



Adsorpsi Kromium Heksavalen Menggunakan Nanokomposit ZnO/Kitosan dari Limbah Baterai Zn-C dan Kulit Udang

Adsorption Of Hexavalent Chromium Using ZnO/Chitosan Nanocomposites From Zn-C Battery Waste and Shrimp Shells

Garminingsih¹, Sunardi^{2*}

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi, Jl. Letjen Jenderal Sutoyo, Mojosoong, Jebres, Surakarta, Indosensia 57127

²Program Studi D3 Analis Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi, Jl. Letjen Jenderal Sutoyo, Mojosoong, Jebres, Surakarta, Indosensia 57127

*Corresponding Author: sunardi@setiabudi.ac.id

Received: 22nd March 2025; Revised: 12th June 2025; Accepted: 14th July 2025

ABSTRAK

Baterai Zn-C mengandung seng, karbon, mangan dioksida, dan ammonium klorida yang sulit terurai serta berpotensi bahaya bagi manusia maupun lingkungan. Daur ulang limbah baterai Zn-C menjadi senyawa kimia berupa seng oksida dapat menjadi solusi. Seng oksida dikombinasikan dengan kitosan disebut komposit. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakter nanokomposit ZnO/kitosan serta mengetahui kondisi terbaik adsorpsi optimum kromium heksavalen. Nanokomposit ZnO/kitosan diperoleh dari pencampuran ZnO dari limbah baterai Zn-C dan kitosan dari kulit udang. Hasil uji FTIR kitosan memiliki puncak 3.498 cm^{-1} , 2.875 cm^{-1} , 1.373 cm^{-1} , 1.613 cm^{-1} , 1.302 cm^{-1} , 1.554 cm^{-1} , 1.153 cm^{-1} , 1.067 cm^{-1} sedangkan ZnO memiliki puncak 502 cm^{-1} . Uji XRD nanokomposit ZnO/kitosan berada puncak 2θ yaitu $9,22^\circ$, $19,13^\circ$, $23,04^\circ$, $26,23^\circ$, $31,62^\circ$, $34,39^\circ$, $36,17^\circ$, $56,54^\circ$. Adsorpsi kromium heksavalen diperoleh hasil optimum pada kondisi massa nanokomposit 20 mg, waktu kontak 60 menit, dan konsentrasi kromium heksavalen 5 ppm dengan persentase adsorpsi 94,61%.

Kata kunci: Limbah baterai Zn-C, kulit udang, nanokomposit ZnO/kitosan, adsorpsi, kromium heksavalen.

ABSTRACT

Zn-C batteries contain zinc, carbon, manganese dioxide, and ammonium chloride, which are difficult to decompose and pose risks to human health and the environment. Recycling Zn-C battery waste into zinc oxide (ZnO) offers a sustainable solution. When combined with chitosan, ZnO forms a composite material. This study analyzes the characteristics of ZnO/chitosan nanocomposites and determines optimal conditions for hexavalent chromium adsorption. The nanocomposite was synthesized by mixing ZnO from battery waste with chitosan from shrimp shells. FTIR analysis of chitosan showed characteristic peaks at 3.498 cm^{-1} , 2.875 cm^{-1} , 1.373 cm^{-1} , 1.613 cm^{-1} , 1.302 cm^{-1} , 1.554 cm^{-1} , 1.153 cm^{-1} , and 1.067 cm^{-1} , while ZnO had a peak at 502 cm^{-1} . XRD analysis identified 2θ peaks at 9.22° , 19.13° , 23.04° , 26.23° , 31.62° , 34.39° , 36.17° , and 56.54° . Optimal adsorption occurred with 20 mg nanocomposite, 60 minutes contact time, and 5 ppm chromium concentration, achieving 94.61% efficiency.

Keywords: Zn-C battery waste, shrimp shell, ZnO/chitosan nanocomposite, adsorption, hexavalent chromium.

Copyright © 2025 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite: Gaminingsih, & Sunardi. (2025). Adsorpsi Kromium Heksavalen Menggunakan Nanokomposit ZnO/Kitosan dari Limbah Baterai Zn-C dan Kulit Udang. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, 9(2).

Permalink/DOI: 10.32493/jitk.v9i2.48435



PENDAHULUAN

Baterai Zn-C masih menjadi sumber energi yang penting hingga era saat ini. Kelemahan dari baterai Zn-C adalah tidak dapat diisi ulang sehingga energi yang dapat digunakan terbatas. Baterai Zn-C mengandung seng, karbon, mangan dioksida, dan ammonium klorida yang tidak mudah terurai serta berpotensi bahaya bagi manusia maupun lingkungan (Sihombing, 2021). Metode umum untuk membuang dan mengubur baterai bekas Zn-C di tempat pembuangan sampah tidak cukup untuk mencegah terjadinya kebocoran bahan kimia baterai Zn-C ke lingkungan (Wisnuwijaya *et al.*, 2017). Langkah inovatif diperlukan untuk menangani hal tersebut, daur ulang baterai Zn-C menjadi salah senyawa kimia dapat menjadi salah satu solusinya.

Seng yang terkandung dalam baterai Zn-C dapat dikonversi menjadi seng oksida (Sihombing, 2021). Seng oksida merupakan salah satu material semikonduktor yang memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan, tidak beracun, tahan korosi, dan memiliki berbagai manfaat (Yunita *et al.*, 2020). Seng oksida yang dikombinasikan dengan kitosan disebut komposit. Komposit yang berukuran 1-100 nanometer disebut dengan nanokomposit. Nanokomposit partikel logam atau seng berbasis kitosan semakin banyak dipelajari sebagai adsorben alternatif dalam pengolahan air. Kitosan adalah polisakarida alami yang memiliki sifat relatif stabil, tahan panas, dispersibel, ukuran partikel yang mudah dikendalikan, tahan terhadap air serta hidrofobik (Fadhila & Maharani, 2022). Material ZnO dan kitosan dikombinasikan untuk mendapatkan suatu nanokomposit yang stabil dan mencegah terjadinya aglomerasi ZnO (A. Wulandari & Khabibi, 2023).

Nanokomposit ZnO/kitosan pada penelitian ini digunakan untuk adsorpsi logam berat yang mempunyai sifat toksik membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Kromium adalah salah satu polutan yang biasanya dihasilkan dari berbagai industri seperti industri tekstil, pelapisan logam, pembangkit listrik tenaga nuklir, penyamakan kulit, dan industri pewarnaan (Singh *et al.*, 2022).

Kromium heksavalen mempunyai sifat bioakumulatif, toksik, persisten, sulit terurai di lingkungan, dan dapat terakumulasi dalam tubuh manusia melalui rantai makanan (Kurniawati *et al.*, 2017). Badan air yang terkontaminasi kromium heksavalen mempunyai dampak negatif bagi kesehatan masyarakat dan vegetasi di lokasi yang terkontaminasi (Das *et al.*, 2021). Salah satu langkah yang dapat dilakukan guna mengurangi konsentrasi kromium heksavalen yaitu adsorpsi kromium heksavalen menggunakan nanokomposit ZnO/kitosan.

Studi sebelumnya telah mengeksplorasi material berbasis ZnO/kitosan untuk adsorpsi senyawa organik maupun ion logam, namun sebagian besar masih menggunakan bahan baku murni, sintetis, atau material tunggal (Amirmahani *et al.*, 2021; Ali *et al.*, 2024). Penelitian ini memiliki kebaruan mengembangkan nanokomposit ZnO/kitosan berbasis limbah padat, yaitu limbah baterai Zn-C dan kulit udang, sebagai solusi untuk pengolahan air limbah yang berbasis prinsip ekonomi sirkular dan ramah lingkungan. Kombinasi kedua limbah ini belum banyak dilaporkan dalam konteks aplikasi adsorpsi Cr (VI), sehingga memberikan pendekatan baru terhadap teknologi adsorben berbasis material daur ulang. Penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap pengelolaan limbah berkelanjutan dan pengembangan material dari sumber daya lokal dan terbuang.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melakukan karakterisasi nanokomposit ZnO/kitosan hasil sintesis dari limbah baterai Zn-C dan kulit udang, serta menganalisis efektivitasnya dalam menurunkan kadar kromium heksavalen.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi gelas kimia, *hotplate*, buret, statif, klem, oven, *furnace*, mortar, pH meter, ayakan 100 mesh, Spektrofotometri UV-VIS, *Scanning Electron Microscope*, FTIR, dan XRD. Bahan yang digunakan adalah HCl 37% p.a. Merck, NaOH p.a Merck, aseton teknis, akuades,



asam asetat glasial p.a. Merck, asam sulfat p.a. Merck, limbah artifisial yang mengandung kromium heksavalen.

Konversi limbah baterai Zn-C menjadi ZnO

Lempeng seng baterai dipotong kurang lebih ukuran 1 x 1 cm lalu dilarutkan dalam larutan HCl pekat (Maharani *et al.*, 2022). Larutan seng dipanaskan pada suhu 80°C dan diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama 3 jam. Larutan disaring sehingga diperoleh larutan Zn^{2+} , kemudian diendapkan menggunakan NaOH 3M hingga terbentuk endapan $Zn(OH)_2$ pada kondisi pH larutan 10. Campuran diendapkan dan disaring, endapan yang diperoleh dinetralkan kemudian dikeringkan pada suhu 110°C selama 5 jam. Endapan dilakukan kalsinasi menggunakan *furnace* pada suhu 400°C selama 3 jam serta dihancurkan menggunakan mortar agar diperoleh serbuk (Maharani *et al.*, 2022).

Konversi Limbah Kulit Udang menjadi Kitosan

Limbah kulit udang direbus selama 15 menit, dicuci dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Sampel dibuat serbuk, kemudian diseragamkan ukurannya menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Tahapan konversi kitosan meliputi deproteinasi, demineralisasi, dekolorisasi, dan deasetilasi (Mashuni *et al.*, 2022; Agustina *et al.*, 2015). Deproteinasi, serbuk kulit udang dilarutkan dengan NaOH 4%, rasio yang digunakan adalah 1:10 (b/v), kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 65°C selama satu jam. Sampel disaring dan dinetralkan menggunakan akuades, lalu residu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 6 jam. Demineralisasi, sampel kering dimasukkan ke dalam larutan HCl 1,5 M dengan rasio 1:15 (b/v). Sampel dipanaskan dan diaduk pada suhu 75°C selama 1 jam, kemudian disaring. Residu yang didapatkan dinetralkan menggunakan akuades lalu dikeringkan pada suhu 80°C selama 6 jam. Dekolorisasi, residu ditambahkan aseton (1:15, b/v) dan dinetralkan menggunakan akuades kemudian dikeringkan pada suhu

80°C selama 6 jam sehingga didapatkan senyawa kitin. Deasetilasi, kitin ditambahkan NaOH 50% (1:20, b/v), dipanaskan pada suhu 90°C sambil diaduk. Residu disaring, endapannya dinetralkan kemudian dikeringkan pada suhu 45°C selama 24 jam. Derajat deasetilasi kitin sesuai dengan SNI 7949:2013 adalah 75%. Kemurniaan kitosan sangat ditentukan oleh derajat deasetilasinya, apabila gugus asetil yang dihilangkan semakin banyak maka akan semakin tinggi juga derajat deasetilasinya (Fatin *et al.*, 2024).

Pembuatan Nanokomposit ZnO/Kitosan

Perbandingan massa ZnO dan kitosan adalah 1:2 (b/b) (Maharani *et al.*, 2022). Kitosan dilarutkan menggunakan larutan asam asetat 2%, dipanaskan pada suhu 60°C dan diaduk dengan kecepatan 1000 rpm. Setelah kitosan larut, ZnO dimasukkan secara perlahan agar tidak terjadi gumpalan. Larutan disonikasi selama 20 menit dengan waktu *pulse on* 4 detik, *pulse off* 5 detik, serta amplitudo 50% (Abbasabadi *et al.*, 2022). Larutan ditambahkan larutan NaOH 3M menggunakan buret, disisi lain larutan diaduk dengan kecepatan 1000 rpm pada suhu 60°C hingga diperoleh larutan dengan kondisi pH 10. Larutan disaring dan endapan dinetralkan menggunakan akuades, kemudian dikeringkan pada 60°C selama 24 jam. Hasil dihaluskan dan dilakukan karakterisasi.

Aplikasi Penurunan Kadar Kromium Heksavalen

Analisis kromium heksavalen pada penelitian menggunakan metode spektrofotometri. Lima gelas kimia disiapkan dan diisi larutan kromium heksavalen dengan volume 25 ml dan konsentrasi sebesar 10 ppm. Nanokomposit dengan massa 2,5 mg, 5 mg, 10 mg, 15 mg, dan 20 mg dimasukkan ke masing-masing gelas kimia. Larutan di homogenkan dengan *magnetic stirrer hotplate* selama 60 menit. Selanjutnya massa adsorben optimum digunakan untuk mencari waktu kontak optimum, rentang waktu dari 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Percobaan ketiga adalah pengaruh larutan kromium pada konsentrasi 5-15 ppm. Masing-masing larutan



ditambahkan massa adsorben optimum dan diperlakukan pada waktu kontak optimum. Aplikasi nanokomposit terhadap penurunan kadar kromium heksavalen dilakukan pengulangan 2 kali per sampel.

Rumus persentase adsorpsi dan kapasitas adsorpsi disajikan pada persamaan 1 dan 2 (Yang *et al.*, 2022).

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_o - C_e}{C_o \times 100\%} \quad (1)$$

$$(Q_e) = \frac{(C_o - C_e) \times V}{m} \quad (2)$$

Keterangan:

C_o : konsentrasi awal kromium (mg/l)

C_e : konsentrasi akhir kromium (mg/l)

V : volume larutan kromium (liter)

m : massa adsorben

Q_e : kapasitas adsorpsi (mg/g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nanokomposit ZnO/kitosan

ZnO diperoleh dalam bentuk serbuk berwarna putih keabuan dengan rendemen 93,21%. Kitosan diperoleh berupa serbuk berwarna putih kecoklatan atau krem. Berdasarkan standar organoleptik, hasil konversi kitosan tersebut memenuhi persyaratan karena kitosan yang baik berwarna coklat muda hingga putih (Imtihani & Permatasari, 2020). Rendemen kitosan diperoleh sebesar 16,47% dengan derajat deasetilasi adalah sebesar 72,085%. Sedangkan nanokomposit ZnO/kitosan diperoleh dalam bentuk padatan halus warna krem dengan rendemen sebesar 91,44%.

Tabel 1. Penelitian terdahulu

Penelitian	Persentase penurunan kadar
Amirmahani <i>et al.</i> , (2021)	optimum 99% untuk kitosan dan 99,5% untuk nanokomposit ZnO/kitosan pada adsorpsi zat reaktif merah 198 pada air.
Penelitian Merija <i>et al.</i> , (2023)	Adsorpsi kromium heksavalen menggunakan nanokomposit GO/ZM (<i>Graphene Oxide/Zinc Molybdate</i>) diperoleh kondisi adsorpsi optimum pada penggunaan adsorben 6 mg

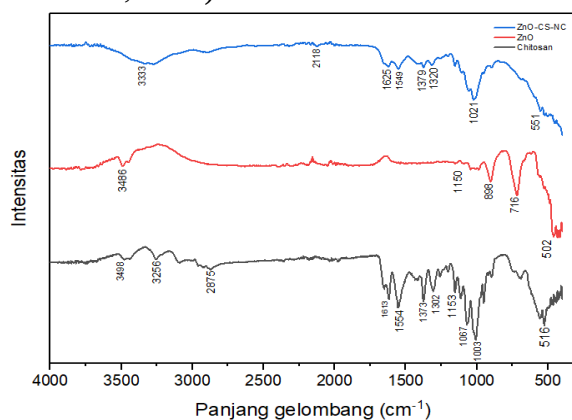
	dengan kondisi pH 2, waktu kontak 120 menit, dan suhu 283°K.
Penelitian Qi <i>et al.</i> , (2023)	Adsorpsi kromium heksavalen menggunakan komposit dari bahan limbah padat mengandung besi memberikan persentase penurunan kadar mencapai 80,36% dengan kondisi suhu 273,15°K, pH 10, waktu kontak 1.200 menit, konsentrasi kromium heksavalen 100 mg/L, serta penggunaan adsorben 6 mg.
Ali <i>et al.</i> , (2024)	Sintesis nanokomposit ZnO/kitosan yang diaplikasikan untuk adsorpsi vitamin B6 dengan persentase adsorpsi optimum 75% dengan kondisi pH 11, waktu kontak 30 menit, dan berat adsorben 0,02 gram.

Karakterisasi Nanokomposit ZnO/kitosan

Spektrum FTIR kitosan terdapat puncak serapan pada daerah 3.498 cm^{-1} (vibrasi ulur N-H dan O-H), 2.875 dan 1.373 cm^{-1} (vibrasi ulur C-H), 1.613 dan 1.302 cm^{-1} (amida I dan amida III), 1.554 cm^{-1} (vibrasi tekuk NH_2 yang overlap dengan amida II), 1153 cm^{-1} (vibrasi ulur C-O-C), serta 1067 cm^{-1} (vibrasi ulur C-O) (Azizati, 2019; Wulandari *et al.*, 2020). Spektrum ZnO menunjukkan bahwa pada puncak serapan 502 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan ZnO, biasanya ikatan ZnO berada pada puncak serapan $500\text{-}600 \text{ cm}^{-1}$. Vibrasi ulur gugus hidroksil (OH) terjadi pada 3.486 cm^{-1} yang disebabkan oleh adsorpsi air pada permukaan ZnO (Ayani, 2023). Spektrum FTIR menunjukkan bahwa pembuatan nanokomposit ZnO/kitosan telah berhasil, hal tersebut didukung dengan adanya puncak serapan 1.549 cm^{-1} menunjukkan adanya regangan gugus C=O. Puncak serapan 1.379 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-N. Puncak serapan 3.333 cm^{-1} muncul akibat regangan aksial dari ikatan gugus –O-H dan N-H, hal ini sesuai dalam rentang karena regangan aksial dari ikatan gugus –O-H dan N-H berada pada sekitar 3.450 cm^{-1} yang tampak seperti pita kiat dan lebar. Spektrum FTIR menunjukkan adanya interaksi antara kitosan dengan ZnO ditunjukkan regangan



gugus C-O-C pada puncak serapan 1.021 cm^{-1} , dan adanya serapan gugus O-Zn-O pada puncak serapan 551 cm^{-1} (Fadhila & Maharani, 2022).

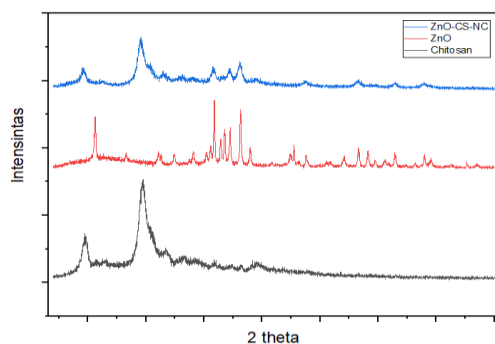


Gambar 1. Grafik karakterisasi FTIR

Kitosan memiliki struktur kristalin dengan puncak 9,52° dan 19,43°. Kitosan ini sudah tidak mengandung mineral seperti CaCO_3 yang memiliki puncak-puncak pada 2θ sekitar 29,50°, 36,06°, 39,50°, 43,74°, 48,60°, dan 49,06°. Hasil analisis XRD ini membuktikan bahwa kitosan telah berhasil dikonversi dari kulit udang (Azizati, 2019). Hasil analisis XRD ZnO diperoleh puncak 2θ yaitu pada 31,77°, 34,49°, 36,29°, 47,57°, 56,60°, 62,89°, 67,96°, dan 69,13°. Puncak 2θ nanokomposit ZnO/kitosan dihasilkan kombinasi puncak dari ZnO maupun kitosan, ukuran partikel dapat dihitung dari pola XRD menggunakan rumus Debye-Scherrer. Rumus Debye-Scherrer ditunjukkan pada persamaan 3.

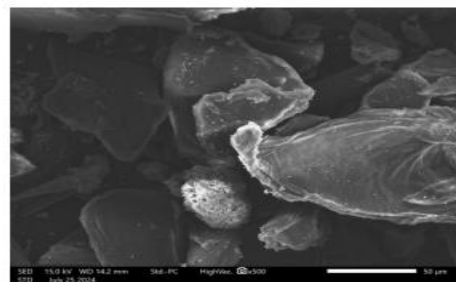
$$D \text{ (nm)} = \frac{K \cdot \lambda}{\beta \cdot \cos \theta} \quad (3)$$

Pola XRD menunjukkan ukuran partikel rata-rata sekitar 136 nm.



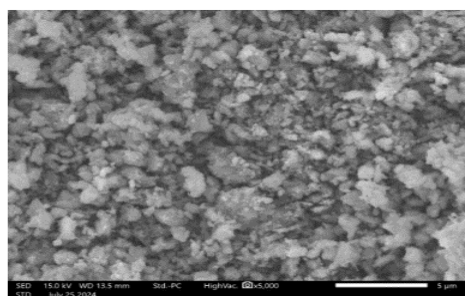
Gambar 2. Grafik karakterisasi XRD

Morfologi kitosan dari limbah kulit udang secara umum berbentuk serpihan atau lembaran. Hasil analisis menunjukkan terdapat partikel berwarna terang yang mempunyai bentuk mirip dengan bulatan. Hal itu menunjukkan bahwa kitosan dapat disintesis menjadi nanopartikel perak kitosan (Amin *et al.*, 2019)



Gambar 3. Karakterisasi SEM kitosan

Morfologi ZnO dari lapisan seng limbah baterai Zn-C berbentuk bulat saling menempel antar satu sama lain (Raganata *et al.*, 2020).



Gambar 4. Karakterisasi SEM ZnO

Morfologi nanokomposit ZnO/kitosan berbentuk butiran kecil berwarna terang dan banyak celah (Desnelli *et al.*, 2023), partikel berwarna terang muncul pada permukaan kitosan.



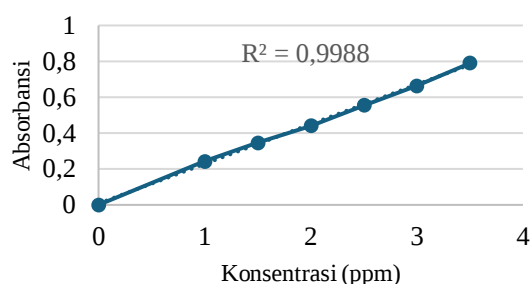
Gambar 5. Karakterisasi SEM nanokomposit



Aplikasi Nanokomposit ZnO/kitosan sebagai Adsorben

Kurva standar kromium heksavalen

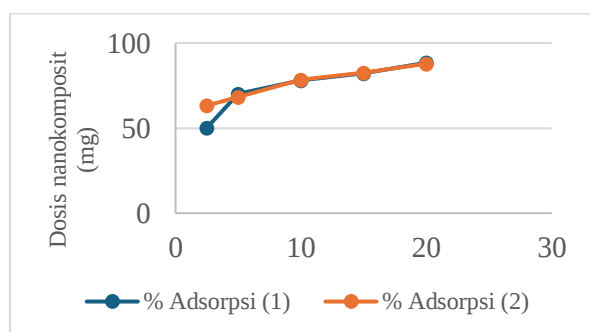
Kurva standar diperoleh dari hasil pembacaan absorbansi larutan kromium heksavalen dengan konsentrasi 1 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm, 2,5 ppm, 3 ppm dan 3,5 ppm pada panjang gelombang optimum 541 nm dan *operating time* selama 9 menit. Hasil kurva standar kromium heksavalen diperoleh grafik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva standar

Gambar 6 menunjukkan persamaan regresi kromium heksavalen yaitu $y = 0,22x + 0,0075$ dan koefisien regresi (R^2) sebesar 0,99. Koefisien regresi ini menunjukkan linieritas kurva. Persamaan regresi dari kurva standar kromium heksavalen, dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi kromium heksavalen sisa dalam larutan sampel dengan cara memasukkan nilai absorbansi sampel pada fungsi y dari persamaan regresi tersebut.

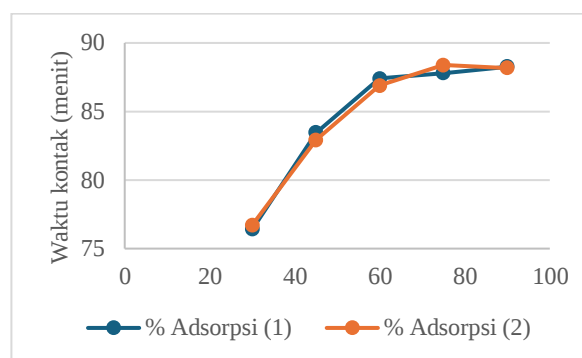
Pengaruh massa nanokomposit



Gambar 7. Pengaruh massa terhadap % adsorpsi

Jumlah kromium heksavalen yang teradsorpsi oleh nanokomposit ZnO/kitosan sangat dipengaruhi oleh massa nanokomposit. Adsorpsi kromium heksavalen oleh nanokomposit ZnO/kitosan terbesar terjadi pada massa nanokomposit 20 mg, dengan persentase adsorpsi 88,08% serta rata-rata standar deviasi sebesar 2,32. Hasil ini didukung oleh penelitian dari Ngamsurach *et al.*, (2022) penghapusan timbal (II) meningkat seiring dengan bertambahnya massa bahan, karena semakin meningkat massa bahan maka semakin meningkat situs adsorpsi dalam bahan kitosan.

Pengaruh waktu kontak

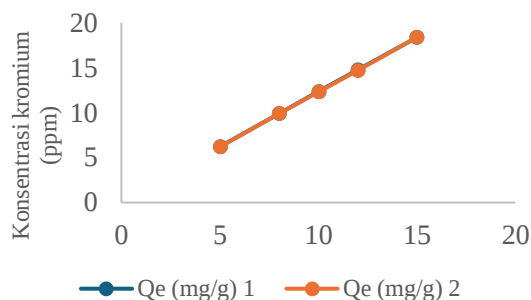


Gambar 8. Grafik waktu kontak vs % adsorpsi

Waktu interaksi yang cukup diperlukan nanokomposit ZnO/kitosan agar dapat mengadsorpsi kromium heksavalen secara optimum. Waktu kontak yang semakin besar akan menyebabkan kromium heksavalen yang teradsorpsi semakin banyak, hal ini disebabkan kesempatan partikel nanokomposit ZnO/kitosan bersinggungan dengan kromium heksavalen lebih banyak sehingga pada pori nanokomposit ZnO/kitosan semakin banyak kromium heksavalen yang terikat. Waktu kontak optimum adsorpsi kromium heksavalen ditunjukkan pada menit ke 60, pada menit berikutnya hanya terjadi sedikit kenaikan persentase adsorpsi. Peristiwa ini disebabkan nanokomposit ZnO/kitosan sudah jenuh sehingga waktu tidak lagi berpengaruh. Pada variabel ini standar deviasi yang diperoleh sebesar 0,28.



Pengaruh konsentrasi kromium heksavalen

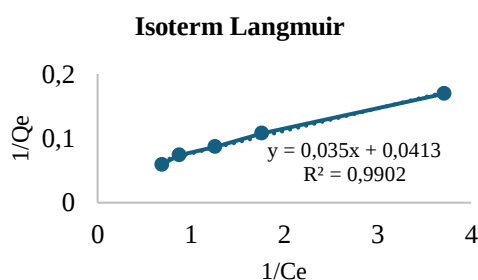


Gambar 9. Hubungan Co dan Qe

Konsentrasi awal kromium heksavalen yang semakin besar menyebabkan kapasitas adsorpsi mengalami peningkatan. Kapasitas adsorpsi meningkat dari 5,91 mg/g hingga 16,92 mg/g dari konsentrasi awal 5-15 ppm dengan nilai rata-rata standar deviasi sebesar 0,20. Hal tersebut karena nilai konsentrasi awal tinggi maka akan memberikan kekuatan yang lebih besar untuk menyelesaikan resistensi pada proses perpindahan massa fase padat-cair dan sebaliknya pada konsentrasi kecil akan terdapat banyak situs aktif kosong yang belum terisi oleh molekul kromium heksavalen sehingga dapat diartikan sebagai penurunan kapasitas adsorpsi (Afandy & Sawali, 2024)

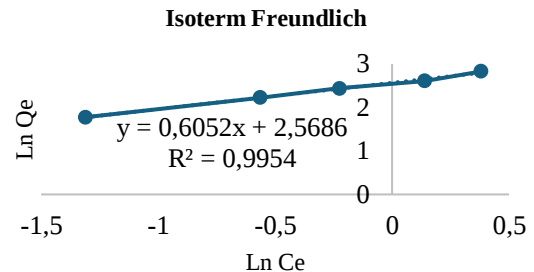
Isoterm dan Kapasitas Adsorpsi

Isoterm Langmuir dan Freundlich merupakan model isoterm yang digunakan untuk adsorpsi fase padat-cair (Wijayanti *et al.*, 2018). Penggunaan model ini berguna untuk memahami mekanisme dan kapasitas adsorpsi yang terjadi. Grafik isoterm Langmuir didapatkan dari plot nilai $1/C_e$ dan $1/Q_e$.



Gambar 10. Grafik Isoterm Langmuir

Grafik isoterm Freundlich didapatkan dari plot nilai $\ln C_e$ dan Q_e . Isoterm adsorpsi ditentukan berdasarkan nilai koefisien regresi (R^2) yang paling mendekati dengan angka satu.



Gambar 11. Grafik Isoterm Freundlich

Nilai koefisien regresi isoterm Freundlich lebih besar dibandingkan isoterm Langmuir, sehingga adsorpsi pada penelitian ini cenderung mengikuti isoterm adsorpsi Freundlich. Persamaan Freundlich yang diperoleh berguna dalam penentuan konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas (K_f) dan afinitas adsorpsi (n) dengan persamaannya yaitu $y = 0,60C_e + 2,56$. Hasil K_f diperoleh sebesar 370,33 mg/g dan n sebesar 1,65 sedangkan berdasarkan isoterm Langmuir diperoleh kapasitas adsorpsi optimum (Q_m) sebesar 24,21 mg/g. Q_m menunjukkan jumlah maksimum adsorbat yang dapat terikat pada adsorben, dan konstanta Langmuir (K_L) mencerminkan afinitas adsorbat terhadap permukaan adsorben, semakin tinggi nilai dari K_L maka interaksi antara keduanya semakin kuat, pada penelitian ini diperoleh nilai K_L sebesar 1,17 L/mg.

KESIMPULAN

Nanokomposit ZnO/kitosan memiliki morfologi butiran kecil berwarna terang dan banyak celah dengan ukuran partikel ± 130 nm. Hasil optimum pada penurunan kromium heksavalen menggunakan nanokomposit ZnO/kitosan yaitu pada massa nanokomposit 20 mg, waktu kontak 60 menit, serta konsentrasi kromium heksavalen 5 ppm dengan persentase adsorpsi sebesar 94,60%. Kapasitas adsorpsi optimum kromium heksavalen berdasarkan isoterm Langmuir sebesar 24,21 mg/g dan isoterm adsorpsi



cenderung mengikuti isoterm Freundlich karena nilai koefisien regresinya lebih tinggi dibandingkan isoterm Langmuir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terwujud dengan adanya kontribusi berharga dari berbagai pihak. Terutama untuk pembimbing penelitian ini yaitu Prof. Dr. Sunardi, S.Si. M.Si. terimakasih sudah memberikan motivasi, saran maupun kritik, hingga mengarahkan penulis selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasabadi, O. R., Farahpour, M. R., & Tabatabaei, Z. G. (2022). Accelerative effect of nanohydrogels based on chitosan/ZnO incorporated with citral to heal the infected full-thickness wounds; an experimental study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 217, 42–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2022.07.038>
- Afandy, M. A., & Sawali, F. D. I. (2024). Adsorpsi Kromium Heksavalen Pada Larutan Aqueous Menggunakan Arang Kayu Teraktivasi Asam: Studi Isotherm Dan Kinetika. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.32493/jitk.v8i1.35315>
- Agustina, S., Swantara, I. M. D., & Suartha, I. nyoman. (2015). Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan Dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*, 9(2), 271–278.
- Ali, S., Dayo, M., Alahmadi, S., & Mohamed, A. (2024). Chitosan-Supported ZnO Nanoparticles: Their Green Synthesis, Characterization, and Application for the Removal of Pyridoxine HCl (Vitamin B6) from Aqueous Media. *Molecules*, 29(4). <https://doi.org/10.3390/molecules29040828>
- Amin, A., Khairi, N., & Allo, E. (2019). Sintesis dan karakterisasi kitosan dari limbah cangkang udang sebagai stabilizer terhadap Ag nanopartikel. *Fullerene Journal of Chemistry*, 4(2), 86. <https://doi.org/10.37033/fjc.v4i2.100>
- Amirmahani, N., Mahdizadeh, H., Seyedi, N., Nasiri, A., & Yazdanpanah, G. (2021). Synthesis and performance evaluation of chitosan/zinc oxide nanocomposite as a highly efficient adsorbent in the removal of reactive red 198 from water. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 70(4), 869–878. <https://doi.org/10.1002/jccs.202200514>
- Ayani, S. (2023). Biosintesis Nanopartikel ZnO menggunakan Ekstrak Daun Betadin (*Jatropha multifida* L .) untuk Identifikasi Sidik Jari Laten. *Seminar Nasional Kimia 2023 UIN Sunan Gunung Djati*, 1–9.
- Azizati, Z. (2019). Pembuatan dan Karakterisasi Kitosan Kulit Udang Galah. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(1), 10–16. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i1.4043>
- Das, B. K., Das, P. K., Das, B. P., & Dash, P. (2021). Green technology to limit the effects of hexavalent chromium contaminated water bodies on public health and vegetation at industrial sites. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 9(2), 28–35. <https://doi.org/10.7324/JABB.2021.9203>
- Desnelli, D., Yulinda, L., Fernando, D., Fatma, F., Mara, A., & Said, M. (2023). Chitosan-ZnO Composite for Removal of Methylene Blue. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 8(3), 133–138. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v8.i3.133>
- Fadhila, K. N., & Maharani, D. K. (2022). Preparasi dan Karakterisasi Komposit Kitosan-ZnO sebagai Agen Hidrofobik pada Kain Katun. *UNESA Journal of Chemistry*, 11(1), 69–76.
- Fatin, A., Salsabilla, A., Winarto, A. P., & Hakim, M. F. (2024). Analisis Derajat Deasetilasi Kitosan Dari Limbah Cangkang Rajungan Dengan Penambahan Variasi NaBH₄ dan Suhu. 10(20), 21–29.
- Imtihani, H. N., & Permatasari, S. N. (2020).



- Research Article Open Access Alfred. *Simbiosis*, 9(2), 129–137.
- Kurniawati, S., Nurjazuli, & Raharjo, M. (2017). Risiko Kesehatan Lingkungan Pencemaran Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr VI) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Aliran Sungai Garang Kota Semarang. *Higiene*, 3(3), 152–160.
- Maharani, H., Hadisantoso, E. P., & Amalia, V. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Hybrid- Biocomposite ZnO/Kitosan untuk Aplikasi Penanganan Metilen Biru secara Fotokatalisis. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 7, 123.
- Mashuni, M., Ritonga, H., Jahiding, M., & Hamid, F. H. (2022). Sintesis Kitosan dari Kulit Udang sebagai Bahan Membran Elektrode Au/Kitosan/GTA/AChE untuk Deteksi Pestisida. *Alchemy: Jurnal Penelitian Kimia*, 18(1), 112. <https://doi.org/10.20961/alchemy.18.1.56551.112-121>
- Merija, Rahulan, K. M., Sujatha, R. A., & Flower, N. A. L. (2023). Adsorption of hexavalent chromium from water using graphene oxide/zinc molybdate nanocomposite: Study of kinetics and adsorption isotherms. *Frontiers in Energy Research*, 11(February), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1139604>
- Ngamsurach, P., Namwongsa, N., & Praipipat, P. (2022). Synthesis of powdered and beaded chitosan materials modified with ZnO for removing lead (II) ions. *Scientific Reports*, 12(1), 1–19. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22182-4>
- Qi, J., Li, B., Zhou, P., Su, X., Yang, D., Wu, J., Wang, Z., & Liang, X. (2023). Study on adsorption of hexavalent chromium by composite material prepared from iron-based solid wastes. *Scientific Reports*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27414-9>
- Raganata, T. C., Aritonang, H., & Suryanto, E. (2020). Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO untuk Mendegradasi Zat Warna Methlene Bluse. *Chemistry Progress*, 12(2), 54–58. <https://doi.org/10.35799/cp.12.2.2019.27923>
- Sihombing, R. (2021). Konversi Seng Dari Limbah Baterai Zn-C Menjadi Senyawa Seng Sulfat. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya*, 5(2), 13–17. <https://doi.org/10.17977/um0260v5i22021p013>
- Singh, S., Anil, A. G., Khasnabis, S., Kumar, V., Nath, B., Adiga, V., Kumar Naik, T. S. S., Subramanian, S., Kumar, V., Singh, J., & Ramamurthy, P. C. (2022). Sustainable removal of Cr(VI) using graphene oxide-zinc oxide nanohybrid: Adsorption kinetics, isotherms and thermodynamics. *Environmental Research*, 203, 111891. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111891>
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., & Kurniawan, C. (2018). Adsorpsi Logam Cr(VI) Dan Cu(II) Pada Tanah Dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 242–248.
- Wisnuwijaya, R. I., Purwanto, A., & Sunu Brams Dwandaru, W. (2017). UV-Visible Optical Absorbance of Graphene Oxide Synthesized from Zinc-Carbon Battery Waste via a Custom-Made Ultrasound Generator based on Liquid Sonication Exfoliation Method. *Makara Journal of Science*, 21(4). <https://doi.org/10.7454/mss.v21i4.6752>
- Wulandari, A., & Khabibi. (2023). Pengaruh Penambahan ZnO pada Kitosan Bead sebagai Adsorben Pencemar Ion Logam Pb(II). *Greensphere: Journal Environmental Chemistry*, 3(1), 9–13.
- Wulandari, W. T., Nurzaman, Pratita, A. T. K., & Idacahyati, K. (2020). Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH Terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis* L). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 171–176.



- <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i3.15277>
- Yang, X., Zhang, H., Cheng, S., & Zhou, B. (2022). Optimization of the adsorption and removal of Sb(iii) by MIL-53(Fe)/GO using response surface methodology. *RSC Advances*, 12(7), 4101–4112.
<https://doi.org/10.1039/d1ra08169a>
- Yunita, Y., Nurlina, N., & Syahbanu, I. (2020). Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent. *Positron*, 10(2), 44.
<https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.42136>