

**ADSORPSI REMAZOL BRILLIANT BLUE R MENGGUNAKAN
NANOKRISTAL SELULOSA AMPAS TEBU DENGAN METODE
HIDROLISIS ASAM**

**ADSORPTION REMAZOL BRILLIANT BLUE R USING NANOCRYSTAL
CELLULOSE SUGARCANE BAGASSE WITH ACID HYDROLYSIS
METHOD**

SITI FIKRIAH KHAIRANTI

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jl Majapahit,
No.62, Gomong, Selaparang, Mataram, Nusa Tenggara Barat,
email : virakhairanti15@gmail.com

Abstrak. Pemanfaatan nanokristal selulosa ampas tebu sebagai salah satu adsorben untuk mengadsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Blue R* atau *Reactive Blue 19* telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode hidrolisis asam pada isolasi nanokristal selulosa dan menentukan variasi massa adsorben, pH adsorbat serta konsentrasi adsorbat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa nanokristal ampas tebu dapat dibuktikan penggunaannya sebagai adsorben untuk adsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Blue R* dengan kapasitas maksimalnya sebesar 1,7015 mg/g pada konsentrasi 60 ppm, kapasitas adsorpsi sebesar 2,1666 mg/g pada pH 3 dan kapasitas adsorpsi sebesar 2,181 mg/g pada massa. Proses adsorpsi zat warna *Remazol Brilliant Blue R* menggunakan adsorben nanokristal selulosa ampas tebu, mengikuti model *isotherm* Langmuir dengan nilai regresi 0,9271, K_L sebesar 0,1329 L/mg dan nilai q_m sebesar 2,074 mg/g. Sehingga proses adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* menggunakan adsorben nanokristal selulosa ampas tebu terjadi secara kemisorpsi. Hasil analisis spektrofotometer FTIR nanokristal selulosa menunjukkan adanya serapan berturut-turut di daerah 3425 dan 1293 cm^{-1} yaitu gugus O-H dan C-O. Uji karakterisasi dengan metode *particle size analyzer* memiliki ukuran partikel sebesar $1,084 \times 10^{-9}$ nm. Serta uji karakterisasi dengan metode difraksi sinar-X $2\theta = 25,263^\circ$ dan pada $2\theta = 17,634^\circ$.

Kata kunci : Adsorpsi, Ampas Tebu, *Remazol Brilliant Blue R*

Abstarct. The utilization of sugarcane bagasse cellulose nanocrystals as one adsorbent for adsorption of *Remazol Brilliant Blue R* or *Reactive Blue 19* dye has been carried out. This research was conducted using the acid hydrolysis method on the isolation of cellulose nanocrystals and to determine the variation of adsorbent mass, adsorbate pH and adsorbate concentration. Based on the research that has been carried out, it is found that the use of bagasse nanocrystals can be proven as an adsorbent for the adsorption of *Remazol Brilliant Blue R* dye with a maximum capacity of 1.7015 mg/g at a concentration of 60 ppm, adsorption capacity of 2.1666 mg/g. g at pH 3 and adsorption capacity of 2.181 mg/g by mass. The adsorption process of *Remazol Brilliant Blue R* dye using bagasse cellulose nanocrystal adsorbent, followed the KL Langmuir isotherm model with a regression value of 0,9271, K_L 0,1329 L/mg and q_m value 2.074 mg/g. So that the *Remazol Brilliant Blue R* adsorption process using bagasse nanocrystal cellulose adsorbent occurs by chemisorption. The results of the FTIR spectrophotometer analysis of cellulose nanocrystals showed that there was absorption in the 3425 and 1293 cm^{-1} namely the OH and CO groups, respectively. The characterization test using the particle

size analyzer has a particle size of 1.084×10^{-9} nm, and the characterization test using X-ray diffraction method at $2\theta = 25.263^\circ$ and at $2\theta = 17.634^\circ$.

Keywords : *Adsorption, Sugarcane Bagasse, Remazol Brilliant Blue R*

PENDAHULUAN

Zat warna reaktif banyak digunakan karena memiliki warna yang sangat cerah, rentang warna yang luas, ketahanan warna yang cukup baik, kelarutannya sangat tinggi dalam air dan penggunaannya cukup mudah. Salah satu zat warna reaktif tersebut adalah *Remazol Brilliant Blue R* atau *Reactive Blue 19*. Zat warna ini memiliki gugus kromofor yang mudah memberikan warna-warna cerah serta sangat tidak mudah luntur. Selain itu, *Remazol Brilliant Blue R* sangat tahan terhadap proses oksidasi kimia disebabkan kestabilan struktur aromatik anthraquinon (Hidayati dkk., 2016). Menurut Peraturan Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah terhadap standar polutan *remazol* untuk industri tekstil tidak dijelaskan secara detail jumlah dan konsentrasi yang diizinkan masuk ke dalam lingkungan, tetapi dalam peraturan tersebut menjelaskan standar dari debit maksimal limbah sebesar $100 \text{ m}^3/\text{ton}$ produk tekstil.

Proses adsorpsi telah terbukti sebagai salah satu proses pengurangan zat warna pada limbah tekstil (Arulkumar dkk., 2011). Ampas tebu adalah salah satu limbah pertanian yang melimpah di Indonesia, maka dikembangkan sebagai biomassa terbarukan, sehingga ampas tebu digunakan sebagai bahan baku produksi selulosa. Persentase selulosa pada ampas tebu cukup tinggi sebesar 40-50% (Mandal dan Debabrata, 2011). Ampas tebu dan empulurnya merupakan biomassa yang dapat menghasilkan nanokristal selulosa (De dkk., 2016). Nanokristal selulosa telah menarik perhatian sebagai alternatif adsorben, nanokristal selulosa diperoleh dari beragam bahan selulosa dengan menggunakan teknik ultrasonik dan hidrolisis

enzimatis (Wulandari dkk., 2016) serta dengan teknik hidrolisis atau oksidasi (Bertsch dkk., 2018).

Teknik hidrolisis asam dalam memperoleh nanokristal selulosa merupakan teknik yang cukup banyak digunakan (Wulandari dkk., 2016). Penggunaan asam sulfat (H_2SO_4) pada teknik hidrolisis asam memiliki kelebihan yaitu asam kuat yang mampu menembus dengan cepat ke lapisan dalam jaringan selulosa dan menghidrolisis daerah amorf sedangkan daerah kristalin lebih tahan terhadap asam kuat maupun lemah (Yu dkk., 2013). Proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti, proses pengadukan, karakteristik adsorbat, kelarutan adsorbat, jenis adsorbat, luas permukaan, suhu, dan pH.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pewarna *Remazol Brilliant Blue R*, ampas tebu, aquades, H_2O_2 , NaOH, HCl, larutan etanol:toluene (1:2) dan H_2SO_4 98%, dan serbuk KBr.

Prosedur Kerja

Isolasi Mikrokristal selulosa

1. Tahap *dewaxing* (penghilangan senyawa ekstraksi)

Sebanyak 12 g sampel diekstraksi dengan 240 mL etanol:toluene (1:2) selama 4 jam pada suhu 85 °C menggunakan metode soxhlet. Residu bebas senyawa ekstraktif kemudian dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 60 °C. Sampel ditimbang dan dihitung rendemennya.

2. Proses penghilangan pati

Proses penghilangan pati dilakukan dengan cara ekstraksi dengan air panas, dilakukan secara berulang-ulang sampai sampel bebas pati. Residu bebas pati dikeringkan dalam oven suhu 60 °C selama 4 jam. Ditimbang dan dihitung rendemennya.

3. Tahap De-Hemiselulosa

Sebanyak 5 g residu bebas pati dan ekstraktif dilarutkan kedalam 100 mL NaOH 4% dipanaskan pada suhu 85 °C selama 2 jam, didinginkan dan disaring. pencucian residu menggunakan akuades sampai pH netral. Residu bebas hemiselulosa dikeringkan dalam oven suhu 60 °C selama 4 jam. Ditimbang dan hitung rendemen.

4. Tahap delignifikasi

Residu kering bebas hemiselulosa ditimbang sebanyak 50 g dimasukkan kedalam erlenmeyer 1000 mL ditambahkan larutan HCl 25% sebanyak 120 mL ; 50 mL H₂O₂ 10% dan aquades 400 mL direfluks selama 2 jam suhu 60 °C. Selanjutnya disaring menggunakan pompa vakum, dibilas dan dinetralkan dengan aquades hingga pH netral. Kemudian dikeringkan pada suhu 60 °C selama 4 jam. Ditimbang dan dihitung rendemen.

5. Tahap *bleaching* (pemutihan)

Residu kering selulosa dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 mL ditambahkan larutan HCl 37% 100 mL ; H₂O₂ 38% 150 mL dan aquades 100 mL. Direfluks selama 2 jam pada suhu 60 °C. Selanjutnya disaring dan dinetralkan dengan aquades hingga pH netral. Residu hasil *bleaching* dikeringkan pada suhu 40 °C selama 24 jam ditimbang dan dihitung rendemen (Kunusa, 2017).

Sintesis Nanokristal Selulosa

Preparasi nanokristal selulosa mengacu pada penelitian Mandal dan Debabrata (2011). Produk selulosa yang diperoleh kemudian dihidrolisis dengan asam kuat H_2SO_4 . Konsentrasi asam sulfat yang digunakan yaitu 60%. Asam sulfat dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan pada suhu $50\text{ }^\circ\text{C}$ selama 5 jam dengan perbandingan rasio 1:20 sampel terhadap larutan. Hidrolisis dihentikan dengan menambahkan akuades sebanyak 500 mL, kemudian didinginkan pada suhu kamar. Campuran selanjutnya disentrifugasi selama 5 menit pada kecepatan 3.000 rpm. Fraksi dicuci terus menerus dengan menambahkan aquades dan sentrifugasi dihentikan setelah 5 kali pencucian. Suspensi yang terbentuk kemudian disonikasi selama 5 menit dalam penangas es untuk menghindari panas berlebih. Suspensi yang dihasilkan disimpan dalam lemari es pada suhu $4\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam, kemudian di oven pada suhu $50\text{ }^\circ\text{C}$ sampai kadar air hilang.

Karakterisasi Nanokristal selulosa

Karakteristik dilakukan dengan cara melakukan analisis gugus fungsi yang terdapat pada nanokristal selulosa menggunakan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*), mengetahui morfologi permukaan nanokristal selulosa ampas tebu dianalisis untuk mengetahui derajat kristalinitas dari nanokristal selulosa dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), serta menganalisis ukuran partikel dari nanokristal selulosa menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA).

Uji Adsorpsi Remazol Brilliant Blue R

Percobaan adsorpsi dilakukan dengan menentukan kondisi optimum (massa adsorben, pH, dan konsentrasi). Massa adsorben divariasikan dari 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 dan 0,30 g. Selanjutnya, diaduk dengan kecepatan 80-85 rpm pada suhu ruang. Variasi pH yang digunakan yaitu 1, 3, 5, 7, dan 9. Penentuan konsentrasi dilakukan

dengan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm. Setelah itu campuran dipisahkan dengan sentrifugasi dan filtratnya dianalisa menggunakan UV-Vis pada $\lambda=615$ nm untuk mengetahui konsentrasi adsorbat yang tidak teradsorp serta kapasitas adsorpsinya. Penentuan kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m}$$

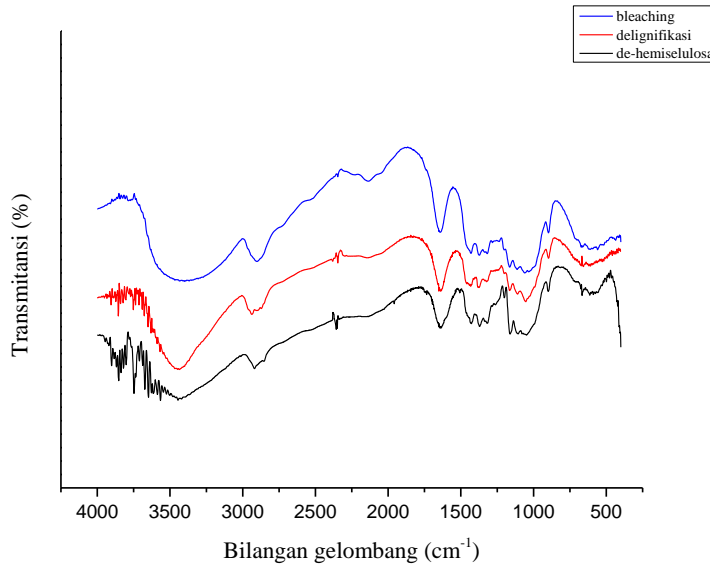
dimana q_e adalah kapasitas adsorpsi (m/g), C_e adalah konsentrasi akhir (mg/L) C_o adalah konsentrasi awal (mg/L), m adalah berat adsorben (g), dan V adalah volume sampel (L).

HASIL DAN DISKUSI

Isolasi Mikrokristal selulosa

Selulosa dari ampas tebu diperoleh melalui isolasi selulosa ampas tebu, ampas tebu yang diawali dengan mengubahnya terlebih dahulu menjadi mikrokristal selulosa dengan beberapa tahap yakni tahap *dewaxing*, penghilangan pati, *de-hemiselulosa*, *delignifikasi*, dan *bleaching*. Tahap *dewaxing* bertujuan menghilangkan lignin, lemak, tannin, serta zat organik dengan menggunakan etanol:toluene (1:2). Tahap penghilangan pati bertujuan agar residu yang didapatkan bebas pati dengan melakukan ekstraksi dengan air panas, kemudian dioven pada suhu 60 °C selama 4 jam. Tahapan selanjutnya, *de-hemiselulosa* menggunakan NaOH pada residu bebas pati dipanaskan selama 2 jam dengan suhu 85 °C. NaOH bertujuan untuk menghilangkan hemiselulosa. Tahap *delignifikasi* atau penghilangan residu kering dari tahap sebelumnya ditambahkan HCl 25% untuk menghasilkan serat selulosa mikrokristal. Bertujuan daerah amorf pada serat selulosa menggunakan HCl sebagai penghancur, selain itu dapat menghilangkan lignin karena sifat lignin yang mudah larut dalam asam atau basa (Kunusa, 2017). Tahap terakhir, *bleaching* atau pemutihan produk hasil isolasi selulosa. Produk hasil tahap *bleaching* yang diperoleh diubah

menjadi nanokristal selulosa. Sintesis nanokristal selulosa dilakukan dengan menggunakan metode hidrolisis asam. Metode hidrolisis bertujuan melibatkan terjadinya esterifikasi gugus hidroksil, ikatan glikosidik yang menghasilkan reduksi ekstensif dalam pengaruh ukuran partikel yang dihasilkan dengan menggunakan H_2SO_4 (Mandal dan Debabrata, 2011). Campuran reaksi hasil hidrolisis berupa suspensi koloid berwarna hitam, kemudian disentrifugasi dengan penambahan aquades hingga tiga kali pencucian, cairan hasil sentrifugasi dipisahkan suspensi koloid dari cairan keruh. Suspensi koloid kemudian disonikasi selama 20 menit dalam penangas es untuk menghindari panas berlebih, yang menyebabkan desulfasi gugus sulfat pada selulosa. Identifikasi gugus fungsi selulosa yang terbebas dari lignin dan hemiselulosa pada mikrokristal selulosa dapat dilihat dari beberapa tahap mikrokristal yaitu *bleaching*, *delignifikasi*, dan *de-hemiselulosa* pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR: (a). De-hemiselulosa, (b). Delignifikasi, (c). Bleaching
Pita serapan yang dihasilkan pada Gambar 4.3 menunjukkan adanya pelebaran pada gugus O-H pada bilangan gelombang 3425 cm^{-1} , bilangan gelombang 2910 cm^{-1}

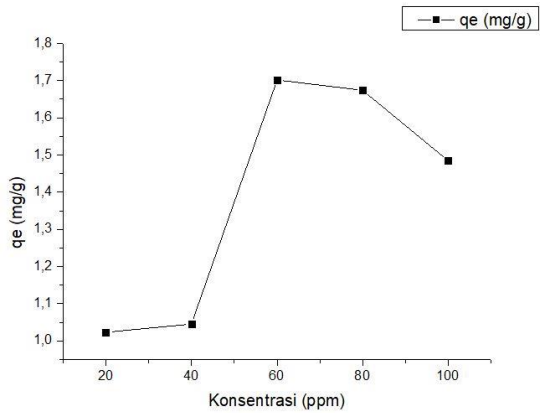
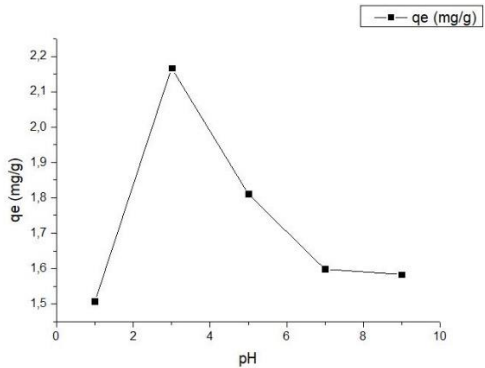
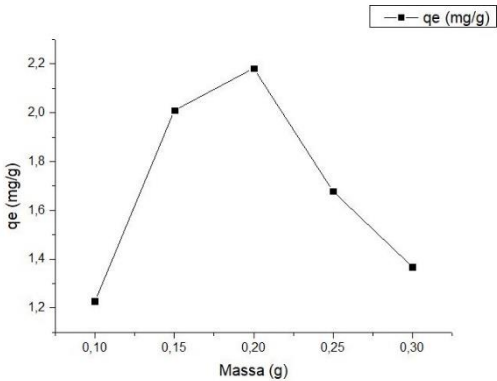
menunjukkan serapan gugus fungsi C-H dan gugus fungsi CH₂ simetris pada bilangan gelombang 1428 cm⁻¹ membuktikan adanya gugus fungsi dari selulosa. pada Gambar 4.3 (b) dan (c) hilangnya hemiselulosa pada tahap *de-hemiselulosa* menggunakan NaOH dengan tidak ditemukannya puncak 1728 cm⁻¹ yang yang menandai ikatan C=O sebagai ciri khas dari hemiselulosa. Pita serapan pada lignin ditunjukkan pada gugus fungsi C=C, C-C, dan C-O pada bilangan gelombang berturut-turut yakni 1653 cm⁻¹, 1535 cm⁻¹, dan 1292 cm⁻¹.

Karakterisasi pada nanokristal selulosa menggunakan PSA memiliki hasil pengukuran menggunakan *particle size analyzer*, selulosa yang dihasilkan dari proses isolasi nanokristal selulosa ampas tebu dengan metode hidrolisis asam sulfat dan ultrasonikasi memiliki rata-rata ukuran partikel sebesar 1,510 x 10⁻⁹ nm. Serta karakterisasi nanokristal selulosa menggunakan XRD menunjukkan bahwa sampel nanokristal selulosa ampas tebu yang diperoleh memiliki daerah amorf yang lebih besar daripada daerah kristalin. Pola difraksi nanokristal selulosa ampas tebu memiliki puncak tertinggi pada 2θ = 25,263° dan pada 2θ = 17,634°.

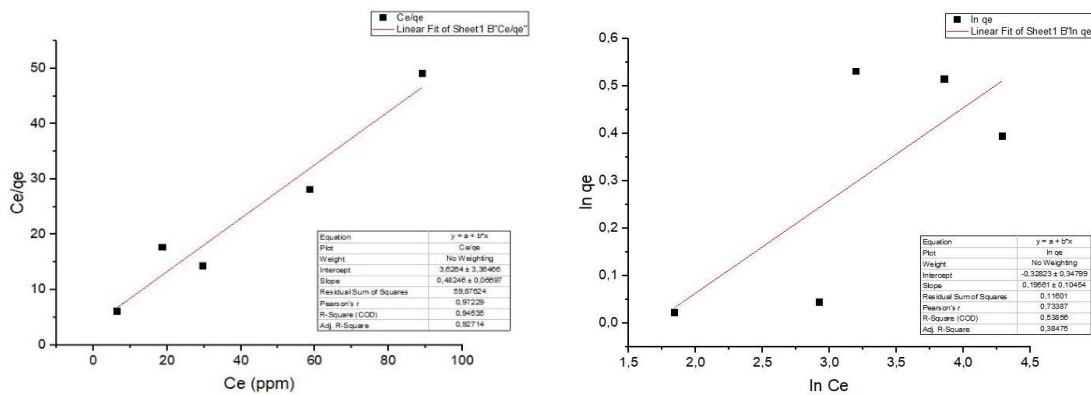
Uji adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*

Pengujian adsorpsi dengan menentukan kondisi optimum (massa, pH, dan konsentrasi) dan mengetahui model *ishotherm* yang diperoleh. Pada penentuan massa ditunjukkan pada Gambar 2 diperoleh massa optimum 0,20 g. Kapasitas adsorpsi meningkat seiring dengan peningkatan jumlah adsorben (nanokristal selulosa ampas tebu) hingga batas tertentu. Penentuan pH pada uji adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 3 diperoleh pada pH=3 (kondisi asam). Pada kondisi asam (pH=3), gugus hidroksil (-OH) dalam adsorben nanokristal selulosa mengalami protonasi dan membentuk H₃O⁺ pada permukaan adsorben yang cenderung elektropositif akibat pH rendah. Terakhir, penentuan konsentrasi optimum ditunjukkan pada Gambar 4 diperoleh konsentrasi sebesar 60 ppm. Kapasitas adsorpsi meningkat seiring naiknya konsentrasi adsorbat.

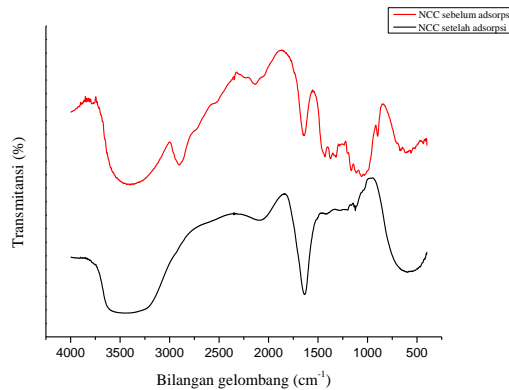
Hal ini disebabkan semakin banyak molekul zat warna yang diserap dan berinteraksi dengan adsorben. Akan tetapi, pada saat diatas konsentrasi optimal yaitu 60 ppm terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini disebabkan permukaan adsorben telah jenuh untuk berinteraksi dengan zat warna sehingga kapasitas adsorpsi mengalami kesetimbangan (Ningsih dkk., 2016).



Adsorpsi *isotherm* adsorpsi dipelajari menggunakan pendekatan model Langmuir dan Freundlich. Model Langmuir digunakan untuk menggambarkan adsorpsi homogen pada proses adsorpsi monomolekuler. Model Langmuir akan menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum (q_m) dan konstanta Langmuir (KL) monolayer, sedangkan nilai n dan konstanta Freundlich (KF) dihasilkan dengan memplot model Freundlich. Kurva plot model Langmuir ditunjukkan pada Gambar 5 dan model Freundlich ditunjukkan pada Gambar 6.



Analisa gugus fungsi pada adsorben nanokristal selulosa ampas tebu dilakukan menggunakan Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Hasil analisa FTIR sebelum dan sesudah adsorpsi pada adsorben nanokristal selulosa ampas tebu ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Nanokristal Selulosa Ampas Tebu Sebelum dan Sesudah Adsorpsi
Remazol Brilliant Blue R

Nanokristal sebelum dan sesudah adsorpsi dapat diketahui pada Gambar 7, sebelum adsorpsi adanya pita serapan pada daerah 3425 cm^{-1} yang merupakan vibrasi *stretching* -OH dari senyawa selulosa. Dimana pada selulosa terdapat gugus OH yang bersifat elektronegatif sebagai akibat adanya bebas pada atom oksigen. Zat warna *Remazol Brilliant Blue R* memiliki dipol positif dapat ditarik oleh gugus hidroksil yang terdapat pada nanokristal selulosa. Selain itu munculnya pita serapan ini diindikasikan adanya vibrasi *stretching* dari C-O. Puncak serapan gugus C-O sebelum adsorpsi pada daerah bilangan gelombang 1293 cm^{-1} dan sesudah adsorpsi puncak serapan C-O pada 1122 cm^{-1} . Terdapat perbedaan intensitas pita serapan yang cukup besar pada setiap puncak setelah adsorpsi tetapi tidak merubah puncak pada setiap gugus fungsi pada adsorben nanokristal selulosa ampas tebu sebelum perlakuan adsorpsi dan setelah perlakuan adsorpsi. Pergeseran yang intensitasnya cukup besar terjadi pada pita serapan yang melebar pada gugus -OH yaitu dari 3425 cm^{-1} menjadi 3444.00 cm^{-1} . Perubahan intensitas setelah adsorpsi pada adsorben diakibatkan terjadi interaksi antara gugus hidroksil (-OH) pada adsorben nanokristal selulosa yang terprotonasi menjadi H_3O^+ saat adsorbat dalam kondisi asam dengan anion zat warna

Remazol Brilliant Blue R yaitu berupa gugus sulfonat (SO_3^-) selama terjadi proses adsorpsi, hal ini mengakibatkan puncak serapan juga mengalami penurunan. Gugus hidroksil (-OH) dalam nanokristal selulosa ampas tebu berpengaruh dalam terjadinya adsorpsi pewarna *Remazol Brilliant Blue R*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Karakterisasi nanokristal selulosa ampas tebu menggunakan uji FTIR menunjukkan serapan berturut-turut di daerah 3425 dan 1293 cm^{-1} yaitu gugus O-H dan C-O . Uji karakterisasi dengan metode *particle size analyzer* memiliki ukuran partikel sebesar $1,084 \times 10^{-9}$ nm. Serta uji karakterisasi dengan metode difraksi sinar-X $2\theta = 25,263^\circ$ dan pada $2\theta = 17,634^\circ$.
- b. Variasi massa, pH dan konsentrasi terhadap adsorpsi mempengaruhi kapasitas adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*. Pada penelitian ini variasi massa menunjukkan semakin tinggi massa adsorben maka kapasitas adsorpsi semakin tinggi dan menurun setelah massa optimal, variasi pH menunjukkan pH=3 (keadaan asam) memiliki kapasitas adsorpsi tinggi dan menurun seiring meningkatnya pH sedangkan pada variasi konsentrasi adsorbat menunjukkan kapasitas adsorpsi semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi adsorbat dan menurun saat konsentrasi diatas optimal karena adsorben mengalami kesetimbangan. *Isotherm* yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari model *isotherm* Langmuir dan Freundlich, Model *isotherm* Langmuir memiliki nilai $R^2 = 0,9271$ dan Model *isotherm* Freundlich memiliki nilai $R^2 = 0,3847$.

DAFTAR PUSTAKA

- Arulkumar, M., Sathishkumar, P., dan Palvannan, T., 2011, Optimization of Orange G dye adsorption by activated carbon of *Thespesia populnea* pods using response surface methodology, *Journal of hazardous materials* 186(1): 827-834.
- Bertsch, P., Diener, M., Adamcik, J., Scheuble, N., Geue, T., Mezzenga, R., dan Fischer, P., 2018, Adsorption and interfacial layer structure of unmodified nanocrystalline cellulose at air/water interfaces, *Langmuir* 34(50): 15195-15202.
- De, O. F. B., Bras, J., Pimenta, M. T. B., da Silva Curvelo, A. A., dan Belgacem, M. N., 2016, Production of Cellulose Nanocrystals From Sugarcane Bagasse Fibers and Pith. *Industrial Crops and Products*, 93, 48-57.
- Hidayati, P., Ulfin, I., dan Juwono, H., 2016, Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Nata De Coco: Optimasi Dosis Adsorben Dan Waktu Kontak, *Jurnal Sains Dan Seni ITS* 5(2): 2337-3520.
- Kunusa, W. R., 2017, Kajian Tentang Isolasi Selulosa Mikrokrystalin (Sm) Dari Limbah Tongkol Jagung, *Jambura Journal of Educational Chemistry* 12(1)" 105-108.
- Mandal, a., dan Chakrabarty, D., 2011, Isolation Of Nanocellulose From Waste Sugarcane Bagasse (SCB) and is Characterization, *Carbohydrate Polymers* 86: 1291-1299.
- Ningsih, D. A., Said, I., dan Ningsih, P., 2016, Adsorpsi logam timbal (Pb) dari larutannya dengan menggunakan adsorben dari tongkol jagung, *Jurnal akademika kimia*, 5(2), 55-60.
- Wulandari, W. T., Rochliadi, A., dan Arcana, I. M., 2016, Nanocellulose Prepared by Acid Hydrolysis of Isolated Cellulose From Sugarcane Bagasse. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing 107(1): 1-8.
- Yu, H., Qin, Z., Liang, B., Liu, N., Zhou, Z., dan Chen, L., 2013, Facile extraction of thermally stable cellulose nanocrystals with a high yield of 93% through hydrochloric acid hydrolysis under hydrothermal condition, *Journal of Materials Chemistry A*, 1(12): 3938-3944.

