

Pengaruh Nanoserat Pinang dan TiO₂ terhadap Sifat Listrik dan Sifat Mekanik Komposit Polianilin

Nur'Arifah*, Alimin Mahyudin

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

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 25 September 2021
Direvisi: 05 Oktober 2021
Diterima: 11 Oktober 2021

Kata kunci:

indeks kristal
kapasitansi
konduktivitas
SEM
XRD

Keywords:

crystal index
conductivity
capacitance
SEM
XRD

Penulis Korespondensi:

Nur'Arifah
Email: nurarifah075@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian mengenai pengaruh persentase TiO₂ dan nanoserat pinang terhadap sifat listrik dan sifat mekanik PANi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan TiO₂ terhadap PANi yang diperkuat nanoserat pinang. Perbandingan persentase TiO₂ dan nanoserat pinang yang ditambahkan pada PANi untuk uji sifat listrik berturut-turut adalah 27% : 3% ; 25% : 5% ; dan 23% : 7%. Perbandingan persentase TiO₂ dan nanoserat pinang yang ditambahkan pada PANi untuk uji sifat mekanik berturut-turut adalah 3% : 2% ; 2% : 3% ; dan 1% : 4%. PANi dipolimerisasi dari monomer anilin menggunakan metode polimerisasi oksidasi kimia. Metode pembuatan nanoserat pinang menggunakan metode dewaxing, bleaching dan dehemicelulosa. Pembuatan komposit dilakukan melalui metode dry mixing (pencampuran kering) antara nanoserat pinang dan PANi-TiO₂. Pengujian yang dilakukan berupa uji sifat listrik (konduktivitas dan kapasitansi), uji sifat mekanik (kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas), SEM dan XRD. Hasil karakterisasi menggunakan XRD diperoleh puncak untuk nanoserat pinang dan TiO₂. Hasil pengamatan SEM pada permukaan film PANi-TiO₂ nanoserat pinang ukuran partikel berbeda-beda. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai konduktivitas semakin tinggi seiring penambahan nanoserat pinang dengan nilai sebesar $3,25 \times 10^{-3}$ S/cm. Penambahan nanoserat pinang pada persentase 4% menghasilkan nilai kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas berturut-turut 1,6 MPa, 16,67% dan 9,4 MPa.

Research on the effect of the percentage of TiO₂ and areca nut nanofibers on the electrical and mechanical properties of PANi. This study aimed to analyze the effect of the addition of TiO₂ on areca nut nanofiber-reinforced PANi. The percentage ratio of TiO₂ and areca nut nanofibers added to PANi for the electrical properties test was 27%: 3%; 25% : 5% ; and 23% : 7%. The ratio of the percentage of TiO₂ and areca nut nanofibers added to PANi for the mechanical properties test was 3%: 2%, respectively; 2% : 3% ; and 1% : 4%. PANi was polymerized from aniline monomer using chemical oxidation polymerization method. The method of making areca fiber nanofibers uses dewaxing, bleaching and dehemicelulose methods. Composites were made using the dry mixing method between areca nut nanofibers and PANi-TiO₂. Tests conducted in the form of electrical properties test (conductivity and capacitance), mechanical properties test (tensile strength, strain and modulus of elasticity), SEM and XRD. The results of characterization using XRD obtained peaks for areca nut and TiO₂ nanofibers. The results of SEM observations on the surface of the PANi-TiO₂ nanofiber areca nut with different particle sizes. Based on the results of the tests that have been carried out, the conductivity value is getting higher with the addition of areca nut nanofibers with a value of 3.25×10^{-3} S/cm. The addition of areca nut nanofibers at a percentage of 4% resulted in the value of tensile strength, strain and modulus of elasticity of 1.6 MPa, 16.67% and 9.4 MPa, respectively.

Copyright © 2021 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan industri pada material polimer sudah banyak dikembangkan oleh para peneliti. Polimer memiliki sifat yang mudah dibentuk (elastis), tahan korosi, ringan serta memiliki rantai yang panjang. Polimer termasuk golongan isolator yaitu tidak dapat menghantarkan arus listrik. Banyak bahan maupun alat dalam kehidupan sehari-hari yang berbahan polimer. Salah satu penelitian yang sedang dikembangkan oleh peneliti yaitu polimer konduktif.

Polimer konduktif mendapat perhatian yang lebih bagi para peneliti dari berbagai cabang ilmu dan teknologi karena dapat diaplikasikan pada baterai, sensor, perangkat elektronik, superkapasitor dan pelindung anti korosi pada lapisan organik (Mostafaei and Zolriasatein, 2012). Polimer dalam keadaan normal tidak bersifat konduktif, namun dapat ditingkatkan konduktivitasnya dengan menambahkan pembawa muatan. Kemampuan polimer menghantarkan listrik terjadi karena elektron ikat terdekolasi yaitu kecenderungan elektron terluar berpindah dari tingkatan satu ke tingkatan energi lainnya. Polianilin (PANi) merupakan salah satu contoh polimer konduktif yang memiliki sifat yang stabil terhadap lingkungan, mudah disintesis dan perubahan sifat listrik yang reversibel (Saboktakin *et al.*, 2011). Polianilin telah dikaji dan dimanfaatkan karena konduktivitasnya mudah diubah dan dapat digunakan sebagai bahan komposit.

Pendopingan PANi dengan material lain telah diteliti oleh beberapa peneliti. Titanium dioksida (TiO₂) merupakan material yang bersifat semikonduktor yang dikenal sebagai fotokatalis yang memiliki stabilitas termal yang cukup baik, mudah bereaksi secara kimia dan memiliki sifat listrik yang baik (Fatimah, 2009).

Penelitian pada PANi-TiO₂ dengan penambahan selulosa serat pinang akan dilihat pengaruhnya pada sifat listrik dan sifat mekanik komposit. Beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian PANi dengan dopan senyawa logam, maka dari itu penelitian kali ini menambahkan selulosa serat pinang untuk melihat apakah ada pengaruh karakteristik sifat mekanik dan sifat listrik dari PANi-TiO₂. Uji karakterisasi PANi-TiO₂ selulosa serat pinang dilakukan dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), konduktivitas listrik dan sifat mekanik seperti kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas.

II. METODE

2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pembuatan nanoselulosa dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Pusat Teknologi Hasil Pertanian. Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Metalurgi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas. Pengujian XRD dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Padang.

2.2 Teknik Penelitian

2.2.1 Pembuatan selulosa

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konduktivitas dan sifat mekanik dari komposit PANi-TiO₂ selulosa. Pembuatan selulosa serat pinang berdasarkan penelitian (Mahyudin *et al.*, 2020) yang mana serat pinang dipisahkan dari kulitnya, kemudian dipotong dengan panjang ± 1 cm sebanyak 50 g. Serat pinang 50 g diambil 2 g untuk diekstrak di dalam *sohxlet* dengan campuran 200 g alkohol dan 100 g n-heksana pada suhu 160° C, untuk menghilangkan kandungan lignin, selanjutnya dilakukan pemutihan dengan menggunakan 1,5 g NaClO₂, kemudian dipanaskan di atas *waterbath* selama 4 jam dengan suhu 85° C sehingga dihasilkan selulosa. Setelah didapatkan selulosa, selulosa diultrasonikasi selama 6 jam.

2.2.2 Pembuatan polianilin

Pembuatan polianilin dilakukan menggunakan metode oksidasi kimia. Sintesis polianilin dilakukan dengan cara mencampurkan 50 ml HCl (2 M) dengan 2 ml monomer anilin selama 1 jam, pada waktu yang bersamaan, 6 g Ammonium Peroksidisulfat (NH₄)₂S₂O₈ dimasukkan ke dalam 50 ml akuades selama 1 jam. Kedua larutan tersebut dicampurkan ke dalam satu wadah kimia, diaduk dan dibiarkan selama 2 jam sampai terjadi polimerisasi sempurna dengan terbentuknya endapan berwarna

hijau dan terlihat terpisah, larutan HCl-anilin berada di atas dan larutan H₂O(NH)₄S₂O₈. Endapan kemudian dibilas menggunakan HCl sebanyak 3 kali dan kemudian dibilas lagi menggunakan aseton sebanyak 3 kali sehingga terbentuk endapan PANi hidroklorid (*Emeraldine Salt*). Polianilin tersebut dikeringkan dengan *hot plate* pada suhu 80°C selama 2 jam.

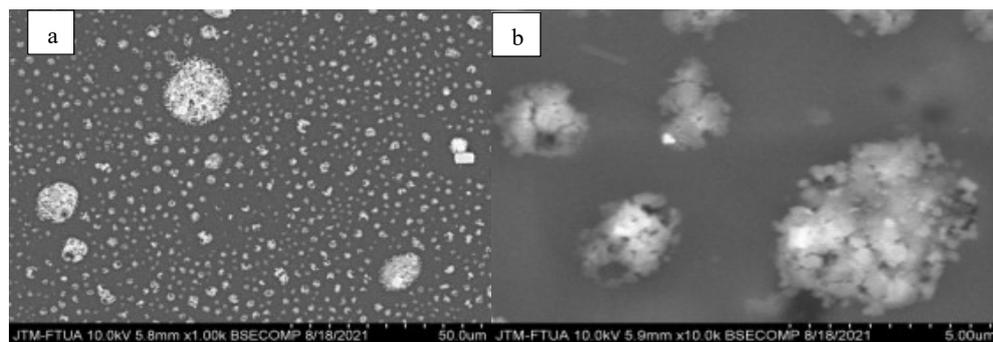
2.2.3 Pembuatan Komposit PANi-TiO₂ selulosa

Pembuatan komposit PANi-TiO₂ selulosa dilakukan dengan cara mencampurkan PANi, TiO₂ dan selulosa dengan memvariasikan selulosa dan TiO₂. Komposit dicampurkan kemudian dipadatkan sehingga dihasil sampel berbentuk tablet. Pembuatan PANi-TiO₂ selulosa menghasilkan tiga tablet dengan variasi yang berbeda.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Morfologi Permukaan

Hasil karakterisasi menggunakan SEM menunjukkan morfologi permukaan PANi-TiO₂ selulosa dengan perbesaran 1000x dan 10.000x dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 pengamatan menggunakan SEM menunjukkan bahwa hasil dari permukaan lapisan tipis pada perbesaran 1000x dan 10000x ukuran partikel berbeda-beda, dengan menggunakan aplikasi image-j didapatkan ukuran partikel berkisar 2 μm - 5 μm. Perbedaan dari ukuran partikel disebabkan oleh beberapa campuran bahan yaitu penambahan titanium dioksida dan selulosa serat pinang, dimana saat pencampuran bahan tidak tercampur secara merata.



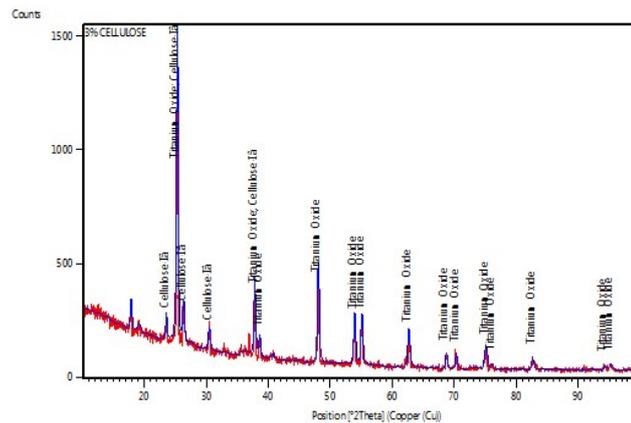
Gambar 1 Hasil SEM (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 10000x komposit PANi-TiO₂ selulosa serat pinang

3.2 XRD (X-Ray Diffraction)

Karakterisasi XRD didapatkan grafik pola difraksi sinar-X yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 diperoleh data XRD menghasilkan puncak selulosa dan titanium dioksida, dimana puncak selulosa menjadi puncak tertinggi. Gambar 2 menunjukkan bahwa ukuran kristal selulosa serat pinang menggunakan Persamaan 1 diperoleh sebesar 55,58 nm, dengan intensitas yaitu $2\theta = 25,290$ pada pola difraksi bidang (2 0 0). Hasil pengukuran indeks kristal selulosa berdasarkan Persamaan 1 yaitu sebesar 43,42%. Indeks kristalinitas menginterpretasikan adanya kandungan selulosa dengan struktur kristal dari perlakuan kimia dan mekanik. Ukuran kristal ini menghasilkan ukuran nanometer (1-100 nm) sehingga dapat diaplikasikan pada superkapasitor.

$$D = \frac{k\lambda}{B \cos \theta} \quad (1)$$

dengan D adalah ukuran diameter kristal, λ adalah panjang gelombang sinar-X yang diinginkan, θ adalah sudut *Bragg*, B adalah FWHM (*Full Width Half Maximum*) atau lebar puncak difraksi pada setengah maksimumnya yaitu $2\theta \times (\pi/180)$ satu puncak yang dipilih, dan k adalah konstanta material yang nilainya kurang dari satu. Nilai k yang dipakai biasanya dalam rentang 0,8 - 1.

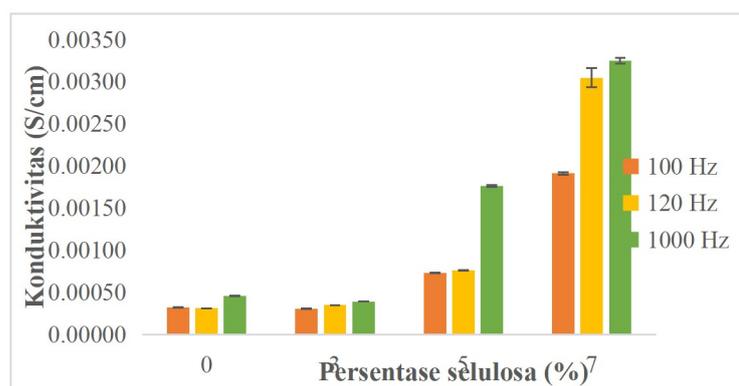


Gambar 2 Pola difraksi sinar-X komposit PANi-TiO₂ selulosa serat pinang

3.3 Konduktivitas Listrik

Nilai konduktivitas listrik diperoleh dari hasil pengukuran resistansi dengan variasi frekuensi 100 Hz, 120 Hz dan 1000 Hz. Hasil pengukuran resistansi dan perhitungan nilai konduktivitas PANi-TiO₂ selulosa serat pinang dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan nilai konduktivitas PANi-TiO₂ selulosa serat pinang didapatkan nilai rata-rata pada setiap frekuensi dengan tiga kali pengulangan. Nilai konduktivitas yang tertinggi yaitu $3,25 \times 10^{-3}$ S/cm pada frekuensi 1000 Hz dengan variasi titanium dioksida 23%, dimana TiO₂ merupakan bahan semikonduktor yang dapat meningkatkan nilai konduktivitas. Menurut penelitian sebelumnya, konduktivitas PANi murni berkisar antara 10^{-10} S/cm hingga 10^2 S/cm (Susmita and Muttaqin, 2013). Penelitian ini nilai konduktivitas PANi tanpa penambahan selulosa serat pinang dan TiO₂ sebesar $3,2 \times 10^{-4}$ S/cm, maka nilai konduktivitas pada penelitian ini cukup konduktif.

Penambahan titanium dioksida dapat mempengaruhi nilai konduktivitas pada PANi, yang mana titanium dioksida merupakan bahan semikonduktor. (Lee *et al.*, 2005) melakukan penelitian dengan penambahan TiO₂ pada PANi didapatkan nilai konduktivitas sebesar $2,41 \times 10^{-3}$ S/cm, jika dibandingkan dengan hasil pada penelitian ini maka konduktivitas listrik meningkat pada penambahan 23% TiO₂ dan 7% selulosa dengan nilai $3,25 \times 10^{-3}$ S/cm pada frekuensi 1000 Hz. Gambar 3 menunjukkan penambahan selulosa mempengaruhi nilai konduktivitas, semakin tinggi persentase selulosa maka nilai konduktivitas makin tinggi yaitu dengan persentase selulosa 7%.



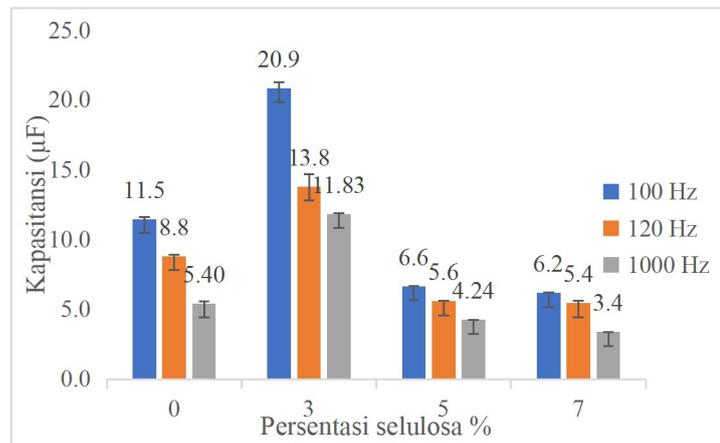
Gambar 3 Pengaruh penambahan TiO₂ dan selulosa serat pinang terhadap konduktivitas komposit

3.4 Kapasitansi

Nilai kapasitansi didapatkan menggunakan alat LCR Meter. Perbandingan nilai rata-rata kapasitansi PANi dengan variasi TiO₂ dan selulosa serat pinang dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 5 diketahui bahwa nilai kapasitansi menurun seiring bertambahnya frekuensi yang diberikan. Nilai kapasitansi tertinggi diperoleh pada frekuensi 100 Hz dengan nilai 20,95 μ F pada 27% TiO₂ dan 3%

selulosa. Nilai kapasitansi terendah diperoleh pada frekuensi 1000 Hz dengan nilai 3,4 μF pada 23% TiO₂ dan 7% selulosa serat pinang.

Secara keseluruhan nilai kapasitansi akan menurun seiring naiknya frekuensi yang diberikan. Pada frekuensi 100 Hz tanpa variasi apapun didapatkan kapasitansi untuk setiap tiga kali pengulangan penagmbilan data sebesar 11,5 μF , untuk frekuensi 120 Hz sebesar 8,8 μF dan untuk frekuensi 1000 Hz sebesar 5,40 μF . Gambar 5 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya selulosa serat pinang dari 3% sampai 7%, maka nilai kapasitansi menurun.



Gambar 5 Pengaruh penambahan TiO₂ dan nanoserat pinang terhadap kapasitansi komposit

3.5 Kuat Tarik, Regangan dan modulus elastisitas

Pengujian kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas. Pengukuran kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas dilakukan pada sampel dengan variasi persentase selulosa 2%, 3% dan 4% terhadap jumlah total dari bahan komposit. Nilai kuat tarik pada penambahan 4% selulosa lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan 2% dan 3% selulosa. Hal ini disebabkan serat pinang yang berupa selulosa memiliki sifat mekanik yang baik, dimana pertambahannya persentase selulosa serat pinang maka nilai kuat tariknya tinggi (Rozi and Mahyudin, 2020). Tabel 1 menunjukkan nilai kuat tarik akan naik seiring dengan bertambahnya persentase selulosa serat pinang. Nilai kuat tarik yang tertinggi didapatkan pada persentase selulosa serat pinang 4% dengan nilai 1,6 MPa.

Tabel 1 Hasil uji kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas

Fraksi persentase serat (%)	Kuat tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus elastisitas (MPa)
2	1,20	12,67	9,47
3	1,36	15,07	9,03
4	1,60	16,67	9,60

Tabel 1 menunjukkan nilai regangan bertambah seiring bertambahnya persentase selulosa serat pinang yang diberikan. Hasil perhitungan yang tinggi didapatkan pada persentase selulosa serat pinang 4% dengan nilai sebesar 16,67%. Nilai terendah didapatkan pada persentase 2% dengan nilai 12,67%. Pencampuran serat yang tidak merata dalam PVA dapat mempengaruhi nilai regangan (Karmuliani and Mahyudin, 2020).

Nilai modulus elastisitas didapatkan dari nilai kuat tarik dan nilai regangan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai modulus elastisitas akan bertambah seiring bertambahnya persentase selulosa serat pinang.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai konduktivitas listrik komposit PANi-TiO₂ selulosa serat pinang meningkat seiring dengan bertambahnya persentase selulosa serat pinang yang diberikan. Nilai konduktivitas PANi-TiO₂ selulosa serat pinang tertinggi diperoleh dengan nilai $3,25 \times 10^{-3}$ S/cm. Nilai kapasitansi komposit PANi-TiO₂ selulosa serat pinang tertinggi diperoleh dengan nilai 3,4 μ F pada frekuensi 1000 Hz. Nilai kuat tarik akan naik seiring dengan bertambahnya persentase selulosa serat pinang, pada penambahan 4% .

DAFTAR PUSTAKA

- Fatimah, I. (2009), "Dispersi TiO₂ ke dalam SiO₂ montmorillonit: efek jenis prekursor", *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 14 No. 1, pp. 41–58.
- Karmuliani, H. and Mahyudin, A. (2020), "Karakterisasi Sifat Mekanik Film PVA Berserat Selulosa Kulit Buah Pinang (Areca Catechu L) yang Mengalami Perlakuan NaOH", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 9 No. 4, pp. 495–501.
- Lee, I.S., Lee, J.Y., Sung, J.H. and Choi, H.J. (2005), "Synthesis and electrorheological characteristics of polyaniline-titanium dioxide hybrid suspension", *Synthetic Metals*, Elsevier, Vol. 152 No. 1–3, pp. 173–176.
- Mahyudin, A., Arief, S., Abral, H., Muldarisnu, M. and Artika, M.P. (2020), "Mechanical Properties and Biodegradability of Areca Nut Fiber-reinforced Polymer Blend Composites", *Evergreen, Transdisciplinary Research and Education Center for Green Technologies ...*, Vol. 7 No. 3, pp. 366–372.
- Mostafaei, A. and Zolriasatein, A. (2012), "Synthesis and characterization of conducting polyaniline nanocomposites containing ZnO nanorods", *Progress in Natural Science: Materials International*, Elsevier, Vol. 22 No. 4, pp. 273–280.
- Rozi, M.F. and Mahyudin, A. (2020), "Analisis Variasi Fraksi Volume Nanoserat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Biodegradasi Material Komposit Epoksi dengan Pati Talas", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 9 No. 2, pp. 270–276.
- Saboktakin, M.R., Maharramov, A. and Ramazanov, M.A. (2011), "Synthesis and Characterization of Superparamagnetic Polyaniline Nanocomposites as Conductive Shields", *Journal of Elastomers & Plastics*, SAGE Publications Ltd STM, Vol. 43 No. 2, pp. 155–166.
- Susmita, R. and Muttaqin, A. (2013), "Analisis Sifat Listrik Komposit Polianilin (PANi) Terhadap Penambahan Bottom Ash Sebagai Elektroda Superkapasitor", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 2 No. 2.