

Potensi Adsorpsi Sinarion Red C8B Menggunakan Arang Aktif Magnetik Berbasis Limbah Ampas Tebu



Okty Yuliani^a, Teguh Wirawan^{a*}, Nanang Tri Widodo^a

^a Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Indonesia.

* Corresponding Author: teguh.unmul.smd@gmail.com

ABSTRACT

Sinarion Red C8B Adsorption using Fe_3O_4 activated charcoal from bagasse waste has been carried out. Composite adsorbent Fe_3O_4 activated charcoal bagasse was synthesized from $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ with a 2:1 ratio, then composited with activated charcoal bagasse. Composite adsorbent Fe_3O_4 activated charcoal bagasse, characterized with Fourier Transform Infrared (FTIR) and X-Ray Diffraction (XRD) instruments, as well as adsorption tests to determine contact duration, optimum weight of adsorbent, and adsorption capacity, has been conducted, and also to determine the adsorption percentage of water woven cloth Sarong Samarinda sample. FTIR result from composite adsorbent Fe_3O_4 activated charcoal showed the composite successfully formed, marked by the appearance of absorption at wavenumber 1222.25 cm^{-1} , which C-O presented, and the appearance of Fe-O at wavenumber 573.94 cm^{-1} . XRD Diffractogram of the composite showed an amorphous diffraction pattern of charcoal. The adsorption of Sinarion Red C8B dye at a contact time of 45 minutes, optimum weight of 0.1 g, following the Freundlich isotherm pattern with a maximum adsorption capacity of 1.0484 mg/g and an adsorption percentage of water-woven cloth Sarong Samarinda sample of 21.69%.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license.



Article History

Received 2022-04-19

Revised 2024-08-26

Accepted 2024-09-08

Publish 2024-11-31

Keywords

Bioactivator,
EM4,
Organic Waste,
Liquid Organic
Fertilizer

1. Pendahuluan

Kalimantan Timur dikenal sebagai salah satu daerah penghasil sarung tenun, khususnya di Samarinda, tepatnya di Kecamatan Samarinda Seberang yang dikenal sebagai Kampung Tenun Samarinda. Pewarna yang digunakan dalam produksi sarung tenun ini meliputi warna kuning, biru, dan merah. Menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2017, jumlah pengrajin sarung tenun Samarinda dalam skala industri rumah tangga tercatat sebanyak 44 pengrajin. Jumlah ini belum mencakup toko-toko suvenir yang menjual sarung Samarinda secara bebas tanpa keterlibatan langsung dari para pengrajinnya. [1].

Seiring dengan perkembangan industri rumah tangga tersebut, meskipun membawa manfaat ekonomi bagi masyarakat, dampak negatif terhadap lingkungan juga tidak dapat dihindari. Salah satu dampak utamanya adalah limbah tekstil yang dihasilkan, terutama limbah zat pewarna sintetik dari proses pewarnaan [2]. Pembuangan zat pewarna ke badan air dapat menghambat masuknya cahaya matahari ke dalam air, sehingga mengganggu proses fotosintesis tanaman dan merusak ekosistem [3]. Selain itu, zat pewarna berpotensi menyebarkan penyakit melalui air, yang berdampak pada kesehatan manusia seperti iritasi kulit, alergi, gangguan fungsi ginjal, hati, otak, sistem saraf, serta reproduksi [4].

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi limbah tekstil, termasuk pengolahan limbah cair melalui metode fisika, kimia, biologi, atau kombinasi dari ketiganya [5]. Salah satu metode efektif dalam pengendalian pencemaran air akibat zat pewarna tekstil adalah metode

adsorpsi, dengan arang aktif sebagai adsorben yang sering digunakan [6]. Arang aktif, sebagian besar memiliki karbon amorf, daya serapnya tinggi dan dapat diperoleh dengan biaya rendah, terutama jika dibuat dari bahan alami seperti limbah tanaman [7].

Ampas tebu, sebagai limbah dari industri gula atau pembuatan minuman berbahan air tebu, memiliki potensi besar sebagai bahan baku arang aktif. Arang aktif dari ampas tebu telah terbukti efektif sebagai adsorben untuk logam berat seperti Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam air limbah [8]. Namun, proses pemisahan arang aktif dari air limbah sering memerlukan waktu lama dan penyaringan yang kompleks. Untuk mengatasi kendala ini, arang aktif dapat dimodifikasi dengan mengkomposkannya menggunakan oksida besi (magnetit, Fe_3O_4) [9].

Magnetit merupakan oksida besi dengan sifat magnet yang kuat dan sering digunakan dalam berbagai industri, termasuk penanganan pencemaran lingkungan. Penggabungan arang aktif dengan nanopartikel magnetit menghasilkan komposit baru yang memiliki sifat ganda, yakni kemampuan adsorpsi dan sifat magnetik [10]. Sifat magnetik ini memudahkan pemisahan komposit dari air limbah menggunakan magnet, sehingga prosesnya menjadi lebih cepat, sederhana, dan efisien.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan adsorben magnetik dari arang aktif berbahan dasar ampas tebu yang dikompositkan dengan magnetit, serta menguji kemampuannya dalam menyerap zat warna Sinarcion Red C8B dari limbah kain tenun sarung Samarinda. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memaksimalkan pemanfaatan limbah ampas tebu sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah zat pewarna.

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, gelas kimia, shaker, corong kaca, cawan petri, hot plate, corong Buchner, neraca analitik, labu ukur, pipet ukur, ayakan 100 mesh, oven, cawan porselin, tanur, magnetik stirrer, labu Erlenmeyer dan Alat Spektrofotometer UV-Vis Orion AquaMate 8100, FTIR IRSpirit-T A22415801432 AE Shimadzu dan XRDBruker Eco D8 Advance .

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, zat warna Sinarcion Red C8B, H_2SO_4 (pa), NH_4OH (pa), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (pa), $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (pa), *Methylene Blue* (pa) dan akuades.

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Pembuatan Arang Aktif Ampas Tebu

Ampas tebu dibersihkan menggunakan air akuades, dikeringkan secara alami selama sekitar 7 hari, lalu dipotong-potong hingga berukuran 1-2 cm. Ampas tebu yang telah kering dikarbonisasi dalam tanur pada suhu 300°C selama 1 jam. Selanjutnya, arang yang dihasilkan dihaluskan menggunakan lumpang dan alu, kemudian disaring dengan ayakan berukuran 100 mesh. Arang tersebut direndam dalam 250 mL larutan H_2SO_4 3 M dan ditutup rapat menggunakan aluminium foil. Setelah itu, arang dicuci menggunakan akuades hingga pH menjadi netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam. [11].

2.2.2. Aktivasi

Dalam proses aktivasi, digunakan larutan H_2SO_4 3 M sebagai aktivator. Arang direndam dalam larutan tersebut, ditutup rapat, dicuci hingga mencapai pH netral, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam. [11].

2.2.3. Pembuatan Fe_3O_4

Sebanyak 3 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 2 g $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (dengan perbandingan mol 2:1) dilarutkan masing-masing dalam 50 mL akuades. Kedua larutan ini dicampurkan sambil diaduk dengan magnetic stirrer pada suhu 70°C hingga larutan terlihat jernih. Selanjutnya, ditambahkan 100 mL larutan NH_4OH 25% secara perlahan (tetes demi tetes) dengan suhu tetap dijaga pada 70°C selama 3 jam. Campuran kemudian disaring menggunakan corong Buchner dengan pompa vakum, endapan yang diperoleh dicuci hingga pH netral, dikeringkan dalam

oven pada suhu 100°C selama 3 jam, lalu didinginkan dalam desikator selama 15 menit sebelum ditimbang. [10].

2.2.4. Pembuatan Komposit Fe_3O_4 -AA Ampas Tebu

Proses serupa dilakukan dengan menambahkan 5 g arang aktif ampas tebu ke dalam 100 mL akuades. Campuran ini diaduk pada suhu 70°C sambil menambahkan larutan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Selanjutnya, 100 mL larutan NH_4OH 25% ditambahkan perlahan-lahan dan suhu dijaga pada 70°C selama 3 jam. Campuran disaring, endapan dicuci hingga pH netral, dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 3 jam, lalu didinginkan dalam desikator sebelum ditimbang. [10].

2.3. Karakterisasi

2.3.1. Penentuan Luas Permukaan

Sebanyak 0,3 g arang aktif, magnetit Fe_3O_4 , dan komposit Fe_3O_4 -AA dimasukkan ke dalam 50 mL larutan *methylene blue* (300 mg/L), ditutup dengan aluminium foil, lalu diaduk menggunakan shaker selama 60 menit. Setelah itu, filtrat dipisahkan secara filtrasi dan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm [10].

2.3.2. Penentuan Kadar Air

Pengujian dilakukan dengan menimbang cawan porselen kosong, kemudian menambahkan 0,1 g sampel dan memanaskannya dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Cawan dan sampel dimasukkan dalam desikator selama 15 menit sebelum ditimbang kembali.

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{berat abu total}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

2.3.3. Penentuan Kadar Volatile Matter

Cawan porselen kosong dipanaskan dalam tanur pada suhu 950°C selama 20 menit, didinginkan, ditambahkan 0,1 g sampel, dan dipanaskan kembali pada suhu yang sama selama 2 jam. Cawan didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang setelah dingin.

$$\%VM = \frac{\text{Berat wadah dan sampel} - \text{berat wadah dan sampel setelah dipanaskan}}{\text{berat wadah dan sampel} - \text{berat wadah}} \times 100\%$$

2.3.4. Karakteristik Adsorben

Analisis dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk arang aktif, magnetit Fe_3O_4 , dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu.

2.4. Studi Adsorpsi

2.4.1. Variasi Waktu Kontak

Sebanyak 0,1 g arang aktif dan komposit Fe_3O_4 -AA dari ampas tebu dicampurkan ke dalam 10 mL larutan Sinarcion Red C8B dengan konsentrasi 40 mg/L. Waktu kontak bervariasi, yaitu 5, 10, 15, 30, 45, 60, dan 90 menit, dengan pengadukan menggunakan alat shaker. Pemisahan arang aktif dilakukan dengan penyaringan, sedangkan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu dipisahkan menggunakan magnet. Selanjutnya, filtrat yang diperoleh dianalisis absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm.

2.4.2. Variasi Berat Adsorben

Untuk variasi massa, arang aktif dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu dengan jumlah 0,025; 0,05; 0,1; dan 0,2 g dimasukkan ke dalam 10 mL larutan Sinarcion Red C8B berkonsentrasi 40 mg/L. Campuran ini kemudian diaduk menggunakan shaker agar homogen. Arang aktif dipisahkan melalui proses penyaringan, sedangkan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu dipisahkan menggunakan magnet. Filtratnya kemudian diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm.

2.4.3. Variasi Konsentrasi

Selanjutnya, arang aktif dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu seberat 0,1 g ditambahkan ke dalam 10 mL larutan Sinarcion Red C8B dengan variasi konsentrasi sebesar 10, 20, 30, 40, 60, 100, dan 150 mg/L. Campuran ini diaduk menggunakan shaker agar merata. Arang aktif dipisahkan dengan penyaringan, sementara komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu dipisahkan

menggunakan magnet. Filtrat yang dihasilkan kemudian diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm.

2.5. Teknik Analisis Data

2.5.1. Kapasitas Adsorpsi

Penentuan kapasitas adsorpsi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{m}$$

Keterangan:

q_t = Kapasitas adsorpsi dalam waktu t (mg adsorpsi/g adsorben)

C_0 = Konsentrasi logam (mg/L)

C_t = Konsentrasi residual setelah adsorpsi (mg/L)

V = Volume sampel (L)

M = Massa adsorben (g)

2.5.2. Isoterm Langmuir

Penentuan isoterm Langmuir dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\frac{1}{Q_a} = \frac{1}{Q_m \times K_{ads}} \left(\frac{1}{C_a} \right) + \frac{1}{Q_m}$$

Keterangan:

Q_a = Jumlah ion zat warna Sinarcion Red C8B teradsorpsi (mg/g)

Q_m = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

C_a = Konsentrasi akhir pewarna Sinarcion Red C8B (mg/L)

K_{ads} = Konstanta adsorpsi Langmuir

2.5.3. Isoterm Freundlich

Penentuan isoterm Freundlich dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Log } Q_a = \text{Log } K_f + \frac{1}{n} \text{Log } C_a$$

Keterangan:

Q_a = Jumlah pewarna Sinarcion Red C8B (mg/g)

C_a = Konsentrasi akhir pewarna Sinarcion Red C8B (mg/L)

K_f = Konstanta adsorpsi Freundlich

n = Kapasitas adsorpsi (mg/g).

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Pembuatan Arang Aktif Ampas Tebu

Penelitian ini diawali dengan pembuatan arang aktif ampas tebu melalui proses karbonisasi. Karbonisasi dilakukan dengan cara memanaskan sampel dalam ruang hampa oksigen atau tanpa bahan kimia tambahan, bertujuan untuk mengubah ampas tebu menjadi arang [12]. Proses ini berlangsung pada suhu 300°C selama 1 jam [13]. Pada suhu tersebut, ampas tebu akan mengalami perubahan menjadi arang dengan melepaskan senyawa volatil, yang ditandai dengan keluarnya asap selama proses pembakaran [14].

Arang hasil dari karbonisasi selanjutnya diaktivasi menggunakan larutan aktivator yaitu H_2SO_4 3 M. Aktivasi merupakan proses yang diperlukan dalam pembuatan arang aktif, karena dengan proses aktivasi kualitas dari arang aktif dapat ditingkatkan seperti pori-pori dan luas

permukaan arang aktif [15]. Penambahan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai aktivator dikarenakan asam sulfat memiliki sifat dehydrating agent dan juga memiliki lebih banyak situs aktif yang dapat membuka dan memperluas pori-pori pada arang [14]. Diperoleh arang aktif sebanyak 26,4705 g dan berat rendemen yang diperoleh adalah 17,5758 %.

3.2. Uji Karakterisasi

Dalam penelitian ini juga dilakukan uji karakterisasi arang aktif dari ampas tebu. Tujuan uji karakterisasi adalah untuk mengevaluasi kualitas arang aktif yang telah diaktivasi secara fisik dan kimia, dengan hasil yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Karakterisasi Arang Aktif Ampas Tebu

Parameter	SNI 06-3730-1995	Jenis Arang Aktif	
		Aktivasi Fisika	Aktivasi Kimia
Kadar Air	Maksimal 15%	8,57%	7,40%
Kadar Abu	Maksimal 10%	4,10%	2,13%
Volatile Matter	Maksimal 25%	17,39%	17,70%
Luas Permukaan	Minimal 300 m ² /g	-	95,50 m ² /g

Pengujian kadar air pada arang aktif ampas tebu dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung serta sifat higroskopisnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air pada arang aktif yang diaktivasi secara fisika dan kimia masing-masing sebesar 8,57% dan 7,40%. Nilai ini sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, di mana kadar air harus di bawah 15%. Semakin tinggi kadar air, pori-pori dan luas permukaan arang aktif akan berkurang, sehingga menurunkan kemampuan adsorpsinya.

Pengujian kadar abu bertujuan untuk mengidentifikasi sisa mineral pada arang aktif setelah proses pembakaran. Hasil kadar abu pada arang aktif ampas tebu dengan aktivasi fisika dan kimia masing-masing sebesar 4,10% dan 2,1257%. Nilai ini memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yang mensyaratkan kadar abu di bawah 10%. Kadar abu yang tinggi dapat menyumbat pori-pori arang aktif dan mengurangi kemampuan adsorpsinya.

Pengujian *volatile matter* bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap selama proses karbonisasi dan aktivasi. Hasil pengujian *volatile matter* menunjukkan nilai 17,39% untuk aktivasi fisika dan 17,70% untuk aktivasi kimia. Nilai ini masih memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yang mensyaratkan *volatile matter* di bawah 25%. Kadar *volatile matter* yang tinggi dapat menurunkan daya serap arang aktif karena senyawa non-karbon seperti karbonmonoksida, karbondioksida, dan hidrogen masih tertinggal dalam pori-pori.

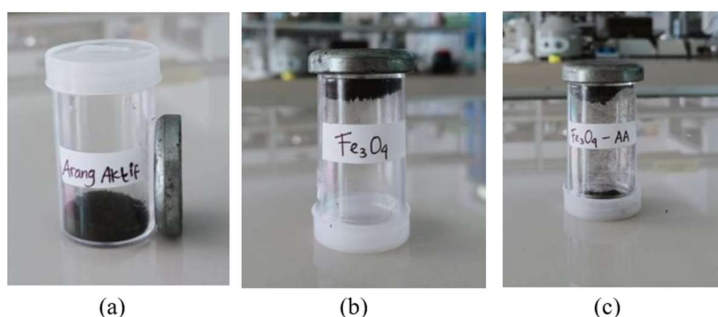
Nilai yang diperoleh memenuhi standar SNI 06-3730-1995 dengan *volatile matter* di bawah 25%. Jika kadar *volatile matter* menghasilkan nilai yang tinggi maka akan mempengaruhi daya serap terhadap arang aktif, hal tersebut dikarenakan adanya senyawa-senyawa non karbon seperti karbonmonoksida, karbondioksida, dan hidrogen pada pori-pori arang aktif yang tidak hilang saat proses karbonisasi sehingga memiliki kemampuan daya serap yang rendah.

Pengujian luas permukaan dilakukan menggunakan metode serapan *methylene blue* untuk mengukur kemampuan adsorpsi arang aktif pada adsorpsi molekul berukuran 1,5-2,5 nm. Hasil pengujian menunjukkan luas permukaan arang aktif ampas tebu yang diaktivasi secara kimia sebesar 95,50 m²/g. Nilai ini tidak memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yang menetapkan minimal 300 m²/g. Hal ini disebabkan oleh pori-pori arang aktif yang sebagian besar berukuran lebih kecil dari molekul *methylene blue*. Rendahnya daya serap *methylene blue* mencerminkan keterbatasan jumlah mikropori pada arang aktif. Berdasarkan hasil ini, arang aktif kurang efektif dalam menyerap adsorbat dengan ukuran molekul 1,5-2,5 nm [16].

3.3. Pembuatan Adsorben Komposit Fe_3O_4 -AA Ampas Tebu

Pembuatan komposit Fe_3O_4 dilakukan dengan melarutkan 3,0023 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 2,0026 g $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, kemudian menambahkan 5,0030 g arang aktif serta larutan NH_4OH 25% hingga pH mencapai 12. Penambahan NH_4OH berfungsi untuk mengendapkan Fe_3O_4 sehingga dapat dipisahkan dari pengotor dan menghasilkan serbuk Fe_3O_4 berwarna hitam. Komposit Fe_3O_4 yang dihasilkan memiliki bobot sebesar 7,3471 g dengan rendemen sebesar 73,4130%. Penambahan Fe_3O_4 ke dalam arang aktif bertujuan memudahkan pemisahan adsorben dari cairan limbah. Dengan adanya sifat magnetik dari komposit Fe_3O_4 , arang aktif dapat merespons medan magnet, sehingga proses pemisahan adsorben dapat dilakukan menggunakan magnet eksternal [10].

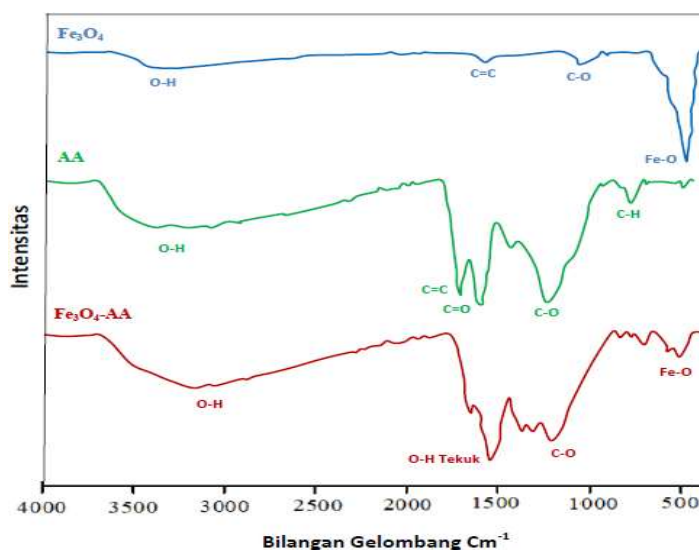
Secara visual, arang aktif, magnetit (Fe_3O_4), dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu semuanya memiliki warna hitam, tetapi menunjukkan perbedaan sifat magnetik. Arang aktif ampas tebu tidak menunjukkan reaksi magnetik saat didekatkan ke medan magnet eksternal, sedangkan Fe_3O_4 menunjukkan sifat magnetik yang sangat kuat. Sementara itu, komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu memiliki sifat magnetik yang lebih lemah akibat adanya fraksi non-magnetik dari arang aktif (Gambar 1). Penurunan daya magnetik juga bisa disebabkan oleh kemungkinan terjadinya oksidasi Fe_3O_4 selama proses pembuatan komposit.



Gambar 1. Arang Aktif Ampas Tebu Teraktivasi Kimia (a). Magnetit Fe_3O_4 (b).
Komposit Fe_3O_4 -AA Ampas Tebu (c)

3.4. Hasil Analisa *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Karakterisasi material dilakukan menggunakan metode FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada magnetit Fe_3O_4 , arang aktif ampas tebu, dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu.

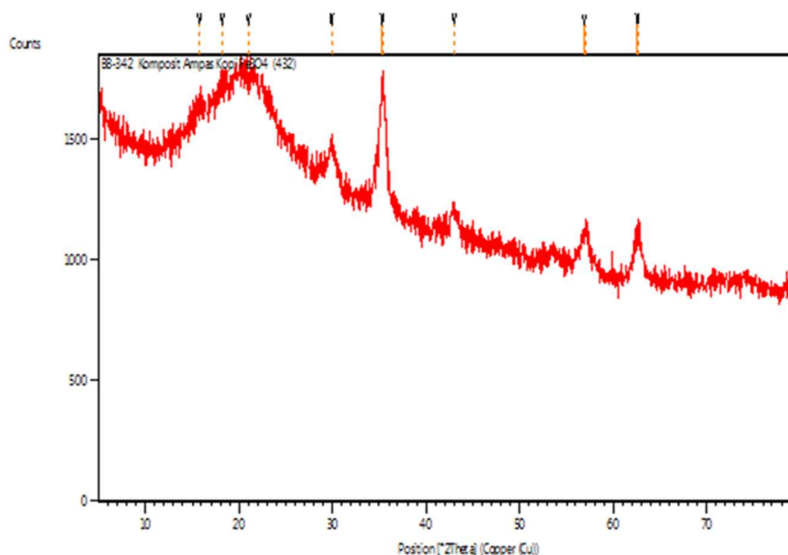


Gambar 2. Hasil Identifikasi Spektrum FTIR Magnetit Fe_3O_4 , Arang Aktif dan komposit Fe_3O_4 -AA Ampas Tebu

Berdasarkan Gambar 2, magnetit Fe_3O_4 memiliki pita serapan pada bilangan gelombang $550,38\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan keberadaan gugus Fe-O. Arang aktif ampas tebu menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang $1710,16\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C=O, menandakan terbentuknya struktur khas arang aktif [16]. Sedangkan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu memperlihatkan pita serapan pada bilangan gelombang $1256,95\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan gugus C-O (alkohol, ester, dan asam karboksilat), serta pita pada $573,94\text{ cm}^{-1}$ yang menandakan vibrasi ikatan Fe-O tetrahedral yang terhubung dengan arang aktif sebagai adsorben [17].

3.5. Hasil Analisa X-Ray Diffraction (XRD)

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD dengan Komposit Fe_3O_4 -AA Ampas Tebu yang berfungsi untuk mengidentifikasi fasa Kristal yang terdapat pada material tersebut. Hasil identifikasi puncak difraksi disajikan pada Gambar 3.



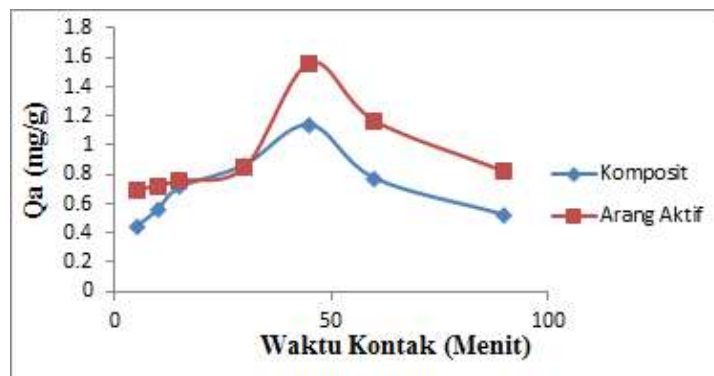
Gambar 3 Hasil Identifikasi Puncak Difraksi XRD terhadap Komposit Fe_3O_4 -AA Ampas Tebu

Berdasarkan Gambar 3 pada komposit Fe_3O_4 -AA terdapat puncak-puncak tajam yang menunjukkan bahwa material Fe_3O_4 berbentuk kristalin. Komposit Fe_3O_4 -AA Ampas Tebu diukur dengan XRD dengan rentang sudut difraksi 2θ 0° - 90° yang menunjukkan bahwa arang berbentuk amorf, walaupun pada komposit intensitasnya relatif kecil. Pada material tersebut muncul puncak-puncak difraksi pada sudut $39,433^\circ$, $48,179^\circ$, $50,403^\circ$, $59,655^\circ$ dan $69,338^\circ$. Sudut-sudut tersebut sesuai dengan puncak data standar Fe_3O_4 (JCPDS dengan No Referensi: 96-210- 6395 untuk Fe_3O_4). Difraktogram Komposit Fe_3O_4 -AA Ampas Tebu diperoleh puncak difraksi yang mirip dengan puncak Fe_3O_4 yaitu pada $2\theta = 39,4309^\circ$, $48,1714^\circ$, $50,4454^\circ$, $59,5923^\circ$ dan $69,3696^\circ$ dengan sedikit pergeseran di sudut difraksi 2θ .

3.6. Uji Adsorpsi

3.6.1. Variasi Waktu Kontak

Penelitian ini mempelajari pengaruh variasi waktu kontak untuk menentukan durasi optimal yang dibutuhkan oleh arang aktif ampas tebu dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu dalam mengadsorpsi zat warna Sinarcion Red C8B. Hasil hubungan antara waktu kontak dan jumlah ion zat warna Sinarcion Red C8B yang teradsorpsi (Q_a) ditampilkan dalam Gambar 4.



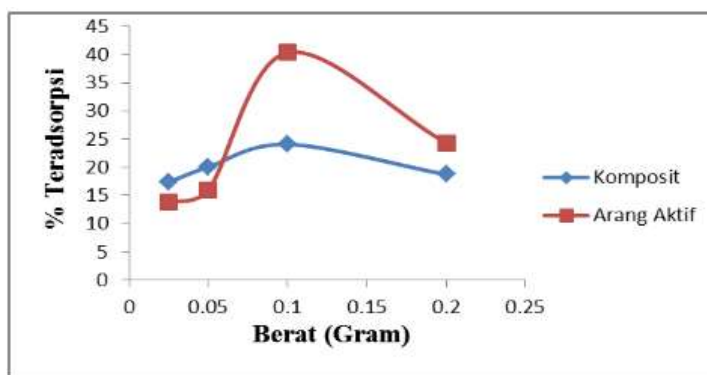
Gambar 4. Variasi Waktu terhadap jumlah ion Sinarcion Red C8B teradsorpsi (Q_a) oleh arang aktif dan Fe_3O_4 -AA

Berdasarkan Gambar 4, pada waktu kontak 5 menit, nilai Q_a yang diperoleh untuk arang aktif dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu adalah 0,6955 mg/g dan 0,4455 mg/g. Seiring waktu, nilai ini mengalami peningkatan dan mencapai puncak pada waktu kontak 45 menit. Kenaikan ini terjadi karena pada tahap awal, pori-pori adsorben masih kosong sehingga zat warna Sinarcion Red C8B dapat dengan mudah mengisi pori-pori tersebut. Proses ini kemudian membentuk lapisan adsorbat di permukaan adsorben.

Waktu optimum untuk proses adsorpsi zat warna Sinarcion Red C8B adalah 45 menit, dengan nilai Q_a sebesar 1,5616 mg/g untuk arang aktif dan 1,1419 mg/g untuk komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu. Setelah waktu kontak mencapai 60 menit dan 90 menit, terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Menurut Bangun et al. (2016), penurunan ini disebabkan oleh situs aktif pada permukaan adsorben yang telah terisi penuh oleh zat warna Sinarcion Red C8B, menyebabkan kondisi jenuh dan menurunkan kemampuan adsorpsi. Semakin lama kontak adsorben dan adsorbat, jumlah molekul zat warna yang terserap dalam situs aktif adsorben akan bertambah hingga mencapai titik jenuh [18].

3.6.2. Variasi Berat Adsorben

Penelitian ini melakukan variasi berat adsorben optimum untuk menentukan massa adsorben yang efektif dari arang aktif ampas tebu dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu dalam menyerap zat warna Sinarcion Red C8B. Grafik hubungan antara berat adsorben dan jumlah zat warna Sinarcion Red C8B yang teradsorpsi (Q_a) ditunjukkan pada Gambar 5.



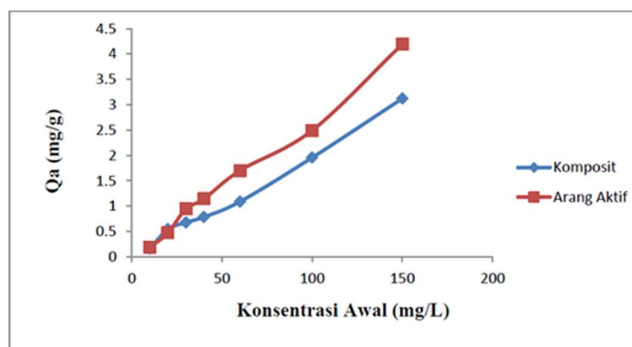
Gambar 5. Variasi Berat terhadap jumlah ion Sinarcion Red C8B teradsorpsi (%) oleh arang aktif dan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$

Berdasarkan Gambar 5, pada berat adsorben yang didapatkan dari adsorben arang aktif dan komposit Fe_3O_4 arang aktif ampas tebu pada berat adsorben 0,025 didapat masing-masing dengan efisiensi sebesar 13,817% dan 17,4%. Kemudian kecenderungan meningkat pada berat adsorben 0,1 g yaitu sebesar 40,37% dan 24,1%, hal ini terjadi karena pada massa adsorben 0,1 g, permukaan situs aktif pada adsorben sebanding dengan banyaknya adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben dalam larutan. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa berat adsorben optimum proses adsorpsi zat warna Sinarcion Red C8B yang menggunakan arang aktif ampas tebu dan komposit Fe_3O_4 arang aktif ampas tebu optimum pada berat adsorben 0,1 g dengan masing-masing efisiensi sebesar 40,37% dan 24,1%. Selanjutnya pada berat adsorben 0,2 g mengalami penurunan persentase yaitu 24,3% dan 18,75%.

Menurut Satriani et al. (2017), penurunan ini disebabkan oleh situs aktif adsorben yang telah jenuh, sehingga tidak dapat menyerap adsorbat lebih banyak. Selain itu, meskipun peningkatan berat adsorben cenderung meningkatkan jumlah zat warna yang teradsorpsi, penambahan massa adsorben secara berlebihan dapat membuat larutan menjadi keruh dan mengurangi efisiensi adsorpsi.

3.6.3. Variasi Konsentrasi

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi dengan variasi konsentrasi, guna mengetahui kemampuan arang aktif ampas tebu dan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ ampas tebu dalam menyerap zat warna Sinarcion Red C8B. Grafik hubungan antara konsentrasi dan jumlah zat warna yang teradsorpsi (Q_a) pada kedua adsorben ditunjukkan pada Gambar 6.

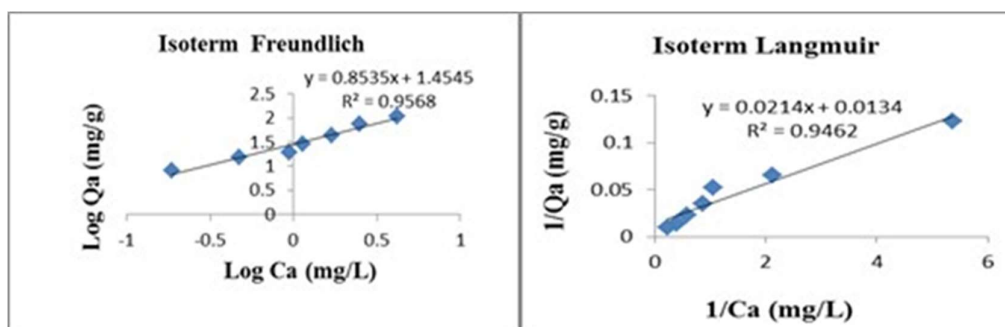


Gambar 6 Variasi Konsentrasi terhadap jumlah ion Sinarcion Red C8B teradsorpsi (Q_a) oleh arang aktif dan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$

Berdasarkan Gambar 6, pada konsentrasi 10 mg/L, nilai Q_a untuk arang aktif ampas tebu dan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ ampas tebu masing-masing adalah 0,1866 mg/g dan 0,1598 mg/g. Nilai ini meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi larutan pada 20, 30, 40, 60, dan 100 mg/L, hingga mencapai titik optimum pada konsentrasi 150 mg/L. Pada titik ini, nilai Q_a untuk arang

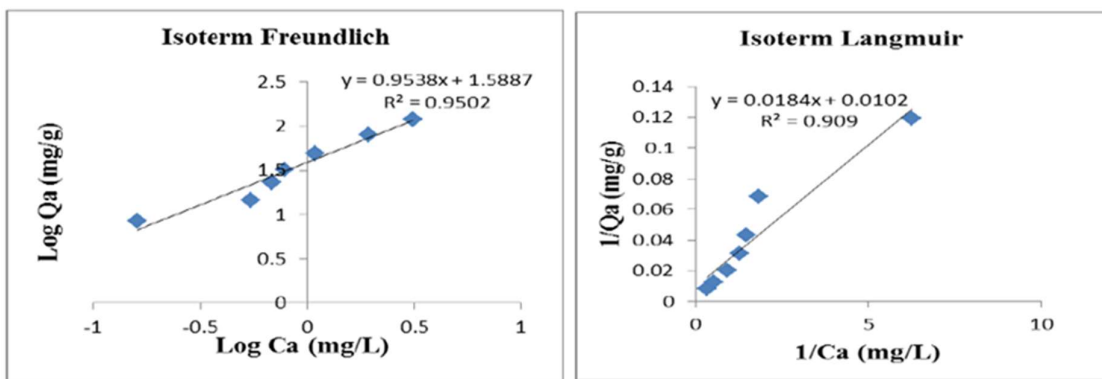
aktif adalah 4,192 mg/g dan untuk komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ adalah 3,1205 mg/g. Peningkatan ini terjadi karena permukaan adsorben masih memiliki kapasitas untuk menyerap molekul-molekul zat warna. Namun, ketika permukaan adsorben jenuh, adsorben tidak lagi mampu menahan molekul zat warna yang teradsorpsi, sehingga terjadi penurunan daya adsorpsi. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi adsorbat memperbesar interaksi antara adsorben dan molekul Sinarion Red C8B, namun penelitian hanya dilakukan hingga konsentrasi 150 mg/L.

Berdasarkan data pengaruh konsentrasi terhadap jumlah ion Sinarion Red C8B teradsorpsi (Q_a) pada arang aktif ampas tebu dan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ ampas tebu, maka dapat dilakukan penentuan kapasitas adsorpsi dengan menentukan pola isoterm adsorpsi yang sesuai terhadap kedua adsorben tersebut. Isoterm yang ditentukan yaitu menggunakan isoterm Freundlich dan Langmuir dengan cara membandingkan nilai R^2 yang lebih mendekati 1. Berikut merupakan data isoterm Freundlich dan Langmuir pada adsorpsi zat warna Sinarion Red C8B oleh arang aktif ampas tebu seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich adsorpsi Sinarion Red C8B oleh arang aktif ampas tebu

Berikut merupakan data isoterm Freundlich dan Langmuir pada adsorpsi zat warna Sinarion Red C8B oleh komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ ampas tebu seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich adsorpsi Sinarion Red C8B oleh Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan menganalisis pola isoterm adsorpsi menggunakan model Freundlich dan Langmuir. Hasil perbandingan nilai R^2 ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8. Arang aktif ampas tebu, nilai R^2 dari isoterm Freundlich adalah 0,9568, sedangkan isoterm Langmuir adalah 0,9462. Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AA}$ ampas tebu, nilai R^2 dari isoterm Freundlich adalah 0,9501, sementara isoterm Langmuir memiliki R^2 sebesar 0,9088.

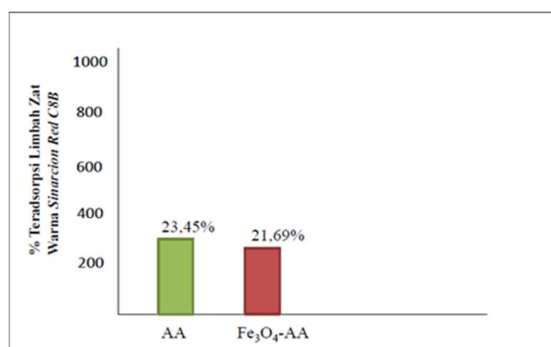
Berdasarkan hasil ini, kapasitas adsorpsi lebih cenderung mengikuti isoterm Freundlich, karena nilai R^2 lebih mendekati 1. Model ini menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi secara multilayer dan bersifat heterogen, di mana penyerapan terjadi di berbagai lapisan permukaan

adsorben. Interaksi ini melibatkan gaya Van der Waals, yaitu gaya tarik-menarik lemah antara adsorbat dan permukaan adsorben [20].

Kapasitas adsorpsi pada komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu lebih rendah dibandingkan dengan arang aktif murni, yakni sebesar 1,0489 mg/g dibandingkan dengan 1,1716 mg/g. Hal ini disebabkan sebagian pori-pori pada arang aktif telah terisi oleh molekul Fe_3O_4 , sehingga mengurangi kemampuan komposit untuk menyerap molekul zat warna [10].

3.7. Aplikasi Terhadap Sampel Limbah Kain Tenun Sarung Samarinda

Dalam penelitian ini menggunakan sampel dari limbah kain tenun Sarung Samarinda yang diperoleh dari limbah pewarnaan benang pembuatan sarung Samarinda yang terletak di Samarinda Seberang menggunakan arang aktif ampas tebu dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Penentuan % Teradsorpsi Limbah Zat Warna Sinarion Red C8B Teradsorpsi oleh Arang aktif dan Fe_3O_4 - AA

Berdasarkan Gambar 9, diperoleh persentase adsorpsi pada arang aktif ampas tebu dan komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu terhadap limbah dengan waktu optimum 45 menit dan berat adsorben 0,1 g. Persentase adsorpsi yang dihasilkan adalah 23,45% dengan Q_a sebesar 26,55 mg/g untuk arang aktif ampas tebu, sedangkan untuk komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu, persentasenya adalah 21,69% dengan Q_a sebesar 24,55 mg/g. Hasil ini menunjukkan bahwa arang aktif ampas tebu memiliki persentase adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit Fe_3O_4 -AA. Namun, perbedaan nilai antara keduanya tidak terlalu signifikan. Penurunan kemampuan adsorpsi pada komposit Fe_3O_4 -AA dapat disebabkan oleh pori-pori adsorben yang sebagian telah terisi oleh molekul Fe_3O_4 . Meskipun waktu kontak optimum selama 45 menit dan berat adsorben 0,1 g digunakan, komposit telah mencapai titik jenuh sehingga kemampuannya dalam menyerap adsorbat menurun [7].

4. Kesimpulan

Karakteristik komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu berdasarkan analisis FTIR menunjukkan keberadaan gugus C-O dan Fe-O. Hasil analisis XRD memperlihatkan bahwa pola difraksi arang memiliki struktur amorf. Kondisi optimum untuk komposit Fe_3O_4 -AA ampas tebu dicapai pada waktu kontak 45 menit dan berat adsorben 0,1 g. Adsorpsi ini mengikuti model isoterm Freundlich, dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1,0489 mg/g dan persentase adsorpsi terhadap limbah kain tenun Sarung Samarinda sebesar 21,69%.

References

- [1] P. P. Purwadi, "Kajian Sarung Samarinda Dari Prespektif Pemangku Kepentingan," *Kinerja*, vol 12, no 2, hal 89-101, 2015.
- [2] T. Nurlaili, L. Kurniasari, and R. D. Ratnani, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Orange Dalam Larutan," *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, vol. 2, no. 2, hal 11-14, Oct. 2017, doi: 10.31942/inteka.v2i2.1938.

-
- [3] S. Hajati, M. Ghaedi, F. Karimi, B. Barazesh, R. Sahraei, and A. Daneshfar, "Competitive adsorption of Direct Yellow 12 and Reactive Orange 12 on ZnS:Mn nanoparticles loaded on activated carbon as novel adsorbent," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 20, no. 2, pp. 564–571, May 2013, doi: 10.1016/j.jiec.2013.05.015.
- [4] D. S. Brookstein, "Factors Associated with Textile Pattern Dermatitis Caused by Contact Allergy to Dyes, Finishes, Foams, and Preservatives," *Dermatologic Clinics*, vol. 27, no. 3, pp. 309–322, Jul. 2009, doi: 10.1016/j.det.2009.05.001.
- [5] E. Widjajanti E, T. P. Regina, dan M. P. Utomo, "Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga," *Prosiding Seminar Nasional Penelitian*, Universitas Negeri Yogyakarta., 2011.
- [6] R. A. E. Trisnawan, "Pemanfaatan Karbon Aktif Ampas Tebu Untuk Menurunkan Kadar Logam Pb Dalam Larutan Air," *Skripsi*. Univeristas Negeri Semarang, 2015.
- [7] Slamet, M. Ellyana, dan S. Bismo, "Modifikasi Zeolit Alam Lampung Dengan Fotokatalis TiO_2 Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya Untuk Penyisihan Fenol," *Jurnal Teknologi*, vol. 22, no. 1, hal. 59-68, 2008.
- [8] R. Irwandi, S. R. Yenti, dan Chairul, "Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Pb," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol. 2, no. 2, hal. 1-9, 2015. [Online], <https://jom.unri.ac.id/index.php/IOMFTEKNIK/article/view/7756>.
- [9] A. Ariyani, "Pembuatan Komposit Magnet Oksida Besi-Arang Aktif Sebagai Adsorben Cs dan Sr," *Skripsi*, IPB, Bogor, Indonesia, 2011.
- [10] A. Fisli, R. D. Safitri, N. Nurhasni, and D. Deswita, "Analisis Struktur Dan Porositas Komposit Fe_3O_4 -Karbon Aktif Dari Limbah Kertas sebagai Adsorben Magnetik," *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 19, no. 4, p. 179-187, Jul. 2018, doi: [10.17146/jsmi.2018.19.4.4886](https://doi.org/10.17146/jsmi.2018.19.4.4886).
- [11] B. Poerwadi, F. F. Miranda, M. D. Arini, R. Oktavian, and R. Zulhijah, "Synthesis of Natural Zeolite Adsorbent with Microwave-assisted Activation for CO_2 Adsorption," *Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, Feb. 2017, doi: [10.21776/ub.rbact.2017.001.01.01](https://doi.org/10.21776/ub.rbact.2017.001.01.01).
- [12] Verayana, M. Paputungan, H. Iyabu, "Pengaruh Aktivator HCl dan H_3PO_4 Terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb)," *Jurnal Entropi*, vol. 13, no. 1, hal. 67-75, 2018.
- [13] N Prabarini, DG Okayadnya, "Penyisihan logam besi (Fe) pada air sumur dengan karbon aktif dari tempurung kemiri," *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 5, no. 2, hal. 33-41, 2013.
- [14] Asrijal, S. Chadijah dan Aisyah, "Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H_2SO_4) pada Karbon Aktif Ampas Tebu Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal," *Jurnal Kimia UIN Alauddin Makassar*, vol. 2, no.1, hal. 33-44, 2014.
- [15] T. A. Bangu, T. A. Zahara, and A. Shofiyani, "Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Buah Karet Untuk Adsorpsi Ion Besi (II) dalam Larutan," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 5, no. 3, pp. 18–24, Apr. 2016, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/14908>.
- [16] E. J. Anggriani and T. Wirawan, "Utilization Of Coffee Grounds As Activated Carbon For Rhodamine B Adsorbent," *Jurnal Kimia Mulawarman*, vol. 18, no. 1, pp. 22–29, Nov. 2020, doi: [http://dx.doi.org/10.30872/jkm.v18i1.88410.30872/jkm.v18i1.884](https://dx.doi.org/10.30872/jkm.v18i1.88410.30872/jkm.v18i1.884).
- [17] E. Altıntig, H. Altundag, M. Tuzen, and A. Sari, "Effective removal of methylene blue from aqueous solutions using magnetic loaded activated carbon as novel adsorbent," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 122, pp. 151–163, Apr. 2017, doi: [10.1016/j.cherd.2017.03.035](https://doi.org/10.1016/j.cherd.2017.03.035).
-

-
- [18] A. S. Maylani, T. Sulistyaningsih, and E. Kusumastuti, "Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium," *journal.unnes.ac.id*, vol. 5, no. 3, pp. 130–135, Aug. 2016, doi: 10.15294/ijcs.v5i2.11447.
- [19] P. Taba, S. Fauziah dan E. Passasaran, "Pengurangan Konsentrasi Merah Reaktif-1 dari Lingkungan Perairan Melalui Adsorpsi pada Karbon Mesopori (CMK-1) dan Karbon Aktif Kulit Kakao (*Theobroma cacao*)," *Marina Chimica Acta*, vol. 5, no. 2, hal. 15-21, 2004.
- [20] Jasmal, Sulfikar dan Ramlawati, "Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga Pinnata*) terhadap Pb^{2+} ," *Jurnal Sainsmat*, vol. 4, no. 1, hal. 57-66, 2015.[Online] <https://ojs.unm.ac.id/sainsmat/article/view/1284>.