

Sintesis Polianilin (PANI) yang di Doping Besi (III) Oksida Menggunakan Metode Fotopolimerisasi

Nora Nofianti¹, Alizar Ulianas², Desy Kurniawati*³

^{1,2,3}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Indonesia

* desykurniawati@fmipa.unp.ac.id

Abstract — This study aims to improve the electrical conductivity of polyaniline synthesis results by adding dopant using the photopolymerization method. Polyaniline synthesis is carried out by mixing aniline monomers with Ethylene Glycol Dimethacrylate (EGDMA) as a crosslinker, Dimethoxy phenylacetophenone (DMPP) as the initiator and Fe₂O₃ as a dopant and characterization using Fourier Transform Infrared (FTIR), UV-vis DRS (UV-visible Diffuse Reflectance). The synthesis results measured electrical conductivity using a Four Point Probe (FPP), obtained the optimal electrical conductivity value was 17.0609 x 10⁻³ S/cm with the addition of Fe₂O₃ to PANI as much as 0.0283 g.

Keywords — Synthesis, polyaniline, Fe₂O₃, Photopolymerization, electrical conductivity

I. PENDAHULUAN

Penelitian tentang polimer konduktif telah banyak dilakukan beberapa tahun terakhir dikarenakan sifat termal, listrik dan magnetik yang unik serta pengaplikasiannya dalam teknologi modern, bahan untuk perangkat elektronik dan bahan sensor kimia. Polimer konduktif yang sering digunakan untuk bahan sensor kimia adalah *polypyrrole*, *polythiophene*, dan *polyaniline* [1].

Polimer konduktif pertama kali diekspos pada tahun 1976. Tahun 1970 – an, poliasetilena merupakan polimer penghantar listrik pertama yang tidak sengaja dibuat oleh ilmuwan Shirakawa. Tahun 1976, tiga ilmuan yaitu Hadeki Shirakawa, Alan MacDiarmid dan Alan Hegar, bersama-sama mengerjakan poliasetilen (PA) untuk properti listrik mereka. Mereka telah meningkatkan konduktivitas listrik hingga sebesar enam kali lipat saat dirawat dengan yodium. Ditemukan konduktivitas meningkat dari 10⁻⁴ S/cm sampai 10² S/cm, hal ini merupakan perubahan konduktivitas listrik. Polianilin atau yang biasa dikenal dengan PANI merupakan polimer konduktif yang banyak mendapatkan perhatian untuk diteliti karena sintesisnya sederhana, konduktivitas tinggi, memiliki stabilitas baik, kontrol tingkat doping yang mudah dan memiliki morfologi yang unik sesuai dengan kualitasnya [2].

Polianilin adalah polimer yang berasal dari polimerisasi anilin. Anilin mempunyai rumus molekul C₆H₅NH₂ merupakan turunan dari benzen, dimana salah satu struktur pada atom H diganti dengan gugus –NH₂ [3]. Polianilin termasuk dalam kelas bahan yang dikenal sebagai polimer konduktor, menggabungkan sifat elektronik dan optik dari beberapa semikonduktor organik dan logam dengan keunggulan pemrosesan polimer [4].

Polimer konduktif tanpa adanya penambahan dopan biasanya memiliki konduktivitas listrik yang relatif lebih rendah. Doping merupakan proses penambahan elemen yang berbeda (dopan) yang bertujuan untuk meningkatkan konduktivitas listrik pada material [5]. Peningkatan konduktivitas erat kaitannya dengan peningkatan efisiensi transfer muatan antar rantai polimer dengan dopan dan peningkatan suhu. Perawatan termal juga mempengaruhi penyalarsan rantai polimer yang mengarah pada peningkatan panjang konjugasi dan konduktivitas [6].

Fotopolimerisasi adalah sebuah proses pembuatan polimer dimana penyerapan sinar UV yang akan membentuk rantai polimer, rantai polimer terbentuk dari beberapa monomer aktif yang dihasilkan oleh penyerapan sinar UV seperti radikal bebas, anion dan kation, kemudian rantai polimer akan terbentuk melalui reaksi monomer aktif dengan monomer lainnya dengan membentuk ikatan kimia untuk membentuk rantai polimer [7].

Penelitian tentang penambahan dopan pada anilin telah dilakukan sebelumnya, beberapa diantaranya dilakukan oleh Bai dkk (2015), dimana polianilin dimodifikasi dengan cara mendoping polimer dengan oksida logam yang berstruktur nano (MgO) untuk meningkatkan konduktivitas listriknya [8]. Bora dkk (2017) melakukan sintesis polianilin dengan penambahan dopan MnO₂ [9]. Okafor (2020) melakukan sintesis nanokomposit polianilin menggunakan metode polimerisasi in-situ dengan penambahan dopan Fe₂O₃ [10]. Akan tetapi penelitian-penelitian tersebut memakan waktu relatif lama dan rumit. Oleh karena itu, pada penelitian ini sintesis polianilin yang didoping dengan Fe₂O₃ menggunakan metode yang lebih sederhana dan tidak memakan waktu yang lama yaitu dengan metode fotopolimerisasi.

Pada penelitian ini polianilin disintesis dengan menambahkan dopan Fe₂O₃ dengan variasi massa. Tujuan

penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan Fe₂O₃ terhadap konduktivitas polianilin yang disintesis menggunakan metode fotopolimerisasi. Diharapkan bahwa penambahan dopan Fe₂O₃ ini mampu meningkatkan konduktivitas listrik polianilin sebagai *conducting polymer*.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia, kaca arloji, mikropipet, cawan petri, batang pengaduk, sonikator, fotopolimer. Bahan yang digunakan adalah anilin, *ethylene glycol dimethacrylate* (EGDMA), *2,2 dimethoxy-2-phenylacetophenone* (DMPP) dan besi (III) oksida (Fe₂O₃).

B. Prosedur Kerja

1. Sintesis Polianilin (PANI)

Dalam penelitian ini, sintesis polianilin menggunakan metode fotopolimerisasi dengan mengadopsi metode yang telah dikembangkan oleh peneliti [11], dimana 0,03 gram DMPP yang telah ditimbang ditambahkan dengan 300 µL EGDMA dan 300 µL anilin. Campuran ini dipolimerisasi menggunakan cahaya Ultra-Violet (UV) selama 10 menit dibawah aliran gas nitrogen secara kontinu.

2. Sintesis PANI/Fe₂O₃

Sintesis polianilin yang didoping dengan Fe₂O₃ dilakukan dengan menggunakan metode fotopolimerisasi dengan mengadopsi metode yang telah dikembangkan oleh peneliti [11], dimana 0,03 gram DMPP yang telah ditimbang ditambahkan dengan 300 µL EGDMA, 300 µL anilin dan ditambah dopan Fe₂O₃. Berbeda dengan sebelumnya, pada proses berikutnya campuran di sonikasi selama 30 menit, hal ini karena sulitnya dopan Fe₂O₃ homogen dalam campuran anilin. Variasi massa Fe₂O₃ yang ditambahkan dalam sintesis polianilin yaitu 0,0283 g, 0,0363 g, 0,0443 g dan 0,0523 g.

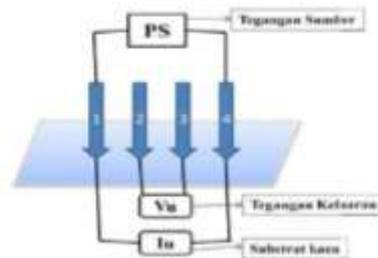
3. Karakterisasi PANI dan PANI/ Fe₂O₃

Pengukuran konduktivitas listrik dilakukan dengan FPP, kemudian sampel karakterisasi menggunakan FTIR dan Uv-Vis DRS.

4. Konduktivitas Listrik

Hasil sintesis PANI dan PANI/Fe₂O₃ diukur konduktivitas listriknya dengan menggunakan rangkaian sederhana *Four Point Probe* (FPP) pada suhu ruang, empat buah probe dengan jarak antar probe 0,4 cm. Arus listrik dialirkan melalui probe 1 dan 4 agar arus terdistribusi secara laminar melalui sampel dari probe yang satu menuju probe lainnya. Pada probe 2 dan 3 diukur tegangannya menggunakan voltmeter. Dari pengukuran FPP diperoleh data yaitu nilai tegangan dan arus keluaran. Disebut empat probe karena memiliki

empat titik kontak terhadap sampel yang memiliki jarak yang sama antar probe.



Gambar 1. Skema rangkaian *Four Point Probe*

Konduktivitas suatu bahan atau sampel dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = 2 \pi s \frac{V}{I} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

- ρ = resistivitas (Ωcm)
- π = nilai jari-jari (3,14)
- s = jarak antar probe (cm)
- V = beda potensial listrik (V)
- I = kuat arus listrik (A)

Untuk menentukan nilai konduktivitas yang berbanding terbalik dengan resistivitas diperoleh dengan persamaan berikut:

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

Dengan:

- σ = konduktivitas listrik (S/cm)
- ρ = resistivitas (Ωcm)[12].

a. Analisa *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Analisa FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada hasil sintesis PANI, PANI/Fe₂O₃ dan dopan Fe₂O₃, serta menganalisis adanya perbedaan spektrum pada PANI akibat penambahan dopan Fe₂O₃. Radiasi dari inframerah yang mengacu kepada spektrum elektromagnetik yang terdapat pada gelombang mikro dan daerah tampak [13].

b. Analisa Uv-Vis DRS

Analisa Uv-Vis DRS digunakan untuk menentukan informasi berupa nilai celah pita (*band gap*) yang berkaitan dengan sifat konduksi dari sampel yang dianalisis. Besarnya nilai *band gap* yang diperoleh didapatkan dari nilai reflaktansi (%R) yang diubah menjadi bentuk faktor Kubelka-Munk (F(R)) seperti pada persamaan berikut:

$$F(R) = \frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

F(R) = faktor Kubelka-Munk

K = koefisien absorbansi

S = koefisien scattering

R = reflektansi [14]

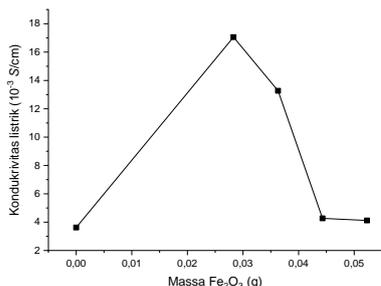
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konduktivitas Listrik

Analisa konduktivitas listrik ini merupakan uji parameter dari sifat listrik untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik dari PANI dan PANI/Fe₂O₃. Analisa konduktivitas listrik dilakukan dengan menggunakan Four Point Probe yang mana pengukurannya dilakukan dengan menggunakan empat probe dengan jarak probenya 0.4 cm, dimana pengukuran ini berfungsi untuk menentukan nilai resistivitas dimana konduktivitas listrik berbanding terbalik terhadap resistivitas.

Konduktivitas listrik PANI dan PANI/Fe₂O₃ dengan 4 variasi massa (0,0283 g, 0,0363 g, 0,0443 g dan 0,0523 g) diukur dan dibandingkan masing-masingnya. Pada gambar 2 menunjukkan perbandingan nilai konduktivitas listrik PANI akibat penambahan Fe₂O₃. polianilin murni memiliki nilai konduktivitas listrik sebesar 3,61899 x 10⁻³ S/cm sedangkan nilai konduktivitas yang didoping dengan Fe₂O₃ adalah PANI/Fe₂O₃ (0,0283 g) 17,0609 x 10⁻³ S/cm ; PANI/Fe₂O₃ (0,0363 g) 13,2696 x 10⁻³ S/cm ; PANI/Fe₂O₃ (0,0443 g) 4,2652 x 10⁻³ S/cm ; PANI/Fe₂O₃ (0,0523 g) 4,11816 x 10⁻³ S/cm. Konduktivitas listrik PANI/Fe₂O₃ (0,0283 g) lebih tinggi dibandingkan dengan konduktivitas listrik PANI. Peningkatan ini disebabkan oleh sifat logam dari Fe yang mempunyai mobilitas elektron yang tinggi sehingga mudah menghantarkan arus. Konduktivitas polianilin didoping meningkat dikarenakan dopan yang bertindak sebagai akseptor elektron menciptakan muatan positif pada rantai polimer dan mengakibatkan keadaan polaron muncul, sehingga polaron bertindak sebagai pembawa muatan. Peningkatan konduktivitas dikaitkan dengan peningkatan efisiensi transfer muatan antara rantai polimer dan dopan.

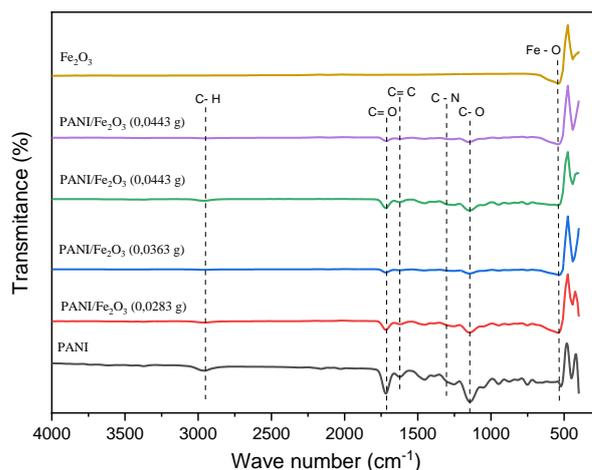
Namun demikian, kandungan massa Fe₂O₃ yang berlebih dalam polianilin akan menurunkan konduktivitas listrik PANI yang sebelumnya meningkat. Hal ini disebabkan oleh penambahan Fe₂O₃ yang terlalu banyak sehingga persebaran partikel pada PANI tidak merata hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Astuti dkk (2013) [15].



Gambar 2. Konduktivitas listrik PANI berdasarkan penambahan massa Fe₂O₃

B. Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR)

Hasil sintesis PANI, PANI/Fe₂O₃ dan Fe₂O₃ dikarakterisasi dengan *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa polianilin murni dan yang didoping dengan Fe₂O₃ dengan panjang gelombang 4000 – 450 cm⁻¹. Spektra FTIR dari PANI dan PANI/Fe₂O₃ dan dopan Fe₂O₃ dapat dilihat pada gambar 3.



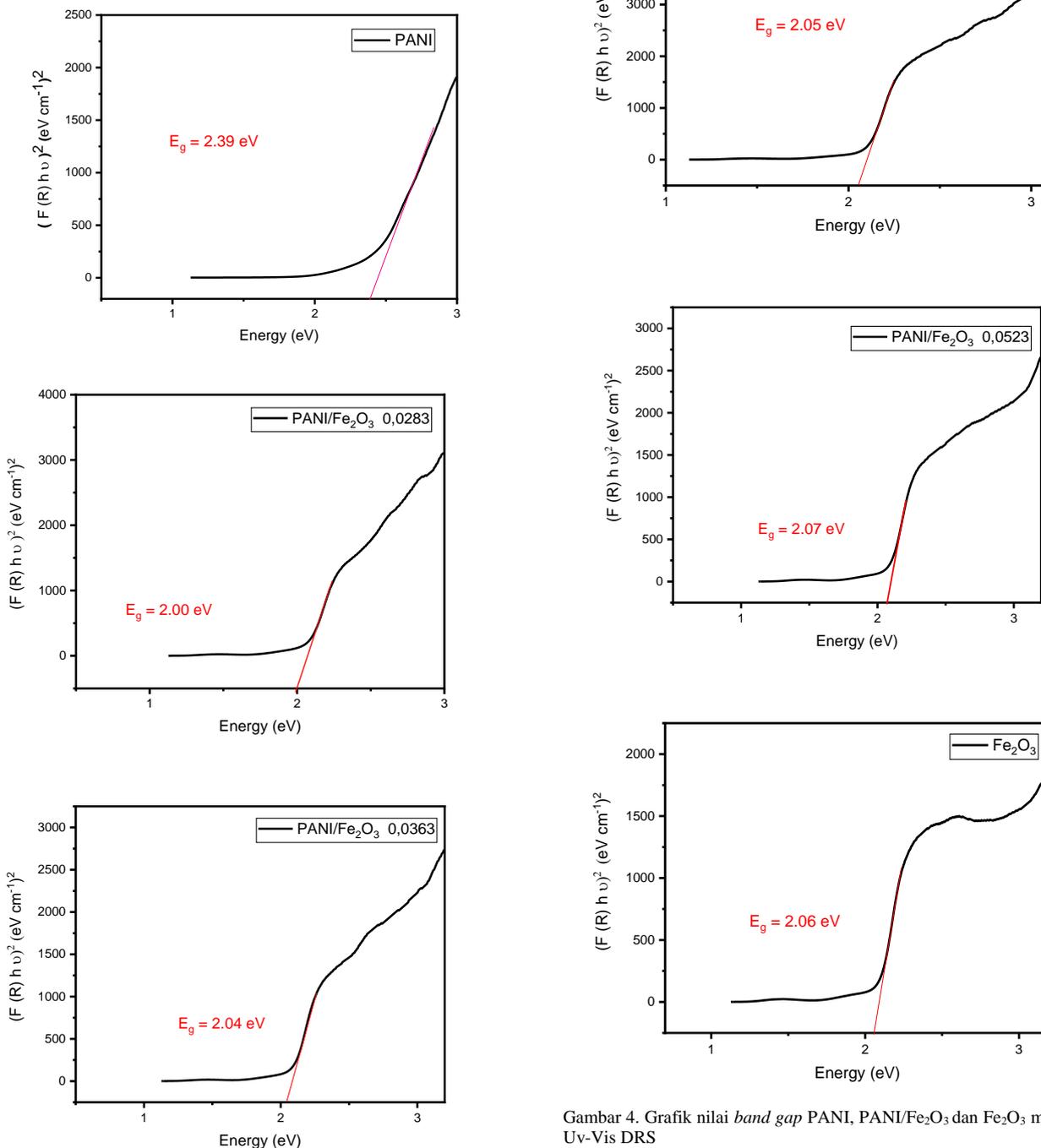
Gambar 3. Spektra FTIR PANI, PANI/Fe₂O₃ dan Fe₂O₃

Puncak serapan utama pada panjang gelombang 2955 cm⁻¹ terlihat adanya gugus C-H, untuk panjang gelombang 1713 cm⁻¹ dan 1621 cm⁻¹ yang masing-masing ditandai dengan gugus C=O vibrasi stretching C=C dari cincin quinoid dan cincin benzoid sebagai backbone PANI, pita absorpsi pada panjang gelombang 1277 cm⁻¹ ditandai dengan vibrasi stretching C-N dari aromatic amina sekunder dengan terbentuknya backbone PANI dengan gugus aromatic amina sekunder. Sedangkan untuk absorpsi 1143 cm⁻¹ bersesuaian dengan vibrasi stretching C-O dari cincin quinoid terprotonasi menyebabkan PANI menjadi polimer konduktif. Pada panjang gelombang 535 cm⁻¹ merupakan vibrasi dari Fe-O.

Spektrum FTIR dihasilkan hampir sama antara polianilin murni dan yang di doping Fe₂O₃ hal ini menandakan bahwa polimer yang terbentuk hanyalah satu jenis karena gugus fungsi penyusun keduanya relatif sama. Perbedaan yang terdapat pada kedua spektrum FTIR tersebut ada pada pergeseran puncak serapan seperti yang disajikan pada gambar 2. Perbedaan spectrum tersebut akibat penambahan Fe₂O₃, dimana Fe₂O₃ dalam polianilin berpengaruh pada pergeseran puncak-puncak serapan dan berkurangnya intensitas puncak serapan seiring dengan meningkatnya massa Fe₂O₃ yang ditambahkan seperti pada berkurangnya intensitas serapan pada puncak vibrasi C=C pada bilangan gelombang 1621 cm⁻¹. Hal ini dikarenakan beberapa interaksi antara rantai PANI dan Fe-O [16].

C. Nilai celah pita (*band gap*)

Nilai *band gap* dari PANI, PANI/Fe₂O₃ ditentukan dari data reflektansi hasil karakterisasi menggunakan Uv-Vis DRS. Kemudian dibuat dalam bentuk *Tauc Plot* antara $(F(R) h\nu)^2$ terhadap energi (eV) seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik nilai *band gap* PANI, PANI/Fe₂O₃ dan Fe₂O₃ menggunakan Uv-Vis DRS

Dari gambar 4 menunjukkan bahwa nilai *band gap* pada PANI, PANI/Fe₂O₃ (0,0283 g, 0,0363 g, 0,0443 g dan 0,0523 g) dan Fe₂O₃ masing-masing adalah 2,39 eV, 2,00 eV, 2,04 eV ; 2,05 eV dan 2,07 eV. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan dopan Fe₂O₃ menyebabkan terjadinya penurunan

nilai band gap PANI dari 2,39 eV menjadi 2,00 eV. Penurunan nilai *band gap* menandakan konduktivitas listrik pada PANI yang didoping lebih tinggi dibandingkan dengan PANI murni seperti hasil yang diperoleh oleh [10]. Menurut [17], penggunaan pendopan dapat menghasilkan penyempitan celah energi, hal ini dikarenakan adanya penambahan ion yang menyebabkan kecenderungan pergeseran panjang gelombang sehingga terjadi peningkatan pembawa muatan bebas (polaron) antar pita, kenaikan konsentrasi dengan penambahan dopan dapat mengakibatkan pembawa muatan bebas (polaron) yang bertambah banyak untuk mencapai pita konduksi, sehingga energi yang diperlukan untuk pindah semakin sedikit [17].

IV. KESIMPULAN

Sintesis polianilin dengan menggunakan metode fotopolimerisasi memiliki proses yang mudah dan relatif singkat. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menambahkan zat lain (doping) kedalam polianilin dapat meningkatkan konduktivitas listrik pada polianilin. Penambahan dopan Fe₂O₃ yang cukup kedalam polianilin dapat meningkatkan konduktivitas listrik pada PANI. Namun, semakin banyak dopan Fe₂O₃ ditambahkan akan menyebabkan konduktivitas listrik menurun, hal ini disebabkan oleh persebaran partikel Fe₂O₃ yang tidak merata. Konduktivitas listrik erat kaitannya dengan *band gap*, dimana rendah nilai *band gap*, maka konduktivitas listrik akan semakin tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada ibu Desy kurniawati sebagai dosen pembimbing dalam pembuatan artikel penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Kimia dan Laboratorium Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas saran dan dukungannya.

REFERENSI

- [1] O. N. Paul-Nwokocha and J. O. Ozuomba, "Synthesis and optical characterization of acid-doped polyaniline thin films," *Niger. J. Technol.*, vol. 37, no. 1, p. 135, 2018, doi: 10.4314/njt.v37i1.18.
- [2] A. Kumar, A. Kumar, H. Mudila, K. Awasthi, and V. Kumar, "Synthesis and thermal analysis of polyaniline (PANI)," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1531, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1531/1/012108.
- [3] P. Moutsatsou, K. Coopman, and S. Georgiadou, "Biocompatibility assessment of conducting PANI/chitosan nanofibers for wound healing applications," *Polymers (Basel)*, vol. 9, no. 12, 2017, doi: 10.3390/polym9120687.
- [4] M. L. Mota *et al.*, "Synthesis and novel purification process of PANI and PANI/AgNPS composite," *Molecules*, vol. 24, no. 8, pp. 1–13, 2019, doi: 10.3390/molecules24081621.
- [5] M. T. S. Chani, K. S. Karimov, F. A. Khalid, and S. A. Moiz, "Polyaniline based impedance humidity sensors," *Solid State Sci.*, vol. 18, pp. 78–82, 2013, doi: 10.1016/j.solidstatesciences.2013.01.005.
- [6] U. Mahatme, S. D. Thakre, and A. Bhangre, "Sulfonated Polyaniline-20 % MgO Nanocomposites: Possible Biomedical Material Sulfonated Polyaniline-20 % MgO Nanocomposites: Possible Biomedical Material," no. May, pp. 1–8, 2017.
- [7] J. P. Fouassier, X. Allonas, and D. Burget, "Photopolymerization reactions under visible lights: Principle, mechanisms and examples of applications," *Prog. Org. Coatings*, vol. 47, no. 1, pp. 16–36, 2003, doi: 10.1016/S0300-9440(03)00011-0.
- [8] D. S. Bai, R. Padma, and V. R. Kumar, "SYNTHESIS , CHARACTERIZATION AND AC CONDUCTIVITY STUDIES OF MgO DOPED POLYMER NANO COMPOSITES .," pp. 11935–11942, 2015, doi: 10.15680/IJRSET.2015.0412037.
- [9] P. J. Bora, K. J. Vinoy, P. C. Ramamurthy, and G. Madras, "Electromagnetic interference shielding efficiency of MnO₂ nanorod doped polyaniline film," *Mater. Res. Express*, vol. 4, no. 2, 2017, doi: 10.1088/2053-1591/aa59e3.
- [10] N. L. Okafor, L. U., Ezenwa, I. A. and Okoli, "Synthesis and Optical Characterization of Polyaniline /Iron Oxide Nanocomposite," *Int. J. Eng. Sci. Math.*, vol. 9, no. January, pp. 137–144, 2020, [Online]. Available: https://www.ijesm.co.in/uploads/68/6895_pdf.pdf.
- [11] S. V. Joana Sury, A. Ulianas, and S. Aini, "Synthesis of Conducting Polyaniline with Photopolymerization Method and Characterization," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1788, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1788/1/012004.
- [12] K. A. Andreanto and Z. A. I. Supardi, "Pengukuran Resistivitas Pada Printed Circuit Board Dengan Menggunakan Metode Four Point Probe," *Inov. Fis. Indones.*, vol. 7, no. 02, pp. 48–53, 2018.
- [13] I. Assiddiq S, Hasbi; Dinahkandy, "Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan ARTICLE," vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [14] H. Sanjaya, "DEGRADASI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN KATALIS ZnO-PEG DENGAN METODE FOTOSONOLISIS," *EKSAKTA Berk. Ilm. Bid. MIPA*, vol. 18, no. 02, pp. 21–29, 2017, doi: 10.24036/eksakta/vol18-iss02/45.
- [15] A. Astuti, "PENGARUH PENAMBAHAN TEMBAGA (Cu) TERHADAP SIFAT LISTRIK POLIANILIN (PANI)," *J. Ilmu Fis. / Univ. Andalas*, vol. 5, no. 1, pp. 31–37, 2013, doi: 10.25077/jif.5.1.31-37.2013.
- [16] P. B P, A. D N, R. M S, and Y. Kumar K, "Synthesis of polyaniline/ α -Fe₂O₃ nanocomposite electrode material for supercapacitor applications," *Mater. Today Commun.*, vol. 12, pp. 72–78, 2017, doi: 10.1016/j.mtcomm.2017.07.002.
- [17] R. Rohadi and I. Yulianti, "Unnes Physics Journal," *Raden rohadi,sujarwata,ian yulianti*, vol. 6, no. 1, pp. 50–53, 2018.