

## BAB IV DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA

### A. Deskripsi Data

Penelitian ini mengambil enam sampel limbah batik. Untuk mempermudah penyebutan sampel, sampel diberi kode berdasarkan tempat pengambilan sampel. Keterangan kode sebagai berikut:

**Tabel 4.1 Kode dan Sumber Sampel**

KODE	SUMBER SAMPEL
SAMPEL I	IPAL di Kecamatan Pekalongan Selatan
SAMPEL II	Industri batik di Kelurahan Medono Kecamatan Pekalongan Barat
SAMPEL III	Industri batik di Kelurahan Pringlangu Kecamatan Pekalongan Barat
SAMPEL IV	IPAL di Kecamatan Pekalongan Timur
SAMPEL V	Industri batik di Kelurahan Pasirsari Kecamatan Pekalongan Utara
SAMPEL VI	Industri batik di Kelurahan Krapyak Kecamatan Pekalongan Utara

Pada penelitian ini dilakukan dua analisis, analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Sebelum dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif, sampel limbah batik diuji organoleptik terlebih dahulu.

#### 1. Uji Organoleptik

Uji organoleptik meliputi uji warna, bau, pH dan suhu. Uji organoleptik dari sampel limbah batik disajikan dalam Tabel 4.2 berikut

**Tabel 4.2 Uji Organoleptik Sampel Limbah Batik**

	Warna	Bau	pH	Suhu (°C)
Sampel I	Kuning bening	Khas batik	7	35
Sampel II	Merah kecoklatan	Khas batik	7	30
Sampel III	Coklat kehitaman	Khas batik	8	30
Sampel IV	Coklat bening	Khas batik	8	32

Sampel V	Merah kecoklatan	Khas batik	7	35
Sampel VI	Putih bening	Khas batik	8	30

## 2. Analisis Kualitatif

Identifikasi logam kromium yang terdapat dalam sampel limbah batik dilakukan dengan dua cara yaitu dengan penambahan larutan  $\text{Na}_2\text{S}$  dan larutan perak nitrat. Hasil analisis kualitatif sampel limbah batik dari beberapa sumber disajikan dalam Tabel 4.3 berikut:

**Tabel 4.3 Hasil Analisis Kualitatif Sampel Limbah Batik**

Sampel	Reagen	
	$\text{Na}_2\text{S}$	$\text{AgNO}_3$
Sampel I	+	-
Sampel II	-	+
Sampel III	-	+
Sampel IV	+	+
Sampel V	+	+
Sampel VI	-	+

Berdasarkan Tabel 4.3 semua sampel limbah batik positif mengandung logam kromium. Suatu sampel dikatakan positif mengandung logam kromium jika membentuk endapan merah coklat ketika direaksikan dengan larutan perak nitrat dan membentuk endapan hijau abu jika direaksikan dengan larutan natrium sulfida.<sup>1</sup>

Analisis kuantitatif terdiri dari empat tahap, pertama menentukan kondisi pH optimum, kedua menentukan kondisi lama interaksi optimum, ketiga menentukan jumlah adsorben optimum dan keempat pengaplikasian kondisi optimum serbuk daun lidah mertua ke dalam sampel limbah batik.

---

<sup>1</sup> M.Sodiq Ibnu, dkk, *Kimia Analitik I*, (Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang, 2004), hlm. 43

### 3. Analisis Kuantitatif

#### a. Optimasi pH

Hasil penelitian penentuan kondisi pH optimum penurunan kadar kromium dengan menggunakan lidah mertua ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut

**Tabel 4.4 Pengaruh pH terhadap Kapasitas Adsorpsi**

pH	Absorbansi	Kadar Cr (ppm)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
2	0,099	75,50	0,49
4	0,113	89,50	0,21
6	0,112	88,17	0,24
7	0,120	96,17	0,08
8	0,115	91,17	0,18

Data pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa jumlah kromium yang terserap (kapasitas adsorpsi) paling banyak pada pH 2 yaitu sebesar 0,49 mg/g.

#### b. Optimasi Waktu Interaksi

Hasil penelitian penentuan optimasi waktu interaksi penurunan kadar kromium dengan menggunakan lidah mertua ditunjukkan pada Tabel 4.5 berikut:

**Tabel 4.5 Pengaruh Waktu Interaksi terhadap Kapasitas Adsorpsi**

Waktu (menit)	Absorbansi	Kadar Cr (ppm)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
120	0,070	46,83	1,06
180	0,083	59,17	0,82
240	0,087	63,17	0,74
300	0,085	61,17	0,78
360	0,095	71,17	0,58

Data pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa jumlah kromium yang terserap (nilai kapasitas adsorpsi) paling besar pada lama interaksi 120 menit yaitu sebanyak 1,06 mg/g.

c. Optimasi Jumlah Adsorben

Hasil penelitian penentuan optimasi jumlah adsorben untuk penurunan kadar kromium dengan menggunakan lidah mertua ditunjukkan pada Tabel 4.6 berikut:

**Tabel 4.6 Pengaruh Jumlah Adsorben terhadap Kapasitas Adsorpsi**

Jumlah Adsorben (gram)	Absorbansi	Kadar Cr (ppm)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
0,5	0,100	76,50	0,47
1,0	0,095	71,83	0,56
1,5	0,103	79,83	0,40
2,0	0,105	81,17	0,38
2,5	0,107	83,50	0,33

Data pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa jumlah kromium yang terserap (nilai kapasitas adsorpsi) paling besar pada berat adsorben 1 gram yaitu sebanyak 0,56 mg/g.

d. Aplikasi Serbuk Lidah Mertua pada Sampel Limbah Batik

Berdasarkan ketiga data penentuan kondisi optimum, dapat diketahui penurunan kadar logam kromium dengan serbuk *Sansevieria trifasciata* paling optimal pada pH 2, waktu interaksi 120 menit, dan jumlah adsorben sebanyak 1 gram.

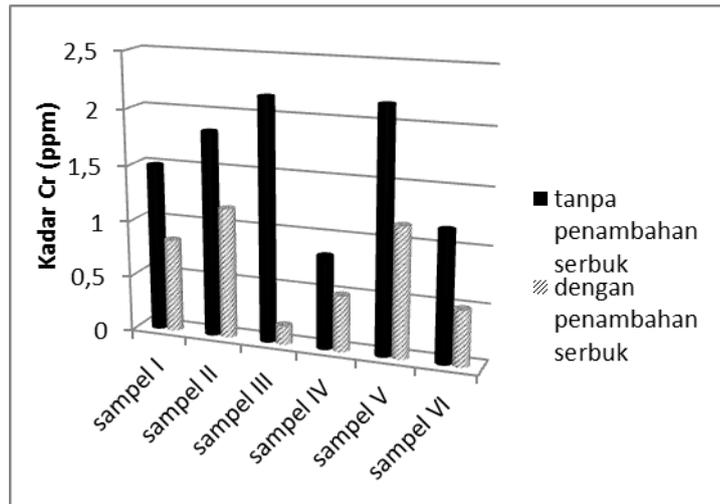
Kondisi optimum tersebut diaplikasikan pada sampel limbah. Data hasil perlakuan serbuk lidah mertua yang diaplikasikan pada sampel disajikan dalam Tabel 4.7 berikut

**Tabel 4.7 Aplikasi Serbuk Lidah Mertua Pada Sampel Limbah Batik**

Sampel	Kadar Cr awal (ppm)	Kadar Cr akhir (ppm)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Sampel I	1,50	0,83	0,022
Sampel II	1,83	1,17	0,022

Sampel III	2,17	0,17	0,067
Sampel IV	0,83	0,50	0,011
Sampel V	2,17	1,17	0,033
Sampel VI	1,17	0,50	0,022

Penurunan kadar logam kromium dalam sampel limbah batik lebih jelasnya disajikan pada grafik berikut ini:

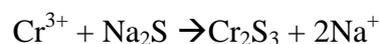


**Gambar 4.1 Grafik Aplikasi Serbuk Lidah Mertua pada Sampel Limbah Batik**

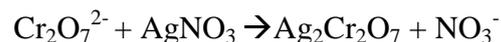
## B. Analisis Data

### 1. Analisis Kualitatif

Pada subbab sebelumnya telah dipaparkan data hasil analisis kualitatif sampel limbah. Semua sampel limbah batik positif mengandung logam kromium. Ada tiga sampel limbah batik memberikan reaksi positif ketika ditambahkan larutan  $\text{Na}_2\text{S}$ . Reaksi positif ini ditandai dengan terbentuknya endapan abu kehijauan.



Lima sampel limbah batik menunjukkan reaksi positif terhadap larutan  $\text{AgNO}_3$ . Reaksi positif ditandai dengan terbentuknya endapan merah coklat.<sup>2</sup>



<sup>2</sup> M.Sodiq Ibnu, dkk, *Kimia Analitik I*, (Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang, 2004), hlm. 43

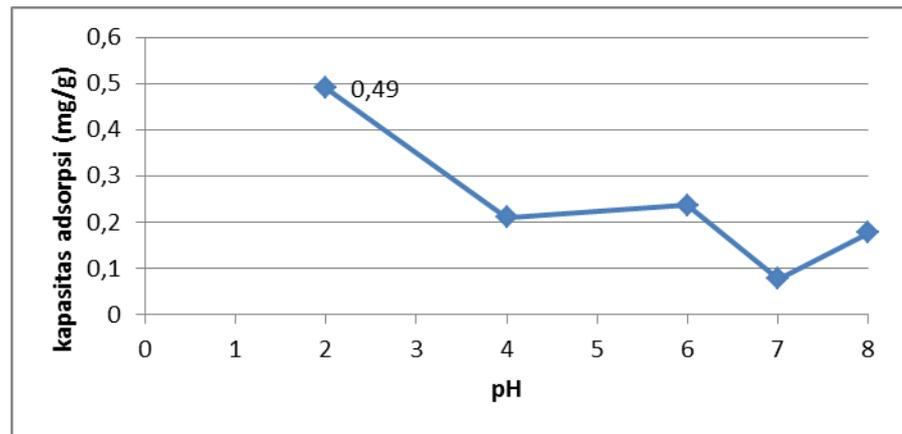
## 2. Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif melibatkan 3 faktor yaitu faktor pH, lama interaksi dan berat serbuk lidah mertua. Untuk itu perlu diketahui terlebih dahulu kondisi optimum masing-masing faktor.

### a. Optimasi pH

Pada penyerapan logam berat, pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penyerapan. Penentuan pH optimum bertujuan untuk mengetahui pH optimum yang dibutuhkan serbuk daun lidah mertua untuk mengadsorpsi logam kromium. Adapun variasi pH yang digunakan adalah pH 2, pH 4, pH 6, pH 7 dan pH 8. Variasi pH ini mewakili kondisi asam, netral dan basa.

Pada penentuan pH optimum, serbuk daun lidah mertua memiliki kapasitas adsorpsi maksimum pada pH 2 yaitu sebesar 0,49 mg/g. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2 Kurva Hubungan pH terhadap Kapasitas Adsorpsi**

Dari kurva pada Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa pH berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi. Semakin besar harga pH semakin sedikit jumlah kromium yang teradsorpsi. Pada penelitian ini, kapasitas adsorpsi paling besar ketika pH larutan 2. Pada pH rendah, gaya elektrostatis tinggi sehingga logam kromium yang teradsorpsi banyak. Seiring meningkatnya pH, kapasitas adsorpsi semakin menurun. Adanya kecenderungan kenaikan

pH akan menurunkan adsorpsi kromium mengindikasikan adanya pertukaran anion. Jika harga pH dinaikkan maka kromium yang teradsorpsi semakin sedikit. Menurut Ida, hal ini disebabkan karena semakin besar pH larutan akan mengubah  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  menjadi  $\text{Cr}^{3+}$ . Pada larutan pH tinggi ion  $\text{Cr}^{3+}$  mengalami presipitasi menjadi  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  yang menyebabkan berkurangnya jumlah ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang dapat terserap oleh adsorben. Selain itu, pada pH tinggi, konsentrasi  $\text{OH}^-$  juga tinggi sehingga ion  $\text{Cr}^{6+}$  lebih banyak berikatan pada gugus hidroksil dalam larutan dibandingkan dengan adsorben. Sedangkan pada kondisi asam, spesies yang paling dominan adalah  $\text{HCrO}_4^-$  dan  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  yang memungkinkan penyerapan lebih tinggi akibat gaya elektrostatis (Weckhuysen, *et. al*,1996).<sup>3</sup>

Menurut Srinivasa, kenaikan pH dapat menurunkan adsorpsi kromium disebabkan karena menurunnya gaya elektrostatis antara adsorben dan adsorbat. Penurunan adsorpsi pada pH tinggi disebabkan karena adanya kompetisi antara ion kromium dan ion  $\text{OH}^-$ .<sup>4</sup>

Kenaikan harga pH pada penelitian ini tidak semuanya menurunkan jumlah kromium yang teradsorpsi. Pada pH 6 terjadi sedikit peningkatan jumlah kromium yang terserap. Hal ini dimungkinkan adanya sejumlah kromium yang terserap kembali. Pada pH 7 terjadi penurunan jumlah kromium yang terserap. Namun, pada pH 8 terjadi peningkatan kembali jumlah kromium yang terserap. Hal ini terjadi dimungkinkan karena ada sejumlah kromium yang terserap kembali, atau adanya pengotor yang mengakibatkan ketidaktepatan alat dalam membaca hasil.

Hasil penelitian ini menunjukkan ada pengaruh antara pH dengan adsorpsi logam kromium menggunakan serbuk lidah mertua.

#### b. Optimasi Waktu Interaksi

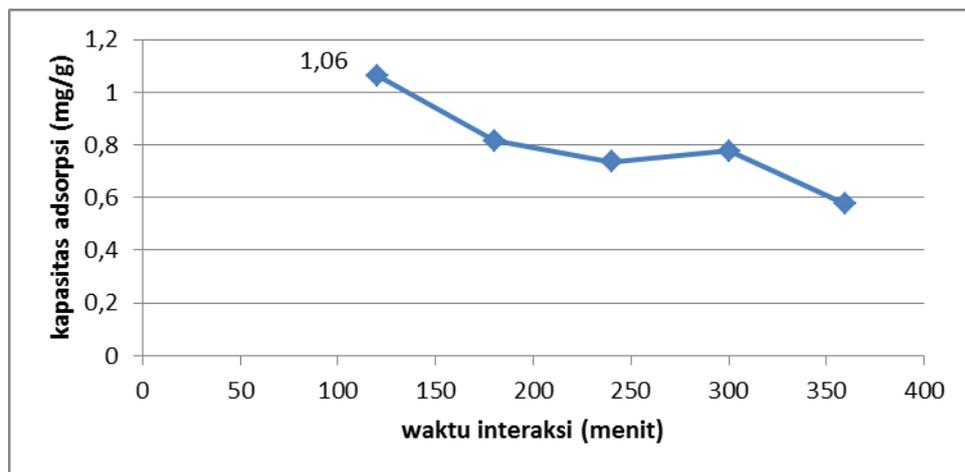
---

<sup>3</sup> Ida Ayu Gede Widihati, dkk, “Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) Menggunakan Arang Batang Pisang (*Musa paradisiaca*)”, Jurnal Kimia 6 (1) (Januari 2012 : 8-16), hlm. 15

<sup>4</sup> Srinivasa Rao Popuri, “Biosorption of hexavalent chromium using tamarind (*Tamarindus indica*) fruit shell-a comparative study”, Electronic Journal of Biotechnology (Vol. 10 No. 3. 15 Juli 2007), hlm. 8

Faktor kedua yang berpengaruh terhadap adsorpsi kation logam kromium adalah waktu interaksi antara adsorben dengan adsorbat. Variasi waktu interaksi yang digunakan pada penelitian adalah 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit, dan 360 menit. Penentuan variasi waktu interaksi diambil satu dan dua jam di bawah serta satu dan dua jam di atas waktu interaksi optimum pada penelitian Lela Mukmilah Yuningsih tentang adsorpsi Pb (II) dengan menggunakan *Sansevieria trifasciata*. Waktu interaksi maksimum pada penelitian Lela adalah 240 menit.<sup>5</sup>

Kapasitas adsorpsi dari serbuk daun lidah mertua pada pH 2, waktu interaksi 120 menit adalah 1,06 mg/g. Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara waktu interaksi dengan jumlah kromium yang terserap (kapasitas adsorpsi).



**Gambar 4.3 Kurva Hubungan Waktu Interaksi terhadap Kapasitas Adsorpsi**

Waktu interaksi berpengaruh terhadap banyaknya kromium yang teradsorpsi seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 4.3. Waktu interaksi optimum adsorpsi serbuk lidah mertua terhadap logam kromium adalah 120 menit. Semakin bertambah waktu interaksi yaitu pada menit ke 180, 240, 300 dan 360 jumlah kromium yang teradsorpsi cenderung

<sup>5</sup> Lela Mukminah, dkk, “*Sansevieria trifasciata* Properties as Lead (II) Ion Biosorbent”, Makar J. Sci. (Vol. 18 No. 2. Juni 2014), hlm 61

semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat adsorpsi berlangsung selama 180 menit, sisi aktif adsorben sudah mulai jenuh.

Menurut Teguh, waktu kontak yang cukup diperlukan adsorben agar dapat mengadsorpsi logam secara optimal. Semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel adsorben untuk bersinggungan dengan logam. Hal ini mengakibatkan semakin banyak logam yang terikat pada adsorben. Namun, apabila adsorben sudah jenuh maka waktu kontak tidak berpengaruh. Proses adsorpsi berubah menjadi proses desorpsi, kromium yang teradsorpsi terlepas kembali dari adsorben<sup>6</sup>.

Menurut Saefudin, penambahan waktu interaksi tidak berpengaruh pada peningkatan penyerapan logam kromium karena hampir seluruh sisi aktif serbuk lidah mertua sudah jenuh oleh logam kromium.<sup>7</sup>

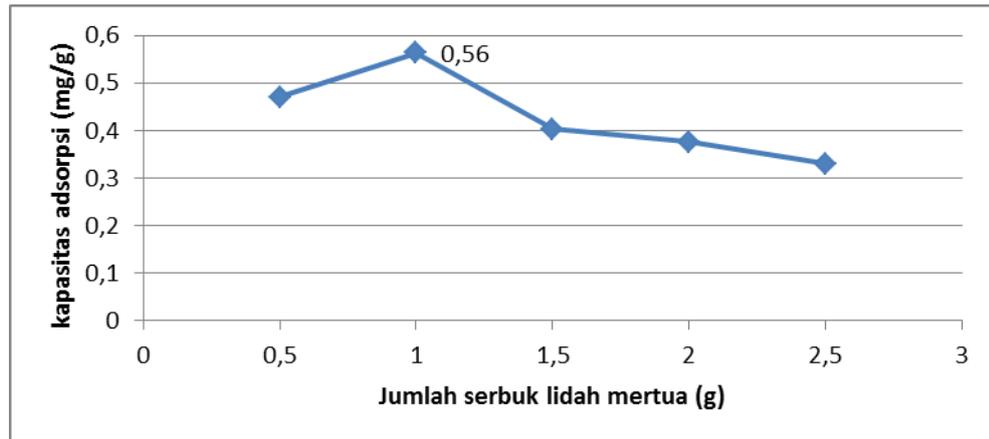
c. Optimasi Jumlah Adsorben

Faktor ketiga yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah jumlah adsorben. Gambar 4.4 menggambarkan pengaruh antara berat serbuk lidah mertua dengan kapasitas adsorpsi.

---

<sup>6</sup> Teguh Wirawan, "Adsorpsi Krom (Cr) oleh Arang Aktif Termodifikasi dari Tempurung Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*)", Mulawarman Scientific, (Vol. 10. No. 1 April 2011 ISSN 1412-498X), hlm 7

<sup>7</sup> Saefudin, dkk., "Penggunaan Biomassa *Aspergillus niger* Van Tieghem dalam Biosorpsi Krom dari Limbah Pertambangan Nikel", (Program Studi Biologi FPMIPA UPI, Bandung)



**Gambar 4.4 Kurva Hubungan Jumlah Serbuk Lidah Mertua terhadap Kapasitas Adsorpsi**

Gambar 4.4 menunjukkan 1 gram serbuk lidah mertua yang ditambahkan memberikan kapasitas adsorpsi yang paling besar. Pada penambahan jumlah serbuk lidah mertua dari 0,5 gram menjadi 1 gram terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi logam kromium. Kapasitas adsorpsi kromium pada massa serbuk lidah mertua 1 gram adalah 0,56 mg/g. Menurut Gadd (1990) dalam Nurdin, salah satu faktor yang berpengaruh dalam adsorpsi logam berat adalah adsorben. Peningkatan massa adsorben menyebabkan naiknya jumlah logam berat yang terserap. Peningkatan ini terjadi karena kerapatan sel adsorben dalam larutan semakin bertambah sehingga semakin banyak sisi aktif adsorben yang berinteraksi dengan logam kromium.<sup>8</sup>

Namun, pada penambahan jumlah adsorben berikutnya, dari 1 gram menjadi 1,5 gram tidak berpengaruh pada peningkatan jumlah logam kromium yang terserap. Begitu juga untuk penambahan serbuk lidah mertua hingga 2 gram dan 2,5 gram. Jumlah logam kromium yang terserap cenderung menurun. Hasil studi Flemming (1990) dalam Nurdin menunjukkan gabungan dua adsorben yang berarti peningkatan jumlah adsorben mengakibatkan terjadinya perubahan muatan lokal dan

<sup>8</sup> Nurdin, "Pengaruh Massa Serbuk Biji *Moringa oleifera* Terhadap Adsorpsi Timbal (II)", *Media Eksakta* 2 (2) (077-0880, Juli 2006), hlm. 78

pengurangan situs aktif.<sup>9</sup> Pengurangan situs aktif menyebabkan jumlah logam kromium yang terserap semakin berkurang. Jadi semakin banyak serbuk lidah mertua yang ditambahkan semakin sedikit kromium yang terserap.

d. Aplikasi Serbuk Lidah Mertua pada Limbah Batik

Dari ketiga penentuan kondisi optimum diketahui bahwa nilai kapasitas adsorpsi serbuk lidah mertua terhadap logam kromium paling besar adalah pada pH 2, waktu interaksi 120 menit dan jumlah serbuk lidah mertua 1 gram. Ketiga kondisi optimum tersebut diaplikasikan pada enam sampel limbah batik.

**Tabel 4.8 Penurunan Kadar Cr dalam Sampel Limbah Batik**

Sampel	Kadar Cr awal (ppm)	Kadar Cr akhir (ppm)	Penurunan kadar Cr (ppm)
Sampel I	1,50	0,83	0,67
Sampel II	1,83	1,17	0,67
Sampel III	2,17	0,17	2,00
Sampel IV	0,83	0,50	0,33
Sampel V	2,17	1,17	1,00
Sampel VI	1,17	0,50	0,67

Dari Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa serbuk lidah mertua dapat menurunkan kadar kromium yang terdapat pada limbah batik. Hal ini dikarenakan lidah mertua memiliki gugus hidroksil dan karbonil yang dapat mengikat kromium melalui ikatan ion-ion atau ion polar dan ikatan kovalen dengan gugus karbonil.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Nurdin, "Pengaruh Massa Serbuk Biji *Moringa oleifera* Terhadap Adsorpsi Timbal (II)", hlm. 79

<sup>10</sup> Ratni Dewi dan Fachraniah, "Pemanfaatan Biomaterial Berbasis Selulosa (TKS dan Serbuk Gergaji) Sebagai Adsorben Untuk Penyisihan Ion krom dan Tembaga dalam Air", Politeknik Negeri Lhokseumawe, hlm 5

Berdasarkan penelitian Lela Mukminah dkk, hasil analisis elemen dengan SEM EDX, serbuk lidah mertua mengandung karbon, oksigen, kalsium dan aluminium yang merupakan komponen utama dalam selulosa, hemiselulosa dan lignin. Hasil analisis serbuk lidah mertua dengan FTIR juga memperlihatkan bahwa lidah mertua mengandung hemiselulosa, gugus karboksil (O-H) dan gugus amida (N-H).<sup>11</sup>

Gugus-gugus fungsi tersebut yang berperan dalam adsorpsi logam kromium. Untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi serbuk lidah mertua terhadap logam kromium, serbuk lidah mertua diaktivasi dengan HCl. Aktivasi biomassa dengan HCl berfungsi untuk menggantikan ion logam ringan dari gugus-gugus fungsi tersebut (karboksil, amida, dll). Menurut Huang dan Huang (1996) dalam Srinivasa, aktivasi asam dapat melarutkan senyawa polisakarida yang berada di lapisan luar dinding sel. Hasil pengaktifasian dengan asam tidak hanya membersihkan sisi aktif dari ion-ion lain tetapi juga mengakibatkan stabilisasi senyawa permukaan dan meningkatkan luas permukaan dengan membuka situs yang tersedia untuk adsorpsi logam.<sup>12</sup>

Mekanisme adsorpsi logam kromium dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara pertukaran ion, ion pada dinding sel digantikan oleh ion logam berat dan pembentukan gugus kompleks antara ion dengan gugus fungsi (karboksil, hidroksil, karbonil). Mekanisme reaksi  $\text{Cr}^{6+}$  dengan salah satu gugus fungsi (karbonil):



Kemampuan penyerapan serbuk lidah mertua terhadap kromium dapat dilihat dari laju adsorpsinya. Kinetika adsorpsi menunjukkan tingkat kecepatan penyerapan adsorben terhadap adsorbatnya. Hasil penentuan kinetika adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut

---

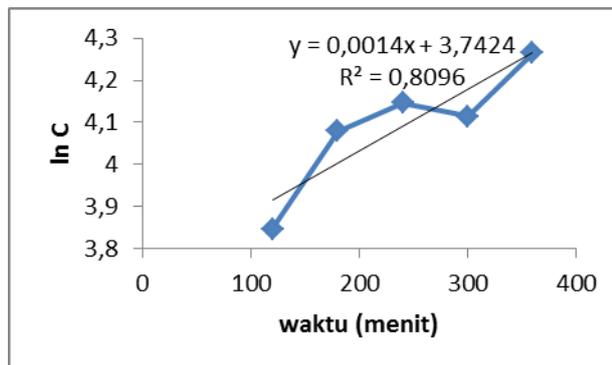
<sup>11</sup> Lela Mukminah, dkk, “*Sansevieria trifasciata* Properties as Lead (II) Ion Biosorbent”, Makar J. Sci. (Vol. 18 No. 2. Juni 2014), hlm 64

<sup>12</sup>Srinivasa Rao Popuri, “Biosorption of hexavalent chromium using tamarind (*Tamarindus indica*) fruit shell-a comparative study”, Electronic Journal of Biotechnology (Vol. 10 No. 3. 15 Juli 2007), hlm. 7

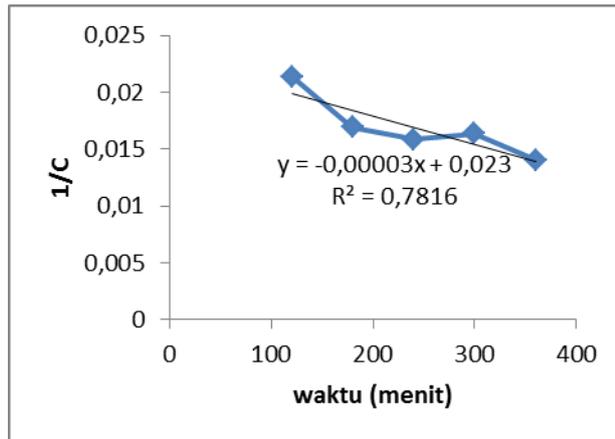
**Tabel 4.9 Kinetika Adsorpsi Serbuk Lidah Mertua Terhadap Logam Kromium**

Waktu (menit)	C <sub>a</sub> (ppm)	C <sub>o</sub> (ppm)	ln C <sub>a</sub>	1/ C <sub>a</sub>
120	46,83	100	3,847	0,0214
180	59,17	100	4,080	0,0169
240	63,17	100	4,146	0,0158
300	61,17	100	4,114	0,0164
360	71,17	100	4,265	0,0141

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa jumlah kromium yang terserap semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Penyerapan kromium maksimum terjadi pada menit ke 120. Hal ini menunjukkan setelah menit ke 120 terjadi proses desorpsi yaitu proses terlepasnya kembali logam kromium ke dalam larutan. Kinetika orde satu dan orde dua adsorpsi serbuk lidah mertua terhadap logam kromium dapat dilihat dari Gambar 4.5 dan 4.6



**Gambar 4.5 Kinetika Orde Satu Adsorpsi Serbuk Lidah Mertua Terhadap Logam Kromium**



**Gambar 4.6 Kinetika Orde Dua Adsorpsi Serbuk Lidah Mertua Terhadap Logam Kromium**

Berdasarkan kurva pada Gambar 4.5 dan 4.6 dapat disimpulkan bahwa orde reaksi adsorpsi serbuk lidah mertua terhadap logam kromium mengikuti kinetika orde satu. Hal ini dilihat dari kelinearitasan kurva. Nilai koefisien korelasi linear pada kurva orde satu lebih besar dibandingkan koefisien kurva orde dua. Nilai koefisien linear kurva orde satu adalah 0,89978 sedangkan nilai koefisien linear kurva orde dua adalah 0,8841. Nilai konstanta laju adsorpsi (slope ( $k$ )) berdasarkan persamaan garis lurus pada orde satu adalah  $0,0014 \text{ menit}^{-1}\text{mg/L}^{-1}$ .

### C. Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa keterbatasan-keterbatasan, antara lain :

#### 1. Keterbatasan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan hanya terbatas pada enam titik objek yakni IPAL di kecamatan Pekalongan Selatan, Ipal di kecamatan Pekalongan Timur, dua industri batik di kecamatan Pekalongan Barat dan dua industri batik di kecamatan Pekalongan Utara. Enam sampel ini belum bisa mewakili industri batik di Kota pekalongan secara keseluruhan karena jumlah industri batik yang berada di Kota Pekalongan.

Pada poin optimasi pH dan waktu interaksi seharusnya dilakukan penelitian ulang sehingga didapatkan kurva yang tepat dan hasil yang optimum.

## 2. Keterbatasan Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu juga mempengaruhi pelaksanaan penelitian. Tempat yang digunakan yaitu Laboratorium Kimia IAIN Walisongo Semarang yang masih terbatas dalam alat dan bahan yang digunakan, selain itu waktu pelaksanaan penelitian. Keberadaan sampel yang jauh dari tempat penelitian memungkinkan terjadinya perubahan pada sampel selama perjalanan.

## 3. Keterbatasan Biaya

Biaya merupakan salah satu faktor penunjang penelitian yang dilakukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini memerlukan biaya yang tidak sedikit sehingga apabila biaya minim bisa menjadi penghambat untuk proses penelitian.

Pada optimasi pH dan optimasi waktu interaksi juga masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar hasil yang didapat maksimal.

Walaupun banyak ditemukan keterbatasan-keterbatasan dalam penelitian ini, penulis bersyukur bahwa penelitian ini dapat terselesaikan dengan lancar.