

MINI REVIEW : SINTESIS KOMPOSIT Fe_3O_4 /ARANG AKTIF SEBAGAI MEDIA ADSORPSI

MINI REVIEW : SYNTHESIS OF Fe_3O_4 /ACTIVATED CARBON COMPOSITE AS ADSORPTION MEDIA

Nantha Laurenta¹, Noor Hindryawati^{2*}

¹Inorganic Laboratory, Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Mulawarman University, Samarinda 76116 Indonesia

²Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Mulawarman University, Gunung Kelua Campus, Samarinda 76116 Indonesia

*Corresponding author: hindryawati@gmail.com

ABSTRACT

Mini review of Fe_3O_4 /activated carbon composite synthesis as adsorption media. The purpose of this mini review is to optimize adsorption efficiency through variations of different types of activated carbon. The Fe_3O_4 /activated carbon composite is used as adsorption media due to its high adsorption capacity, and the magnetic properties of Fe_3O_4 facilitate the separation of the composite from the solution after the adsorption process. Based on a literature review, the Fe_3O_4 /activated carbon composite can be synthesized using the co-precipitation method, and characterization is performed using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and X-Ray Diffraction (XRD). Therefore, this article reviews recent developments regarding the Fe_3O_4 /activated carbon composite as an adsorption medium for dye wastewater.

Keywords : Fe_3O_4 , activated carbon, composite, adsorption.

ABSTRAK

*Mini review sintesis komposit Fe_3O_4 /arang aktif sebagai media adsorpsi bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi adsorpsi melalui variasi jenis arang aktif yang berbeda. Komposit Fe_3O_4 /arang aktif ini digunakan sebagai media adsorpsi dikarenakan memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi dan sifat magnetik dari Fe_3O_4 memudahkan pemisahan komposit dari larutan setelah proses adsorpsi. Berdasarkan tinjauan literatur komposit Fe_3O_4 /arang aktif dapat disintesis menggunakan metode *co-precipitation*, dan karakterisasi dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Oleh karena itu, artikel ini mengulas perkembangan terkini tentang komposit Fe_3O_4 /arang aktif sebagai media adsorpsi limbah zat warna.*

Kata kunci : Fe_3O_4 , arang aktif, komposit, adsorpsi.

PENDAHULUAN

Komposit merupakan sekumpulan yang tersusun dari berbagai material pembentuk tunggal yang ketika disatukan membentuk struktur baru dengan sifat yang berbeda dan lebih baik dibandingkan sifat material penyusunnya [1]. Pemisahan secara magnetik sangat dibutuhkan dalam pemisahan antara senyawa dan sampel. Pemisahan secara magnetik merupakan suatu cara untuk memisahkan adsorben dengan sampel dengan menggunakan magnet eksternal. Salah satu senyawa yang memiliki sifat magnet yaitu nano partikel Fe_3O_4 [2].

Magnetit atau Fe_3O_4 merupakan salah satu fase oksida besi yang memiliki sifat magnet terbesar diantara fase-fase lainnya. Arang aktif

dapat dikompositkan dengan Fe_3O_4 dengan cara *co-precipitation* untuk meningkatkan *performance* adsorben. Arang aktif yang telah dikompositkan dengan magnetit dapat merespon medan magnet luar dan akan memudahkan proses pemisahan antara adsorben dan adsorbat. Keunggulan bahan adsorben komposit magnetit adalah dalam aplikasinya setelah proses adsorpsi, komposit magnetit dapat dipisahkan dari medium larutan tanpa menggunakan proses penyaringan, melainkan menggunakan sistem magnet permanen. Hal ini dapat menghemat biaya operasional maupun biaya perawatan komponen saringan yang cepat jenuh dan rusak akibat pemakaian. Modifikasi arang aktif dengan Fe_3O_4 menghasilkan luas permukaan spesifik dan porositas yang tinggi

serta properti superparamagnetik yang memungkinkan magnet dapat dipisahkan dengan magnet luar [3].

Adsorpsi merupakan suatu proses penjerapan pada permukaan zat terhadap zat tertentu karena pada permukaan zat padat akan terjadi gaya tarik molekul tanpa meresap, dimana sifat-sifat senyawa akan mengalami perubahan karena interaksi tersebut [4]. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang murah dan efektif dalam mengurangi dampak negatif lingkungan akibat pencemaran oleh zat warna maupun logam berat [5]. Pada proses adsorpsi terjadi perpindahan massa pada permukaan pori-pori di dalam butiran adsorben. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik dan energi permukaan [6].

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif yaitu sifat arang aktif, sifat komponen yang diserap, sifat larutan dan sistem kontak. Daya serap karbon aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan atau gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya. Sifat karbon aktif dipengaruhi oleh jenis bahan baku, luas permukaan, penyebaran pori, dan sifat kimia permukaan arang aktif, namun juga dipengaruhi oleh cara aktivasi yang digunakan [7].

Oleh karena itu, *mini review* ini ditujukan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi komposit Fe_3O_4 /arang aktif dari berbagai jenis arang aktif untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam *mini review* ini adalah studi literatur penelitian-penelitian yang membahas tentang pembuatan komposit Fe_3O_4 /arang aktif dengan menggunakan metode *co-presipitation*. Data-data yang ada dikumpulkan dan disusun secara ringkas untuk membandingkan

komposit Fe_3O_4 /arang aktif satu dengan yang lain, sehingga didapatkan deskripsi yang konkret untuk mencapai tujuan penulis dalam mereview sintesis komposit Fe_3O_4 /arang aktif menggunakan metode *co-presipitation* menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pencarian artikel, diperoleh 5 jurnal yang sesuai dengan kriteria yaitu artikel membahas tentang sintesis komposit Fe_3O_4 /arang aktif sebagai media adsorpsi dengan menggunakan metode *co-presipitation*. Metode *co-presipitation* adalah proses kimia yang membawa zat terlarut ke bawah untuk membentuk endapan yang diinginkan. Prinsip pelepasan ikatan menerus yang dimiliki oleh suatu senyawa logam dalam bentuk cair tanpa mempertimbangkan mekanisme spesifik yang terjadi. Keunggulan dari metode ini adalah prosesnya yang sederhana, membutuhkan suhu reaksi yang rendah ($<100^\circ\text{C}$) dan penggunaan suhu kamar serta membutuhkan waktu yang singkat dalam percobaan [8]. Keuntungan metode *co-presipitation* adalah sintesis cepat dan memiliki hasil yang maksimal, sedangkan kelemahan dari metode ini adalah magnetit hasil rentan terhadap oksidasi dan agregasi [9].

Sintesis komposit Fe_3O_4 /arang aktif umumnya dilakukan dengan mencampurkan arang aktif dengan larutan garam besi yang terdiri atas $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pada suhu $70^\circ\text{C} \pm 30$ menit. Kemudian ditambahkan basa berupa ($\text{NaOH}/\text{NH}_4\text{OH}$) untuk membentuk partikel Fe_3O_4 setetes demi tetes. Komposit yang terbentuk dicuci dengan air demineralisasi dan dikeringkan pada suhu $100^\circ\text{C} \pm 3$ jam [3].

Tabel 1. Informasi Umum

Tahun	Komposit	Metode	Basa	Zat Warna	Penulis
2021	Fe_3O_4 /Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit (AACKS)	<i>Co-presipitation</i>	NaOH 5M	<i>Remazol Yellow</i>	[3]
2021	Fe_3O_4 /Arang Aktif Ampas Kopi (AAAK)	<i>Co-presipitation</i>	NH_4OH 25%	Fenol	[4]
2022	Fe_3O_4 /Arang Aktif Ampas Kopi (AAAK)	<i>Co-presipitation</i>	NH_4OH 25%	<i>Methylene Blue</i>	[2]

Tahun	Komposit	Metode	Basa	Zat Warna	Penulis
2024	Fe ₃ O ₄ /Arang Aktif Kulit Singkong (AAKS)	Co-presipitasi	NH ₄ OH 25%	Methylene Blue	[6]
2024	Fe ₃ O ₄ /Arang Aktif Kulit Buah Tarap (AAKT)	Co-presipitasi	NH ₄ OH 25%	Ion Logam Kadmium (II)	[1]

Berdasarkan **Tabel 1**, penelitian [9] Sintesis magnetit menggunakan larutan NH₄OH sebagai pengendap menghasilkan kristalinitas yang lebih tinggi daripada menggunakan larutan NaOH sebagai pengendap. Hal tersebut disebabkan karena

dengan menggunakan basa lemah seperti NH₄OH, proses pembentukan kristalnya terjadi secara lambat, sehingga terbentuk magnetit dengan kristalinitas yang tinggi.

Tabel 2. Kondisi Optimum Penyerapan

Penulis	Zat Warna	Kondisi Optimum								
		pH	mg/g	%	Waktu Kontak (menit)	mg/g	%	Konsentrasi (mg/L)	mg/g	%
[3]	Remazol Yellow	2	-	84,613	45	-	71,79	45	-	80,82
[4]	Fenol	5	3,50	56,03	30	3,65	58,35	-	-	-
[2]	Methylene Blue	8	-	99,15	25	-	98,58	200	79,85	-
[6]	Methylene Blue	-	-	-	30	-	99,92	100	24,76	-
[1]	Ion Logam Kadmium (II)	5	12,317	-	45	10,92	-	100	29,05	-

Berdasarkan **Tabel 2** kondisi optimum variasi pH penyerapan zat warna *Remazol Yellow* terjadi pada pH 2 diperoleh persentase sebesar 84,613%, Fenol pada pH 5 memiliki daya serap sebesar 3,50 mg/g atau setara 56,03%, *Methylene Blue* pada pH 8 sebesar 99,15%, dan Ion Logam Kadmium (II) pada pH 5 sebesar 12,317%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penyerapan zat warna pada variasi pH optimum terbaik terdapat pada komposit Fe₃O₄/AAAK pada pH 8 sebesar 99,15% sebagai media adsorpsi *Methylene Blue*.

Berdasarkan **Tabel 2** kondisi optimum variasi waktu kontak penyerapan zat warna *Remazol Yellow* terjadi pada waktu kontak 45 menit dengan persentase 71,79%, Fenol pada waktu kontak 30 menit memiliki daya serap sebesar 3,65 mg/g atau setara dengan 58,35%, *Methylene Blue* pada waktu kontak 25 menit

sebesar 98,58%, *Methylene Blue* pada waktu kontak 30 menit sebesar 99,92%, dan Ion Logam Kadmium (II) pada waktu kontak 45 menit sebesar 10,92 mg/g. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penyerapan zat warna pada variasi waktu kontak optimum terbaik terdapat pada komposit Fe₃O₄/AAKS pada waktu kontak 30 menit sebesar 99,92% sebagai media adsorpsi *Methylene Blue*.

Berdasarkan **Tabel 2** kondisi optimum variasi konsentrasi penyerapan zat warna *Remazol Yellow* terjadi pada konsentrasi 45 mg/L dengan persentase sebesar 80,82%, *Methylene Blue* pada konsentrasi 200 mg/L sebesar 79,85 mg/g, *Methylene Blue* pada konsentrasi 100 mg/L sebesar 24,76 mg/g, dan Ion Logam Kadmium (II) pada konsentrasi 100 mg/L sebesar 29,05 mg/g. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penyerapan zat warna pada variasi

konsentrasi optimum terbaik terdapat pada komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAAK}$ pada konsentrasi 200 mg/L sebesar 79,85 mg/g.

Menurut [8] Digunakan arang aktif dengan luas permukaan besar sehingga daya serapnya lebih tinggi. Menurut [10] semakin besar luas area permukaan pori adsorben maka daya adsorpsinya semakin besar. Berdasarkan penelitian [4] dan [2] menggunakan jenis arang aktif yang sama yaitu ampas kopi, tetapi pada penelitian [4] daya

adsorpsi yang diperoleh jauh lebih rendah dibandingkan dengan penelitian [2] Hal ini dikarenakan pada penelitian [2] menggunakan aktivator yaitu $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{p})}$. Menurut [11] semakin banyak aktivator yang ditambahkan maka akan semakin banyak yang masuk ke dalam pori-pori karbon dan mengikat zat-zat pengotor yang menutupi pori-pori karbon sehingga pori-pori karbon terbuka.

KARAKTERISASI

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Tabel 3. Hasil Gugus Fungsi Bilangan Gelombang Komposit

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang			
	$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAAK}$	$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAKS}$	$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAKT}$	Literatur
Fe-O	509,21	540,07	540,07	500-610
C-O	1265,30	1103,28	1103,28	1050-1300
C-H Bending	1342,46	1396,46	-	1340-1470
C=O	1604,77	1620,21	-	1540-1800
C-H Stretching	2924,09-2854,65	2924,09-2862,36	-	2850-2970
O-H Ulur	3425,58	3425,58	3425,58	3300-3600

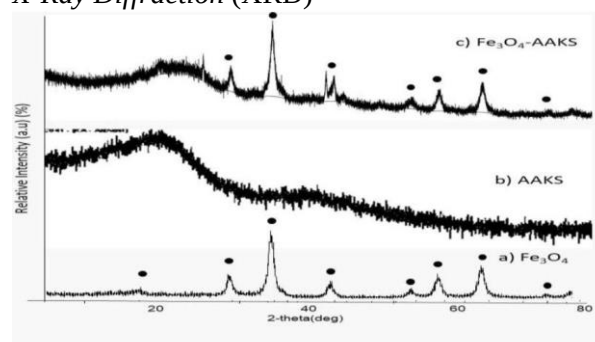
Berdasarkan **Tabel 3** pada karakterisasi FTIR untuk komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAAK}$ muncul serapan pada bilangan gelombang 509,21 cm^{-1} menunjukkan dugaan adanya serapan logam-oksigen yang berupa ikatan Fe-O. Pada bilangan gelombang 1265,30 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O. Pada bilangan gelombang 1342,46 cm^{-1} menunjukkan dugaan adanya . Selain itu pada panjang gelombang 1604,77 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan C=O menyatakan bahwa masih terdapat gugus khas dari arang aktif. Pada bilangan gelombang 3425,58 cm^{-1} merupakan karakteristik dari vibrasi ulur gugus hidroksi dari karboksilat, alkohol, dan air yang terdapat pada permukaan komposit. Berdasarkan data hasil karakterisasi tersebut menandakan bahwa material Fe_3O_4 telah tercampur dalam permukaan arang aktif.

Untuk komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAKS}$ pada bilangan gelombang 540,07 cm^{-1} menunjukkan terdapat gugus Fe-O. Pada bilangan gelombang 1103,28 cm^{-1} yang menunjukkan terdapat gugus C-O. Selain itu pada panjang gelombang 1620,21 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan C=O menyatakan bahwa masih terdapat gugus khas dari arang aktif. Dan muncul serapan melebar pada bilangan gelombang 3425,58 cm^{-1} yang menunjukkan terdapat gugus O-H. Hal ini menandakan bahwa material Fe_3O_4 berhasil dikomposisikan dengan arang aktif kulit singkong.

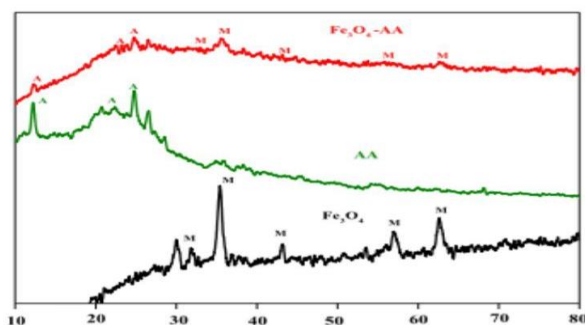
Untuk komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAKT}$ pada bilangan gelombang 540,07 cm^{-1} menunjukkan

adanya serapan logam-oksigen yang berupa ikatan Fe-O. Pada bilangan gelombang 1130,28 cm^{-1} menunjukkan terdapat gugus C-O yang menyatakan bahwa terdapat gugus khas dari arang aktif. Selain itu muncul serapan pada bilangan gelombang 3425, 58 cm^{-1} yang menunjukkan bahwa terdapat gugus O-H. Hal ini menandakan bahwa material Fe_3O_4 berhasil dikomposisikan dengan arang aktif kulit buah tarap.

X-Ray Diffraction (XRD)



Berdasarkan penelitian [6] pada material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAKS}$ terdapat puncak lebar pada sudut 20-30° yang menandakan arang aktif berbentuk amorf, dan terdapat puncak-puncak pada sudut khas untuk Fe_3O_4 . Berdasarkan hasil tersebut, menandakan bahwa material Fe_3O_4 telah berhasil di komposisikan pada arang aktif.



Berdasarkan penelitian [1] pada material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AAKT}$ terdapat puncak-puncak pada sudut $20\text{--}30^\circ$ yang menunjukkan bahwa arang aktif berbentuk amorf, walaupun komposit intensitasnya relatif kecil. Selain itu, muncul pula puncak difraksi lain yang terlihat jelas pada sudut $12,23^\circ$; $24,82^\circ$; dan $25,31^\circ$ yang diduga merupakan zat pengotor dan oksida-oksida logam yang berasal dari AAKT.

KESIMPULAN

Berdasarkan *mini review* yang telah dilakukan terhadap literatur sintesis komposit Fe_3O_4 /arang aktif sebagai media adsorpsi, dapat disimpulkan bahwa komposit Fe_3O_4 /arang aktif ampas kopi merupakan komposit yang mampu menyerap zat warna lebih banyak dengan kondisi optimum pada variasi pH 8 dengan persentase 99,15%, pada variasi waktu kontak 25 menit dengan persentase sebesar 98,58%, dan pada konsentrasi 200 mg/L sebesar 79,85 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Fatmawati, S. Koesnarpadi, and T. Wirawan, "ADSORPSI ION LOGAM KADMIUM (II) MENGGUNAKAN MAGNETIT (Fe_3O_4) -ARANG AKTIF DARI KULIT BUAH TARAP (*Artocarpus odoratissimus*) ADSORPTION OF CADMIUM (II) METAL IONS USING MAGNETITE (Fe_3O_4) -ACTIVATED CHARCOAL FROM THE SKIN OF TARAP FRUIT (Art," vol. 9, no. 2, pp. 110–119, 2024.
- [2] U. N. Hidayah, T. Wirawan, and S. Koesnarpadi, "Pembuatan Komposit Fe_3O_4 -Ampas Kopi Sebagai Adsorben Methylene Blue," *Jurnal Kimia FMIPA UNMUL*, vol. 3, no. 1, pp. 215–220, 2022.
- [3] I. Lestari, E. Prasetyo, and D. R. Gusti, "PENGGUNAAN KARBON AKTIF MAGNETIT- Fe_3O_4 SEBAGAI PENYERAP ZAT WARNA REMAZOL YELLOW," *Jurnal Bio-Geo Material Dan Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 29–37, 2024, doi: 10.22437/bigme.v1i1.12311.
- [4] E. Reknosari, T. Wirawan, and S. Koesnarpadi, "PHENOL ADSORPTION USING COMPOSITE ADSORBENT Fe_3O_4 -ACTIVATED CHARCOAL COFFEE GROUNDS," *Jurnal Kimia Mulawarman*, vol. 18, no. 1, p. 30, 2020, doi: 10.30872/jkm.v18i1.923.
- [5] A. B. Baunsele and H. Missa, "Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa," *Akta Kimia Indonesia*, vol. 5, no. 2, p. 76, 2020, doi: 10.12962/j25493736.v5i2.7791.
- [6] D. D. Wulandari, S. Koesnarpadi, and N. Hindryawati, "Adsorption of Methylene Blue using Composite Fe_3O_4 -Activated Charcoal Cassava Skin (*Manihot esculenta* C.)," *Jurnal Kimia Mulawarman*, vol. 21, no. 2, p. 103, 2024, doi: 10.30872/jkm.v21i2.1247.
- [7] L. E. Laos, M. Masturi, and I. Yulianti, "The Effect of Activation Temperature on the Absorption of Activated Carbon in Candlenut Shells," *Proceedings of the National Seminar on Physics (E-Journal)*, vol. V, pp. 135–140, 2016.
- [8] R. A. F. Lubis, H. I. Nasution, and M. Zubir, "Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification," *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST)*, vol. 3, no. 2, p. 67, 2020, doi: 10.24114/ijcst.v3i2.19531.
- [9] Kustomo, "Uji karakterisasi dan mapping magnetit nanopartikel terlapisi asam humat dengan Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 9, no. 3, pp. 149–153, 2020.
- [10] R. Dewi, A. Azhari, and I. Nofriadi, "Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, p. 12, 2021, doi: 10.29103/jtku.v9i2.3351.
- [11] F. Riyanti and P. Loekitowati, "Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 dan Temperatur Karbonisasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Ampas Kopi," 2003.