

# POTENSI SELULOSA BAKTERIAL DAN SELULOSA ASETAT LIMBAH CAIR TAHU SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cu(II) DAN Cr(VI)

Roin Marga Satria, Saprini Hamdiani, Maria Ulfa

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram  
Jalan Majapahit No. 62, Mataram, 83125, Indonesia  
Penanggungjawab Email: [maruli69@gmail.com](mailto:maruli69@gmail.com)

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai potensi selulosa bakterial (BC) dan selulosa asetat (CA) limbah cair tahu sebagai adsorben ion logam Cu(II) dan Cr(VI). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh pH, konsentrasi ion logam, dan waktu kontak terhadap nilai kapasitas adsorpsi (Q); mengetahui model isoterm dan kinetika adsorpsi adsorben; serta mengetahui ion logam yang lebih banyak diadsorpsi oleh adsorben BC dan CA. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pH, konsentrasi ion logam, dan waktu kontak sangat mempengaruhi nilai Q dari adsorben. Kondisi pH optimum untuk pengadsorpsian kedua ion logam pada adsorben BC adalah pH 5, sedangkan pada CA adalah pH 4. Pada kondisi optimum (Konsentrasi 250 ppm dan waktu kontak 30 menit) diperoleh nilai Q dari BC untuk ion Cu(II) dan Cr(VI) masing-masing sebesar 39,562 dan 21,980 mg/g, sedangkan untuk CA sebesar 39,964 dan 21,980 mg/g. Model isoterm adsorpsi yang cocok untuk kedua adsorben adalah model Isoterm Langmuir. Untuk model kinetika, kedua adsorben mengikuti model kinetika pseudo orde 2. Adsorben BC dan CA lebih banyak mengadsorpsi ion Cu(II) dibandingkan dengan ion Cr(VI).

**Kata kunci:** Selulosa bakterial, selulosa asetat, limbah cair tahu, adsorpsi

## PENDAHULUAN

Kandungan logam berat dalam limbah cair industri yang melebihi standar kesehatan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berdampak buruk bagi kesehatan. Upaya-upaya pengendalian logam semakin berkembang yang mengarah pada upaya pencarian material dan metode baru yang murah, efektif dan efisien. Salah satu metode alternatif yang efektif dan efisien untuk penanganan limbah cair adalah metode adsorpsi (Nurhasni dkk., 2010). Metode ini memberikan keuntungan seperti biaya murah, mudah dioperasikan dan lebih efisien (Demisbar, 2008).

Pada proses adsorpsi, material yang digunakan sebagai zat pengadsorpsi disebut sebagai adsorben. Adsorben yang umumnya digunakan yaitu alumina, karbon aktif, silika gel dan zeolit. Adsorben-adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi memerlukan biaya operasional dan regenerasi yang relatif

lebih mahal pada saat pemanfaatannya. Menurut Agustien dkk. (2014), Adsorben menggunakan bahan baku selulosa bakterial (BC) merupakan salah satu alternatif paling baik, hal ini karena proses pembuatannya mudah dan murah serta sifatnya yang *biodegradable* (dapat terurai oleh mikroba).

Kapasitas adsorpsi (Q) BC dalam mengadsorpsi logam berat dapat ditingkatkan dengan proses modifikasi. Selulosa asetat (CA) merupakan salah satu selulosa termodifikasi dimana gugus hidroksilnya diganti oleh gugus asetil (Gao dkk., 2013). Substitusi gugus asetil diharapkan dapat meningkatkan interaksi antara adsorben dengan ion logam sehingga dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi adsorben selulosa terhadap logam berat.

Pada penelitian ini, BC dibuat dari limbah cair tahu. Limbah cair tahu biasanya langsung dibuang ke badan perairan seperti sungai yang akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Padahal, menurut

Ismawanti dkk. (2013), senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu terdiri dari protein (40-60%), Lemak (10%), dan karbohidrat (25-50%). Kandungan karbohidrat dalam limbah cair tahu baik untuk pertumbuhan dan perkembangan bakteri *Gluconacetobacter xylinus* untuk menghasilkan BC (*nata de soya*). Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan adsorben BC dan CA yang dibuat dari bahan baku limbah cair tahu (Alwi dkk., 2011).

Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh pH, konsentrasi ion logam, dan waktu kontak (kondisi adsorpsi) antara ion logam (Ion Cu(II) dan Cr(VI)) dengan adsorben BC dan CA terhadap nilai kapasitas adsorpsi adsorben; mengetahui model isoterm dan kinetika adsorpsi dari adsorben BC dan CA dalam mengadsorpsi ion logam; dan mengetahui ion logam yang lebih banyak diadsorpsi oleh adsorben-adsorben tersebut.

## METODE PENELITIAN

### Pembuatan Selulosa Bakterial

Pembuatan *nata de soya* (BC) pada penelitian ini mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Syamsu dan Tutus (2014). *Nutrien* dengan komposisi yang sama dengan pembuatan starter bakteri dimasukkan ke dalam gelas Erlenmeyer. Limbah cair tahu ditambahkan pada *nutrien* terdiri dari Gula pasir, Ammonium sulfat, dan *yeast extract* masing-masing sebanyak 10,0; 0,5; dan 0,5% (b/v) dari volume media bakteri yang akan dibuat dimasukkan ke dalam gelas Erlenmeyer 1 L hingga volume larutan menjadi 90% dari volume media bakteri yang akan dibuat. Campuran diaduk hingga semua bahan larut sempurna. Media diautoklaf pada suhu 121 °C selama 2 jam kemudian ditambahkan bakteri *Gluconacetobacter xylinus* sebanyak 10% (v/v) dari volume media bakteri. Media bakteri dituang ke dalam Loyang plastik dan ditutup rapat kemudian diinkubasi selama 14 hari. BC yang dihasilkan selanjutnya dikeringkan,

dihaluskan dan diuji kadar air, FTIR, dan foto permukaan.

### Pembuatan Selulosa Asetat

Pembuatan serbuk CA pada penelitian ini mengikuti prosedur penelitian yang dilakukan Syamsu dan Tutus (2014). Serbuk BC sebanyak 5 g dicuci dengan 50 mL asam asetat glasial sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Serbuk disaring menggunakan vakum filter. Serbuk kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan asam asetat glasial dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat masing-masing sebanyak 30 dan 0,2 mL. Larutan dimasukkan ke dalam *shaker* selama 1 jam dengan suhu 38 °C kemudian didinginkan sampai suhu kamar. Larutan ditambahkan 20 mL asam asetat anhidrat lalu dimasukkan kembali ke dalam *shaker* selama 2 jam dengan suhu 38 °C. Larutan dihidrolisis dengan larutan asam asetat : aquades (1:2) sebanyak 12 mL dalam *shaker* selama 30 menit dengan suhu 50 °C. Larutan dimasukkan ke dalam 500 mL aquades sehingga terbentuk serpihan CA. Serpihan yang terbentuk tersebut disaring menggunakan vakum filter kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam oven selama 6 jam pada suhu 50 °C. Serbuk CA yang dihasilkan dilakukan uji kadar air, uji kadar asetil, Derajat substitusi, FTIR dan foto permukaan.

### Uji Kapasitas Adsorpsi

Larutan ion logam (50 ppm) sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam gelas erlenmeyer kemudian diatur pH larutannya menjadi 2; 3; 4; 5; dan 6 dengan penambahan buffer pH, HCl (0,1 M) dan NaOH (0,1 M). Adsorben sebanyak 0,05 g dimasukkan ke dalam masing-masing larutan dan dikocok selama 30 menit. Setelah itu campuran disaring dan filtrat dari campuran tersebut diukur konsentrasi ion logamnya menggunakan Spektrofotometer AAS untuk mengetahui nilai Q. Nilai Q diperoleh seperti pada persamaan 1. Uji kapasitas absorpsi

pengaruh konsentrasi dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi awal ion logam yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250. Sedangkan pengaruh waktu kontak digunakan variasi waktu absorpsi yaitu 10, 15, 20, 25, 30, dan 35 menit.

$$Q = \frac{(C_o - C_e) \times V}{m} \quad (1)$$

Keterangan:

$C_o$  : Konsentrasi awal ion logam (mg/L)

$C_e$  : Konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/L)

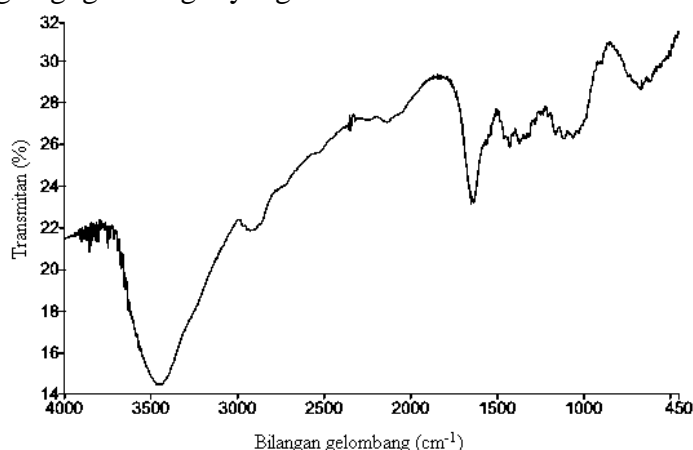
$V$  : Volume larutan (L)

$m$  : Massa adsorben (g)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Selulosa Bakterial

Karakterisasi terhadap BC yang dilakukan pada penelitian ini yaitu karakterisasi kimia dengan mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang



**Gambar 1** Spektrum FTIR selulosa bakterial *nata de soya*

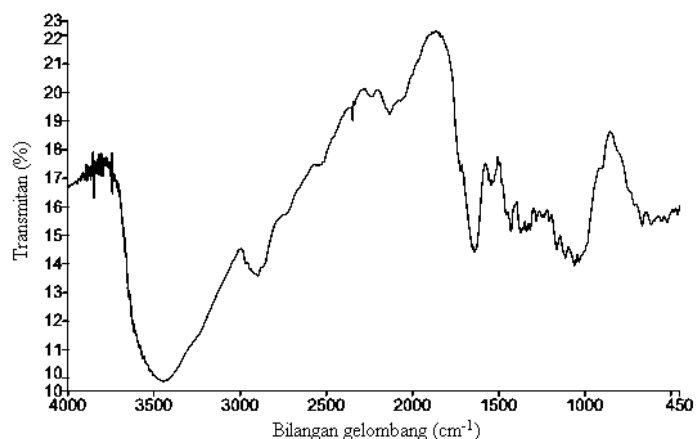


**Gambar 2** Foto permukaan serbuk selulosa bakterial (*nata de soya*) (perbesaran 1000×)

terdapat pada BC menggunakan instrumen FTIR, dan karakterisasi fisik dengan menganalisis permukaan BC menggunakan mikroskop digital. Adapun hasil karakterisasi serbuk BC menggunakan FTIR seperti pada gambar 1 dan hasil analisis permukaan BC terlihat seperti pada gambar 2.

Gambar 1 merupakan spektrum FTIR BC. Serapan pada daerah bilangan gelombang  $3452,03 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H) yang berasal dari unit  $\beta$ -glukosa. Serapan pada bilangan gelombang  $2920,69 \text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan C-H. Bilangan gelombang  $1641,37 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus karbonil (C=O) pada ujung terminal dari struktur BC, dan serapan pada  $1114,97 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan dari C-O-C bentuk glikosida dan C-O hidroksil.

Analisis permukaan BC yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan perbesaran 1000×. Pada gambar 2, diketahui bahwa pada permukaan BC terdapat rongga (pori). Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Afrizal dan Agung (2011) yang menyatakan bahwa terdapat pori pada permukaan BC *nata de coco*



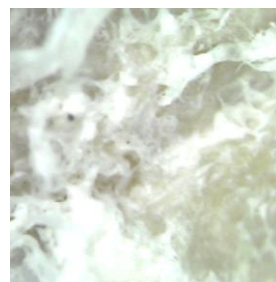
**Gambar 3** Spektrum FTIR selulosa asetat (*nata de soya*)

### Selulosa Asetat

Selulosa asetat yang diperoleh pada penelitian ini berbentuk serbuk berwarna putih dan memiliki nilai derajat substitusi 0,687 dengan kadar asetil dan kadar air sebesar 15,498 dan 28%, sehingga diketahui jenis CA yang terbentuk adalah selulosa monoasetat. Adsorben CA juga diidentifikasi gugus fungsinya menggunakan FTIR dan analisis permukaan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1000 ×. Gambar 3 merupakan hasil spektrum FTIR CA. Pada bilangan gelombang 3446,85  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H), serapan gugus hidroksil yang dihasilkan ini merupakan gugus hidroksil dari selulosa yang tidak tersubstitusi oleh gugus asetil. Pernyataan ini mendukung bahwa jenis selulosa asetat yang dihasilkan adalah selulosa monoasetat, dimana pada strukturnya masih banyak terdapat gugus hidroksil. Pada bilangan gelombang 2906,39  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan C-H, ikatan glikosida C-O-C dan C-O hidroksil pada bilangan gelombang 1111,52  $\text{cm}^{-1}$ , dan Gugus C=O pada bilangan gelombang 1641,17  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan karakteristik gugus asetil pada CA.

Pada gambar 4 terlihat bahwa pada permukaan CA terdapat rongga, hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Lindu dkk. (2008) yang

mengidentifikasi permukaan CA dari *nata de coco* menggunakan SEM menyatakan bahwa permukaan CA memiliki pori atau rongga.



**Gambar 4** Foto permukaan serbuk selulosa asetat *nata de soya* (perbesaran 1000×)

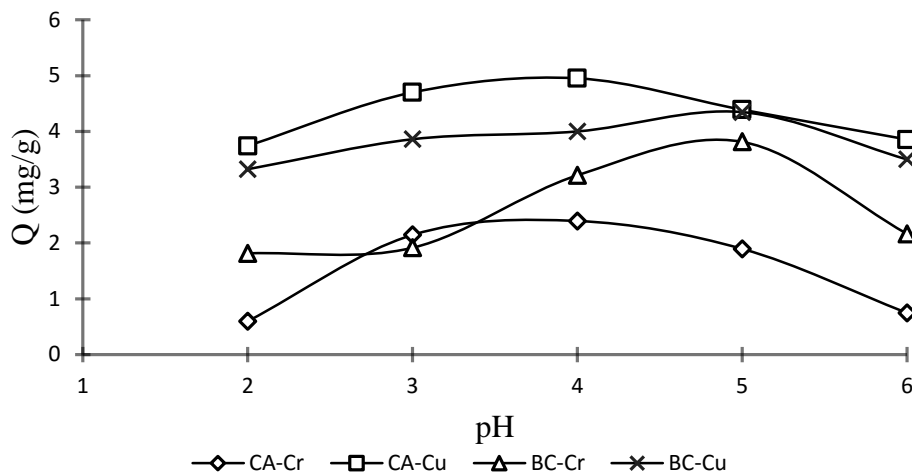
### Uji Kapasitas Adsorpsi Pengaruh pH ion logam

Gambar 5 memperlihatkan pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi adsorben. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa pH sangat berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi dari adsorben yang digunakan. Pada kurva tersebut terlihat bahwa kondisi pH optimum untuk adsorben BC dalam mengadsorpsi ion Cu(II) dan Cr(VI) adalah pada pH 5 dengan masing-masing nilai kapasitas adsorpsi (Q) sebesar 4,289 dan 3,815 mg/g. Adapun untuk adsorben CA, kondisi optimum pH yang diperoleh untuk pengadsorpsian kedua ion logam tersebut

adalah pada pH 4 dengan masing-masing nilai Q sebesar 4,897 dan 2,395 mg/g.

Berdasarkan gambar 5 dapat diketahui pada tingkat keasaman yang tinggi (pH rendah) diperoleh nilai kapasitas adsorpsi yang rendah, begitupun pada

kondisi keasamaan yang rendah (seperti pH 6) nilai kapasitas adsorpsi yang diperoleh rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa interaksi antara adsorben dengan ion logam dipengaruhi oleh konsentrasi  $H^+$  yang terdapat dalam larutan.



**Gambar 5** Pengaruh pH ion logam terhadap kapasitas adsorpsi adsorben

Pada kondisi keasaman yang tinggi (pH 2) dalam pelarut air, spesies ion logam Cu(II) yang terbentuk paling dominan adalah kation  $[Cu(OH)]^+$  (Sembiring dkk., 2009). Kation  $[Cu(OH)]^+$  akan mengalami persaingan dengan ion  $H^+$  dalam berinteraksi dengan gugus aktif adsorben. Adanya persaingan ini menyebabkan jumlah ion Cu(II) yang teradsorpsi pada gugus aktif adsorben menjadi sedikit. Selain itu, ion  $H^+$  dapat memprotonasi gugus adsorben sehingga akan bermuatan positif, dengan bermuatan positifnya gugus aktif adsorben menyebabkan terjadinya tolakan antara gugus aktif adsorben tersebut dengan ion  $[Cu(OH)]^+$  yang bermuatan positif juga.

Spesies ion logam Cr(VI) yang terbentuk pada kondisi keasaman yang tinggi adalah bentuk anion (ion yang bermuatan negatif) yaitu  $[HCrO_4]^-$  dan bentuk  $[H_2CrO_4]$  (Ksakas dkk., 2015). Berbeda dengan Cu(II), Adsorpsi pada ion Cr(VI) tidak terjadi persaingan antara ion  $H^+$  dengan  $[HCrO_4]^-$ , proses yang terjadi adalah ion  $H^+$  akan memprotonasi gugus aktif adsorben sehingga bermuatan positif dan selanjutnya ion  $[HCrO_4]^-$  akan

berinteraksi dengan gugus aktif tersebut. Adapun penyebab rendahnya nilai kapasitas adsorpsi ion Cr(VI) yang diperoleh yaitu jumlah spesies ion Cr(VI) dalam bentuk  $[HCrO_4]^-$  kurang banyak karena di dalam larutan juga terdapat  $[H_2CrO_4]$ , dimana berdasarkan penelitian Ksakas dkk. (2015), molekul  $[H_2CrO_4]$  sulit teradsorpsi pada pori adsorben.

Pada kondisi pH optimum, nilai Q yang diperoleh untuk adsorpsi ion Cu(II) dan Cr(VI) relatif tinggi. Hal ini disebabkan pada kondisi tersebut konsentrasi ion  $H^+$  berkurang sehingga persaingan antara spesies ion  $[Cu(OH)]^+$  dengan ion  $H^+$  dalam berinteraksi dengan gugus aktif adsorben akan berkurang. Adsorpsi ion Cr(VI) pada kondisi optimum juga menghasilkan nilai Q yang relatif tinggi. Hal ini karena pada kondisi keasaman tersebut, keberadaan spesies ion Cr(VI) dalam bentuk  $[H_2CrO_4]$  akan sedikit, sebaliknya spesies ion Cr(VI) dalam bentuk  $[HCrO_4]^-$  akan semakin banyak sehingga pengadsorpsian ion Cr(VI) akan optimum.

Pada pH tinggi (pH 6), nilai Q yang diperoleh menurun, hal ini disebabkan pada pH tersebut spesies ion logam Cu(II) dan

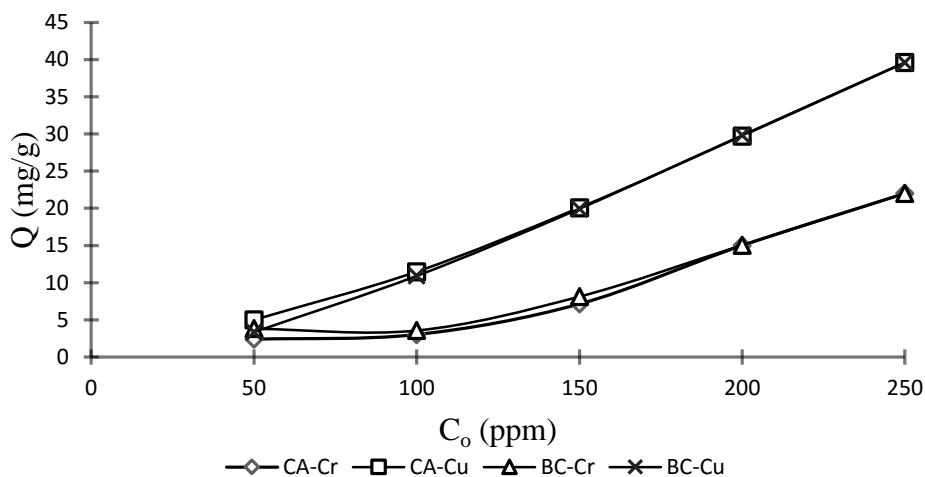
Cr(VI) yang terbentuk yaitu dalam bentuk anion  $[\text{Cu}(\text{OH})_3]^-$  dan  $[\text{Cr}_2\text{O}_7]^{2-}$ , demikian juga dengan gugus aktif pada adsorben akan bermuatan negatif, akibatnya terjadi tolakan antara gugus aktif adsorben dengan spesies ion logam sehingga nilai  $Q$  menjadi rendah.

### Pengaruh Konsentrasi awal ion logam

Data pengamatan pengaruh konsentrasi ion logam terhadap kapasitas adsorpsi ( $Q$ ) adsorben tersaji seperti pada gambar 6. Pada gambar tersebut terlihat pola adsorpsi dari adsorben BC dan CA hampir sama dimana semakin tinggi konsentrasi ion logam yang digunakan maka akan meningkatkan nilai  $Q$ . Peningkatan ini terjadi karena meningkatnya jumlah ion logam yang terdapat dalam larutan sehingga frekuensi tumbukan antara adsorben dengan adsorbat juga semakin meningkat. Hal ini akan

menyebabkan ion logam akan semakin banyak teradsorpsi pada adsorben.

Peningkatan konsentrasi awal larutan menyebabkan nilai kapasitas adsorpsi semakin meningkat. Pada pengadsorpsian logam Cu(II) dan Cr(VI), kedua adsorpsi dari adsorben BC dan CA tidak terjadi penurunan nilai kapasitas adsorpsi sampai penggunaan konsentrasi 250 ppm, hal ini terjadi karena pada permukaan adsorben masih bisa mengadsorpsi ion logam dan karena konsentrasi yang meningkat menyebabkan daya dorong molekul ion logam untuk terikat pada permukaan adsorben hingga mencapai suatu keadaan yang setimbang (Kuntadi dan Endang, 2016). Penggunaan konsentrasi awal ion logam di atas 250 ppm masih dapat meningkatkan nilai  $Q$ , sehingga pada penelitian ini tidak diperoleh kondisi optimum konsentrasi awal ion logam proses adsorpsi.



**Gambar 6** Pengaruh konsentrasi awal ion logam terhadap kapasitas adsorpsi adsorben

### Pengaruh waktu kontak

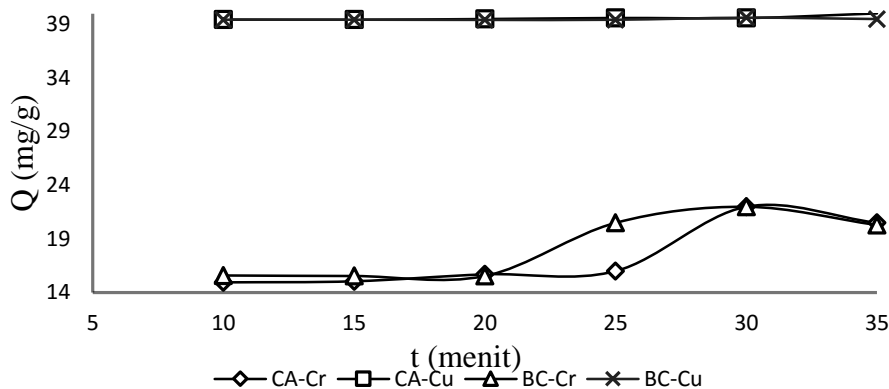
Gambar 7 menunjukkan pengaruh lamanya waktu kontak terhadap nilai kapasitas adsorpsi yang dihasilkan. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa waktu kontak antara adsorben dengan ion logam juga memberikan pengaruh terhadap nilai  $Q$ . Pada adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh adsorben BC dan CA, terjadi peningkatan nilai  $Q$  pada waktu kontak 10 hingga 30

menit kemudian terjadi penurunan kembali setelah penggunaan waktu kontak lebih dari 30 menit.

Peningkatan nilai  $Q$  pada awal adsorpsi waktu kontak 10-30 menit disebabkan oleh gugus aktif pada permukaan adsorben masih banyak yang belum terikat ion logam sehingga adsorben akan lebih mudah mengadsorpsi ion logam Cr(VI). Penurunan nilai  $Q$  setelah waktu 30 menit mengindikasikan bahwa telah terjadi

proses desorpsi. Menurut Sinaga dkk. (2015), proses desorpsi terjadi akibat adsorben tidak mampu lagi menyerap adsorbat, karena kondisi adsorpsi yang digunakan pada kondisi asam, maka ion  $H^+$

yang terdapat dalam larutan akan menggantikan ion logam yang terikat pada adsorben sehingga ion logam dapat lepas dan ion  $H^+$  akan berikatan dengan gugus aktif adsorben.



**Gambar 7** Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi adsorben

Grafik kurva pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi untuk ion logam Cu(II) pada gambar 7 menunjukkan nilai Q yang konstan (perubahan nilai relatif kecil) dari waktu kontak 10 hingga 35 menit. Hal ini menurut Afrizal (2008) bahwa pada kondisi tersebut sudah terjadi kesetimbangan antara jumlah ion logam Cu(II) yang diadsorpsi dengan jumlah ion logam Cu(II) yang terdesorpsi ke dalam larutan dan juga karena adsorben sudah jenuh pada waktu tersebut sehingga lamanya waktu kontak tidak lagi berpengaruh pada nilai kapasitas adsorpsi dari adsorben tersebut (Nafi'ah, 2016).

### Isoterm adsorpsi

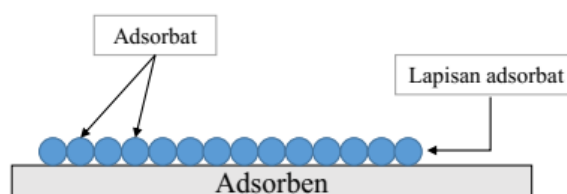
Tabel 1 menunjukkan nilai linearitas ( $R^2$ ) model Isoterm Langmuir dan Freundlich yang dihasilkan pada pengadsorpsian ion logam Cu(II) dan Cr(VI) dengan menggunakan adsorben BC dan CA. Berdasarkan nilai  $R^2$  pada tabel tersebut terlihat bahwa model Isoterm Langmuir merupakan model yang paling cocok dalam menggambarkan interaksi antara ion logam dengan adsorben pada penelitian ini, hal ini karena nilai  $R^2$  dari model Isoterm Langmuir lebih bagus

( $R^2 \sim 1$ ) dibandingkan nilai  $R^2$  dari model Isoterm Freundlich.

**Tabel 1** Hasil nilai linearitas model Isoterm adsorpsi

Adsorben	Adsorbat	$R^2$	
		Langmuir	Freundlich
BC	Cr(VI)	0,9916	0,9902
BC	Cu(II)	0,9728	0,9062
CA	Cr(VI)	0,9916	0,9902
CA	Cu(II)	0,9683	0,8945

Model Isoterm Langmuir menunjukkan bahwa adsorben BC dan CA memiliki permukaan yang homogen, sehingga pada saat ion logam terikat pada gugus aktif dari adsorben akan terbentuk satu lapisan (*monolayer*) adsorbat pada permukaan adsorben. Adapun bentuk *monolayer* adsorbat pada permukaan adsorben seperti pada gambar 8.



**Gambar 8** *Monolayer* pada model Isoterm Langmuir



## Kinetika adsorpsi

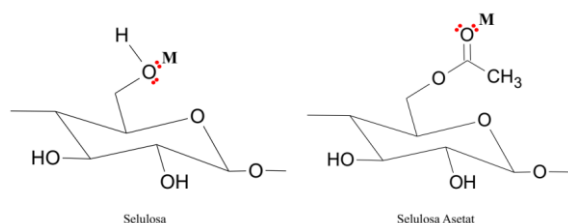
Hasil analisis model kinetika terhadap pengaruh waktu kontak adsorpsi ion logam Cu(II) dan Cr(VI) dengan menggunakan adsorben BC dan CA seperti pada tabel 2. Data dalam tabel tersebut menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Cu(II) dan Cr(VI) oleh kedua adsorben yang digunakan paling cocok mengikuti model reaksi pseudo orde 2 yang ditandai dengan nilai  $R^2$  paling besar.

Pada model kinetika pseudo orde 2 menggambarkan adsorpsi terjadi secara kimia melalui berbagai mekanisme seperti interaksi elektrostatis dan pembentukan kompleks (Zahara dkk., 2013). Hasil ini juga didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Chen dkk. (2009) bahwa pengadsorpsian ion logam menggunakan adsorben BC dan modifikasinya (karboksimetil selulosa bakterial) mengikuti model kinetika pseudo orde 2.

**Tabel 2** Data model kinetika adsorpsi

Model Kinetika	Parameter	CA		BC	
		Cr(VI)	Cu(II)	Cr(VI)	Cu(II)
Orde 1	$R^2$	0,9346	0,8126	0,6078	0,80650
	$k$ (menit <sup>-1</sup> )	$2,2 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$8,9 \times 10^{-3}$	$0,5 \times 10^{-3}$
Orde 2	$R^2$	0,9346	0,8121	0,6073	0,80590
	$k$ (menit <sup>-1</sup> )	$1,0 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	$6,0 \times 10^{-5}$	$0,9 \times 10^{-5}$
Pseudo orde 1	$R^2$	0,9345	0,8021	0,6047	0,07717
	$k$ (menit <sup>-1</sup> )	$1,17 \times 10^{-2}$	$2,05 \times 10^{-2}$	$8,01 \times 10^{-2}$	$3,11 \times 10^{-2}$
Pseudo orde 2	$R^2$	0,9987	1	0,8399	1
	$k$ (g.mg <sup>-1</sup> .menit <sup>-1</sup> )	$3,88 \times 10^{-2}$	$31,8 \times 10^{-2}$	$0,576 \times 10^{-2}$	$64,01 \times 10^{-2}$

Adsorpsi secara kimia melibatkan ikatan kovalen koordinasi sebagai hasil penggunaan bersama pasangan elektron oleh adsorben dan adsorbat (ion logam) (Rahmawati dan Sri, 2012). Adapaun ikatan kovalen koordinasi antara adsorben BC dan CA dengan ion logam dapat digambarkan seperti pada gambar 9. Pada gambar tersebut terlihat bahwa adsorben melalui atom O pada gugus aktif mendonorkan pasangan elektronnya ke ion logam sehingga terbentuk senyawa kompleks adsorben-logam. Adsorben bertindak sebagai ligan sedangkan ion logam bertindak sebagai atom pusat.



**Gambar 9** Ikatan kovalen koordinasi antara BC dan CA dengan ion logam (M = ion Cu(II) atau Cr(VI))

## Pengaruh campuran ion logam

Hubungan persen teradsorpsi ion logam Cu(II) dan Cr(VI) pada adsorben BC dan CA dalam sistem campuran ion logam ditunjukkan pada tabel 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa baik adsorben BC maupun CA lebih mudah mengadsorpsi ion logam Cu(II) dibandingkan Cr(VI). Adapun nilai persen adsorpsi ion logam yang diperoleh seperti pada table 3.

Prinsip HSAB (*hard soft acid base*) yang dikemukakan oleh Pearson, asam keras akan cenderung lebih suka berinteraksi dengan basa keras, dan demikian juga sebaliknya asam lunak akan cenderung berinteraksi dengan basa lunak (Sulastrri dkk., 2014). Pada penelitian ini, BC dan CA memiliki gugus fungsi yang tergolong sebagai basa keras, sedangkan untuk ion logam Cr(VI) sebagai asam keras, dan ion Cu(II) merupakan golongan menengah.

Berdasarkan teori HSAB, seharusnya adsorben BC dan CA akan lebih mudah mengadsorpsi ion logam Cr(VI) dibandingkan Cu(II), namun pada



penelitian ini diperoleh hasil sebaliknya. Menurut Rahmawati dan Sri (2012), proses adsorpsi tidak hanya dipengaruhi oleh sifat logam dan ligan (adsorben), namun proses adsorpsi juga dipengaruhi oleh sifat pelarut, dimana pada penelitian ini pelarut yang digunakan adalah air. Ion Cu(II) memiliki jari-jari ion yang lebih besar dari ion Cr(VI) sehingga memiliki gaya elektrostatik yang relatif kecil dan menyebabkan kemampuan ion Cu(II) menarik molekul air disekitarnya

menjadi lemah. Dengan lemahnya kemampuan Cu(II) dalam menarik atau berinteraksi dengan molekul air, maka mobilitas atau pergerakan ion Cu(II) dalam air makin tinggi (cepat) (Lailiyah, 2013), sehingga tumbukan antara ion Cu(II) lebih mudah terjadi dibandingkan tumbukan antara ion Cr(VI) dengan adsorben, akibatnya ion Cu(II) lebih mudah diadsorpsi oleh adsorben.

**Tabel 3** Data pengaruh campuran ion logam terhadap persen adsorpsi (A)

Adsorben	Adsorbat	A (%)			
		2:8 *	4:6 *	6:4 *	8:2 *
BC	Cu(II)	83,82	79,48	79,00	78,81
	Cr(VI)	2,68	17,26	44,16	58,96
CA	Cu(II)	87,70	79,84	79,01	78,84
	Cr(VI)	3,56	18,16	42,16	41,46

Keterangan: (\*) merupakan perbandingan V Cu(II) : V Cr(VI) (mL:mL)

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa pH, konsentrasi ion logam, dan waktu kontak sangat mempengaruhi nilai Q dari adsorben. Kondisi pH optimum untuk pengadsorpsian kedua ion logam pada adsorben BC adalah pH 5, sedangkan pada CA adalah pH 4. Pada kondisi optimum (Konsentrasi 250 ppm dan waktu kontak 30 menit) diperoleh nilai Q dari BC untuk ion Cu(II) dan Cr(VI) masing-masing sebesar 39,562 dan 21,980 mg/g, sedangkan untuk CA sebesar 39,964 dan 21,980 mg/g. Model isoterm adsorpsi yang cocok untuk kedua adsorben adalah model Isoterm Langmuir. Untuk model kinetika, kedua adsorben mengikuti model kinetika pseudo orde 2. Adsorben BC dan CA lebih banyak mengadsorpsi ion Cu(II) dibandingkan dengan ion Cr(VI).

## DAFTAR PUSTAKA

Afrizal dan Agung, P., 2011, *Pemanfaatan Selulosa Bakterial Nata de coco sebagai Adsorban Logam Cu(II)*

*dalam Sistem Berpelarut Air*, Mesomeri, Vol. 1, No. 2011, pp. 27-32.

Afrizal, 2008, *Selulosa Bakterial Nata de coco sebagai Adsorban pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III)*, Jurnal Gradien, Vol. 4, No. 1, pp. 308-313.

Agustien, R.R., Siti, D.I., dan Elis, H., 2014, *Pemanfaatan Adsorben Nata de coco untuk Pengolahan Air Tercemar Logam Berat Cu, Cd, dan Cr Skala Laboratorium*, Jurnal Permukiman, Vol. 9, No. 3, pp. 129-135.

Alwi, M., Rahmiati, dan Umrah, 2011, *Pemanfaatan Limbah Cair Tahu (Whey Tahu) sebagai Media Tumbuh Acetobacter xylinum untuk Memproduksi Nata*, Biocelebes, Vol. 5, No. 2, pp. 91-98.

Chen, S., Yu, Z., Zhiyong, Y., Wei, S., Shuaike, S., Xiang, Z., dan Huaping, W., 2009, *Carboxymethylated-bacterial Cellulose for Copper and Lead Ion Removal*, Jhazmat, Vol. 161, No. 2009, pp. 1355-1359.

- Demisbar, A., 2008, *Heavy Metal Adsorption Onto Agro-based Waste Materials: A Review*, Jhazmat, Vol. 157, No. 2008, pp. 220-229.
- Gaol, M.R.L.L., Roganda, S., Yanthi, S., Indra, S., dan Renita, M., 2013, *Pembuatan Selulosa Asetat dari  $\alpha$ -selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit*, Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 3, pp. 33-39.
- Ismawanti, Maswati, B., dan Wahyu, R., 2013, *Pengaruh Penambahan Ammonium Sulfat Terhadap Kadar Serat dan Ketebalan pada Nata de soya dari Limbah Cair Tahu*. Al-Kimia, Vol. 1, No. 1, pp. 18-29.
- Ksakas, A., Loqman, A., El Bali, B., Taleb, M., dan Kherbeche, A., 2015, *The Adsorption of Cr(VI) from Aqueous Solution by Natural Materials*, J. Mater. Environ. Sci., Vol. 6, No. 7, pp. 2003-2012.
- Kuntadi dan Endang, W.L., 2016, *Isoterm Adsorpsi dari Adsorben Nata de ipomoea pada Adsorpsi Pewarna Direct Red Teknis*, Jurnal Kimia Dasar, Vol. 1, No. 1, pp. 1-8.
- Lailiyah, N., 2013, *Pengaruh Modifikasi Permukaan Selulosa Nata de coco dengan Anhidrida Asetat dalam Mengikat Ion Logam Berat  $Cd^{2+}$  dalam Campuran  $Cd^{2+}$  dan  $Pb^{2+}$* , Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Lindu, M., Tita P., dan Erna I., 2008, *Sintesis dan Uji Kemampuan Membran Selulosa Asetat dari Nata de coco sebagai Membran Ultrafiltrasi untuk Menyisihkan Zat Warna pada Air Limbah Artifisial*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 4, No. 4, pp. 107-112.
- Nafi'ah, R., 2016, *Kinetika adsorpsi Pb(II) dengan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Siwalan*, Jurnal Farmasi Sains dan Praktis, Vol. 1, No. 2, pp. 28-37.
- Nurhasni, Hendrawati, dan Nubzah, S., 2010, *Penyerapan Ion Logam Cd dan Cr Dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi*, Jurnal Kimia Valensi, Vol. 1, No. 6, pp. 310-318.
- Rahmawati, A. dan Sri, J.S., 2012, *Studi Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cd(II) pada Asam Humat dalam Medium Air*, Alchemy, Vol. 2, No. 1, pp. 46-57.
- Sembiring, Z., Buhani, Suharso, dan Sumadi, 2009, *Isoterm Adsorpsi Ion Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) Pada Biomassa Nannochloropsis sp yang Dienkapsulasi Akuagel Silika*, Vol. 9, No. 1, pp. 1-5.
- Sinaga, R.S., Danar, P., dan Darjito, 2015, *Adsorpsi Seng(II) oleh Biomassa Azolla microphylla Diesterifikasi dengan Asam Sitrat: Kajian Desorpsi menggunakan Larutan HCl*, Kimia Student Journal, Vol. 1, No. 1, pp. 629-635.
- Sulastri, S., Nuryono, Indriana, K., dan Eko, S.K., *Kinetika dan Kesetimbangan Adsorpsi Ion Kromium (III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi*, Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 19, No. 2, pp. 33-44.
- Syamsu, K. dan Tutus, K., 2014, *Pembuatan Biofilm Selulosa Asetat dari Selulosa Mikrobial Nata de cassava*, E-JAII, Vol. 3, No. 1, pp. 126-133.
- Zaharah, T.A., Anis, S., dan Endah, S., 2013, *Kinetika Adsorpsi Ion Cr(III) pada Biomassa-Kitosan Imprinted Ionik*, Semirata FMIPA, Vol. 1, No. 1, pp. 413-417.