan

- Metode Elektrosinning. *Inovasi Fisika Indonesia*, 11(1), 1–7. <https://doi.org/10.26740/ifi.v11n1.p1-7>
- Putri, N. P., Suaebah, E., Islami, D. N., Rohmawati, L., Kusumawati, D. H., Arifin, Z., & Supardi, I. (2024). *Synthesis and Characterization of PVA / PANI Nanofiber as Active Material for Humidity Sensors*. 21(6).
- Robertson, J., Dalton, J., Wiles, S., Gizdavic-Nikolaidis, M., & Swift, S. (2016). The tuberculocidal activity of polyaniline and functionalised polyanilines. *PeerJ*, 2016(12), 1–15. <https://doi.org/10.7717/peerj.2795>
- Santibenchakul, S., Chaiyasith, S., & Pecharapa, W. (2015). Fabrication and Characterization of Conducting PANI Nanofibers via Electrospinning. *Advanced Materials Research*, 1103, 45–51. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1103.45>
- uzalia, putri, & kusumawati, diah hari. (2023). Nanofiber PVA/ZnO Sebagai Material Antimikroba Pada Wound Dressings. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 11(01), 11–22. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v11i1.3006>
- Wang, X. X., Yu, G. F., Zhang, J., Yu, M., Ramakrishna, S., & Long, Y. Z. (2021). Conductive polymer ultrafine fibers via electrospinning: Preparation, physical properties and applications. *Progress in Materials Science*, 115(405), 100704. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2020.100704>
- Wulandari, R. F., & Putri, N. P. (2021). Sintesis Soluble Polianilin dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Dopan. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 9(2), 211. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v9i2.2809>
- Yuliani, I., Diah, & Kusumawati, H. (2022). Nanofiber pva / kitosan sebagai wound dressing. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 11, 26–34.