

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Penelitian kali ini, bertujuan untuk memanfaatkan kembali limbah cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) sebagai media adsorben logam berat tembaga (Cu). Penelitian kemampuan cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) dalam mengadsorpsi akan dilakukan terhadap logam berat jenis tembaga (Cu) sintesis dengan menggunakan 3 jenis serbuk cangkang kerang, yaitu serbuk cangkang kerang murni (Non-Act) dan serbuk cangkang kerang teraktivasi secara fisika yaitu dengan suhu 500°C dan 800°C (Act). Percobaan dilakukan dengan menggunakan metode batch.

Tahapan pertama yang dilakukan yaitu mencari suhu optimum adsorben. Kadar larutan tembaga (Cu) sintesis yang digunakan adalah 10 mg/L, nilai ini didapat dari kandungan limbah industri perak di Kotagede, Yogyakarta yang bernilai 11,457 mg/l. Berdasarkan penelitian yang sebelumnya menggunakan volume larutan Cu sintesis sebanyak 50 ml dengan waktu pengadukan 120 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm serta dengan derajat keasaman (pH) 6.

4.2 Pembuatan Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*)

Pada langkah ini dilakukan dengan mengumpulkan cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) yang kemudian dilakukan pembersihan dengan mencuci cangkang kerang menggunakan air bersih. Cangkang kerang yang sudah bersih kemudian dipanaskan di bawah terik matahari untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam cangkang kerang. Hal ini dilakukan agar pada tahapan pengayakan serbuk cangkang kerang tidak menggumpal dan menempel pada saringan. Setelah benar-benar kering, lalu dilakukan penggerusan atau penggrindingan pada cangkang kerang menggunakan alat berupa Roll Mill. Setelah cangkang kerang berubah menjadi serbuk, kemudian serbuk cangkang

kerang diayak menggunakan ayakan gantung yang berukuran 150 mesh untuk memperoleh luas permukaan yang lebih besar.



Gambar 4.1 Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*)



Gambar 4.2 Serbuk Adsorben Cangkang kerang 150 mesh

4.3 Aktivasi Adsorben

Pada tahapan ini, serbuk adsorben yang telah diayak dengan ukuran yakan 150 mesh sebagian akan diaktivasi secara fisika menggunakan furnace dengan suhu 500°C dan 800°C selama 4 jam. Tahapan ini dilakukan agar dapat membuka pori-pori adsorben yang tertutup pengotor sehingga luas permukaan adsorben bertambah karena pada proses adsorpsi, luas permukaan mempengaruhi daya serap adsorben yang disebabkan ion logam yang diserap akan menempel pada permukaan adsorben. Maka dari itu luas permukaan adsorben berbanding lurus

dengan daya serap terhadap logam berat. Selain itu, tujuan dilakukannya aktivasi adalah agar bisa menambah atau mengaktifkan gugus fungsi baru untuk membantu penyerapan logam tembaga (Cu).



(a)

(b)

Gambar 4.3 Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Teraktivasi (a) 500°C dan (b) 800°C

4.4 Adsorben Tanpa Aktivasi

Penelitian kali ini, selain menggunakan adsorben yang teraktivasi suhu 500°C dan 800°C, juga menggunakan adsorben tanpa aktivasi. Hal ini dilakukan agar dapat melihat perbedaan terhadap perubahan gugus fungsi pada adsorben setelah diaktivasi. Proses pembuatan adsorben tanpa aktivasi sangat berbeda dengan proses pembuatan adsorben dengan aktivasi secara fisik dengan suhu 500°C dan 800°C, pada proses ini dilakukan hanya sampai pada tahap pengayakan dengan ayakan ukuran 150 mesh.



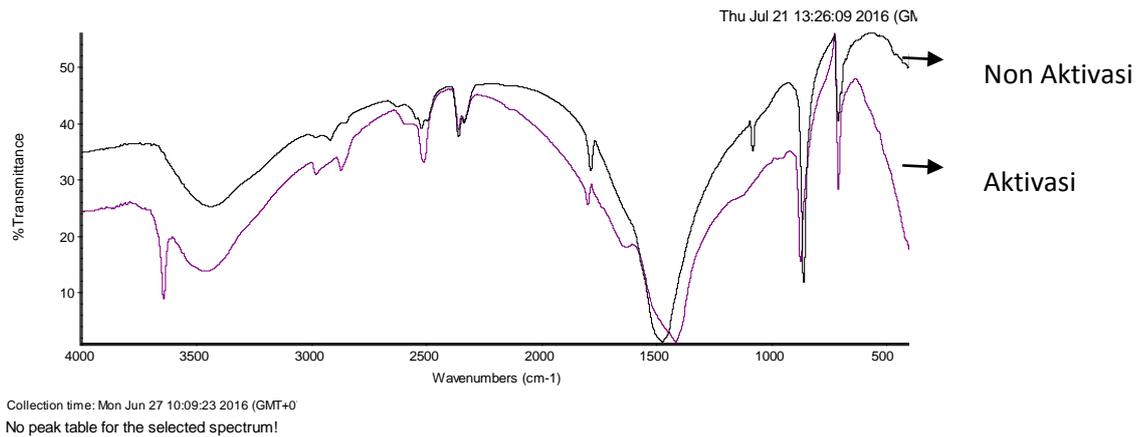
Gambar 4.4 Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Tanpa Aktivasi

4.5 Karakterisasi Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*)

Karakterisasi adsorben dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakter dan sifat adsorben cangkang kerang. Pada penelitian ini, karakterisasi adsorben cangkang kerang dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

4.5.1 Identifikasi Gugus Fungsi

Identifikasi gugus fungsi yang terdapat pada adsorben cangkang kerang dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Analisis adsorben dilakukan dengan cara melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki senyawa tersebut. Setelah diujikan, hasil FTIR pada adsorben cangkang kerang aktivasi dan non aktivasi dapat dilihat pada



———— = Non Aktivasi
 ————— = Aktivasi

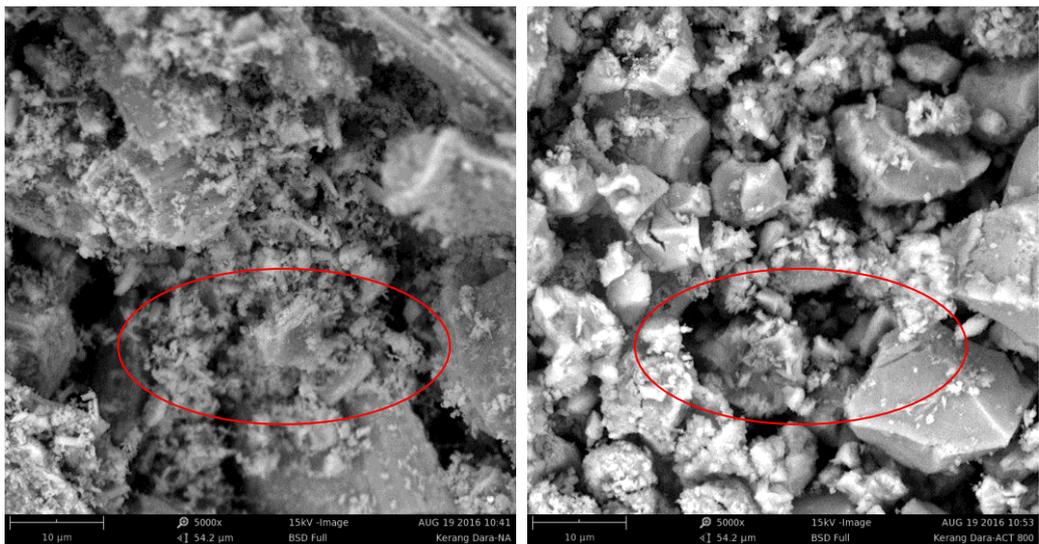
Gambar 4.5 Hasil FTIR Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Dara

Berdasarkan Gambar 4.5 hasil FTIR pada adsorben cangkang kerang sebelum diaktivasi menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3442,00 cm^{-1} yang dikategorikan pada gugus amina ($-\text{NH}_2$) dan gugus $\text{C}=\text{O}$ pada 1786,92 cm^{-1} yang berfungsi sebagai pengikat logam. Terjadi peningkatan kemampuan daya serap pada adsorben setelah diaktivasi pada bilangan gelombang 3465,10 yaitu gugus amina ($-\text{NH}_2$) dan adanya penambahan gugus baru pada bilangan gelombang 3643,75 yaitu gugus $-\text{OH}$ yang berfungsi untuk menarik ion-ion positif. Gugus $-\text{OH}$ yang bermuatan negatif akan menarik ion logam yang bermuatan positif sehingga ion logam tersebut dapat terserap.

Pada adsorben cangkang kerang setelah diaktivasi dengan suhu 800°C mengakibatkan pemecahan dan pergeseran gugus-gugus fungsi yang berperan dalam meningkatkan kemampuan daya serap adsorpsi, baik dalam hal membuka pori-pori permukaan adsorben. Dari hasil FTIR, serbuk cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) layak dijadikan adsorben karena banyaknya gugus-gugus fungsi yang mendukung kemampuan serbuk cangkang kerang dalam mengadsorpsi logam berat.

4.5.2 Identifikasi Morfologi Permukaan Adsorben

Identifikasi morfologi permukaan adsorben cangkang kerang Dara (*Anadara Granosa*) untuk mengetahui bagaimana pori-pori dari adsorben ditunjukkan dengan hasil analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan untuk mengetahui jenis atom yang ada di permukaan adsorben digunakan analisis *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



(a)

(b)

Gambar 4.6 Morfologi Permukaan Adsorben (a) Tanpa Aktivasi dan (b) Teraktivasi 800°C Dengan Perbesaran 5000 kali

Tabel 4.1 EDS Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadra Granosa*)

EDS Adsorben Tanpa Aktivasi

Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Concentration (%)	Error
20	Ca	Calcium	28,6	0,2
51	Sb	Antimony	3,7	0,1
8	O	Oxygen	67,7	0,2
EDS Adsorben Teraktivasi				
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Concentration (%)	Error
20	Ca	Calcium	19,8	0,3
52	Te	Tellurium	0	0,1
8	O	Oxygen	80,2	0,2

Berdasarkan pada hasil di atas dapat dilihat bahwa pada Gambar 4.6 morfologi permukaan adsorben tanpa aktivasi masih terdapat banyak pengotor sehingga pori-pori adsorben tertutup. Sedangkan pada Gambar 4.7 pori-pori permukaan adsorben teraktivasi terlihat lebih terbuka dibanding pori-pori adsorben tanpa aktivasi. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi daya serap adsorben adalah luas permukaan. Oleh karena itu jika pori-pori permukaannya tertutupi oleh pengotor, maka ion-ion logam tidak akan dapat terserap dengan baik.

Dapat dilihat pada Tabel 4.1 bahwa konsentrasi unsur Ca pada adsorben sebelum dan sesudah aktivasi, yaitu masing-masing 28,6% dan 19,8%. Sedangkan pada unsur O pada adsorben sebelum dan sesudah aktivasi, yaitu masing-masing 67,7% dan 80,2%. Dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi pada unsur Ca setelah adsorben diaktivasi dan terjadi peningkatan konsentrasi pada unsur O setelah adsorben diaktivasi.

4.6 Pengujian Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) dengan Metode *Batch*

Penelitian selanjutnya adalah pengujian logam tembaga (Cu) dengan metode *batch*. Metode *batch* dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu variasi suhu,

massa, pH, waktu kontak dan variasi konsentrasi. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan larutan induk tembaga (II) 1000 mg/l sintesis yang kemudian diencerkan sesuai dengan konsentrasi yang dikehendaki pada setiap variasinya. Pengujian nilai konsentrasi dilakukan secara spektrofotometri menggunakan AAS sesuai dengan SNI 066989.6 2004 tentang pengujian logam Cu secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil pengujian dan pembahasan akan dijabarkan dalam sub bab berikut.

4.6.1 Variasi Suhu Adsorben Optimum

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konsentrasi logam Cu^{2+} yang mampu diserap adsorben serbuk cangkang kerang. Setiap logam memiliki kondisi Equilibrium yang berbeda tergantung sifat logam tersebut. Kondisi Equilibrium yaitu sebuah kondisi logam dapat tereduksi dengan optimum berdasarkan sifat dari logam itu sendiri. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan logam Cu^{2+} sebagai bahan penelitian yaitu pada kondisi pH 6 dengan waktu kontak pengadukan selama 2 jam atau 120 menit menggunakan orbital shaker dengan kecepatan pengadukan 150 rpm.

Volume larutan logam Cu^{2+} yang akan diuji sebanyak 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer yang berisi adsorben teraktivasi dengan variasi suhu 500°C dan 800°C serta adsorben tanpa aktivasi sebanyak 50 mg adsorben. Selain itu, juga dilakukan perlakuan terhadap kontrol, yaitu satu sampel yang tidak ditambahkan adsorben ke dalam larutan uji dengan pH, volume larutan, waktu pengadukan, dan putaran pengadukan yang sama. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar dapat diketahui terjadi atau tidaknya pengendapan pada logam tembaga (II) atau Cu^{2+} karena adanya proses kimiawi. Oleh karena itu jika terjadi pengendapan maka proses adsorpsi tidak maksimal karena logam tidak terserap melainkan mengendap.

Pengaturan pH larutan sangat perlu dilakukan setiap 30 menit agar perubahan pH tidak terjadi secara signifikan yang dikhawatirkan akan mempengaruhi daya serap adsorben. Pengaturan pH dilakukan dengan cara penambahan larutan NaOH 0,1 M untuk menaikkan pH dan penambahan larutan

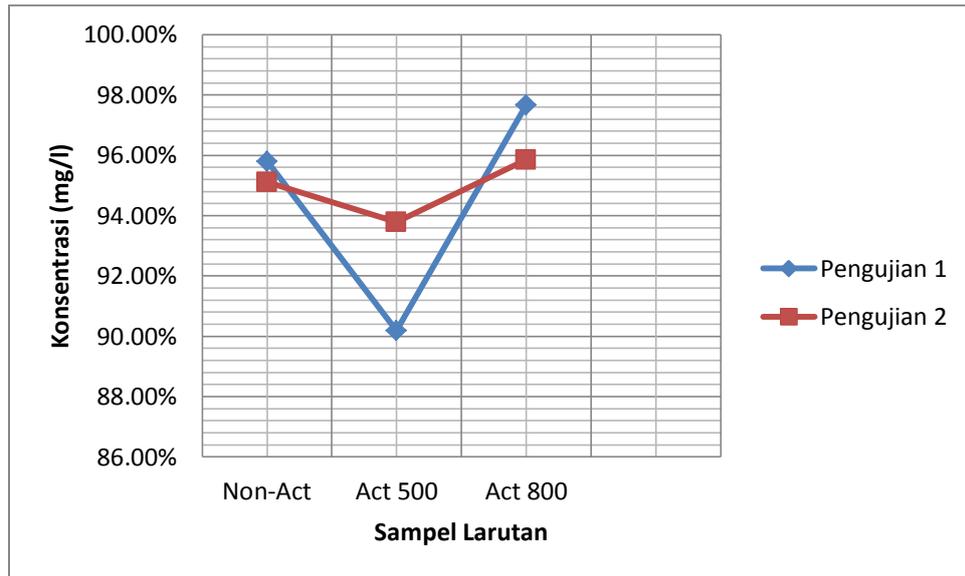
HNO₃ 0,1 M untuk menurunkan pH agar pH dalam kondisi stabil yaitu pada pH 6. Pengadukkan larutan dengan kecepatan 150 rpm selama 120 menit dimaksudkan agar selama 120 menit seluruh permukaan adsorben telah menyerap ion Cu²⁺ secara maksimal. Setelah proses pengadukkan selesai, selanjutnya disaring menggunakan kertas saring Whatmann No. 42 untuk memisahkan adsorben dengan larutan, kemudian sampel yang telah disaring diujikan dengan spektrofotometri AAS untuk mengetahui persen *removal* daya serap logam Cu²⁺ yang ada pada larutan.

Berikut merupakan hasil uji daya serap adsorben cangkang kerang terhadap logam Cu²⁺ dengan variasi suhu adsorben :

Tabel 4.2 Hasil Uji Daya Serap Adsorben Variasi Suhu Terhadap Cu (II)

Pengujian Suhu Optimum 1							
No	Larutan	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal	pH Awal	pH Akhir
1	Non-Act	0,05	10,91	0,46	95,79%	6,08	6,85
2	Act 500	0,05	10,91	1,07	90,18%	6,03	6,78
3	Act 800	0,05	10,91	0,26	97,67%	6,05	7,2
Pengujian Suhu Optimum 2							
No	Larutan	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal	pH Awal	pH Akhir
1	Non-Act	0,05	12,4	0,60	95,10%	6,09	6,69
2	Act 500	0,05	12,4	0,77	93,79%	6,12	6,63
3	Act 800	0,05	12,4	0,52	95,85%	6,04	6,61

Pada Tabel 4.2 variasi suhu dilakukan dua kali pengujian yang bertujuan untuk data yang lebih akurat. Dengan adanya dua kali pengujian didapat hasil yang sama bahwa kemampuan daya serap adsorben teraktivasi suhu 800°C lebih besar dari daya serap adsorben teraktivasi 500°C dan adsorben tanpa aktivasi, akan tetapi perbedaan daya serapnya tidak terlalu jauh, yairu masih dalam *range* yang sama yaitu di atas 90%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4.7 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cu^{2+} dengan variasi suhu

Terlihat pada Gambar 4.7 bahwa pengujian yang pertama pada adsorben teraktivasi suhu 800°C menghasilkan persen removal mencapai 97,67% dan pada pengujian kedua menghasilkan persen removal 95,85%. Sedangkan pada serbuk adsorben yang teraktivasi suhu 500°C pada pengujian pertama menghasilkan persen removal 90,18% sedangkan pada pengujian kedua terdapat kenaikan persen removal menjadi 93,79%, meskipun masih berada di bawah adsorben teraktivasi 800°C . Untuk adsorben tanpa aktivasi pada pengujian pertama menghasilkan persen removal sebanyak 95,79% dan pada pengujian kedua mencapai 95,10%. Hal ini dikarenakan pemanasan pada suhu 800°C merupakan proses pengaktifan pori (Nasution dan Iriany, 2015). Maka berdasarkan data tersebut, untuk pengujian variasi selanjutnya digunakan adsorben tanpa aktivasi dan adsorben dengan aktivasi suhu 800°C .

4.6.2 Variasi Massa Adsorben Optimum

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konsentrasi logam Cu^{2+} yang telah mampu diserap adsorben cangkang kerang. Berdasarkan pada hasil uji variasi suhu dimana suhu optimum yang didapat adalah pada suhu 800°C dengan persen removal 97,67% pada pengujian pertama, dan suhu 800°C dengan persen removal 95,85% pada pengujian kedua. Oleh karena itu, serbuk adsorben

cangkang kerang teraktivasi diambil pada suhu optimum yaitu suhu 800°C untuk pengujian variasi selanjutnya.

Uji variasi massa adsorben menggunakan kondisi konsentrasi larutan Cu sintesis sebanyak 50 mg/l dalam kondisi Equilibrium. Adanya perubahan kadar konsentrasi pada Cu sintesis dikarenakan pada konsentrasi 10 mg/l sudah dapat meremoval logam sebanyak 97%. Pengujian variasi massa optimum ini dikondisikan pada derajat keasaman (pH) , dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu kontak 120 menit dengan menggunakan orbital shaker.

Volume konsentrasi larutan logam Cu²⁺ sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer yang berisi serbuk adsorben cangkang kerang dengan 5 variasi massa yaitu 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, dan 400 mg pada masing-masing serbuk adsorben teraktivasi fisika 800°C dan tidak teraktivasi. Selain itu dilakukan juga perlakuan yang sama terhadap sampel kontrol.

Berikut ini merupakan hasil uji daya serap adsorben cangkang kerang terhadap logam Cu²⁺ dengan variasi massa adsorben :

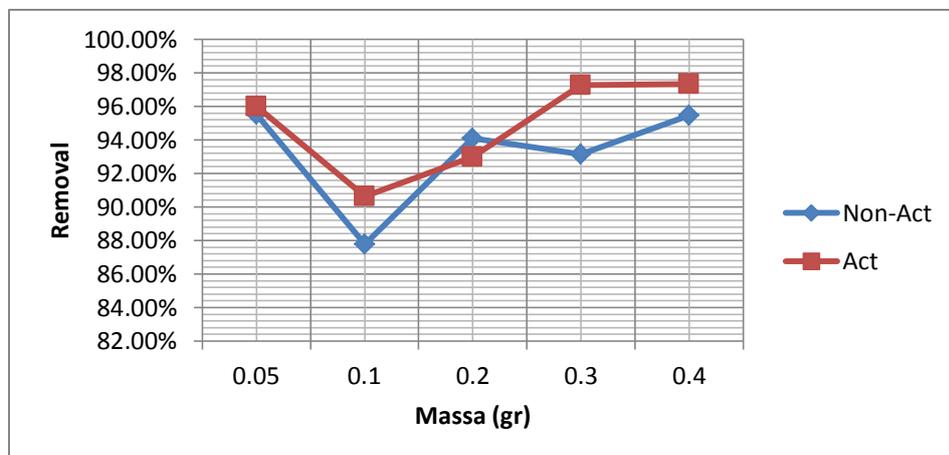
Tabel 4.3 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Massa Terhadap Cu (II)

Cangkang Kerang Tanpa Aktivasi						
No	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal	pH Awal	pH Akhir
1	0,05	36,16	1,62	95,53%	6,01	6,73
2	0,1	36,16	4,42	87,79%	6,06	6,61
3	0,2	36,16	2,13	94,11%	6,06	6,83
4	0,3	36,16	2,48	93,14%	6,06	6,83
5	0,4	36,16	1,64	95,47%	6,07	6,86
Kontrol		36,16	34,14	6%		
Inlet		36,16				

Cangkang Kerang Teraktivasi						
No	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal	pH Awal	pH Akhir
1	0,05	36,16	1,44	96,01%	6	6,27
2	0,1	36,16	3,39	90,63%	6,01	6,53
3	0,2	36,16	2,53	93,00%	6,01	6,63
4	0,3	36,16	0,98	97,28%	6	6,8
5	0,4	36,16	0,96	97,34%	6,04	6,86
Kontrol		36,16	34,14	6%		
Inlet		36,16				

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa hasil kemampuan penyerapan adsorben cangkang kerang teraktivasi suhu 800°C lebih besar dibandingkan dengan adsorben cangkang kerang tanpa aktivasi meskipun perbedaan daya serapnya tidak jauh beda. Hal ini terjadi karena terbentuknya gugus fungsi baru yaitu OH⁻ pada sebuk adsorben cangkang kerang setelah dilakukannya proses aktivasi fisika dengan suhu 800°C.

Dari data tersebut juga dapat dilihat sampel kontrol memiliki logam Cu²⁺ yang terendap sebanyak 6% saja, sehingga hal ini tidak berpengaruh terhadap daya serap adsorben. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut ini yang memperlihatkan presentase penyerapan logam Cu²⁺.



Gambar 4.8 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cu^{2+} dengan variasi massa.

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa pada massa 0,1 gram terjadi penurunan persen removal karena adanya kontaminasi pada adsorbat. Sedangkan pada massa 0,2; 0,3; dan 0,4 terjadi peningkatan persen removal. Dari keseluruhan data pada pengujian kemampuan adsorpsi terhadap logam Cu^{2+} dapat diambil kesimpulan bahwa kemampuan adsorpsi cangkang kerang dara teraktivasi sudah sangat baik dibanding adsorben tanpa aktivasi. Terlihat pada grafik tersebut bahwa dengan massa 0,05 gram adsorben sudah dapat mengadsorpsi sebanyak 96,01%. Akan tetapi untuk memastikan apakah adsorben cangkang kerang teraktivasi memiliki daya serap yang lebih baik dibandingkan adsorben cangkang kerang tanpa aktivasi, maka akan dilanjutkan ke tahap pengujian dengan variasi pH larutan menggunakan massa adsorben sebanyak 0,05 gram.

4.6.3 Variasi Derajat Keasaman (pH) Adsorben Optimum

Selanjutnya pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pada pH berapa daya serap adsorben dapat bekerja dengan maksimal. Uji variasi pH menggunakan kondisi konsentrasi larutan sebesar 50 mg/l dengan volume larutan 50 ml dengan pengadukan 150 rpm selama 120 menit. Pada masing-masing erlenmeyer dikondisikan pada pH 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 untuk adsorben cangkang kerang aktivasi dan tanpa aktivasi.

Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang dara terhadap logam dengan variasi derajat keasaman (pH) :

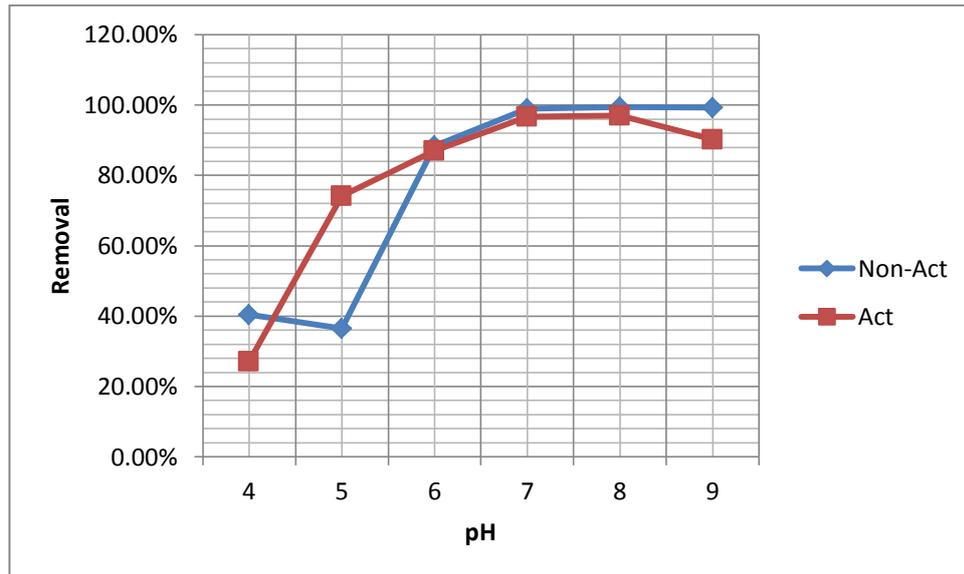
Tabel 4.4 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Derajat Keasaman (pH) Terhadap Cu (II)

Cangkang Kerang Tanpa Aktivasi										
No	Massa (gr)	pH rencana	pH per 30 menit					Konsentra si Awal (mg/l)	Konsentra si Akhir (mg/l)	Removal
			pH Awal	30'	60'	90'	pH Akhir			
1	0,05	4	4	4	4	4,01	6,2	34	20,28	40,35%

2	0,05	5	5	5	5	5,03	6,5	34	21,58	36,53%
3	0,05	6	6	6	6	6	6,7	34	3,96	88,35%
4	0,05	7	7	7	7	7	7,5	34	0,35	98,98%
5	0,05	8	8	8	8	8	8,1	34	0,22	99,36%
6	0,05	9	9	9	9	9,1	8,7	34	0,27	99,21%
Kontrol		9	9	9	9	9	9	34	28,55	16,03%
Inlet								34		

Cangkang Kerang Teraktivasi											
No	Massa (gr)	pH rencana	pH per 30 menit					pH Akhir	Konsnetra si Awal (mg/l)	Konsentra si Akhir (mg/l)	Removal
			pH Awal	30'	60'	90'					
1	0,05	4	4	4	4	4	5,9	34	24,7	27,18%	
2	0,05	5	5	5	5	5	6,34	34	8,8	74,15%	
3	0,05	6	6	6	6	6	6,55	34	4,4	87,06%	
4	0,05	7	7	7	7	7	7,27	34	1,1	96,76%	
5	0,05	8	8	8	8	8	7,99	34	1,0	96,97%	
6	0,05	9	9	9	9	9	8,58	34	3,3	90,18%	
Kontrol		9	9	9	9	9	9	34	28,55	16,03%	
Inlet								34			

Dari Tabel 4.4 hasil uji variasi derajat keasaman (pH) terlihat bahwa kemampuan penyerapan adsorben yang paling optimum terjadi pada pH 7 dengan prosen removal logam Cu^{2+} sudah mencapai 98,98% pada serbuk adsorben tanpa aktivasi dan 96,76% pada serbuk adsorben teraktivasi. Dapat dilihat juga dari data tersebut bahwa sampel kontrol mereduksi logam Cu^{2+} sebanyak 16,03%. Tentu saja hal ini tidak berpengaruh terhadap daya serap adsorben. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4.9 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cu^{2+} dengan variasi pH.

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa kenaikan persen removal yang terjadi pada adsorben teraktivasi lebih tinggi daripada adsorben tanpa aktivasi. Pada pH 4, penurunan konsentrasi logam Cu^{2+} oleh adsorben tanpa aktivasi lebih bagus daripada adsorben teraktivasi, yaitu 40,35% pada adsorben tanpa aktivasi dan 27,18% pada adsorben teraktivasi. Meskipun pada pH 5 terjadi penurunan prosen removal pada dsorben tanpa aktivasi, akan tetapi pada pH 6, 7, dan 8 terjadi kenaikan yang sangat signifikan yakni secara berturut-turut 88,35%; 98,98%; dan 99,36%. Sedangkan pada adsorben teraktivasi yakni pada pH 6 yaitu 87,06%; pada pH 7 yaitu 96,76%; dan pada pH 8 yaitu 96,97%. Hal ini dikarenakan penyerapan ion Cu (II) bekerja pada pH 6, 7, dan 8, sedangkan penyerapan ion Cu (II) tidak bekerja pada pH asam dikarenakan konsentrasi H^+ yang terlalu tinggi sehingga gugus fungsi negatif akan bereaksi dengan H^+ dan menghalangi terikatnya ion Cu (II). Akan tetapi pada pH 9 terjadi penurunan persen removal yaitu 99,21% untuk adsorben tanpa aktivasi dan 90,18% untuk adsorben teraktivasi. Hal ini dikarenakan pada pH 9 atau pH basa Cu (II) akan mengendap dan tidak terserap dengan baik. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pada pengujian variasi pH, adsorben dengan tanpa aktivasi memiliki kemampuan daya serap lebih bagus dibandingkan adsorben dengan aktivasi. Meski demikian, persen removalnya tidak jauh berbeda dan masih dalam range yang sama, yaitu 90%.

4.6.4. Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum

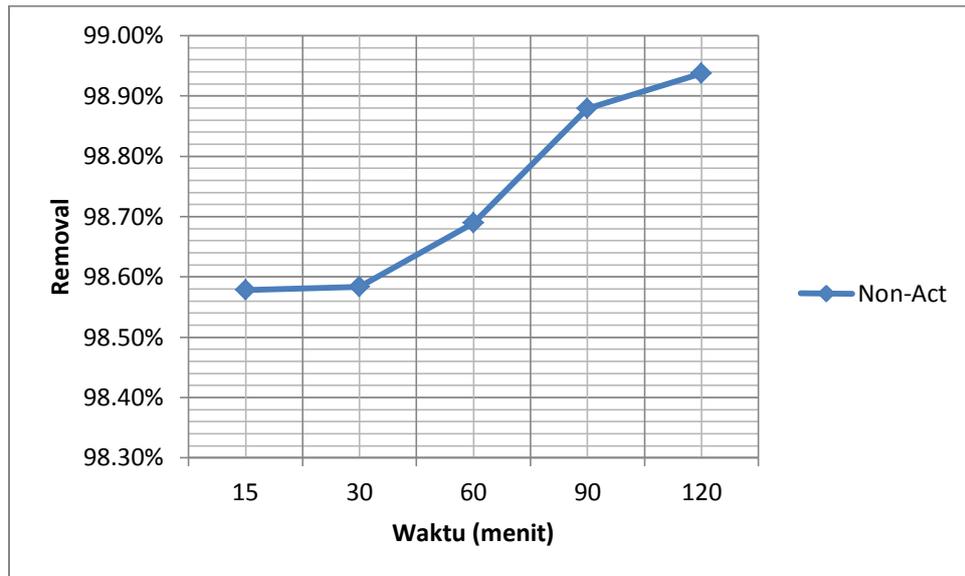
Pada pengujian ini, dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu kontak yang dibutuhkan agar penyerapan logam oleh adsorben secara maksimal. Pada pengujian variasi pH sebelumnya ditetapkan pH 7 untuk pengujian variasi selanjutnya karena pada pH7 persen removal logam Cu^{2+} sudah mencapai range 90%.

Pengujian variasi waktu kontak ini menggunakan serbuk adsorben tanpa aktivasi. Hal ini dikarenakan pada pengujian variasi pH, kemampuan daya serap adsorben tanpa variasi lebih tinggi daripada adsorben teraktivasi. Uji waktu kontak ini menggunakan logam Cu^{2+} sintesis konsentrasi 50 mg/l dengan volume 50 ml dengan pengadukan 150 rpm menggunakan orbital shaker. Pengujian variasi waktu ini dikondisikan pada waktu 15 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang dara terhadap logam dengan variasi waktu kontak :

Tabel 4.5 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Waktu Kontak

Cangkang Kerang Tanpa Aktivasi							
No	Massa (gr)	Waktu (menit)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal
1	0,05	15	7,02	7,70	35,86	0,51	98,58%
2	0,05	30	7,02	7,63	35,86	0,51	98,58%
3	0,05	60	7,02	7,80	35,86	0,5	98,69%
4	0,05	90	7,02	7,47	35,86	0,4	98,88%
5	0,05	120	7,01	7,70	35,86	0,38	98,94%
Inlet					35,86		



Gambar 4.10 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cu^{2+} dengan variasi waktu kontak.

Berdasarkan pada Tabel 4.5 data tersebut dapat diketahui bahwa pada waktu kontak selama 120 menit adsorben cangkang kerang tanpa aktivasi dapat menyerap logam Cu^{2+} dengan persen removal 98,94%. Dan dapat dilihat pada waktu kontak 15 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit bahwa prosen removal yang didapat adalah melebihi 98% yang berarti ion Cu (II) telah terserap dengan sangat baik. Akan tetapi, pada proses pengujian selanjutnya digunakan waktu kontak selama 120 menit. Hal ini dikarenakan agar serbuk adsorben dapat mengikat semua ion-ion logam yang ada pada larutan. Selain itu, pada pengujian selanjutnya adalah variasi konsentrasi. Pada variasi konsentrasi terdapat beberapa konsentrasi yang berbeda, diharapkan pada konsentrasi yang tinggi dengan waktu kontak 120 menit sudah dapat menyerap ion Cu (II) dengan baik.

4.6.5 Variasi Konsentrasi Adsorben Optimum

Pengujian variasi kali ini menggunakan data-data pada pengujian variasi sebelum-sebelumnya yaitu dengan massa adsorben 50 mg, derajat keasaman (pH) pada kondisi 7, kecepatan pengadukan 150 rpm selama 120 menit dengan

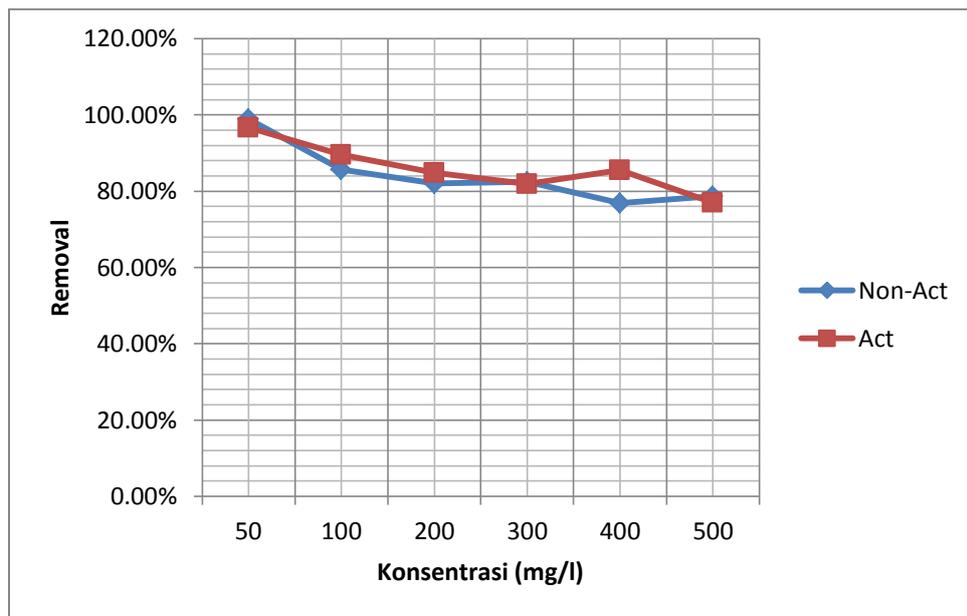
menggunakan orbital shaker, dan volume larutan sebanyak 50 ml. Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, dan 500 mg/l dengan menggunakan serbuk adsorben cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) tanpa aktivasi dan serbuk adsorben cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) teraktivasi dengan suhu 800°C.

Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang dara terhadap logam dengan variasi waktu kontak :

Tabel 4.6 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Konsentrasi Terhadap Cu (II)

Cangkang Kerang Tanpa Aktivasi							
No	Konsentrasi Rencana (mg/l)	Massa (gr)	pH Awal	pH Akhir	Inlet (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal
1	50	0,05	7	7,7	34	0,347	98,98%
2	100	0,05	7	7,75	73,48	10,54	85,66%
3	200	0,05	7	7,42	142,88	25,56	82,11%
4	300	0,05	7	7,53	216,96	37,92	82,52%
5	400	0,05	7	7,59	321,84	74,4	76,88%
6	500	0,05	7	7,61	359,3	76,4	78,74%
Cangkang Kerang Teraktivasi							
No	Konsentrasi	Massa	pH	pH	Inlet	Konsentrasi	Removal

	Rencana (mg/l)	(gr)	Awal	Akhir	(mg/l)	Akhir (mg/l)	
1	50	0,05	7	7,27	34	1,1	96,76%
2	100	0,05	7	7,48	73,48	7,68	89,55%
3	200	0,05	7	7,57	142,88	21,72	84,80%
4	300	0,05	7	7,38	216,96	39,24	81,91%
5	400	0,05	7	7,49	321,84	46,4	85,58%
6	500	0,05	7	7,32	359,3	82,8	76,96%



Gambar 4.11 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cu^{2+} dengan variasi konsentrasi.

Dari Tabel 4.6 dan Gambar 4.11 tersebut dapat diketahui bahwa persen removal paling tinggi terjadi pada larutan logam Cu^{2+} dengan konsentrasi 50 mg/l. Pada adsorben tanpa aktivasi dengan konsentrasi 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, dan 500 mg/l berturut-turut yakni 98,98%; 85,66%; 82,11%; 82,52%; 76,88%; dan 78,74%. Meskipun terjadi kenaikan persen removal pada konsentrasi 300 mg/l dan konsentrasi 500 mg/l. Sedangkan pada adsorben teraktivasi terlihat persen removal 96,76% pada konsentrasi 50 mg/l; 89,55% pada konsentrasi 100 mg/l; 84,80% pada konsentrasi 200 mg/l; 81,91% pada konsentrasi 300 mg/l; 85,58% pada konsentrasi 400 mg/l; dan 76,96% pada

konsentrasi 500 mg/l. Hanya pada konsentrasi 400 mg/l prosen removal logam Cu^{2+} naik. Akan tetapi bisa dilihat pada grafik bahwa secara keseluruhan grafik variasi konsentrasi dapat dikatakan semakin besarnya konsentrasi suatu logam di dalam larutan, semakin kecil pula daya serap adsorbennya karena semakin tinggi konsentrasi Cu (II) berarti semakin besar pula ion Cu (II) yang bermuatan positif sedangkan semakin tinggi konsentrasi Cu (II) tidak mempengaruhi semakin besarnya nilai OH^- yang berarti nilai OH^- hanya akan menyerap ion Cu (II) yang bermuatan positif sesuai kapasitasnya dan mengakibatkan tidak terserapnya Cu (II) dengan baik.

4.7 Isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi adalah hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fase teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fase ruah saat kesetimbangan pada temperatur tertentu. Mekanisme adsorpsi ditentukan dengan mengevaluasi keseimbangan data adsorpsi yang diperoleh dari pengujian. Kesetimbangan antara jumlah logam yang diadsorpsi oleh adsorben dapat ditunjukkan melalui isotherm adsorpsi.

4.7.1 Isotherm Langmuir

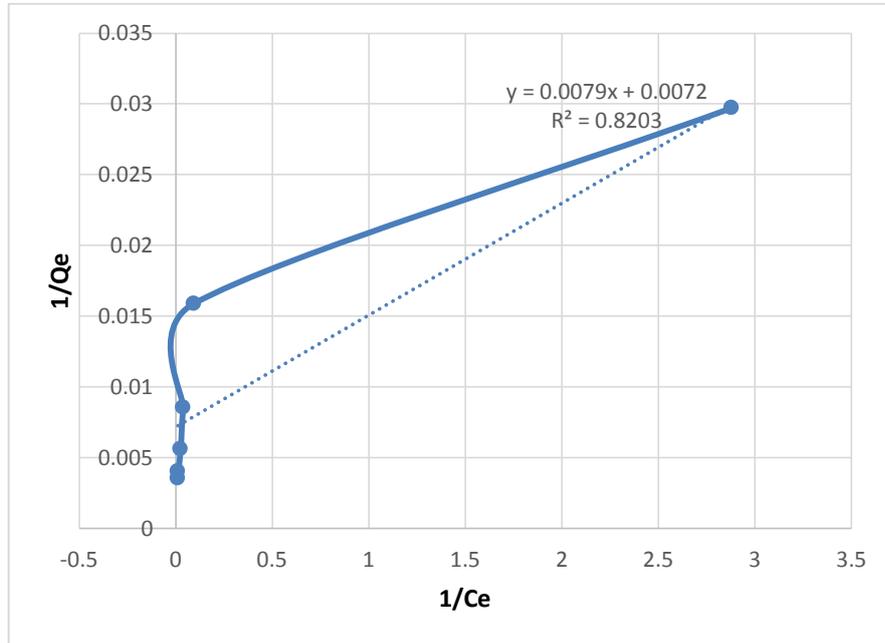
Pada isotherm Langmuir, adsorben mempunyai permukaan yang hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbennya dan hanya terbentuk satu lapisan tunggal saat adsorpsi maksimum. Pada isotherm ini dilakukan plot $1/C_e$ vs $1/Q_e$ pada grafik. C_e merupakan konsentrasi Equilibrium dan Q_e merupakan nilai adsorpsi logam pada saat Equilibrium. Dari hasil pengujian pengaruh konsentrasi larutan dapat dihitung kemampuan penyerapan maksimum serbuk cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) terhadap ion logam Cu^{2+} seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Adsorben pada Isotherm Langmuir

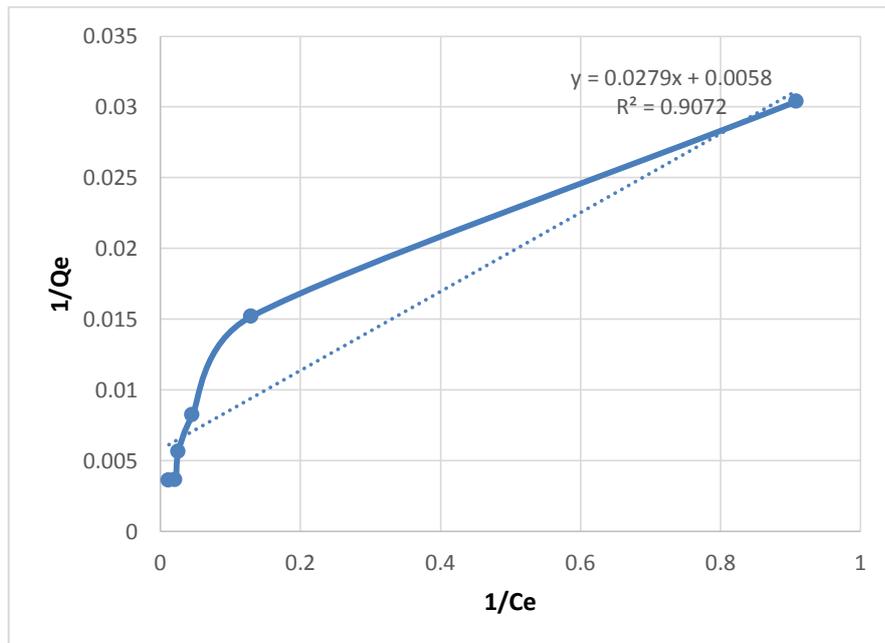
Variasi Konsentrasi Biosorben Tanpa Aktivasi								
Massa Adsorben (gr)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0) (mg/l)	Konsentrasi Akhir (Ce) (mg/l)	Selisih (ΔC) (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)	Langmuir		
						Qe (mg/g)	1/Qe	1/Ce
0,05	50	34	0,347	33,65	98,98	33,7	0,03	2,882
0,05	50	73,48	10,54	62,94	85,66	62,9	0,02	0,095
0,05	50	142,88	25,56	117,32	82,11	117,3	0,01	0,039
0,05	50	216,96	37,92	179,04	82,52	179,0	0,01	0,026
0,05	50	321,84	74,4	247,44	76,88	247,4	0,0036	0,013
0,05	50	359,3	76,4	282,90	78,74	282,9	0,0036	0,013

Variasi Konsentrasi Biosorben Teraktivasi								
Massa Adsorben (gr)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0) (mg/l)	Konsentrasi Akhir (Ce) (mg/l)	Selisih (ΔC) (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)	Langmuir		
						Qe (mg/g)	1/Qe	1/Ce
0,05	50	34	1,1	32,90	96,76	32,9	0,03	0,909
0,05	50	73,48	7,68	65,80	89,55	65,8	0,02	0,130
0,05	50	142,88	21,72	121,16	84,80	121,2	0,01	0,046
0,05	50	216,96	39,24	177,72	81,91	177,7	0,01	0,025
0,05	50	321,84	46,4	275,44	85,58	275,4	0,0036	0,022
0,05	50	359,3	82,8	276,50	76,96	276,5	0,0036	0,012

Dari hasil perhitungan terhadap nilai Q_e dan C_e dibuat plot $1/C_e$ vs $1/Q_e$ yang disajikan pada Gambar berikut :



Gambar 4.12 Kurva Kalibrasi Isotherm Langmuir Adsorpsi Tanpa Aktivasi



Gambar 4.13 Kurva Kalibrasi Isotherm Langmuir Adsorpsi Teraktivasi

Pada grafik Gambar 4.12 tersebut dengan adsorpsi tanpa aktivasi diperoleh persamaan $y = 0,007x + 0,007$ dan nilai $R^2 = 0,820$ yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m , yaitu kapasitas adsorben dalam mengadsorpsi ion logam Cu^{2+} . Nilai Q_m yang diperoleh dapat dihitung dengan cara berikut ini :

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1/a \\
 &= 1/0,007 \\
 &= 142,85 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Sedangkan pada grafik Gambar 4.13 dengan adsorpsi teraktivasi diperoleh persamaan $y = 0,027x + 0,005$ dan didapat nilai $R^2 = 0,907$ yang kemudian dicari nilai Q_m melalui :

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1/a \\
 &= 1/0,005 \\
 &= 200 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

4.7.2 Isotherm Freundlich

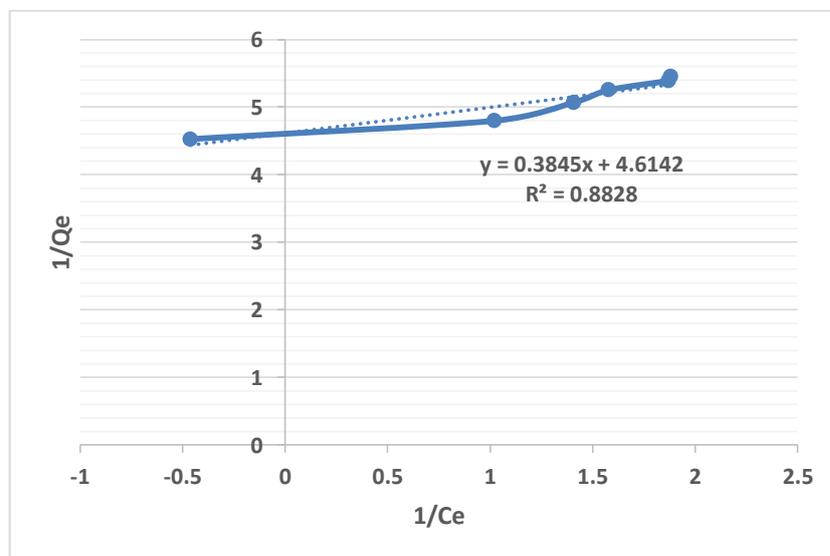
Pada model isotherm Freundlich mendefinisikan bahwa ada lebih dari satu lapisan saat adsorpsi maksimum. Hasil perhitungan nilai adsorpsi oleh adsorben serbuk cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.8 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Adsorben pada Isotherm Freundlich

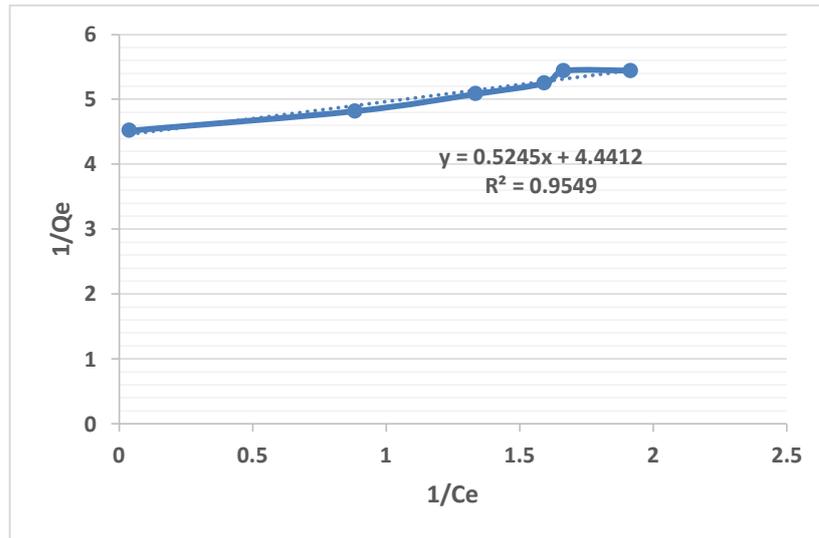
Variasi Konsentrasi Biosorben Tanpa Aktivasi								
Massa Adsorben (gr)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀) (mg/l)	Konsentrasi Akhir (C _e) (mg/l)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan (%)	Freundlich		
						Q _e (mg/g)	Log Q _e	Log C _e
0,05	50	34	0,347	33,65	98,98	33,65	1,53	-0,460
0,05	50	73,48	10,54	62,94	85,66	62,94	1,80	1,023
0,05	50	142,88	25,56	117,32	82,11	117,32	2,07	1,408
0,05	50	216,96	37,92	179,04	82,52	179,04	2,25	1,579

0,05	50	321,84	74,4	247,44	76,88	247,44	2,39	1,872
0,05	50	359,3	76,4	282,90	78,74	282,90	2,45	1,883
Variasi Konsentrasi Biosorben Teraktivasi								
Massa Adsorben (gr)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0) (mg/l)	Konsentrasi Akhir (Ce) (mg/l)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan (%)	Freundlich		
						Qe (mg/g)	Log Qe	Log Ce
0,05	50	34	1,1	32,90	96,76	32,9	1,52	0,041
0,05	50	73,48	7,68	65,80	89,55	65,8	1,82	0,885
0,05	50	142,88	21,72	121,16	84,80	121,16	2,08	1,337
0,05	50	216,96	39,24	177,72	81,91	177,72	2,25	1,594
0,05	50	321,84	46,4	275,44	85,58	275,44	2,44	1,667
0,05	50	359,3	82,8	276,50	76,96	276,5	2,44	1,918

Dari perhitungan tersebut dapat diperoleh hasil plot pada grafik berikut ini :



Gambar 4.14 Kurva Kalibrasi Isotherm Freundlich Adsorpsi Tanpa Aktivasi



Gambar 4.15 Kurva Kalibrasi Isotherm Freundlich Adsorpsi Teraktivasi

4.7.3 Mekanisme Isotherm Adsorpsi Serbuk Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*)

Kemampuan optimum adsorpsi dari hasil penelitian adsorben serbuk cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) tanpa aktivasi dan adsorben serbuk cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) teraktivasi dapat diketahui dari mekanisme pemodelan pada isotherm adsorpsi yaitu isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich. Pada pemodelan isotherm Langmuir, adsorpsi yang dilakukan oleh serbuk adsorben tanpa aktivasi diperoleh nilai $R^2 = 0,820$ dan dari hasil perhitungan diperoleh persamaan $y = 0,007x + 0,007$ seperti pada Gambar 4.12 diperoleh hasil kapasitas penyerapan maksimum (Q_m) adsorben cangkang kerang dara tanpa aktivasi terhadap logam Cu^{2+} yaitu sebesar 142,85 mg/g. Kemudian diperoleh nilai konstanta kesetimbangan sebesar 1,000001, nilai konstanta ini menunjukkan afinitas antara adsorben dengan logam yang diserap. Semakin besar nilai konstanta maka semakin besar pula afinitas suatu adsorben terhadap logam berat yang diserap. Sedangkan pemodelan isotherm Langmuir pada adsorben teraktivasi didapat nilai $R^2 = 0,907$ dan diperoleh persamaan $y = 0,027x + 0,005$ seperti pada Gambar 4.13 Diperoleh hasil Q_m adsorben cangkang kerang dara teraktivasi terhadap logam Cu^{2+} yaitu sebesar 200 mg/g. Selain itu juga diperoleh nilai konstanta kesetimbangan sebesar 1,00.

Pada model isotherm Freundlich, serbuk adsorben cangkang kerang tanpa aktivasi diperoleh nilai $R^2 = 0,882$ dengan persamaan $y = 0,384x + 4,614$ seperti pada Gambar 4.14 Adapun nilai Kf dan n yang menunjukkan konstanta dengan nilai Kf sebesar 100,8869 dan nilai n yaitu 2,604. Sedangkan pada model isotherm Freundlich serbuk cangkang kerang dara teraktivasi didapat nilai $R^2 = 0,954$ dari persamaan nilai $y = 0,524x + 4,441$ yang seperti pada Gambar 4.15. Pada isotherm ini juga didapat nilai Kf sebesar 84,8598 dan nilai n adalah 1,9083. Pada dasarnya kedua model isotherm ini cocok digunakan pada proses adsorpsi terhadap logam Cu^{2+} dengan menggunakan serbuk adsorben cangkang kerang dara (*Anadara Granosa*) teraktivasi karena nilai R^2 yang hampir mendekati angka 1, akan tetapi dengan membandingkan besaran nilai R^2 yang didapat dari persamaan isotherm Langmuir dan Freundlich, maka model kesetimbangan yang cocok untuk digunakan adalah isotherm Freundlich. Hal ini membuktikan bahwa adsorben tidak homogen, yang memungkinkan terjadinya proses adsorpsi secara multilayer pada permukaan adsorben.

4.8 Pengujian Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) dengan Enkapsulasi

Pengujian selanjutnya adalah pengujian adsorpsi logam Cu (II) dengan enkapsulasi. Enkapsulasi merupakan teknik pembuatan kapsul terhadap suatu bahan aktif. Enkapsulasi ini digunakan untuk membungkus adsorben dengan agar-agar yang bertujuan untuk dapat memaksimalkan daya serap adsorben itu sendiri untuk menyerap ion Cu (II). Hasil data dan pembahasan akan dijabarkan dibawah ini.

4.8.1 Pengujian Adsorpsi Variasi Waktu Kontak dengan Enkapsulasi

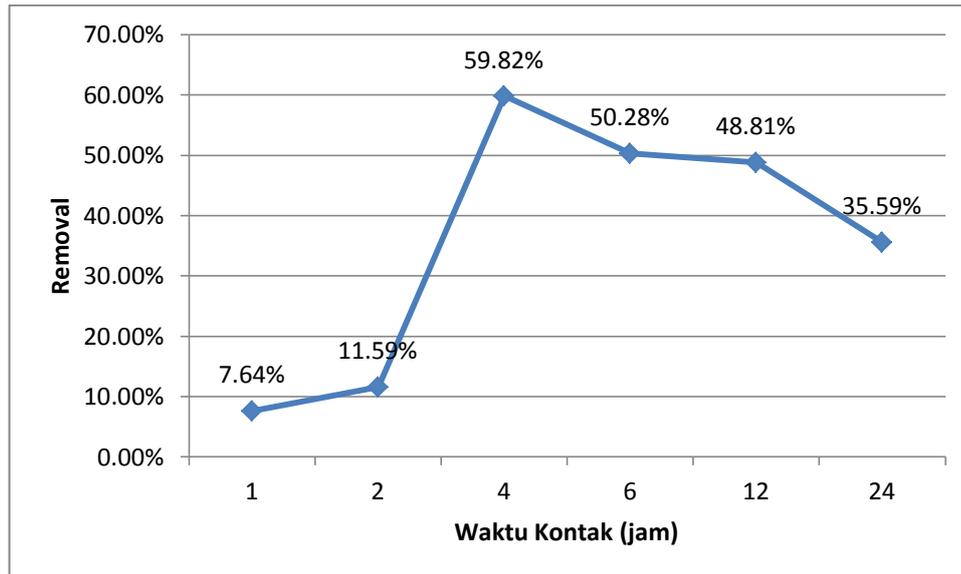
Pengujian ini dikondisikan pada pH netral, yaitu pH 7 pada kecepatan 150 rpm dengan massa sebanyak 0,28 gram dan dengan variasi waktu kontak yaitu 1 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam. Hal ini dimaksudkan agar dapat diketahui pada waktu kontak berapa adsorben tersebut dapat menyerap ion Cu (II) secara maksimal.

Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang dara terhadap logam dengan variasi waktu kontak dengan enkapsulasi :

Tabel 4.9 Data Uji Daya Serap Adsorben Dengan Variasi Waktu Kontak Dengan Enkapsulasi

Cangkang Kerang Terenkapsulasi							
No	Massa (gr)	Waktu (jam)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal
1	0,28	1	7,00	7,00	61,53	56,8	7,64%
2	0,28	2	7,00	7,00	61,53	54,4	11,59%
3	0,28	4	7,00	7,00	61,53	24,7	59,82%
4	0,28	6	7,00	7,00	61,53	30,6	50,28%
5	0,28	12	7,00	7,00	61,53	31,5	48,81%
6	0,28	24	7,00	7,00	61,53	39,6	35,59%
Inlet					61,53		

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa prosen removal terbesar terjadi pada waktu kontak selama 4 jam yaitu sebesar 59,82%. Hal ini sangat jauh dari removal adsorben yang dihasilkan oleh serbuk adsorben tanpa enkapsulasi. Pada waktu kontak selama 120 menit atau 2 jam serbuk adsorben tanpa enkapsulasi menghasilkan prosen removal sebesar 98,94% sedangkan pada adsorben dengan enkapsulasi menghasilkan prosen removal sebesar 11,59%. Hal ini dikarenakan material aktif (adsorben) yang telah terbuka pori-porinya tertutup oleh agar-agar sehingga kemampuan daya serap adsorben tersebut menjadi menurun karena sulit menembus agar-agar itu sendiri. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.16 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cu^{2+} dengan variasi waktu kontak dengan enkapsulasi.

Pada grafik Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa kemampuan puncak adsorben dengan enkapsulasi terjadi pada waktu kontak 4 jam. Sedangkan pada waktu kontak 6 jam, 12 jam, dan 24 jam terjadi penurunan persen removal.

4.8.2 Pengujian Adsorpsi Variasi Konsentrasi dengan Enkapsulasi

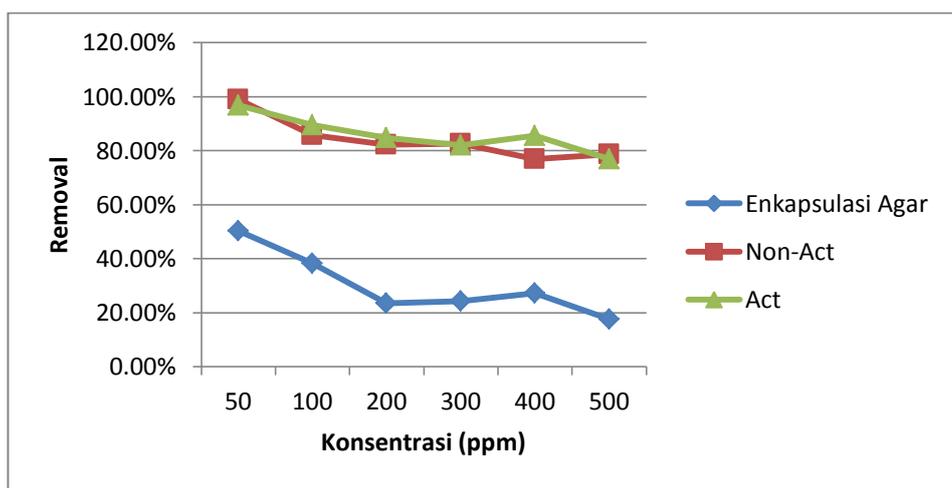
Pada tahap ini pengujian konsentrasi dengan waktu kontak yang paling optimum yaitu 4 jam. Dikondisikan pada pH 7 dengan massa adsorben 0,28 gram dengan kecepatan perputaran 150 rpm.

Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang dara terhadap logam dengan variasi konsentrasi dengan enkapsulasi :

Tabel 4.10 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Konsentrasi Dengan Enkapsulasi

Cangkang Kerang Teraktivasi						
Konsentrasi Rencana (mg/l)	Massa (gr)	pH Awal	pH Akhir	Inlet (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal
50	0,07	7	7	61,53	30,59	50,28%
100	0,07	7	7	64,415	39,695	38,38%
200	0,07	7	7	130,27	99,61	23,54%
300	0,07	7	7	336,91	254,74	24,39%
400	0,07	7	7	245,9	178,68	27,34%
500	0,07	7	7	245,55	202,16	17,67%

Berdasarkan pada data tersebut dapat diketahui bahwa prosen removal tertinggi terjadi pada konsentrasi 50 mg/l sebesar 50,28%. Sedangkan pada konsentrasi 100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, dan 500 mg/l secara berturut-turut yaitu 38,38%; 23,54%; 24,39%; 27,34%; dan 17,67%. Hal ini jauh berbeda dengan hasil prosen removal adsorben tanpa enkapsulasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.17 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cu^{2+} dengan variasi konsentrasi dengan enkapsulasi.

Berdasarkan grafik Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa prosen removal adsorben dengan enkapsulasi lebih rendah daripada adsorben tanpa enkapsulasi. Prosen removal pada 50 mg/l adsorben dengan enkapsulasi sebesar 50,28%,

sedangkan pada adsorben teraktivasi tanpa enkapsulasi sebesar 96,76% dan pada adsorben tanpa aktivasi sebesar 98,98%. Selisih removal yang terjadi sangat jauh yaitu pada range 40%. Maka dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama untuk proses enkapsulasi ini agar adsorben dengan enkapsulasi dapat menyerap ion Cu (II) dengan maksimal.