

# Analysis of Electrical Properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Graphene Oxide Nanocomposites Synthesized from Corn Cob Waste

## CORRESPONDENCE

Email : nadirafz22@gmail.com  
Phone :

Nadira Febri Zola<sup>1\*</sup>, Rahmat Hidayat<sup>2</sup>, Gusnedi<sup>3</sup>, Fahila Ulfa Jhora<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, 25171, Indonesia.

## ARTICLE INFORMATION

DOI : 10.24036/jccs/Vol2-iss1/28  
Page : 65 - 74

Received : May 29, 2024  
Revised : May 30, 2024  
Accepted : May 31, 2024

## ABSTRACT

*In this era of globalization, the needs of society continue to increase along with technological advances. The more sophisticated the technology, the higher the demand for electricity and energy storage. The energy storage medium that is widely used today is lithium batteries. But because the price of lithium batteries is quite high, the solution to overcome the high price of lithium batteries is to replace lithium battery electrodes with carbon-based materials such as Graphene Oxide. Graphene Oxide can be made from biomass waste, one of which is corn cob waste. which was synthesized using the modified hummers method and composited with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles consisting of three composition variations, namely 20%:80%; 30%:70%; and 40%:60%. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Graphene Oxide nanocomposites were characterized using an LCR Meter. The results of characterization data using LCR Meter obtained electrical resistivity values for each comparison of composition variations of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Graphene Oxide nanocomposites, namely  $1.65 \times 10^5 \Omega.m$ ,  $1.25 \times 10^5 \Omega.m$  and  $5.85 \times 10^4 \Omega.m$ . The electrical conductivity value of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Graphene Oxide nanocomposites is  $6.09 \times 10^{-6} S/m$ ,  $8.07 \times 10^{-5} S/m$  and  $1.72 \times 10^{-5} S/m$ , respectively. The capacitance value of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Graphene Oxide nanocomposite is  $1.96 \times 10^{-7} F$ ,  $2.55 \times 10^{-7} F$  and  $4.30 \times 10^{-7} F$  respectively. The maximum resistivity value of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Graphene Oxide nanocomposite is found in the ratio of 20%:80% composition variation, the electrical conductivity and capacitance values of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Graphene Oxide nanocomposites are found in the ratio of 40%:60% composition variation. The electrical conductivity and capacitance values increase as the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composition increases but the resistivity value decreases.*

**KEYWORDS** : Electrical Properties, Corn Cob, Graphene Oxide, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, LCR Meter.



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2023 by author and Universitas Negeri Padang.

## INTRODUCTION

Pada era globalisasi ini, kebutuhan masyarakat terus meningkat seiring dengan kemajuan teknologi. Semakin canggih teknologi, kebutuhan masyarakat akan listrik dan penyimpanan energi juga semakin tinggi. Oleh karena itu, teknologi penyimpanan energi listrik menjadi salah satu teknologi yang harus dikembangkan [1]. Media penyimpanan energi yang banyak digunakan saat ini adalah baterai. Baterai adalah salah satu perangkat elektronik yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Salah satu jenis baterai yang banyak digunakan dan dikembangkan saat ini adalah baterai lithium [2].

Baterai lithium adalah jenis baterai sekunder yang berfungsi sebagai sumber energi listrik yang dapat diisi ulang. Proses kerja baterai lithium melibatkan perpindahan ion lithium antara elektroda

positif (katoda) dan elektroda negatif (anoda) melalui elektrolit. Proses ini menghasilkan aliran listrik yang dapat digunakan untuk mengisi perangkat elektronik. Komponen sel baterai lithium terdiri dari elektroda, elektrolit dan separator. Setiap sel memiliki elektroda yang disebut katoda yang merupakan bagian paling mahal dari baterai. Untuk mengemas lebih banyak energi, katoda membutuhkan bahan mahal seperti kobalt, litium, grafit, nikel dan mangan. Solusi untuk mengatasi tingginya harga baterai lithium ini yaitu dengan mengganti bahan pembuatan elektroda baterai lithium ke material berbasis karbon [3].

Salah satu material berbasis karbon adalah grafena, grafena merupakan material dua dimensi monoatomik yang terbuat dari satu lapisan grafit yang ditemukan pada tahun 2004 oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov [4]. Grafena memiliki sifat-sifat yang sangat baik, seperti kemampuan untuk menghantarkan arus listrik, kekuatan yang sangat tinggi, dan kemampuan untuk digunakan sebagai sensor yang sangat sensitif. Turunan grafena yang paling mudah disintesis adalah Oksida grafena. Oksida Grafena dianggap lebih mudah diakses dan lebih mudah disintesis dibandingkan grafena yang membutuhkan metode yang lebih kompleks dan mahal. Sintesis oksida grafena dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, termasuk metode Hummers, metode yang banyak digunakan dan efisien untuk memproduksi oksida grafena [5].

Untuk memaksimalkan kinerja oksida grafena maka akan dikombinasikan dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memiliki sifat superparamagnetik, luas permukaan yang besar, transfer elektron serta daya serapnya yang tinggi [6]. Dengan menambahkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  kedalam oksida grafena akan membuat material lebih tahan lama, memiliki tingkat ketahanan yang lama dan dapat meningkatkan konduktivitas elektrik dan porositasnya [7].

Oksida Grafena dapat dibuat dari material organik seperti kayu, batu bara, bambu, tempurung kelapa, dan serbuk gergaji [8]. Belakangan ini banyak penelitian yang menggunakan bahan alami yang mudah ditemukan dan juga ramah lingkungan, selain untuk mengurangi jumlah limbah yang ada di Indonesia yang jumlahnya cukup banyak dan untuk mengurangi pencemaran lingkungan, penggunaan limbah organik sebagai sumber karbon untuk sintesis Oksida Grafena juga dinilai lebih murah dari pada penggunaan grafit.

Salah satu bahan baku pembuatan oksida grafena yang mudah ditemui dan juga tersedia melimpah di alam yaitu limbah tongkol jagung. Tongkol jagung memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar karbon aktif. Tongkol jagung mengandung sekitar 43,42% karbon dan 6,32% hidrogen [9]. Umumnya karbon aktif mengandung silika yang diperoleh dari bahan bakunya, seperti tongkol jagung yang memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yaitu 20,4%. Proses ekstraksi silika akan menghasilkan pori yang banyak sehingga luas permukaan karbon aktif meningkat [10].

Beberapa penelitian tentang oksida grafena ini sebelumnya telah dilakukan [11] tentang Sintesis dan Karakterisasi Oksida Grafena dari Biomassa yang ada di Indonesia yang menggunakan tempurung kelapa, sekam padi dan ampas tebu. Oksida grafena memiliki luas permukaan yang tinggi dan gugus fungsi yang mengandung oksigen. penelitian yang dilakukan oleh [12] yang membandingkan sifat kapasitansi oksida grafena dengan grafena sebagai elektroda pada superkapasitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa oksida grafena memiliki luas permukaan setengah dari grafena dan kandungan gugus fungsi oksigen pada permukaannya. Hal ini menyebabkan oksida grafena mampu menghasilkan nilai kapasitansi yang tinggi, mencapai 189 F/g. Penelitian [2] dengan judul "Analisis Sifat Listrik Nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Pvdf}$  yang Disintesis dengan Metode Sol Gel untuk Aplikasi Elektroda Baterai Lithium Ion". Pada penelitian ini fabrikasi komposit grafena digunakan sebagai elektroda baterai lithium ion dengan menguji konduktivitas listriknya. Didapatkan bahwa semakin bertambah komposisi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  semakin tinggi nilai konduktivitas.

Nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena belum diteliti lebih jauh oleh karena itu penulis mengusulkan penelitian tentang Sintesis Oksida Grafena yang berasal dari biomassa Tongkol Jagung yang disintesis menggunakan Metode Hummers Modifikasi dan membahas pengaruh variasi komposisi Nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap Oksida Grafena dari limbah tongkol jagung serta karakterisasi sifat listrik yang akan di karakterisasi menggunakan LCR Meter.

## METHODS

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang dilakukan di beberapa tempat, yaitu Laboratorium Fisika Material dan Biofisika Universitas Negeri Padang, Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang, Laboratorium LLDIKTI Wilayah X, Laboratorium LLDIKTI Wilayah X Padang, Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi (STIFARM) Padang, dan Laboratorium BATAN Tangerang, Jawa Barat dari bulan Maret-Oktober 2023. Sampel yang digunakan adalah limbah tongkol jagung. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi komposisi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena nanokomposit dari limbah tongkol jagung terhadap sifat listrik yang disintesis menggunakan metode hummers modifikasi. Sifat listrik nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena akan dikarakterisasi menggunakan alat LCR Meter.

Dalam penelitian ini, beberapa peralatan yang digunakan antara lain oven, alumunium foil, lumpang, ayakan 100 mesh, gelas kimia, erlenmeyer, magnetic stirrer, magnetic stirrer bar, cawan penguap, timbangan digital, pipet tetes, labu ukur, corong, spatula, tabung sentrifugasi, sentrifugasi, ultrasonik, lemari asam, loyang, dan pH meter. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk oksida grafena yang diperoleh dari limbah tongkol jagung, natrium hidroksida (NaOH), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), natrium nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ), kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ), hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dan aquades. Alat karakterisasi yang digunakan XRD, FTIR, dan LCR Meter. Proses penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu preparasi sampel, aktivasi karbon, sintesis oksida grafena, sonikasi, sentrifugasi, netralisasi pH, sintesis nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /oksida grafena, dan karakterisasi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /oksida grafena.

Tahapan pertama adalah persiapan sampel tongkol jagung. Proses ini dimulai dengan membersihkan limbah tongkol jagung dan memotongnya menjadi potongan-potongan kecil, yang kemudian dijemur selama 3 hari. Selanjutnya, tongkol jagung dioven pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 60 menit dan dibakar selama 2 jam pada suhu  $400^\circ\text{C}$  untuk menghasilkan bioarang [13]. Setelah menjadi bioarang, tongkol jagung dihaluskan dengan lumpang dan alu hingga menjadi serbuk arang kemudian disaring dengan ayakan 100 mesh.

Tahap kedua adalah Aktivasi Karbon, yaitu memasukkan 8 gram karbon ke dalam gelas kimia kemudian melarutkan 8 gram NaOH padat menggunakan 100 mL aquades hingga larutan menjadi homogen. Selanjutnya 100 mL larutan NaOH dituangkan ke dalam gelas kimia yang telah berisi karbon hingga terendam. Proses perendaman campuran ini berlangsung selama 24 jam. Setelah perendaman selesai, terbentuk endapan di dasar gelas kimia, endapan tersebut kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan corong. Setelah disaring, kemudian dipindahkan ke dalam cawan penguap. Selanjutnya, karbon aktif dimasukkan ke dalam oven selama 3 jam pada suhu  $105^\circ\text{C}$  [14].

Tahap ketiga adalah Sintesis oksida grafena, sebanyak 1,5 gram serbuk karbon aktif, 0,75 gram  $\text{NaNO}_3$  dan 34,5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL yang sebelumnya telah diisi dengan magnetic bar. Campuran tersebut diaduk selama 2 jam 20 menit dalam ice bath pada suhu  $0-5^\circ\text{C}$  dengan kecepatan 250 rpm dalam lemari asam. Kemudian menambahkan 4,5 gram  $\text{KMnO}_4$  secara perlahan dan lanjutkan pengadukan selama 30 menit pada suhu  $35^\circ\text{C}$ . Setelah 30

menit, tambahkan 69 mL aquades dengan menggunakan pipet tetes dan aduk selama 20 menit. Kemudian, tambahkan 100 mL aquades, 1,5 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% dan terakhir tambahkan 50 mL aquades sampai terbentuk oksida grafena [15].

Tahap keempat adalah Sonifikasi, Sentrifugasi dan Netralisasi pH, larutan disonifikasi selama 2 jam [16] kemudian diendapkan selama 24 jam hingga terbentuk fase padat dan cair [4]. Selanjutnya disentrifugasi menggunakan Micro Centrifuge dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit untuk memisahkan fase padat dan cair. Selanjutnya, proses netralisasi pH oksida grafena dilakukan secara manual dengan aquades yang diganti secara terus menerus hingga pH 7 (netral) kemudian di oven selama 1 jam pada suhu 105°C [17].

Tahap kelima adalah sintesis nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/oksida grafena, pembuatan nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/oksida grafena diawali dengan mencampurkan keduanya dengan perbandingan (20%:80%; 30%:70%, dan 40%:60%). Pencampuran dilakukan dengan menggunakan ball mill dengan kecepatan 300 rpm selama 15 menit.

Tahap terakhir adalah karakterisasi sampel, nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/oksida grafena dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, FTIR, dan LCR meter.

## RESULTS AND DISCUSSION

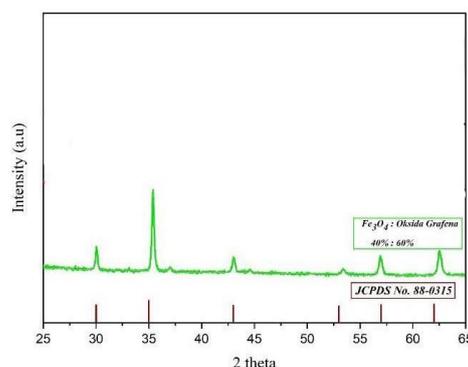
Pengujian Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena dilakukan dengan beberapa alat karakterisasi, yaitu XRD, FTIR untuk mengetahui apakah Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena telah terbentuk dan LCR Meter untuk mengetahui sifat listrik dari nanokomposit tersebut.

Karakterisasi menggunakan XRD menampilkan puncak-puncak yang terbentuk, jarak antar bidang kristal, intensitas relatif dan FWHM. Hasil analisis data nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena menggunakan XRD dengan variasi komposisi 40%:60% dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 1.** Data Puncak Signifikan Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena 40%:60%

| Peak To | Pos.[°2θ] | d-spacing[Å] | Ir[%] | FWHM Left [°2θ] |
|---------|-----------|--------------|-------|-----------------|
| 1       | 30,0316   | 2,9756       | 28,31 | 0,1535          |
| 2       | 35,3875   | 2,5365       | 100   | 0,2046          |
| 3       | 43,0392   | 2,1016       | 18,39 | 0,2558          |
| 4       | 53,3438   | 1,7174       | 6,04  | 0,307           |
| 5       | 56,9132   | 1,6179       | 21,88 | 0,1279          |
| 6       | 62,5069   | 1,4859       | 28,61 | 0,307           |

Hasil pola XRD nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena dengan variasi komposisi 40% : 60% dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pola XRD perbandingan nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena dengan Database JCPDS No. 88-0315

Berdasarkan Gambar 1.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena nanokomposit sebesar 40%:60% yang dibandingkan dengan (JCPDS No. 88-0315) oleh [18], nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena memiliki dua fasa, yaitu Hidrogen dan Besi Oksida, dengan struktur kristal yaitu *Hexagonal*, *Cubic*, dan *Orthorombic*. Memiliki sudut difraksi yang cukup signifikan yaitu  $30.03^\circ$ ,  $35.38^\circ$ ,  $43.03^\circ$ ,  $53.34^\circ$ ,  $56.91^\circ$ , dan  $62.50^\circ$  dengan FWHM  $0.15^\circ$ ,  $0.20^\circ$ ,  $0.25^\circ$ ,  $0.30^\circ$ ,  $0.12^\circ$ , dan  $0.30^\circ$ . Hasil analisis pola difraktogram menggunakan persamaan *Scherrer* untuk menentukan ukuran kristal. Ukuran kristal yang diperoleh adalah 53,58 nm, 40,75 nm, 33,38 nm, 28,95 nm, 70,64 nm, 30,26 nm, dengan ukuran kristal rata-rata 42,93 nm. Hasil analisis menunjukkan bahwa semua puncak yang terbentuk menunjukkan fasa FCC (*Face Center Cubic*), yang membuktikan pembentukan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan oksida grafena, hal ini sesuai dengan penelitian oleh [19]. Menurut penelitian [20], persamaan *Scherrer* menyimpulkan bahwa semakin tinggi nilai FWHM suatu puncak XRD, maka semakin kecil ukuran kristalnya. Berdasarkan puncak-puncak yang terbentuk, hal ini sesuai dengan data XRD standar untuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena.

Selanjutnya, karakterisasi yang dilakukan dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena.

**Tabel 2.** Data Puncak Serapan nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena komposisi 40%:60%

| Peak To | Wave Numbers ( $\text{cm}^{-1}$ ) | Intensity (%) |
|---------|-----------------------------------|---------------|
| 1       | 3852,51                           | 41,55         |
| 2       | 3744,27                           | 41,31         |
| 3       | 2714,98                           | 39,54         |
| 4       | 2328,23                           | 39,55         |
| 5       | 2091,24                           | 40,35         |
| 6       | 2001,30                           | 40,85         |
| 7       | 1698,52                           | 37,17         |
| 8       | 1540,64                           | 36,46         |
| 9       | 1190,47                           | 34,97         |
| 10      | 1017,54                           | 35,32         |
| 11      | 543,26                            | 25,33         |
| 12      | 436,90                            | 46,48         |
| 13      | 431,29                            | 46,40         |

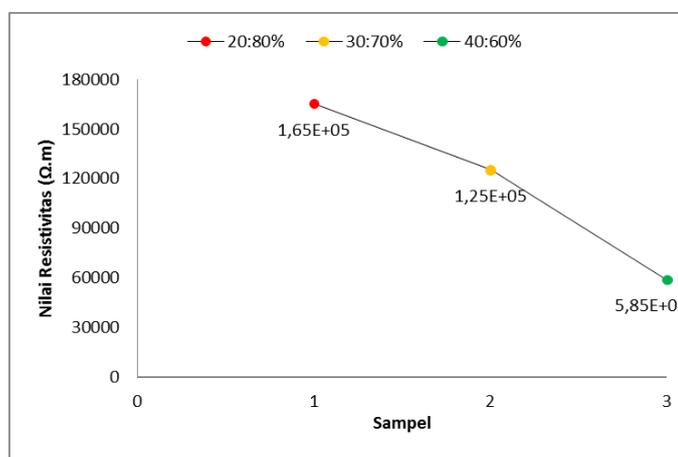
Pada tabel 2. Karakterisasi dari variasi komposisi 40%: 60% nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena, terbentuk ikatan C-H pada bilangan gelombang  $3852,51 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $3744,27 \text{ cm}^{-1}$ , terbentuk ikatan O-H pada  $2714,98 \text{ cm}^{-1}$ , terbentuk ikatan  $\text{C}\equiv\text{C}$  pada  $2328,23 \text{ cm}^{-1}$ , terbentuk ikatan  $\text{C}=\text{O}$  pada  $2091,24 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2001,30 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $1698,52 \text{ cm}^{-1}$ , terbentuk ikatan  $\text{C}=\text{C}$  pada  $1698,52 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1540,64 \text{ cm}^{-1}$ , terbentuk ikatan C-O pada  $1190,47 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1017,54 \text{ cm}^{-1}$ , dan terbentuk ikatan Fe-O pada  $543,26 \text{ cm}^{-1}$ ,  $436,90 \text{ cm}^{-1}$ ,  $431,29 \text{ cm}^{-1}$ . Analisis nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Graphene Oxide menggunakan FTIR menunjukkan adanya ikatan C-H, O-H,  $\text{C}\equiv\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{C}=\text{C}$ , C-O, dan Fe-O. Puncak serapan Fe-O pada kisaran  $400\text{-}700 \text{ cm}^{-1}$  terdeteksi. Vibrasi Graphene Oxide pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Oksida Grafena dapat diamati pada puncak serapan sekitar  $1100\text{-}1300 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1400\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$ . Berdasarkan adanya puncak serapan Fe-O menunjukkan bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  telah berhasil dikompositkan dengan oksida grafena [21].

Hasil data LCR meter untuk setiap perbandingan variasi komposisi dan nilai resistivitas listrik nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3.** Nilai Resistivitas

| Sampel | Resistivitas/ $\rho$ ( $\Omega$ .m) |
|--------|-------------------------------------|
| 20:80% | $1.65 \times 10^5$                  |
| 30:70% | $1.25 \times 10^5$                  |
| 40:60% | $5.85 \times 10^4$                  |

Berdasarkan tabel 3. diperoleh nilai resistivitas nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena pada variasi komposisi 20%:80% sebesar  $1.65 \times 10^5 \Omega$ .m, pada variasi komposisi 30%:70% sebesar  $1.25 \times 10^5 \Omega$ .m dan pada variasi komposisi 40%:60% sebesar  $5.85 \times 10^4 \Omega$ .m. Berikut ini adalah grafik hubungan nilai resistivitas listrik dengan perbandingan variasi komposisi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena..



**Gambar 2.** Grafik hubungan nilai resistivitas terhadap variasi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena

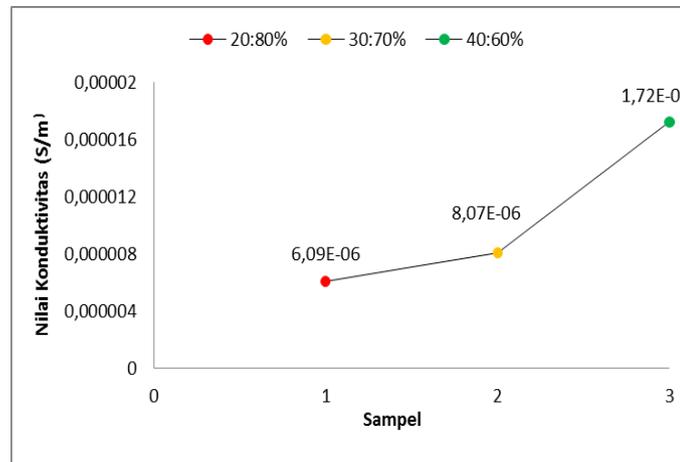
Berdasarkan Gambar 2. menunjukkan grafik yang menyatakan hubungan antara nilai resistivitas dengan variasi komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai resistivitas secara berurutan mengalami penurunan dan puncak resistivitas tertinggi yaitu sebesar  $1.65 \times 10^5 \Omega$ .m pada variasi komposisi 20%: 80%. Kemudian mengalami penurunan pada variasi komposisi 40%: 60% yang diperoleh  $5.85 \times 10^4 \Omega$ .m. Berdasarkan data yang diperoleh bahwa semakin besar penambahan komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> maka nilai resistivitasnya semakin kecil, begitu sebaliknya. Hal ini menunjukkan bahwa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang dikombinasikan dengan Oksida Grafena dapat menurunkan nilai resistivitas. Menurut penelitian [22] peningkatan jumlah Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> juga menyebabkan penurunan resistansi material. Hal ini disebabkan karena peningkatan ukuran partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> menyebabkan penurunan porositas material, yang mengurangi distribusi elektron dan menghentikan transfer elektron.

**Tabel 4.** Nilai Konduktivitas

| Sampel | Konduktivitas / $\sigma$ (S/m) |
|--------|--------------------------------|
| 20:80% | $6.09 \times 10^{-6}$          |
| 30:70% | $8.07 \times 10^{-6}$          |
| 40:60% | $1.72 \times 10^{-5}$          |

Berdasarkan tabel 4. diperoleh nilai konduktivitas nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena pada variasi komposisi 20%:80% sebesar  $6.09 \times 10^{-6}$  S/m, pada variasi komposisi 30%:70% sebesar  $8.07 \times$

$10^{-6}$  S/m dan pada variasi komposisi 40%:60% sebesar  $1.72 \times 10^{-5}$  S/m. Berikut ini adalah grafik hubungan nilai konduktivitas listrik dengan perbandingan variasi komposisi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena.



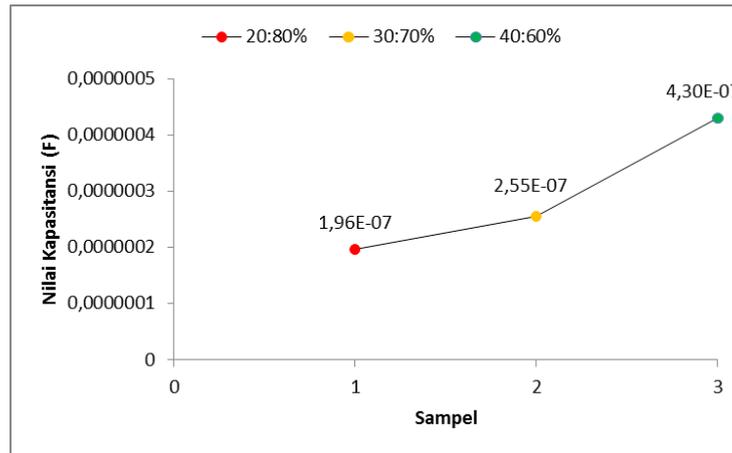
**Gambar 3.** Grafik hubungan nilai konduktivitas terhadap variasi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena

Berdasarkan Gambar 3. menunjukkan grafik yang menyatakan hubungan antara nilai konduktivitas dengan variasi komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas secara berurutan mengalami kenaikan dan puncak konduktivitas tertinggi yaitu sebesar  $1.72 \times 10^{-5}$  S/m pada variasi komposisi 40%: 60%. Kemudian mengalami penurunan pada variasi komposisi 20%: 80% yang diperoleh  $5.85 \times 10^4 \Omega.m$ . Berdasarkan data yang diperoleh bahwa semakin besar penambahan komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> maka semakin tinggi nilai konduktivitasnya, namun semakin sedikit penambahan komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> maka semakin kecil nilai konduktivitasnya. Menurut [23] menunjukkan bahwa nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/GO menunjukkan konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan GO murni. Peningkatan konduktivitas ini dikaitkan dengan dispersi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang seragam pada GO yang dicapai melalui metode hidrotermal. Dispersi yang seragam ini meningkatkan kontak antar partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan GO, sehingga meningkatkan konduktivitas dan mengurangi hambatan antar partikel. Penelitian [2] juga menunjukkan bahwa komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang lebih besar dapat meningkatkan konduktivitas material.

**Tabel 5.** Nilai Kapasitansi

| Sampel | Kapasitansi/C (F)     |
|--------|-----------------------|
| 20:80% | $1.96 \times 10^{-7}$ |
| 30:70% | $2.55 \times 10^{-7}$ |
| 40:60% | $4.30 \times 10^{-7}$ |

Berdasarkan tabel 5. diperoleh nilai kapasitansi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena pada variasi komposisi 20%:80% sebesar  $1.96 \times 10^{-7}$  F, pada variasi komposisi 30%:70% sebesar  $2.55 \times 10^{-7}$  F dan pada variasi komposisi 40%:60% sebesar  $4.30 \times 10^{-7}$  F. Berikut ini adalah grafik hubungan nilai kapasitansi dengan perbandingan variasi komposisi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena.



**Gambar 4.** Grafik hubungan nilaikapasitansi terhadap variasi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan grafik yang menyatakan hubungan antara nilai kapasitansi dengan variasi komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai kapasitansi secara berurutan mengalami kenaikan dan puncak kapasitansi tertinggi yaitu sebesar  $4.30 \times 10^{-7}$  F pada variasi komposisi 40%: 60%. Kemudian mengalami penurunan pada variasi komposisi 20%: 80% yang diperoleh  $1.96 \times 10^{-7}$  F. Berdasarkan data hasil pengukuran yang telah didapatkan menunjukkan bahwa nilai kapasitansi semakin besar seiring dengan penambahan komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Menurut Penelitian oleh [24] yang menyatakan bahwa kapasitansi meningkat seiring dengan bertambahnya Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Interaksi elektrostatis, Van der Waals, atau ikatan hidrogen antar partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan karbon dapat meningkatkan stabilitas struktur elektroda dan mengurangi resistensi antar partikel. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi transfer muatan dan meningkatkan kapasitansi. Penelitian [25] menunjukkan bahwa ukuran partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat memengaruhi sifat magnetik dan kapasitansi material. Semakin kecil ukuran partikel, semakin besar luas permukaannya. Hal ini dapat meningkatkan kapasitansi material dengan menyediakan lebih banyak ruang untuk penyimpanan muatan elektrostatis. Selain itu, ukuran partikel yang kecil dapat meningkatkan sifat magnetik material dengan meningkatkan momen magnetik total. Hal ini dapat bermanfaat untuk aplikasi magnetik, seperti penyimpanan magnetik dan aktuator magnetik.

Berdasarkan dari rata – rata nilai konduktivitas dan kapasitansi, oksida grafena dari tongkol jagung terletak pada daerah nilai konduktivitas oleh material semikonduktor yaitu terletak pada nilai  $10^{-8}$  S/m hingga  $10^3$  S/m dan kapasitansi  $100 \text{ pF/cm}^2$  [26]. Berdasarkan penelitian ini, nilai konduktivitas listrik dan kapasitansi yang didapatkan dipengaruhi oleh besarnya penambahan variasi komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

## CONCLUSION

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Oksida Grafena yang disintesis dari limbah tongkol jagung menunjukkan adanya sifat listrik seperti resistivitas, konduktivitas dan kapasitansi. Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dikombinasikan dengan oksida grafena menunjukkan peningkatan konduktivitas listrik dan kapasitansi dibandingkan dengan material tunggalnya. Oksida grafena memiliki konduktivitas yang tinggi, sementara Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat memberikan kontribusi tambahan terhadap konduktivitas elektrik. Dapat disimpulkan bahwa nilai konduktivitas listrik dan kapasitansi meningkat seiring bertambahnya komposisi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Nanomaterial Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> memiliki ukuran partikel yang sangat kecil, sehingga luas permukaan semakin besar yang dapat meningkatkan konduktivitas elektrik

material tersebut. Dengan luas permukaan yang lebih besar, ada lebih banyak area untuk reaksi elektrokimia antara elektroda dan elektrolit yang dapat meningkatkan jumlah muatan yang dapat disimpan oleh material sehingga juga dapat meningkatkan kapasitansi elektrokimia. Dalam aplikasi baterai lithium, konduktivitas elektrik yang lebih tinggi dapat memungkinkan arus listrik mengalir lebih lancar antar elektroda.

## REFERENCES

- [1] Pradana, H. Y. (2017). *Sintesis rGO/Glukosa Dengan Variasi Perbandingan Massa dan Proses Eksfoliasi Secara Kimia Untuk Bahan Elektroda Superkapasitor* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). L. Tan and N. Wang, "Future Internet: The Internet of Things," *ICACTE 2010 - 2010 3rd Int. Conf. Adv. Comput. Theory Eng. Proc.*, vol. 5, 2010, doi: 10.1109/ICACTE.2010.5579543.
- [2] Rahmi, R. (2018). Analisis sifat listrik nanokomposit  $Fe_3O_4/pvdf$  yang disintesis dengan metode sol gel untuk aplikasi elektroda baterai lithium ion (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang). M. H. Anowar and P. Roy, "A Modified Incremental Conductance Based Photovoltaic MPPT Charge Controller," *2nd Int. Conf. Electr. Comput. Commun. Eng. ECCE 2019*, 2019, doi: 10.1109/ECACE.2019.8679308.
- [3] Sahanaya, V., & Darvina, Y. (2018). Pengaruh fraksi konsentrasi nanokomposit  $Fe_3O_4/PANi$  dengan metode sol-gel spin coating untuk material elektroda baterai lithium (Effect of  $Fe_3O_4/PANi$  nanocomposite concentration fraction by sol-gel spin coating method for lithium battery electrode material). *PILLAR OF PHYSICS*, 11(2).
- [4] Syakir, N., Nurlina, R., Anam, S., Aprilia, A., & Hidayat, S. (2015). Kajian Pembuatan Oksida Grafrit untuk Produksi Oksida Grafena dalam Jumlah Besar (Halaman 26 sd 29). *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(56).
- [5] Sjahriza, A., & Herlambang, S. (2021). Sintesis Oksida Grafena Dari Arang Tempurung Kelapa Untuk Aplikasi Antibakteri Dan Antioksidan. *al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 8(2), 51-58.
- [6] Rahmawati, R., Taufiq, A., Sunaryono, S., Fuad, A., Yuliarto, B., Suyatman, S., & Kurniadi, D. (2018). Synthesis of magnetite ( $Fe_3O_4$ ) nanoparticles from iron sands by coprecipitation-ultrasonic irradiation methods. *J. Mater. Environ. Sci*, 9(3), 155-160.
- [7] Damayani, M. (2024). Karakterisasi Struktur Mikro Nanokomposit  $Fe_3O_4$ -Oksida Grafena dari Limbah Tempurung Kelapa (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- [8] Frilla, R. T. S., Handoko, E., Soegiono, B., Umiyatin, L., & Agustriany, R. (2008). Pengaruh Temperatur terhadap Pembentukan Pori pada Arang Bambu. In *Prosiding Seminar Nasional Sain dan Teknologi-II Univ. Lampung*.
- [9] Amin, A., Sitorus, S., & Yusuf, B. (2016). Pemanfaatan limbah tongkol jagung (*Zea mays* L.) sebagai arang aktif dalam menurunkan kadar amonia, nitrit dan nitrat pada limbah cair industri tahu menggunakan teknik celup. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2).
- [10] Xing, W., Li, X., Zhou, J., & Zhuo, S. P. (2011). Nanoporous carbon derived from rice husk for electrochemical capacitor application. *Advanced Materials Research*, 239, 2101-2106.
- [11] Supriyanto, G., Rukman, N. K., Nisa, A. K., Jannatin, M., Piere, B., Abdullah, A., ... & Kusuma, H. S. (2018). Graphene oxide from Indonesian biomass: Synthesis and characterization. *BioResources*, 13(3), 4832-4840.
- [12] Xu, B., Yue, S., Sui, Z., Zhang, X., Hou, S., Cao, G., & Yang, Y. (2011). What is the choice for

- supercapacitors: graphene or graphene oxide?. *Energy & Environmental Science*, 4(8), 2826-2830.
- [13] Nanda, R. (2022). Analisis Struktur Mikro Oksida Graphene dari Limbah Tempurung Kelapa Tua (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- [14] Ikhsan, M., & Ramli, R. (2020, April). Measurements and analysis of crystal structures of activated carbon of empty fruit bunch from oil palm biomass waste. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1528, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- [15] Hapsari, M., Cahyana, A. H., Oktavia, S. H., & Liandi, A. R. (2020). Synthesis of spirooxindole-pyrrolizidine compounds using  $Fe_3O_4$ -GO catalyst and their bioactivity assays. *Rasayan J. Chem*, 13(4), 2317-2324.
- [16] Honorisal, M. B. P., Huda, N., Partuti, T., & Sholehah, A. (2020). Sintesis dan karakterisasi grafena oksida dari tempurung kelapa dengan metode sonikasi dan hidrotermal. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(1), 1-11.
- [17] Guerrero-Contreras, J., & Caballero-Briones, F. (2015). Graphene oxide powders with different oxidation degree, prepared by synthesis variations of the Hummers method. *Materials Chemistry and Physics*, 153, 209-220.
- [18] Rukman, N. K., Jannatin, M., Supriyanto, G., Fahmi, M. Z., & Ibrahim, W. A. W. (2019). GO- $Fe_3O_4$  Nanocomposite from coconut shell: synthesis and characterization. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 217, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.
- [19] Krishna, R., Dias, C., Ventura, J., & Titus, E. (2016). Green and facile decoration of  $Fe_3O_4$  nanoparticles on reduced graphene oxide. *Materials Today: Proceedings*, 3(8), 2807-2813.
- [20] Alfariisa, S., Rifai, D. A., & Toruan, P. L. (2018). Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO). *Risalah Fisika*, 2(2), 53-57.
- [21] Hardiansyah, A., Chaldun, E. R., & Idzni, A. F. (2018). Magnetic reduced graphene oxide as advanced materials for adsorption of metal ions. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 18(4), 185-189.
- [22] Novia, B., & Astuti, A. (2019). Pengaruh temperatur sintering terhadap struktur dan sifat magnetik  $Fe_3O_4$ - $TiO_2$  sebagai penyerap gelombang mikro. *Jurnal Fisika Unand*, 8(4), 368-372.
- [23] Yin, Y., Zeng, M., Liu, J., Tang, W., Dong, H., Xia, R., & Yu, R. (2016). Enhanced high-frequency absorption of anisotropic  $Fe_3O_4$ /graphene nanocomposites. *Scientific reports*, 6(1), 25075.
- [24] Tipsawat, P., Wongpratad, U., Phumying, S., Chanlek, N., Chokprasombat, K., & Maensiri, S. (2018). Magnetite ( $Fe_3O_4$ ) nanoparticles: Synthesis, characterization and electrochemical properties. *Applied Surface Science*, 446, 287-292.
- [25] Teja, A. S., & Koh, P. Y. (2009). Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles. *Progress in crystal growth and characterization of materials*, 55(1-2), 22-45.
- [26] Laila, A. (2018). Pelapisan Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua untuk Peningkatan Konduktivitas Listrik Lithium Ferro Phosphate ( $LiFePO_4$ ) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).