

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **1.1. Penjelasan umum**

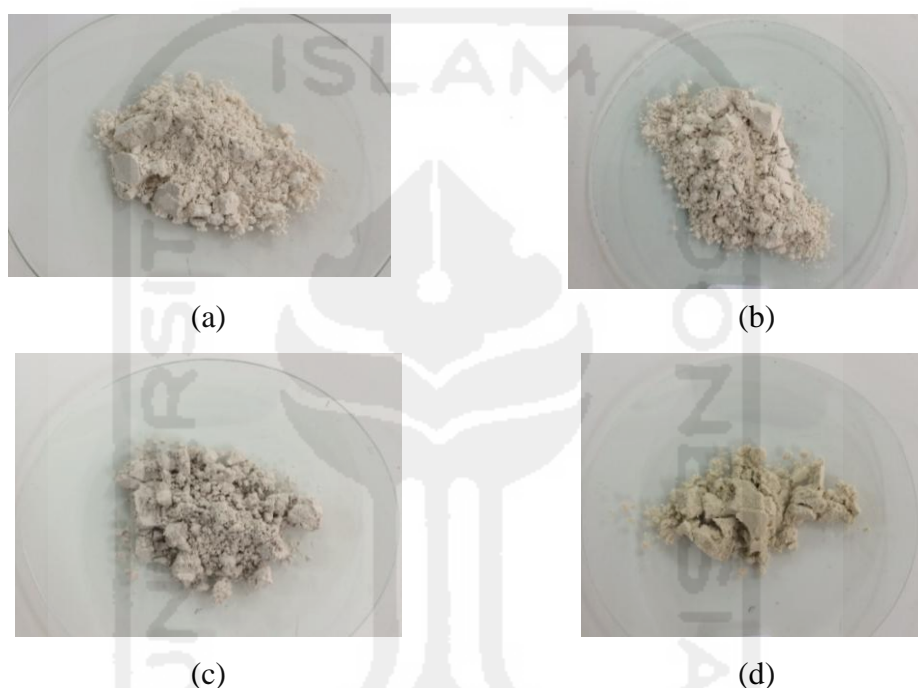
Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah cangkang gonggong menjadi adsorben terhadap logam berat kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) buatan dengan konsentrasi 10 ppm. Metode pengujian untuk mendapatkan keadaan optimum penyerapan yaitu dengan pengujian variasi dosis, waktu kontak dan optimasi derajat keasaman (pH) berdasarkan variabel yang sudah ditentukan.

Pada awal penelitian limbah cangkang gonggong dikumpulkan dari berbagai tempat makan, sehingga proses pembersihan diperlukan agar material selain cangkang gonggong tidak ikut masuk dalam proses identifikasi. Setelah kering, proses penghalusan dilakukan untuk memperbesar luas permukaan adsorben. Kemudian, cangkang gonggong yang lolos pengayakan akan di aktivasi pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$  dan  $800^{\circ}\text{C}$ , dilanjutkan dengan proses identifikasi material cangkang gonggong menggunakan alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui perbedaan kandungan antara adsorben yang sudah dilakukan aktivasi suhu optimum maupun tanpa aktivasi.

Pada tahap akhir, metode pengujian yang dilakukan dalam mendapatkan dosis, waktu dan pH optimum pada penyerapan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) buatan akan digunakan untuk mengetahui efisiensi kemampuan adsorben pada variasi konsentrasi berdasarkan variabel yang sudah ditentukan mengacu pada SNI 6989.16:2009 tentang Cara Uji Kadmium (Cd) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala. Selanjutnya, melakukan perhitungan pemodelan isoterm Langmuir dan Freundlich untuk mengetahui penyerapan maksimum pada adsorben limbah cangkang gonggong terhadap logam berat kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) buatan.

## 1.2. Persiapan Adsorben Limbah Cangkang Gonggong

Dari hasil pemanasan adsorben pada variasi suhu 110°C, 500°C, 800°C dan tanpa aktivasi menghasilkan karakteristik adsorben yang berbeda – beda. Hal ini terlihat dari segi warna dan bentuknya. Proses aktivasi suhu dilakukan untuk memperbesar pori hingga mampu menyerap senyawa – senyawa seperti logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ).



**Gambar 4.1.** a. Adsorben tanpa aktivasi; b. Adsorben teraktivasi suhu 110°C; Adsorben teraktivasi suhu 500°C; d. Adsorben teraktivasi 800°C

(Sumber : Data Primer, 2016)

Adsorben yang dihasilkan pada suhu aktivasi 110°C memiliki karakteristik dan warna yang sama dengan warna sebelum pemanasan, memiliki bentuk berupa butiran – butiran halus. Hal ini disebabkan belum terjadinya proses kalsinasi – karbonasi, serta belum terjadi perubahan komposisi sifat dari cangkang kerang itu sendiri masih sama dengan hasil sebelum pemanasan.

Adsorben yang dihasilkan pada suhu aktivasi 500°C memiliki karakteristik warna yang berbeda dengan warna sebelum pemanasan yaitu abu

kehitaman yang merupakan hasil dari proses karbonasi. Setelah pemanasan didalam furnace adsorben mengeras dan setelah didinginkan strukturnya menjadi rapuh sehingga mudah untuk dipecahkan menjadi butiran halus.

Proses karbonasi adalah proses yang bersifat reversibel dimana proses ini merupakan pengabuan zat. Proses karbonasi dilakukan diantara suhu 400 – 900°C. Selanjutnya, proses kalsinasi pada limbah cangkang gonggong adalah proses untuk memperbesar ukuran dan distribusi pori dengan suhu proses dilaksanakan pada 800 – 1200°C (Ryan, 2008). Dalam Nor, dkk (2012) adapun reaksi karbonasi eksotermik sebagai berikut;  $\text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \leftrightarrow \text{CaCO}_{3(s)}$ . Selanjutnya reaksi yang terjadi pada proses kalsinasi endotermik sebagai berikut;  $\text{CaCO}_{3(s)} \leftrightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$ .

Pada aktivasi limbah cangkang gonggong suhu 800°C telah terjadi proses kalsinasi, hal ini terlihat dari tidak adanya lagi adsorben yang berwarna kehitaman akibat pemanasan. Adsorben yang diaktivasi pada suhu 800°C memiliki karakteristik berwarna putih tulang dan berstruktur seperti lempung. Setelah proses pirolisa, adsorben pada suhu 800°C mengeras dan bersifat rapuh setelah dingin sehingga mudah dipecahkan menjadi butiran halus.

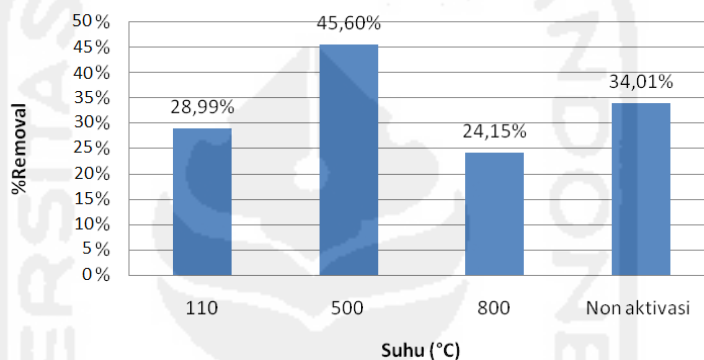
### 1.3. Uji Aktivasi Suhu Optimum

Pada uji aktivasi suhu optimum dilakukan percobaan dengan dosis awal 50 mg adsorben cangkang gonggong aktivasi suhu 110°C, 500°C, 800°C dan tanpa aktivasi yang dimasukkan kedalam gelas beker 250 ml yang berisi larutan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) konsentrasi 10 ppm sebanyak 50 ml pada kondisi equilibrium yaitu pH 6 dengan pengaturan pH menggunakan larutan NaOH dan  $\text{HNO}_3$ . Pengadukan selama 120 menit dengan kecepatan 150 rpm. Kemudian, lakukan penyaringan untuk memisahkan adsorben dengan larutan sebelum pengujian AAS.

**Tabel 4.1.** Data Uji Aktivasi Suhu Adsorben Gonggong

Aktivasi Suhu						
Suhu	Massa (g)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
110	0,05	10,35	7,35	28,99%	6,05	7,20
500	0,05	10,35	5,63	45,60%	6,05	7,29
800	0,05	10,35	7,85	24,15%	6,04	7,45
Non aktivasi	0,05	10,35	6,83	34,01%	6,05	7,72
Control		10,35	10,35	0,00%	6,04	7,39

(Sumber : Data Primer, 2016)

**Gambar 4.2.** Grafik Uji Aktivasi Suhu Adsorben Gonggong

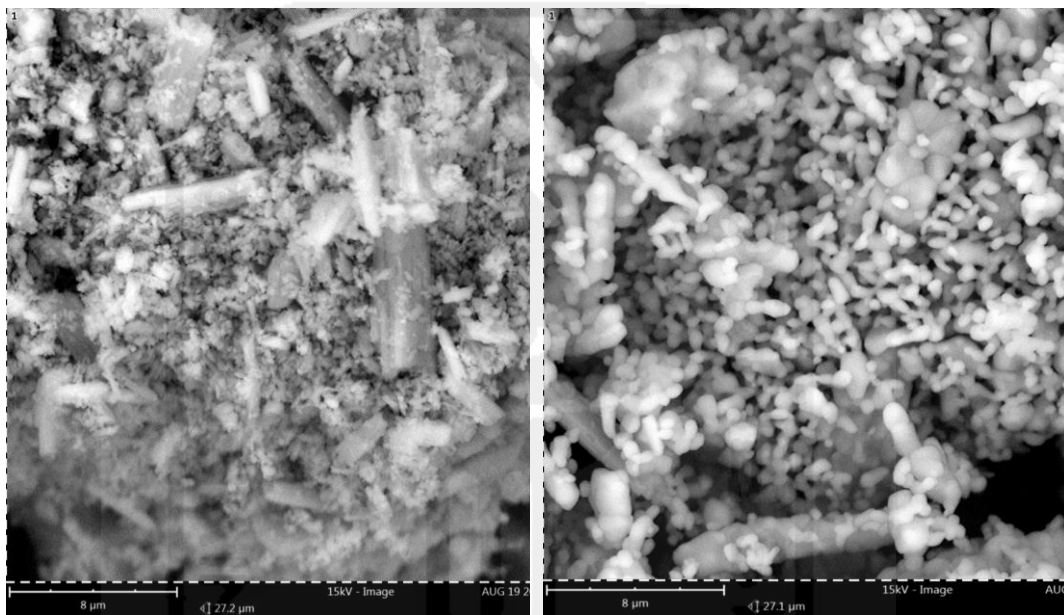
(Sumber : Data Primer, 2016)

Dari hasil uji aktivasi suhu adsorben gonggong penyerapan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) optimum berada pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  dilihat dari Gambar 4.2 dengan presentasi yang lebih baik dari suhu  $110^{\circ}\text{C}$ ,  $800^{\circ}\text{C}$  dan tanpa aktivasi. Hal ini pengaruh dari proses aktivasi suhu dimana pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben sehingga pori-pori adsorben lebih terbuka dan jumlah logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang terserap akan meningkat namun pemanasan yang terlalu tinggi pada suhu  $800^{\circ}\text{C}$  menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun karena peningkatan suhu diatas suhu spesifiknya akan memutuskan ikatan antara ion logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) dengan permukaan adsorben. Kenaikan daya adsorpsi pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  karena aktivasi suhu yang digunakan berada pada suhu spesifik pada ion logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ).

## 1.4. Karakterisasi Adsorben Limbah Cangkang Gonggong

### 1.4.1. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi adsorben cangkang gonggong aktivasi dan tanpa aktivasi. Perubahan yang terjadi pada adsorben cangkang gonggong aktivasi suhu 500°C dan tanpa aktivasi ditunjukkan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3.** Adsorben Cangkang Gonggong Tanpa Aktivasi (Kiri) dan Aktivasi Suhu 500°C (Kanan)

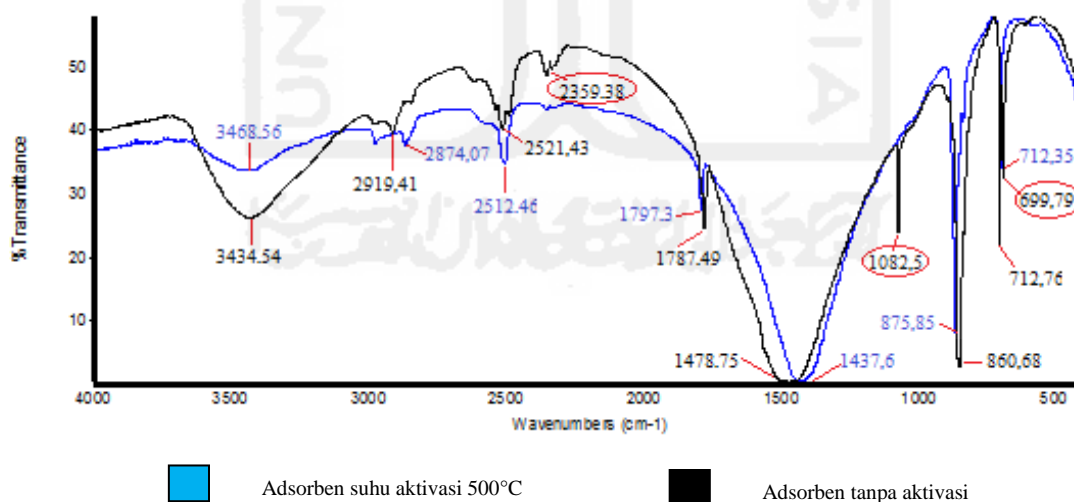
(Sumber : Data Primer, 2016)

Berdasarkan Gambar 4.3. perbedaan morfologi adsorben cangkang gonggong tanpa aktivasi dan aktivasi suhu 500°C terlihat pada banyaknya pori – pori yang terbentuk dari proses aktivasi suhu 500°C yang tidak terlihat pada proses tanpa aktivasi.

#### 1.4.2. Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Adsorben yang digunakan pada penelitian berupa limbah cangkang gonggong. Proses pembuatan adsorben cangkang gonggong melalui tahap penghalusan dan penyaringan 140 mesh dan kemudian dipanaskan menggunakan furnace pada suhu 110°C, 500°C dan 800°C selama 4 jam. Metode yang digunakan dalam pengaktifan yaitu aktivasi suhu bertujuan memperluas permukaan, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi pengotor pada adsorben. Sebelum karakterisasi, adsorben limbah cangkang gonggong aktivasi suhu 110°C, 500°C, 800°C dan tanpa aktivasi melewati uji suhu aktivasi optimum terlihat pada Tabel 4.1. Dari pengujian tersebut diperoleh suhu optimum 500°C yang akan dikarakterisasi untuk mengetahui gugus – gugus yang terkandung. Hasil dari analisis FTIR pada adsorben gonggong suhu aktivasi 500°C maupun tanpa aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.2.

**Gambar 4.4.** Analisis Overlay Adsorben Cangkang Gonggong Aktivasi Suhu 500°C dan tanpa aktivasi



(Sumber : Data Primer, 2016)

Hasil dari uji FTIR pada Gambar 4.3 menunjukkan adanya gugus fungsi yang hilang pada gonggong aktivasi suhu 500 yaitu phosphines ( $C \equiv N$ ), aliphatic

ethers (C – O) dan carboxylic acids (C – H) dikarenakan proses aktivasi suhu yang berlangsung. Serta terjadi peningkatan pada carbonyl compounds (C = O) dan aliphatic compounds (C-H). Dengan adanya peningkatan frekuensi gugus fungsi maka kemampuan menyerap ion positif seperti Cd (II), Cu (III) dan Ni (II) semakin meningkat dibandingkan tanpa aktivasi. Selain itu, terlihat pita dari gugus OH muncul dibilangan gelombang 3468,56 adsorben aktivasi suhu 500 dan 3434,54 tanpa aktivasi. Gugus OH dengan puncak yang tajam merupakan karakteristik dari CaO (Ruiz, dkk. 2009). Adanya gugus OH dari Ca(OH)<sub>2</sub> dengan karakteristik puncak yang tajam dimungkinkan berasal dari molekul air yang teradsorb pada permukaan CaO, di mana CaO dikenal bersifat higroskopis sehingga sangat mudah menyerap uap air dari udara (Grandos, dkk. 2007).

**Tabel 4.2.** Interpretasi Gugus Fungsi FTIR Cangkang Gonggong

Range Frekuensi (cm <sup>-1</sup> )	Frekuensi (cm <sup>-1</sup> ) Gonggong Tanpa Aktivasi	Frekuensi (cm <sup>-1</sup> ) Gonggong Aktivasi	Gugus	Senyawa
3520 - 3320	3434,54	3468,56	NH <sub>2</sub>	Primary Amides
2990 - 2850	2919,41	2874,07	CH <sub>3</sub> and CH <sub>2</sub>	Aliphatic compounds
2750 - 2350	2521,43	2512,46	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Amines hydrohalides
2410 - 2280	2359,38		PH	Phosphines
1870 - 1650	1787,49	1797,32	C = O	Carbonyl compounds
1440 - 1400		1437,65	OH	Carboxylic compounds
1565 - 1475	1478,75		NH	Secondary amides
1150 - 1070	1082,54		C - O - C	Aliphatic ethers
890 - 805	860,68	875,85	1,2,4	trisubst benzenes
720 - 600	712,76	712,76	Ar - OH	Phenols
700 - 590	699,79		O - C = O	Carboxylic acids

(Sumber : Joseph B. Lambert, dkk. *Introduction to organic spectroscopy*, Macmilan Publ. N. Y (1987))

### 1.5. Uji Massa Optimum

Dalam uji massa optimum dilakukan variasi dosis 50, 100, 200, 300, dan 400 mg adsorben cangkang gonggong. Kemudian dimasukan kedalam gelas beker 250 ml yang berisi larutan logam kadmium (Cd<sup>2+</sup>) konsentrasi 10 ppm sebanyak 50 ml dengan pengaturan pH 6 menggunakan larutan NaOH dan HNO<sub>3</sub> dengan waktu pengadukan selama 120 menit pada kecepatan 150 rpm. Kemudian,

lakukan penyaringan untuk memisahkan adsorben dengan larutan sebelum pengujian AAS untuk mengetahui sisa logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang ada pada larutan. Cara kerja diatas dilakukan baik untuk aktivasi maupun tanpa aktivasi pada adsorben cangkang gonggong.

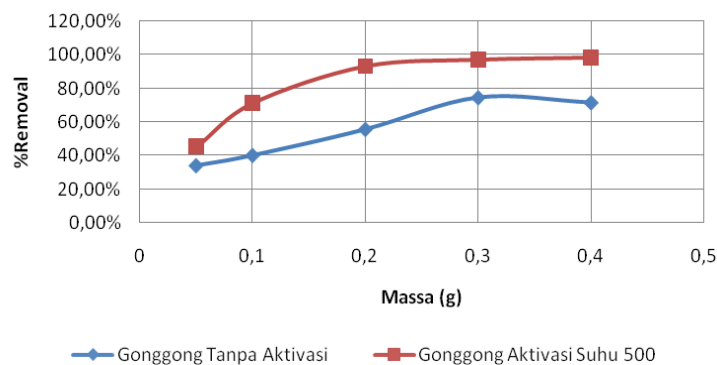
**Tabel 4.3.** Data Uji Massa Adsorben Gonggong

<b>Gonggong Tanpa Aktivasi</b>						
<b>No.</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>	<b>% Removal</b>
1	0,05	10,35	6,83	6,05	7,72	34,01%
2	0,1	10,35	6,20	6,01	7,73	40,10%
3	0,2	10,35	4,60	6,06	7,53	55,56%
4	0,3	10,35	2,65	6,06	7,46	74,40%
5	0,4	10,35	2,96	6,01	7,14	71,40%
<b>Gonggong Aktivasi Suhu 500</b>						
<b>No</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>	<b>% Removal</b>
1	0,05	9,07	4,97	6,05	7,20	45,20%
2	0,1	9,07	2,61	6,05	7,29	71,22%
3	0,2	9,07	0,63	6,04	7,45	93,05%
4	0,3	9,07	0,27	6,04	7,35	96,96%
5	0,4	9,07	0,16	6,04	7,39	98,17%

(Sumber : Data Primer, 2016)

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.5 diketahui daya adsorpsi terbesar pada massa 0,3 gram pada adsorben tanpa aktivasi dengan removal 74,40% dan 0,2 gram pada adsorben suhu aktivasi dengan removal 93,05%. Jika dilihat dari jumlah logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang terserap pada tiap variasi massa yang dilakukan, maka semakin berat massa adsorben maka jumlah logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang terserap semakin banyak dapat diartikan efsiensinya semakin tinggi.





**Gambar 4.5.** Grafik Uji Massa Adsorben Gonggong

(Sumber : Data Primer, 2016)

Terjadinya penurunan daya adsorpsi pada massa 0,4 gram adsorben tanpa aktivasi disebabkan konsentrasi logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang terserap pada permukaan adsorben limbah cangkang gonggong lebih besar dibandingkan konsentrasi logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang tersisa dalam larutan. Perbedaan konsentrasi tersebut menyebabkan ion logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang sudah terikat pada adsorben limbah cangkang gonggong akan terdesorpsi kembali ke dalam larutan. Perbedaan konsentrasi awal terjadi dikarenakan inlet yang digunakan berbeda dari sebelumnya sehingga tingkat ketelitian dan waktu pengecekan AAS berbeda. Pada pengujian selanjutnya, massa yang digunakan sebanyak 200 mg dengan tingkat kemampuan adsorben aktivasi sudah mencapai 90% dan 50% tanpa aktivasi, selain itu akan lebih ekonomis dalam jumlah penggunaan adsorben gonggong.

### 1.6. Uji pH Optimum

Pengujian pH optimum dilakukan dengan 5 variasi pH yaitu 4, 5, 6, 7 dan 8 dengan pengaturan pH menggunakan larutan NaOH dan  $\text{HNO}_3$  dengan waktu pengadukan selama 120 menit pada kecepatan 150 rpm. Sebelumnya, dosis optimum 200 mg dimasukkan kedalam beker 250 ml yang berisi larutan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) konsentrasi 10 ppm sebanyak 50 ml selanjutnya pH diatur sesuai variasi yang direncanakan. Kemudian, lakukan penyaringan untuk memisahkan adsorben dengan larutan sebelum pengujian AAS untuk mengetahui sisa logam

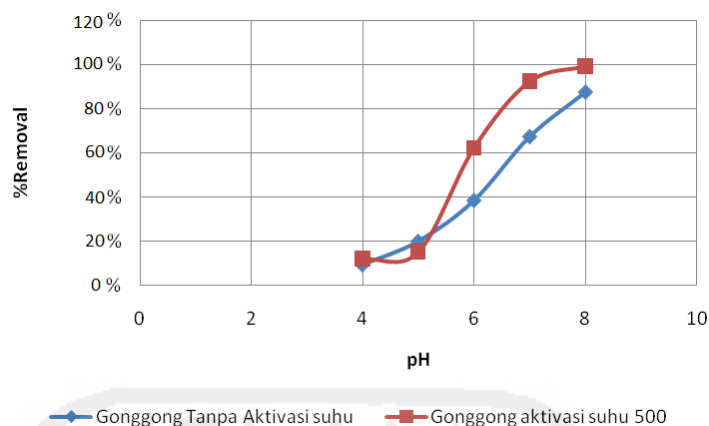
kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang ada pada larutan. Cara kerja diatas dilakukan baik untuk aktivasi maupun tanpa aktivasi pada adsorben cangkang gonggong.

**Tabel 4.4.** Data Uji pH Optimum Adsorben Gonggong

<b>Gonggong Tanpa Aktivasi suhu</b>							
No	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,2	4	4,02	6,18	11,49	10,40	9,49%
2	0,2	5	5,02	6,68	11,49	9,18	20,10%
3	0,2	6	6,00	7,04	11,49	7,06	38,56%
4	0,2	7	7,01	7,57	11,49	3,75	67,36%
5	0,2	8	8,01	8,08	11,49	1,44	87,47%
<b>Gonggong aktivasi suhu 500</b>							
No.	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,2	4	4,00	6,00	11,49	10,10	12,10%
2	0,2	5	5,02	6,27	11,49	9,73	15,32%
3	0,2	6	6,01	6,80	11,49	4,33	62,32%
4	0,2	7	7,01	7,65	11,49	0,88	92,34%
5	0,2	8	8,00	8,23	11,49	0,08	99,30%

(Sumber : Data Primer, 2016)

Pada pengujian dilakukan pengecekan nilai pH larutan setiap 30 menit agar tetap stabil dengan nilai atau range pH yang diinginkan namun pH akhir 4 dan 5 yang dibaca tidak masuk dalam range karena adsorben gonggong mengandung banyak kalsium ( $\text{CaO}$ ) dan bersifat basa. Apabila pH larutan sesuai dengan range yang ditetapkan kurang dari 6 maka interaksi ion logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) dengan adsorben limbah cangkang gonggong tidak optimal karena akan menyebabkan terjadinya persaingan kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) dengan ion  $\text{H}^+$ . Kecilnya prosentase ion logam kadmium ( $\text{Cd}$ ) yang teradsorpsi pada pH asam yaitu 4 dan 5 disebabkan oleh protonasi yang berlebihan pada permukaan adsorben.



**Gambar 4.6.** Grafik Uji pH Adsorben Gonggong

(Sumber : Data Primer, 2016)

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi pH maka semakin tinggi penyerapan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) namun tinggi penyerapan dapat terjadi dikarenakan terjadinya pengendapan akibat pH mendekati netral atau sedikit alkalis, karena ion kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) dapat membentuk kesetimbangan  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  dan tidak dapat dianalisis dengan AAS (Rohyani, 2013). Sehingga pada penelitian digunakan pH optimum yaitu pH 7 dengan kemampuan removal 67,36% adsorben tanpa aktivasi dan 92,34% adsorben suhu aktivasi dengan range pH optimal untuk logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) diantara pH 6 – 8.

### 1.7. Uji Waktu Kontak Optimum

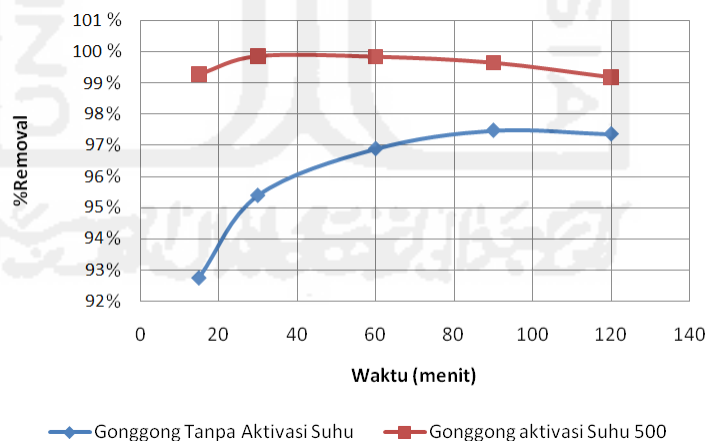
Penentuan waktu kontak akan menggunakan massa optimum 200 mg yang dimasukkan kedalam gelas beker 250 ml yang berisi larutan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) konsentrasi 10 ppm sebanyak 50 ml dengan pengaturan pH optimum 7 dengan variasi waktu pengadukan yaitu 15, 30, 60, 90 dan 120 menit pada kecepatan pengadukan 150 rpm. Kemudian, melakukan penyaringan untuk memisahkan adsorben gonggong dengan larutan sebelum melakukan pengujian AAS dan dilanjutkan dengan pembacaan data untuk menentukan waktu optimum proses adsorpsi pada adsorben gonggong terhadap larutan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ).

Cara kerja diatas dilakukan baik untuk aktivasi maupun tanpa aktivasi pada adsorben cangkang gonggong.

**Tabel 4.5.** Data Uji Waktu Kontak Adsorben Gonggong

Gonggong Tanpa Aktivasi Suhu								
No.	Massa (gr)	Waktu (menit)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,2	15	7	7,00	7,84	11,27	0,82	92,76%
2	0,2	30	7	7,00	7,86	11,27	0,52	95,39%
3	0,2	60	7	7,06	7,66	11,27	0,35	96,89%
4	0,2	90	7	7,05	7,65	11,27	0,29	97,47%
5	0,2	120	7	7,05	7,64	11,27	0,30	97,36%
Gonggong aktivasi Suhu 500								
No.	Massa (gr)	Waktu (menit)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,2	15	7	7,05	7,74	11,27	0,08	99,26%
2	0,2	30	7	7,00	7,86	11,27	0,02	99,85%
3	0,2	60	7	7,06	7,77	11,27	0,02	99,83%
4	0,2	90	7	7,06	7,77	11,27	0,04	99,64%
5	0,2	120	7	7,02	7,58	11,27	0,09	99,17%

(Sumber : Data Primer, 2016)



**Gambar 4.7.** Grafik Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Gonggong

(Sumber : Data Primer, 2016)

Pada Tabel 4.5 terlihat reaksi penyerapan logam kadmium ( $Cd^{2+}$ ) sejak 15 menit dengan removal sebesar  $> 90\%$ . Hal ini karena semakin lama waktu kontak mengakibatkan interaksi antara adsorben limbah cangkang gonggong dengan ion

logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) semakin besar sehingga banyak ion logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang teradsorpsi oleh adsorben limbah cangkang gonggong melalui reaksi pertukaran ion dengan ion  $\text{H}^+$  dalam situs aktif adsorben limbah cangkang gonggong. Penurunan terjadi pada menit ke 120 pada adsorben aktivasi maupun tanpa aktivasi disebabkan semakin banyaknya ion logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang terserap dalam adsorben limbah cangkang gonggong maka akan mengalami tingkat kejenuhan dan luas permukaan adsorben limbah cangkang gonggong semakin berkurang yang menyebabkan adsorben tidak mampu mengadsorpsi sehingga ion logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang sudah terikat pada adsorben limbah cangkang gonggong akan terdesorpsi kembali ke dalam larutan.

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat disimpulkan waktu kontak optimum yang diperlukan dalam proses penyerapan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) dengan adsorben limbah cangkang gonggong yaitu selama 90 menit dengan removal 97,47% pada adsorben tanpa aktivasi dan selama 30 menit dengan removal 99,85% pada adsorben suhu aktivasi namun untuk penelitian selanjutnya digunakan waktu 120 menit sebagai waktu optimum disebabkan pada uji efisiensi akan menggunakan konsentrasi logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yang lebih tinggi sehingga dipilih waktu yang paling lama untuk hasil yang optimum.

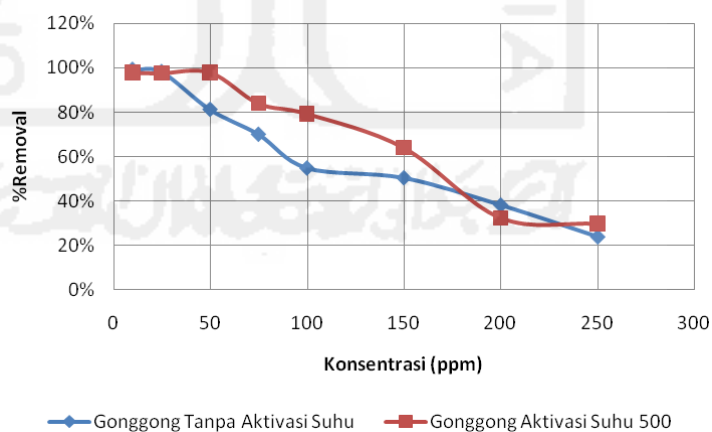
### **1.8. Uji Efisiensi Kemampuan Adsorben**

Tingkat efisiensi kemampuan adsorben diketahui dengan variasi konsentrasi larutan logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) yaitu 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 dan 250 ppm sebanyak 50 ml dengan massa optimum 200 mg, pengaturan pH optimum yaitu 7 dan waktu pengadukan optimum selama 120 menit dengan kecepatan 150 rpm. Kemudian, melakukan penyaringan untuk memisahkan adsorben dengan larutan sebelum melakukan pengujian AAS dan dilanjutkan dengan pembacaan data untuk menentukan kemampuan penyerapan maksimal adsorben terhadap logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) dari variasi konsentrasi. Cara kerja diatas dilakukan baik untuk aktivasi maupun tanpa aktivasi pada adsorben cangkang gonggong.

Tabel 4.6. Data Uji Variasi Konsentrasi Adsorben Gonggong

Gonggong Tanpa Aktivasi Suhu						
Konsentrasi Logam Cd Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	%Removal
10	11,84	0,2	7,04	7,40	0,10	99,13%
25	29,98	0,2	7,02	7,46	0,55	98,16%
50	61,04	0,2	7,00	7,74	11,48	81,20%
75	85,45	0,2	7,05	7,50	25,60	70,04%
100	107,75	0,2	7,02	7,50	48,60	54,90%
150	208,8	0,2	7,03	7,83	103,40	50,48%
200	229,88	0,2	7,05	7,51	141,90	38,27%
250	300,00	0,2	7,00	7,48	228,00	24,00%
Gonggong Aktivasi Suhu 500						
Konsentrasi Logam Cd Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	%Removal
10	11,84	0,2	7,03	7,49	0,26	97,78%
25	29,98	0,2	7,00	7,46	0,72	97,61%
50	61,04	0,2	7,01	7,34	1,24	97,96%
75	85,45	0,2	7,00	7,32	13,75	83,91%
100	107,75	0,2	7,04	7,00	22,30	79,30%
150	208,8	0,2	7,04	6,91	75,30	63,94%
200	229,88	0,2	7,04	6,82	155,70	32,27%
250	300,00	0,2	7,01	6,69	211,13	29,63%

(Sumber : Data Primer, 2016)



Gambar 4.8. Grafik Uji Variasi Konsentrasi Adsorben Gonggong

(Sumber : Data Primer, 2016)

Hasil percobaan variasi konsentrasi pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.8 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi maka tingkat removal setiap adsorben

aktivasi dan tanpa aktivasi semakin menurun dikarenakan kemampuan adsorben berkurang dalam proses penyerapan. Pada konsentrasi 150, 200 dan 250 terjadi penurunan pH dikarenakan kesalahan pengukuran pada proses pengecekan pH. Adsorben suhu aktivasi memiliki keunggulan dalam proses penyerapan sampai konsentrasi 150 dengan removal > 60% dibanding adsorben tanpa aktivasi dengan removal 50%. Dapat disimpulkan adsorben suhu aktivasi 500°C berhasil dalam proses aktivasi dan mampu mengurangi logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) lebih dari 60% sampai konsentrasi 150.

### **1.9. Isoterm Adsorpsi**

Hubungan antara jumlah zat yang teradsorpsi dan tekanan kesetimbangan atau konsentrasi kesetimbangan pada suhu tertentu disebut dengan isoterm adsorpsi. Model isoterm adsorpsi yang terjadi pada adsorben limbah cangkang gonggong terhadap logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) dapat diketahui dengan menguji persamaan regresi linier isoterm adsorpsi Langmuir dan persamaan isoterm adsorpsi Freundlich.

#### **1.9.1. Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Tanpa Aktivasi**

Penentuan persamaan isoterm Langmuir dapat diperoleh dengan menghubungkan antara nilai konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan ( $C_e$ ) serta konsentrasi adsorbat saat kesetimbangan per banyaknya zat yang terserap per satuan adsorben ( $C_e/Q_e$ ). Penentuan isoterm Freundlich dapat diperoleh dengan memplotkan antara  $\ln C_e$  dan  $\ln Q_e$  sehingga diperoleh persamaan garis dan nilai regresi linear. Nilai regresi linear yang mendekati 1 merupakan isoterm adsorpsi yang baik. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut :

**Tabel 4.7.** Perhitungan Isoterm Adsorpsi Langmuir pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Adsorban Tanpa Aktivasi Suhu										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (Ac)	Presentase penyisihan	Freundlich			
							Massa Teradsorpsi (x)	Qe	Log Qe	Log Ce
10	200	50	11,84	0,10	11,74	99,13	0,59	2,93	0,47	-0,99
25	200	50	29,98	0,55	29,43	98,16	1,47	7,36	0,87	-0,26
50	200	50	61,04	1,48	49,57	81,20	2,48	12,39	1,09	1,06
75	200	50	85,45	25,60	59,85	70,04	2,99	14,96	1,18	1,41
100	200	50	107,75	48,60	59,15	54,90	2,96	14,79	1,17	1,69
150	200	50	208,80	103,40	105,40	50,48	5,27	26,35	1,42	2,01
200	200	50	229,88	141,90	87,98	38,27	4,40	22,00	1,34	2,15
250	200	50	300,00	228,00	72,00	24,00	3,60	18,00	1,26	2,36

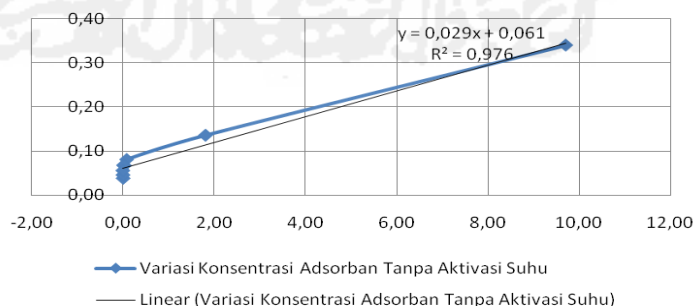
(Sumber : Data Primer, 2016)

**Tabel 4.8.** Perhitungan Isoterm Adsorpsi Freundlich pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Adsorban Tanpa Aktivasi Suhu										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (Ac)	Presentase penyisihan	Freundlich			
							Massa Teradsorpsi (x)	Qe	Log Qe	Log Ce
10	200	50	11,84	0,10	11,74	99,13	0,59	2,93	0,47	-0,99
25	200	50	29,98	0,55	29,43	98,16	1,47	7,36	0,87	-0,26
50	200	50	61,04	1,48	49,57	81,20	2,48	12,39	1,09	1,06
75	200	50	85,45	25,60	59,85	70,04	2,99	14,96	1,18	1,41
100	200	50	107,75	48,60	59,15	54,90	2,96	14,79	1,17	1,69
150	200	50	208,80	103,40	105,40	50,48	5,27	26,35	1,42	2,01
200	200	50	229,88	141,90	87,98	38,27	4,40	22,00	1,34	2,15
250	200	50	300,00	228,00	72,00	24,00	3,60	18,00	1,26	2,36

(Sumber : Data Primer, 2016)

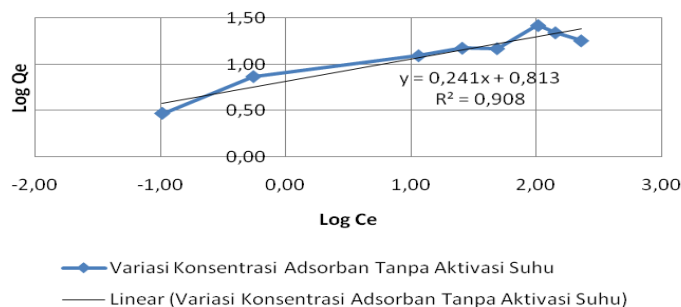
Dari Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 yang diolah berdasarkan model isoterm langmuir dan Freundlich diperoleh kurva pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 berikut :



**Gambar 4.9.** Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Tanpa Aktivasi terhadap Kadmium ( $Cd^{2+}$ )

(Sumber : Data Primer, 2016)





**Gambar 4.10.** Grafik Isoterm Adsorpsi Freundlich pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Tanpa Aktivasi terhadap Kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ )  
(Sumber : Data Primer, 2016)

Penentuan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat diketahui dengan cara melihat nilai  $R^2$  yang mendekati 1. Hasil perbandingan nilai  $R^2$  dari persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich menunjukkan bahwa persamaan isoterm Langmuir memiliki nilai  $R^2$  mendekati 1 yaitu sebesar 0,976, sedangkan nilai  $R^2$  isoterm adsorpsi Freundlich hanya 0,908. Sehingga diketahui bahwa isoterm pada adsorben limbah cangkang gonggong terhadap logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) mengikuti persamaan isoterm adsorpsi Langmuir.

### 1.9.2. Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich oleh Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Suhu Aktivasi $500^\circ\text{C}$

Pengolahan data adsorben limbah cangkang gonggong suhu aktivasi berdasarkan model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

**Tabel 4.9.** Perhitungan Isoterm Adsorpsi Langmuir pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Aktivasi Suhu 500°C

Variasi Konsentrasi Adsorban Aktivasi Suhu 500°										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (Ac)	Presentase penyisihan	Langmuir			
							Massa Teradsorpsi (x)	Qe	1/Qe	1/Ce
10	200	50	11,84	0,26	11,58	97,78	0,58	2,89	0,35	3,80
25	200	50	29,98	0,72	29,26	97,61	1,46	7,32	0,14	1,39
50	200	50	61,04	1,24	59,80	97,96	2,99	14,95	0,07	0,80
75	200	50	85,45	13,75	71,70	83,91	3,59	17,93	0,06	0,07
100	200	50	107,75	22,30	85,45	79,30	4,27	21,36	0,05	0,04
150	200	50	208,80	75,30	133,50	63,94	6,68	33,38	0,03	0,01
200	200	50	229,88	155,70	74,18	32,27	3,71	18,55	0,05	0,01
250	200	50	300,00	211,13	88,88	29,63	4,44	22,22	0,05	0,00

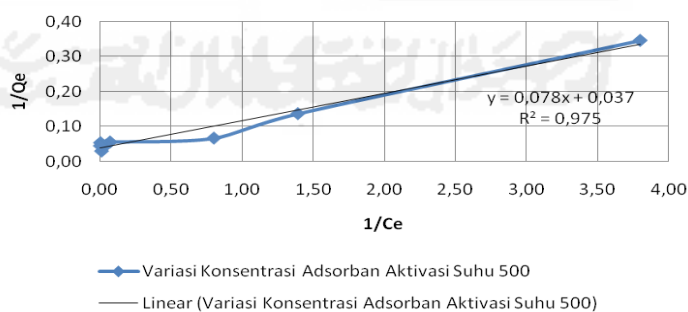
(Sumber : Data Primer, 2016)

**Tabel 4.10.** Perhitungan Isoterm Adsorpsi Freundlich pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Aktivasi Suhu 500°C

Variasi Konsentrasi Adsorban Aktivasi Suhu 500°										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (Ac)	Presentase penyisihan	Freundlich			
							Massa Teradsorpsi (x)	Qe	Log Qe	Log Ce
10	200	50	11,84	0,26	11,58	97,78	0,58	2,89	0,46	-0,58
25	200	50	29,98	0,72	29,26	97,61	1,46	7,32	0,86	-0,14
50	200	50	61,04	1,24	59,80	97,96	2,99	14,95	1,17	0,09
75	200	50	85,45	13,75	71,70	83,91	3,59	17,93	1,25	1,14
100	200	50	107,75	22,30	85,45	79,30	4,27	21,36	1,33	1,35
150	200	50	208,80	75,30	133,50	63,94	6,68	33,38	1,52	1,88
200	200	50	229,88	155,70	74,18	32,27	3,71	18,55	1,27	2,19
250	200	50	300,00	211,13	88,88	29,63	4,44	22,22	1,35	2,32

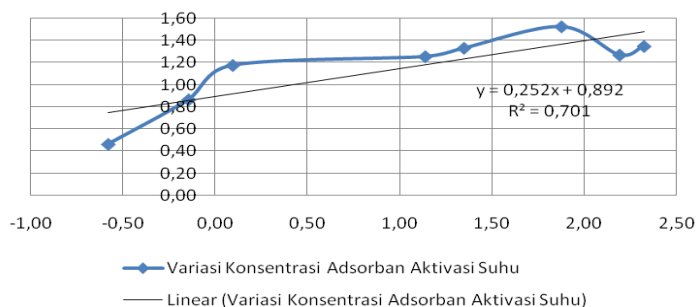
(Sumber : Data Primer, 2016)

Dari Tabel 4.9 dan 4.10 yang diolah berdasarkan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich diperoleh kurva pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 berikut :



**Gambar 4.11.** Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Aktivasi Suhu 500°C terhadap Kadmium ( $Cd^{2+}$ )

(Sumber : Data Primer, 2016)



**Gambar 4.12** Grafik Isoterm Adsorpsi Freundlich pada Adsorben Limbah Cangkang Gonggong Aktivasi Suhu 500°C terhadap Kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ )  
(Sumber : Data Primer, 2016)

Hasil perbandingan nilai  $R^2$  dari persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada adsorben limbah cangkang gonggong aktivasi suhu 500°C menunjukkan bahwa persamaan isoterm adsorpsi Langmuir memiliki nilai  $R^2$  mendekati 1 sebesar 0,975 dibandingkan nilai  $R^2$  isoterm adsorpsi Freundlich sebesar 0,701. Sehingga diketahui bahwa isoterm pada adsorben limbah cangkang gonggong aktivasi suhu 500°C terhadap logam kadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) mengikuti persamaan isoterm adsorpsi Langmuir.

### 1.9.3. Mekanisme Isoterm Adsorpsi Adsorben Cangkang Gonggong

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat memberikan nilai kapasitas adsorpsi maksimum dari kontanta Langmuir  $Q_m$  (mg/g) dan kecepatan adsorpsi (l/mg), serta konstanta Freundlich  $K_f$  (mg/g) dan  $n$  yang menunjukkan intensitas adsorpsi jika nilai  $1/n$  mendekati 0 maka permukaan adsorben bersifat heterogen, nilai  $1/n$  diatas 1 maka adsorpsi yang terjadi bersifat kooperatif (Bello, dkk. 2010).

**Tabel 4.11** Hasil Perbandingan Isoterm Adsorpsi pada Adsorben Cangkang Gonggong

Adsorben	Langmuir			Freundlich		
	$Q_m$ (mg/g)	KI	$R^2$	$K_f$	$1/n$	$R^2$
Tanpa Aktivasi	16,39	2,10	0,98	2,25	4,15	0,91
Aktivasi suhu	27,03	0,47	0,98	2,44	3,97	0,70

(Sumber : Data Primer, 2016)

Berdasarkan Tabel 4.11 nilai koefisien regresi menunjukkan isoterm adsorpsi Langmuir memiliki nilai  $R^2$  paling tinggi yaitu 0,975 pada adsorben limbah cangkang gonggong aktivasi suhu  $500^{\circ}\text{C}$  dan 0,976 tanpa aktivasi, sehingga dapat diasumsikan bahwa adsorben limbah cangkang gonggong mempunyai permukaan yang homogen. Dimana, setiap molekul adsorben hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat (*monolayer*). Selain nilai koefisien regresi, pada Tabel 4.11 menunjukkan aktivasi pada adsorben limbah cangkang gonggong berhasil dimana daya adsorpsi maksimum ( $Q_m$ ) pada adsorben limbah cangkang gonggong aktivasi suhu  $500^{\circ}\text{C}$  sebesar 27,1 mg/g lebih tinggi dari pada tanpa aktivasi sebesar 16,4 mg/g.

Ditinjau dari isoterm adsorpsi Freundlich nilai  $1/n$  yang diperoleh pada adsorben limbah cangkang gonggong aktivasi suhu  $500^{\circ}\text{C}$  sebesar 3,9 dan 4,1 tanpa aktivasi berarti proses adsorpsi pada kondisi tersebut bersifat kooperatif yaitu adsorpsi yang favorable (baik) karena diatas 1 namun  $R^2$  yang diberikan lebih cenderung mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir.