

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

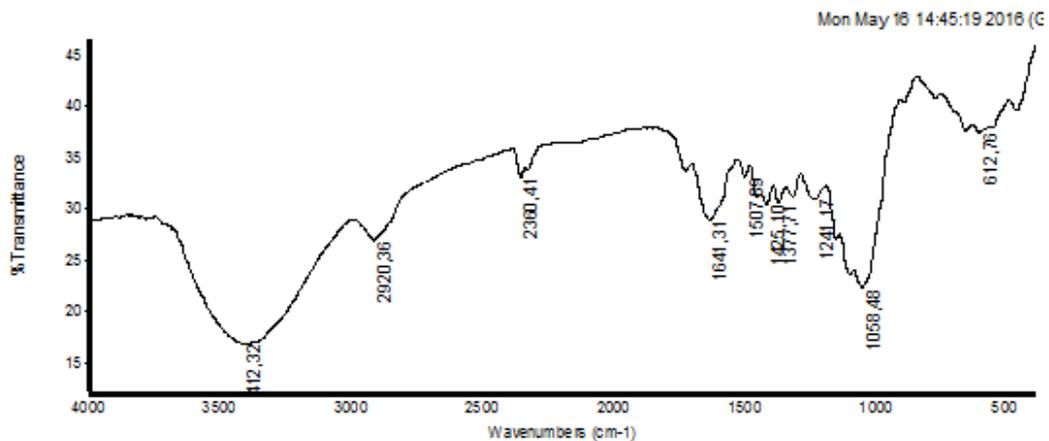
#### **4.1 Umum**

Penelitian ini bertujuan untuk melanjutkan penelitian yang sudah ada dengan memanfaatkan limbah media tanam jamur (*Baglog*) sebagai biosorben dalam mengadsorpsi ion logam Kadmium (Cd). Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari persiapan biomassa dari *Baglog* yaitu melakukan pencucian, dan penjemuran/pengeringan untuk membersihkan kotoran yang ada pada *Baglog*. Melakukan penghalusan *Baglog* dengan cara diblender untuk mendapatkan luas permukaan biosorben yang lebih luas dan melakukan proses aktivasi. Pengaktivasian dengan Asam Sitrat 1 M dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan dan diharapkan bisa mengaktifkan gugus fungsi baru untuk membantu penyerapan ion logam Kadmium. Melakukan uji karakterisasi dengan *FTIR* dan *SEM* untuk mengetahui perubahan sifat fisik, kimia pada biomassa tanpa aktivasi dan teraktivasi. Melakukan uji variasi massa, pH, waktu, dan konsentrasi Kadmium untuk mengetahui kemampuan optimum biosorben *Baglog*. Melakukan proses enkapsulasi dengan *Alginate Gel* yang diharapkan dapat menambah kemampuan penyerapan ion logam Kadmium. Dalam hal ini ion logam yang digunakan adalah ion logam Kadmium sintesis atau buatan. Terakhir, melakukan uji AAS untuk mengetahui kemampuan biosorben *Baglog* baik yang tanpa aktivasi, teraktivasi, maupun biosorben dengan enkapsulasi *Alginate Gel* terhadap penyerapan ion logam Kadmium.

#### **4.2 Karakterisasi Biosorben *Baglog* dengan *Fourier Transform Infrared (FTIR)* dan *Scanning Electron Microscope (SEM)***

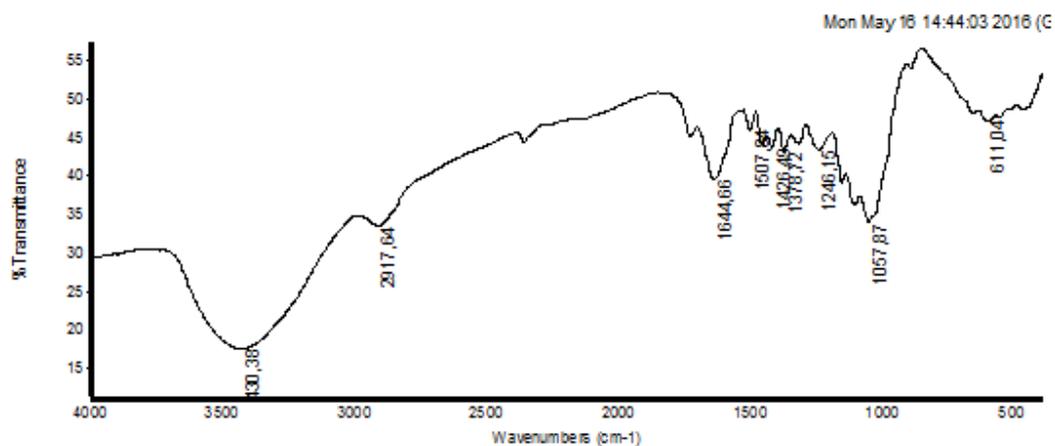
Pada analisis karakterisasi biosorben *Baglog* dilakukan dengan teknik *Fourier Transform Infrared (FTIR)* dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Tujuan analisis *FTIR* adalah untuk mengetahui gugus fungsional senyawa yang ada pada biosorben *Baglog*. Analisis *FTIR* dilakukan pada biosorben *Baglog* yang tanpa

aktivasi maupun teraktivasi. Hasil dari analisis *FTIR* pada biosorben *Baglog* yang tanpa aktivasi maupun teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2 berikut, serta Lampiran II.



**Gambar 4.1** Analisis *FTIR* Biosorben *Baglog* Tanpa Aktivasi

(Sumber: Data Primer, 2016)



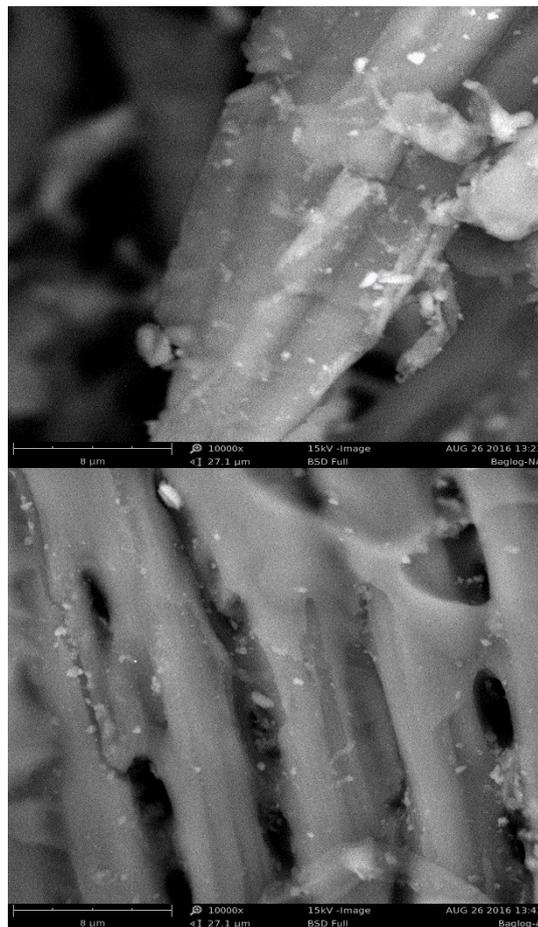
**Gambar 4.2** Analisis *FTIR* Biosorben *Baglog* Teraktivasi

(Sumber: Data Primer, 2016)

Hasil analisis *FTIR* biosorben *Baglog* tanpa aktivasi maupun yang teraktivasi berdasarkan dalam Lambert, dkk (1987) menunjukkan pada frekuensi 3412,32/cm untuk *Baglog* tanpa aktivasi dan 3430,38/cm untuk *Baglog* teraktivasi terdapat gugus fungsi O-H dan NH<sub>2</sub>. Gugus fungsi O-H pada analisis *FTIR* menunjukkan adanya selulosa pada *Baglog* dimana gugus fungsi O-H merupakan gugus hidroksil yang memiliki muatan negatif sehingga mampu mengikat ion

logam Kadmium yang bermuatan positif. Hasil analisis *FTIR* beserta gugus fungsi lainnya dapat dilihat pada Lampiran II.A dan II.B.

Tujuan analisis *Scanning Electron Microscopy (SEM)* adalah untuk mengetahui morfologi biosorben *Baglog* tanpa aktivasi dan teraktivasi sehingga menunjukkan apakah adanya perubahan yang terjadi dari biosorben *Baglog* tersebut setelah di aktivasi dengan Asam Sitrat 1 M seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut.



**Gambar 4.3** Hasil Analisis *SEM* Biosorben *Baglog* Tanpa Aktivasi (Atas) dan Teraktivasi Asam Sitrat 1 M (bawah)

(Sumber: Data Primer, 2016)

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan adanya perbedaan morfologi biosorben *Baglog* tanpa aktivasi dengan teraktivasi dimana bisa dilihat bahwa pada biosorben *Baglog* teraktivasi munculnya pori-pori kecil akibat dari proses aktivasi dengan Asam Sitrat 1 M yang tidak ditemukan pada *Baglog* tanpa aktivasi.

### 4.3 Uji Massa Optimum

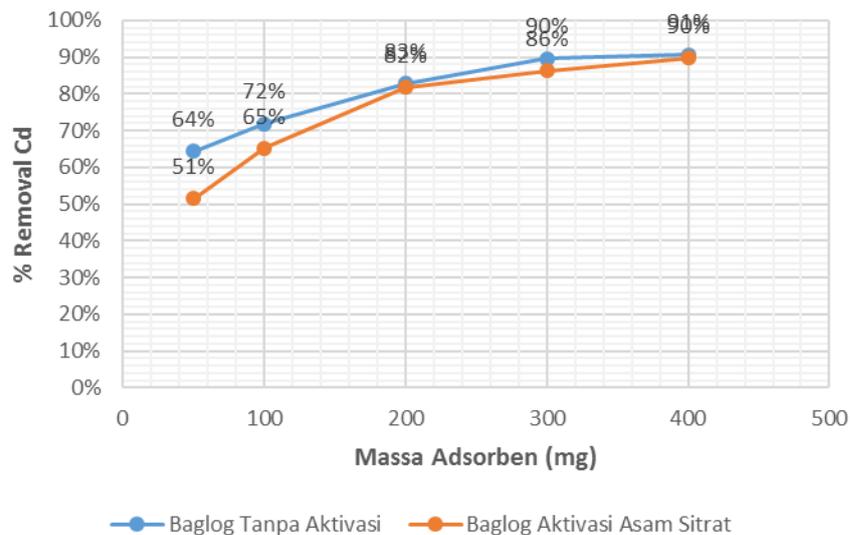
Pada uji coba ini dilakukan untuk mengetahui massa optimum biosorben *Baglog* dalam penyerapan ion logam Kadmium. Adapun uji variasi massa biosorben *Baglog* dengan massa 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, dan 400 mg. Waktu yang digunakan untuk pengadukan adalah 120 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Konsentrasi ion logam Kadmium 10 ppm diambil sebanyak 50 ml ke dalam gelas erlenmeyer dengan pengaturan pH menggunakan larutan NaOH dan HNO<sub>3</sub> agar mencapai pH 6. Setelah selesai pengadukan lalu disaring untuk memisahkan cairan dan biosorben *Baglog*, sampel diuji dengan AAS untuk mengetahui sisa ion logam Kadmium yang ada pada larutan.

Data uji coba dan hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Lampiran III.A, serta Gambar 4.4 berikut:

**Tabel 4.1** Data Uji Coba Variasi Massa Biosorben *Baglog*

Baglog Tanpa Aktivasi						
No	Massa (mg)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	50	10,40	3,71	64%	6,0	6,6
2	100	10,40	2,92	72%	6,1	6,6
3	200	10,40	1,78	83%	6,2	7,1
4	300	10,40	1,08	90%	6,2	7,1
5	400	10,40	0,97	91%	6,1	6,8
Inlet		10,40				
Baglog Aktivasi Asam Sitrat						
1	50	10,40	5,05	51%	6,0	6,2
2	100	10,40	3,62	65%	6,0	5,9
3	200	10,40	1,89	82%	6,0	5,9
4	300	10,40	1,42	86%	6,0	5,8
5	400	10,40	1,06	90%	6,0	5,9
Inlet		10,40				

(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.4** Grafik Variasi Massa Biosorben *Baglog* (pH larutan 6, waktu kontak 120 menit, konsentrasi Kadmium 10 ppm)

(Sumber: Data Primer, 2016)

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa penyerapan ion logam Kadmium akan lebih baik dengan massa yang lebih banyak dikarenakan pada dasarnya semakin banyak jumlah adsorben yang digunakan maka semakin tinggi luas permukaan untuk penyerapan ion logam Kadmium tersebut. Namun dari hasil uji coba tersebut biosorben yang teraktivasi tidak lebih baik dari biosorben tanpa aktivasi. Pada uji coba ini, pH biosorben aktivasi cenderung turun ketika dilakukan pengadukan selama 2 jam. Hal ini disebabkan tidak dilakukan pengecekan dan pengaturan pH larutan setiap 30 menit untuk menjaga pH agar tetap stabil.

Namun dalam hal ini untuk pengujian selanjutnya diambil massa biosorben *Baglog* sebanyak 200 mg saja disebabkan dengan massa tersebut sudah bisa melakukan penyerapan hingga 80% ion logam Kadmium yang terlarut di dalam air dan akan lebih ekonomis dari segi jumlah penggunaan biosorben *Baglog*.

#### 4.4 Uji pH Optimum

Pada uji coba ini dilakukan untuk mengetahui pH optimum biosorben *Baglog* dalam penyerapan ion logam Kadmium. Adapun uji variasi pH yang digunakan pada larutan adalah pH 4, 5, 6, 7, dan 8. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pada pH berapakah penyerapan ion logam Kadmium paling optimum

untuk nantinya bisa diterapkan pada tahap selanjutnya. Selain itu massa biosorben yang digunakan sebanyak 200 mg, waktu pengadukan 120 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm, dan konsentrasi Kadmium 10 ppm. Setelah selesai pengadukan lalu disaring untuk memisahkan cairan dan biosorben *Baglog*, sampel diuji dengan AAS untuk mengetahui sisa ion logam Kadmium yang ada pada larutan.

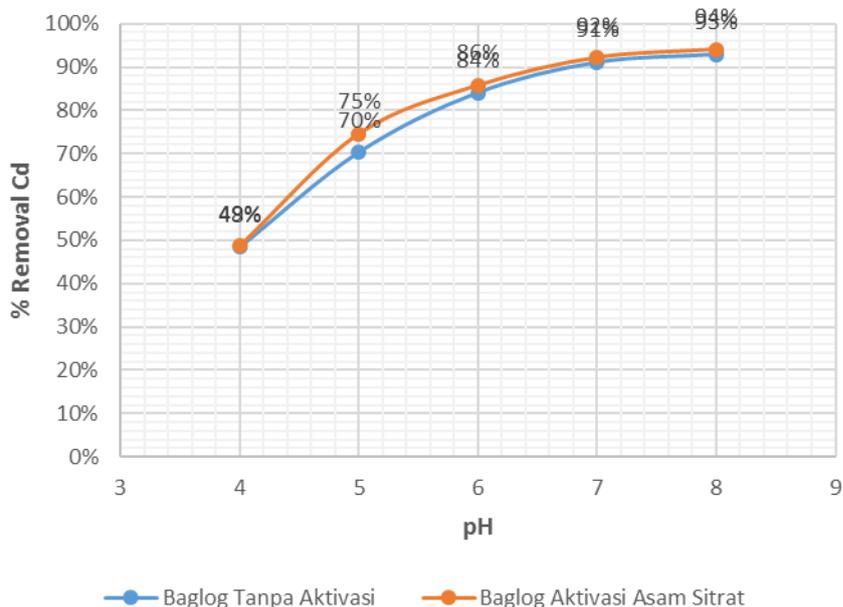
Data uji coba dan hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Lampiran III.B, serta Gambar 4.5 berikut:

**Tabel 4.2** Data Uji Coba Pengaruh pH Pada Proses Adsorpsi

Baglog Tanpa Aktivasi										
No	Massa (mg)	pH Rencana	pH Awal	pH 30 menit	pH 60 menit	pH 90 menit	pH 120 menit	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	200	4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,4	11,46	5,91	48%
2	200	5	5,1	5,0	5,0	5,0	5,3	11,46	3,40	70%
3	200	6	6,1	6,0	6,0	6,0	7,0	11,46	1,82	84%
4	200	7	7,1	7,0	7,1	6,9	7,1	11,46	1,02	91%
5	200	8	8,2	8,1	8,1	8,0	8,1	11,46	0,81	93%
Inlet								11,46		
Baglog Aktivasi Asam Sitrat										
1	200	4	4,1	4,0	4,0	3,9	4,0	11,46	5,87	49%
2	200	5	5,0	5,2	5,2	5,2	5,0	11,46	2,91	75%
3	200	6	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	11,46	1,63	86%
4	200	7	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0	11,46	0,89	92%
5	200	8	8,0	8,0	8,0	7,9	7,9	11,46	0,68	94%
Inlet								11,46		

(Sumber: Data Primer, 2016)

Berdasarkan data di atas menunjukkan adanya pengecekan dan pengaturan pH larutan. Pengecekan pH larutan dilakukan untuk mengetahui perubahan pH yang mungkin terjadi selama pengadukan, karena dapat mempengaruhi proses adsorpsi, dan selain itu pengaturan pH larutan dilakukan untuk menjaga pH agar tetap pada nilai pH yang diinginkan. Pengecekan dan pengaturan pH larutan dilakukan setiap 30 menit untuk menjaga pH agar tetap pada nilai pH yang diinginkan.



**Gambar 4.5** Grafik Pengaruh pH Terhadap Proses Adsorpsi (massa *Baglog* 200 mg, waktu kontak 120 menit, dan konsentrasi Kadmium 10 ppm)

(Sumber: Data Primer, 2016)

Hasil dari uji coba ini menunjukkan trend dimana semakin meningkat pH larutan maka semakin tinggi penyerapan ion logam Kadmium dan biosorben *Baglog* yang teraktivasi lebih tinggi penyerapannya daripada biosorben tanpa aktivasi. Hal ini di tunjukkan dari persentasi grafik di atas. Pada pada pH rendah, ion  $H^+$  berkompetisi dengan kation logam Kadmium ( $Cd^{2+}$ ) untuk berikatan dengan gugus aktif adsorben, sehingga ada beberapa bagian yang melepaskan  $H^+$  dan Kadmium ( $Cd^{2+}$ ) (Ahmad, dkk, 2009). Kation logam berat akan dilepaskan apabila berada dalam kondisi asam yang ekstrim. Namun pada pH tinggi yang menunjukkan basa, proses adsorpsi logam juga rawan terhidrolisis dan mengendap disebabkan kondisi pH dalam kondisi basa dari pH optimum Kadmium yang terserap akan cenderung berkurang. Jika melihat harga konstanta hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ )  $Cd(OH)_2$  yang sebesar  $5,9 \times 10^{-15}$ , maka logam Kadmium akan mengendap sebagai  $Cd(OH)_2$  pada pH 8,411. Fakta di lapangan menunjukkan pada pH 9 Kadmium akan membentuk endapan putih (Sriyanti, dkk, 2005). Sedangkan pada kisaran pH 7, adsorpsi Kadmium mulai meningkat. Hal ini dapat disebabkan karena di dalam larutan banyak mengandung ion-ion  $OH^-$ , sehingga ion logam Kadmium(II) akan

cenderung berikatan dengan ion  $\text{OH}^-$  (Suhud, dkk, 2012). Berdasarkan alasan tersebut bisa dilihat dari hasil uji coba variasi pH ini dimana pada *Baglog* tanpa aktivasi dan teraktivasi terjadi penyerapan hingga 90% pada pH 7. Maka bisa disimpulkan pH optimum pada percobaan ini adalah pada pH 7.

#### 4.5 Uji Waktu Kontak Optimum

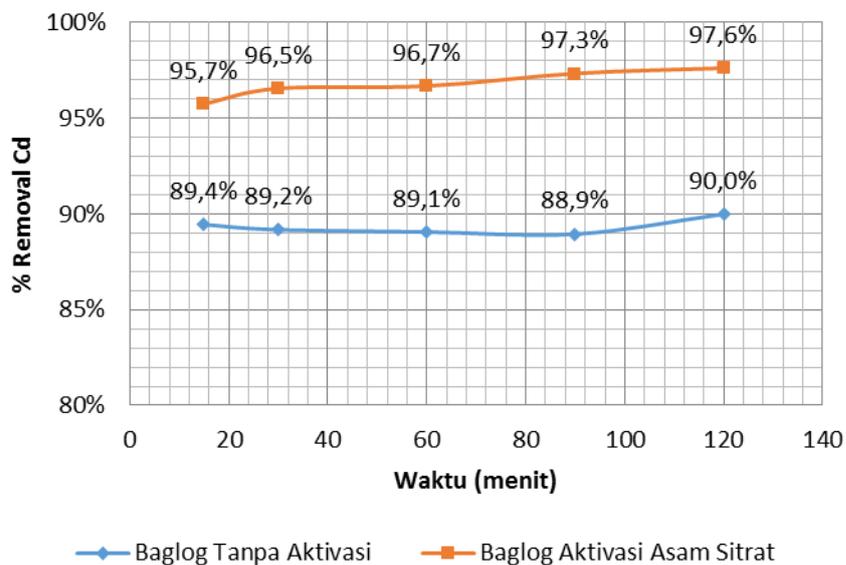
Pada uji coba ini dilakukan untuk mengetahui waktu optimum reaksi adsorpsi terhadap ion logam Kadmium dengan variasi waktu pengadukan yaitu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Selain itu massa biosorben *Baglog* yang digunakan sebanyak 200 mg, pH larutan pada saat pengadukan adalah pada pH 7, dan konsentrasi ion logam Kadmium sebanyak 10ppm. Setelah selesai pengadukan lalu disaring untuk memisahkan cairan dan biosorben *Baglog*, sampel diuji dengan AAS untuk mengetahui sisa ion logam Kadmium yang ada pada larutan.

Data uji coba dan hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Lampiran III.C, serta Gambar 4.6 berikut:

**Tabel 4.3** Data Uji Coba Variasi Waktu Adsorpsi Biosorben *Baglog*

Baglog Tanpa Aktivasi								
No	Massa (mg)	Waktu (Menit)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir
1	200	15	11,27	1,19	89,4%	7	7,0	7,3
2	200	30	11,27	1,22	89,2%	7	7,1	7,4
3	200	60	11,27	1,23	89,1%	7	7,1	7,3
4	200	90	11,27	1,25	88,9%	7	7,0	7,1
5	200	120	11,27	1,13	90,0%	7	7,1	7,2
Inlet			11,27					
Baglog Aktivasi Asam Sitrat								
1	200	15	11,27	0,48	95,7%	7	6,0	6,8
2	200	30	11,27	0,39	96,5%	7	6,0	6,8
3	200	60	11,27	0,38	96,7%	7	6,0	7,0
4	200	90	11,27	0,30	97,3%	7	6,0	7,3
5	200	120	11,27	0,27	97,6%	7	6,0	7,3
Inlet			11,27					

(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.6** Grafik Uji Coba Variasi Waktu Adsorpsi Biosorben *Baglog* (massa *Baglog* 200 mg, pH larutan 6, dan konsentrasi Kadmium 10 ppm)

(Sumber: Data Primer, 2016)

Berdasarkan data di atas menunjukkan terjadinya reaksi adsorpsi ion logam Kadmium yang mengalami naik turun baik untuk *Baglog* tanpa aktivasi maupun teraktivasi. Naik turunnya penyerapan pada uji coba ini disebabkan biosorben *Baglog* sudah mengalami kondisi jenuh atau dengan kata lain permukaan biosorben *Baglog* sudah penuh oleh ion logam Kadmium, sehingga proses penyerapan ion logam Kadmium oleh biosorben *Baglog* tidak dapat meningkat lagi. Keadaan ini biasanya ditunjukkan oleh grafik penyerapan ion logam Kadmium yang stagnan pada kisaran nilai optimum yaitu mulai menit ke 15 ataupun mulai menit ke 30. Dari uji coba ini menunjukkan bahwa *Baglog* yang teraktivasi masih menunjukkan trend penyerapan ion logam yang lebih baik dibandingkan dengan *Baglog* tanpa aktivasi.

#### 4.6 Uji Variasi Konsentrasi Ion Logam Kadmium (Cd)

Pada uji coba ini dilakukan percobaan dengan variasi konsentrasi ion logam Kadmium yaitu 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, dan 250 ppm. Selain itu massa biosorben *Baglog* yang digunakan sebanyak 200 mg, pH larutan pada saat pengadukan adalah pada pH 7, dan waktu pengadukan 120 menit dengan kecepatan

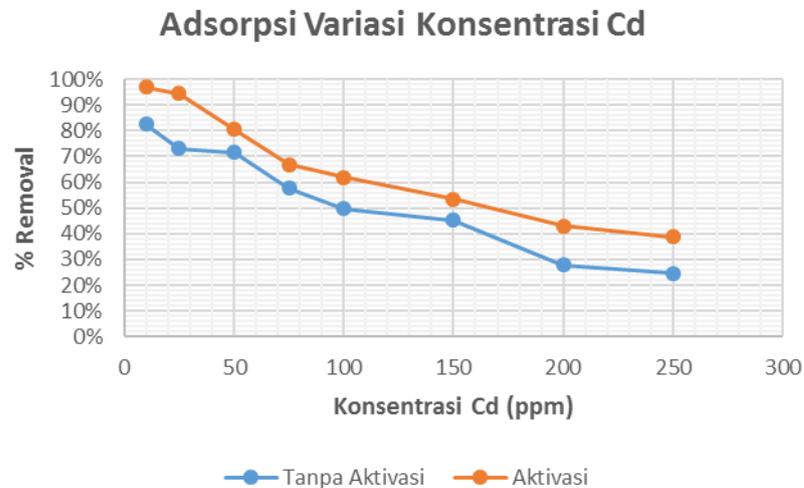
pengadukan 150 rpm. Tujuan uji coba ini untuk mengetahui reaksi adsorpsi biosorben *Baglog* terhadap ion logam Kadmium dengan variasi konsentrasi yang berbeda, dimana nantinya diketahui kemampuan optimum biosorben *Baglog* dalam menyerap ion logam Kadmium. Setelah selesai pengadukan lalu disaring untuk memisahkan cairan dan biosorben *Baglog*, sampel diuji dengan AAS untuk mengetahui sisa ion logam Kadmium yang ada pada larutan.

Data uji coba dan hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Lampiran III.D, serta Gambar 4.7 berikut:

**Tabel 4.4** Data dan Hasil Uji Adsorpsi Variasi Konsentrasi Ion Logam Kadmium

Variasi Konsentrasi Biosorben Tanpa Aktivasi						
Konsentrasi Logam Cd Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorban (mg)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
10	11,8	200	7,0	7,0	2,1	82,4%
25	30,0	200	7,0	7,0	8,1	73,0%
50	61,0	200	7,0	7,0	17,3	71,6%
75	85,5	200	7,1	7,0	36,2	57,6%
100	107,8	200	7,0	7,0	54,3	49,7%
150	208,8	200	7,0	7,0	114,2	45,3%
200	229,9	200	7,1	6,9	165,8	27,9%
250	300,0	200	7,0	7,0	226,4	24,5%
Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi Asam Sitrat						
Konsentrasi Logam Cd Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorban (mg)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
10	11,8	200	7,0	7,0	0,4	96,9%
25	30,0	200	7,1	7,0	1,7	94,5%
50	61,0	200	7,0	7,1	11,9	80,5%
75	85,5	200	7,0	7,0	28,4	66,8%
100	107,8	200	7,1	7,0	41,2	61,8%
150	208,8	200	7,0	7,0	97,1	53,5%
200	229,9	200	7,1	7,0	130,9	43,1%
250	300,0	200	7,1	7,0	183,8	38,8%

(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.7** Grafik Uji Variasi Konsentrasi Ion Logam Kadmium (massa *Baglog* 200 mg, pH larutan 7, waktu kontak 120 menit)

(Sumber: Data Primer, 2016)

Berdasarkan data di atas menunjukkan terjadinya reaksi adsorpsi ion logam Kadmium yang mengalami penurunan untuk *Baglog* tanpa aktivasi maupun teraktivasi. Terjadinya penurunan penyerapan pada uji coba ini disebabkan biosorben *Baglog* sudah mengalami kondisi dimana biosorben *Baglog* sudah mencapai batas kemampuannya dalam menyerap ion logam Kadmium, sehingga proses penyerapan ion logam Kadmium oleh biosorben *Baglog* tidak dapat meningkat secara signifikan.

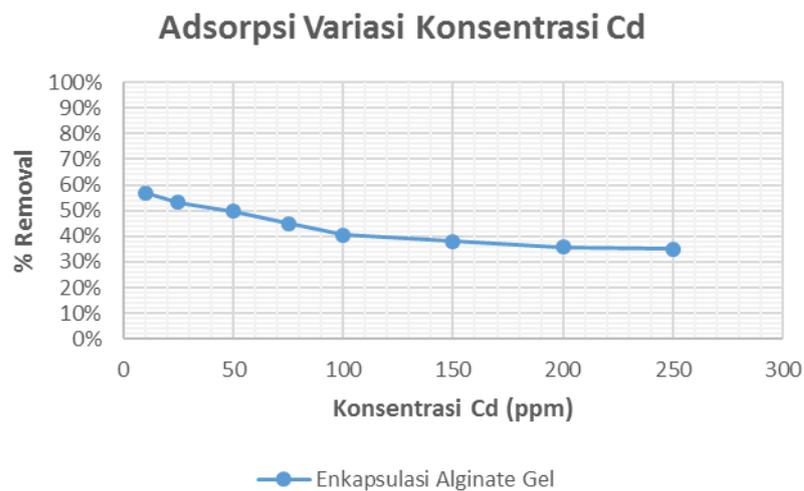
Pada uji coba selanjutnya dilakukan dengan variasi konsentrasi ion logam Kadmium yaitu 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, dan 250 ppm dengan biosorben yang telah dienkapsulasi *Alginate Gel*. Selain itu massa biosorben *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel* yang digunakan sebanyak 290 mg, pH larutan pada saat pengadukan adalah pada pH 7, dan waktu pengadukan 120 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Tujuan uji coba ini untuk mengetahui reaksi adsorpsi biosorben *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel* terhadap ion logam Kadmium dengan variasi konsentrasi yang berbeda, dimana nantinya diketahui kemampuan optimum biosorben *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel* dalam menyerap ion logam Kadmium. Setelah selesai pengadukan, sampel diuji dengan AAS untuk mengetahui sisa ion logam Kadmium yang ada pada larutan.

Data uji coba dan hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Lampiran III.D, serta Gambar 4.8 berikut:

**Tabel 4.5** Data dan Hasil Uji Adsorpsi Variasi Konsentrasi Ion Logam Kadmium Biosorben *Baglog* dengan Enkapsulasi *Alginate Gel*

Variasi Konsentrasi Biosorben Dengan Enkapsulasi Alginate Gel						
Konsentrasi Logam Cd Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorban (mg)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
10	11,8	290	7,0	7,0	5,1	56,9%
25	26,0	290	7,0	7,0	12,2	53,1%
50	52,0	290	7,0	7,0	26,2	49,6%
75	76,5	290	7,0	7,0	42,0	45,1%
100	101,0	290	7,0	7,1	60,1	40,5%
150	141,0	290	7,0	7,0	87,2	38,2%
200	187,0	290	7,0	7,0	120,0	35,8%
250	241,6	290	7,1	7,0	157,0	35,0%

(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.8** Grafik Uji Variasi Konsentrasi Ion Logam Kadmium Biosorben *Baglog* dengan Enkapsulasi *Alginate Gel* (massa 290 mg, pH larutan 7, waktu kontak 120 menit)

(Sumber: Data Primer, 2016)

Berdasarkan data di atas menunjukkan terjadinya reaksi adsorpsi ion logam Kadmium yang mengalami penurunan untuk *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel*. Terjadinya penurunan penyerapan pada uji coba ini disebabkan biosorben *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel* sudah mengalami kondisi dimana biosorben *Baglog* sudah mencapai batas kemampuannya dalam menyerap ion logam

Kadmium, sehingga proses penyerapan ion logam Kadmium oleh biosorben *Baglog* tidak dapat meningkat secara *signifikan*.

#### 4.7 Isotherm Adsorpsi

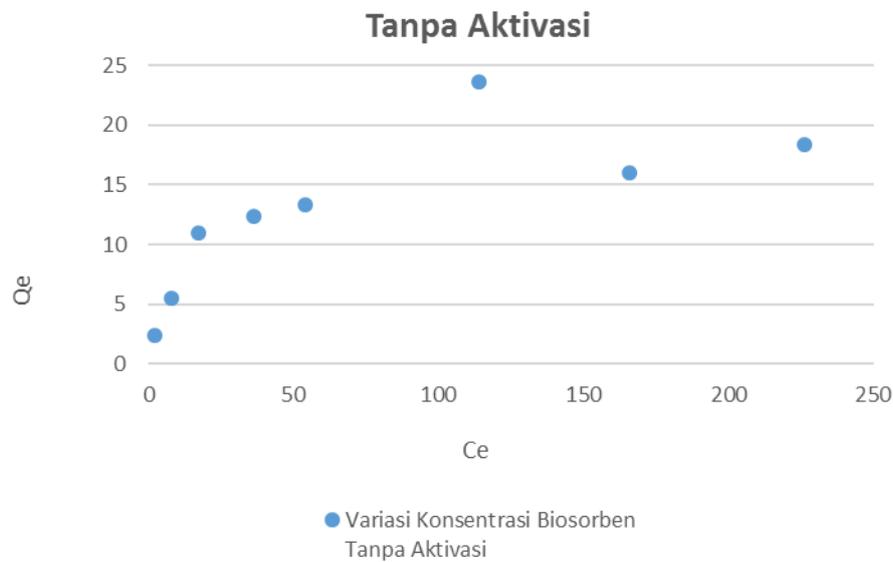
Isotherm adsorpsi menunjukkan hubungan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi di permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada suhu tertentu. Apabila kesetimbangan telah tercapai, maka proses adsorpsi telah selesai (Atkins, 1997). Pada percobaan adsorpsi biosorben *Baglog* dilakukan pemodelan Isotherm Langmuir dan Freundlich untuk mengetahui kesetimbangan adsorpsi logam Kadmium. Isotherm Langmuir menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Sedangkan Isotherm Freundlich menunjukkan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site (Slamet & Masduqi, 2000).

Pada perhitungan pemodelan Isotherm Langmuir terhadap *Baglog* tanpa aktivasi, data dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut dan Lampiran III.E.

**Tabel 4.6** Perhitungan Untuk Mencari Nilai Konstanta Langmuir Biosorben Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Biosorben Tanpa Aktivasi									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C <sub>0</sub> )	Konsentrasi Akhir (C <sub>e</sub> )	Selisih (ΔC)	Removal (%)	Langmuir		
							Q <sub>e</sub>	1/Q <sub>e</sub>	1/C <sub>e</sub>
10	200	50	11,8	2,1	9,8	82,4	2,44	0,41	0,48
25	200	50	30,0	8,1	21,9	73,0	5,48	0,18	0,12
50	200	50	61,0	17,3	43,7	71,6	10,93	0,09	0,06
75	200	50	85,5	36,2	49,3	57,6	12,31	0,08	0,03
100	200	50	107,8	54,3	53,5	49,7	13,38	0,07	0,02
150	200	50	208,8	114,2	94,7	45,3	23,66	0,04	0,01
200	200	50	229,9	165,8	64,1	27,9	16,02	0,06	0,01
250	200	50	300,0	226,4	73,6	24,5	18,41	0,05	0,00

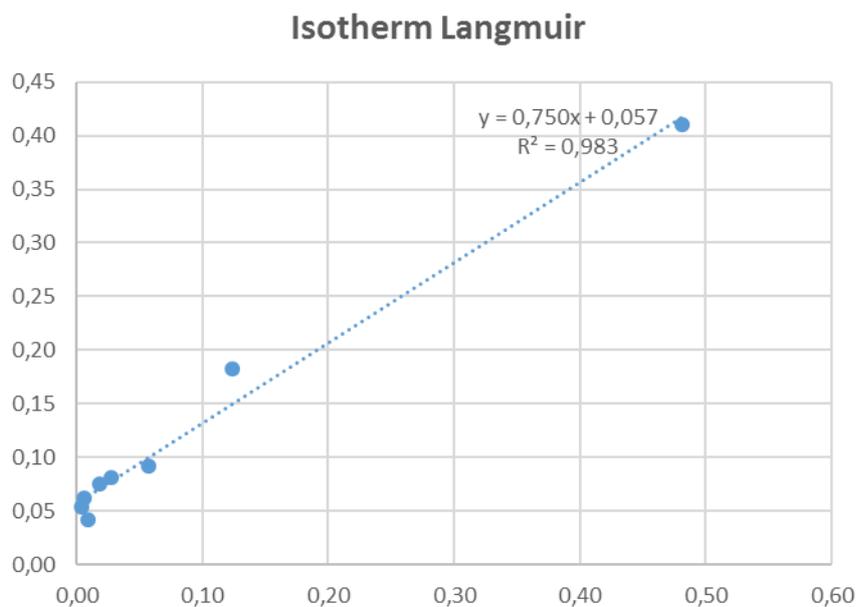
(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.9** Keseimbangan Isotherm Langmuir

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari perhitungan tersebut didapat nilai  $1/q_e$  dan  $1/C_e$  yang nantinya di plot untuk membuat grafik persamaan linear Isotherm Langmuir, dimana akan didapat nilai  $R^2$  dari persamaan tersebut yang berguna untuk menentukan model Isotherm dari adsorpsi *Baglog* terhadap ion logam Kadmium. Grafik persamaan linear dari Isotherm Langmuir tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut:



**Gambar 4.10** Grafik Persamaan Isotherm Langmuir *Baglog* Tanpa Aktivasi

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari grafik di atas terdapat persamaan linear Isotherm Langmuir dari *Baglog* tanpa aktivasi dengan nilai  $R^2 = 0,983$  dan konstanta yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai  $R^2$  dari persamaan linear Isotherm Freundlich.

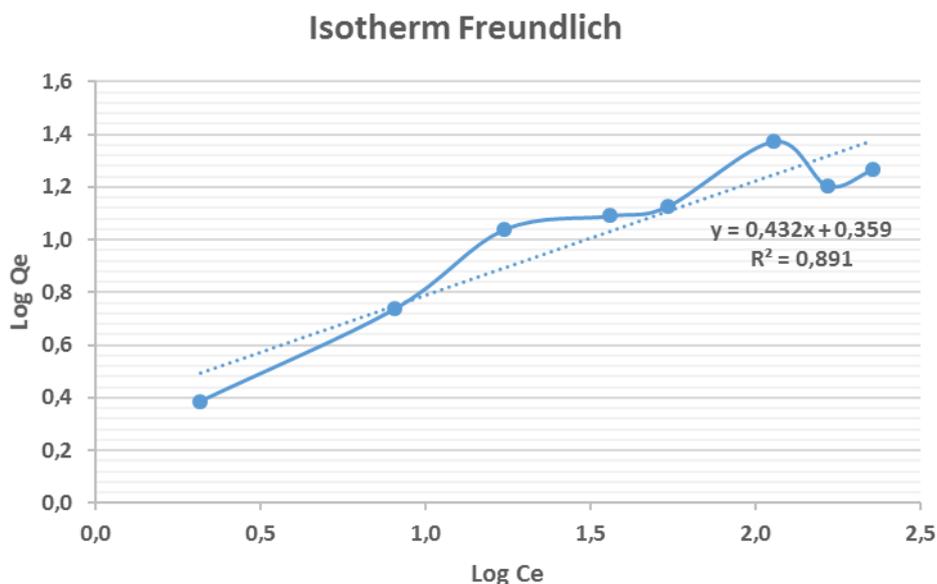
Adapun perhitungan dari persamaan pemodelan Isotherm Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut dan Lampiran III.E:

**Tabel 4.7** Perhitungan Untuk Mencari Nilai Konstanta Freundlich Biosorben Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Biosorben Tanpa Aktivasi									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih ( $\Delta C$ )	Removal (%)	Freundlich		
							Qe	Log Qe	Log Ce
10	200	50	11,8	2,1	9,8	82,4	2,44	0,39	0,32
25	200	50	30,0	8,1	21,9	73,0	5,48	0,74	0,91
50	200	50	61,0	17,3	43,7	71,6	10,93	1,04	1,24
75	200	50	85,5	36,2	49,3	57,6	12,31	1,09	1,56
100	200	50	107,8	54,3	53,5	49,7	13,38	1,13	1,73
150	200	50	208,8	114,2	94,7	45,3	23,66	1,37	2,06
200	200	50	229,9	165,8	64,1	27,9	16,02	1,20	2,22
250	200	50	300,0	226,4	73,6	24,5	18,41	1,26	2,35

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari perhitungan tersebut didapat nilai Log qe dan Log Ce yang nantinya di plot untuk membuat grafik persamaan linear Isotherm Freundlich (contoh perhitungan pada Lampiran III.E), dimana akan didapat nilai  $R^2$  dari persamaan tersebut yang berguna untuk menentukan model Isotherm dari adsorpsi *Baglog* tanpa aktivasi terhadap ion logam Kadmium. Grafik persamaan linear dari Isotherm freundlich tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut:



**Gambar 4.11** Grafik Persamaan Isotherm Freundlich *Baglog* Tanpa Aktivasi

(Sumber: Data Primer, 2016)

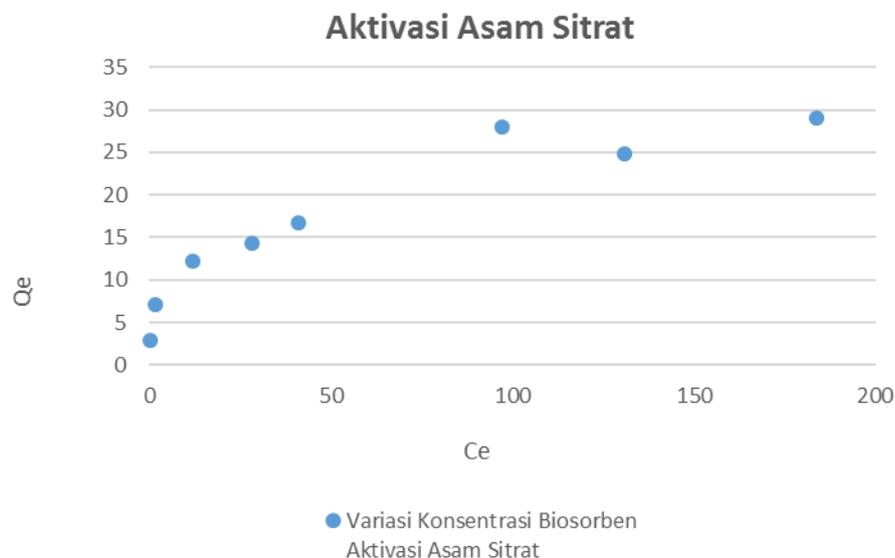
Dari grafik di atas terdapat persamaan linear Isotherm Freundlich dari *Baglog* tanpa aktivasi dengan nilai  $R^2 = 0,891$ . Dari hal itu maka dapat disimpulkan bahwa pemodelan dengan Isotherm Langmuir lebih cocok dengan adsorpsi yang terjadi pada ion logam Kadmium oleh *Baglog* tanpa aktivasi dimana nilai  $R^2 = 0,983$  yang lebih mendekati 1. Sehingga dari hal tersebut dapat dicari kapasitas maksimum adsorpsi biosorben *Baglog* tanpa aktivasi terhadap ion logam Kadmium dengan hasil dari pemodelan Isotherm Langmuir.

Pada perhitungan pemodelan Isotherm Langmuir terhadap *Baglog* teraktivasi, data dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut dan Lampiran III.E.

**Tabel 4.8** Perhitungan Untuk Mencari Nilai Konstanta Langmuir Biosorben Teraktivasi

Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi Asam Sitrat									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih ( $\Delta C$ )	Removal (%)	Langmuir		
							Qe	1/Qe	1/Ce
10	200	50	11,8	0,4	11,5	96,9	2,87	0,35	2,70
25	200	50	30,0	1,7	28,3	94,5	7,08	0,14	0,60
50	200	50	61,0	11,9	49,1	80,5	12,29	0,08	0,08
75	200	50	85,5	28,4	57,1	66,8	14,26	0,07	0,04
100	200	50	107,8	41,2	66,6	61,8	16,65	0,06	0,02
150	200	50	208,8	97,1	111,7	53,5	27,93	0,04	0,01
200	200	50	229,9	130,9	99,0	43,1	24,75	0,04	0,01
250	200	50	300,0	183,8	116,3	38,8	29,06	0,03	0,01

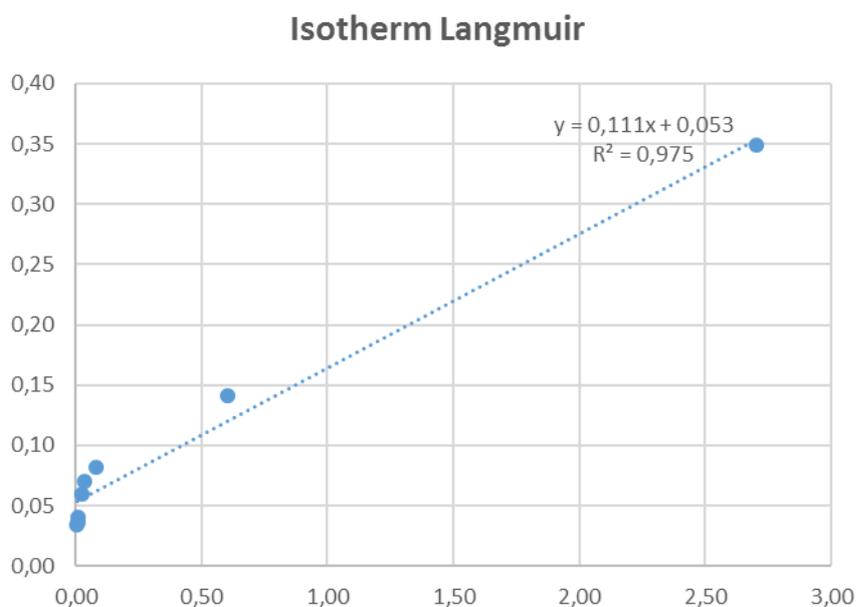
(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.12** Keseimbangan Isotherm Langmuir

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari perhitungan tersebut didapat nilai  $1/q_e$  dan  $1/C_e$  yang nantinya di plot untuk membuat grafik persamaan linear Isotherm Langmuir, dimana akan didapat nilai  $R^2$  dari persamaan tersebut yang berguna untuk menentukan model Isotherm dari adsorpsi *Baglog* terhadap ion logam Kadmium (contoh perhitungan pada Lampiran III.E). Grafik persamaan linear dari Isotherm Langmuir tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut:



**Gambar 4.13** Grafik Persamaan Isotherm Langmuir *Baglog* Teraktivasi

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari grafik di atas terdapat persamaan linear Isotherm Langmuir dari *Baglog* teraktivasi dengan nilai  $R^2 = 0,975$  dan konstanta yang nantinya akan di bandingkan dengan nilai  $R^2$  dari persamaan linear Isotherm Freundlich.

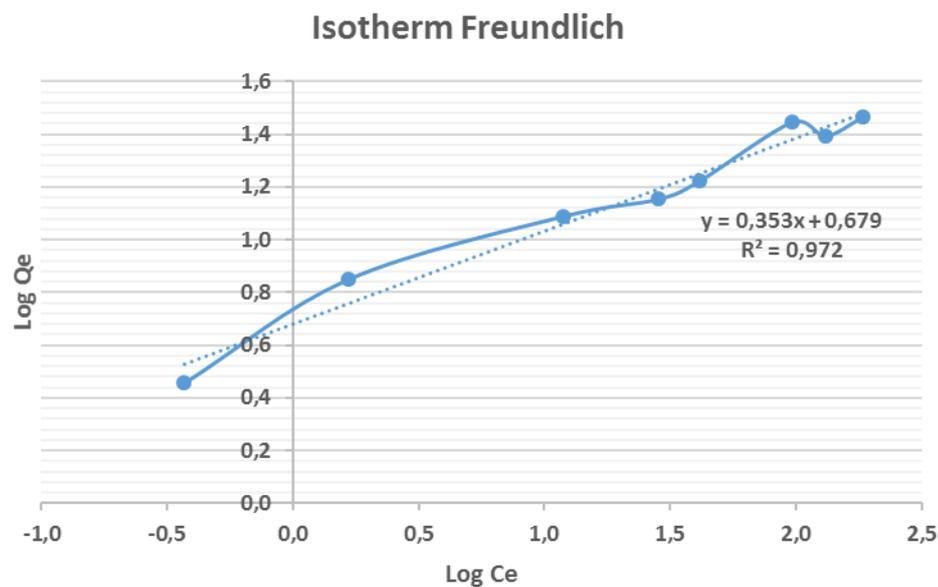
Adapaun perhitungan dari persamaan pemodelan Isotherm Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut dan Lampiran III.E:

**Tabel 4.9** Perhitungan Untuk Mencari Nilai Konstanta Freundlich Biosorben Teraktivasi

Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi Asam Sitrat									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Removal (%)	Freundlich		
							Qe	Log Qe	Log Ce
10	200	50	11,8	0,4	11,5	96,9	2,87	0,46	-0,43
25	200	50	30,0	1,7	28,3	94,5	7,08	0,85	0,22
50	200	50	61,0	11,9	49,1	80,5	12,29	1,09	1,08
75	200	50	85,5	28,4	57,1	66,8	14,26	1,15	1,45
100	200	50	107,8	41,2	66,6	61,8	16,65	1,22	1,61
150	200	50	208,8	97,1	111,7	53,5	27,93	1,45	1,99
200	200	50	229,9	130,9	99,0	43,1	24,75	1,39	2,12
250	200	50	300,0	183,8	116,3	38,8	29,06	1,46	2,26

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari perhitungan tersebut didapat nilai Log  $q_e$  dan Log  $C_e$  yang nantinya di plot untuk membuat grafik persamaan linear Isotherm Freundlich (contoh perhitungan pada Lampiran III.E), dimana akan didapat nilai  $R^2$  dari persamaan tersebut yang berguna untuk menentukan model Isotherm dari adsorpsi *Baglog* teraktivasi terhadap ion logam Kadmium. Grafik persamaan linear dari Isotherm freundlich tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut:



**Gambar 4.14** Grafik Persamaan Isotherm Freundlich *Baglog* Teraktivasi

(Sumber: Data Primer, 2016)

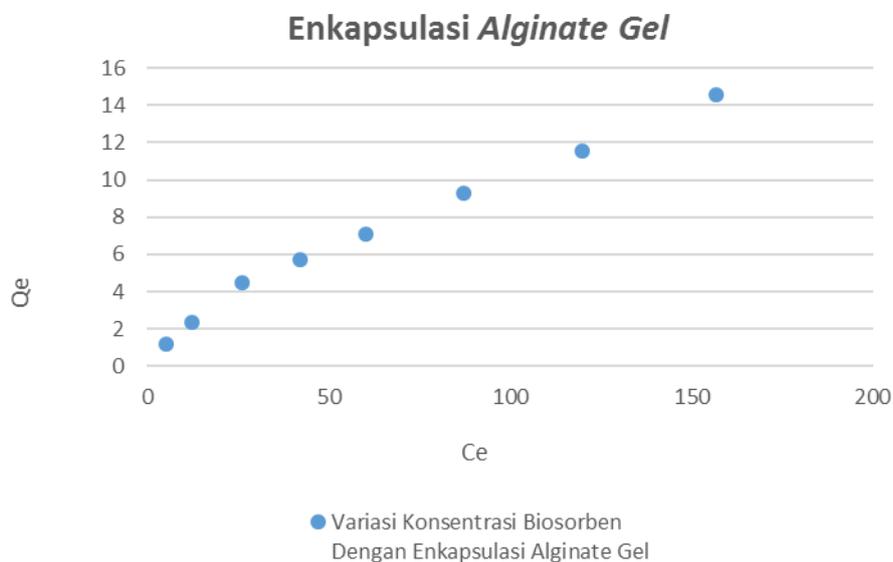
Dari grafik di atas terdapat persamaan linear Isotherm Freundlich dari *Baglog* teraktivasi dengan nilai  $R^2 = 0,972$ . Dari hal itu maka dapat disimpulkan bahwa pemodelan dengan Isotherm Langmuir lebih cocok dengan adsorpsi yang terjadi pada ion logam Kadmium oleh *Baglog* teraktivasi dimana nilai  $R^2 = 0,975$  yang lebih mendekati 1. Sehingga dari hal tersebut dapat dicari kapasitas maksimum adsorpsi biosorben *Baglog* teraktivasi terhadap ion logam Kadmium dengan hasil dari pemodelan Isotherm Langmuir.

Pada perhitungan pemodelan Isotherm Langmuir terhadap *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel*, data dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut dan Lampiran III.E.

**Tabel 4.10** Perhitungan Untuk Mencari Nilai Konstanta Langmuir Biosorben *Baglog* dengan Enkapsulasi *Alginate Gel*

Variasi Konsentrasi Biosorben Dengan Enkapsulasi Alginate Gel									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C <sub>0</sub> )	Konsentrasi Akhir (C <sub>e</sub> )	Selisih (ΔC)	Removal (%)	Langmuir		
							Q <sub>e</sub>	1/Q <sub>e</sub>	1/C <sub>e</sub>
10	290	50	11,8	5,1	6,7	56,9	1,16	0,86	0,20
25	290	50	26,0	12,2	13,8	53,1	2,38	0,42	0,08
50	290	50	52,0	26,2	25,8	49,6	4,45	0,22	0,04
75	290	50	75,0	42,0	33,0	44,0	5,69	0,18	0,02
100	290	50	101,0	60,1	40,9	40,5	7,05	0,14	0,02
150	290	50	141,0	87,2	53,8	38,2	9,28	0,11	0,01
200	290	50	187,0	120,0	67,0	35,8	11,55	0,09	0,01
250	290	50	241,6	157,0	84,6	35,0	14,59	0,07	0,01

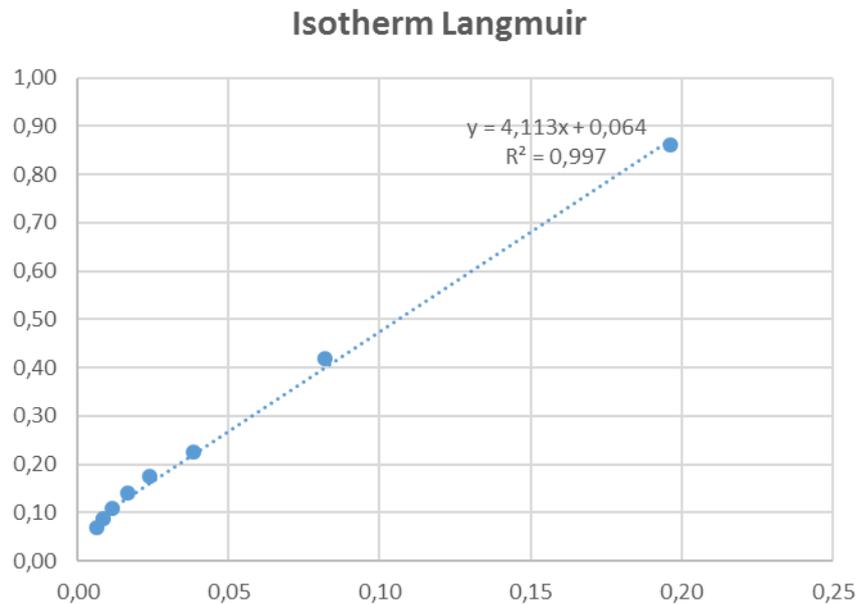
(Sumber: Data Primer, 2016)



**Gambar 4.15** Kesetimbangan Isotherm Langmuir

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari perhitungan tersebut didapat nilai  $1/q_e$  dan  $1/C_e$  yang nantinya di plot untuk membuat grafik persamaan linear Isotherm Langmuir, dimana akan didapat nilai  $R^2$  dari persamaan tersebut yang berguna untuk menentukan model Isotherm dari adsorpsi *Baglog* terhadap ion logam Kadmium (contoh perhitungan pada Lampiran III.E). Grafik persamaan linear dari Isotherm Langmuir tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut:



**Gambar 4.16** Grafik Persamaan Isotherm Langmuir *Baglog* dengan Enkapsulasi *Alginate Gel*

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari grafik di atas terdapat persamaan linear Isotherm Langmuir dari *Baglog* teraktivasi dengan nilai  $R^2 = 0,997$  dan konstanta yang nantinya akan di bandingkan dengan nilai  $R^2$  dari persamaan linear Isotherm Freundlich.

Adapaun perhitungan dari persamaan pemodelan Isotherm Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut dan Lampiran III.E:

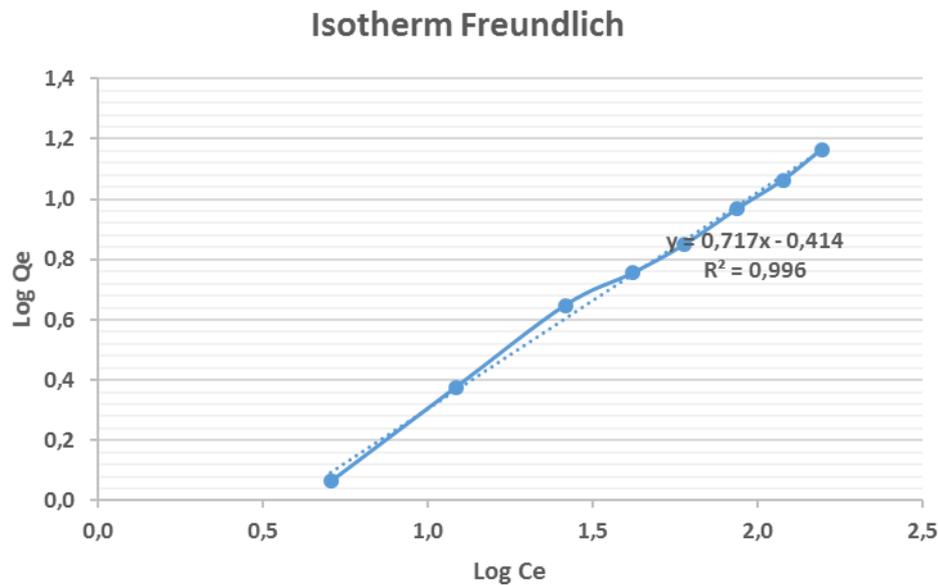
**Tabel 4.11** Perhitungan Untuk Mencari Nilai Konstanta Freundlich Biosorben *Baglog* dengan Enkapsulasi *Alginate Gel*

Variasi Konsentrasi Biosorben Dengan Enkapsulasi Alginate Gel									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C <sub>0</sub> )	Konsentrasi Akhir (C <sub>e</sub> )	Selisih (ΔC)	Removal (%)	Freundlich		
							Q <sub>e</sub>	Log Q <sub>e</sub>	Log C <sub>e</sub>
10	290	50	11,8	5,1	6,7	56,9	1,16	0,07	0,71
25	290	50	26,0	12,2	13,8	53,1	2,38	0,38	1,09
50	290	50	52,0	26,2	25,8	49,6	4,45	0,65	1,42
75	290	50	75,0	42,0	33,0	44,0	5,69	0,76	1,62
100	290	50	101,0	60,1	40,9	40,5	7,05	0,85	1,78
150	290	50	141,0	87,2	53,8	38,2	9,28	0,97	1,94
200	290	50	187,0	120,0	67,0	35,8	11,55	1,06	2,08
250	290	50	241,6	157,0	84,6	35,0	14,59	1,16	2,20

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari perhitungan tersebut didapat nilai Log q<sub>e</sub> dan Log C<sub>e</sub> yang nantinya di plot untuk membuat grafik persamaan linear Isotherm Freundlich (contoh perhitungan pada Lampiran III.E), dimana akan didapat nilai  $R^2$  dari persamaan

tersebut yang berguna untuk menentukan model Isotherm dari adsorpsi *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel* terhadap ion logam Kadmium. Grafik persamaan linear dari Isotherm freundlich tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut:



**Gambar 4.17** Grafik Persamaan Isotherm Freundlich *Baglog* dengan Enkapsulasi *Alginate Gel*

(Sumber: Data Primer, 2016)

Dari grafik di atas terdapat persamaan linear Isotherm Freundlich dari *Baglog* teraktivasi dengan nilai  $R^2 = 0,996$ . Dari hal itu maka dapat disimpulkan bahwa pemodelan dengan Isotherm Langmuir lebih cocok dengan adsorpsi yang terjadi pada ion logam Kadmium oleh *Baglog* teraktivasi dimana nilai  $R^2 = 0,997$  yang lebih mendekati 1. Sehingga dari hal tersebut dapat dicari kapasitas maksimum adsorpsi biosorben *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel* terhadap ion logam Kadmium dengan hasil dari pemodelan Isotherm Langmuir.

Kemampuan maksimum adsorpsi dari hasil penelitian biosorben *Baglog* baik yang tanpa aktivasi, teraktivasi, maupun biosorben dengan enkapsulasi *Alginate Gel* dapat diketahui dari mekanisme pemodelan Isotherm Langmuir dan Freundlich. Hasil yang didapat pada persamaan kedua pemodelan menunjukkan nilai maksimum kapasitas adsorpsi biosorben *Baglog* ( $q_m$ ) dan nilai maksimum kapasitas adsorpsi biosorben *Baglog* ( $K_f$ ). Adapun data dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut:

**Tabel 4.12** Mekanisme Isotherm Adsorpsi Biosorben *Baglog*

Biosorben	Langmuir		Freundlich	
	Qm (mg/g)	R <sup>2</sup>	Kf (mg/g)	R <sup>2</sup>
Tanpa Aktivasi	17,65	0,984	1,43	0,891
Aktivasi Asam Sitrat	18,80	0,976	1,97	0,973
Enkapsulasi <i>Alginate Gel</i>	15,64	0,997	0,72	0,996

(Sumber: Data Primer, 2016)

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa kapasitas adsorpsi dari pemodelan Isotherm Langmuir untuk biosorben *Baglog* dengan berat 200 mg, pH 8, waktu kontak 120 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm menunjukkan *Baglog* tanpa aktivasi adalah 17,65 mg/g, *Baglog* teraktivasi adalah 18,80 mg/g, dan *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel* adalah 15,64 mg/g. Pada penelitian ini menurut pemodelan yang dilakukan bahwa adsorpsi yang terjadi oleh biosorben *Baglog* baik yang tanpa aktivasi, teraktivasi, maupun biosorben dengan enkapsulasi *Alginate Gel* menunjukkan kecenderungan mengikuti model adsorpsi Isotherm Langmuir dimana nilai R<sup>2</sup> lebih mendekati 1 dibandingkan dengan nilai R<sup>2</sup> dari Isotherm Freundlich. Model adsorpsi Isotherm Langmuir menekankan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben dengan asumsi molekul diadsorpsi oleh *site* (tempat terjadinya reaksi di permukaan adsorben) yang tetap, setiap *site* dapat memegang satu molekul adsorbat, semua *site* mempunyai energy yang sama, dan tidak ada interaksi antar molekul yang teradsorpsi dengan *site* sekitarnya (Ruthven, 1984).

Kesimpulan dari kemampuan *Baglog* dalam penyerapan ion logam Kadmium pada air disebabkan peran gugus fungsi O-H dan C-O yang ada pada *Baglog*. Adanya gugus O-H menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben, sehingga selulosa lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar. Mekanisme serapan yang terjadi antara gugus O-H yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif merupakan mekanisme pertukaran ion. Adanya interaksi gugus O-H dengan ion logam disebabkan mekanisme pembentukan kompleks koordinasi oleh atom oksigen pada gugus O-H

dimana memiliki pasangan elektron bebas dan ion-ion Cd akan berinteraksi kuat dengan anion yang bersifat basa kuat seperti O-H (Mohamad, 2011). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi *Baglog* tanpa aktivasi maupun teraktivasi lebih tinggi dibandingkan *Baglog* dengan enkapsulasi *Alginate Gel*, disebabkan *polymer* yang ada pada *Alginate Gel* menutupi sebagian gugus fungsi yang ada pada biosorben *Baglog* sehingga O-H yang ada pada biosorben *Baglog* tidak mampu mengikat ion logam Kadmium secara optimum, namun dengan enkapsulasi *Alginate Gel* dapat memudahkan pemisahan biosorben *Baglog* dari larutan sehingga lebih efisien dalam menyerap ion logam Kadmium pada permukaan air.