

## PEMANFAATAN KULIT SINGKONG SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENURUKAN LOGAM BERAT KROMIUM (Cr) PADA AIR LIMBAH

Dr.Ir. Achmad Zubair, MSc<sup>\*1</sup>, H. Riswal Karamma, S.T.,M.T<sup>\*1</sup>, Sitti Madinah Djurdan<sup>\*2</sup>

1 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Kampus  
Teknik Gowa, Poros Malino Km. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan

2 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

### Abstrak

*Perkembangan industri mengakibatkan adanya hasil sampingan berupa limbah cair yang mengandung limbah logam berat, salah satunya adalah kromium (Cr) yang merupakan logam berat berbahaya sehingga diperlukan proses pengolahan secara adsorpsi. Dalam penelitian ini digunakan adsorben kulit singkong dengan memvariasikan adsorben berupa adsorben kulit singkong tanpa kulit ari, kulit singkong dengan kulit ari, dan arang kulit singkong. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis lama waktu jenuh yang diperlukan untuk mengadsorpsi logam berat Kromium (Cr) dan menganalisis efektivitas penyerapan logam berat Kromium (Cr). Penelitian ini dilakukan dengan cara mengalirkan limbah artifisial konsentrasi 10 ppm secara downflow secara kontinyu ke adsorben kemudian air limbah di ambil pada menit ke 20, 40, 60, 120, hingga menit 480 kemudian dianalisis menggunakan SSA. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa adsorben yang memiliki waktu jenuh paling lama adalah adsorben arang kulit singkong, dimana waktu jenuh terjadi pada menit 1140 menit dan efektivitas adsorpsi terbaik pada adsorben arang kulit singkong dengan nilai persentase penghilangan logam (%R) sebesar 41.1354% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0.6911 mg/g.*

**Kata kunci:** Adsorpsi, Adsorben, Waktu jenuh, Efektifitas Penyerapan.

### Abstrack

*The industrial development resulted in a byproduct in the form of liquid waste containing heavy metal waste, one of which is chromium (Cr) which is a dangerous heavy metal so that the processing required by adsorption In this study used cassava skin adsorbent by varying the adsorbent in the form of cucumber skin adsorbent without epidermis skin, cassava skin with epidermis, and cassava charcoal. The purpose of this researched was to analyze the saturation time required to adsorb heavy metals of Chromium (Cr) and to analyze the effectiveness of the adsorption of heavy metals Chromium (Cr). This research was done by flowing artificial waste concentration 10 ppm downflow continuously to adsorbent then wastewater taken at minute 20, 40, 60, 120, until minute 480 then analyzed by SSA. Based on the research result, it is found that the adsorbent which has the longest saturated time is cassava charcoal adsorbent, where saturation time occurs at minute 1140 minutes and the best adsorption effectivity on cassava charcoal adsorbent with the percentage of metal removal (% R) 41.1354% and adsorption capacity of 0.6911 mg / g.*

**Keywords:** Adsorption, Adsorbent, Saturation time required, Effectiveness of the

## **A. LATAR BELAKANG**

### **1. Pendahuluan**

Perkembangan industri mengakibatkan adanya hasil sampingan berupa limbah cair yang mengandung limbah logam berat, salah satunya adalah kromium (Cr) yang merupakan logam berat berbahaya sehingga diperlukan proses pengolahan secara adsorpsi. Kulit singkong merupakan salah satu jenis limbah yang dapat digunakan sebagai adsorben. Berdasarkan beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa kulit singkong memiliki kandungan protein, selulosa non-reduksi, serat kasar yang tinggi HCN (asam sianida).

Komponen-komponen tersebut mengandung gugus -OH, -NH<sub>2</sub>, -SH dan -CN yang dapat mengikat logam (anonim dalam Hasrianti, 2012).. Beberapa penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nur (2010), Hasrianti (2012), Leni (2015), Rahmanita (2015), Ariyani (2017), dan Pratiwi (2017) telah menggunakan kulit singkong sebagai adsorben dalam proses adsorpsi pada beberapa logam berat seperti Fe, Mn, Cd, Pb, Cr, dan Cu. Dari penelitian tersebut penulis terinspirasi untuk melakukan pengujian dengan memanfaatkan kulit singkong sebagai adsorben dalam menurunkan logam berat Cr total dengan metode kolom pada air limbah karena pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan metode batch yang dianggap kurang efektif jika diaplikasikan pada skala industri. Selain itu pada penelitian sebelumnya hanya

menggunakan salah satu dari arang kulit singkong dan kulit singkong tanpa kulit ari sebagai adsorben sehingga penulis terinspirasi untuk memvariasikan adsorben yang digunakan. Dengan adanya pemanfaatan kulit singkong tersebut dapat memberikan sebuah solusi untuk pengolahan limbah yang bernilai ekonomis.

### **2. Tujuan Penelitian**

- a. Menganalisis lama waktu jenuh yang diperlukan untuk mengadsorpsi logam berat Kromium (Cr) menggunakan adsorben kulit singkong dengan kulit ari, kulit singkong tanpa kulit ari, dan arang kulit singkong.
- b. Menganalisis efektivitas penyerapan logam berat Kromium (Cr) menggunakan adsorben kulit singkong dengan kulit ari, kulit singkong tanpa kulit ari, dan arang kulit singkong.

## **B. TEORI DASAR**

### **1. Logam Berat**

Logam berat ialah unsur logam dengan berat molekul tinggi dan merupakan polutan yang memberikan dampak signifikan bagi kesehatan makhluk hidup. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan, hewan dan manusia (Syauqiah dkk, 2011). Unsur yang termasuk dalam logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas yang lebih dari 5 gr/cm<sup>3</sup> (Sudarmaji, dkk., 2005).

Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada

manusia, hewan, tanaman maupun lingkungan.

Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia maupun hewan. (Widowati dkk, 2008).

## 2. Logam Berat Kromium (Cr)

Berdasarkan sifat-sifat kimianya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi  $2^+$ ,  $3^+$ ,  $6^+$ . Logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab dan bahkan pada proses pemanasan cairan logam kromium teroksidasi dalam jumlah yang sedikit sekali.

Sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya, logam atau ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda sesuai dengan ionitasnya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam  $Cr^{2+}$  akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari  $Cr^{3+}$  akan bersifat amfoter, senyawa yang terbentuk dari  $Cr^{6+}$  akan bersifat asam (Palar, 2004).

Toksisitas  $Cr^{6+}$  lebih besar daripada toksisitas  $Cr^{3+}$ . Kadar kromium pada perairan tawar biasanya kurang dari 0,001 mg/l dan pada perairan laut sekitar 0,00005 mg/l. Kromium trivalent biasanya tidak ditemukan pada perairan air tawar, sedangkan pada perairan air laut sekitar 50% kromium merupakan kromium trivalent. Kadar kromium yang diperkirakan aman bagi kehidupan akuatik adalah sekitar 0,05 mg/l (Apriadi, 2005).

Pada perairan, logam Cr masuk melalui dua cara yaitu secara alamiah dan non alamiah. (Palar, 2004).

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam berat yang memiliki daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam kromium ditentukan oleh valensi ionnya. Sifat racun yang dibawa oleh logam ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Tandjung, 1994).

## 3. Adsorpsi

Adsorpsi adalah pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dan penyerapnya (Sembiring, 2003). Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul yang lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan (Fatmawati, 2006). Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi, yaitu (Anonim dalam Hasrianti, 2012) :

- a. Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan interface yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben.
- b. Molekul adsorben dipindahkan dari permukaan ke permukaan luar dari adsorben (*exterior surface*).
- c. Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar adsorben menyebar menuju pori-pori adsorben. Fase ini disebut dengan difusi pori.

- d. Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben

Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah :

- a. Luas Permukaan
- b. Jenis adsorbat
- c. Ukuran Pori
- d. Konsentrasi awal ion logam
- e. Temperatur.
- f. pH

#### 4. Adsorben

Adsorben adalah zat atau material yang berpotensi untuk mengikat atau menyerap cairan gas (Sudibandriyo dan Lidya, 2011). Adsorben dapat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu adsorben tidak berpori dan adsorben berpori (Arfan, 2006).

- a. Adsorben tidak berpori
- b. Adsorben berpori

Salah satu jenis adsorben yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi adalah kulit singkong. Kulit singkong merupakan hasil samping industri ketela pohon seperti keripik singkong dan tepung tapioka. Kulit singkong cukup banyak jumlahnya, setiap kilogram singkong biasanya dapat menghasilkan 15-20% kulit singkong, maka semakin tinggi jumlah produksi singkong semakin tinggi pula kulit yang dihasilkan. Kulit singkong segar hasil limbah pengolahan memiliki kandungan HCN 109 mg/kg (Sandi, 2013)

#### 5. Arang Aktif

Menurut Cheremisinoff dalam Verlina (2014), arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga memiliki daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Arang aktif dapat dibuat dari

bahan yang mengandung karbon baik organik atau anorganik.

#### 6. Kolom Unggun Tetap (Fixed Bed Coloumn)

Sistem kolom ungun tetap (*fixed bed column*) merupakan suatu sistem yang menggunakan tube silindrikal yang diisi dengan media dalam keadaan diam dan zat akan melewati tube dan media tersebut sehingga terjadi reaksi. Prinsip kerja dari sistem ini adalah terjadi pengontakan langsung antara zat dan partikel media yang digunakan. Pada sistem *fixed bed* profil konsentrasi logam pada fasa cair dan fasa padat (adsorben) bervariasi dalam spasi dan waktu (Pagnanelli dalam Najiah, 2016).

Kurva terobosan (*breakthrough*) merupakan studi sistem kolom yang dilakukan berdasarkan profil konsentrasi effluent terhadap waktu atau konsentrasi effluent terhadap volume effluent. Kurva *breaktrough* diperoleh dengan cara melewati sejumlah larutan logam dengan konsentrasi awal  $C_0$  (mg/L) pada kolom yang berisi dengan adsorben setinggi  $Z$ . Mula-mula terjadi adsorpsi pada bagian atas ungun, yang dengan demikian pada bagian atas mulai terjadi penenuhan adsorben oleh larutan (adsorbat), sedangkan bagian bawah masih siap menyerap solut.

parameter-parameter penting kurva *breakthrough* yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q_{total} = \frac{Q \cdot A}{1000}$$

$$m_{total} = \frac{C_0 \cdot Q \cdot t_e}{1000}$$

$$\%R = \frac{q_{total}}{m_{total}} \times 100$$

$$q_{eq} = \frac{q_{total}}{X}$$

Adapun %R dapat dihitung menggunakan cara yang lain yaitu :

$$E = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\%$$

## 7. Model Thomas

Model Thomas merupakan model yang paling banyak digunakan diantara model lainnya. Kesesuaian data dengan model Thomas ditunjukkan dari nilai  $R^2$  hasil plot data antara  $\ln\left(\frac{C_0}{C_t} - 1\right)$  terhadap waktu operasi. Nilai  $R^2$  yang tinggi menandakan model Thomas sesuai dengan data-data hasil eksperimen, sehingga dapat digunakan sebagai parameter acuan desain.

Parameter kinetik model Thomas dapat ditentukan dengan cara menyamakan persamaan regresi hasil plot dengan persamaan linear model Thomas yang dijelaskan sebagai berikut:

$$y = ax + b \rightarrow \ln\left(\frac{C_0}{C_t} - 1\right) = \frac{k_{Th}q_0X}{Q} - k_{Th}C_0t$$

Sehingga, untuk menentukan parameter kinetik model Thomas berupa  $k_{Th}$  dan  $q_0$  dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$slope = a = -\frac{k_{Th}C_0}{1000}$$

$$k_{Th} = -\frac{a \times 1000}{C_0}$$

$$intercept = b = \frac{k_{Th}q_0X}{Q}$$

$$q_0 = \frac{b \times Q}{k_{Th}X}$$

Parameter kinetik yang diperoleh kemudian digunakan untuk memperoleh data  $C_t/C_0$  untuk membuat kurva *breakthrough* perbandingan antara hasil eksperimen dengan hasil prediksi berdasarkan model Thomas melalui persamaan berikut:

$$\frac{C_t}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{k_{Th}q_0X}{Q} - \frac{C_0t}{1000}\right)}$$

Dimana  $k_{Th}$  adalah konstanta laju (ml/menit.µg);  $q_0$  adalah

konsentrasi maksimum solut pada fasa solid (µg/g);  $t$  waktu operasi (menit),  $X$  massa adsorbent (g); dan  $Q$  debit (ml/menit).

## C. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Waktu dan Lokasi

Penelitian berlangsung dalam waktu kurang lebih enam bulan, yang meliputi persiapan alat dan bahan, analisis laboratorium dan penulisan laporan. Tempat pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Gowa Universitas Hasanuddin. Analisis Sampel dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan.

### 2. Alat dan Bahan

Alat : Karung bekas, tungku pembakaran, timbangan, saringan no. 4 dan no.10, kain saring, termometer, *magnetic stirrer*, kertas saring, gelas kimia, gelas ukur, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), satu set kolom kontinyu (reaktor).

Bahan : Kulit singkong, larutan Cr murni konsentrasi 1000 ppm, larutan KOH 0,3 N, dan akuades

### 3. Prosedur Penelitian

#### a. Proses Pembersihan dan Pengeringan

Kulit singkong untuk variasi adsorben menggunakan kulit singkong tanpa kulit ari dan arang kulit singkong dibersihkan terlebih dahulu dengan cara mengupas bagian kulit ari (berwarna kecoklatan). Untuk variasi adsorben kulit singkong dengan kulit ari tidak dilakukan proses pengupas(a)ri bagian kulit ari. Selanjutnya dicuci bersih menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran kemudian

dijemur di bawah matahari selama ± 5 hari untuk menghilangkan kadar air (Pinandari, 2010).

b. *Proses Pengarangan dan Aktivasi*

Variasi adsorben dengan arang kulit singkong dilakukan proses pengarangan. Kulit singkong dimasukkan ke dalam kaleng pembakaran kemudian kaleng ditutup dan dipanaskan selama 30 menit (Verlina, 2014). Selanjutnya, arang kulit singkong dan kulit singkong yang telah dikeringkan dilakukan proses penyaringan menggunakan saringan nomor 4 dan 10 sehingga diperoleh ukuran partikel 2,1 – 4,75 mm. Kulit singkong dan arang kulit singkong kemudian diaktivasi menggunakan KOH 0,3 N selama 1 jam dengan dipanaskan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 50°C bertujuan untuk menghilangkan zat-zat pengotor pada adsorben. Setelah itu, dinetralkan dengan aquadest kemudian ditiriskan dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 120°C selama 24 jam (Ikawati, 2010).

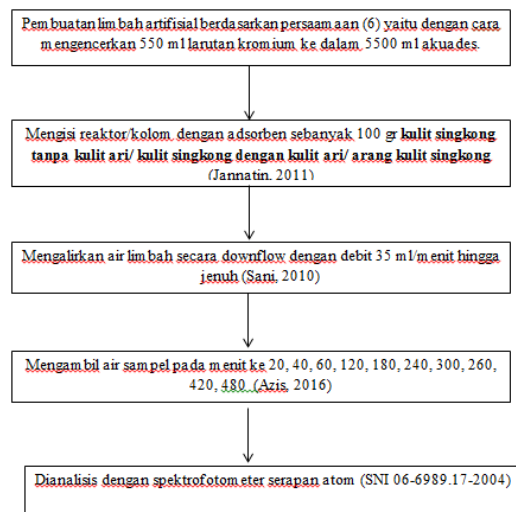
c. *Persiapan Limbah Artifisial*

Air limbah artifisial yang digunakan adalah 10 ppm karena konsentrasi tersebut dianggap cukup ideal untuk memaksimalkan waktu operasi agar tidak cukup cepat dan lambat

d. *Variasi adsorben (perlakuan adsorben)*

Pada penelitian ini adsorben yang digunakan (variasi) yaitu **kulit singkong dengan kulit ari, kulit singkong tanpa kulit ari, dan arang kulit singkong**. Variabel tetap pada penelitian ini adalah konsentrasi limbah artifisial adalah 10 ppm, debit air limbah 35 ml/menit, massa

adsorben 100 gr, kolom yang terbuat dari pipa PVC dengan diameter 2 inci dan tinggi 50 cm.



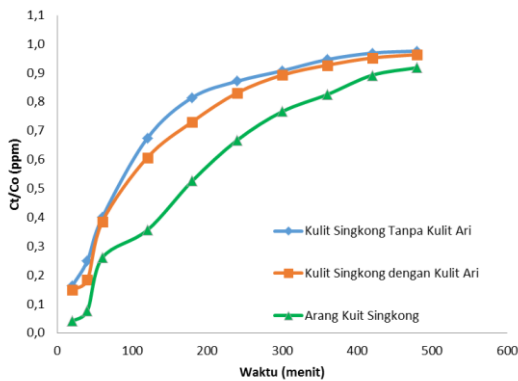
Gambar 2. Skema Proses Kontinyu dengan Variasi Adsorben

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Data Penelitian

a) *Penentuan Waktu Jenuh Berdasarkan Kurva Breakthrough*

Waktu jenuh atau *exhaust time* adalah waktu dimana adsorben sudah dalam kondisi *exhausted* (kelelahan) dalam menyerap yang ditandai dengan konsentrasi air limbah yang keluar sama dengan konsentrasi yang masuk (Pagnelli dalam Najiah, 2016). *Kurva breakthrough* menjelaskan parameter lamanya waktu kontak (sumbu x) dalam satuan menit terhadap perbandingan konsentrasi akhir ( $C_t$ ) dan konsentrasi awal ( $C_0$ ) (sumbu y). *Kurva breakthrough* adsorpsi logam berat Cr dapat dilihat pada gambar berikut.

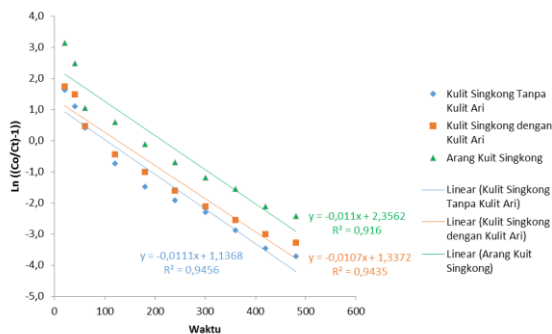


Gambar 3. Kurva *Breakthrough* Adsorpsi Logam Berat Cr

Berdasarkan Gambar 13 dapat dilihat bahwa  $C_t/C_o$  belum mencapai nilai 1. Sehingga pada percobaan tersebut dapat dinyatakan bahwa

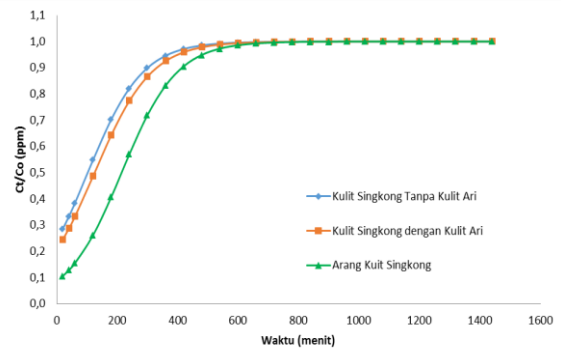
untuk setiap adsorben belum mencapai waktu jenuh, sehingga perlu dilakukan pengolahan data untuk memprediksi nilai konsentrasi akhir yang diperoleh hingga mencapai waktu jenuh.

Prediksi tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan Thomas. Model Thomas merupakan salah satu model yang paling banyak diaplikasikan diantara model lainnya. Data adsorpsi kolom disesuaikan dengan model Thomas dengan cara memplotkan data antara  $\ln = (\frac{C_o}{C_t} - 1)$  terhadap waktu dapat dilihat pada gambar (4) berikut



Gambar 4. Plot Model Thomas Adsorpsi Logam Berat Cr

Berdasarkan hasil plot diperoleh persamaan regresi untuk setiap variasi adsorben yang digunakan. Dengan menyamakan persamaan regresi tersebut maka dengan persamaan linear model Thomas maka diperoleh parameter kinetik model Thomas berupa konstanta laju ( $k_{TH}$ ) dan konsentrasi maksimum solut pada fasa solid ( $q_0$ ) dan digunakan untuk menghitung nilai  $C_t/C_o$  prediksi berdasarkan model Thomas dan diperoleh kurva breakthrough yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 5. Kurva *breakthrough* prediksi berdasarkan model Thomas

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa waktu jenuh untuk setiap variasi berbeda-beda. Pada variasi kulit singkong tanpa kulit ari, waktu jenuh terjadi pada menit 1020. Pada variasi kulit singkong dengan kulit ari, waktu jenuh terjadi pada menit 1080. Pada variasi arang kulit singkong terjadi pada waktu 1140. Berdasarkan hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa adsorben dengan arang kulit singkong memiliki waktu jenuh paling lama. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan terhadap tinggi unggun (tinggi adsorben), dimana adsorben arang kulit singkong memiliki tinggi yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben lainnya. Salah satu

hal yang mempengaruhi proses adsorpsi secara kolom adalah tinggi unggun (tinggi adsorben) yaitu semakin tinggi unggun maka waktu untuk mencapai *breakthrough* atau jenuh akan semakin meningkat. Hal tersebut terjadi karena semakin tinggi unggun maka jumlah adsorbat yang berkontak dengan adsorben semakin banyak sehingga kondisi jenuh adsorben membutuhkan waktu yang lama.

Hasil penelitian tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Haryati (2011) yang menyatakan bahwa adsorpsi maksimal terjadi pada tinggi packing terbesar yaitu 60 cm, dan Najiah (2016) yang menyatakan bahwa semakin tinggi unggun maka efektivitas biosorpsi dan waktu untuk mencapai *breakthrough* atau jenuh akan semakin meningkat.

*b) Efektivitas Adsorpsi*

Efektivitas adsorpsi dapat dilihat dari nilai persentase penghilangan ion logam (%R) dan kapasitas adsorpsi ( $q_{eq}$ ) yang diperoleh dari parameter kurva *breakthrough*.

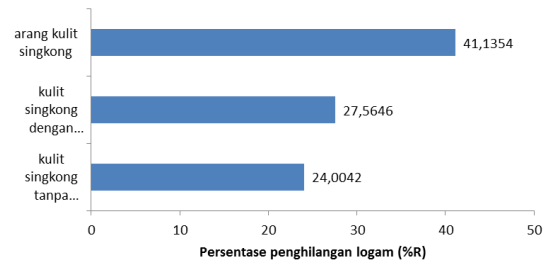
Menentukan parameter *breakthrough* berupa massa total logam yang terserap ( $q_{total}$ ), massa ion logam yang melewati kolom ( $m_{total}$ ), persentase penghilangan ion logam (%R), kapasitas adsorpsi ( $q_{eq}$ ). Dimana diketahui konsentrasi awal ( $C_0$ ) logam adalah 10 mg/L, Debit aliran (Q) kolom 35 ml/menit, Berat adsorben yang digunakan 100 gr.

Dari hasil analisis dapat diperoleh parameter-parameter yang menjelaskan efektivitas adsorpsi yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 1. Parameter Breakthrough Adsorpsi Logam Cr

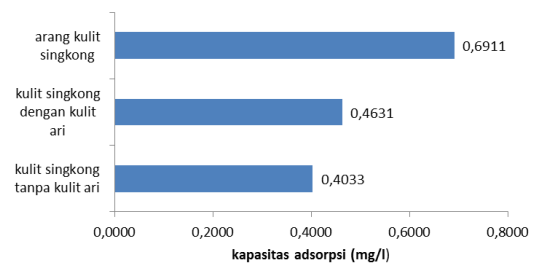
Variasi	Q ml/menit	C <sub>0</sub> mg/l	A menit	T <sub>max</sub> menit	Q <sub>eq</sub> Mg	m <sub>total</sub> Mg	%R	Q <sub>0</sub> mg/g
Kulit singkong tanpa kulit ari	35	10	115.22	480	40.3270	1.68	24.0042	0.4033
Kulit singkong dengan kulit ari	35	10	132.31	480	46.3085	1.68	27.5646	0.4631
Arang k kulit singkong	35	10	197.45	480	69.1075	1.68	41.1354	0.6911

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh hubungan bahwa persentase penghilangan ion logam (%R) berbanding lurus dengan kapasitas adsorpsi. Adapun grafik persentase penghilangan ion logam (%R) dan kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada gambar 6 dan 7 berikut.



Gambar 6. Grafik Persentase Penghilangan Logam (%R)

Berdasarkan gambar di atas diperoleh bahwa adsorben dengan arang kulit singkong memiliki nilai persentase penghilangan logam (%R) yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben lainnya.



Gambar 7. Grafik Kapasitas Adsorpsi ( $q_{eq}$ )

Berdasarkan gambar di atas diperoleh bahwa adsorben dengan arang kulit singkong memiliki nilai kapasitas adsorpsi yang lebih besar



dibandingkan dengan adsorben lainnya. Dari gambar 6 dan 7 dapat disimpulkan bahwa adsorben yang memiliki efektivitas terbaik adalah arang kulit singkong, hal ini dapat dilihat dari nilai (%R) sebesar 41, 1354 % dan ( $q_{eq}$ ) sebesar 0.6911 mg/g yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben lain. Hal ini terjadi karena pada proses adsorpsi arang kulit singkong memiliki tinggi unggun yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben lainnya yang menyebabkan bidang kontak antara adsorbat dan adsorben semakin besar sehingga adsorbat yang teradsorpsi semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya (Andi Niswatu Najiah, 2016) menyatakan bahwa semakin tinggi unggun maka efisiensi biosorpsi juga semakin meningkat, persentase penghilangan ion logam (%R), serta kapasitas biosorpsi ( $q_e$ ) meningkat.

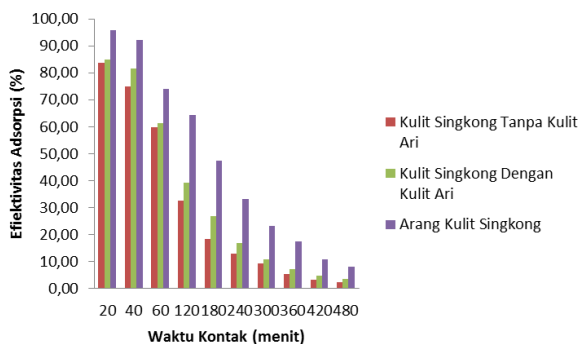
Adapun faktor lain yang mempengaruhi efektivitas adsorpsi adalah ukuran pori. Adsorpsi paling kuat terjadi ketika ukuran pori-pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk. Berdasarkan gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa efektivitas adsorben yang paling baik adalah arang kulit singkong. Hal ini disebabkan karena arang kulit singkong telah melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Pada proses karbonisasi kulit singkong diarsir menggunakan suhu yang cukup tinggi dengan waktu yang lama yang mengakibatkan terlepasnya zat terbang (*volatile matter*) yang terkandung dalam kulit singkong sehingga pori-pori pada adsorben mulai terbuka. Setelah

melalui proses karbonisasi dilanjutkan dengan proses aktivasi dengan zat kimia dalam hal ini KOH yang mengakibatkan terlepasnya zat pengotor yang masih menutupi pori-pori menjadi lebih terbuka dari proses sebelumnya. Hal tersebut mengakibatkan ukuran pori arang aktif lebih besar sehingga mengakibatkan ion logam yang teradsorpsi semakin besar. Hal tersebut di atas sesuai dengan pernyataan (Prabowo, 2009) bahwa karbon aktif merupakan adsorben terbaik dalam sistem adsorpsi karena memiliki luas permukaan yang tinggi dan daya adsorpsi sehingga pemanfaatannya dapat maksimal. Apabila adsorben yang berupa arang yang kurang sempurna, kemungkinan masih mengandung air dan selulosa sehingga memungkinkan terjadinya ikatan secara kimia, namun apabila berupa arang aktif maka akan terjadi ikatan secara fisika.

Hubungan antara efektivitas penyerapan terhadap waktu kontak dapat dilihat pada tabel berikut. Tabel 2. Efektivitas Adsorpsi untuk Setiap Variasi Adsorben

Waktu Kontak (menit)	Efektivitas (%)		
	Kulit Singkong Tanpa Kulit Ari	Kulit Singkong Dengan Kulit Ari	Arang Kulit Singkong
20	83.59	84.97	95.87
40	74.97	81.63	92.28
60	59.94	61.41	73.93
120	32.53	39.23	64.36
180	18.46	26.86	47.32
240	12.81	16.81	33.20
300	9.19	10.68	23.32
360	5.31	7.24	17.43
420	3.07	4.75	10.73
480	2.36	3.60	8.11

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat grafik hubungan antara waktu kontak dan efektivitas penyerapan untuk setiap variasi adsorben yang tersaji pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hubungan Antara Waktu Kontak (Menit) dan Efektivitas Adsorpsi(%)

Berdasarkan gambar 7 dapat dijelaskan hubungan antara waktu kontak dan efektivitas adsorpsi adalah semakin lama waktu kontak maka efektivitas adsorpsi akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada proses adsorpsi secara kolom, adsorpsi mula-mula terjadi pada bagian atas adsorben yang mengakibatkan terjadinya penjumlahan pada bagian atas adsorben akibat pori-pori yang terbuka telah terisi oleh ion logam, sehingga seiring berjalannya proses adsorpsi adsorben mulai mengalami kejenuhan yang mengakibatkan turunnya efektivitas adsorpsi.

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

- Waktu jenuh pada variasi adsorben kulit singkong tanpa kulit ari terjadi pada waktu kontak 1020 menit. Variasi adsorben kulit singkong dengan kulit ari terjadi pada waktu kontak 1080 menit. Variasi adsorben arang kulit singkong terjadi pada waktu kontak 1140 menit.
- Efektivitas penyerapan terbaik diperoleh pada adsorben arang kulit singkong dengan nilai

persentase penghilangan logam (%R) sebesar 41.1354% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0.6911 mg/g.

## 2. Saran

- Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menguji kemampuan adsorben kulit singkong dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan jenis logam berat lainnya.
- Penelitian selanjutnya dapat memvariasikan konsentrasi larutan, debit air limbah, dan berat adsorben.
- Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan mengkombinasikan adsorben kulit singkong dengan adsorben lainnya.
- Penelitian selanjutnya diharapkan untuk menimbang berat kulit singkong sebelum diproses, sementara diproses, dan setelah diproses.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriadi, D. 2005. *Kandungan Logam Berat Hg, Pb dan Cr pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (Perna viridis L.) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta (Skripsi)*. IPB : Bogor.
- Arfan, Yopy. 2006. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol serta Uji Kinerjanya*. Departemen Teknik Kimia FT-UI : Depok.
- Azis, Arief. 2016. *Efektivitas Arang Aktif dalam Mengadsorpsi Logam Berat Cd dan Pb dalam Air Limbah Industri*. Universitas Hasanuddin : Makassar
- Haryati, Sri. 2011. *Pengujian Performance Serat Buah Mahkota Dewa (Phaleria marcocarpa (Scheff)) dan Clay terhadap Larutan yang Mengandung Logam Kromium*. Journal of Applied and Engineering Chemistry, Vol. 1, pp. 18-23, June 2011.
- Hasrianti. 2012. *Adsorpsi Ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  pada Limbah Cair Menggunakan Kulit*

- singkong (Tesis)*. Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin : Makassar.
- Jannatin, Raditya., dkk. 2011. Uji Efisiensi Removal Adsorpsi Arang Batok Kelapa untuk Mereduksi Warna dan Permanganat Value dari Limbah Cair Industri Batik. Teknik Lingkungan ITS : Surabaya
- Najiah, Andi Niswatu. 2016. *Biosorpsi Logam Merkuri oleh Lactobacillus acidophilus pada Kolom Unggun Tetap : Eksperimen dan Prediksi Kurva Breakthrough (skripsi)*. Universitas Hasanuddin : Makassar
- Palar, H. 2004. *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Renika Cipta : Jakarta
- Pinandari, W. A. 2010. *Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Industri Tapioka sebagai Bioremoval Logam Berat Asam Tambang dengan Biomassa Filter*. Program Kreativitas Mahasiswa. Universitas Lampung Mangkurat: Banjar Baru
- Pratiwi, Indah. 2017. Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong dalam Mempengaruhi Kadar Fe dalam Air. Universitas Stya Negara Indonesia : Jakarta
- Rahmanita, Novi. 2015. Pemanfaatan Kulit Singkong untuk Mengadsorpsi Ion Logam Timbal. Universitas Hasanuddin : Makassar
- Sandi, Y.O., dkk. 2013. *Upaya Peningkatan Kualitas Kulit Singkong Melalui Fermentasi Menggunakan Leuconostoc Mesenteroides Pengaruhnya Terhadap Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik Secara In Vitro*. Jurnal Ilmiah Peternakan. 1(1):99-108.
- Sembiring, M.T., Sinaga. TS. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya) (skripsi)*. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera : Sumatera Utara.
- Syauqiah. 2001. *Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif*, Jurnal Info Teknik
- Widowati, W., dkk. 2008. *Efek Toksik Logam*. Andi : Yogyakarta