

Modifikasi

by Anung Rp

Submission date: 01-Apr-2023 01:20AM (UTC+0700)

Submission ID: 2052280788

File name: Microsoft_Word_-_2784-4566-1-RV.docx.pdf (903.4K)

Word count: 3534

Character count: 21755



"Bidang 7. Ilmu-Ilmu Dasar"

**MODIFIKASI KOMPLEKS KITOSAN MENGGUNAKAN
TEMBAGA (II) SECARA KOPRESIPITASI SEBAGAI ADSORBEN
ZAT WARNA KONGO MERAH**

**Anung Riapanitra¹, Kapti Riyani¹, Tien Setyaningtyas¹, Ari Sutrisno¹, Santi
Nur Handayani¹**

***Email: riapanitra.anung@unsoed.ac.id**

¹ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman

ABSTRAK

Penelitian adsorpsi zat warna sintetik kongo merah telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi kitosan yang telah dimodifikasi dengan tembaga (II) dalam menurunkan konsentrasi zat warna kongo merah. Metode kopresipitasi digunakan Modifikasi kitosan-tembaga (II) dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi. Kitosan hasil disintesis memiliki derajat deasetilasi (DD) 83,90%. Karakterisasi dengan FTIR menunjukkan interaksi antara gugus-gugus pada kompleks kitosan-tembaga.. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode Batch meliputi pada pH 7 menunjukkan bahwa kompleks kitosan tembaga mampu mengadsorpsi kongo merah hingga 81,15%

Kata kunci: Kitosan, Tembaga, Adsorpsi, Kongo merah

ABSTRACT

Research on the adsorption of Congo Red dyes has been carried out to determine the adsorption ability of chitosan after being modified with copper (II) in reducing dye levels of Congo Red dyes. Chitosan-copper (II) modifications are carried out using the coprecipitation method. Synthesized chitosan has a degree of deacetylation (DD) of 83.90%. Characterization with FTIR was used to determine the clusters in chitosan-copper. Analysis of Congo Red adsorption using an Ultraviolet-Visible spectrophotometer. Characterization by FTIR is used to determine the groups in chitosan-copper. . The adsorption process carried out by the Batch method at pH 7 shows that the copper chitosan complex is able to adsorb the red congo up to 81.15%

Keywords: Chitosan, Copper, Adsorption, Congo Red.



PENDAHULUAN

Zat warna sintetis merupakan bahan kimia yang sering digunakan dalam industri tekstil. Zat warna sintetis memiliki struktur heteroatom ataupun cincin yang kompleks dan stabil sehingga bisa bertahan lama pada kain. Sifat-sifat ini sekaligus yang membuat limbah zat warna tekstil susah untuk diuraikan dan bersifat toksik. Salah zat warna tekstil yang paling banyak dipergunakan adalah kongo merah. Kongo merah merupakan zat warna penting dalam pewarnaan kulit maupun kain. Sifat toksis dari kongo merah adalah keracunan yang berupa muntah, syok, sianosis dan *jaundice* pada manusia. Kongo merah adalah bahan kimia yg memiliki potensi bahaya terhadap kesehatan tubuh manusia, antara lain Jika tertelan dapat mengakibatkan rasa mual di lambung, muntah serta diare. Bahan ini Jika terkena mata serta teradsorpsi pada kulit dapat menyebabkan iritasi, mengakibatkan kerusakan sistem pernapasan dan menyebabkan kanker. Kongo merah yang terakumulasi dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan fungsi hati, ginjal dan syaraf (Zheng, 2021). Hal ini menyebabkan pentingnya penghilangan kongo merah dari perairan.

Metode pengolahan limbah yang telah dikembangkan untuk mengatasi limbah zat warna dapat dibagi dalam pengolahan fisika, kimia dan biologis. Meskipun cara kimia dan biologis efektif dalam pengolahan zat warna, tetapi memerlukan perlengkapan khusus dan selalu ada energi intensif. Oleh karena itu, cara konvensional seperti koagulasi, flokulasi, dan cara biologis tidak efisien untuk kualitas pengolahan air yang tinggi. Proses adsorpsi diketahui lebih sederhana dan mudah cara melakukannya. Proses adsorpsi lebih murah dibandingkan menggunakan proses kimia yg lainnya. Teknik adsorpsi telah digunakan secara efektif buat menghilangkan polutan logam dan zat warna berasal limbah (Harja., 2022).

Kitosan merupakan suatu biopolimer glukosamin yang telah menunjukkan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan karbon aktif untuk adsorpsi zat warna. Kitosan merupakan salah satu adsorben yang paling dikenal dalam penelitian adsorpsi zat warna sintetis dan telah pula diaplikasikan pada pengolahan air limbah. Kitosan mengandung gugus amino dan hidroksil (-OH) yang merupakan gugus aktif dalam sisi koordinasi. Gugus-gugus ini apabila dimodifikasi akan semamuk meningkatkan kemampuan kitosan dan turunannya dalam mengadsorpsi limbah zat warna sintetis (You, 2011).

modifikasi kimia kitosan dan turunannya telah diteliti dan diterapkan dalam berbagai aplikasi, contohnya penggunaan kitosan-kobal(II) dan kitosan-nikel(II) sebagai antibakteri. Menunjukkan bahwa interaksi kimia kitosan-logam meningkatkan aktivitas antibakteri daripada kitosan tanpa modifikasi (Sun., 2021). Kompleks kitosan-Fe(II) memiliki kemampuan untuk mereduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) yang lebih nontoksik (Yang., 2021). Penggunaan TiO₂-kitosan sebagai adsorben Rhodamin B di bawah sinar radiasi ultraviolet (UV) pada konsentrasi awal Rhodamin B 10 mg/L dan pH optimal 9,0. Hasilnya menunjukkan bahwa rasio degradasi mencapai 94,3% dengan adsorben sebesar 0,2 g (Zhang et al., 2010). Penggunaan magnet Hidrogel Kitosan-Fe(III) sebagai penyerap pewarna di bawah kondisi basa. Hasil yang dilaporkan bahwa magnet kitosan-Fe (III) memiliki efisiensi adsorpsi yang tinggi untuk pengolahan limbah pewarna dengan kapasitas adsorpsi maksimum 294,5 mg/g di bawah pH 12. (Chensi et al., 2013). Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang modifikasi kitosan-tembaga(II) dan aplikasinya untuk adsorpsi zat warna Kongo merah. Kitosan-tembaga(II) dari hasil penelitian ini diharapkan memiliki kemampuan lebih tinggi dibandingkan hanya menggunakan kitosan saja dalam mengadsorpsi zat warna.



METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik FMIPA Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian terdiri dari 3 tahap yaitu sintesis fotokatalis, karakterisasi fotokatalis dan uji aktivitas awal fotokatalis CuO.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit udang, natrium hidroksida (NaOH) (p.a), akuades, asam klorida pekat (HCl) (p.a), natrium hipoklorit (NaOCl), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, larutan CH_3COOH , larutan Na_2CO_3 , etanol absolut, dan zat warna Kongo merah.

Alat

Alat yang dipergunakan meliputi gelas beker, pipet ukur, batang pengaduk, mortar, stirer, tanur, gelas arloji, blender, ayakan 100 mesh, alat refluks, neraca digital, oven, spektrofotometer UV-Vis merk SHIMADZU, dan spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR) merk SHIMADZU menggunakan software WIN-FIRST.

Prosedur Percobaan

Sintesis Kitosan

Sintesis kitosan dari kulit udang dilakukan melalui empat tahapan yaitu deproteinasi, demineralisasi, dekolorisasi, dan deasetilasi. Serbuk kulit udang dicampur dengan NaOH 4% (1:10) untuk proses deproteinasi dengan dipanaskan pada suhu 80°C selama 100 menit. Endapan warna gelap dicuci sampai netral dan dikeringkan. Tahap berikutnya adalah demineralisasi dengan menambahkan HCl 1 M (1:15) pada suhu kamar selama 2 jam. Setelah itu pencucian dengan akuades dilanjutkan dengan pengeringan. Tahap selanjutnya adalah proses depigmentasi menggunakan NaOCl 4% (1:10) selama 2 jam pada suhu kamar lalu dicuci dengan akuades dan dikeringkan sehingga diperoleh kitin. Kitin yang diperoleh ditambahkan NaOH 60% (1:10) untuk proses deasetilasi sambil dipanaskan pada suhu 120°C selama 2 jam. Endapan yang diperoleh kemudian dicuci dengan akuades sampai netral dan dikeringkan sehingga diperoleh kitosan. Kitosan yang diperoleh dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR (untuk menentukan nilai DD kitosan)

Pembuatan Modifikasi Kitosan-Tembaga(II) (modifikasi dari Chun *et al.*, 2010)

Modifikasi kitosan-tembaga(II) dilakukan dengan mencampurkan 30 mL larutan asam asetat 1% dan 500 mg kitosan dalam gelas beker dengan distirer pada suhu 25°C selama 1 jam, kemudian sebanyak 500 mg tembaga nitrat dilarutkan dalam 60 mL akuades dengan perlahan ditambahkan ke dalam beker, distirer selama 5 jam. Larutan natrium karbonat 1% ditambahkan secara perlahan. Endapan dan filtrat dipisahkan dengan penyaringan kemudian endapan dicuci dengan akuades dan etanol absolut, lalu dikeringkan.

Adsorpsi Zat Warna Kongo merah

Penentuan adsorpsi kitosan terhadap larutan zat warna Kongo merah dilakukan dengan memakai metode batch



HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis kitosan

Sintesis kitosan dari kulit udang dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu pembuatan serbuk kulit udang, proses deproteinasi, proses demineralisasi, proses dekolorisasi, dan proses deasetilasi. Jenis udang yang digunakan yaitu udangjerbung yang diperoleh dari Cilacap. Proses deproteinasi dilakukan dengan mencampurkan serbuk kulit udang dengan NaOH 4% dengan perbandingan 1:10(b/v) dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 1 jam. Endapan dicuci dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C. Pencucian dengan akuades bertujuan untuk menghilangkan sisa NaOH dalam endapan yang diperoleh. Endapan yang diperoleh berwarna coklat muda. Tahap berikutnya dari isolasi kitin adalah proses demineralisasi dengan menambahkan HCl 1M ke dalam serbuk hasil deproteinasi dengan perbandingan 1:15 (b/v) pada suhu kamar selama 3 jam yang diikuti pencucian dengan akuades lalu dikeringkan pada suhu 50°C. Endapan yang diperoleh berwarna coklat muda. Jumlah rendemen rata-rata dari proses demineralisasi sebesar 37,7205%. Proses demineralisasi akan menghilangkan mineral yang terdapat dalam kulit udang. Mineral yang terkandung dalam kulit udang adalah kalsium dalam bentuk garam CaCO_3 dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang berikatan secara fisik dengan kitin.

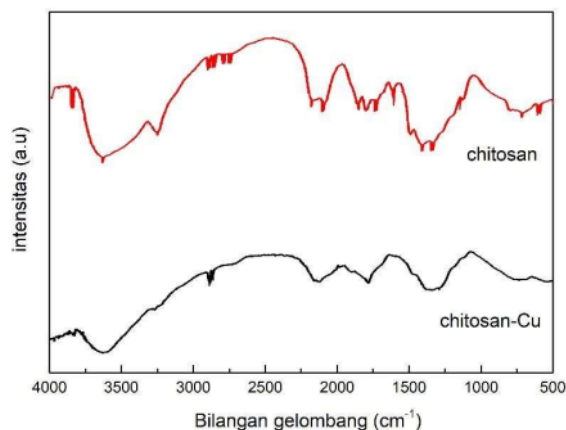
Proses depigmentasi adalah tahap selanjutnya dari isolasi kitin. Proses depigmentasi bertujuan untuk menghilangkan pigmen-pigmen yang terdapat pada kulit udang sehingga didapatkan kitin yang berwarna putih. Proses depigmentasi dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk hasil demineralisasi menggunakan NaOCl 4%. Jumlah rendemen dari proses depigmentasi sebesar 90,380%. Kitin yang diperoleh dari hasil deproteinasi dan demineralisasi memiliki warna coklat muda dari pigmen astaxanthin golongan karotenoid yang terdapat pada serbuk kulit udang (Sorasitthyanukarn, 2022). Selanjutnya dari isolasi kitosan adalah proses deasetilasi. Kitin yang diperoleh ditambahkan NaOH 60% dengan perbandingan 1:10(b/v) sambil dipanaskan pada suhu 120°C selama 3 jam. Endapan yang diperoleh kemudian dicuci dengan akuades sampai netral dan dikeringkan pada suhu 45°C. Pencucian dengan akuades bertujuan untuk menghilangkan sisa NaOH dalam endapan yang diperoleh. Endapan yang diperoleh berwarna coklat muda. Endapan ini merupakan kitosan. Pengeringan kitosan dilakukan pada suhu sekitar 45°C untuk mencegah degradasi kitosan akibat pemanasan pada suhu yang tinggi. Jumlah rendemen dari proses deasetilasi sebesar 72,967%.

Kitosan yang telah diperoleh ditentukan bobot molekul dan derajat deasetilasinya. Bobot molekul (B/M) dan tingkat derajat deasetilasi (DD) merupakan parameter utama yang mempengaruhi karakteristik kitosan. Derajat deasetilasi pada penelitian ini ditentukan menggunakan spektra IR. Derajat deasetilasi dari kitosan diperoleh dengan membandingkan A165s dan A3450 menggunakan baseline b (Khan et al., 2002). A1655 adalah absorbansi pada 1655cm⁻¹ (gugus N-asetil) dan A3450 adalah absorbansi pada 3450 cm⁻¹ (gugus OH). Hasil analisa berdasarkan metode baseline b, kitosan hasil sintesis yang digunakan pada penelitian ini memiliki derajat deasetilasi sebesar 83,90%. Hal ini dalam modifikasi kitosan-tembaga(II) bertindak sebagai asam yang menerima sepasang elektron yang diberikan oleh makromolekul kitosan yang bertindak sebagai basa. Beberapa hipotesis menjelaskan untuk menjelaskan struktur kitosan-logam. Struktur kitosan-logam dari beberapa hipotesis yang telah terbukti secara eksperimental hanya ada dua model (Wang, 2004). Model yang pertama adalah struktur



pendant, di mana ion logam yang berkoordinasi dengan satu gugus amino atau gugus hidroksil dari kitosan. Mode yang kedua adalah struktur jembatan di mana ion logam berkoordinasi dengan dua atau lebih gugus amino dan atau gugus hidroksil dari satu atau lebih rantai kitosan sebagai jembatan (Higazy et al., 2009). Mekahlia dan Bouzid, (2009) menjelaskan bahwa, mekanisme pembentukan modifikasi dari tembaga secara umum dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok. Dalam model jembatan ion logam dikelilingi beberapa gugus amina dari rantai sama atau rantai berbeda, melalui kompleks inter- atau intramolekuler, sedangkan kebalikannya untuk model kalung, dimana ion logam dikelilingi sebuah gugus amina dalam sebuah pola seperti kalung. Berdasarkan bidang koordinasi dari tembaga, diantaranya ada empat tempat dengan salah satu diantaranya sebuah molekul air atau gugus -OH pada posisi C-3. Tembaga mengikat tiga atom oksigen dan satu atom nitrogen (Mekahlia dan Bouzid, 2009).

Spektra IR kitosan menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang $3448,72\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan tumpang tindih serapan vibrasi rentangan gugus -OH dan N-H. Selanjutnya pada serapan pada bilangan gelombang $2885,51\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi rentangan C-H alifatik. Serapan pada daerah $1658,78\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur gugus C=O (NHCOCH_3). Serapan pada daerah $1597,06\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi tekuk N-H pada gugus -NH_2 . Serapan pada daerah $1419,61\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi tekuk dari $\text{-CH}_2\text{-}$, sedangkan serapan pada daerah $1381,03\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi tekukan dari -CH_3 yang muncul karena kitosan adanya gugus asetil. Serapan pada daerah $1087,85\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi rentang C-O dari ikatan C-O-H ataupun C-O-C.



Gambar 1. Pita Serapan FTIR kitosan dan kitosan tembaga

Spektrum IR kitosan-tembaga(II) menunjukkan adanya serapan pada daerah bilangan gelombang $3417,86\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan tumpang tindih serapan vibrasi rentangan gugus -OH dan -NH. Pada serapan pada bilangan gelombang $2931,80\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi rentangan C-H alifatik. Serapan pada daerah $1635,64\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi bengkokan N-H dari amida primer. Serapan pada bilangan gelombang $1381,03\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi bengkokan CH_3 dari gugus asetil yang masih teridentifikasi karena kitosan yang digunakan belum terdeasetilasi sempurna. Pada serapan pada bilangan gelombang $1056,99\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-O berasal dari C-O-C atau C-O-H. Menurut Aranha et al., (2006) dua buah puncak pada daerah $400\text{-}600\text{ cm}^{-1}$ merupakan petunjuk penting



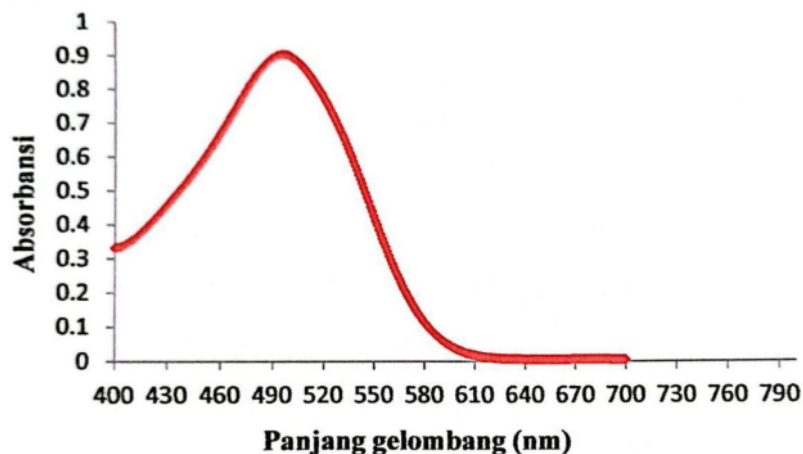
terbentuknya ikatan M-N dan M-O. Pita serapan Cu-O teridentifikasi pada bilangan gelombang 586,36 cm^{-1} dan serapan Cu-N muncul pada bilangan gelombang 478,35 cm^{-1} (Ikram, 2022).

Spektrum IR kitosan-tembaga(II) menunjukkan adanya perbedaan dengan spektrum IR kitosan. Pita serapan yang menunjukkan tumpukan tumpang tindih serapan vibrasi rentangan gugus -OH dan N-H pada kitosan pita serapan lebar muncul pada 3448,72 cm^{-1} , sedangkan pada kitosan-tembaga(II) mengalami pergeseran menjadi 3417,86 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan adanya keterlibatan gugus N-H dan -OH dalam pengikatan ion tembaga. Pergeseran dan penurunan dalam intensitas pita pada 2.885,51 cm^{-1} menjadi 2.931,80 cm^{-1} disebabkan oleh perubahan lingkungan gugus amino terprotonasi (NH_3^+). Modifikasi ditandai dalam bentuk dan intensitas pita regangan CH_2 menunjukkan pengaturan yang berbeda gugus hidroksil primer dan modifikasi dalam lingkungan $-\text{CH}_2\text{OH}$. Pita pada 1.087 cm^{-1} untuk gugus -OH sekunder menunjukkan perubahan yang signifikan ke bilangan gelombang yang lebih rendah yaitu 1056,99 cm^{-1} , yang menunjukkan bahwa gugus -OH sekunder (C-3 pada kitosan) yang terlibat dalam pengikatan dengan ion tembaga.

Adsorpsi Zat Warna Kongo merah.

a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna Kongo merah

Penentuan panjang gelombang maksimum zat warna Kongo merah dilakukan dengan mengukur serapan larutan Kongo merah dari panjang gelombang 400-700 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang maksimum ini kemudian dipakai pada analisis adsorpsi Kongo merah oleh kitosan dan kitosan-tembaga(II) dengan spektrofotometer UV-Vis. Kurva penentuan panjang gelombang maksimum Kongo merah dapat dilihat pada Gambar 2.



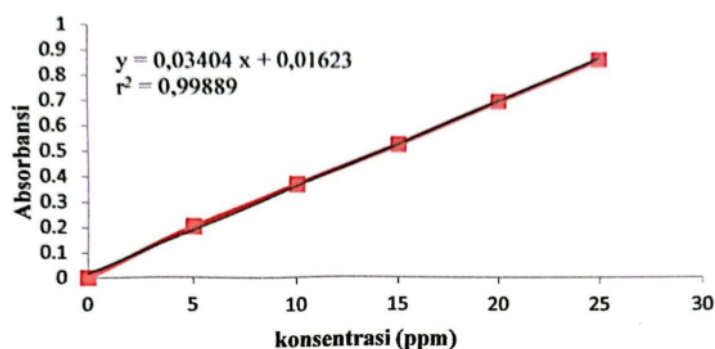
Gambar 2. Kurva Panjang Gelombang Kongo merah

Gambar 2 menampilkan data hasil pengukuran panjang gelombang maksimum Kongo merah, yaitu sebesar 498 nm dengan absorbansi sebesar 0,897. Hasil tersebut sesuai dengan referensi bahwa spektra kongo merah menunjukkan pada puncak sekitar 498 nm (Khan, 2021).



b. Pembuatan Kurva Standar Larutan Zat Warna Kongo merah.

Kurva standar dibuat untuk menentukan persamaan regresi untuk menghitung kadar zat warna Kongo merah yang dianalisis. Pembuatan kurva dimulai dengan membuat larutan standar zat warna Kongo merah dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 498 nm. Hasil absorbansinya digunakan untuk membuat kurva standar yang menghubungkan absorbansi dengan konsentrasi larutan zat warna. Kurva standar larutan zat warna Kongo merah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Standar Larutan Zat Warna Kongo merah

Gambar 3 menunjukkan kurva standar larutan zat warna Kongo merah yang dibuat dengan larutan standar Kongo merah. Dari gambar tersebut didapatkan persamaan regresi yaitu : $y = 0,03404 x + 0,01623$, dengan nilai koefisien determinasi (r^2) = 0,99889. Koefisien determinasi mempunyai rentang antara 0 hingga 1 yang menyatakan nilai kesesuaian antara perkiraan pada garis persamaan kurva dengan data yang diperoleh sesungguhnya. Jika nilai determinasi mendekati 1 maka perbedaan antara nilai y perkiraan mendekati nilai y aktual. Persamaan tersebut bisa digunakan untuk membantu memprediksi konsentrasi Kongo merah (dalam mg/L atau ppm) dari data absorbansi yang dihasilkan dengan pembacaan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 498 nm.

Adsorpsi oleh kitosan dan kitosan-tembaga(II) pada pH 7 (netral) persen penurunannya mencapai 65.81%. Kitosan-tembaga(II) pada pH 7 persen penurunannya mencapai 81.15%. Adsorpsi pada pH 7 (netral) terjadi karena adanya interaksi kimia antara gugus N, S, O, dan cincin benzena dari molekul Congo Red dengan gugus aktif seperti $-CH_2OH$ dari kitosan dan kitosan-tembaga(II) (Chatterjee *et al.*, 2007, Ahmad, 2021). Hasil adsorpsi oleh kitosan-tembaga(II) lebih besar dibandingkan oleh kitosan. Dilihat dari struktur kitosan-tembaga(II) yang terbentuk, ion tembaga berikatan koordinasi dengan atom N dan atom O pada kitosan. Ion tembaga yang bermuatan $2+$ memiliki orbital d kosong yang akan menerima pasangan elektron dari atom N dan atom O karena pergerakan elektron mengarah ke tengah ion kompleks, muatan $2+$ tidak lagi berlokasi sepenuhnya pada tembaga, tetapi muatan positif yang meliputi keseluruhan ion kompleks. Proses adsorpsi terjadi karena interaksi kompleks maupun ikatan hydrogen di sekitar kompleks. Pada proses adsorpsi, logam dalam kompleks kitosan-logam berperan untuk mengikat molekul zat warna. Hal ini terjadi karena kitosan-logam lebih elektropositif sehingga akan lebih mudah mengikat anion dari molekul zat warna.



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh simpulan bahwa kompleks kitosan-tembaga (II) dapat disintesis secara koopresipitasi dengan menggunakan tembaga nitrat sebagai sumber tembaga pada pelarut air. Perbedaan pita serapan sebagai interaksi antara ion tembaga (II) dan kitosan teramati pada serapan infra merah. Kitosan-tembaga(II) mampu menurunkan kadar zat warna Kongo merah hingga 81,15% sedangkan kitosan hanya mencapai 65,81% pada pH 7. Interaksi yang terjadi dapat berupa ikatan hydrogen dan juga interaksi disamping ikatan koordinasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R. and Ansari, K., 2021. Comparative study for adsorption of congo red and methylene blue dye on chitosan modified hybrid nanocomposite. *Process Biochemistry*, 108, pp.90-102.
- Adewuyi S., K.T. Kareem, A.O. Atayese, S.A. Amolegbe and C.A. Akinremi. 2010. Chitosan-cobalt(II) and nickel(II) chelates as antibacterial agents, *International Journal of Biological Macromolecules* 48(1), 301-303.
- Chatterjee, S., Chatterjee, S., Chatterjee, B.P. and Guha, A.K., 2007. Adsorptive removal of congo red, a carcinogenic textile dye by chitosan hydrobeads: binding mechanism, equilibrium and kinetics. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 299(1-3), pp.146-152.
- Chensi S., H.Chen, S.Wu, Y.Wen, L.Li, Z.Jiang, M.Li and W.Liu. 2013. Highly efficient detoxification of Cr(VI) by chitosan-Fe(III) complex: Process and mechanism studies, *Journal of Hazardous Materials* 224: 689-697
- Chun YO., CH.Zhang, SD.Li, L.Yang, JJ.Dong, XL.Mo, and MT. Zeng. 2010. Thermal degradation kinetics of chitosan-cobalt complex as studied by thermogravimetric analysis, *Carbohydrate Polymers* 82 (2010) 1284- 1289.
- Harja, M., Buema, G. and Bucur, D., 2022. Recent advances in removal of Congo Red dye by adsorption using an industrial waste. *Scientific Reports*, 12(1), pp.1-18.
- Higazy, Asha, M. Hashem, A. ElShafei, N. Shaker, and M.A. Hady. 2009. Development of antimicrobial jute packaging using chitosan and chitosan-metal Complex, *Carbohydrate Polymers* 79 (2010): 867-874.
- Ikram, M., Shahzadi, A., Hayat, S., Nabgan, W., Ul-Hamid, A., Haider, A., Noor, M., Goumri-Said, S., Kanoun, M.B. and Ali, S., 2022. Novel Ta/chitosan-doped CuO nanorods for catalytic purification of industrial wastewater and antimicrobial applications. *RSC Advances*, 12(27), pp.16991-17004.
- Khan T.A., Peh K.K., and H.S Ch'ng. 2002. Reporting Degree of Deacetylation, Values of Chitosan: the Influence of Analytical Methods, *J Pharm Pharmaceut Sci* 5(3):201-212.



Khan, N., Anwer, A.H., Khan, M.D., Azam, A., Ibhaddon, A. and Khan, M.Z., 2021. Magnesium ferrite spinels as anode modifier for the treatment of Congo red and energy recovery in a single chambered microbial fuel cell. *Journal of Hazardous Materials*, 410, p.124561.

Kurmiasih M. dan D. Kartika. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Fisika-Kimia Kitosan, *Jurnal Inovasi*, 5(1):42-48.

Li Q., Y. Zhao, L. Wang and W. Ai Qin. 2011. Adsorption characteristics of methylene blue onto the N-succinyl-chitosan polyacrylamide/attapulgit composite, *Korean J. Chem. Eng.*, 28(8).

Mahida, U.N., 1981, Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri, C.V. Rajawali, Jakarta.

Mekahlia, S., and B. Bouzid. 2009. Chitosan-Copper (II) complex as antibacterial agent: synthesis, characterization and coordinating bond- activity correlation study, *Physics Procedia* 2, 1045-1053.

Sorasitthyanukam, F.N., Muangnoi, C., Rojsitthisak, P. and Rojsitthisak, P., 2022. Chitosan oligosaccharide/alginate nanoparticles as an effective carrier for astaxanthin with improving stability, in vitro oral bioaccessibility, and bioavailability. *Food Hydrocolloids*, 124, p.107246.

Sun, X., Dong, M., Guo, Z., Zhang, H., Wang, J., Jia, P., Bu, T., Liu, Y., Li, L. and Wang, L., 2021. Multifunctional chitosan-copper-gallic acid based antibacterial nanocomposite wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 167, pp.10-22.

Wang, Y. dan Liu. 2004. Preparation, characterization and antimicrobial activity of chitosan-Zn complex, *Carbohydrate polymers* 56 21-26.

Yang, Y., Zhang, Y., Wang, G., Yang, Z., Xian, J., Yang, Y., Li, T., Pu, Y., Jia, Y., Li, Y. and Cheng, Z., 2021. Adsorption and reduction of Cr (VI) by a novel nanoscale FeS/chitosan/biochar composite from aqueous solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), p.105407.

You, J., Liu, C., Feng, X., Lu, B., Xia, L. and Zhuang, X., 2022. In situ synthesis of ZnS nanoparticles onto cellulose/chitosan sponge for adsorption-photocatalytic removal of Congo red. *Carbohydrate Polymers* (288):119332.

Zhang, X., X. Zhao, and H. Su. 2010. Degradation characteristic of TiO₂-chitosan adsorbent on Rhodamine B and purification of industrial wastewater, *Korean J. Chem. Eng.*, 28(5): 1241–1246

Zheng, Y., Cheng, B., Fan, J., Yu, J. and Ho, W., 2021. Review on nickel-based adsorption



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XII"

4-5 Oktober 2022

Purwokerto

materials for Congo red. *Journal of hazardous materials*, 403, p.123559.

Modifikasi

ORIGINALITY REPORT

14%
SIMILARITY INDEX

8%
INTERNET SOURCES

10%
PUBLICATIONS

2%
STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

5%
★ text-id.123dok.com
Internet Source

Exclude quotes Off
Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%