

## Analisis Pengaruh Rasio Komposit Silika-Kitosan Sebagai Adsorben Zat Warna Pada Limbah Cair Jumputan

Eza Adlin, Selastia Yuliati, Anerasari Meidinariasty\*

Politeknik Negeri Sriwijaya

\*Penulis korespondensi: anerasari@polsri.ac.id

**Abstrak.** Produksi kain jumputan menghasilkan limbah cair yang mengandung zat warna sintetis yang sulit terurai dan dapat mencemari lingkungan. Adsorpsi menjadi solusi alternatif yang sederhana dan efektif, namun kinerjanya dipengaruhi oleh karakteristik adsorben. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh rasio komposit terhadap efisiensi adsorpsi zat warna pada limbah cair jumputan, serta menentukan rasio dan waktu kontak optimum. Komposit adsorben pada penelitian dibuat dari silika dan kitosan variasi rasio silika-kitosan 1:1, 1:2 dan 2:1. Adsorpsi dilakukan secara batch menggunakan 100 mg adsorben dengan 50 mL limbah pada variasi waktu kontak dari 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio silika-kitosan optimum yaitu 2:1 dengan efisiensi adsorpsi sebesar 91,670% dan kapasitas adsorpsi 5,769 mg/g pada waktu kontak 15 menit. Karakterisasi FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus fungsi -OH, -NH, Si-O-Si, dan Si-OH, sedangkan SEM-EDX menunjukkan morfologi permukaan yang kasar dengan unsur penyusun O, C, N, dan Si.

**Kata Kunci:** limbah jumputan; adsorpsi; silika; kitosan; zat warna

**Abstract.** Abstract. The production of jumputan fabric generates wastewater containing synthetic dyes that are difficult to decompose and can pollute the environment. Adsorption is an alternative solution that is simple and effective, but its performance is influenced by the characteristics of the adsorbent. This study aims to analyze the effect of composite ratio on the adsorption efficiency of dyes in jumputan wastewater, as well as to determine the optimum ratio and contact time. The adsorbent composite in this study was made from silica and chitosan with variations in silica-chitosan ratios of 1:1, 1:2, and 2:1. Adsorption was carried out using a batch method with 100 mg of adsorbent and 50 mL of wastewater at contact time variations of 15, 30, 60, 90, and 120 minutes. The results showed that the optimum silica-chitosan ratio was 2:1, with an adsorption efficiency of 91.670% and an adsorption capacity of 5.769 mg/g at a contact time of 15 minutes. FTIR characterization confirmed the presence of -OH, -NH, Si-O-Si, and Si-OH functional groups, while SEM-EDX showed a rough surface morphology with the constituent elements O, C, N, and Si.

**Keywords:** jumputan wastewater; adsorption; silica; chitosan; dye

### 1. Pendahuluan

Kota Palembang mengalami perkembangan dalam produksi kain jumputan seiring dengan tingginya minat dan permintaan konsumen dari daerah maupun mancanegara (Susmanto et al., 2020). Namun peningkatan produksi kain jumputan juga meningkatkan penggunaan air untuk pencucian dan pewarnaan kain yang kemudian menghasilkan limbah cair karena sebagian zat warna tidak terserap sempurna oleh serat kain dan terbawa ke air limbah (Novitasari et al., 2023). Pewarna sintetis yang umum digunakan memiliki kestabilan tinggi sehingga sulit terurai secara alami (Dwiasi et al., 2018). Akibatnya, limbah cair hasil pewarnaan jumputan mengandung garam, bahan alkali, surfaktan dan pewarna sintetis yang menyebabkan warna limbah menjadi pekat. Apabila dibuang langsung ke badan air dapat menghalangi penetrasi cahaya ke dalam air dan menghambat proses fotosintesis organisme air. Akibatnya terjadi penurunan kadar oksigen terlarut pada air, biodegradasi organisme aerobik terhambat, dan menyebabkan toksisitas pada makhluk hidup di air (Islam et al., 2025). Maka dari itu, diperlukan alternatif metode yang efektif untuk menurunkan zat warna pada limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

Berbagai metode seperti metode fisik, kimia, dan biologis konvensional telah digunakan untuk menurunkan konsentrasi polutan dalam limbah zat warna. Namun metode-metode ini memiliki keterbatasan seperti koagulasi-flokulasi menghasilkan lumpur yang berpotensi mengandung racun dan memerlukan penanganan lanjutan, fisik konvensional yang masih menyisakan kontaminan terlarut, serta metode biologis konvensional hanya sesuai untuk kontaminan yang dapat terurai secara alami (Rame, 2020). Karenanya diperlukan metode yang lebih sederhana dan efektif dalam mengurangi kandungan zat warna pada limbah jumputan seperti metode adsorpsi.

Metode adsorpsi telah banyak diterapkan untuk pengolahan limbah tekstil karena prosesnya yang relatif sederhana dan mampu menghilangkan zat warna hingga konsentrasi rendah. Keberhasilan proses adsorpsi dipengaruhi oleh karakteristik adsorben yang digunakan, meliputi luas permukaan spesifik, struktur pori, dan gugus fungsi pada permukaan adsorben (Ismadji dkk., 2021). Silika menjadi salah satu material yang banyak dikembangkan karena memiliki luas permukaan relatif tinggi, struktur pori baik, serta gugus aktif silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si). Gugus silanol pada silika berperan sebagai situs aktif yang memungkinkan terjadinya interaksi dengan molekul zat warna melalui interaksi elektrostatik maupun pembentukan ikatan hidrogen (Haryono et al., 2023). Namun silika memiliki sifat keasaman yang rendah, jumlah situs gugus aktif terbatas dan donor atom oksigen yang bersifat lemah sehingga banyak penelitian sebelumnya melakukan modifikasi menggunakan kitosan (Pawitra et al., 2021). Kitosan memiliki gugus fungsi berupa amina (-NH<sub>2</sub>) dan hidroksil (-OH) yang dapat berinteraksi dengan berbagai senyawa melalui interaksi elektrostatik dan ikatan hidrogen (Ria Nurwidiyani et al., 2025). Karena itu, kombinasi silika dan kitosan berpotensi menghasilkan adsorben dengan luas permukaan tinggi dan lebih banyak gugus aktif untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi.

Beberapa penelitian telah membahas penggunaan silika-kitosan sebagai adsorben pada berbagai jenis adsorbat. (Putra et al., 2022) melakukan sintesis silika dari abu sekam padi yang dimodifikasi dengan kitosan untuk adsorpsi ion Fe pada air permukaan. Penelitian tersebut membahas beberapa komposisi silika-kitosan termasuk rasio 2:1 dan 2:2, diketahui juga bahwa modifikasi dengan kitosan dapat meningkatkan kinerja adsorpsi. Konsentrasi optimum adsorpsi yaitu pada pH 5, dengan waktu kontak 50 menit dan massa adsorben 200 mg. Rasio 2:1 mengadsorpsi ion logam sebesar 0,742 ppm sementara silika tanpa modifikasi hanya mengadsorpsi ion logam sebesar 0,577 ppm. Penelitian oleh (Pawitra et al., 2021) melakukan sintesis adsorben kitosan dan silika dari abu ampas tebu untuk mengadsorpsi ion Cu(II). Adsorpsi dilakukan dengan sistem batch selama 50 menit dan variasi massa kitosan sebesar 0,5; 1; 1,5; dan 2 gr. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kitosan sebesar 2 gr memberikan efisiensi adsorpsi sebesar 99,85%.

Meski penelitian terkait silika-kitosan sebagai adsorben telah banyak dilakukan namun kajian mengenai pengaruh rasio silika-kitosan pada pengolahan limbah cair jumputan masih terbatas. Untuk itu penelitian ini berfokus pada perbandingan rasio silika-kitosan 1:1, 2:1 dan 1:2 untuk menganalisis pengaruh komposisi adsorben terhadap efisiensi dan kapasitas adsorpsi zat warna pada limbah jumputan sekaligus. Penelitian ini juga dilakukan untuk mempelajari pengaruh rasio silika-kitosan dan waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi serta menentukan rasio komposit dengan kinerja adsorpsi terbaik pada limbah jumputan.

## **2. Bahan dan Metode**

### **2.1. Bahan**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya pada tahun 2026. Bahan-bahan yang digunakan meliputi jerami padi kering sebagai bahan baku silika, NaOH sebagai agen pelarut silika, HCl sebagai agen presipitasi, Kitosan sebagai bahan baku komposit, dan CH<sub>3</sub>COOH sebagai pelarut. Peralatan utama dalam penelitian ini meliputi, *furnace*, gelas kimia, gelas ukur, pipet ukur, neraca analitik, *magnetic stirrer*, *hot plate*, termometer, ayakan 100 mesh, oven, spektrofotometer UV-Vis, pH tester, dan mortar.

## 2.2. Metode

Jerami padi dikeringkan di bawah sinar matahari selama tiga hari hingga kering kemudian dilakukan kalsinasi menggunakan *furnace* pada suhu 700 °C selama 4 jam. Abu yang dihasilkan kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Selanjutnya abu direaksikan dengan larutan HCl 1M dan diaduk selama 2 jam dengan perbandingan 1:10 (b/v). Campuran ini kemudian disaring dan dicuci hingga pH netral lalu dikeringkan menggunakan oven.

Abu jerami padi yang telah mengalami proses preparasi kemudian dilarutkan ke dalam NaOH 2M dengan perbandingan 1:6 (b/v) dan diaduk selama 90 menit pada suhu konstan 80 °C. Campuran kemudian didinginkan dan disaring untuk memisahkan antara abu dengan filtratnya. Filtrat yang dihasilkan selanjutnya direaksikan dengan HCl 1M hingga mencapai pH 7 sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer. Campuran kemudian didiamkan semalaman hingga terbentuk endapan berupa gel putih. Gel ini kemudian dicuci menggunakan aquadest dan disaring untuk kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80 °C hingga kering dan diperoleh padatan (Pawitra dkk., 2021).

Pada sintesis adsorben kitosna-silika dilakukan variasi rasio di mana pada rasio 1:1 sebanyak 5 gr kitosan dilarutkan ke dalam 150 mL larutan CH<sub>3</sub>COOH 2% dan diaduk selama 3 jam hingga homogen. Setelah itu ditambahkan serbuk silika sebanyak 5 gram dan diaduk kembali selama 1 jam. prosedur yang sama juga dilakukan untuk rasio 1:2 menggunakan 3 gr kitosan dan 6 gr silika, serta rasio 2:1 menggunakan 6 gr kitosan dan 3 gr silika. Campuran kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 °C hingga kering dan berbentuk padatan. Padatan yang diperoleh kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Serbuk ini merupakan komposit adsorben kitosan-silika.

Proses adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan 0,1 gram komposit kitosan-silika ke dalam 50 mL air limbah jumputan. Proses adsorpsi dilakukan dengan waktu kontak 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Larutan kemudian disaring dan pada filtrat yang diperoleh dilakukan pengukuran kadar zat warna menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengukuran kemudian digunakan untuk menghitung kinerja adsorben dalam menyerap zat warna. Perhitungan efisiensi penyerapan dihitung menggunakan persamaan 1 dan kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\text{Efisiensi penyerapan} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$Q_A = \frac{(C_0 - C_1)V}{m} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

C<sub>0</sub> = konsentrasi awal (mg/L)

C<sub>1</sub> = konsentrasi akhir (mg/L)

Q<sub>A</sub> = Kapasitas Adsorpsi (g/mg)

v = volume adsorbat (L)

m = massa adsorben (g)

Adsorben dengan rasio yang memiliki kapasitas dan efisiensi penyerapan optimum akan dilakukan karakterisasi FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya, dan SEM-EDX untuk mengetahui morfologi dan komposisi kimia yang terkandung di dalamnya.

### 3. Hasil dan Pembahasan

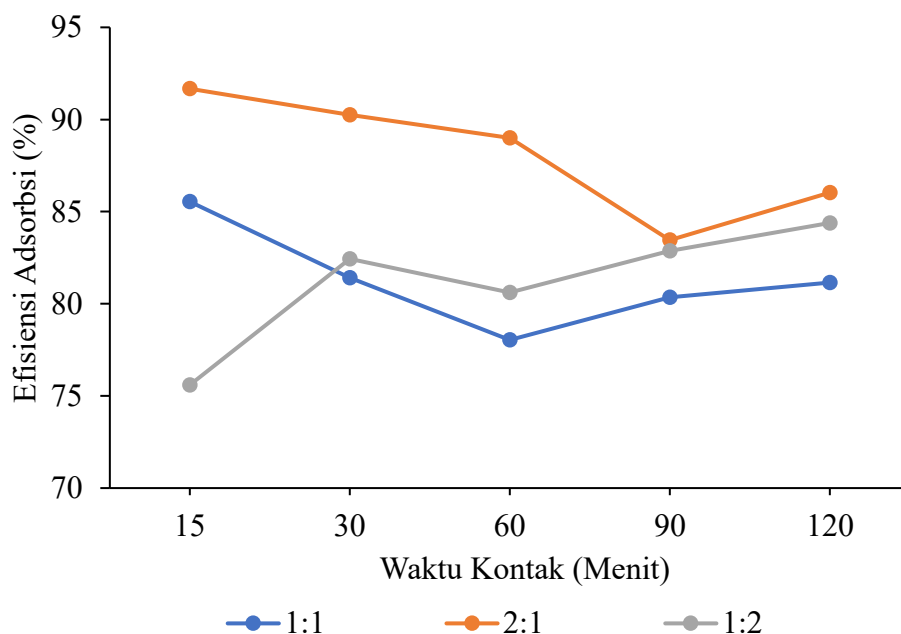
Dalam proses adsorpsi zat warna pada limbah jumputan ini dilakukan variasi terhadap rasio berat kitosan dan silika yang digunakan sebagai adsorben. Terdapat tiga variasi rasio silika-kitosan yang digunakan, yaitu rasio 1:1, rasio 2:1, dan rasio 1:2. Masing-masing komposit ini kemudian dikontakkan dengan limbah cair jumputan yang mengandung dengan variasi waktu kontak 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Limbah yang telah diadsorpsi selanjutnya dianalisa menggunakan Spectrofotometer UV-Vis untuk melihat konsentrasi zat warna yang terdapat pada limbah. Pada limbah jumputan yang telah diencerkan dengan aquadest dengan perbandingan 1:1 v/v, terbaca konsentrasi zat warna sebesar 12,59 ppm. Dari data konsentrasi zat warna yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan terhadap nilai efisiensi dan kapasitas Adsorpsi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1, sebagai berikut.

**Tabel 1.** Data hasil analisa efisiensi adsorpsi

| Rasio Komposit | Waktu Kontak (menit) | Efisiensi Adsorpsi (%) |
|----------------|----------------------|------------------------|
| 1:1            | 15                   | 85,542                 |
|                | 30                   | 81,412                 |
|                | 60                   | 78,038                 |
|                | 90                   | 80,347                 |
|                | 120                  | 81,146                 |
| 2:1            | 15                   | 91,670                 |
|                | 30                   | 90,249                 |
|                | 60                   | 89,005                 |
|                | 90                   | 83,455                 |
|                | 120                  | 86,030                 |
| 1:2            | 15                   | 75,595                 |
|                | 30                   | 82,434                 |
|                | 60                   | 80,613                 |
|                | 90                   | 82,878                 |
|                | 120                  | 84,387                 |

#### 3.2 Pengaruh rasio dan waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi

Efisiensi digunakan untuk mengevaluasi kemampuan adsorben dalam menyisihkan zat warna dari limbah cair. Gambar 1 menunjukkan perubahan efisiensi adsorpsi pada limbah jumputan pada berbagai rasio komposit silika-kitosan dan waktu kontak. Berdasarkan gambar 1, komposit silika-kitosan dengan rasio 2:1 menunjukkan efisiensi adsorpsi tertinggi dibandingkan rasio 1:1 dan 1:2. Waktu optimum dari adsorben silika-kitosan 1:1 dan 2:1 yaitu 15 menit dan mengalami penurunan setelahnya sementara pada rasio 1:2 yaitu pada waktu 120 menit.



**Gambar 1.** Pengaruh rasio dan waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi

Pada adsorben silika-kitosan dengan rasio 2:1, efisiensi adsorpsi tertinggi yaitu 91,67%, rasio 1:1 sebesar 85,45%, dan rasio 1:2 sebesar 84,58%. Efisiensi adsorpsi yang lebih tinggi pada rasio 2:1 ini diduga disebabkan oleh keseimbangan antara jumlah situs aktif dan karakteristik permukaan adsorben. Silika berperan mempertahankan luas permukaan dan struktur pori sedangkan, kitosan sebagai penyedia gugus aktif amina ( $-NH_2$ ) dan hidroksil ( $-OH$ ), sehingga memungkinkan terbentuknya struktur berpori, permukaan yang lebih luas, dan mencegah terjadinya penggumpalan rantai kitosan (Putra et al., 2022). Pada komposit silika-kitosan, banyaknya kitosan akan meningkatkan gugus aktif yang berperan dalam interaksi antara adsorben dengan zat warna. Namun jumlah kitosan yang tidak seimbang dapat menutupi pori silika, terjadinya penggumpalan partikel kitosan, mengurangi luas permukaan, dan menghambat penyerapan zat warna (Fauzi dkk., 2019).

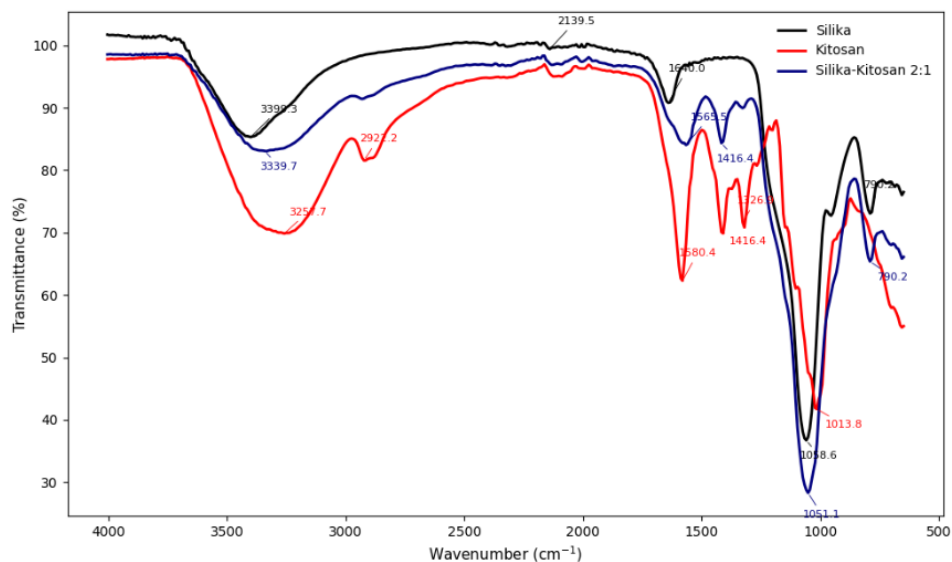
Pada rasio 1:1 dan 2:1, efisiensi adsorpsi tertinggi ada pada waktu kontak 15 menit yaitu sebesar 85,542% dan 91,670% kemudian mengalami penurunan dan meningkat perlahan pada waktu kontak 60 dan 90 menit. Hal ini dapat terjadi karena pada awal reaksi situs aktif pada adsorben belum terisi sehingga laju adsorpsi zat warna terjadi lebih cepat (Zhong et al., 2022). Namun seiring bertambahnya waktu, situs aktif mulai terisi sehingga laju adsorpsi melambat dan mengalami kesetimbangan. Pada saat yang sama, ada kemungkinan bahwa molekul yang telah terikat kembali terlepas karena tumbukan molekul udara, pembengkakan matriks kitosan, dan kompetisi molekul adsorbat (Sadiq et al., 2021). Peningkatan efisiensi pada waktu kontak 60 dan 90 menit diduga berkaitan dengan distribusi ulang molekul zat warna menuju situs aktif yang sebelumnya belum.

### 3.2. Penentuan komposit dengan rasio terbaik

Pada penelitian ini, komposit silika-kitosan 2:1 memberikan efisiensi adsorpsi tertinggi yaitu sebesar 91,670% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 5,769 mg/g. Hal ini diduga karena pada rasio 2:1, terjadi keseimbangan antara jumlah situs aktif dan karakteristik permukaan. Pada komposit kitosan-silika, banyaknya kitosan akan meningkatkan gugus aktif yang sekaligus akan

meningkatkan kemampuan Adsorpsi zat warna melalui interaksi elektrostatis, ikatan hidrogen, maupun interaksi antar permukaan. Namun jumlah kitosan yang tidak seimbang dapat menutupi pori silika, penggumpalan partikel kitosan, mengurangi luas permukaan, dan penyerapan zat warna terhambat. Sebaliknya, jika kandungan kitosan terlalu rendah, jumlah gugus aktif menjadi terbatas (Fauzi, 2019).

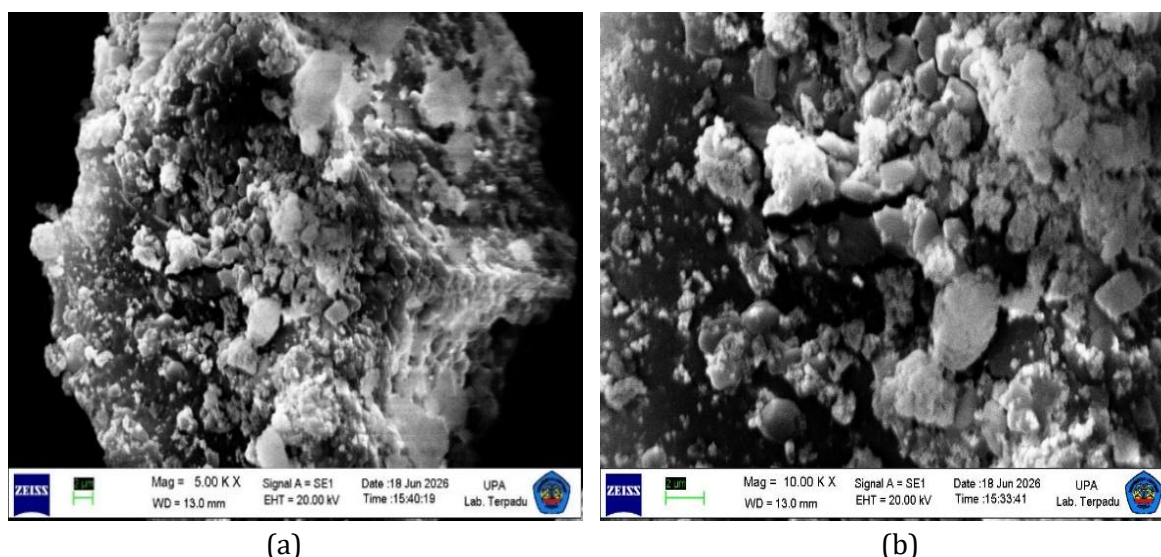
### 3.3 Karakterisasi adsorben



**Gambar 2.** Hasil analisa FTIR

Gambar 2. menunjukkan hasil analisa FTIR untuk silika, kitosa, dan komposit dengan pita serapan 4000-500  $\text{cm}^{-1}$ . Spektrum komposit menunjukkan pita serapan utama pada 3339,7; 1585,5; 1416,4; 1051,1; dan 790,2  $\text{cm}^{-1}$  yang berkaitan dengan gugus O-H/N-H, N-H, Si-O-Si, dan Si-O. Pita serapan pada daerah 3339,7  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil (O-H) gugus amina (N-H) dari kitosan dan silanol (Si-OH) pada permukaan silika. Pergeseran pita pada silika-kitosan 2:1 mengindikasikan adanya interaksi antara gugus Si-OH dengan gugus -OH dan -NH yang diduga melibatkan pembentukan ikatan hidrogen (Saiful et al., 2022). Pita serapan 1585,5  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa gugus amina tetap dipertahankan setelah pembentukan komposit, sedangkan pita serapan 1051,1  $\text{cm}^{-1}$  adalah puncak khas dari gugus amina sekunder, dan pita serapan 1580  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan puncak khas dari gugus siloksan (Si-O-Si) yang mengalami pergeseran pada silika-kitosan 2:1 akibat interaksi matriks antara silika dengan kitosan (Coates, 2000). 790,2  $\text{cm}^{-1}$  berhubungan dengan gugus fungsi -Si-O yang merupakan karakteristik khas dari silika hasil ekstraksi limbah pertanian (Fauzi, 2019)

Analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk melihat morfologi permukaan dari komposit kitosan-silika yang dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut.



**Gambar 3.** Hasil analisa SEM, (a) pembesaran 5000x dan (b) pembesaran 10.000x

.Gambar 3 menunjukkan bahwa komposit silika-kitosan memiliki morfologi permukaan yang kasar, tidak beraturan, dan terdapat aglomerasi partikel pada beberapa bagian permukaan. Morfologi ini mengindikasikan terbentuknya struktur komposit hasil interaksi antara silika dengan kitosan serta diperkirakan mampu meningkatkan luas permukaan yang menyediakan lebih banyak situs aktif bagi molekul zat warna. Hasil EDX yang dapat dilihat pada tabel 2 menunjukkan keberadaan unsur oksigen, karbon, silikon, dan nitrogen. Keberadaan unsur-unsur ini mengonfirmasikan bahwa komposit silika-kitosan berhasil terbentuk karena unsur C, N, O, dan Si merupakan unsur yang mengonfirmasi keberadaan silika dan kitosan dalam komposit (Pawitra et al., 2021)

**Tabel 2.** Hasil analisa EDX pada komposit

| Unsur | Fraksi massa (%) |
|-------|------------------|
| O     | 48,37            |
| C     | 23,53            |
| Si    | 21,44            |
| N     | 6,67             |

#### 4. Kesimpulan

Rasio kitosan-silika berpengaruh terhadap efisiensi adsorpsi zat warna yang terdapat pada limbah jumptan. Komposit silika-kitosan dengan rasio 2:1, menunjukkan nilai efisiensi adsorbsi tertinggi yaitu 91,670% dengan kapasitas adsorbsi 5,769 mg/g pada waktu kontak optimum 15 menit. Hasil karakterisasi FTIR untuk kitosan, silika, dan komposit kitosan-silika menunjukkan keberadaan gugus O-H, N-H, Si-O-Si, dan Si-OH yang berperan dalam proses adsorbsi zat warna melalui interaksi elektrostatis, ikatan hidrogen, serta menjaga struktur adsorben agar tetap stabil. Analisa SEM juga dilakukan terhadap komposit silika-kitosa yang menunjukkan morfologi permukaan yang kasar yang mengindikasikan bahwa distribusi partikel yang belum rata. Hasil EDX menunjukkan kandungan oksigen sebesar 48,37%, karbon sebesar 23,53%, silikon sebesar 21,44% dan nitrogen sebesar 6,67%.

## Referensi

- Coates, J. (2000). Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. In *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470027318.a5606>
- Dwiasi, D. W., Setyaningtyas, T., & Riyani, K. (2018). Penurunan Kadar Metilen Biru Dalam Limbah Batik Sokaraja Menggunakan Sistem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-UV. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(1), 78–86. <https://doi.org/10.23955/rkl.v13i1.10572>
- Fauzi, N. (2019). *Kartika Udyani 2), Daril Ridho Zuchrillah 3), Fitriatun Hasanah 4) 1),2),3 )4) Teknik Kimia* (Number 100).
- Haryono, Noviyanti, A. R., & Ernawati, E. E. (2023). Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Adsorpsi Komposit Silika/Karbon dari Limbah Sekam Padi sebagai Adsorben Tembaga (II). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(1), 058–066. <https://doi.org/10.55981/jtl.2023.241>
- Islam, Md. M., Aidid, A. R., Mohshin, J. N., Mondal, H., Ganguli, S., & Chakraborty, A. K. (2025). A critical review on textile dye-containing wastewater: Ecotoxicity, health risks, and remediation strategies for environmental safety. *Cleaner Chemical Engineering*, 11, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.clce.2025.100165>
- Novitasari, C., Sefentry, A., & Fatimura, M. (2023). Pengaruh Fly Ash Batubara Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Kain Jumputan Palembang. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri (JTII)*, 4(2). <https://doi.org/10.23960/jtii.v4i2.77>
- Pawitra, T., Setiawan, A., Azis Ramadani, T., & Surabaya, N. (2021). *Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari Abu Ampas Tebu sebagai Adsorben Logam Berat Cu(II) (Synthesis and Characterization of Chitosan-Silica from Bagasse Ash as Heavy Metal Adsorbent Cu (II)) ARTICLE INFO ABSTRAK*. 6(1), 70–77. <https://doi.org/10.33366/rekabua>
- Putra, R., Elvia, R., & Amir, H. (2022). SINTESIS SILIKA-KITOSAN UNTUK MENURUNKAN KADAR ION BESI DALAM AIR PERMUKAAN. *ALOTROP*, 6(1), 15–27. <https://doi.org/10.33369/atp.v6i1.20318>
- Rame, R. (2020). Potential of Catalytic Ozonation in Treatment of Industrial Textile Wastewater in Indonesia: Review. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.21771/jrtppi.2020.v11.no1.p1-11>
- Ria Nurwidiyani, Deni Agus Triawan, & Chelin Dion Sigirow. (2025). Adsorption Isotherm and Kinetic Studies of Chitosan–Coffee Husk Carbon Composite Beads for the Removal of Congo Red and Methylene Blue. *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 9(1), 39–45. <https://doi.org/10.19109/th8a3b88>
- Sadiq, A. C., Olasupo, A., Ngah, W. S. W., Rahim, N. Y., & Suah, F. B. M. (2021). A decade development in the application of chitosan-based materials for dye adsorption: A short review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 191, 1151–1163. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.179>
- Saiful, Riana, U., Ramli, M., Iqrammullah, M., Raharjo, Y., & Wibisono, Y. (2022). Development of Chitosan/Rice Husk-Based Silica Composite Membranes for Biodiesel Purification. *Membranes*, 12(4), 435. <https://doi.org/10.3390/membranes12040435>
- Susmanto, P., Yandriani, Y., Dila, A. P., & Pratiwi, D. R. (2020). Pengolahan Zat Warna Direk Limbah Cair Industri Jumputan Menggunakan Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa pada Kolom

Eza Adlin, Selastia Yuliati, Anerasari Meidinariasty  
anerasari@polsri.ac.id: Analisis Pengaruh Rasio Komposit Silika-Kitosan Sebagai Adsorben  
Zat Warna Pada Limbah Cair Jumptan

Adsorpsi. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 4(2), 77.  
<https://doi.org/10.30595/jrst.v4i2.7309>

Zhong, T., Xia, M., Yao, Z., & Han, C. (2022). Chitosan/Silica Nanocomposite Preparation from Shrimp Shell and Its Adsorption Performance for Methylene Blue. *Sustainability*, 15(1), 47.  
<https://doi.org/10.3390/su15010047>

Ismadji, S., Soetaredjo, F. E., & Ayucitra, A. (2021). Adsorpsi Untuk Pengolahan Limbah Cair. Yogyakarta: Ugm Press

Fauzi, A., Alimuddin, Widodo, N.T. (2020). Modifikasi Adsorben Silika Dari Abu Sekam Padi Dengan Kitosan Untuk Adsorpsi Ion Mangan (Total). *Jurnal Atomik*, 5(2), 81-86.