

ADSORPSI ZAT WARNA DIREK HITAM MENGGUNAKAN ARANG AKTIF DARI MAHKOTA NANAS (*Ananas comosus (L) Merr*) TERMODIFIKASI KITOSAN

ADSORPTION OF BLACK DIRECT DYES USING ACTIVATED CHARCOAL FROM PINEAPPLE CROWN (*Ananas comosus (L) Merr*) MODIFIED CHITOSAN

Raisya Karina Putri, Bohari Yusuf*, Nanang Tri Widodo

Program Studi S1 Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman
Jalan Barong Tongkok No.4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123

* Corresponding Author : bohari@unmul.ac.id

Article History

Submitted : 22 October 2024 Accepted: 24 February 2025

ABSTRACT

Consumption of pineapple fruit (*Ananas comosus (L) Merr*) results in solid waste of about 45-65%, especially the pineapple crown. On the other hand, the textile industry uses dyes such as recolors that can cause pollution in the aquatic environment. This study aims to use activated charcoal from chitosan-modified pineapple crown as an adsorbent for direct dyes. The steps taken are characterizing activated charcoal, chitosan and chitosan-modified activated charcoal using Fourier Transform Infrared (FT-IR) and Scanning Electron Microscopy (SEM), optimizing with variations in mass, contact time and pH, and determining the maximum adsorption capacity. Preparation of pineapple crown activated charcoal carbonated at 400°C for 1 hour. Activated using 2% NaOH and then modified with chitosan. The chitosan-modified pineapple crown activated charcoal was used to adsorb the dye direct black and analyzed using a UV-Vis spectrophotometer. The results of FT-IR characterization of pineapple crown activated charcoal, chitosan and chitosan-modified pineapple crown activated charcoal indicated the presence of O-H and C=O groups, and in chitosan and chitosan-modified activated charcoal also indicated the appearance of overlapping N-H (amine), C-N (amide) and C-O-C groups. The results of SEM characterization of pineapple crown activated charcoal show that the surface has a smooth texture, chitosan has a rough and irregular texture surface and chitosan-modified pineapple crown activated charcoal has small clumps of various sizes and shapes. The results of the optimum conditions of adsorption of chitosan-modified pineapple crown activated charcoal on black rec dye occurred at a mass of 0.25 grams, contact time for 20 minutes and pH 7 with a maximum adsorption capacity of 11,6472 mg/g following the Langmuir isotherm.

Keywords: Adsorption, Direct Dye, Pineapple Crown, Activated Charcoal, Chitosan Modified.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang cukup besar dalam kontribusi buah nanas, salah satunya yaitu Kalimantan Timur. Rata-rata massa dalam 1 buah nanas sebesar 1,5 kg, dimana sekitar 17% dari rata-rata massa buah nanas ialah mahkota nanas dan dapat diperkirakan mahkota nanas pada tahun 2022 di Kalimantan Timur sekitar 6.228,97 ton/tahun.¹ Dalam proses pengolahan buah nanas menghasilkan limbah padat sekitar 45-65%, salah satunya ialah mahkota nanas dari limbah rumah tangga dan industri makanan.² Komposisi dari mahkota nanas terdiri dari 69,5-71,5% selulosa; 4,4-4,7% lignin; 17,0-17,8% pentosa; 0,71-0,87% abu dan 4,5-5,3% zat lain-lain. Selulosa yang terkandung di dalam mahkota nanas dapat dimanfaatkan menjadi arang aktif.¹

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Kegiatan industri tekstil memproduksi hasil samping berupa limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan (*dyeing*).³ Salah satu zat warna yang sering digunakan oleh industri tekstil yaitu zat warna direk karena memiliki pilihan warna yang beragam, harga relatif murah, kualitas warna yang baik dan mudah didapat, tetapi dapat berdampak bagi lingkungan. Upaya penanganan limbah zat warna direk yang mencemari perairan dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu adsorpsi.⁴

Adsorpsi menggunakan arang aktif yang termodifikasi dapat memperluas permukaan dan meningkatkan daya adsorpsi. Salah satu modifikasi yang cukup tinggi untuk menangani limbah yaitu kitosan.⁵ Arang aktif termodifikasi kitosan memiliki keunggulan yaitu dapat meningkatkan efisiensi penyerapan limbah dalam perairan, dapat meningkatkan ketahanan terhadap kondisi asam, meningkatkan persen massa atom karbon pada adsorben, memperbesar pori-pori permukaan adsorben dan meningkatkan sisi aktif adsorben sehingga dapat meningkatkan penyerapan adsorbat.⁶

Umumnya adsorpsi menggunakan metode *batch*, tetapi metode tersebut memiliki kelemahan karena adanya proses penyaringan untuk memisahkan adsorben dan larutan. Adapun metode adsorpsi selain metode *batch* yaitu metode celup. Keunggulan dari adsorpsi dengan metode celup yaitu relatif murah dan proses pemisahannya tanpa melalui penyaringan.⁷

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini untuk menggunakan arang aktif dari mahkota nanas termodifikasi kitosan sebagai adsorben zat warna direk. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu melakukan karakterisasi arang aktif, kitosan dan arang aktif termodifikasi kitosan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), melakukan optimasi dengan variasi massa, waktu kontak dan pH, serta menentukan kapasitas adsorpsi maksimum.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serangkaian alat gelas, oven, *Furnace Kalstein*, lumpang dan alu, ayakan 100 mesh, botol semprot, *Fourier Transform Infrared* (FT-IR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Orion Aquamate 8100 *Uv-Visible Spectrophotometer*, neraca analitik, *magnetic stirrer*, desikator, pH meter *Thermo Scientific A21*, dan *Orbital Shaker Kalstein YR 05765*.

2.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel mahkota nanas, NaOH (p.a Merck), HCl (p.a Merck), akuades, kitosan, CH₃COOH (p.a Mallinckrodt), kertas saring, natrium tripolifosfat, *methylene blue*, serbuk zat warna direk hitam dan kantong teh.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1. Karbonisasi Arang Aktif dari Mahkota Nanas

Mahkota nanas dicuci hingga bersih, lalu dipotong kecil-kecil. Sampel mahkota nanas dikeringkan di bawah sinar matahari selama ± 2 hari, dilanjutkan dengan proses pengovenan pada suhu 110°C hingga massa konstan. Mahkota nanas dikarbonasi menggunakan furnace dengan suhu 400°C selama 1 jam. Arang mahkota nanas dihaluskan menggunakan lumpang dan alu, lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

2.2.2. Aktivasi Arang Aktif

Arang mahkota nanas sebanyak 20 gram yang telah halus dimasukkan ke dalam gelas kimia, lalu direndam dengan NaOH 2% sebanyak 80 mL selama 24 jam. Arang mahkota nanas disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH netral. Arang aktif dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 1 jam dan didiamkan di dalam desikator.

2.2.3. Modifikasi Arang Aktif dengan Kitosan

Kitosan sebanyak 1 gram dilarutkan dalam 200 mL CH_3COOH 2% dan diaduk selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* sampai mendapatkan campuran berbentuk gel yang seragam. Arang aktif mahkota nanas sebanyak 5 gram ditambahkan ke dalam campuran gel kitosan, kemudian diaduk perlahan selama 20 menit. Campuran ditambahkan natrium tripolifosfat sebanyak 0,8 gram yang telah dilarutkan dalam 100 mL akuades dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen. Setelah itu, disaring dan dicuci hingga pH netral menggunakan akuades dan di oven pada suhu 60°C.⁵

2.2.4. Adsorpsi Zat Warna Direk Hitam

2.2.4.1. Variasi massa

Arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan sebanyak 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3 dan 0,35 gram dimasukkan ke dalam 25 mL larutan zat warna direk hitam 50 mg/L. Campuran diaduk menggunakan shaker selama 30 menit. Setelah itu, campuran disaring dan dianalisa zat warna direk pada filtrat dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

2.2.4.2. Variasi waktu kontak

Massa optimum arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan dimasukkan ke dalam 25 mL larutan zat warna direk hitam 50 mg/L. Campuran diaduk menggunakan shaker selama 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit. Setelah itu, campuran disaring dan dianalisa zat warna direk pada filtrat dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

2.2.4.3. Variasi pH

Massa optimum arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan dimasukkan ke dalam 25 mL larutan zat warna direk hitam 50 mg/L yang pH telah diatur masing-masing 5; 6; 7; 8; 9; 10 dan 11 menggunakan larutan HCl dan larutan NaOH. Campuran diaduk menggunakan shaker dengan waktu optimum. Setelah itu, campuran disaring dan dianalisa zat warna direk pada filtrat dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum

2.2.4.4. Variasi konsentrasi

Massa optimum arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan dimasukkan ke dalam 25 mL larutan zat warna direk hitam dengan masing-masing konsentrasi 25; 50; 100; 150; 300; 500 dan 750 mg/L yang pH telah diatur pada pH optimum. Campuran diaduk menggunakan shaker dengan waktu optimum. Setelah itu, campuran disaring dan dianalisa zat warna direk pada filtrat dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

2.2.5. Penentuan Luas Permukaan dengan Methylene Blue

Arang aktif mahkota nanas, kitosan dan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam 50 mL *methylene blue* 50 mg/L dan diaduk menggunakan shaker selama 30 menit, kemudian disaring. Ditentukan konsentrasi *methylene blue* pada filtrat dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm.

2.2.6. Aplikasi Adsorpsi Zat Warna Direk Pada Air Limbah Sarung Tenun

2.2.6.1. Adsorpsi zat warna direk pada air limbah sarung tenun dengan metode batch

Massa optimum arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan dimasukkan ke dalam 25 mL sampel air limbah sarung tenun dimana pH telah diatur pada pH optimum. Campuran diaduk menggunakan shaker dengan waktu optimum. Setelah itu, campuran disaring dan filtrat diukur absorbansi zat warna direk menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

2.2.6.2. Adsorpsi zat warna direk pada air limbah sarung tenun dengan metode celup

Massa optimum arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan dimasukkan ke dalam kantong teh, diletakkan ke dalam 25 mL sampel air limbah sarung tenun dimana pH telah diatur pada pH optimum. Campuran diaduk menggunakan shaker dengan waktu optimum. Setelah itu, kantong teh dipisahkan dari filtrat dan diukur absorbansi zat warna direk menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

2.3 Analisis Data

Luas permukaan dapat dihitung menggunakan **Persamaan 1** dan **Persamaan 2**, sebagai berikut.⁸

$$Xm = \frac{V \times C}{W} \quad \text{Persamaan 1}$$

$$\text{Luas Permukaan} = \frac{Xm \times N \times A}{Mr} \quad \text{Persamaan 2}$$

Keterangan:

Xm = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

V = Volume larutan (L)

C = Konsentrasi methylene blue yang teradsorpsi (mg/L)

N = Bilangan avogadro (6,02 x 10²³ molekul/mol)

A = Luas penampang methylene blue (197 x 10⁻²⁰ m²/molekul)

Mr = Massa relatif *methylene blue* (g/mol)

W = Massa adsorben (g)

Adapun rumus kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada **Persamaan 3**, sebagai berikut.⁸

$$qe = \frac{(C_0 - Ce) V}{m} \quad \text{Persamaan 3}$$

Keterangan:

m = Massa adsorben (g)

V = Volume larutan (L)

C₀ = Konsentrasi awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

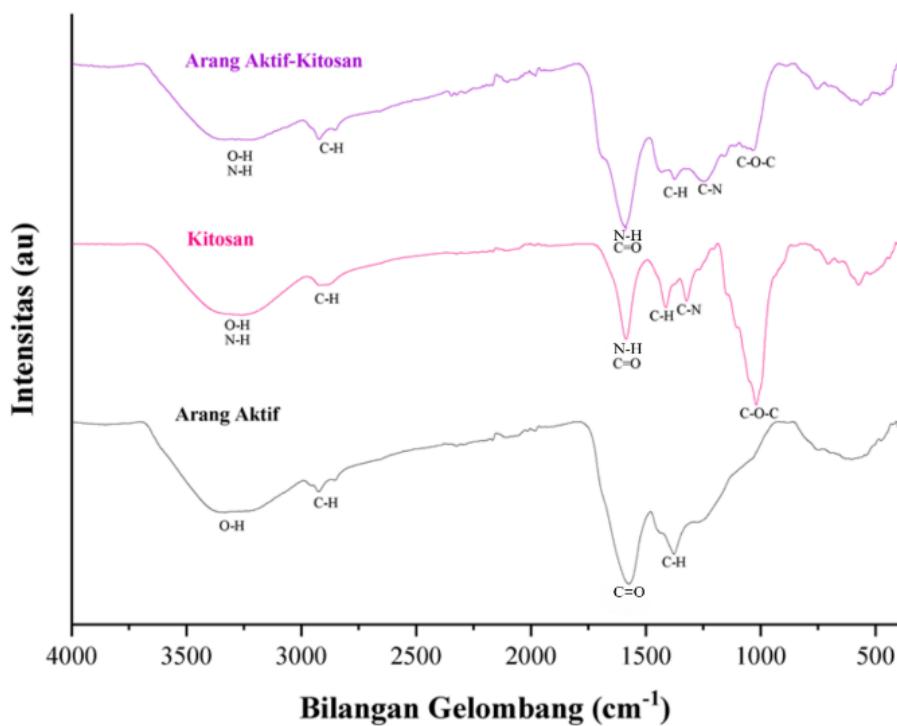
qe = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakterisasi Arang Aktif, Kitosan dan Arang Aktif Termodifikasi Kitosan

3.1.1 Hasil Analisa Fourier Transform Infrared (FT-IR)

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) yang bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi pada arang aktif mahkota nanas, kitosan dan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.

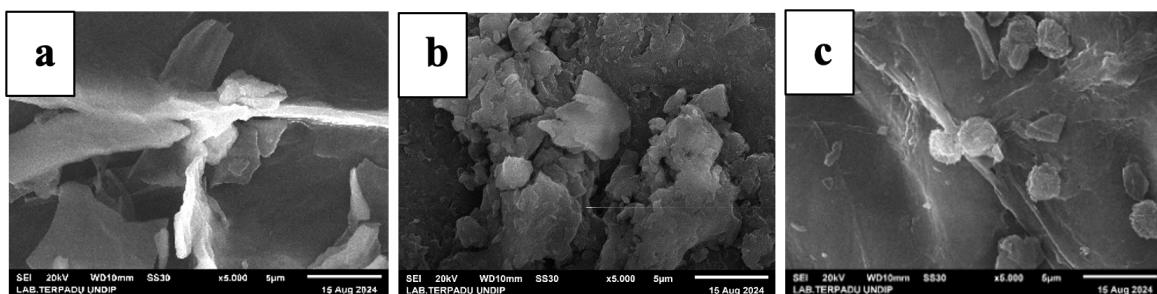


Gambar 1. Hasil spektrum FT-IR arang aktif mahkota nanas, kitosan dan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan.

Berdasarkan hasil dari FT-IR pada **Gambar 1**, menunjukkan adanya spektra arang aktif mahkota nanas pada bilangan gelombang 3333,55 cm⁻¹ yang mengalami ikatan hidrogen yang diindikasi adanya gugus O-H, sedangkan spektra kitosan dan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan pada bilangan gelombang 3259,86 cm⁻¹ dan 3241,68 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus O-H dan gugus N-H (amina). Gugus O-H yang terdeteksi, terdapat juga gugus N-H yang tidak terlihat karena terjadi tumpang tindih dengan serapan gugus O-H⁹. Serapan gugus N-H lebih kecil dibandingkan dengan gugus O-H yang melebar, hal ini disebabkan oleh ikatan hidrogen pada gugus N-H yang lebih lemah.¹⁰ Gugus C=O terindikasi pada spektra arang aktif mahkota nanas yang ditunjukkan pada bilangan gelombang 1573,23 cm⁻¹ yang merupakan gugus khas dari arang aktif. Pada spektra kitosan ditunjukkan pada bilangan gelombang 1585,61 cm⁻¹ dan spektra arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan ditunjukkan pada bilangan gelombang 1590,23 cm⁻¹ terindikasi adanya gugus C=O dan gugus N-H. Terjadi tumpang tindih antara gugus N-H (*bending*) dan gugus C=O, dimana gugus C=O yang merupakan sisa-sisa dari proses deasetilasi yaitu sebagian gugus asetil pada kitin belum diubah menjadi gugus amina⁹. Hasil spektra kitosan menunjukkan adanya gugus C-N (amida) pada bilangan gelombang 1322,07 cm⁻¹, sedangkan spektra arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan muncul pada bilangan gelombang 1247,98 cm⁻¹. Pada spektra kitosan terindikasi adanya gugus C-O-C dari ikatan glikosidik muncul pada bilangan gelombang 1018,63 cm⁻¹ sedangkan spektra arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan muncul pada bilangan gelombang 1028 cm⁻¹ dimana terjadi pergeseran bilangan gelombang yang menandakan adanya ikatan antara arang aktif dengan kitosan.

3.1.2 Hasil Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan pada arang aktif mahkota nanas, kitosan dan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



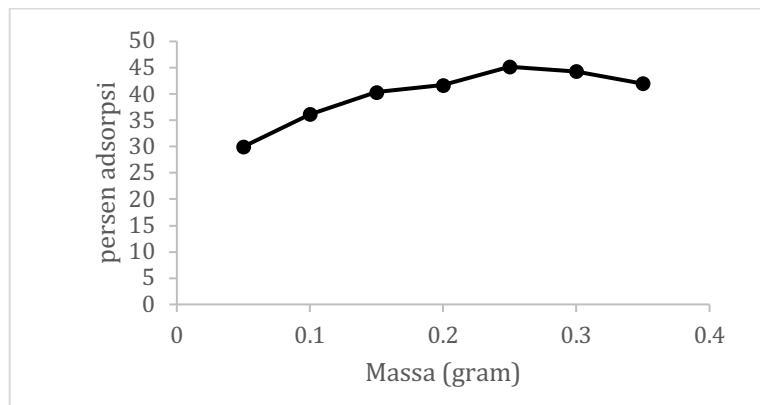
Gambar 2. Hasil karakterisasi SEM dengan pembesaran 5.000x (a) Arang aktif mahkota nanas; (b) Kitosan dan (c) Arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan.

Berdasarkan analisa karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) diperoleh hasil pada **Gambar 2** pada (a) arang aktif mahkota nanas dengan pembesaran 5.000x terlihat morfologi permukaan arang aktif tersebut memiliki tekstur halus. Morfologi permukaan pada (b) kitosan memiliki tekstur yang kasar dan tidak beraturan. Pada morfologi (c) arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan dapat dilihat terdapat penumpukan di beberapa bagian yang disebut aglomerasi. Aglomerasi terjadi akibat dari pembentukan kristal yang tidak sempurna yang disebabkan oleh susunan dan jarak yang tidak merata.¹¹ Bentuk permukaan dapat dilihat dari adanya gumpalan kecil dengan berbagai ukuran dan bentuk yang menandakan kitosan telah terjadi distribusi pada arang aktif.¹²

3.2 Kondisi Optimum Arang Aktif Termodifikasi Kitosan

3.2.1. Variasi Massa

Pada penentuan variasi massa bertujuan untuk mengetahui massa optimum yang dibutuhkan oleh arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan untuk mengadsorpsi zat warna direk hitam ditunjukkan pada **Gambar 3**.

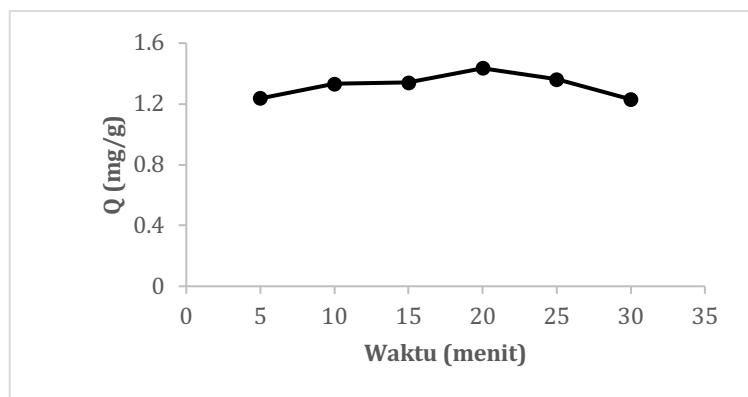


Gambar 3. Grafik variasi massa arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan terhadap persen adsorpsi zat warna direk hitam.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 3**. menunjukkan bahwa massa optimum arang aktif mahkota nanas untuk mengadsorpsi zat warna direk hitam sebesar 0,25 g dengan persen adsorpsi sebesar 45,18% dan kapasitas adsorpsi sebesar 2,2591 mg/g. Pada massa 0,25 gram merupakan massa optimum karena terjadi keseimbangan antara zat warna direk hitam yang diserap oleh arang aktif termodifikasi kitosan dengan jumlah zat warna direk hitam yang tersisa dalam larutan, sehingga adsorben telah mengikat zat warna secara maksimal. Ketika massa lebih dari 0,25 gram mengalami penurunan pada persen adsorpsinya, hal ini disebabkan karena adanya tumpang tindih selama proses adsorpsi akibat adsorben mengalami penggumpalan yang menyebabkan luas permukaan pada adsorben menjadi lebih kecil sehingga sisi aktif adsorben berkurang.¹³

3.2.2 Variasi Waktu Kontak

Pada penentuan variasi waktu kontak bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum yang dibutuhkan oleh arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan untuk mengadsorpsi zat warna direk hitam ditunjukkan pada **Gambar 4**.

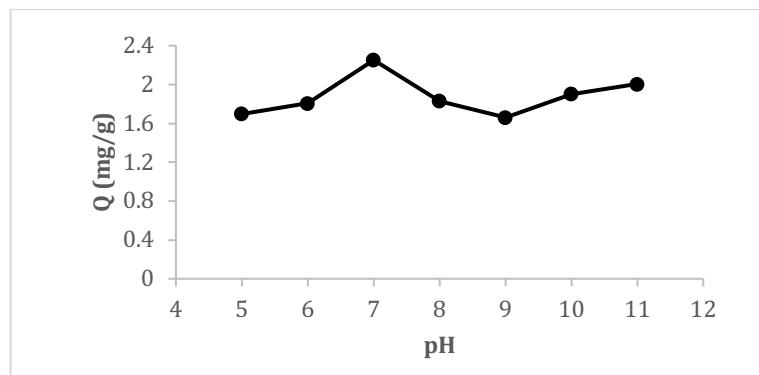


Gambar 4. Grafik variasi waktu arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan terhadap kapasitas adsorpsi zat warna direk hitam.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 4**. menunjukkan bahwa waktu kontak optimum arang aktif mahkota nanas untuk mengadsorpsi zat warna direk hitam selama 20 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 1,4343 mg/g dan persen adsorpsi sebesar 28,69%. Pada rentang waktu 5-15 menit terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi dan pada rentang waktu 25-30 menit terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Proses adsorpsi larutan zat warna akan mengalami penurunan apabila sudah mencapai waktu kontak optimum. Peristiwa ini dikarenakan saat telah mencapai waktu kontak optimum maka akan terjadi proses desorpsi yang disebabkan oleh sisi aktif pada permukaan adsorben sudah tidak tersedia lagi karena pori-pori adsorben sudah terisi oleh molekul adsorbat zat warna. Hal ini akan mengakibatkan terbentuk suatu lapisan baru pada permukaan adsorben.¹⁴

3.2.3 Variasi pH

Pada penentuan variasi pH bertujuan untuk mengetahui pH optimum dari zat warna direk hitam yang teradsorpsi menggunakan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan ditunjukkan pada **Gambar 5**.

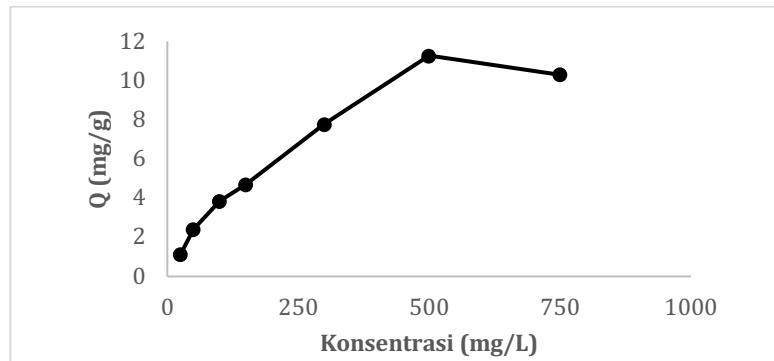


Gambar 5. Grafik variasi pH arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan terhadap kapasitas adsorpsi zat warna direk hitam.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa pH optimum zat warna direk hitam yang teradsorpsi terjadi pada pH 7 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,2518 mg/g dan persen adsorpsi sebesar 45,04%. Diperoleh pH netral mengakibatkan persen adsorpsi tergolong tinggi hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi sebagian besar akan terjadi melalui gaya Van Der Waals dan tidak akan terpengaruh oleh interaksi elektrostatik. Pada rentang pH 5-7 terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi, sedangkan pada rentang pH 8-9 terjadi penurunan kapasitas adsorpsi, dimana daya serap adsorben akan semakin berkurang dengan bertambahnya pH, hal ini dikarenakan adanya interaksi elektrostatik antara permukaan adsorben dengan permukaan zat warna. Pada rentang pH 10-11 terjadi kembali peningkatan kapasitas adsorpsi, dimana pH basa terjadi kesetimbangan antara zat warna dengan ion hidroksil pada larutan yang menyebabkan zat warna bisa menangkap ion hidroksil yang ditambahkan, tetapi jika pH dinaikkan maka ion OH⁻ akan semakin banyak pada larutan dan zat warna tidak akan mampu menangkap ion OH⁻.¹⁴

3.3 Kapasitas Adsorpsi Maksimum

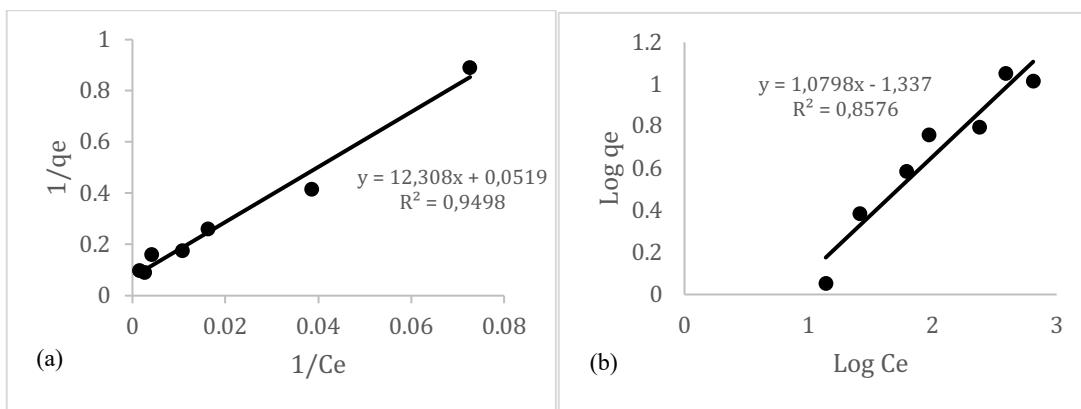
Pada penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi maksimum arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan terhadap zat warna direk hitam menggunakan variasi konsentrasi ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik variasi konsentrasi arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan terhadap kapasitas adsorpsi zat warna direk hitam.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 6** menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi zat warna direk hitam oleh arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan mengalami peningkatan dengan meningkatnya konsentrasi pada zat warna direk hitam, dimana diperoleh konsentrasi optimum sebesar 500 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 11,6472 mg/g dan persen adsorpsi sebesar 22,55%. Peningkatan yang cukup signifikan dari konsentrasi 25-500 mg/L, dimana terjadinya peningkatan kapasitas adsorpsi diakibatkan belum jenuhnya sisi aktif pada permukaan adsorben sehingga semakin tinggi konsentrasi zat warna direk hitam akan semakin banyak molekul zat warna yang teradsorpsi. Pada konsentrasi >500 mg/L terjadi penurunan yang cukup signifikan sehingga menunjukkan permukaan adsorben yang digunakan telah melewati titik jenuh sehingga pori-pori pada permukaan adsorben tidak mampu lagi mengikat molekul-molekul zat warna yang masih tersisa pada larutan.¹⁵

Isoterm adsorpsi yang digunakan yaitu isoterm Langmuir dan Freundlich. Kurva isoterm Langmuir dan Freundlich berdasarkan persamaan regresi pada adsorpsi zat warna direk hitam oleh arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan yang disajikan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. (a) Isoterm Langmuir dan (b) Isoterm Freundlich

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Gambar 7** menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi zat warna direk hitam oleh arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan yaitu isoterm Langmuir memiliki R^2 sebesar 0,9498 sedangkan isoterm Freundlich memiliki R^2 sebesar 0,8576. Pada proses adsorpsi zat warna direk hitam oleh arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir karena mempunyai nilai R^2 lebih besar daripada isoterm adsorpsi Freundlich. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi zat warna direk hitam dengan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan berlangsung satu lapis (*monolayer*) dan situs permukaannya bersifat homogen karena setiap sisi aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul.¹⁶

3.4 Penentuan Luas Permukaan dengan Methylene Blue

Hasil penentuan luas permukaan arang aktif, kitosan dan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan sebesar $91,3493 \text{ m}^2/\text{g}$; $88,5650 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $90,2028 \text{ m}^2/\text{g}$. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar persen adsorpsi dan kapasitas adsorpsi adsorben sehingga mampu menyerap lebih banyak adsorbat, tetapi pada penelitian ini terjadi penurunan pada arang aktif termodifikasi kitosan. Hal ini dapat disebabkan oleh terbentuknya gumpalan sehingga terjadi penyumbatan pori-pori arang aktif sehingga menurunkan luas permukaan pada arang aktif termodifikasi kitosan dalam proses adsorpsi.¹⁷

3.5 Aplikasi Adsorpsi Zat Warna Direk Pada Air Limbah Sarung Tenun

3.5.1 Adsorpsi Zat Warna Direk Pada Air Limbah Sarung Tenun dengan Metode Batch

Pada penelitian ini dilakukan pengaplikasian pada air limbah sarung tenun warna hitam dengan metode *batch* yang bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi air limbah sarung tenun warna hitam yang teradsorpsi menggunakan arang aktif termodifikasi kitosan. Konsentrasi zat warna direk hitam pada air limbah sarung tenun sebesar $2645,985 \text{ mg/L}$. Diperoleh persen adsorpsi sebesar 21,03% dan kapasitas adsorpsi sebesar $55,65 \text{ mg/g}$. Hasil persen adsorpsi pada penelitian ini tergolong rendah sebesar 21,03% disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik pada limbah yang menyebabkan terjadinya kompetisi penyerapan zat-zat adsorbat oleh arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan.¹⁸ Pada metode *batch* ini memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, dimana kapasitas adsorpsinya semakin meningkat sedangkan persen adsorpsi akan semakin menurun, hal ini disebabkan oleh konsentrasi awal yang tinggi. Pada konsentrasi yang tinggi tersebut mendorong terjadinya transfer massa antara larutan zat warna dan permukaan adsorben.¹⁹

3.5.2 Adsorpsi Zat Warna Direk Pada Air Limbah Sarung Tenun dengan Metode Celup

Pada penelitian ini dilakukan pengaplikasian pada air limbah sarung tenun warna hitam dengan metode celup yang bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi air limbah sarung tenun warna hitam yang teradsorpsi menggunakan arang aktif termodifikasi kitosan. Konsentrasi zat warna direk hitam pada air limbah sarung tenun sebesar $2645,985 \text{ mg/L}$. Diperoleh persen adsorpsi sebesar 15,66% dan kapasitas adsorpsi sebesar $41,42 \text{ mg/g}$. Hasil persen adsorpsi pada penelitian ini tergolong rendah sebesar 15,66 % diduga terdapat lebih

dari satu macam zat warna di dalam limbah.²⁰ Pada metode celup ini memiliki juga kapasitas adsorpsi yang tinggi, hal ini disebabkan konsentrasi awal yang tinggi. Terjadi persaingan pada molekul-molekul zat warna dalam menempati sisi aktif pada permukaan adsorben.¹⁹

4. KESIMPULAN

Pada hasil karakterisasi arang aktif mahkota nanas, kitosan dan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan dengan FT-IR terindikasi adanya gugus O-H dan gugus C=O, serta hasil karakterisasi FT-IR kitosan dan arang aktif termodifikasi kitosan terindikasi juga munculnya gugus N-H yang bertumpang tindih, gugus C-N dan gugus C-O-C karena adanya penambahan kitosan. Pada hasil karakterisasi SEM arang aktif mahkota nanas terlihat morfologi permukaan arang aktif tersebut memiliki tekstur halus, pada kitosan memiliki permukaan yang kasar dan tidak beraturan dan arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan dapat dilihat terdapat gumpalan kecil dengan berbagai ukuran dan bentuk. Hasil kondisi optimum adsorpsi arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan terhadap zat warna direk hitam terjadi pada massa sebesar 0,25 gram dengan waktu kontak selama 20 menit dan terjadi pada pH 7. Hasil kapasitas adsorpsi maksimum arang aktif mahkota nanas termodifikasi kitosan terhadap zat warna direk hitam sebesar 11,6472 mg/g dimana mengikuti isoterm Langmuir.

DAFTAR PUSTAKA

1. Munira, M., Arman, M., Syarif, T., Gusnawati, G., & Darnengsih, D. Karakterisasi Dan Modifikasi Karbon Aktif Dari Mahkota Nanas Sebagai Bioadsorben. *Journal of Chemical Process Engineering* **2022**, 7(2), 123–129.
2. Astuti, W., Sulistyaningsih, T., Kusumastuti, E., Yanny, G., & Sari, R. Bioresource Technology Thermal conversion of pineapple crown leaf waste to magnetized activated carbon for dye removal. *Bioresource Technology* **2019**, 287, 1-8.
3. Mustafa., Nadir, M., Irwan, M., Bektı, R. A. S. Penggunaan Metode Fitoremidiasi Eceng Gondok Guna Mereduksi Nilai COD, TTS dan pH Pada Pengelolaan Air Limbah Sarung Tenun Samarinda. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* **2019**, 44-49.
4. Rosigita, G., Hazlina, N., Choirunayli, N., Sari, R. P., Pangastuti, D. N. M., & Lestari, S. Degradasi Zat Warna Direk Merah Secara Elektrolisis. *Jurnal Atomik* **2023**, 08(2), 60–64.
5. Wardani, G. A., Octavia, A. N., Fathurohman, M., Hidayat, T., & Nofiyanti, E. Arang Aktif Ampas Tebu Termodifikasi Kitosan sebagai Adsorben Tetrasiklin: Pemanfaatan Metode Kolom. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia* **2022**, 8(3), 280–291.
6. Nurhidayanti, N., Suwazan, D., Fahmi, A. B., & Riyadi, A. Pemanfaatan Kitosan Dan Karbon Aktif Dari Ampas Teh Dalam Menurunkan Logam Kadmium Dan Arsen Pada Limbah Industri Pt X. *Jurnal Reka Lingkungan* **2022**, 10(2), 91–102.
7. Nafila, T. I., Yusuf, B., & Wirawan, T. Adsorpsi Logam Kadmium (Cd) menggunakan Adsorben Ampas Teh dengan Metode. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Terapan II* **2022**, 2987–9922.
8. Oliviani, N., Wirawan, T., & Sitorus, S. Adsorpsi Zat Warna Tekstil Ungu Dari Air Limbah Industri Rumah Tangga Sarung Tenun Samarinda Seberang Dengan Menggunakan Serbuk Kulit Buah Lai. *Jurnal Atomik* **2023**, 08(2), 43–49.
9. Wafi, A., Atmaja, L., & Ni'mah, Y. L. Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Film Gelatin – Kitosan. *Alchemy: Journal Of Chemistry* **2020**, 8(1), 1-8.
10. Djaenudin., Budianto. E., Saepudin, E., & Nasir, M. Ekstraksi Kitosan Dari Cangkang Rajungan Pada Lama Dan Pengulangan Perendaman Yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan* **2019**, 10(1), 49-59.
11. Suhendi, A. F., Amalia, V., & Supriatna, A. M. Karbon Aktif Limbah Serbuk Kayu Jati Termodifikasi Kitosan sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (II). *Seminar Nasional Kimia UIN Sunan Gunung Djati* **2023**, II.
12. Hossain, M. K., Hossain, M. M., & Akhtar, S. Studies on Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Activity of TiO₂ and Cr-Doped TiO₂ for the Degradation of *p*-Chlorophenol. *ACS Omega* **2022**, 22(5), 134–142.

13. Nurlaili, T., Kurniasari, L., & Ratnani, R. D. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Orange Dalam Larutan. *Inovasi Teknik Kimia* **2017**, 2(2), 11-14.
14. Febriani, A., Umaro, S. A., Nursa'adah, E., & Firdaus, M. L. Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Malachite Green Dan Violet Dye Menggunakan Metal Organic Frameworks (Fe-BDC). *Jurnal Kependidikan Kimia* **2022**, 10(2), 61-72.
15. Sahara, E., Gayatri, P. S., & Suarya, P. Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B Dalam Larutan Oleh Arang Aktif Batang Tanaman Gumitir Teraktivasi Asam Fosfat. *Cakra Kimia* **2018**, 6(1), 37-45.
16. Novita, E., Wahyuningsih, S., Kamil, N. S., & Pradana, H. A. Model Adsorpsi Isoterm Arang Aktif Kulit Kopi Pada Penurunan Warna Air Limbah Pengolahan Kopi. *Agrin* **2021**, 25(1), 22.
17. Elhady, S., Bassyouni, M., Elshikhiby, M. Z., Saleh, M. Y., & Elzahar, M. H. Advanced Chitosan-Based Composites For Sustainable Removal Of Congo Red From Textile Wastewater. *Discover Sustainability* **2024**, 5, 271.
18. Mizwar, A., & Diena, N. N. F. Penyisihan Warna Pada Limbah Cair Industri Sasirangan Dengan Adsorpsi Karbon Aktif. *Info Teknik* **2012**, 13(1), 11-16.
19. Zahra, N. L., Sugiyana, D., & Notodarmojo, S. Adsorpsi Zat Warna Tekstil Reactive Red 141 Pada Tanah Liat Lokal Alami. *Arena Tekstil* **2014**, 29(2), 63-72.
20. Fladinir, A. T, Suseno, H. P, & Sunarsih, S. Efektivitas Karbon Aktif Tempurung Kemiri Dalam Menurunkan Kadar Warna Naftol Merah Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Teknologi* **2022**, 15(1), 30-37.