

## **BAB IV**

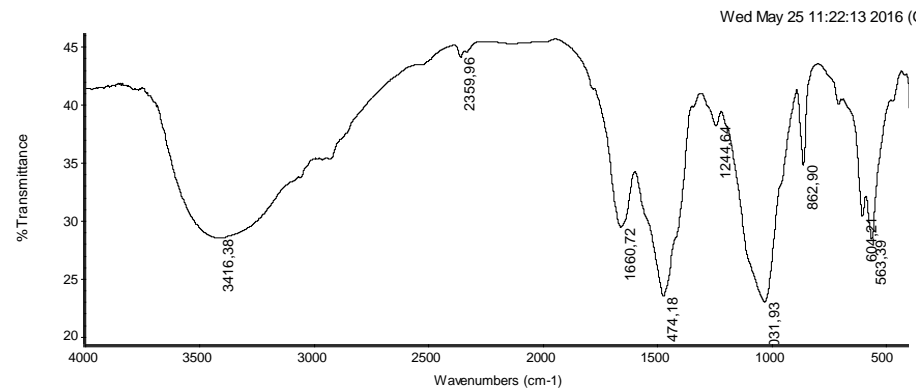
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Karakterisasi Adsorbent**

Pada penelitian ini, karakterisasi adsorbent dilakukan dengan menggunakan dua alat untuk mengetahui senyawa, struktur molekul dan gambaran bentuk permukaan dari adsorbent tersebut. Alat-alat tersebut berupa Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau spektroskopi infra merah yang bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan serta menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope) atau mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis.

##### **4.1.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)**

Penggunaan alat Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari adsorbent yang akan digunakan dalam penelitian, dengan mengetahui gugus fungsi dari nilai selulosa yang terdapat didalam adsorbent maka akan diketahui seberapa besar perbedaan yang akan terjadi jika adsorbent diaktivasi dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau tidak diaktivasi dari sudut pandang gugus fungsinya. Selain itu juga bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang dapat berikatan dengan ion logam yang akan diuji. Hasil pembacaan/penelitian gugus fungsi yang didapatkan menggunakan FTIR untuk adsorben tulang sapi dapat dilihat pada Gambar 4.1 untuk hasil pembacaan adsorbent tanpa aktivasi (adsorbent alami) pada Gambar 4.2 adsorbent teraktivasi sedangkan pada Gambar 4.3 perbandingan adsorben alami dan adsorbent teraktivasi.



Collection time: Wed May 25 08:58:48 2016 (GMT+0

Wed May 25 11:22:12 2016 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

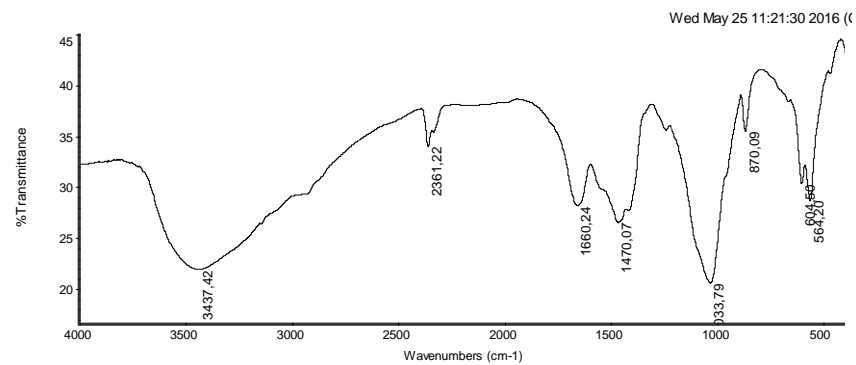
Spectrum: \*0276-3 Non Act  
 Region: 4000,00 400,00  
 Absolute threshold: 46,385  
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 1031,93	Intensity: 22,899
Position: 1474,18	Intensity: 23,389
Position: 563,39	Intensity: 28,323
Position: 3416,38	Intensity: 28,399
Position: 1660,72	Intensity: 29,346
Position: 604,21	Intensity: 30,285
Position: 862,90	Intensity: 34,709
Position: 1244,64	Intensity: 38,117
Position: 2359,96	Intensity: 44,047

**Gambar 4.1** Gugus Fungsi Adsorbent Alami (Tanpa Aktivasi)

(Sumber: Data Primer, 2016)



Collection time: Wed May 25 08:53:44 2016 (GMT+0

Wed May 25 11:21:28 2016 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

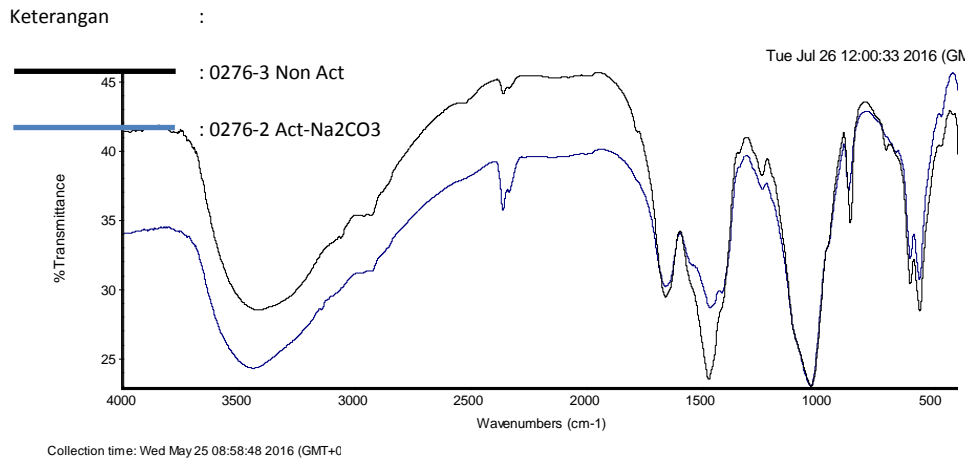
Spectrum: \*0276-2 Act-Na2CO3  
 Region: 4000,00 400,00  
 Absolute threshold: 45,232  
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 1033,79	Intensity: 20,462
Position: 3437,42	Intensity: 21,807
Position: 1470,07	Intensity: 26,440
Position: 1660,24	Intensity: 28,074
Position: 564,20	Intensity: 28,585
Position: 604,50	Intensity: 30,232
Position: 2361,22	Intensity: 33,896
Position: 870,09	Intensity: 35,422

**Gambar 4.2** Gugus Fungsi Adsorbent Teraktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.3** Hasil *Overlay* Perbandingan Gugus Fungsi Adsorbent Alami dan Teraktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   
(Sumber: Data Primer, 2016)

Berdasarkan hasil uji menggunakan FTIR diatas dapat dilihat pada tulang sapi sebelum diaktivasi menunjukkan adanya pita serapan pada gelombang  $3416,38 \text{ cm}^{-1}$  yang memiliki gugus fungsi Karboksilat ( $-\text{OH}$ ) yang kuat dan juga pada gelombang  $1660,72$  yang merupakan gugus fungsi dari keton  $\text{C}=\text{O}$  dan amides ( $-\text{NH}_2$ ) selain itu juga terdapat gugus alifatik dengan intensitas tajam pada  $1474,18 \text{ cm}^{-1}$  serta gugus P-O-C pada gelombang  $1031,93 \text{ cm}^{-1}$ . Penentuan jenis senyawa dapat dilihat dengan menggunakan Tabel korelasi pada Lampiran 6.

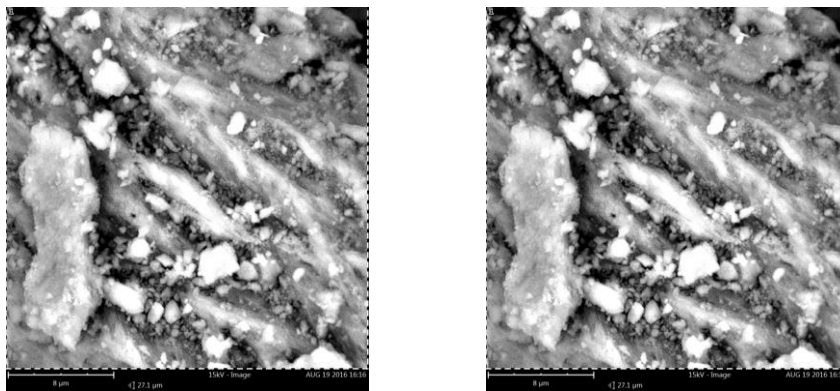
Selain pada tulang sapi yang belum diaktivasi (adsorben alami), pada adsorbent tulang sapi yang teraktivasi dengan menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  juga memiliki gugus serupa tetapi terjadi penambahan pada beberapa gugus fungsi seperti gugus alkohol dan fenol ( $-\text{OH}$ ) yang meningkat karena panjang gelombang yang didapat pada gugus ini sebesar  $3437,42 \text{ cm}^{-1}$  tetapi terjadi pengurangan gugus alifatik ( $\text{CH}_2$ ) menjadi  $1470,07 \text{ cm}^{-1}$  walaupun tidak terlalu berpengaruh pada kemampuan penyerapan adsorbent tersebut.

Dari gugus-gugus fungsi yang terbentuk seperti  $-\text{NH}_2$ ,  $\text{C}=\text{O}$ , dan  $-\text{OH}$  diatas diduga dapat bereaksi dengan logam berat (Mohammad, 2011). Selain itu pada tulang sapi yang telah teraktivasi menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  terjadi kenaikan %T yang diakibatkan karena terjadinya penurunan vibrasi. Hal ini menyebabkan

meningkatnya gugus fungsi  $-OH$  dimana seperti yang dijelaskan diatas bahwa gugus fungsi ini dapat meningkatkan kemampuan untuk berikatan dengan logam. Pada tulang sapi juga memiliki kandungan trikalsium fosfat dengan sebagian kecil kalsium karbonat yang berpotensi sebagai adsorben (Akbar, 2012).

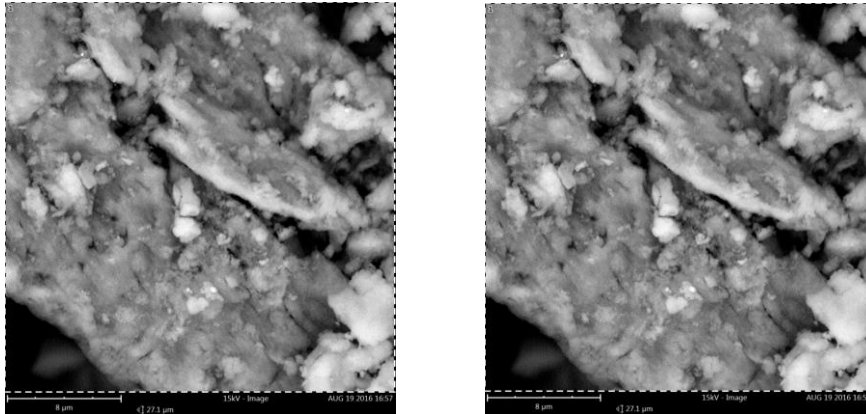
#### 4.1.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Penggunaan alat Scanning Electron Microscope (SEM) bertujuan untuk mengetahui bagaimana penggambaran bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Dengan mengetahui bentuk permukaan adsorbent maka akan dapat mengetahui seberapa besar luas permukaan yang terbentuk pada adsorbent, jika semakin besar luas total permukaan maka akan adsorbent akan memiliki kemampuan penyerapan yang semakin baik karena besarnya jumlah ion logam yang dapat diikat dipermukaan adsorbent. Hasil pembacaan/penelitian menggunakan SEM untuk adsorben tulang sapi dapat dilihat pada Gambar 4.4 untuk hasil pembacaan adsorbent tanpa aktivasi (adsorbent alami) serta pada Gambar 4.5 untuk adsorbent teraktivasi  $Na_2CO_3$ .



**Gambar 4.4** Adsorben Tanpa Aktivasi Perbesaran 5000x (kiri) dan Perbesaran 10000x (kanan)

(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.5** Adsorben Aktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Perbesaran 5000x (kiri) dan Perbesaran 10000x (kanan)

(Sumber : Data Primer, 2016)

Sedangkan untuk hasil pembacaan EDS dapat dilihat pada Tabel 4.1 untuk hasil EDS Tulang Sapi Non-Aktivasi dan Tabel 4.2 untuk hasil EDS Tulang Sapi Aktivasi.

Tabel 4.1 Hasil Element Identity (EDS) Tulang Sapi Non-Aktivasi

Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Concentration	Error
20	Ca	Calcium	13,3	0,2
15	P	Phosphorus	7,7	0,0
8	O	Oxygen	79,0	0,3
52	Te	Tellurium	0,0	0,1

Tabel 4.2 Hasil Element Identity (EDS) Tulang Sapi Aktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Concentration	Error
20	Ca	Calcium	17,2	0,3
15	P	Phosphorus	9,4	0,1
8	O	Oxygen	73,3	0,2
52	Te	Tellurium	0,0	0,1

Dari hasil gambar dan tabel diatas dapat dilihat bentuk morfologi dari adsorbent yang digunakan didalam penelitian ini, dari tampak permukaan hampir

tidak terdapat perbedaan yang dapat dilihat dari kedua jenis adsorbent tersebut baik dalam perbesaran 5000x ataupun 10000x. Bentuk permukaan ke 2 adsorbent tersebut terlihat berbentuk rongga-rongga diseluruh permukaannya, hal ini dapat memberikan dampak positif untuk memberikan luas permukaan yang lebih besar sehingga memungkinkan pengikatan ion logam kedalam rongga-rongga tersebut. Selain itu dari hasil EDS juga dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan pada elemen kalsium dan phospor, dimana elemen-elemen ini dapat meningkatkan kemampuan pengikatan ion logam.

## 4.2 Pengujian Kemampuan Adsorpsi

Pada tahap pengujian ini, ke-2 jenis adsorbent (aktivasi dan non-aktivasi) akan dilakukan pengujian dengan menggunakan larutan (limbah sintesis) Cadmium (Cd) yang diambil dari larutan baku 1000 mg/l. Pengujian dilakukan dalam 4 tahap yang berbeda yakni, variasi massa adsorbent, variasi pH, variasi waktu kontak dan variasi konsentrasi larutan uji. Pengujian nilai konsentrasi akan dilakukan dengan menggunakan *Atomic Adsorption Spectrophotometer (AAS)*.

Dalam pengujian ini akan dilakukan dengan Adsorpsi secara fisik, pada dasarnya adsorpsi terbagi atas dua tipe ( Treyball, 1981), yaitu :

- ✓ Physical adsorption atau van der waals, adsorpsi terjadi karena adanya tarik menarik antar gaya inter molekuler antara molekul molekul padatan dengan material yang melayang.
- ✓ Chemisorption Adsorpsi terjadi akibat adanya interaksi proses kimia antara padatan dengan material yang terserap.
- ✓

### 4.2.1 Variasi Massa Adsorbent

Pada percobaan ini seperti yang telah dijelaskan pada metode di bab sebelumnya variasi massa adsorbent akan menggunakan kondisi Equilibrium yaitu kondisi optimum dimana logam dapat tereduksi dengan sangat optimum berdasarkan sifat dari logam itu sendiri, masing-masing logam memiliki kondisi Equilibrium yang berbeda-beda tergantung dari apakah ion logam itu positif atau negatif. Kondisi Equilibrium didapat dari penelitian-penelitian sebelumnya yang

berhubungan dengan logam Cadmium (Cd) yang kemudian diaplikasikan pada penelitian ini. Selain itu kondisi/proses pengadukan dilakukan dengan mengikuti tahapan yang ada.

Dalam Penelitian variabel massa adsorbent, ada penambahan satu sampel tanpa adanya penambahan adsorbent didalam larutan yang akan menjadi kontrol, kondisi sampel yang menjadi kontrol haruslah memiliki kondisi yang sama dengan larutan yang diuji seperti pH larutan yang sama, volume larutan yang sama, konsentrasi, serta waktu kontak yang sama. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah akan terjadi proses pengendapan logam yang akan terjadi akibat adanya proses kimiawi saat kondisi Equilibrium, jika terjadi proses pengendapan yang sangat besar maka hal tersebut akan sangat mempengaruhi hasil yang akan diuji nantinya artinya proses adsorpsi yang semestinya dilakukan oleh adsorbent pada kondisi tersebut jadi tidak bisa terhitung maksimal sebab telah banyak konsentrasi logam yang disisihkan oleh proses kimiawi. Data yang diperoleh dari hasil pengujian AAS untuk variasi massa ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 untuk adsorbent yang diaktivasi dan Tabel 4.4 untuk adsorbent yang tidak diaktivasi (adsorbent alami) serta pada Lampiran 1.

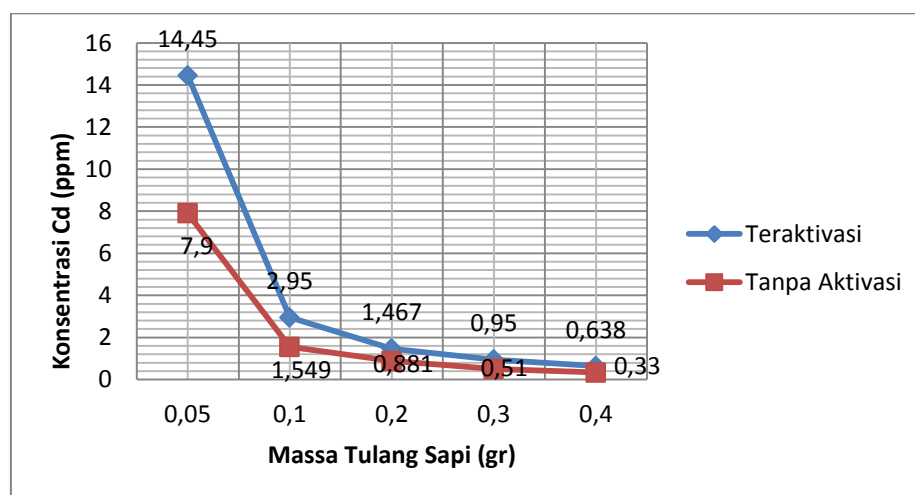
Tabel 4.3 Hasil uji Variasi Massa Adsorbent (Adsorbent Aktivasi)

Tulang Sapi Teraktivasi Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>						
No.	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	Inlet	50	10,40	-	6,05	6,55
2	0,05	50	14,45	71,10%	6,01	6,15
3	0,1	50	2,95	94,10%	5,98	6,87
4	0,2	50	1,47	97,07%	5,96	5,93
5	0,3	50	0,95	98,10%	5,98	5,80
6	0,4	50	0,64	98,72%	5,95	5,86

Tabel 4.4 Hasil Uji Variasi Massa Adsorbent (Adsorbent Tanpa Aktivasi)

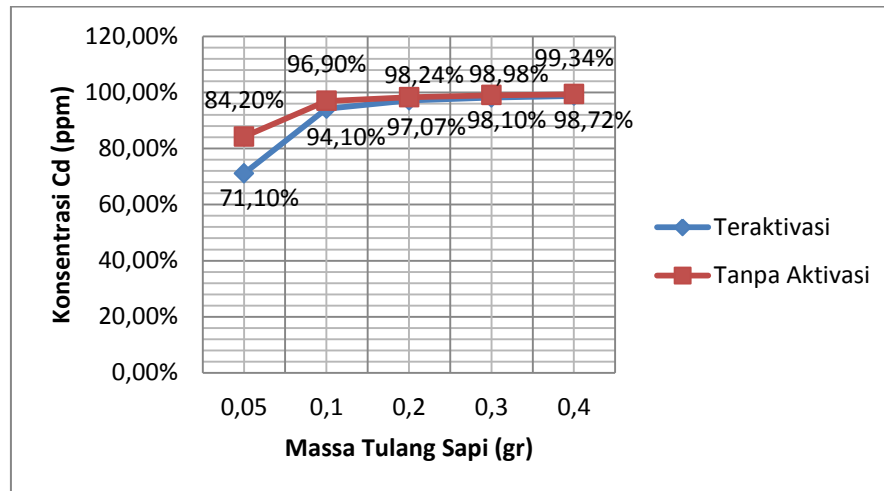
Tulang Sapi Tanpa Aktivasi Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>						
No.	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	Inlet	50	1,14	-	6,08	6,80
2	0,05	50	7,90	84,20%	6,02	6,58
3	0,1	50	1,55	96,90%	6,09	6,59
4	0,2	50	0,88	98,24%	6,04	6,06
5	0,3	50	0,51	98,98%	6,05	6,09
6	0,4	50	0,33	99,34%	6,08	6,80

Dari data diatas terlihat peningkatan yang signifikan dan teratur apabila dibuat dalam bentuk grafik. Apabila dilihat dari segi jumlah konsentrasi yang mampu diserap dan dari segi persentase removal, dapat dilihat bahwa kemampuan penyerapan adsorbent yang tidak di aktivasi (bahan alami) memiliki kemampuan yang lebih bagus dari adsorbent yang telah diaktivasi dengan menggunakan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Hal tersebut bisa saja terjadi dikarenakan bahan yang berasal dari bahan organik tidak banyak menghasilkan gugus fungsi baru setelah diaktivasi dengan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sehingga hanya menyisihkan pengotornya saja dan tidak terlalu cocok dengan ion logam Cadmium, adapun jika dilihat kedalam grafik nampak jelas bahwa adsorbent tanpa diaktivasi memiliki persen penyisihan lebih besar dalam setiap variasi massa yang diuji coba seperti Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 :



**Gambar 4.6** Data Hasil Uji Variasi Massa Adsorbent (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, pH 6 , dan Waktu Kontak 2 jam)





**Gambar 4.7** Data Hasil Uji Variasi Massa Adsorbent (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, pH 6 , dan Waktu Kontak 2 jam)

Berdasarkan data hasil penelitian variasi massa diatas dapat diambil kesimpulan bahwa kemampuan adsorbent aktivasi maupun tanpa teraktivasi sudah cukup baik, namun jika dilakukan perbandingan pada massa 100 mg adsorbent teraktivasi hanya mencapai 94,10% sedangkan adsorbent tanpa aktivasi dengan massa 100 mg sudah mencapai 96,90%. Oleh karena itu, pada penelitian variabel selanjutnya digunakan massa adsorbent 100 mg dikarenakan pada massa ini kemampuan adsorbent sudah dianggap optimum.

#### 4.2.2 Variasi pH Larutan

Percobaan pada variasi pH larutan akan menggunakan data hasil percobaan variasi massa, data massa optimum yang didapat dari variasi massa didapat sebesar 100 mg adsorbent. Untuk kondisi lainnya sama seperti yang ada pada metode. Data yang diperoleh dari hasil pengujian AAS untuk variasi pH dapat dilihat pada Tabel 4.5 untuk adsorbent yang diaktivasi dan Tabel 4.6 untuk adsorbent yang tidak diaktivasi (adsorbent alami) serta pad Lampiran 2.

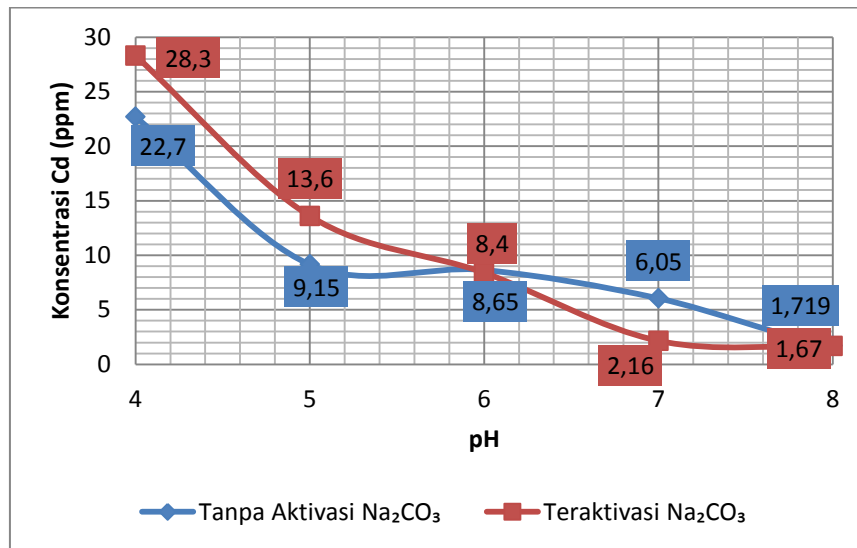
Tabel 4.5 Data Hasil Uji Variasi pH Adsorbent Aktivasi

Teraktivasi Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>										
No.	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	Cek pH 30mnt x 1	x2	x3	x4	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,1	4	4,12	4,07	4,02	4,04	5,49	67,8	28,3	58,26%
2	0,1	5	5,08	5,04	5,00	5,03	6,16	67,8	13,6	79,94%
3	0,1	6	6,02	6,00	6,07	6,08	6,69	67,8	8,40	87,61%
4	0,1	7	7,02	7,08	7,07	7,04	7,20	67,8	2,16	96,82%
5	0,1	8	7,99	7,99	7,96	7,93	7,90	67,8	1,67	97,54%
6	0,1	9	9,00	9,01	8,95	8,95	8,62	67,8	1,04	98,46%
Inlet								67,8		

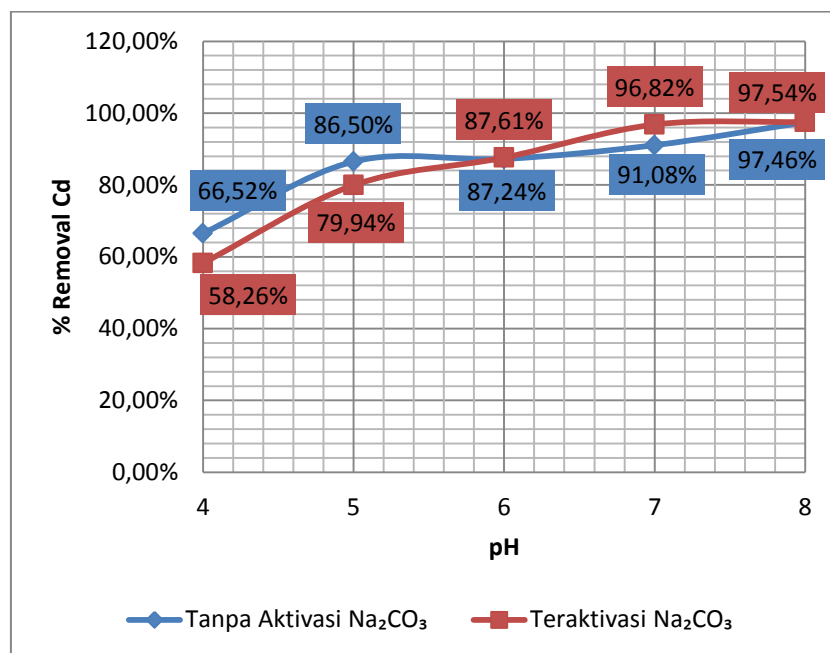
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Variasi pH Adsorbent non-Aktivasi

Tanpa Aktivasi Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>										
No	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	Cek pH 30mnt x 1	x2	x3	x4	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,1	4	4,11	4,07	4,07	4,07	5,23	67,8	22,7	66,52%
2	0,1	5	5,09	5,07	5,07	5,07	6,08	67,8	9,15	86,50%
3	0,1	6	5,98	6,00	6,05	6,05	6,60	67,8	8,65	87,24%
4	0,1	7	7,02	7,02	7,08	7,08	7,52	67,8	6,05	91,08%
5	0,1	8	8,00	8,06	8,10	8,10	8,05	67,8	1,72	97,46%
6	0,1	9	9,09	9,12	9,05	9,05	8,45	67,8	0,46	99,32%
Inlet								67,8		

Dari hasil uji AAS diatas dapat terlihat bahwa terjadi peningkatan yang teratur jika dibuat kedalam bentuk grafik dan dari berbagai segi seperti persentase removal dan jumlah konsentrasi yang tersisa, kemampuan penyerapan adsorbent yang telah diaktivasi memiliki kemampuan yang awalnya lebih rendah dibandingkan adsorbent alami tetapi pada pH 6 dan seterusnya kemampuan adsorbent teraktivasi meningkat. Hal tersebut bisa saja terjadi karena pada saat kontrol pH yang kurang bagus karena perbedaan pH awal dan akhir yang sangat besar di pH 4 dan 5. Grafik hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dibawah.



**Gambar 4.8** Data Hasil Uji Variasi pH (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, Massa Adsorbent 100 mg, dan Waktu Kontak 2 jam)



**Gambar 4.9** Data Hasil Uji Variasi pH (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, Massa Adsorbent 100 mg, dan Waktu Kontak 2 jam)

Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa larutan dengan pH mendekati netral dapat memaksimalkan kemampuan penyerap adsorbent dari tulang sapi dengan baik sehingga logam Cadmium didalam larutan yang semula

50 ppm dapat berkurang cukup banyak, sedangkan larutan dengan pH yang rendah belum dapat memaksimalkan kemampuan penyerapan logam. Dari data diatas, dapat diketahui bahwa pada pH rendah ketersediaan ion  $H^+$  meningkat. Jumlah ion  $H^+$  lebih banyak dibandingkan dengan ion  $Cd^{2+}$  pada pH rendah, yang menyebabkan ion  $H^+$  teradsorpsi lebih dahulu dibandingkan ion  $Cd^{2+}$  sehingga ion  $H^+$  yang lebih reaktif terhadap arang aktif akan merebut tempat ion  $Cd^{2+}$  pada saat proses adsorpsi berlangsung. Pada pH 7 terjadi peningkatan adsorpsi hingga mencapai kondisi pH optimum dimana ketersediaan ion  $H^+$  berkurang, yang menyebabkan ion  $Cd^{2+}$  lebih dahulu teradsorpsi. Pada keadaan ini semua sisi aktif pada permukaan arang telah berikatan dengan ion  $Cd^{2+}$ , sedangkan pada pH 8 dan 9 terjadi peningkatan daya adsorpsi. Hal ini dikarenakan terjadi reaksi kimia antara logam Cd dengan NaOH sehingga terjadi pengendapan putih  $Cd(OH)_2$  (Lestari dkk., 2014).

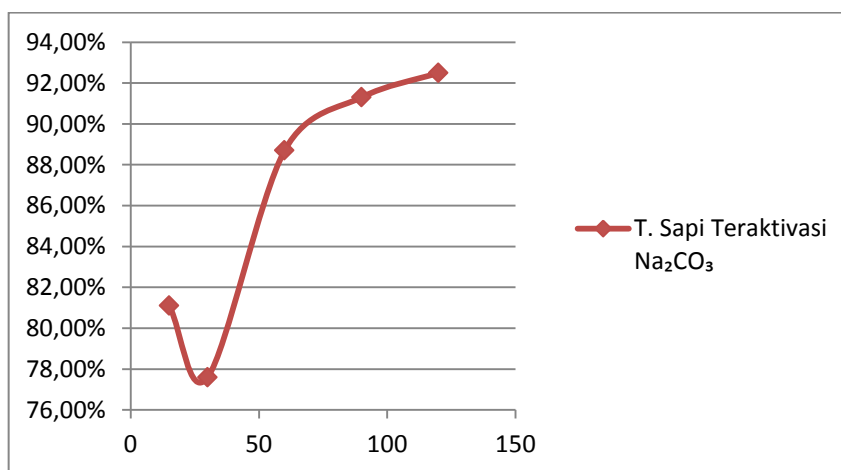
#### **4.2.3 Variasi Waktu Kontak**

Untuk percobaan dengan variasi waktu kontak tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya, hanya saja kondisi saat percobaan menggunakan data dari penelitian sebelumnya yaitu massa optimum adsorbent sebesar 100 mg sedangkan pH larutan pada percobaan ini akan digunakan pH 7 dikarenakan pada kondisi pH ini adsorbent dapat disimpulkan berada pada kondisi optimum. Untuk proses selanjutnya sama seperti pengujian-pengujian sebelumnya yaitu dilakukan pengontrolan pH lalu dilanjutkan dengan proses pengadukan, kemudian larutan disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan dengan adsorbent yang telah digunakan. Setelah itu baru dilakukan pembacaan dengan menggunakan AAS pada setiap sampel, data yang diperoleh dari hasil pembacaan dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Tabel 4.7 dibawah ini.

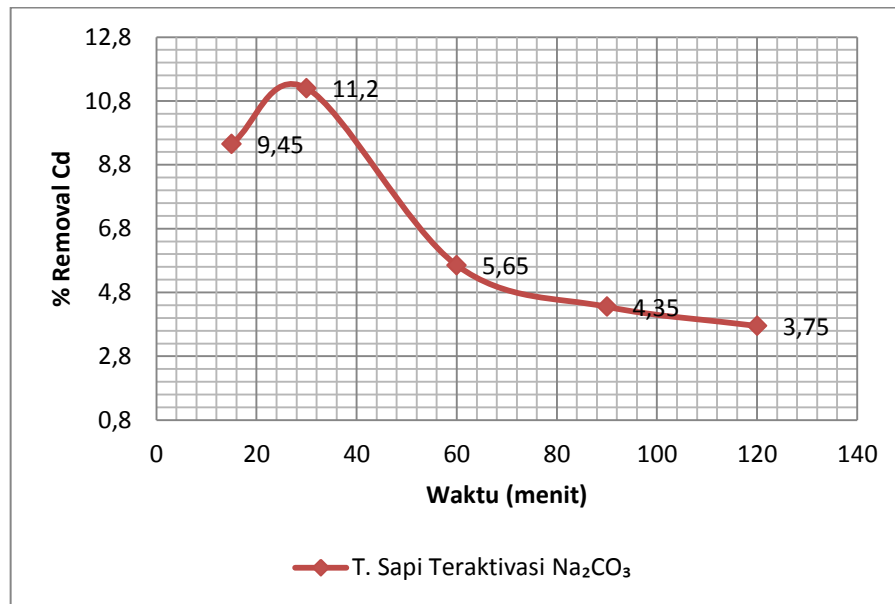
Tabel 4.7 Data Hasil Uji AAS Variasi Waktu

T. Sapi Teraktivasi Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>								
No	Massa (gr)	Waktu (menit)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,1	15	7	7,09	7,40	50	9,45	81,10%
2	0,1	30	7	7,05	7,49	50	11,20	77,60%
3	0,1	60	7	7,21	7,30	50	5,65	88,70%
4	0,1	90	7	7,17	7,38	50	4,35	91,30%
5	0,1	120	7	7,06	7,30	50	3,75	92,50%

Dari data tersebut dapat terlihat bahwa konsentrasi awal larutan kadmium yang digunakan dalam penelitian yaitu sebesar 50 ppm untuk setiap sampel yang diuji, dan setelah dilakukan pengujian dapat dilihat bahwa konsentrasi akhir yang didapat menunjukkan terjadi pengurangan yang besar dan pada setiap penambahan waktu pun terjadi peningkatan konsentrasi yang terserap oleh adsorbent. Pada penelitian variasi waktu kontak ini tidak menggunakan sampel kontrol. Apabila data hasil pengujian ini dibuat kedalam bentuk grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4.10 Data Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak



**Gambar 4.11** Data Grafik Hasil %Removal Uji Variasi Waktu Kontak

Kesimpulan dari hasil percobaan variasi waktu kontak ini adalah bahwa adsorbent dari tulang sapi baru akan mencapai kemampuan maksimal pada saat waktu kontak 2 jam, namun pada waktu kontak 30 menit adsorbent sudah bekerja cukup baik dengan mampu mereduksi sebesar 77,60% dari total konsentrasi larutan sebesar 50 ppm namun untuk mencapai kondisi puncak membutuhkan waktu 2 jam dengan persen reduksi mencapai 92,50%. Maka waktu kontak optimum dalam percobaan ini adalah 120 menit atau 2 jam.

#### 4.2.4 Variasi Konsentrasi Larutan

Untuk melakukan penelitian pada variasi ini data yang telah didapatkan pada percobaan variasi sebelumnya akan digunakan sebagai kondisi saat percobaan seperti massa yang akan digunakan yaitu sebesar 100 mg, pH optimum 7, dan waktu kontak yang akan digunakan adalah selama 120 menit (2 jam).

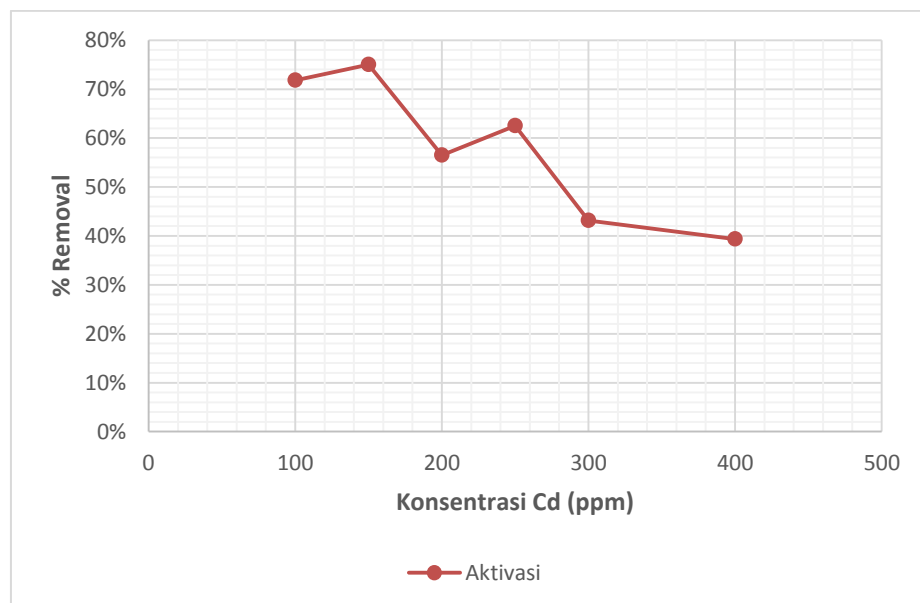
Variasi konsentrasi yang digunakan pada percobaan ini adalah 100, 150, 200, 250, 300, dan 400 ppm. Pada setiap masing-masing konsentrasi larutan tersebut harus dibuat larutan konsentrasi awal ( $C_0$ ) untuk mengetahui selisih konsentrasi pada sebelum dan sesudah pengujian agar dapat dihitung nilai persen

penyisihannya. Seperti percobaan sebelumnya, pada saat proses pengadukan selesai larutan kemudian disaring dan diencerkan menjadi konsentrasi 0,5-2 ppm agar dapat dibaca pada alat AAS. Data yang telah didapatkan dari pembacaan dengan AAS dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini dan Lampiran 4.

Tabel 4.8 Data Hasil Uji AAS Variasi Konsentrasi

Variasi Konsentrasi Biosorbe	Variasi Konsentrasi Adsorben Aktivasi					
	Konsentrasi Logam Cd Rencana (ppm)	Konsentrasi Cd Inlet (ppm)	Massa Biosorban (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)
100	140,10	0,1	7,00	7,00	39,50	72%
150	193,70	0,1	7,12	7,15	48,40	75%
200	289,60	0,1	7,05	7,04	126,00	56%
250	389,50	0,1	7,13	7,01	146,00	63%
300	423,00	0,1	7,14	7,02	240,40	43%
400	614,80	0,1	6,93	6,94	372,80	39%

Dari data diatas jika dibuat kedalam bentuk grafik akan menghasilkan bentuk yang cukup konsisten, dapat dilihat pada Gambar 4.12 dibawah.



Gambar 4.12 Grafik Hasil Uji Variasi Konsentrasi

Dari data dan grafik diatas dapat dilihat bahwa kemampuan penyerapan larutan Cadmium oleh tulang sapi akan semakin berkurang setiap konsentrasi

larutan ditingkatkan. Pada beberapa data diatas juga terjadi ketidak sesuaian (tidak valid) yaitu pada konsentrasi 150 dan 250 ppm, sehingga kedua data tersebut dapat dihilangkan ketika saat menghitung nilai isoterm pada tahap selanjutnya.

### 4.3 Isoterm

Menurut (Wahyuni, 2013) untuk proses adsorpsi didalam larutan, jumlah zat yang teradsorpsi bergantung pada beberapa faktor yaitu jenis adsorben, jenis adsorbat atau zat yang teradsorpsi, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat terlarut, temperatur. Isoterm adsorpsi adalah hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada suhu tertentu. Pada percobaan ini, digunakan suhu ruangan yaitu 300°C sehingga tidak terlalu berpengaruh didalam penelitian.

#### 1. Metode Langmuir

Model Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben. Persamaan isoterm Langmuir:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L \cdot q_m} \quad (1)$$

Dimana:

$C_e$  = Konsentrasi Equilibrium (mg/l)

$q_e$  = Nilai Adsorpsi logam saat Equilibrium (mg/g)

$q_m$  = Nilai konstanta Langmuir

$K_L$  = Nilai konstanta Langmuir

Dari data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat hitung nilai dari kemampuan maksimum penyerapan dari adsorbent tulang sapi dengan menggunakan isoterm Langmuir seperti pada Tabel 4.9

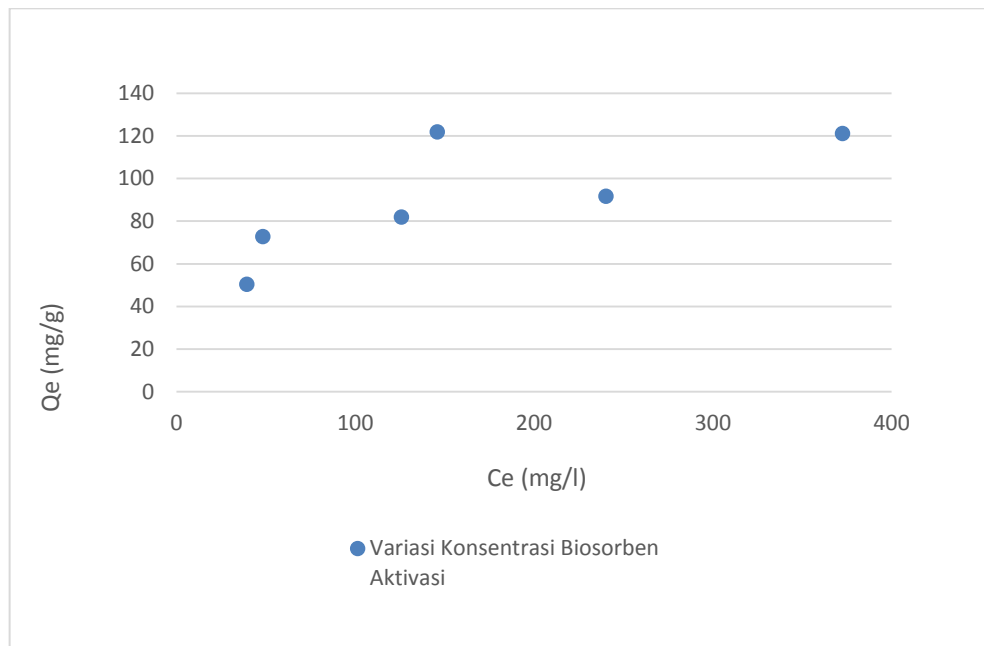


Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorbent

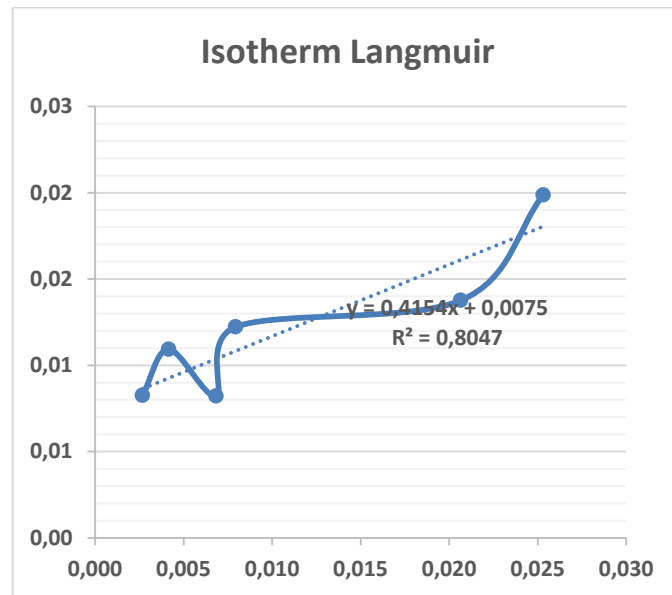
Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C <sub>0</sub> )	Konsentrasi Akhir (C <sub>e</sub> )	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Langmuir		
							Q <sub>e</sub> (mg/g)	1/Q <sub>e</sub>	1/C <sub>e</sub>
100	100	50	140,10	39,50	100,60	71,81	50,30	0,02	0,03
150	100	50	193,70	48,40	145,30	75,01	72,65	0,01	0,02
200	100	50	289,60	126,00	163,60	56,49	81,80	0,01	0,01
250	100	50	389,50	146,00	243,50	62,52	121,75	0,01	0,01
300	100	50	423,40	240,40	183,00	43,22	91,50	0,01	0,00
400	100	50	614,80	372,80	242,00	39,36	121,00	0,01	0,00

(Detail Perhitungan Pada Lampiran 5)

Dari tabel hasil perhitungan isoterm Langmuir diatas juga dapat dijadikan ke dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan 4.14 sehingga dapat memudahkan pembacaan hasil perhitungan isoerm.



**Gambar 4.13** Pola Isoterm Langmuir



**Gambar 4.14** Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir

Berdasarkan Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa data yang diperoleh dari hasil percobaan menunjukkan tren dari isoterm Langmuir sehingga dapat dinyatakan hasil isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir. Sedangkan pada Gambar 4.12 diperoleh nilai  $y = 0,4154x + 0,0075$  dengan slope  $R^2 = 0,8017$  yang akan digunakan untuk membandingkan dengan nilai  $R^2$  dari persamaan linear isoterm Freundlich.

## 2. Metode Freundlich

Isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (multilayer) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Persamaan tersebut dapat diberikan dalam bentuk:

$$q_e = k_f \cdot C_e^{1/n}$$

Dimana  $q_e$  merupakan konsentrasi zat yang terlarut teradsorpsi pada suatu fasa padat yang berkesetimbangan dengan suatu larutan dengan konsentrasi zat terlarut  $C_e$ . Satuan yang biasanya dipakai untuk  $C$  adalah milimol zat terlarut per gram adsorben dan untuk  $C_e$  molaritas:  $k$  dan  $n$  adalah konstanta terlihat bahwa jika  $n=1$  persamaan Freundlich direduksi ke bentuk pernyataan kesetimbangan lain seperti hukum Henry atau hukum distribusi Nernst untuk zat terlarut di dalam ekstraksi pelarut, ini umumnya  $n > 1$  dan karena itu grafik  $C$  vs  $C_e$  (disebut isotherm adsorpsi). Untuk mengevaluasi  $k$  dan  $n$  kita dapat mengambil logaritma dari kedua ruas persamaan Freundlich, menghasilkan : (Day dan Underwood, 2002)

$$\text{Log } q_e = \text{Log } k_f + 1/n \text{ log } C_e$$

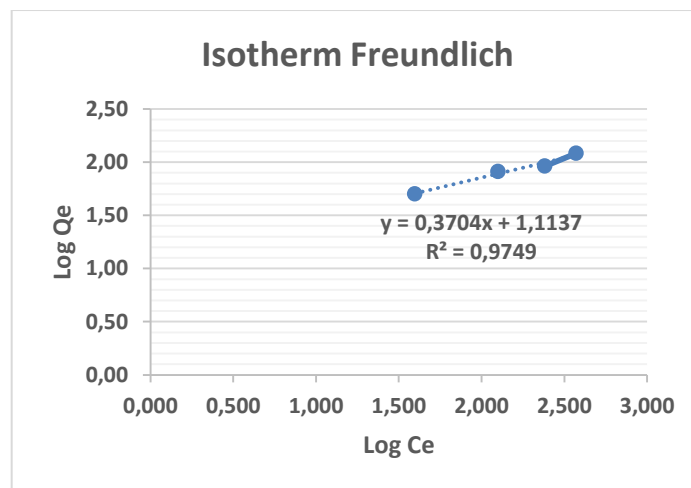
Dari data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat hitung nilai dari kemampuan maksimum penyerapan dari adsorbent tulang sapi dengan menggunakan isoterm Freundlich seperti pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorbent

Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Freundlich		
							Qe (mg/g)	Log Qe	Log Ce
100	100	50	140,10	39,50	100,60	71,81	50,30	1,70	1,60
150	100	50	193,70	48,40	145,30	75,01	72,65	1,86	1,68
200	100	50	289,60	126,00	163,60	56,49	81,80	1,91	2,10
250	100	50	389,50	146,00	243,50	62,52	121,75	2,09	2,16
300	100	50	423,40	240,40	183,00	43,22	91,50	1,96	2,38
400	100	50	614,80	372,80	242,00	39,36	121,00	2,08	2,57

(Detail Perhitungan Pada Lampiran 5)

Dari data diatas didapatkan nilai Log  $q_e$  dan Log  $C_e$  yang nantinya akan diplotkan untuk membuat persamaan linear isoterm Freundlich (Contoh perhitungan pada lampiran...), dimana nanti hasil persamaan tersebut didapatkan nilai  $R^2$  yang berguna untuk menentukan model isoterm dari adsorben tulang sapi terhadap logam Cd. Grafik persamaan linear dari isoterm Freundlich tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut:



**Gambar 4.15** Grafik Persamaan Isoterm Freundlich Tulang Sapi Teraktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Dari grafik di atas terdapat persamaan linear isoterm Freundlich dari tulang sapi dengan nilai  $R^2 = 0,9749$ . Dari hal itu maka adsorben tulang sapi yang digunakan didalam percobaan ini merupakan adsorben dengan jenis multilayer karena data yang diperoleh menunjukkan bentuk pola isoterm Freundlich karena pada isoterm Freundlich dimana nilai  $R^2 = 0,9749$  yang lebih mendekati 1.

kemampuan adsorpsi maksimum terhadap penelitian tulang sapi teraktivasi yang didapatkan dapat diketahui dari mekanisme pemodelan isoterm Langmuir dan Freundlich yang dimana hasil dari kedua pemodelan tersebut mempunyai nilai konstanta Langmuir ( $b$ ) yang berguna untuk menentukan nilai maksimum adsorpsi adsorben tulang sapi, ( $q_m$ ) dan nilai intercept Freundlich ( $\ln K$ ) yang berguna untuk menentukan nilai maksimum kapasitas adsorben tulang sapi ( $K_f$ ). Adapun data dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.11 sebagai berikut:

Tabel 4.11 Nilai Mekanisme Adsorpsi Isoterm Langmuir dan Freundlich

Adsorben	Langmuir			Freundlich		
	Qm (mg/g)	b	R <sup>2</sup>	Kf	1/N	R <sup>2</sup>
Aktivasi	132,76	0,007532573	0,9714	3,05	0,3704	0,9749

Dari data diatas dapat diektahui bahwa nilai slope ( $R^2$ ) dari isoterm Langmuir dan Freundlich memiliki nilai yang lebih dari 0,9 atau mendekati 1 yang menandakan bahwa data memiliki tingkat validitas tinggi. Namun adsorben tulang sapi teraktivasi menunjukkan kecenderungan mengikuti model adsorpsi isoterm Freundlich, walaupun nilai  $R^2$  dari kedua metode isoterm sama-sama mendekati 1. Persamaan Model Freundlich (multilayer) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site serta hal ini menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya banyak lapisan (multilayer) adsorbat di permukaan adsorben.