

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Penjelasan Umum

Tahap adsorpsi logam Kromium Total (Cr) pada penelitian ini, dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan adsorben kulit salak yang terenkapsulasi *Alginate gel*. Limbah yang digunakan berasal dari PT. Fajar Makmur *Leather Factory*, Bantul, Yogyakarta. Metode yang digunakan adalah metode batch dengan jumlah limbah cair penyamakan kulit sebanyak 100 mL.

Ukuran serbuk kulit salak yang digunakan untuk adsorpsi adalah 50 mesh. Enkapsulasi adsorben kulit salak menggunakan *Alginate gel* dilakukan dengan mencampurkan larutan sodium alginate 3% dan serbuk kulit salak, dengan perbandingan 2 gr serbuk : 30 mL larutan *Alginate gel* 3% (Siswoyo, *et.al.*, 2014). Campuran diteteskan kedalam larutan Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) 10% dan didiamkan selama 30 menit sebelum dibilas dengan air suling (Permana, 2014). Butiran yang terbentuk tersebut akan dioven selama  $\pm 2$  jam pada suhu  $80^\circ\text{C}$  (Zulistia, 2016).

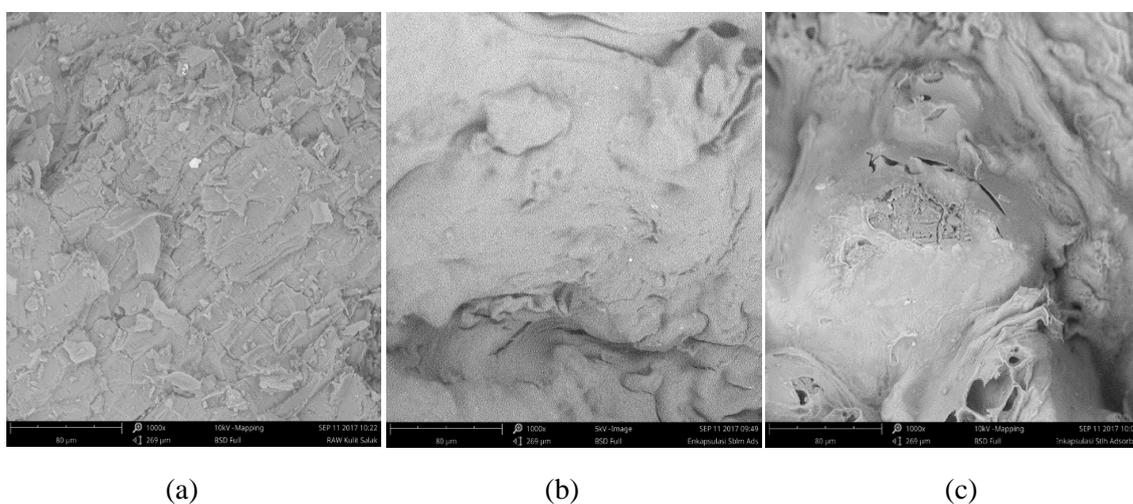
Langkah selanjutnya adalah uji karakterisasi menggunakan SEM dan FTIR untuk mengetahui perubahan fisik dan kimia dari adsorben raw kulit salak, kulit salak terenkapsulasi *Alginate gel* dan kulit salak terenkapsulasi *Alginate gel* setelah adsorpsi. Variasi yang dikakukan pada pengujian ini yakni massa, pH dan waktu. Dari variasi tersebut maka didapatkan kondisi yang paling optimum.

#### 4.2. Karakterisasi Adsorben Kulit Salak

Karakterisasi adsorben dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik adsorben seperti bentuk permukaan dan gugus fungsi dari adsorben yang akan diuji. Pada penelitian ini karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

#### 4.2.1. SEM (*Scanning Electron Microscopes*)

Karakterisasi menggunakan alat *Scanning Electron Microscopes* bertujuan untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan dari material kulit salak. Dengan mengetahui bentuk permukaan kulit salak dan komposisi molekul maka dapat diketahui perubahan yang terjadi sebelum terenkapsulasi, setelah terenkapsulasi *Alginate Gel* dan adsorben terenkapsulasi *Alginate Gel* setelah adsorpsi. Pengujian SEM terhadap serbuk kulit salak sebagai berikut :



**Gambar 4.1** Gambar SEM Serbuk Kulik Salak pada Pembesaran 1000x(a), Gambar SEM Serbuk Kulik Salak Terenkapsulasi *Alginate Gel* pada Pembesaran 1000x(b), Gambar SEM Serbuk Kulik Salak Terenkapsulasi *Alginate Gel* setelah Adsorpsi pada Pembesaran 1000x(c).

(Sumber : Data Primer, 2017)

Dari perbandingan Gambar 4.1 diatas dapat dilihat perbedaan yang signifikan bentuk morfologi adsorben didalam penelitian ini. Analisis serbuk kulit salak dengan perbesaran 1000x (Gambar 4.1a) terdapat struktur yang beraturan dan pori-pori kecil, yang merupakan struktur selulosa kulit salak. Selulosa memiliki ikatan berupa ion  $-OH$  yang dapat menyebabkan terjadinya proses adsorpsi. Pada serbuk kulit salak yang terenkapsulasi pada perbesaran 1000x (Gambar 4.1b) memiliki struktur yang granular dan pori-pori lebih besar. Kemudian pada Gambar 4.1c serbuk kulik salak terenkapsulasi *Alginate Gel* setelah adsorpsi dengan pembesaran 1000x terlihat bahwa struktur adsorben

menjadi lebih padat, hal ini dikarenakan adsorben telah bereaksi terhadap *sorbent*. Hal ini membuktikan bahwa dengan proses enkapsulasi *Alginate gel* dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap logam Cr Total pada limbah cair penyamakan kulit.

**Tabel 4.1** Analisis EDS Adsorben Kulit Salak

Jenis	Elemen Kimia (%Massa)		
	C	O	Si
Raw Kulit Salak	17,2	77,7	1,6
Enkapsulasi Kulit Salak Sebelum Adsorpsi	5,8	80,7	0,3
Enkapsulasi Kulit Salak Setelah Adsorpsi	9,5	85,5	1,1

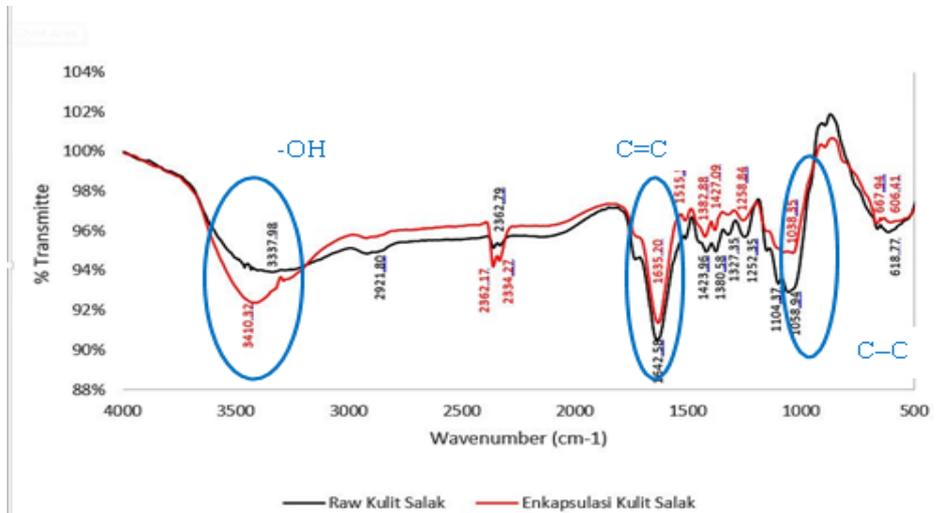
(Sumber : Data Primer, 2017)

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat perbedaan kandungan, penambahan dan pengurangan komposisi atom pada setiap pengujian kulit salak. Seperti pada atom O kulit salak sebesar 77,7%, pada saat kulit salak terenkapsulasi mengalami peningkatan sebesar 80,7%, kemudian setelah proses adsorpsi menjadi 85,5%. Hal ini terjadi karena, penggunaan larutan  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  pada proses penyamakan kulit, sehingga setelah adsorpsi unsur O ikut teradsorb. Adsorpsi krom terjadi karena struktur kimia selulosa dan hemiselulosa mengandung gugus  $-\text{OH}$  yang mempunyai pasangan elektron bebas dan membentuk kompleks koordinasi dengan ion logam. Hasil pengujian EDS menunjukkan adanya unsur Si, sehingga dapat dikatakan bahwa kulit salak selain mengandung selulosa juga mengandung Si (Wijayanti, 2017).

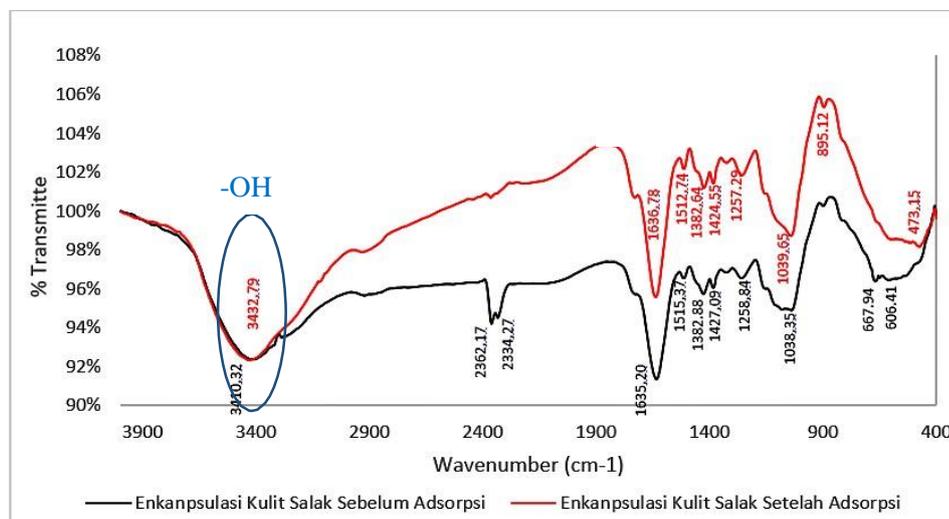
#### 4.2.2. FTIR (Fourier Transform Infra-Red)

FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi molekul yang terdapat pada serbuk kulit salak, serbuk kulit salak terenkapsulasi dan serbuk kulit salak terenkapsulasi setelah adsorpsi. Hasil pengujian FTIR dianalisis dengan melihat puncak spesifik yang terletak pada panjang gelombang tertentu. Puncak spesifik ini kemudian yang menunjukkan jenis gugus fungsional dalam senyawa serbuk kulit salak, serbuk kulit salak terenkapsulasi dan serbuk kulit salak

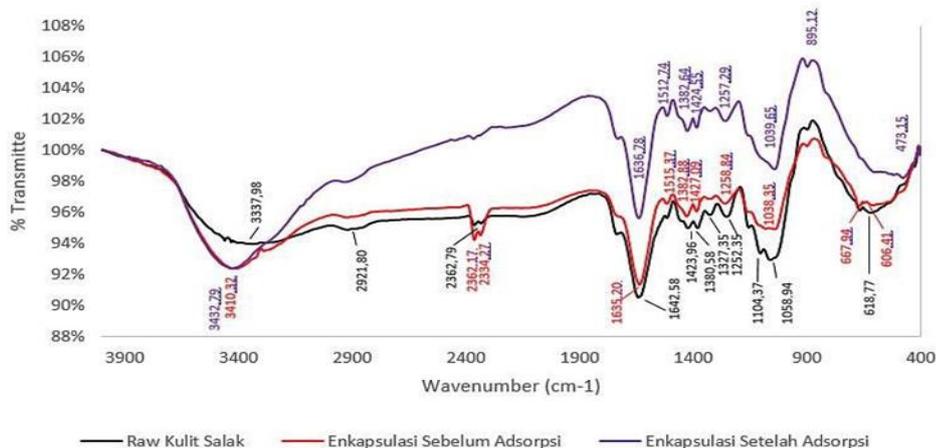
terenkapsulasi setelah adsorpsi. Hasil grafik pembacaan dapat dilihat berurut pada Gambar 4.2, 4.3 dan 4.4 sebagai berikut :



**Gambar 4.2** Spektra FTIR Sebelum dan Setelah Enkapsulasi  
(Sumber : Data Primer, 2017)



**Gambar 4.3** Spektra FTIR Sebelum dan Setelah Proses Adsorpsi  
(Sumber : Data Primer, 2017)



**Gambar 4.4** Analisis FTIR pada Serbuk Kulit Salak Terenkapsulasi Setelah Adsorpsi  
(Sumber : Data Primer, 2017)

Berdasarkan hasil pembacaan FTIR pada Gambar 4.2, serbuk kulit salak gugus fungsi  $\text{—OH}$  pada panjang gelombang  $3337,98 \text{ cm}^{-1}$  dan serbuk kulit salak terenkapsulasi dengan panjang gelombang  $3410,32 \text{ cm}^{-1}$ . Dapat dilihat pada hasil serbuk kulit salak terenkapsulasi memiliki nilai panjang gelombang gugus  $\text{—OH}$  yang lebih besar daripada raw kulit salak dikarenakan gugus tersebut bereaksi dengan selulosa dan *Alginate gel*. Hasil spektra pada Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan enkapsulasi kulit salak sebelum adsorpsi dan setelah adsorpsi dengan panjang gelombang  $3432,79 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3410,32 \text{ cm}^{-1}$ . Nilai panjang gelombang  $\text{—OH}$  pada kulit salak terenkapsulasi setelah adsorpsi lebih kecil dibandingkan dengan sebelum adsorpsi dikarenakan pada kulit salak terdapat senyawa selulosa. Selulosa adalah biopolimer yang berhubungan dengan proses pemisahan logam berat seperti Kromium Total (Sudiarta, 2010). Pada Gambar 4.4 menunjukkan ketiga spektrum FTIR yaitu raw kulit salak, enkapsulasi kulit salak sebelum dan sesudah adsorpsi. Perbedaan ketiga spektrum tersebut disebabkan karena adanya interaksi antar molekul pada saat proses adsorpsi.

Hasil pembacaan FTIR dari kiri ke kanan kemudian dicocokkan sesuai dengan klasifikasi jenis gugus fungsi berdasarkan panjang gelombangnya. Untuk mengetahui gugus lain yang terdapat pada hasil analisis FTIR maka dapat dilihat

pada Tabel 4.2 yang merupakan klasifikasi jenis gugus fungsi berdasarkan panjang gelombangnya :

**Tabel 4.2** Klasifikasi Jenis Gugus Fungsi Berdasarkan Panjang Gelombang

Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm <sup>-1</sup> )
OH (karboksil)	3800-3400
O-H (hidroksil)	2700-2100

(Sumber : Stuart, 2014)

Hasil dari analisis FTIR ditunjukkan dengan grafik hubungan antara panjang gelombang (sumbu x) dan *transmittance* (sumbu y). Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan bahwa tidak terdapat gugus baru. Setelah proses enkapsulasi, menunjukkan bahwa terdapat gugus fungsi O-H yang merupakan gugus hidroksil. Gugus hidroksil memiliki muatan negatif dan dapat melakukan pengikatan terhadap *Chromium* yang memiliki gugus positif. Berdasarkan metode adsorpsi yang digunakan maka dilakukan pembacaan FTIR. Berdasarkan penelitian dan dengan analisis FTIR, maka menunjukkan proses enkapsulasi dengan *Alginate gel* dapat meningkatkan kandungan gugus fungsi pada adsorben dan tingkat adsorpsi yang efisien dengan menggunakan adsorben kulit salak terenkapsulasi. Untuk melihat berbagai jenis senyawa lain yang didapat dari hasil pembacaan FTIR maka dapat dilihat pada lampiran 6.

#### 4.3. Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi dengan Metode *Batch*

Dalam penentuan kondisi optimum dilakukan sebelum teknik enkapsulasi. Tujuannya, untuk mengetahui daya serap adsorben pada kondisi yang optimal. Variabel yang digunakan sebagai faktor penentu berupa variasi massa adsorben, variasi pH adsorben dan variasi waktu pengadukan.

##### 4.3.1. Pengujian Variasi Massa

Pengujian variasi massa dilakukan guna untuk mengetahui dosis yang optimum pada pemberian adsorben agar proses adsorpsi bisa dilakukan secara optimal. Variasi massa adsorben kulit salak terenkapsulasi yang digunakan adalah 50 mg, 100 mg, 200 mg, 30 mg dan 400 mg. Adsorben kulit salak terenkapsulasi

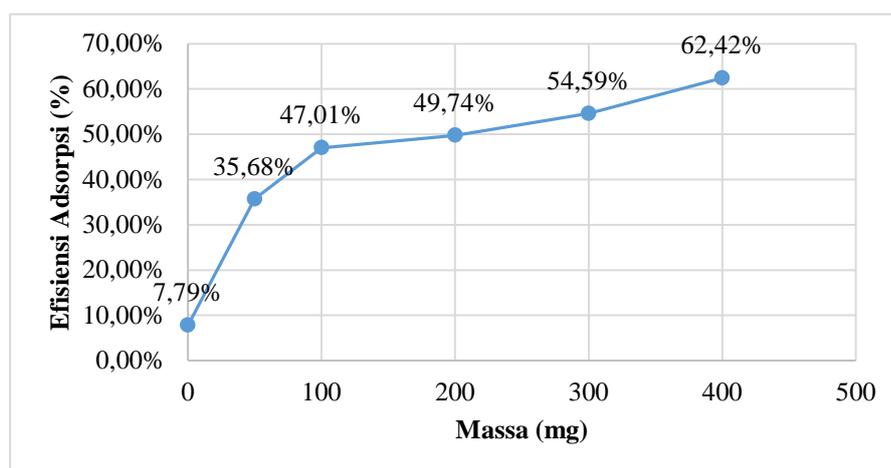
dicampur ke dalam 100 mL limbah cair penyamakan kulit. Lalu, dilakukan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam menggunakan *jar test*. Kemudian, konsentrasi akhir diuji dengan menggunakan AAS. Hasil dari pengujian variasi massa dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Data Variasi Massa Adsorben pada Parameter Kromium Total (Cr)

Massa (Mg)	pH awal		Konsentrasi (mg/L)		Efisiensi Adsorpsi (%)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
0 mg Kontrol	7	7	1,7404	1,60	7,79%
50 mg	7	7	1,7404	1,12	35,68%
100 mg	7	7	1,7404	0,92	47,01%
200 mg	7	7	1,7404	0,87	49,74%
300 mg	7	7	1,7404	0,79	54,59%
400 mg	7	7	1,7404	0,65	62,42%

(Sumber : Data Primer, 2017)

Dari data Tabel 4.3 diatas kemudian diplotkan dalam grafik hubungan antara kemampuan efisiensi *removal* parameter Krom Total pada limbah penyamakan kulit dengan penambahan massa adsorben. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini :



**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Penambahan Massa Adsorben Terhadap Presentase *Removal* Kromium Total (Cr)

(Sumber : Data Primer, 2017)

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara penambahan massa adsorben terhadap presentase *removal* Kromium adalah berbanding lurus. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah adsorben kulit salak terenkapsulasi maka luas permukaan dari adsorben dalam menyerap logam Cr semakin tinggi. Efisiensi *removal* tertinggi pada percobaan ini yaitu 62,42% dengan massa adsorben adalah 400 gr.

#### 4.3.2. Pengujian Variasi pH

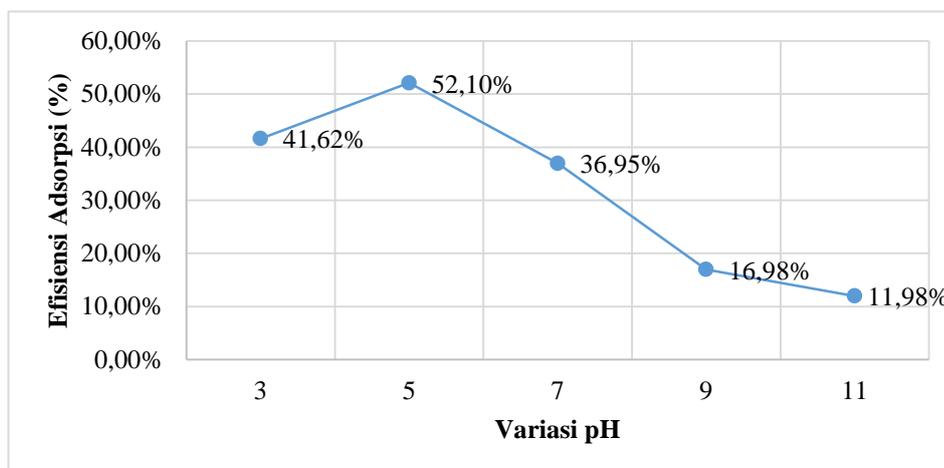
Percobaan variasi nilai derajat keasaman (pH) dilakukan guna untuk mengetahui kemampuan penyerapan adsorben kulit salak terenkapsulasi pada nilai pH agar dapat mengadsopsi limbah cair penyamakan kulit secara optimal. Penkondisian pH dilakukan dengan penambahan larutan HCl 0,1 N untuk kondisi asam dan larutan NaOH 0,1 N untuk kondisi basa. Berdasarkan pengujian variasi massa, maka massa optimum yang digunakan dalam pengujian pH adalah 5 dengan variasi pH yaitu 3, 5, 7, 9, dan 11. Hasil pengujian variasi pH ini ditunjukkan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Data Variasi pH Adsorben pada Parameter Kromium Total (Cr)

Massa (Mg)	pH Rencana	pH Awal	Konsentrasi (mg/L)		Efisiensi Adsorpsi (%)
			Awal	Akhir	
Blanko	7		0,4198	0,25	2,69%
400 mg	3	7	0,4198	0,20	41,62%
400 mg	5	7	0,4198	0,26	52,10%
400 mg	7	7	0,4198	0,35	36,95%
400 mg	9	7	0,4198	0,37	16,98%
400 mg	11	7	0,4198	0,41	11,98%

(Sumber : Data Primer, 2017)

Dari data diatas maka dapat ditampilkan pada bentuk grafik hubungan nilai pH terhadap presentase *removal* pada parameter Kromium Total (Cr) dalam limbah cair penyamakan kulit, grafik ditunjukkan pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Grafik Hubungan nilai pH Terhadap Presentase *Removal* Kromium Total (Cr)

(Sumber : Data Primer, 2017)

Pengujian pH merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi penyerapan polutan oleh adsorben. Berdasarkan percobaan, tingkat efisiensi *removal* tertinggi yaitu 52,1% pada nilai pH 5. Nilai pH 5 pada kondisi asam lebih optimal dalam penyerapan logam Kromium Total daripada kondisi basa, dikarenakan pada pH tinggi, konsentrasi ion OH<sup>-</sup> dalam larutan meningkat sehingga permukaan sel perlahan menjadi bermuatan negatif. Hal ini menyebabkan kekuatan untuk mengikat ion-ion Cr menjadi semakin kecil dan mengurangi kemampuan adsorpsi. Pada pH tinggi juga terjadi presipitasi Cr menjadi Cr(OH)<sub>2</sub> yang mengurangi kelarutan ion Cr pada larutan yang mengakibatkan berkurangnya jumlah ion Cr yang dapat diserap oleh permukaan sel. (Utama, dkk., 2016)

Terjadi penurunan efisiensi *removal* pada pH 7 sampai dengan 11 dikarenakan pada pH basa, gugus OH<sup>-</sup> bertambah. Gugus -OH berikatan dengan Krom (Cr<sup>3+</sup>) dari limbah membentuk Cr(OH)<sup>3</sup>. Spesies (CrOH)<sup>3</sup> bersifat amfoter, dan merupakan basa yang sedikit larut dalam air (Rohaeti, 2007), sehingga Cr akan terendapkan dalam bentuk Cr(OH)<sup>3</sup> pada kisaran pH tertentu dan menjadikan konsentrasi krom tersisa dalam limbah akan turun (Meirinna, dkk., 2013).

### 4.3.3. Pengujian Variasi Waktu Kontak

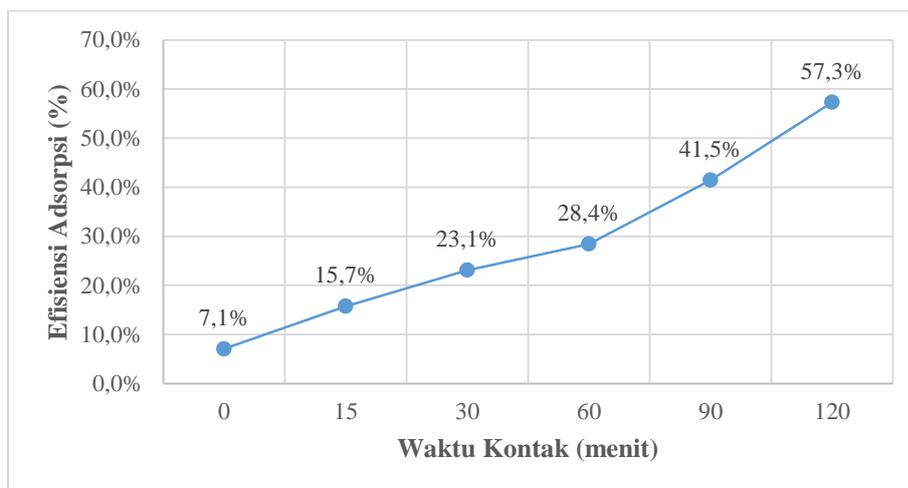
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap kemampuan penyerapan adsorben kulit salak terenkapsulasi terhadap limbah cair penyamakan kulit. Dilakukan pemberian massa adsorben dan kondisi pH dengan menggunakan dosis dan kondisi yang optimum. Variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Massa adsorben yang digunakan adalah 400 mg dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Hasil dari pengujian variasi waktu dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini :

**Tabel 4.5** Data Variasi Waktu Kontak Adsorben pada Parameter Kromium Total (Cr)

Waktu Kontak (menit)	pH awal		Konsentrasi (mg/L)		Efisiensi Adsorpsi (%)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
0 menit kontrol	7	7	0,3398	0,32	7,06%
15 menit	7	7	0,3398	0,29	15,74%
30 menit	7	7	0,3398	0,26	23,09%
60 menit	7	7	0,3398	0,24	28,41%
90 menit	7	7	0,3398	0,20	41,45%
120 menit	7	7	0,3398	0,15	57,31%

(Sumber : Data Primer, 2017)

Penentuan waktu kontak optimum ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan waktu Kromium Total (Cr) dapat teradsorpsi secara maksimal. Kurva konsentrasi Kromium yang teradsorpsi oleh kulit salak terenkapsulasi pada berbagai waktu kontak ditunjukkan pada Gambar 4.7 dibawah ini.



**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Penambahan Waktu Kontak Terhadap Presentase *Removal* Kromium Total (Cr)  
(Sumber : Data Primer, 2017)

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa jumlah Kromium yang teradsorpsi oleh adsorben semakin meningkat berbanding lurus dengan waktu. Pada awal waktu interaksi sampai menit ke 120, jumlah konsentrasi Kromium Total yang teradsorpsi terus meningkat hingga mencapai nilai prosentasi penyerapan 57,3%. Dari hasil penelitian diperoleh pada waktu kontak 120 menit adsorben kulit salak terenkapsulasi dapat mengadsorpsi ion logam Kromium Total secara optimum.

#### 4.4. Kombinasi Proses Adsorpsi Metode Kolom dan Fitoremediasi

Penelitian dengan menggunakan kombinasi proses adsorpsi metode kolom dan fitoremediasi merupakan inti utama pada penelitian ini. Proses *batch* dilakukan sebagai acuan untuk mengetahui kondisi optimum dari massa, pH dan waktu. Melalui proses *batch* didapatkan kondisi optimum dalam penyerapan logam berat Kromium Total pada limbah cair penyamakan kulit dengan nilai massa optimum 400 mg , pH 5, dan waktu kontak 120 menit. Sistem kombinasi metode adsorpsi dan fitomediasi ini dapat memberikan *output* yang memuaskan, tetapi pada skala besar dan untuk penerapannya pada industri penyamakan kulit diperlukan sistem secara kontinyu agar hasil keluaran dapat memenuhi baku mutu.

#### **4.4.1. Pengujian Konsentrasi Awal Limbah Cair Penyamakan Kulit**

Pengujian konsentrasi awal dari sorbent yang digunakan untuk mengetahui kadar awal Kromium total (Cr) sebelum diturunkan kadarnya menggunakan adsorben kulit salak terenkapsulasi. Selain itu, hal ini digunakan untuk mengetahui berapa kandungan Krom yang teradsorpsi oleh adsorben kulit salak terenkapsulasi *Alginate gel*.

Berdasarkan hasil pengujian, konsentrasi awal limbah cair penyamakan kulit parameter Kromium Total (Cr) adalah 0,74 mg/L, yang menunjukkan bahwa konsentrasi parameter Kromium Total (Cr) belum memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan yang dilakukan untuk menurunkan kadar logam berat tersebut agar tidak mencemari lingkungan dengan menggunakan acuan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Usaha dan atau Kegiatan Industri Penyamakan Kulit berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 yaitu pada proses penyamakan menggunakan krom kadar paling tinggi adalah 0,6 mg/L.

#### **4.4.2. Pengoperasian Reaktor**

Reaktor yang dioperasikan pada pengujian ini dengan menggunakan metode kombinasi, yaitu pengolahan secara adsorpsi dan fitoremediasi. Metode kombinasi dilakukan guna untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dalam penurunan kadar Krom Total (Cr) pada limbah penyamakan kulit. Langkah ini dilakukan setelah diketahui kondisi optimum adsorpsi pada pengujian secara *batch*. Reaktor kombinasi sistem adsorpsi dan fitoremediasi dirangkai seperti pada Gambar 4.8, 4.9 dan 4.10 yang akan dialiri limbah cair penyamakan kulit.



**Gambar 4.8** Rangkaian Reaktor Kombinasi Adsorpsi dan Fitoremediasi  
(Sumber : Data Primer, 2017)



**Gambar 4.9** Tampilan Bak Fitoremediasi  
(Sumber : Data Primer, 2017)



**Gambar 4.10** Tampilan Kolom Adsorpsi  
(Sumber : Data Primer, 2017)

Pada Gambar 4.8, terdapat bak *inlet* digunakan untuk menampung limbah sebelum dialirkan ke reaktor. Limbah dialirkan melalui selang menggunakan pompa menuju kolom adsorpsi. Pada bak *inlet* dialirkan dalam sekali pengaliran sebanyak 35 L. Bagian pipa yang berdiri tegak ini adalah metode kolom adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.10. Pipa dengan ketinggian 10 cm dan diberi saringan pada bagian atas dan bawah kolom. Hal ini bertujuan agar adsorben pada saat dialiri air limbah tidak terbawa pada proses berikutnya. Pipa diisi dengan adsorben sebanyak 40 gr.

Setelah proses metode kolom adsorpsi, limbah ditampung pada bak kontrol guna untuk mengetahui kadar Krom Total (Cr) setelah proses adsorpsi. Kemudian, diolah pada bak fitoremediasi. Pada metode fitoremediasi dilakukan lamanya pengujian selama 14 hari dengan menggunakan tanaman eceng gondok, dengan pengambilan sampel setiap hari. Pengambilan sampel dilakukan setiap hari guna untuk mendapatkan hasil perbandingan penurunan kadar Kromium Total dengan lebih baik dan teliti. *Output* dari kombinasi metode ini diuji dengan tujuan untuk mengetahui efisiensi dari metode kolom adsorpsi dan fitoremediasi ini.



**Gambar 4.11** *Output* dari Kolom Adsorpsi Sebagai Kontrol  
(Sumber : Data Primer, 2017)

#### **4.4.3. Penurunan Kontaminan Kromium Total (Cr)**

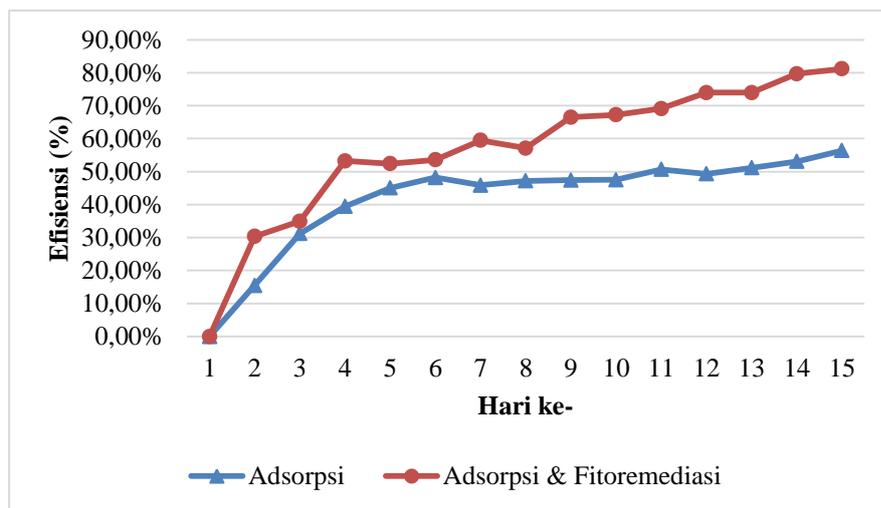
Dalam upaya penurunan kadar Kromium Total maka dilakukan penelitian kombinasi adsorpsi kolom dan fitoremediasi selama 14 hari. Maka diperoleh data hasil penelitian terhadap parameter Kromium Total pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

**Tabel 4.6** Data Konsentrasi dan Efisiensi *Removal* Parameter Kromium Total (Cr) Setelah Proses Adsorpsi (Kontrol) dan Proses Adsorpsi-Fitoremediasi

Hari	Suhu Bak Kontrol (°C)	pH Bak Kontrol	Konsentrasi Cr pada Adsorpsi (Kontrol) (mg/L)	Efisiensi Cr pada Adsorpsi (Kontrol) (%)	Suhu Bak Fitoremediasi (°C)	pH Bak Fitoremediasi	Konsentrasi Cr pada Adsorpsi-Fitoremediasi (mg/L)	Efisiensi Cr pada Adsorpsi-Fitoremediasi (%)
0	26	7,7	0,74	0 %	26	7,8	0,74	0 %
1	25	7,9	0,63	15,48 %	25	7,6	0,52	30,35 %
2	26	7,7	0,51	31,22 %	24	7,6	0,48	34,93 %
3	26	7,7	0,45	39,43 %	25	7,6	0,35	53,23 %
4	26	7,7	0,41	45,04 %	25	7,6	0,35	52,42 %
5	26	7,9	0,39	48,18 %	24	7,6	0,35	53,57 %
6	25	7,8	0,40	45,90 %	24	7,7	0,30	59,49 %
7	26	7,9	0,39	47,17 %	24	7,7	0,32	57,13 %
8	26	7,8	0,39	47,44 %	25	7,7	0,25	66,49 %
9	26	7,8	0,39	47,51 %	23,5	7,6	0,24	67,23 %
10	26	7,8	0,37	50,67 %	24	7,5	0,23	69,11 %
11	26	7,8	0,38	49,33 %	24	7,6	0,19	73,96 %
12	26	7,8	0,36	51,14 %	25	7,5	0,17	77,05 %
13	25	7,8	0,35	53,10 %	23	7,5	0,15	79,68 %
14	25	7,7	0,32	56,39 %	24	7,5	0,14	81,16 %

(Sumber : Data Primer, 2017)

Dari data diatas maka dapat ditampilkan pada bentuk grafik hubungan efisiensi *removal* proses adsorpsi serta kombinasi proses adsorpsi dan fitoremediasi pada parameter Kromium Total (Cr) dalam limbah cair penyamakan kulit, grafik ditunjukkan pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Efisiensi *Removal* Proses Adsorpsi serta Kombinasi Proses Adsorpsi dan Fitoremediasi pada Parameter Kromium Total (Cr)  
(Sumber : Data Primer, 2017)

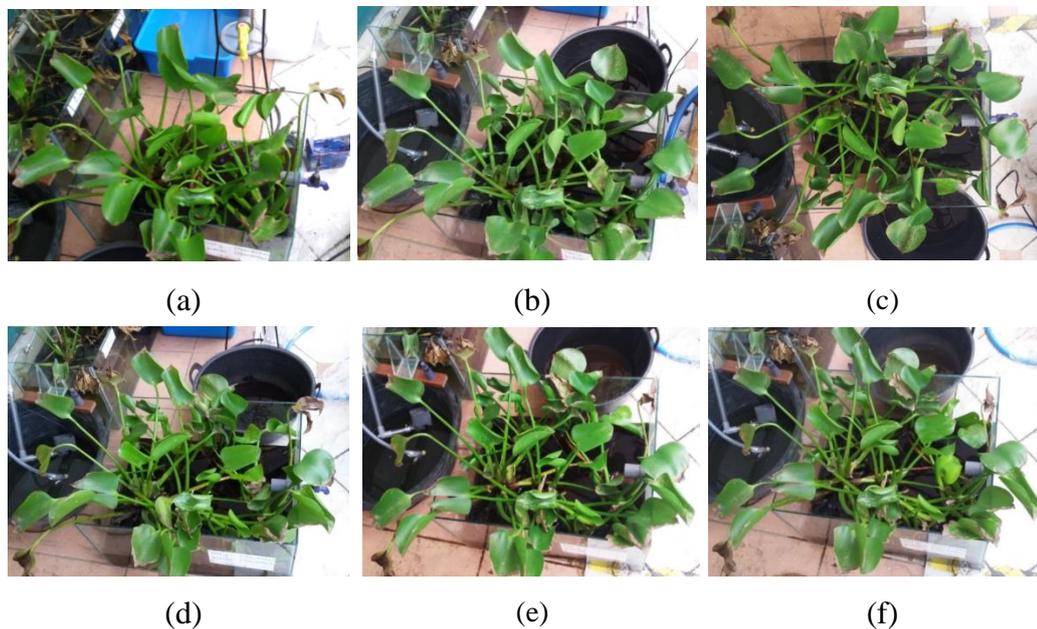
Pada Gambar 4.12 ditunjukkan hasil dari pengolahan limbah cair penyamakan kulit secara kolom adsorpsi dan metode kombinasi adsorpsi fitoremediasi pada parameter Kromium Total (Cr). Dalam penelitian ini, terjadi penurunan kadar kromium yang cukup efisien, dikarenakan metode tersebut mampu menurunkan kadar logam berat kromium mencapai lebih dari 50%.

Penelitian ini dilakukan selama 14 hari dengan pengambilan sampel setiap hari. Hal ini guna untuk meningkatkan tingkat ketelitian dalam mengetahui penurunan kadar logam berat tersebut. Pada Tabel 4.6 konsentrasi Kromium Total (Cr) sebelum pengolahan adalah 0,74 mg/L, kemudian diolah menggunakan metode kolom adsorpsi yang memiliki tingkat penurunan efisiensi tertinggi yaitu 56,39 % dengan nilai konsentrasi sebesar 0,32 mg/L pada hari ke-14. Selanjutnya penurunan secara drastis saat metode kombinasi adsorpsi fitoremediasi diterapkan dengan menggunakan tanaman eceng gondok, terjadi

penurunan efisiensi tertinggi sebesar 81,16% pada hari ke-14 dengan nilai konsentrasi 0,14 mg/L.

Konsentrasi logam berat Kromium Total (Cr) mengalami penurunan dikarenakan kemampuan mengikat logam Kromium oleh tanaman eceng gondok pada bagian akar serabut yang lebat dan daun. Penyerapan Kromium pada eceng gondok terjadinya pada proses yang dinamakan rhizofiltrasi. Rizhofiltrasi merupakan suatu proses dimana terjadi pengendapan zat kontaminan seperti logam berat oleh akar (Agustina, 2006).

Proses penyerapan kromium oleh eceng gondok terjadi dalam suatu proses dimana mikroorganisme yang terdapat pada permukaan akar tumbuhan melakukan dekomposisi bahan organik dan partikel lain yang menempel pada akar tanaman eceng gondok. Bahan-bahan organik dan partikel lainnya sebelum didekomposisi oleh mikroorganisme disaring oleh tanaman eceng gondok menggunakan akar seperti bulu menyerupai labirin yang lembut dan ringan dengan jumlah yang banyak dan memudahkan mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik dan lainnya. Kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam kromium karena adanya vakuola dalam struktur sel. Dengan adanya bahan-bahan yang diserap oleh tanaman air ini menyebabkan vakuola menggelembung, maka sitoplasma terdorong ke pinggiran sel sehingga protoplasma dekat dengan permukaan sel. Hal ini, menyebabkan terjadinya pertukaran atau penyerapan logam kromium antara sebuah sel dengan sekelilingnya menjadi lebih efisien (Hartanti, dkk. 2014).



**Gambar 4.13** (a) Kondisi Eceng Gondok Hari ke-0, (b) Kondisi Eceng Gondok pada Hari ke-3, (c) Kondisi Eceng Gondok pada Hari Ke-6, (d) Kondisi Eceng Gondok pada Hari ke-9, (e) Kondisi Eceng Gondok pada Hari ke-12, (f) Kondisi Eceng Gondok pada Hari ke-14.

(Sumber : *Data Primer*, 2017)

Dapat dilihat pada Gambar 4.13, perubahan bentuk morfologi tanaman eceng gondok yang menyerap logam kromium pada limbah cair penyamakan kulit. Pada Gambar 4.13 (a) tanaman eceng gondok pada hari ke-0 dengan kondisi yang segar dan daun berwarna hijau. Kemudian pada Gambar 4.13 (b) hari ke-3 sampai dengan Gambar 4.13 (f) hari ke-14 kondisi tanaman perlahan mulai berubah dengan daun menunjukkan perubahan warna menjadi kekuningan, serta sebagian daun pada ujung pangkal menggulung. Penyebab menggulungnya daun disebabkan oleh pengaruh dari konsentrasi Kromium Total (Cr) yang bersifat toksin (racun) pada tanaman berpengaruh terhadap kemampuan memperoleh air dan unsur hara (N, Mg, Fe dan K) sehingga pengaruh osmotik yang timbul dari konsentrasi larutan berlebih, dapat menurunkan kemampuan fotosintesis tanaman sehingga mengakibatkan kesalahan fungsi stomata dan memutihnya klorofil, mengurangi pertumbuhan

akar, menyebabkan kompetisi antar ion, menghambat pembelahan sel dan merusak membran. Masuknya logam berat secara berlebihan pada tumbuhan akan mengurangi asupan Mg dan Fe sehingga menyebabkan perubahan pada jumlah kloroplas dan volume. Defisiensi Mg menyebabkan terjadinya klorosis (kekurangan klorofil), ujung dan tepi daun menggulung dan menguning atau memerah (Rupini, dkk. 2013).

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat dilihat bahwa semakin bertambah lamanya waktu penyerapan dari eceng gondok maka semakin tinggi pula konsentrasi logam Kromium Total (Cr) yang adsorpsi dan menyebabkan tanaman tidak segar. Dalam upaya penurunan logam berat Kromium Total (Cr) dengan penelitian yang menggunakan metode kombinasi adsorpsi kolom dan fitoremediasi oleh tanaman eceng gondok, menunjukkan bahwa metode ini efektif dibandingkan hanya dengan menggunakan metode adsorpsi kolom. Dapat dilihat pada Tabel 4.6 efisiensi *removal* parameter Kromium Total (Cr) adalah 81,16%, dengan konsentrasi awal 0,74 mg/L menjadi 0,14 mg/L. Berikut pada Gambar 4.14 adalah perubahan fisik dari air limbah sebelum dan setelah diolah.



**Gambar 4.14** Perbandingan fisik dari *Input*, Kontrol dan *Output* dari Limbah Penyamakan Kulit dengan Penerapan Kombinasi Adsorpsi dan Fitoremediasi.

(Sumber : Data Primer, 2017)

Berdasarkan *output* dari pengolahan yang dilakukan maka dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku mutu Limbah Cair Bagi Usaha dan atau Kegiatan Industri Penyamakan Kulit yang dibagi menjadi 2 yaitu proses penyamakan menggunakan krom dan

proses penyamakan menggunakan daun-daunan. Hasil *output* parameter Kromium Total (Cr) pada penelitian ini adalah 0,14 mg/L dengan nilai baku mutu kegiatan industri penyamakan kulit yang sudah ditetapkan pada konsentrasi akhir sebesar 0,6 mg/L untuk proses penyamakan menggunakan krom dan 0,1 mg/L untuk proses penyamakan menggunakan daun-daunan. Berdasarkan perbandingan tersebut maka, nilai Kromium Total (Cr) pada pengolahan kombinasi adsorpsi kolom dan fitoremediasi sudah memenuhi baku mutu. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode kombinasi adsorpsi kolom dan fitoremediasi cukup efektif dalam menurunkan logam Kromium.