

Pengaruh Suhu Terhadap Sifat Listrik Polimer Konduktif Polianilin TiO₂ Berpenguat Nano Serat Pinang

Hafiza Rahmi Zul Afri, Alimin Mahyudin*

Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 22 Mei 2023
Direvisi: 26 Agustus 2023
Diterima: 20 Oktober 2023

Kata kunci:

Polianilin (PANi)
TiO₂
Nano serat pinang
Konduktivitas

Keywords:

Polyaniline (PANi)
TiO₂
nano areca fiber
conductivity

Penulis Korespondensi:

Alimin Mahyudin
Email:
aliminmahyudin@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh suhu terhadap polimer konduktif dan variasi suhu yang dipakai 27 °C, 37 °C, 47 °C, 55 °C, 67 °C, dan 77 °C. Polianilin (PANi) yang dipakai yaitu PANi murni dan PANi campuran (polianilin, TiO₂, nano serat pinang) dengan persentase campuran sebanyak 70%:27%:3%. PANi dihasilkan dari polimerisasi monomer anilin dan ammonium peroxodisulfat. Nano serat pinang digunakan dari nano serat pinang yang sudah dihasilkan pada penelitian sebelumnya. Pengujian sifat listrik terdiri dari uji konduktivitas listrik dan uji kapasitansi menggunakan LCR meter. Hasil penelitian menunjukkan nilai konduktivitas terendah pada suhu 27 °C sebesar $0,18 \times 10^{-2}$ S/cm dan nilai konduktivitas tertinggi pada suhu 77 °C sebesar $1,22 \times 10^{-2}$ S/cm untuk PANi murni, sedangkan pada PANi campuran didapatkan nilai konduktivitas terendah pada suhu 27 °C sebesar $0,85 \times 10^{-2}$ S/cm dan nilai tertinggi pada suhu 77 °C sebesar $3,61 \times 10^{-2}$ S/cm. Untuk uji kapasitansi PANi murni dan PANi campuran didapatkan nilai tertinggi berturut-turut sebesar 6,8 µF dan 18,9 µF. Dari hasil yang didapatkan, makin tinggi suhu makin tinggi nilai konduktivitas yang dihasilkan dan semakin rendah nilai kapasitansi.

This research serves to see the effect of temperature on conductive polymers, and the temperature variations used are 27 °C, 37 °C, 47 °C, 55 °C, 67 °C, and 77 °C. The polyaniline used is pure polyaniline and a mixture of polyaniline, TiO₂, and nano areca fiber with a mixture percentage of 70%: 27%: 3%. Polyaniline is produced from polymerization of aniline monomer and ammonium peroxydisulfate and nano areca fibers are used from nano areca fibers that have been produced in previous research. Electrical properties testing consisted of electrical conductivity and capacitance tests using an LCR meter. The results showed the lowest conductivity value at 27 °C was 0.18×10^{-2} S/cm, and the highest conductivity value at 77 °C was 1.22×10^{-2} S/cm for pure polyaniline, while the mixed polyaniline obtained the lowest conductivity value at 27 °C was 0.85×10^{-2} S/cm, and the highest value at 77 °C was 3.61×10^{-2} S/cm. For the capacitance test, the highest value was obtained at 6.8 µF and 18.9 µF. From the results obtained, the higher the temperature, the higher the conductivity value produced, while the capacitance results show that the higher the temperature used, the lower the capacitance value.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Polimer merupakan salah satu bahan yang sering dipakai pada kehidupan sehari-hari contohnya kantong plastik, kertas, dan ban. Polimer termasuk molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk dari proses polimerisasi, dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kmiawi untuk membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer. Salah satu sifat polimer adalah tidak konduktif, tetapi konduktivitasnya bisa ditingkatkan dengan menambah jumlah pembawa muatan atau diberi tambahan pengotor (komposit). Istilah polimer lebih merujuk kepada plastik, tetapi polimer sebenarnya terdiri dari berbagai jenis, baik dari bahan material alam dan sintetik yang memiliki sifat dan kegunaan yang beragam. Polimer terbagi dari beberapa jenis diantaranya polimer alam dan polimer sintesis. Salah satu jenis polimer sintesis adalah polimer konduktif.

Polimer konduktif pertama kali diidentifikasi pada tahun 1980 dan termasuk dalam kelas bahan organuk yang dapat disitensis elektrokimia dari monomer yang sesuai (Rizky Dharmawan dkk., 2014). Polimer konduktif merupakan polimer organik terkonjugasi yang menunjukkan sifat kelistrikan, kemagnetan dan sifat optis (Putri R.K.P., & Putra, 2014). Polimer konduktif banyak menarik perhatian para peneliti dari berbagai cabang ilmu dan teknologi karena keunggulannya, salah satunya yaitu mudah disintesis dan bahan dasar untuk pembuatannya mudah diperoleh sehingga biaya penyimpanannya lebih murah (Ramadhani & Mahyudin, 2021). Contoh dari polimer konduktif adalah poliasetilen, polipirrol, dan PANi. Polianilin (PANi) termasuk polimer organik konduktif yang terbentuk dari monomer (C₆H₅NH₂) yang merupakan salah satu senyawa turunan benzena yang diperoleh dari proses polimerisasi. Penelitian Aspi dkk. (2013) menyebutkan bahwa PANi dalam keadaan basa bersifat isolator. PANi sudah banyak dicampurkan dengan senyawa kimia yang lain untuk diteliti (Chen et al., 2016; Permana & Darminto, 2012; Sharma et al., 2009) Salah satu senyawa kimia yang banyak dicampurkan dengan PANi adalah TiO₂.

TiO₂ dikenal dengan nama titanium oksida adalah material yang memiliki sifat semikonduktor dan dikenal sebagai fotokatalis. Sifat fotokatalis berarti material yang memiliki stabilitas termal cukup baik, mudah bereaksi secara kimia, dan memiliki sifat listrik yang baik (Fatimah, 2009). Material titanium memiliki ciri-ciri yaitu tidak beracun, harganya relatif murah, banyak terdapat di alam (Dastan dan Chaure, 2014). TiO₂ merupakan senyawa oksida yang tahan karat dan tidak beracun. TiO₂ banyak dicampurkan dengan PANi pada penelitian salah satunya yang dilakukan oleh ('Arifah & Mahyudin, 2021).

Penelitian mengenai PANi dan TiO₂ telah dilakukan oleh ('Arifah & Mahyudin, 2021) yang mengkaji pengaruh persentase nanoserat pinang dan TiO₂ terhadap sifat listrik dan sifat mekanik PANi. Diperoleh hasil bahwa konduktivitas listrik PANi, TiO₂, nano serat pinang meningkat seiring dengan kenaikan persentase serat pinang yang ditambahkan. Namun, pada penelitian ini belum dikaji pengaruh suhu terhadap nilai konduktivitas dan kapasitansi PANi TiO₂ selulosa serat pinang.

Pada penelitian ini, dikaji pengaruh suhu terhadap sifat listrik (konduktivitas dan kapasitansi) dari campuran polimer PANi, TiO₂, dan nano serat pinang. TiO₂ berfungsi sebagai material yang memiliki sifat semikonduktor yang cukup baik dan memiliki sifat listrik yang baik (Fatimah, 2009). Nano serat pinang dalam bentuk selulosa yang dapat meningkatkan sifat listrik material. Kedua bahan yang digunakan yaitu TiO₂ dan nano serat pinang didapatkan dari penelitian sebelumnya ('Arifah & Mahyudin, 2021; Karmuliani & Mahyudin, 2020; Rozi & Mahyudin, 2020). Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat LCR Meter untuk memperoleh nilai konduktivitas dan kapasitansi listrik.

II. METODE

2.1 Sintesis PANi

PANi disintesis dengan metode polimerisasi oksidasi secara kimia. Sintesis PANi dilakukan berdasarkan penelitian Astuti (2013). Pada metode ini 50 ml HCl 1 M dicampurkan dengan 2 ml monomer anilin menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Dalam waktu bersamaan 6 g ammonium perosidulfat dilarutkan ke dalam 50 ml HCl dan diaduk selama 1 jam. Kedua larutan dicampurkan ke dalam wadah kimia, kemudian diaduk dan didiamkan selama 4 jam. Reaksi dinyatakan selesai ditandai

dengan terbentuknya endapan berwarna hijau. Endapan tersebut kemudian disaring dan dicuci dengan aseton dan aquades masing-masing 3 kali. Hasil endapan lalu dikeringkan dalam oven selama 2 jam pada suhu 80 °C. Setelah endapan PANi kering, kemudian dicampurkan dengan TiO₂ sebanyak 0,5 gram dan ditambahkan nano serat pinang yang sudah dikeringkan sebanyak 0,2 gram. Setelah 3 bahan dicampurkan, sampel dicetak dalam bentuk tablet menggunakan cetakan tablet dan dilakukan uji konduktivitas listrik dan kapasitansi.

Pengukuran konduktivitas listrik dan kapasitansi menggunakan LCR meter. Konduktivitas listrik dapat dihitung dengan Persamaan 1.

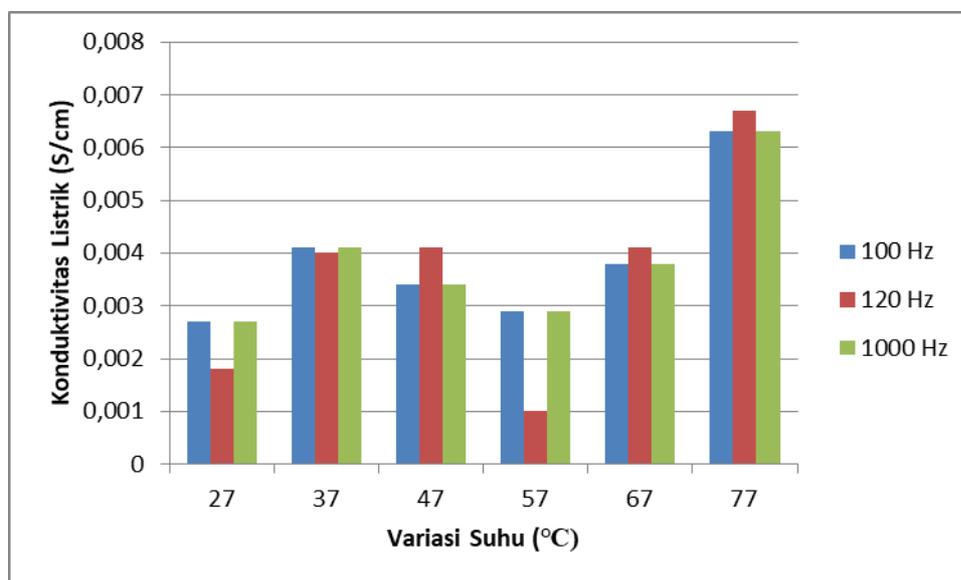
$$\Sigma = \frac{L}{RA} \quad (1)$$

Dengan Σ adalah konduktivitas listrik (S/cm), L adalah panjang kawat (cm) R adalah resistansi (Ω), dan A yaitu luas penampang sampel (cm²).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisis Konduktivitas PANi Murni dan PANi Campuran

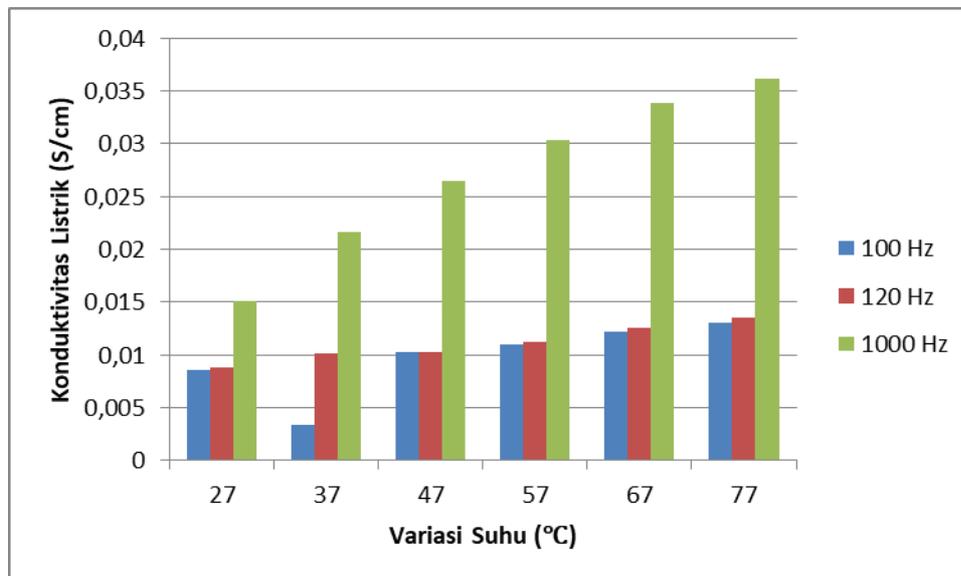
Nilai konduktivitas listrik PANi murni dan PANi campuran diperoleh dari hasil pengukuran resistansi menggunakan LCR meter dengan 3 variasi frekuensi yaitu 100 Hz, 120 Hz, dan 1000 Hz dengan melakukan pengulangan pengambilan data sebanyak 3 kali. Massa total sampel PANi murni dan PANi campuran yang dipakai pada penelitian adalah 0,5 gram. Perbandingan antara konduktivitas PANi murni dengan variasi suhu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Hubungan konduktivitas PANi murni dengan variasi suhu

Berdasarkan Gambar 1 hasil konduktivitas listrik menunjukkan bahwa seiring bertambahnya suhu maka nilai konduktivitas listrik yang didapatkan semakin besar. Dari pengulangan data sebanyak 3 kali, didapatkan rata-rata konduktivitas PANi murni dimana nilai konduktivitas listrik tertinggi terdapat pada frekuensi 1000 Hz pada suhu 77 °C sebesar 0,012 S/cm dan PANi murni pada penelitian ini berada pada rentang bahan semikonduktor. Nilai konduktivitas PANi murni didapatkan tidak stabil dan cenderung naik turun. Hal ini disebabkan karena PANi termasuk polimer yang mempunyai ikatan yang kuat dan sulit terlepas. PANi juga memiliki sedikit atom-atom yang bersifat pengantar arus listrik sehingga pada frekuensi rendah atom-atom PANi tidak bergetar secara menyeluruh mengakibatkan

nilai yang didapatkan tidak stabil. Untuk PANi campuran didapatkan grafik yang bisa dilihat pada Gambar 2.



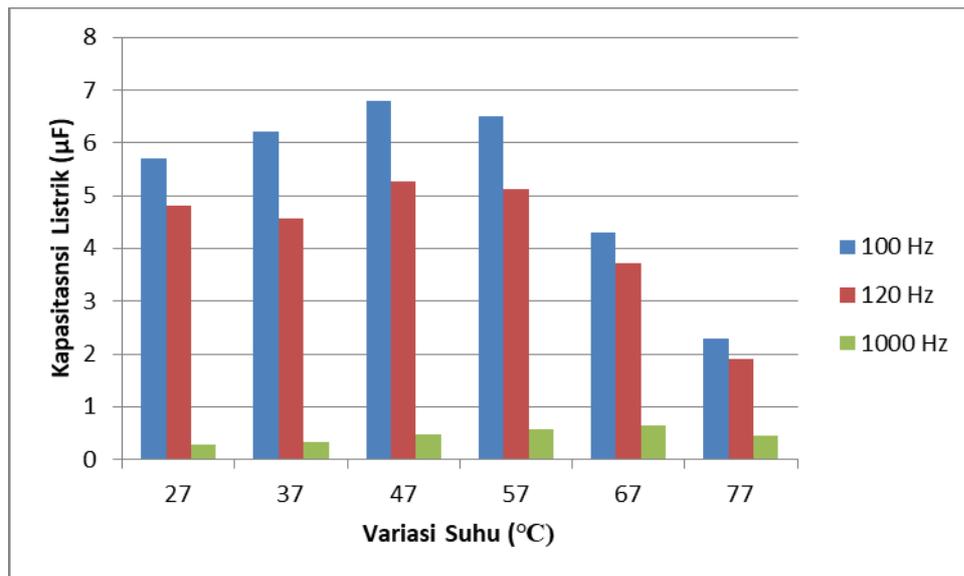
Gambar 2 Hubungan konduktivitas PANi campuran dengan variasi suhu

Pada Gambar 2 didapatkan nilai konduktivitas listrik PANi campuran meningkat seiring dengan bertambahnya suhu yang dipakai. Penambahan TiO₂ dan nano serat pinang mempengaruhi nilai konduktivitas listrik. Terlihat kenaikan nilai konduktivitas pada frekuensi 1000 Hz dimana pada suhu 27 °C diperoleh nilai konduktivitas sebesar 0,0150 dan ketika di suhu 77 °C diperoleh konduktivitas yaitu 0,036 S/cm. Nilai konduktivitas PANi campuran meningkat 2 kali dari suhu terendah yang dipakai hingga suhu tertinggi. PANi campuran yang digunakan pada penelitian ini berada pada rentang bahan semikonduktor yang memiliki nilai konduktivitas berkisar dari 10⁻⁶ hingga 10² S/cm (Hamisan dkk., 2009). Pada data yang diperoleh, terlihat bahwa nilai konduktivitas meningkat dari nilai konduktivitas PANi murni dimana ketika ditambahkan TiO₂ dan nano serat pinang, atom-atom pada PANi tidak mengikat dengan kuat dan membuat atom-atom PANi mudah lepas dan berubah menjadi ion.

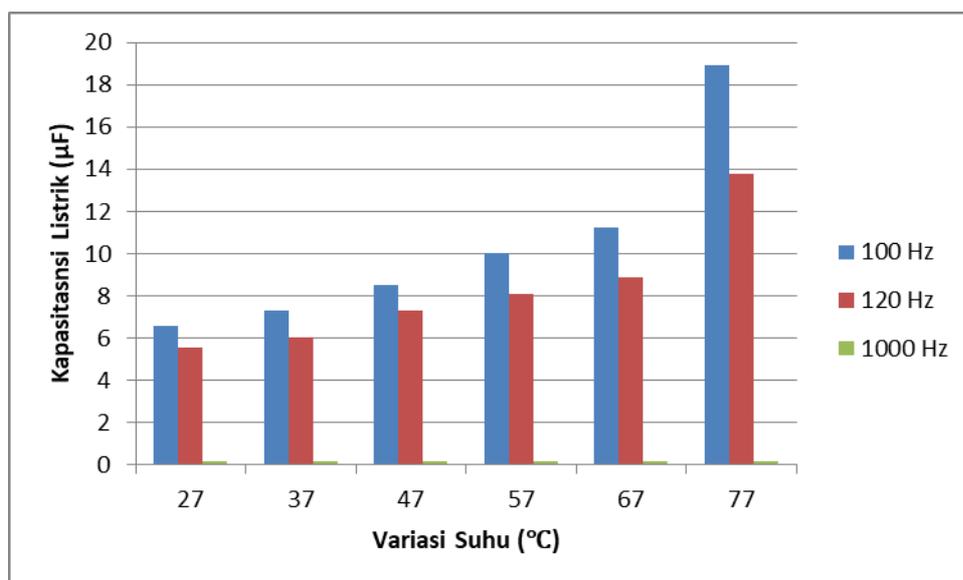
3.2 Analisis Kapasitansi PANi Murni dan PANi Campuran

Pengukuran nilai kapasitansi PANi murni dan PANi campuran dilakukan dengan alat LCR meter. Massa total sampel PANi murni dan PANi campuran pada penelitian ini adalah massa yang dicetak 0,5 gram. Didapatkan perbandingan nilai rata-rata kapasitansi PANi murni dengan variasi suhu yang bisa dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 diperoleh nilai kapasitansi seiring bertambahnya suhu dimana nilainya mengalami penurunan dan nilai kapasitansi terendah didapatkan pada frekuensi 100 Hz pada suhu 27 °C sebesar 0,27 µF. Nilai kapasitansi tertinggi didapatkan pada frekuensi 100 Hz pada suhu 47 °C dengan nilai 6,8 µF. Terlihat pada gambar, dari suhu 27 °C hingga 47 °C terjadi kenaikan nilai kapasitansi dan pada suhu 57 °C sampai suhu tertinggi 77 °C, nilai kapasitansi mengalami penurunan. Pada penelitian ini, diperoleh nilai kapasitansi optimum pada suhu 47 °C. Data nilai kapasitansi PANi campuran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 Hubungan kapasitansi PANi murni dengan variasi suhu



Gambar 4 Hubungan kapasitansi PANi campuran dengan variasi suhu

Dari Gambar 4 terlihat semakin tinggi frekuensi yang dipakai, nilai kapasitansi yang didapatkan semakin rendah. Nilai kapasitansi terendah didapatkan pada frekuensi 100 Hz dengan suhu 77 °C sebesar 0,16 µF. Nilai kapasitansi tertinggi diperoleh pada frekuensi 100 Hz suhu 77 °C sebesar 18,9 µF. Pada penelitian 'Arifah dan Mahyudin (2021) juga didapatkan hasil yang hampir sama pada frekuensi 1000 Hz dimana nilai kapasitansinya cenderung tidak stabil. Hal ini terjadi karena menurut penelitian Amorim dkk. (2020) kehadiran bahan lain selain PANi dalam campuran menyebabkan peningkatan kapasitansi cukup besar dan itu terjadi karena adanya pemisahan pembawa muatan yang lebih tinggi karena peningkatan doping PANi. Nilai kapasitansi yang diperoleh tidak stabil juga dikarenakan tingginya frekuensi yang dipakai dan suhu memberikan pengaruh kepada campuran yang dipakai PANi yaitu TiO₂ dan nano serat pinang.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa suhu memberikan peningkatan kepada nilai konduktivitas listrik PANi, TiO₂, nano serat pinang. Nilai konduktivitas tertinggi pada suhu 77 °C dan frekuensi 1000 Hz sebesar $3,61 \times 10^{-2}$ S/cm dan nilai konduktivitas listrik terendah

pada suhu 27°C sebesar $0,18 \times 10^{-2}$ S/cm. Pada pengukuran kapasitansi PANi murni didapatkan nilai kapasitansi yang tidak stabil dan mengalami kenaikan dan penurunan pada suhu tertentu. Tidak hanya itu, suhu memberikan pengaruh untuk memutus ikatan-ikatan atom PANi dan membuat atom-atom PANi bergerak dan meningkatkan nilai konduktivitas listrik PANi yang didapatkan dari campuran yang digunakan yaitu TiO₂ serat nano serat pinang.

DAFTAR PUSTAKA

- 'Arifah, N., & Mahyudin, A. (2021). Pengaruh Persentase Nanoserat Pinang dan TiO₂ Terhadap Sifat Listrik dan Sifat Mekanik Komposit Polianilin. *Jurnal Fisika Unand*, 10(4), 493–498. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.4.493-498.2021>
- Amorim, D. R. B., da Silva Guimarães, I., Fugikawa-Santos, L., Vega, M. L., & da Cunha, H. N. (2020). Effect of temperature on the electrical conductivity of polyaniline/cashew gum blends. *Materials Chemistry and Physics*, 253(May). <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123383>
- Aspi, Malino, M. B., & Lapanoro, B. P. (2013). Analisis Data Spektrum Spektroskopi FT-IR untuk Menentukan Tingkat Oksidasi Polianilin. *Prisma Fisika*, 1(2), 92–96.
- Astuti, A. (2013). Pengaruh Penambahan Tembaga (Cu) Terhadap Sifat Listrik Polianilin (PANi). *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 5(1), 31–37. <https://doi.org/10.25077/jif.5.1.31-37.2013>
- Chen, C. H., Ko, C. J., Chuang, C. H., Mao, C. F., Liao, W. T., & Hsieh, C. D. (2016). Synthesis and characterization of polyaniline co-doped with nitric acid and dodecyl benzene sulfonic acid. *Journal of Polymer Research*, 24(1). <https://doi.org/10.1007/s10965-016-1175-2>
- Dastan, D., & Chaure, N. B. (2014). Influence of Surfactants on TiO₂ Nanoparticles Grown by Sol-Gel Technique. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 2(1), 21–24. <https://doi.org/10.7763/ijmmm.2014.v2.91>
- Fatimah, I. (2009). Dispersi TiO₂ Kedalam SiO₂ -Montmorillonit : Efek Jenis Prekursor. *Penelitian Saintek*, 14, 41–58.
- Hamisan, A. F., Abd-Aziz, S., Kamaruddin, K., Shah, U. K. M., Shahab, N., & Hassan, M. A. (2009). Delignification of Oil Palm Empty Fruit Bunch using chemical and microbial pretreatment methods. In *International Journal of Agricultural Research* (Vol. 4, Issue 8, pp. 250–256). <https://doi.org/10.3923/ijar.2009.250.256>
- Karmuliani, H., & Mahyudin, A. (2020). Karakterisasi Sifat Mekanik Film PVA Berserat Selulosa Kulit Buah Pinang (Areca Catechu L) yang Mengalami Perlakuan NaOH. *Jurnal Fisika Unand*, 9(4), 495–501.
- Permana, A., & Darminto, D. (2012). Fabrikasi Polianilin-TiO₂ dan Aplikasinya sebagai Pelindung Anti Korosi pada Lingkungan Statis, Dinamis dan Atmosferik. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 8(1), 120106. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v8i1.861>
- Putri R.K.P., & Putra, N. M. D. (2014). Karakteristik Struktur, Optik, dan Listrik Film Tipis Polianilin (PANi) Doping HCl yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating. *Unnes Physisc Journal*, 3(1), 14–21
- Ramadhani, M. W., & Mahyudin, A. (2021). Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit terhadap Sifat Listrik dan Sifat Mekanik PANi-Nanoserat Pinang. *Jurnal Fisika Unand*, 10(4), 445–452
- Rizky Dharmawan, Satriaji Sudigdo, & Hamidah Harahap. (2014). Karakterisasi Sensor Polimer Konduktif Polianilin Berpengisi Serbuk Ban Untuk Mendeteksi Konduktivitas Minyak. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 41–44. <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i2.1505>
- Rozi, M. F., & Mahyudin, A. (2020). Analisis Variasi Fraksi Volume Nanoserat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Biodegradasi Material Komposit Epoksi dengan Pati Talas. *Jurnal Fisika Unand*, 9(2), 270–276
- Sharma, B. K., Gupta, A. K., Khare, N., Dhawan, S. K., & Gupta, H. C. (2009). Synthesis and characterization of polyaniline-ZnO composite and its dielectric behavior. *Synthetic Metals*, 159(5–6), 391–395. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2008.10.010>