

Analisis Struktur Mikro Nanokomposit Fe₃O₄/Karbon Aktif dari Limbah Tongkol Jagung

Nabilah Farras Drasih¹, Fadhila Ulfa Jhora², Letmi Dwiridal³, Rahmat Hidayat⁴

¹²³⁴Program Studi Fisika, Universitas Negeri Padang
e-mail: nabilahfarras00@gmail.com

Abstrak

Alternatif untuk mengurangi limbah tongkol jagung adalah dengan memanfaatkan karbon tongkol jagung sebagai bahan anoda pengganti baterai lithium-ion. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis struktur mikro nanokomposit Fe₃O₄/karbon aktif. Jenis penelitian adalah penelitian eksperimen dengan perbedaan komposisi antara Fe₃O₄ dan karbon aktif tongkol jagung sebagai variabel bebas. Waktu dan suhu oven, waktu dan suhu furnace, NaOH, etanol, massa karbon dan waktu sintesis dengan HEM sebagai variabel kontrol. Struktur mikro nanokomposit Fe₃O₄/karbon aktif tongkol jagung sebagai variabel terikatnya. Nilai Hasil uji XRD menunjukkan setiap varian memiliki fasa *carbon* dan *iron oxide*, serta bentuk kristal cubic, hexagonal, dan orthorhombik. Hasil uji FTIR menghasilkan gugus fungsi tersebut adalah C-H, C=C, dan C-O, sehingga gugus fungsi karbon (C) mengandung oksigen (O) yang menunjukkan bahwa karbon tersebut aktif. Hasil uji SEM pada ketiga variasi menunjukkan rata-rata ukuran partikel kurang dari seratus nanometer. Hal ini membuktikan bahwa karbon aktif tongkol jagung bersifat nanometrik.

Kata kunci: *Karbon Aktif, Tongkol Jagung, Nanokomposit, Struktur Mikro*

Abstract

An alternative to reducing corn cob waste is using corn cob carbon as an anode material to replace lithium-ion batteries. The aim of this research is to analyze the microstructure of Fe₃O₄/activated carbon nanocomposites. The type of research is experimental research with the difference in composition between Fe₃O₄ and corn cob activated carbon as the independent variable. Oven time and temperature, furnace time and temperature, NaOH, ethanol, carbon mass and synthesis time with HEM as a control variable. The microstructure of the Fe₃O₄/corn cob activated carbon nanocomposite as the dependent variable. XRD test results showed that each variant has carbon and iron oxide phases, as well as cubic, hexagonal and orthorhombic crystal forms. The FTIR test results showed that the functional groups were C-H, C=C, and C-O, so that the carbon functional group (C) contains oxygen (O) which shows that the carbon was active. The SEM test results for the three variations showed that the

average particle size was less than one hundred nanometers. This proved that corncob activated carbon was nanometric.

Keywords : *Activated Carbon, Corn Cob, Nanocomposite, Microstructure.*

PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir, baterai lithium telah menjadi sumber energi listrik baterai lithium yang paling umum digunakan. Karena besarnya kapasitas energi yang dimiliki, jangka waktu hidup yang lama dan memiliki dampak negatif yang sedikit terhadap lingkungan sehingga baterai lithium sangat menjanjikan sebagai baterai isi ulang (Rahmi et al, 2018). Baterai lithium-ion juga memiliki kekurangan, seperti harga yang relatif mahal, masa pakai yang relatif singkat, dan memburuk saat habis sama sekali (Jabbar,A et al,2022). Elektrolit, elektroda dan separator merupakan bagian dari baterai lithium ion. Pada elektroda baterai lithium terdapat anoda dan katoda. Pereduksi yang teroksidasi selama reaksi elektrokimia dan melepaskan elektron ke sirkuit eksternal merupakan elektroda negatif yang biasa dikenal sebagai anoda (Maulinda et al, 2022). Telah banyak dilakukan pengembangan terhadap material anoda lithium yang berbasis karbon. Sifat-sifat karbon aktif dengan luas permukaan yang besar, stabil, murah, dan mudah terpolarisasi mendukung terjadinya pengembangan tersebut (Susana,H et al, 2016). Bahan karbon aktif yang mungkin digunakan salah satunya yaitu berasal dari limbah tongkol jagung.

Jagung berasal dari keluarga rumput-rumputan yang merupakan salah satu bagian dari tanaman pangan biji-bijian. Tanaman jagung merupakan tanaman semusim yang mampu beradaptasi dengan baik di daerah subtropik ataupun tropik (Kuniawan, O et al, 2019). Menurut informasi yang didapatkan dari petani terdapat banyak tongkol jagung yang tidak digunakan dan terbuang begitu saja, dikarenakan tongkol jagung biasanya hanya digunakan sebagai pakan, dengan sedikit bahan bakar masak bagi masyarakat sekitar. Timbul ide untuk memanfaatkannya agar mendapatkan nilai lebih. Alasan dipilihnya tongkol jagung sebagai bahan utama adalah karena jumlahnya yang sangat melimpah dan belum maksimal pemanfaatannya bahkan bisa dikatakan tidak terpakai (limbah). Limbah biomassa yang menarik perhatian untuk dikaji menjadi bahan utama pembuatan karbon aktif salah satunya yaitu tongkol jagung, karena tongkol jagung merupakan penghasil limbah jagung terbesar. Selain itu, jagung adalah tanaman pangan yang paling penting setelah padi dan jagung merupakan tanaman yang serbaguna.

Salah satu jenis karbon amorf yaitu karbon aktif, menyerupai struktur grafit yang tersusun berdampingan pada cincin heksagonal. Karbon aktif memiliki luas. Luas permukaannya dan ukuran pori menentukan sifat fisik dari karbon aktif (Cecen,F et al, 2012). Karbon aktif merupakan karbon yang telah diproses secara fisik atau kimiawi untuk meningkatkan daya serapnya. Karbon aktif diperoleh dalam proses pembakaran dengan bahan baku yang mengandung karbon untuk mendapatkan struktur dengan daya serap yang tinggi. Proses karbonisasi dan aktivasi merupakan dua tahap dalam pembuatan karbon aktif (Ramdja et al, 2008).

Karbon aktif tongkol jagung mempunyai beberapa keunggulan antara lain berpotensi baik sebagai adsorben karena mengandung lebih banyak karbon daripada abu, tidak sulit untuk membuatnya, bahan utamanya mudah ditemukan, harganya murah, aman, mudah digunakan dan tahan lama (Manocha et al, 2003). Tongkol jagung memiliki kadar abu yang rendah yaitu sebanyak 0,91% dan mengandung banyak senyawa karbon, seperti selulosa sebanyak 41% dan hemiselulosa sebanyak 36% jumlahnya cukup tinggi, artinya tongkol jagung berpotensi untuk menghasilkan karbon aktif (Meilianti, 2020).

Kapasitas penyimpanan arus per berat material yang besar (hingga 924 mAh/g), mudah ditemukan, ramah lingkungan dan murah, sehingga magnetit dapat digunakan sebagai anoda pada baterai lithium ion (Zari,A.D.P et al, 2018). Fe_3O_4 (magnetit) banyak digunakan dalam berbagai bidang, diantaranya sebagai pengikat logam berat, dikarenakan jika dibandingkan dengan oksida-oksida besi lainnya, Fe_3O_4 (magnetit) merupakan salah satu oksida besi yang menunjukkan kemagnetan paling kuat (Cornell,R.M, 1996). Magnetit memiliki konduktivitas yang kurang baik jika digunakan sebagai material penyusun anoda baterai lithium ion. Sehingga untuk mengiasatinya dengan cara mengkompositkan magnetit dengan karbon untuk membuat material hybrid yang mempunyai konduktivitas dan kapasitas penyimpanan arus yang tinggi (Zari,A.D.P et al, 2018).

Metode ball mill merupakan salah satu metode dalam pembuatan nanokomposit. Metode ball mill merupakan metode yang didasarkan pada penggilingan sampel menggunakan beberapa bola penggiling pada sebuah tabung mendatar yang berputar sehingga bola berputar diangkat ke sisi tabung kemudian jatuh ke sampel yang akan digiling dan menyebabkan fragmentasi struktur sampel menjadi dimensi yang sangat halus (Zahara,Y et al, 2016). Keuntungan dari metode ini adalah waktu penggilingan lebih cepat dan hasil penggilingan yang dihasilkan relatif lebih halus (Zahara,Y et al, 2016). Ball milling ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem lainnya harga untuk menggunakan mesin ini rendah, cocok melakukan proses penggilingan dalam jumlah banyak dan terus menerus (Zainul et al, 2015). Mikro struktur adalah struktur berskala sangat kecil dari suatu material. struktur mikro juga disebut struktur nano karena skalanya lebih kecil jika dilihat di bawah mikroskop optik. Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui kondisi struktur mikro material. Pengamatan ini biasanya menyangkut batas butir dan fase material. Salah satu elemen terpenting dalam penataan struktur mikro komposit adalah karakteristik dari fraksi volume dan berat partikel yang berbeda. Untuk mengetahui fraksi volume suatu komponen dalam suatu senyawa, yaitu memproses hasil gambar makro dan bentuk geometris, seperti susunan segitiga (Zhao, H et al, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur mikro Fe_3O_4 yang telah disintesis dengan karbon aktif dari limbah tongkol jagung. Tahap sintesis Fe_3O_4 dengan karbon aktif bervariasi dengan tiga variasi komposisi 30%:70%, 50%:50%, dan 70%:30%. Diharapkan penelitian ini dapat diterapkan pada baterai lithium-ion, yang dapat menggantikan elektrokimia (anoda) yang terkandung dalam baterai lithium-ion.

METODE

Studi ini termasuk penelitian eksperimen. Studi ini mengkaji tentang pengaruh perbandingan variasi komposisi nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif tongkol jagung terhadap struktur mikronya dengan menggunakan metode ball milling. Pada identifikasi fasa, struktur kristal dan ukuran kristal dari nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif pada tongkol jagung dilakukan menggunakan karakterisasi XRD. Dalam menentukan gugus fungsi yang terkandung dari nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif pada tongkol jagung dilakukan menggunakan karakterisasi FTIR. Karakterisasi SEM digunakan untuk mengidentifikasi ukuran partikel pada nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif tongkol jagung. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi tahapan preparasi sampel, tahapan karbonisasi, tahapan aktivasi karbon, tahapan sintesis sampel, tahapan karakterisasi sampel, dan analisis data.

Variabel dalam penelitian ini, mempunyai tiga variabel bebas yaitu perbandingan komposisi antara Fe_3O_4 dengan karbon aktif tongkol jagung dengan perbandingan 30% : 70%, 50% : 50%, dan 70% : 30%. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu waktu dan suhu selama proses pemanggangan di oven, waktu dan suhu selama proses pembakaran di furnace, NaOH, etanol, massa karbon dan waktu sintesis dengan HEM. Variabel terikat pada penelitian ini adalah struktur mikro nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif tongkol jagung.

Prosedur penelitian yaitu melakukan preparasi sampel. Penelitian ini menggunakan sampel tongkol jagung yang diperoleh dari Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Tongkol jagung yang didapat dibersihkan dari biji jagung yang tersisa pada tongkol jagung tersebut lalu tongkol jagung dijemur dibawah terik matahari hingga kering. Selanjutnya potong kecil-kecil tongkol jagung tersebut. Tongkol jagung tersebut dipanggang menggunakan oven 100°C selama satu jam untuk menghilangkan kandungan air pada tongkol jagung.

Proses karbonisasi, pada proses ini tongkol jagung yang telah dioven selanjutnya dipanggang difurnace selama 2 jam dengan suhu 350°C . Setelah selesai pemanggangan, tongkol jagung yang telah menjadi karbon kemudian dihaluskan menggunakan lumpang dan alu dan di ayak menggunakan mesh $200\mu\text{m}$.

Proses aktivasi karbon, pada proses ini karbon yang telah di ayak selanjutnya ditimbang seberat 1 gram dan dicampurkan dengan aktivator NaOH 2,5 gram, 100 ml aquadest, dan 60 ml etanol. Larutan tersebut di diamkan selama 24 jam, selanjutnya endapannya diambil dengan cara menyaringnya menggunakan kertas saring. Endapan tersebut di keringkan menggunakan oven dengan suhu 200°C selama 2 jam.

Proses sintesis sampel, pada proses ini dilakukan pencampuran bubuk Fe_3O_4 dengan karbon aktif tongkol jagung menggunakan metode ball milling dengan menggunakan alat HEM E-3D yang digiling selama 30 jam. Perbandingan komposisi bubuk Fe_3O_4 dengan karbon aktif tongkol jagung dibuat menjadi tiga variasi yaitu 30%:70%, 50%:50%, dan 70%:30%. Proses tersebut bertujuan agar sampel tersebut berukuran nano.

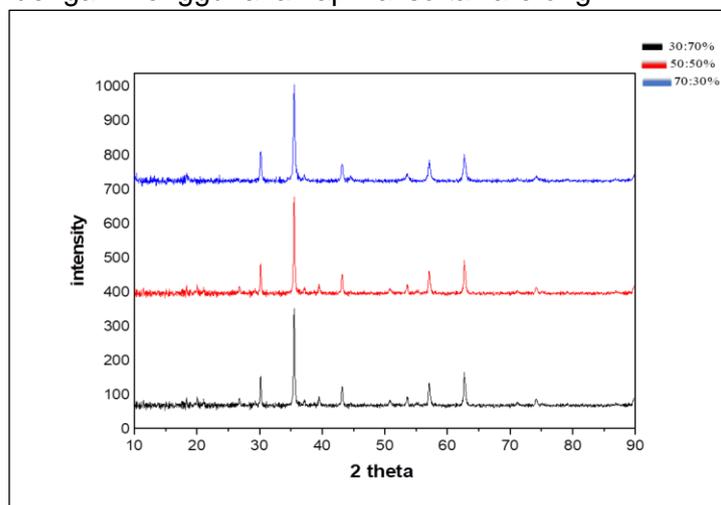
Sampel yang telah disintesis selanjutnya di karakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) bertujuan agar mengidentifikasi fasa, ukuran kristal dan struktur kristal,

Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel, dan Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscope*) bertujuan untuk mengidentifikasi struktur mikro berupa ukuran partikel nanokomposit dan morfologi permukaan sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan sehingga didapatkan hasil data dari masing-masing alat dan analisis data dilakukan dengan menggunakan software Origin dan Image-J. Data diperoleh dari hasil pengujian tiga sampel dengan XRD (X-Ray Diffraction) untuk mengidentifikasi fasa, ukuran kristal dan struktur kristal. FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa. SEM (Scanning Electron Microscope) untuk mengidentifikasi struktur mikro, termasuk ukuran partikel nanokomposit dan morfologi permukaan sampel dengan tiga variasi masing-masing 30%:70%, 50%:50%, dan 70%:30%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Marjoehan et al, 2023) Pengaruh perbandingan variasi komposisi Fe_3O_4 /karbon aktif dapat dilihat dari pola difraksi pada setiap perbandingan variasi komposisi nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif. Berdasarkan pola difraksi yang dihasilkan pada setiap perbandingan variasi komposisi nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif adanya perbedaan puncak difraksi dan intensitas yang terbentuk nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif. Perbedaan struktur dan intensitas kristal disebabkan oleh ukuran kristal yang terbentuk pada perbandingan variasi komposisi 30:70%, 50:50% dan 70:30%. Struktur kristal dan puncak difraksi nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif yang terbentuk disesuaikan dengan database ICDD (*Internasional Centre Diffraction Database*). Berikut grafik XRD (X-Ray Diffraction) dengan perbandingan variasi komposisi 30:70%, 50:50% dan 70:30% nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif dengan menggunakan aplikasi software origin.



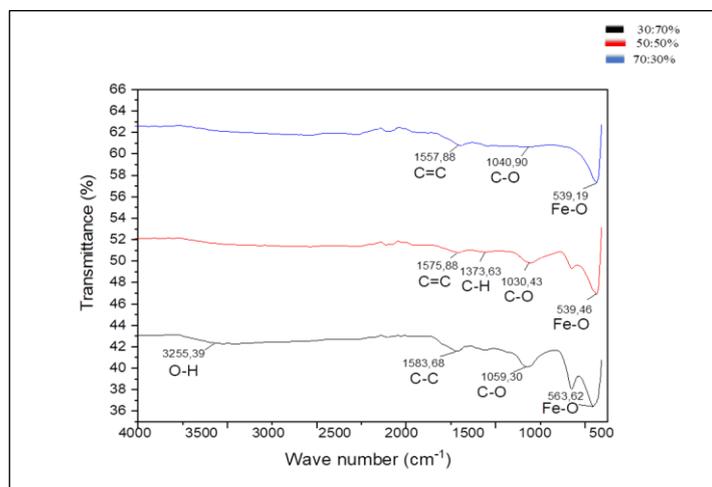
Gambar 1. Grafik XRD nanokomposit Fe₃O₄/karbon aktif

Gambar 1 merupakan grafik dari pengujian XRD dengan tiga perbandingan variasi komposisi Fe₃O₄/karbon aktif limbah tongkol jagung yaitu 30%:70%, 50%:50%, dan 70%:30%. Pada tiap variasi sampel diambil lima puncak tertinggi dengan rentang yang sama yang ada pada tiap grafik. Perbandingan variasi 30%:70% terdapat dua fasa yaitu *Iron Oxide* dan *carbon* dengan struktur kristal yang terbentuk adalah cubic, hexagonal, dan orthorhombic yang terbentuk pada puncak 2θ dengan sudut 30.14°, 35.52°, 43.15°, 57.08° dan 62.62° dengan nilai d_{spacing} pada tiap sudut 2.96 Å, 2.53 Å, 2.10 Å, 1.61 Å, dan 1.48Å. Nilai FWHM tiap sudut yaitu 0.10°, 0.18°, 0.15°, 0.31°, dan 0.13°. Sehingga nilai ukuran kristal yang didapat menggunakan persamaan Scherrer adalah 82,72 nm.

Perbandingan variasi 50%:50% terdapat dua fasa yaitu *Iron Oxide* dan *carbon* dengan struktur kristal yang terbentuk adalah cubic, hexagonal, dan orthorhombic yang terbentuk pada puncak 2θ dengan sudut 30.17°, 35.51°, 43.14°, 57.07°, dan 62.66° dan dengan nilai d_{spacing} pada tiap sudut 2.96 Å, 2.53 Å, 2.10 Å, 1.61 Å, dan 1.48 Å. Nilai FWHM pada tiap sudut yaitu 0.10°, 0.15°, 0.18°, 0.10°, dan 0.13°. Sehingga nilai ukuran kristal yang didapat menggunakan persamaan Scherrer adalah 82,59 nm.

Perbandingan variasi 70%:30% terdapat dua fasa yaitu *Iron Oxide* dan *carbon* dengan struktur kristal yang terbentuk adalah cubic, hexagonal, dan orthorhombic yang terbentuk pada puncak 2θ dengan sudut 30.14°, 35.53°, 43.12°, 57.13°, dan 62.68°, dan dengan nilai d_{spacing} pada tiap sudut 2.53 Å, 2.97 Å, 1.48 Å, 1.61 Å, dan 2.03 Å. Nilai FWHM pada tiap sudut yaitu 0.15°, 0.18°, 0.15°, 0.31°, dan 0.41°. Sehingga nilai ukuran kristal yang didapat menggunakan persamaan Scherrer adalah 70,10 nm.

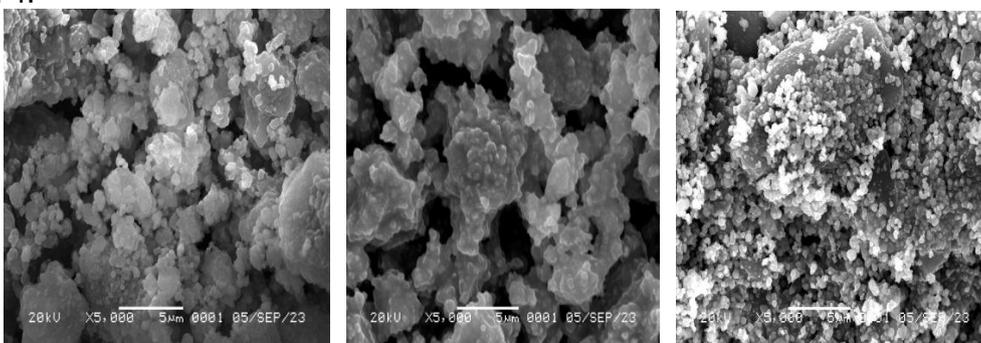
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Marjoehan et al, 2023), karakterisasi pada FTIR dengan 3 variasi nanokomposit Fe₃O₄/karbon aktif tongkol jagung yang diolah menggunakan software origin menghasilkan grafik seperti pada Gambar 2.



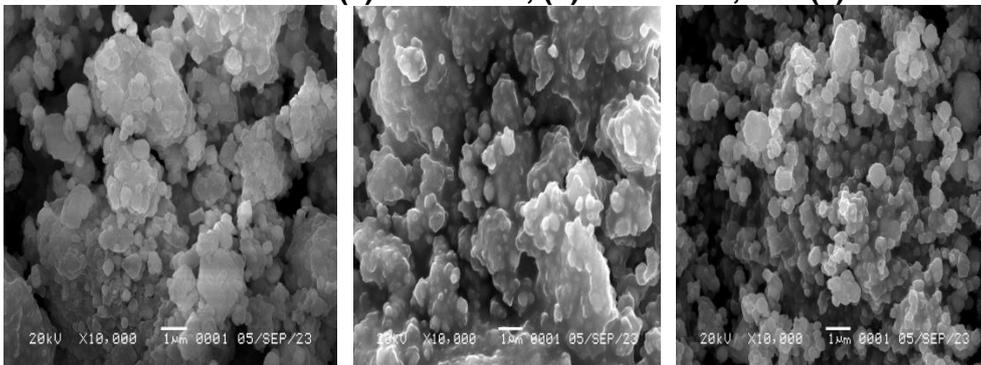
Gambar 2. Gambar 41. Grafik FTIR nanokomposit Fe₃O₄/karbon aktif

Gambar 2 menunjukkan hasil karakterisasi menggunakan FTIR dari tiga variasi sampel nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif tongkol jagung , yaitu 30%:70%, 50%:50%, dan 70%: 30%. Pada setiap variasi terdapat gugus fungsi yang terdapat di puncak serapannya. Pada variasi 30%:70% pada bilangan gelombang $3255,39 \text{ cm}^{-1}$ mengidentifikasi adanya gugus fungsi O-H. Pada variasi 50%:50% pada bilangan gelombang $1373,63 \text{ m cm}^{-1}$ mengidentifikasi adanya gugus fungsi C-H. Pada variasi 70%:30% pada bilangan gelombang $1557,88 \text{ cm}^{-1}$ mengidentifikasi adanya gugus fungsi C=C. Dengan adanya gugus fungsi O-H, C-H, C=C adalah gugus fungsi untuk karbon aktif, maka sampel yang diuji dengan karakterisasi FTIR merupakan sampel karbon aktif.

Morfologi permukaan yang dilihat berupa bentuk permukaan dari sampel nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif. Berikut ini hasil data SEM ditampilkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Bentuk Morfologi Hasil Pencitraan SEM Nanokomposit Fe_3O_4 /Karbon Aktif Perbesaran 5.000x (a) 30% : 70%, (b) 50% : 50%, dan (c) 70% : 30%



Gambar 4. Bentuk Morfologi Hasil Pencitraan SEM Nanokomposit Fe_3O_4 /Karbon Aktif Perbesaran 10.000x (a) 30% : 70%, (b) 50% : 50%, dan (c) 70% : 30%

Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan hasil data citra SEM dengan perbesaran 5000x dan 10.000x terlihat struktur dan pori-pori nanokomposit Fe_3O_4 /karbon aktif tongkol jagung dengan karbonisasi pada suhu 350°C dan aktivator NaOH menampilkan morfologi permukaan yang tidak rata, dengan adanya bongkahan-

bongkahan pori karbon menunjukkan proses karbonisasi dan aktivasi yang dilakukan berlangsung dengan baik hal ini disebabkan oleh NaOH yang merupakan basa kuat yang merupakan aktivator yang baik digunakan untuk aktivasi karbon. Berdasarkan gambar hasil citra SEM morfologi yang terbentuk yaitu bongkahan yang lebih kecil dan berwarna putih hal ini karena Logam Fe menempel pada permukaan karbon aktif (Fasli, A., et al, 2018).

Table 1. Hasil Pengolahan data Menggunakan Software Image-J dengan perbesaran sampel 5000x dan 10.000x

No	Variasi Komposisi	Ukuran partikel perbesaran 5000x (nm)	Ukuran partikel perbesaran 10.000x (nm)
1.	30% : 70%	91	58
2.	50% : 50%	84	53
3.	70% : 30%	74	40

Material yang berukuran nano apabila berada pada rentang 1-100 nm (Mahmud, 2013). Sehingga sesuai dengan hasil analisa yang didapat pada sampel Fe₃O₄/karbon aktif dari limbah tongkol jagung ini sudah dapat dikatakan nanokomposit.

SIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis hasil penelitian analisis struktur mikro nanokomposit Fe₃O₄/karbon aktif. Hasil XRD menunjukkan, perbandingan variasi komposisi memiliki fasa carbon dan iron oxide dengan struktur kristal hexagonal, cubic, dan orthorhombic. Dengan ukuran kristal rata-rata setiap variasinya sebesar 82.72nm, 82.59nm, dan 70.10 nm. Hasil FTIR menunjukkan, perbandingan variasi komposisi memiliki gugus fungsi O-H, C-H, C=C, dan C-O. Karakterisasi SEM dengan perbesaran 5000x dan 10.000x tiap variasi berturut-turut menghasilkan rata-rata ukuran partikel tiap variasi 91nm, 84nm, 74nm dan 58nm, 53nm, 40nm. Sehingga membuktikan bahwa karbon aktif tongkol jagung sudah berbentuk nano yaitu pada rentang 0–100nm.

DAFTAR PUSTAKA

- Cecen, F. and Aktas, O. (2012) *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Cornell. R.M and Schwertmann, U. (1996). *The iron oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrence and Uses*. 2nd Edition. VCH Press, Weinheim, Germany.
- Fasli, A., Safitri, R.D., Nurhasni., Deswita.(2018). Analisis Struktur dan Porositas Komposit Fe₃O₄-Karbon Aktif dari Limbah Kertas sebagai Adsorben Magnetik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol 19, No 4, 179-187.

- Jabbar, A., Saisa., Maulinda., Sartika, Z. (2022).Electrical Properties Analysis of Magnetite (Fe_3O_4) Nanoparticles Doped with PVDF/Rgo as Lithium Ion Battery Electrode Material Application. *Jurnal Teksagro*, Vol 3,No.2. 7-12.
- Kurniawan, O., Drastiawati,N,S. (2019). Pengaruh Variasi Media Arang Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, dan Kayu Jati pada Metode Pack Carburizing terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja SS400. *JTM*. Vol 07, No 2, 55- 62.
- Mahmud, J., Hussain, A. K., Rahimi, N., & Rahim, M. A, Failure analysis of composite laminate based on experiment-simulation integration. (2013). *Current Research in Malaysia*. vol. 2 , No2, 7-22.
- Manocha., Stish, M. (2003). Porosus Carbon. *Departement of Materials Science. Standar Patel University, India. Sadhana*, Vol 28, No1, 335-348.
- Marjoehan.,Dwiridal,L., Darvina.Y., Hidayat.R., Yulfriska.N. (2023). “Analisis Sifat Listrik Nanokomposit Fe_3O_4 /Karbon Aktif dari Limah Tongkol Jagung”. *Jurnal Pillar of Physics*, Vol 15 No.1.
- Maslaha, M., Kamalia, E., Arrisujaya, D. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Mikro Partikel Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Analytical and Environmental Chemistry*. Vol 7, No 2, 177-188.
- Maulinda, T., Muhammat, Z., Salsa. (2022). Proses Pembuatan Nanopartikel Elektroda Baterai Lithium Dari Pasir Besi Alami Magnetik Fe_3O_4 Didoping PVDF”. *Serambi Engineering*, Vol VII, No.3, 102-112.
- Meilianti. (2020). Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tongkol Jagung dengan Variasi Knsentrasi Aktivator Natrium Karbonat (Na_2CO_3). *Distilas Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang*. Vol 5. No 1. 14-20.
- Rahmi., Ramli., Yenni. D.(2018). Analisis sifat listrik nanokomposit fe_3o_4 /pvdf yang disintesis dengan metode *sol gel* untuk aplikasi elektroda baterai lithium ion. *Pillar of Physics*,Vol.11 No.2, 73-80.
- Ramdja, A.F., Halim, M., Handi, J. (2008). Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa (*Cocus nucifera*), *J. Tek.Kim*, 15 (2), 1-8.
- Susana, H., Astuti. (2016). Pengaruh Konsentrasi LiOH terhadap Sifat Listrik Anoda Baterai Litium Berbasis Karbon Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 5, No. 2,. 136-141.
- Zahara , Y., Ratnawulan., Ramli., Fauzi, A. (2016). Pengaruh Waktu Milling terhadap Ukuran Butir Quartz dari Nagari Suraso Kabupaten Tanah Dtar. *Pillar of Phisics*. Vol 8, No 3, 113-120.
- Zainul, Rahadian. (2015). Study of Pb(II) Biosorption from Aqueous Solution Using Immobilized Spirogyra Subsalsa Biomass. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Researc*. Vol 11 No 7, 715-722.
- Zari, A.D.P., Wahyuningtyas, L.M., Utama, R.A.N. (2018). Potensi Logam Transisi Magnetit (Fe_3O_4) sebagai Material Pembentuk Anoda pada Baterai Lithium-ion. *Jurnal of Tropical Life Science*, Vol 10, No 1, 16-22.
- Zhao, H., Cheng,Y., Liu, W., Yang, L., Zhang,B., Wang, L.P., Ji, G., Xu, Z.J.(2019). Biomass-Derived Porous Carbon-Based Nanostructures of Microwave Absorption. *Nano-Micro letters*. Vol 11, No 24, 2-17.