



"Tema: 7 (Ilmu Dasar dan Rekayasa Keteknikan)"

KRISTALINITAS DAN UJI ADSORPSI KOMPLEKS KITOSAN TEMBAGA (II) PADA ZAT WARNA KONGO MERAH

**Anung Riapanitra¹, Kapti Riyani², Tien Setyaningtyas³, dan Dian Windy
Dwiasi⁴**

¹**Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia**

²**Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia**

³**Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia**

⁴**Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia**

ABSTRAK

Penelitian tentang adsorpsi zat warna kongo merah telah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi kitosan setelah dimodifikasi dengan tembaga (II) (CNC) dalam menurunkan kadar zat warna dan untuk mengetahui kondisi optimum dari penyerap terhadap penurunan kadar zat warna kongo merah. Modifikasi kitosan-tembaga (II) dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi. Karakterisasi kristalinitas ditentukan secara difraksi sinar-X. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *Bachth* meliputi variasi pH. Analisis terhadap adsorpsi Kongo merah menggunakan spektrofotometer Ultraviolet-Visible. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan-tembaga (II) mampu menurunkan kadar zat warna kongo merah hingga 95,8% sedangkan kitosan hanya mencapai 72,3%. Kondisi optimum adsorpsi zat warna Kongo merah oleh kitosan dan kitosan-tembaga (II) terjadi pada pH 5.

Kata kunci: CNC, congo CNC, wastewater treatment, chitosan complex

ABSTRACT

Research on the adsorption of Congo Red dye has been conducted with the aim of determining the adsorption ability of chitosan after modification with copper (II) (CNC) in reducing dye levels and to determine the optimum conditions of absorbents against decreasing *Congo Red* dye levels. Chitosan-copper modification (II) is carried out using the coprecipitation method. The characterization of crystallinity is determined by X-ray diffraction. The adsorption process carried out by the *Bachth method* includes pH variations. Analysis of Congo Red adsorption using Ultraviolet-Visible spectrophotometer. The results showed that chitosan-copper (II) was able to reduce *Congo Red* dye



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"
17-18 Oktober 2023
Purwokerto

levels by 95.8% while chitosan only reached 72.3%. The optimum conditions for adsorption of Congo Red dye by chitosan and chitosan-copper(II) occurred at pH 5.

Keywords: CNC, wastewater treatment, chitosan complex

PENDAHULUAN

Penggunaan pewarna merah Kongo dalam industri tekstil menimbulkan bahaya lingkungan dan kesehatan yang signifikan karena sifatnya yang karsinogenik dan beracun. Congo red adalah pewarna anionik yang banyak digunakan dalam industri tekstil, dan pembuangannya ke lingkungan akuatik telah menimbulkan kekhawatiran serius tentang dampaknya terhadap kehidupan manusia, akuatik dan lingkungan. Eko-toksisitas Kongo merah mengklasifikasikannya sebagai bahan berbahaya, menekankan kebutuhan mendesak akan metode yang efektif untuk mengatasi bahayanya. Untuk mengatasi bahaya yang ditimbulkan oleh merah Kongo, berbagai metode telah dieksplorasi untuk melalui degradasinya. Metode yang telah dilakukan degradasi fotokatalitik menggunakan titanium dioksida yang dimodifikasi (Rehman et al., 2021), nano-hidroksiapatit yang didoping tembaga (Lafi et al., 2018), dan nanopartikel nikel oksida sebagai pendekatan potensial untuk mengurangi bahaya kongo merah. Demikian pula metode degradasi biologis yang memanfaatkan *Aspergillus niger* (Kalantaryan et al., 2022). Zainudin menggunakan jamur penghasil laccase dalam detoksifikasi dan dekolorisasi kongo merah (Zainudin et al., 2023). Berbagai metode tersebut efektif namun memerlukan biaya yang besar. Metode lain yang lebih sederhana dan murah adalah Adsorpsi.

Adsorpsi merupakan metode yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh polutan kongo merah dalam larutan air. Keuntungan memanfaatkan proses adsorpsi untuk menghilangkan pewarna, seperti kongo merah, terkait dengan sifat bahan adsorben yang digunakan. Beberapa variasi adsorben misalnya pemanfaatan adsorben berbasis daun untuk menghilangkan zat warna (Bulgariu et al., 2019), adsorpsi kongo menggunakan biochar (Adebayo et al., 2022; Bhatlu et al., 2023), dan penggabungan bahan inovatif, seperti *metal-organic frameworks* (MOFs) dan nanokomposit berbasis bahan alam misalnya kitosan, telah menunjukkan peningkatan kapasitas adsorpsi untuk kongo merah, meningkatkan ketergunaan dan potensi adsorpsi dalam mengatasi polutan pewarna ini (Y. Liu et al., 2021; Nguyen et al., 2020; Pathirana et al., 2023).

Chitosan merupakan biopolimer yang berasal dari kitin, telah dipelajari secara ekstensif karena potensinya dalam menghilangkan pewarna kongo merah dari larutan air. Beberapa penelitian telah menyelidiki penggunaan bahan berbasis kitosan untuk adsorpsi dan degradasi kongo merah, misalnya membran nanofiber berlapis kitosan-graphene oxide (Pathirana et al., 2023), batu apung berlapis kitosan (Kalantaryan et al., 2022), serta pemanfaatan komposit nano ZnO/kitosan sebagai adsorben untuk menghilangkan Kongo merah (Thanh et al., 2022). Selain itu, kitosan telah dimasukkan ke dalam berbagai komposit dan nanokomposit untuk meningkatkan adsorpsi Kongo merah. Misalnya, adsorpsi kongo merah menggunakan kitosan yang dibuat dari *Penicillium chrysogenum* Thom (Osarumwense et al., 2018). Selain itu, komposit kitosan / halloysite magnetik (Vahidhabanu et al., 2019). Berbagai studi ini secara kolektif menunjukkan potensi bahan berbasis kitosan dalam menghilangkan pewarna merah Kongo secara efektif. Penggabungan kompleks kitosan-tembaga (CNC) telah mendapatkan perhatian yang signifikan di berbagai bidang karena sifatnya yang unik dan potensi penerapannya. Kitosan memiliki biokompatibilitas, biodegradabilitas, dan sifat antimikroba yang sangat baik. Ketika dikombinasikan dengan tembaga, CNC yang dihasilkan menunjukkan sifat yang ditingkatkan dan menawarkan keunggulan di berbagai bidang seperti adsorpsi, medisinal, pengolahan air, dan katalisis.



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

Sintesis kompleks tembaga kitosan telah mendapatkan perhatian yang signifikan karena aplikasi potensial mereka di berbagai bidang. Kitosan, polisakarida yang berasal dari kitin, memiliki kemampuan untuk mengkelat ion logam dan menjadikannya ligan yang ideal untuk pembentukan kompleks tembaga (Gritsch et al., 2018). Tembaga dapat diikat ke kitosan dari larutan asam asetat encer kitosan dan tembaga(II) klorida, memanfaatkan sifat pengkhelat kitosan. Kompleks tembaga kitosan yang dihasilkan telah menunjukkan sifat antibakteri yang menjanjikan, menjadikannya kandidat potensial untuk biomaterial antibakteri bebas antibiotik (Gritsch et al., 2018). Nanopartikel tembaga yang didukung kitosan juga telah diselidiki untuk aplikasi katalitiknya.

Salah satu keuntungan menggunakan CNC adalah kemampuan adsorpsinya. Kompleksasi kitosan dengan tembaga meningkatkan kapasitas adsorpsinya terhadap berbagai ion logam, termasuk tembaga itu sendiri (Leswana et al., 2021). CNC telah digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk menghilangkan logam berat dari sumber air. Kehadiran tembaga dalam kompleks meningkatkan afinitas CNC terhadap ion logam, menjadikannya efisien dalam proses adsorpsi ion logam (Ramadhani et al., 2021). Pada bidang kedokteran, kompleks kitosan-tembaga telah menunjukkan potensi untuk berbagai aplikasi. Tembaga memiliki sifat antimikroba, dan ketika dimasukkan ke dalam kitosan, meningkatkan aktivitas antibakteri dan antijamurnya (Nasution, 2022). CNC telah dieksplorasi untuk penyembuhan luka, sistem penghantaran obat, dan pelapis antimikroba karena sifat gabungan kitosan dan tembaga (Fortuna & Rasikaragma, 2022). Pengolahan air adalah bidang lain di mana penggunaan CNC memiliki keuntungan. Kitosan telah banyak digunakan sebagai koagulan dalam proses pengolahan air karena kemampuannya dalam menghilangkan padatan tersuspensi dan logam berat (Mutakhabbatillah, 2023). Penambahan tembaga ke kitosan semakin meningkatkan sifat koagulasinya, menjadikan CNC efektif dalam menghilangkan kontaminan dari sumber air (Aldila, 2021). Kompleks tembaga-kitosan juga menawarkan keuntungan dalam katalisis. Kehadiran tembaga dalam kompleks meningkatkan aktivitas katalitik kitosan, membuat CNC cocok untuk berbagai reaksi katalitik (Silalahi et al., 2021). CNC telah digunakan sebagai katalis dalam transformasi organik, reaksi oksidasi, dan proses remediasi lingkungan. Pada penelitian ini CNC digunakan untuk Adsorpsi kongo merah pada variasi pH. Karakterisasi secara difraksi sinar X dilakukan untuk mempelajari kristalinitas kompleksnya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik FMIPA Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian terdiri dari 3 tahap yaitu sintesis kitosan dan CNC, karakterisasi kitosan secara difraksi sinar X dan uji adsorpsi CNC.

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 alat alat gelas, mortar, stirer, tanur, oven, blender, ayakan mesh, alat refluks, neraca digital, oven, spektrofotometer UV-Vis merk SHIMADZU, dan *X-rays diffraction* (XRD) Model D-8 Advanced diffractometer (Bruker).

Sintesis Kitosan

Menggunakan cangkang udang, sintesis kitosan terjadi dalam empat tahap meliputi deproteinasi,



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

demineralisasi, dekolorisasi, dan deasetilasi. Untuk melakukan proses deproteinasi, serbuk cangkang udang dibasakan dengan NaOH (1:10) dan dipanaskan selama 100 menit pada 80°C. Endapan berwarna merah dicuci sampai netral dan dikeringkan. Setelah itu, HCl 1 M (1:15) ditambahkan pada suhu kamar selama dua jam untuk mendemineralisasi. Kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan. Selanjutnya, depigmentasi dilakukan dengan menggunakan 4% NaOCl (1:10) selama dua jam pada suhu kamar, kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan untuk menghasilkan kitin. Kitin selanjutnya ditambahkan dengan 60% NaOH (1:10) untuk proses deasetilasi dan selanjutnya dipanaskan selama dua jam pada suhu 120°C. Endapan yang dihasilkan kemudian dicuci dengan akuades sampai netral, dan kemudian dikeringkan untuk menghasilkan kitosan. Nilai DD kitosan dihitung dan kristalinitas dianalisis secara difraksi sinar X.

Sintesis CNC

Modifikasi CNC dilakukan dengan mencampurkan 500 mg kitosan dalam gelas beker yang distirer pada suhu 25°C selama satu jam. Selanjutnya, 500 mg tembaga nitrat dilarutkan dalam 60 mL akuades dan secara perlahan ditambahkan ke dalam gelas, yang distir selama 5 jam. Larutan asam asetat 1% juga ditambahkan perlahan. Setelah penyaringan digunakan untuk memisahkan endapan dan filtrat, endapan dibersihkan dengan akuades dan etanol absolut sebelum dikeringkan.

Adsorpsi Zat Warna Kongo merah

Penentuan adsorpsi kitosan terhadap larutan zat warna Kongo merah dilakukan dengan memakai metode batch. Optimasi pH Larutan Zat Warna *Congo Red* dilakukan dimana sebanyak 25 ml larutan zat warna *Congo Red* dengan konsentrasi 50 ppm diatur pHnya dengan penambahan NaOH dan HCl menjadi pH 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; dan 10. Kemudian kedalam masing-masing larutan ditambahkan 50 mg kitosan. Campuran dishaker dengan kecepatan 150 rpm selama 30 menit. Setelah itu larutan disaring dan kadar adsorpsi zat warna *Congo Red* oleh kitosan dianalisa dengan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan yang sama dilakukan pada kitosan-Cu(II).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis kitosan

Setelah kulit udang menjadi serbuk, deproteinasi, demineralisasi, dekolorisasi, dan deasetilasi, sintesis kitosan dimulai. Setelah dicampur dengan 4% NaOH, serbuk kulit udang dipanaskan pada suhu 80 °C. Endapan dicuci dan dikeringkan pada suhu 60 °C. Demineralisasi dilakukan dengan menambahkan HCl 1M dan pigmen warna cangkang udang dihilangkan melalui penambahan 4% NaOCl. Proses deasetilasi adalah bagian terakhir dari isolasi kitosan yaitu pemanasan pada suhu 120°C dan ditambahkan 60% NaOH dengan perbandingan 1:10(b/v). Pengeringan kitosan dilakukan pada suhu sekitar 45° C menghasilkan rendemen total 72,97%, derajat deasetilasi sebesar 83,9%..

Pembentukan kompleks kitosan-tembaga (CNC) dapat disimpulkan dari data difraksi sinar-X (XRD), yang memberikan gambaran mengenai karakteristik struktural kompleks tersebut. Beberapa penelitian telah menyelidiki pembentukan dan karakterisasi kompleks kitosan-tembaga menggunakan analisis XRD. Dalam sebuah studi oleh (Omar et al., 2023), analisis XRD dilakukan untuk mengetahui pembentukan nanopartikel tembaga dan tembaga oksida dalam larutan kitosan. Pola XRD menunjukkan puncak karakteristik yang sesuai dengan bentuk kristal kitosan, serta puncak kecil yang menunjukkan adanya nanopartikel tembaga dan kompleks tembaga oksida (II) menyebabkan



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

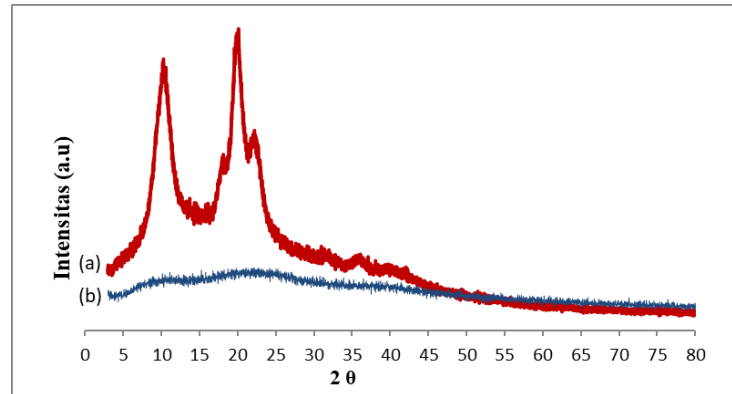
17-18 Oktober 2023

Purwokerto

pembentukan puncak karakteristik kristal kitosan yang muncul pada sudut 2θ 11° , $12,6^\circ$, 17° , 19° , 22° , 25° dan puncak kecil pada sudut 2θ $32,6^\circ$, 34° , $36,7^\circ$ dan $40,8^\circ$ mengacu pada pembentukan sejumlah kecil tembaga dan tembaga oksida. Hal ini menunjukkan keberhasilan pembentukan kompleks kitosan-tembaga dan penggabungan spesies tembaga ke dalam matriks kitosan (Gritsch et al., 2018).

Ikatan antara Cu dan kitosan pada kompleks kitosan-Cu terutama terbentuk melalui khelasi, dimana ion Cu berkoordinasi dengan gugus amino dan hidroksil yang terdapat pada rantai kitosan (Bandura et al., 2020; Gu et al., 2022; Marković et al., 2022; Omar et al., 2023) Kitosan merupakan polisakarida yang mempunyai gugus NH_2 dan OH yang dapat membentuk ikatan hidrogen. Namun, ketika kitosan menjadi kompleks dengan logam transisi seperti Cu, situs pengikatan yang tersedia untuk ikatan hidrogen berkurang, sehingga menyebabkan penurunan jumlah ikatan antar dan intramolekul antara rantai kitosan yang diperlukan untuk perakitan sendiri (Gritsch et al., 2019). Kompleksasi Cu dengan kitosan telah dieksplorasi dalam berbagai aplikasi. Misalnya, kompleks kitosan-Cu telah digunakan sebagai biomaterial antibakteri bebas antibiotik (Gritsch et al., 2018). Fungsi antibakteri kompleks kitosan-Cu dicapai melalui efek koordinasi ion Cu(II) dan kitosan (Xiao et al., 2022). Kompleks kitosan-Cu juga telah diselidiki potensinya dalam perancah rekayasa jaringan tulang, yang dapat menghantarkan ion terapeutik seperti Cu dan strontium (Gritsch et al., 2019). Dalam aplikasi ini, Cu diikat ke kitosan dari larutan asam asetat encer kitosan dan tembaga(II) klorida, memanfaatkan kemampuan khelat kitosan (Gritsch et al., 2018). Stabilitas kompleks kitosan-Cu dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antara kitosan dan Cu. Konstanta stabilitas yang terbentuk antara kitosan dan Cu(II) dilaporkan lebih kuat dibandingkan sebagian besar ion logam lainnya (Li et al., 2019). Selain itu, derajat deasetilasi kitosan dapat mempengaruhi kandungan akhir tembaga pada kompleks kitosan-Cu (Marković et al., 2022).

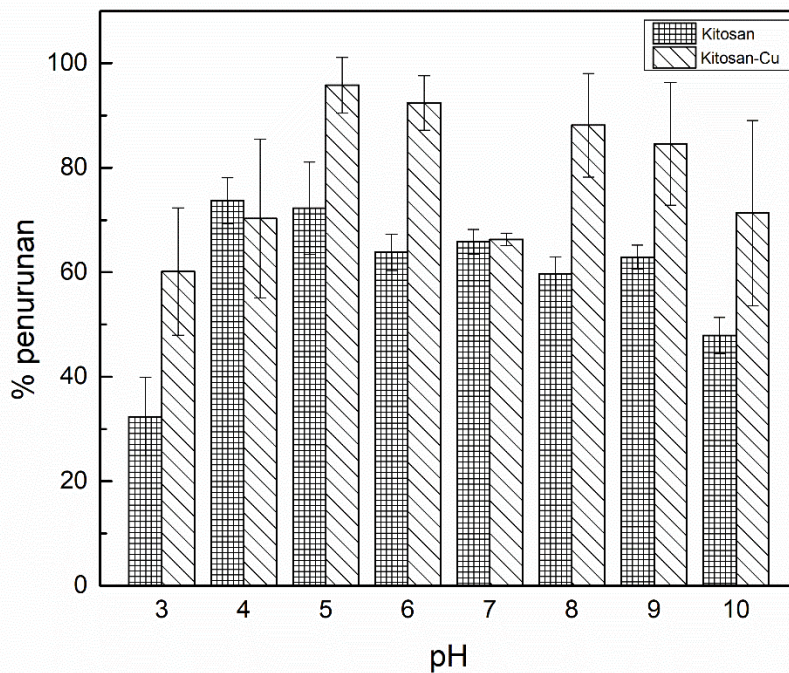
Analisis XRD yang disajikan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa kristalinitas kitosan menurun seiring dengan meningkatnya derajat deasetilasi dan juga setelah pembentukan CNC. Hal ini berhubungan dengan derajat deasetilasi dimana derajat deasetilasi yang lebih tinggi menyebabkan penurunan kristalinitas kitosan (J. Liu et al., 2017). Varma & Vasudevan (2020) mengekstraksi kitosan dari kerang kuda *Modiolus modiolus* dan mempelajari aktivitas antimikrobanya (Varma & Vasudevan, 2020). Mereka melakukan studi XRD dan mengamati bahwa ketajaman pita sampel kitin sedikit menurun pada turunan kitosannya, yang menunjukkan penurunan kristalinitas. Meskipun penelitian ini tidak secara spesifik menyelidiki hubungan antara derajat deasetilasi dan data XRD, penurunan kristalinitas yang diamati pada turunan kitosan menunjukkan bahwa proses deasetilasi dapat mempengaruhi struktur kristal kitosan.



Gambar 1. a) difraktogram chitosan b) difraktogram CNC

Adsorpsi kongo merah oleh CNC pada variasi pH

Adsorpsi larutan pewarna kongo merah dilakukan pada variasi pH yaitu 3, 4, 5, 6,7,8,9 dan 10. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode batch. Jumlah kongo merah yang tidak teradsorpsi oleh kitosan dan kitosan-tembaga(II) dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Gambar 2 menunjukkan bahwa adsorpsi zat warna oleh kitosan dan kitosan-tembaga(II) dilakukan pada pH asam dan pH basa dengan daya serap tertinggi dicapai pada pH 5, ditandai dengan nilai penyerapan terbesar oleh kitosan yaitu 72,3% dan oleh kitosan-tembaga(II) yaitu 95,8%. Daya serap kitosan dan kitosan-tembaga(II) pada pH 3 dan 4 kurang dari penyerapan pada pH 5. Hal ini bisa terjadi karena pada kondisi yang sangat asam kitosan bisa rusak dan larut. Kelarutan kitosan meningkat dengan nilai pH rendah. Hal ini terjadi karena pada pH rendah gugus amino kitosan mendapatkan donor proton dari asam yang dihasilkan dalam polielektrolit kationik yang larut dalam air.



Gambar 2. Adsorpsi kongo merah oleh kitosan dan CNC pada variasi pH.



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"
17-18 Oktober 2023
Purwokerto

Penyerapan tertinggi dicapai pada pH 5. Hal ini dapat dijelaskan bahwa dalam kisaran pH asam, muatan permukaan adsorben kitosan meningkat terutama karena peningkatan protonasi gugus amina ($-NH_3$) (Bhatlu et al., 2023). Kongo merah adalah pewarna asam dan mengandung ion negatif dari gugus sulfonate. Efek pH pada adsorpsi pewarna hongo Merah pada pH rendah karena peningkatan daya tarik elektrostatis antara molekul zat warna bermuatan negatif dan muatan positif amina dari kitosan. Semakin banyak gugus amina yang dipamerkan, semakin kitosan elektropositif, dan semakin banyak gugus aktif dapat berinteraksi dengan zat warna. Ikatan hidrogen juga berperan dalam proses adsorpsi berkondisi asam. Ikatan hidrogen terjadi antara atom nitrogen zat warna dan atom hidrogen golongan kitosan $-OH$. Penyerapan pada pH 3 dan 4 semakin kecil. Hal ini dapat terjadi karena di kongo merah juga terdapat gugus $-NH_2$ yang dalam pH asamnya dapat terprotonasi menjadi gugus NH_3 dan gugus $-SO_3$ juga dapat mengikat ion H^+ menjadi gugus SO_3H . Muatan yang sama positifnya menyebabkan tolakan elektrostatis antara molekul kitosan dan molekul Congo Red sehingga penyerapannya menurun.

Adsorpsi oleh kitosan dan CNC dalam kondisi basa masih dapat terjadi (Lafi et al., 2018). Kitosan pada pH 9 persen menurun menjadi 62,9%. CNC pada pH 8 persen menurun sebesar 88,1%. Proses adsorpsi pada pH basa dapat terjadi karena adanya ikatan kovalen kitosan dengan zat warna. Tidak hanya ikatan kovalen yang berperan, ikatan Van der Waals juga berperan dalam mekanisme adsorpsi atmosfer alkali. Ikatan Van der Waals adalah ikatan lemah yang terjadi antara gugus azo ($-N=N-$) zat warna dan gugus hidroksi ($-OH$) kitosan. Kecilnya jumlah adsorpsi dalam atmosfer basa dapat terjadi karena adanya molekul air dari hasil reaksi deprotonasi gugus hidroksi kitosan yang melakukan reaksi dengan molekul pewarna dengan memberikan komponen pewarna yang sudah tidak reaktif lagi, sehingga hasil adsorpsinya kurang optimal. Jumlah kecil adsorpsi pada atmosfer alkali juga dapat dijelaskan bahwa pada pH di atas 6,4, muatan permukaan kitosan negatif yang menghambat adsorpsi oleh gaya tolakan elektrostatis antara muatan negatif molekul pewarna dan adsorben.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan CNC dapat disintesis secara kopresipitasi dan kristalinitasnya menurun setelah pembentukan kompleks. CNC mampu menurunkan kadar pewarna kongo merah hingga 95,8% sedangkan kitosan hanya mencapai 72,3%. Penurunan terbesar kadar pewarna merah Kongo terjadi pada pH 5 dan 3.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan dukungan dan fasilitas untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebayo, M. A., Jabar, J. M., Amoko, J. S., Openiyi, E. O., & Shodiya, O. O. (2022). Coconut HuskzRaw Clay-Fe Composite: Preparation, Characteristics and Mechanisms of Congo Red Adsorption. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18763-y>
- Aldila, H. (2021). Ekstraksi Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Sebagai Adsorben Ion Logam Cu Pada Air Kolong Timah Bangka. *Promine*. <https://doi.org/10.33019/promine.v8i2.2070>
- Bandura, L., Franus, M., Madej, J., Kołodyńska, D., & Hubicki, Z. (2020). Zeolites in Phenol Removal in the Presence of Cu(II) Ions—Comparison of Sorption Properties After Chitosan Modification. *Materials*. <https://doi.org/10.3390/ma13030643>



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

- Bhatlu, M. L. D., Athira, P. S., Jayan, N., Barik, D., & Dennison, M. S. (2023). Preparation of Breadfruit Leaf Biochar for the Application of Congo Red Dye Removal From Aqueous Solution and Optimization of Factors by RSM-BBD. *Adsorption Science & Technology*. <https://doi.org/10.1155/2023/7369027>
- Bulgariu, L., Escudero, L. B., Bello, O. S., Iqbal, M., Nisar, J., Adegoke, K. A., Alakhras, F., Kornaros, M., & Anastopoulos, I. (2019). The Utilization of Leaf-Based Adsorbents for Dyes Removal: A Review. *Journal of Molecular Liquids*. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.12.001>
- Fortuna, F., & Rasikarahma, R. (2022). Autologous Fat Grafting on the Right Leg : Sebuah Laporan Kasus. *Scientific Journal*. <https://doi.org/10.56260/sciena.v1i5.74>
- Gritsch, L., Lovell, C., Goldmann, W. H., & Boccaccini, A. R. (2018). Fabrication and Characterization of Copper(II)-Chitosan Complexes as Antibiotic-Free Antibacterial Biomaterial. *Carbohydrate Polymers*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.095>
- Gritsch, L., Maqbool, M., Mouriño, V., Ciraldo, F. E., Cresswell, M., Jackson, P., Lovell, C., & Boccaccini, A. R. (2019). Chitosan/Hydroxyapatite Composite Bone Tissue Engineering Scaffolds With Dual and Decoupled Therapeutic Ion Delivery: Copper and Strontium. *Journal of Materials Chemistry B*. <https://doi.org/10.1039/c9tb00897g>
- Gu, G., Erişen, D. E., Yang, K., Zhang, B., Shen, M., Zou, J., Qi, X., Chen, S., & Xu, X. (2022). Antibacterial and anti-inflammatory Activities of Chitosan/Copper Complex Coating on Medical Catheters: In Vitro and in Vivo. *Journal of Biomedical Materials Research Part B Applied Biomaterials*. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.35047>
- Kalantaryan, M., Abrahamyan, G., & Hoveyan, H. A. (2022). Anionic Dye Removal From Aqueous Solution Using Chitosan Modified Irind Mine Pumice. *Journal of Architectural and Engineering Research*. <https://doi.org/10.54338/27382656-2022.2-006>
- Lafi, R., Montasser, I., & Hafiane, A. (2018). Adsorption of Congo Red Dye From Aqueous Solutions by Prepared Activated Carbon With Oxygen-Containing Functional Groups and Its Regeneration. *Adsorption Science & Technology*. <https://doi.org/10.1177/0263617418819227>
- Leswana, N. F., Siswanta, D., & Suratman, A. (2021). Synthesis Polyelectrolyte Complex Membrane Polystyrene Sulfonate-Chitosan From Styrofoam Waste as the Adsorbent for Cu(II) and Ni(II) Metal. *Jurnal Farmasi Etam (Jfe)*. <https://doi.org/10.52841/jfe.v1i1.173>
- Li, F., Liu, Y., Li, Z., Li, Q., Li, X., & Cui, H. (2019). Cu(II)-Regulated on-Site Assembly of Highly Chemiluminescent Multifunctionalized Carbon Nanotubes for Inorganic Pyrophosphatase Activity Determination. *Acs Applied Materials & Interfaces*. <https://doi.org/10.1021/acsami.9b20259>
- Liu, J., Liu, S., Wu, Q., Gu, Y., Kan, J., & Jin, C. (2017). Effect of protocatechuic acid incorporation on the physical, mechanical, structural and antioxidant properties of chitosan film. *Food Hydrocolloids*, 73, 90–100.
- Liu, Y., Qiu, G., Li, T., Yan, A., Liu, Y., Qu, R., & Sun, C. (2021). Preparation of Metal Organic Framework Hybridizing With Poly(p-Phenylene Terephthalamide) Fiber and Adsorption Properties for Anionic Dye. *Pigment & Resin Technology*. <https://doi.org/10.1108/prt-08-2021-0092>
- Marković, D., Zille, A., Ribeiro, A. I., Mikučionienė, D., Simončič, B., Tomšič, B., & Radetić, M. (2022). Antibacterial Bio-Nanocomposite Textile Material Produced From Natural Resources. *Nanomaterials*. <https://doi.org/10.3390/nano12152539>
- Mutakhabbatillah, M. (2023). Efektivitas Koagulan Kitosan Pada Pengolahan Air Di Unit Water Treatment PPSDM Migas Cepu. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i3.396>



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XIII"

17-18 Oktober 2023

Purwokerto

- Nasution, M. S. K. (2022). Peranan Senyawa Kompleks Dalam Bidang Medis: Literatur Studi. *Jurnal Impresi Indonesia*. <https://doi.org/10.36418/jii.v1i5.64>
- Nguyen, N. T., Nguyen, N. T., & Nguyen, V. A. (2020). In Situ Synthesis and Characterization of ZnO/Chitosan Nanocomposite as an Adsorbent for Removal of Congo Red From Aqueous Solution. *Advances in Polymer Technology*. <https://doi.org/10.1155/2020/3892694>
- Omar, F. A., El-Tonsy, M. M., Oraby, A. H., & Reicha, F. M. (2023). Copper and Copper Oxides Nanoparticles Synthesized by Electrochemical Technique in Chitosan Solution. *International Journal of Science and Engineering Applications*. <https://doi.org/10.7753/ijsea0503.1009>
- Osarumwense, J. O., Akpaja, E. O., & Ekhosuehi, J. A. (2018). Preparation and Characterisation of Chitosan From *Penicillium Chrysogenum*; Thom for Decolourisation of Congo Red Dye in Aqueous Solution. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. <https://doi.org/10.4314/jasem.v21i7.26>
- Pathirana, M. A., Dissanayake, N. S. L., Wanasekara, N. D., Mahltig, B., & Nandasiri, G. K. (2023). Chitosan-Graphene Oxide Dip-Coated Polyacrylonitrile-Ethylenediamine Electrospun Nanofiber Membrane for Removal of the Dye Stuffs Methylene Blue and Congo Red. *Nanomaterials*. <https://doi.org/10.3390/nano13030498>
- Ramadhani, P., Chaidir, Z., Zilfa, Z., Fauzia, S., & Zein, R. (2021). Isolation of chitosan from shrimp shell (*Metapenaeus monoceros*) as adsorbent for removal of metanil yellow dyes. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 1–15.
- Rehman, R., Waheed-uz-Zaman, Raza, A., Noor, W., Batool, A., & Maryem, H. (2021). Photocatalytic Degradation of Alizarin Red S, Amaranth, Congo Red, and Rhodamine B Dyes Using UV Light Modified Reactor and ZnO, TiO₂, and SnO₂ as Catalyst. *Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.1155/2021/6655070>
- Silalahi, I. H., Julan, J., Yusprianto, M., & Rudiyanayah. (2021). Sintesis Dan Transisi Elektronik Kompleks Tembaga (II)-Klorofil. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v3i3.44149>
- Thanh, N. N., Tung, N. T., Nguyen, V. A., Chung, N. T., & Thinh, N. A. (2022). Removal of Congo Red Dye From Aqueous Solution Using Nano ZnO/chitosan Composite. *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*. <https://doi.org/10.51316/jca.2022.070>
- Vahidhabanu, S., Adeogun, A. I., & Babu, B. R. (2019). Biopolymer-Grafted, Magnetically Tuned Halloysite Nanotubes as Efficient and Recyclable Spongelike Adsorbents for Anionic Azo Dye Removal. *Acs Omega*. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b02960>
- Varma, R., & Vasudevan, S. (2020). Extraction, characterization, and antimicrobial activity of chitosan from horse mussel *modiolus modiolus*. *ACS Omega*, 5(32), 20224–20230.
- Xiao, Y., Shen, G., Zheng, W., Fu, J., Fu, F., Hu, X., Jin, Z., & Liu, X. (2022). Remarkable Durability of the Antibacterial Function Achieved via a Coordination Effect of Cu(II) Ion and Chitosan Grafted on Cotton Fibers. *Cellulose*. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04281-z>
- Zainudin, N. F., Sam, S. T., Wong, Y.-S., Ismail, H., Walli, S., Inoue, K., Kawamura, G., & Tan, W. (2023). Degradation of Diazo Congo Red Dye by Using Synthesized Poly-Ferric-Silicate-Sulphate Through Co-Polymerization Process. *Polymers*. <https://doi.org/10.3390/polym15010237>