

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Adsorben Daun Ketapang

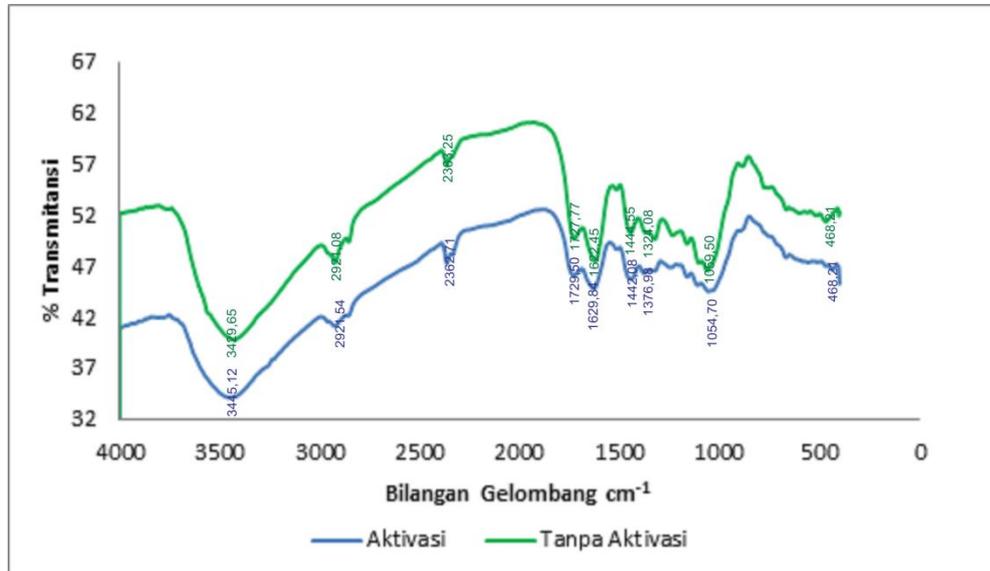
4.1.1 Analisis Gugus Fungsi Daun Ketapang menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Fourier Transform Infra Red atau FTIR merupakan suatu teknik analisis yang cepat, sederhana, dan non-destruktif dengan seluruh sifat kimia yang ada pada suatu bahan yang dapat diungkapkan dan dimunculkan pada spektrum FTIR (Purwakusumah dkk, 2014). Spektrum sidik jari FTIR dapat menghasilkan informasi data yang sangat kompleks sehingga akan menggambarkan secara menyeluruh karakteristik kimia pada suatu bahan. Perubahan yang terjadi pada posisi pita dan intensitasnya dalam spektrum FTIR akan berhubungan dengan perubahan komposisi kimia dalam suatu bahan (Sun dkk, 2010).

a. Analisa Pengaruh Aktivasi terhadap Gugus Fungsi Adsorben

Biomassa yang menampilkan sejumlah puncak serapan dan mencerminkan sifat kompleks biomassa. Hasil identifikasi gugus fungsi terlihat adanya serapan pada bilangan gelombang $3429,65\text{ cm}^{-1}$ untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan $3445,12\text{ cm}^{-1}$ untuk daun ketapang teraktivasi. Menurut Jadav (2015) pada panjang gelombang tersebut menunjukkan vibrasi gugus hidroksil (O-H) dan gugus amina ($-\text{NH}_2$). Peregangan dari gugus -OH yang terikat dengan gugus metil ditunjukkan pada panjang gelombang $2921,08\text{ cm}^{-1}$ untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan $2921,68\text{ cm}^{-1}$ untuk daun ketapang tanpa teraktivasi. Puncak karakteristik kelompok karbonil terletak pada panjang gelombang $1727,77\text{ cm}^{-1}$ dan $1729,50\text{ cm}^{-1}$. Itu kehadiran gugus -OH bersama dengan gugus karbonil menegaskan adanya gugus asam karboksil dalam biomassa. Gugus fungsi -OH, NH, karbonil dan karboksil kelompok adalah tempat penyerapan yang penting (Volesky dkk, 2003). Ini menunjukkan keterlibatan hidroksil dan gugus

karbonil dalam adsorpsi logam Pb. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 Karakterisasi awal dari biomassa daun ketapang melalui analisis gugus fungsi dalam biomassa dengan menggunakan FTIR.

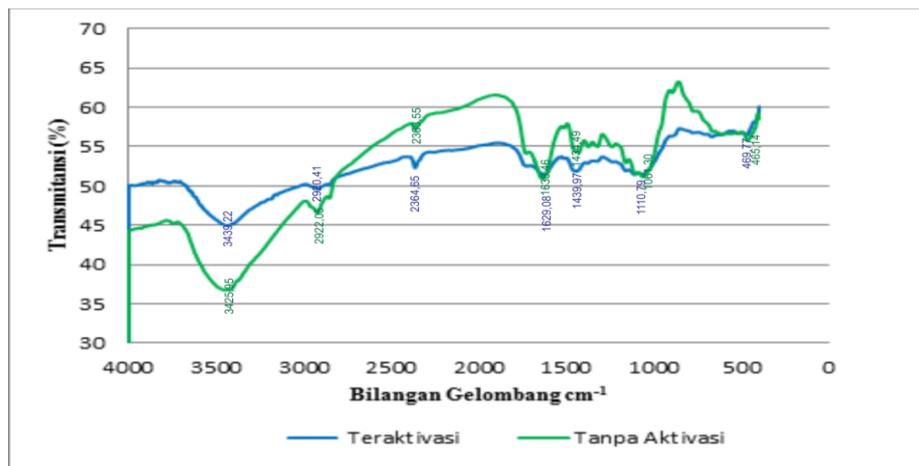


Gambar 4.1 Spektra IR Adsorben Daun Ketapang Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi

Sumber : Data Primer, 2018

b. Analisa Gugus Fungsi Adsorben Setelah Proses Adsorpsi

Gambar 4.2 menunjukkan spektra inframerah dari perbandingan daun Ketapang Tanpa Aktivasi, dan Daun Ketapang dengan Aktivasi sebelum dan sesudah digunakan adsorpsi.



Gambar 4.2 Spektra IR Adsorben Daun Ketapang Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi

Sudah Pakai

Sumber : Data Primer, 2018

Tren kurva yang terjadi pada spektra adsorben daun ketapang sebelum dan sesudah digunakan untuk adsorpsi pada setiap jenis adsorben hampir tidak terjadi perubahan tren grafik. Puncak - puncak yang terbentuk cenderung mirip dan pada posisi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa setelah proses adsorpsi tidak ada pembentukan gugus fungsional baru pada adsorben. Pada spektra kedua jenis adsorben daun ketapang setelah digunakan menunjukkan persen transmitansi yang lebih besar setelah digunakan untuk adsorpsi. Hal itu dimungkinkan karena gugus-gugus fungsi reaktif yang semula ada pada dalam adsorben daun ketapang tanpa aktivasi dan teraktivasi sudah berikatan dengan senyawa adsorbat, sehingga jumlah dari gugus fungsi aktif menjadi berkurang pada kedua adsorben ketika sudah digunakan untuk adsorpsi.

4.2 Pengujian Daya Serap Adsorben

Pada tahap ini, dilakukan pengujian adsorben menggunakan larutan timbal (Pb) sintesis. Pengujian ini dimulai dari penentuan massa optimum adsorben, pH optimum, waktu kontak optimum, serta konsentrasi larutan optimum. Pengujian nilai konsentrasi akan dilakukan secara spektrofotometri dengan menggunakan AAS.

4.2.1 Pengujian Variasi Massa

Pengujian variasi massa menggunakan larutan 10 mg/L Pb dengan derajat keasaman 5, dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu kontak selama 2 jam. Massa yang digunakan pada variasi ini yaitu 50, 100, 200, 300, dan 400 mg. Pada proses adsorpsi, dilakukan pengecekan pH untuk menghindari perubahan pH yang dikhawatirkan akan mempengaruhi kemampuan penyerapan adsorben. Setelah proses adsorpsi dengan pengadukan selama 2 jam selanjutnya disaring untuk memisahkan adsorben dengan larutan, kemudian diuji menggunakan AAS untuk mengetahui konsentrasi logam Pb yang berada di dalam larutan setelah proses adsorpsi.

Dalam penelitian ini, variasi massa, pH, waktu kontak serta konsentrasi dilakukan penambahan 1 sampel untuk menjadi larutan sampel. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan terjadi proses pengendapan logam akibat adanya proses kimia pada saat pengadukan, apabila terjadi

proses pengendapan yang sangat besar pada larutan kontrol tersebut, maka akan sangat mempengaruhi hasil yang akan diuji dan adsorben tidak akan maksimal dalam penyerapannya karena logam tersebut akan mengendap dan tidak dapat diserap oleh adsorben. Hasil uji daya serap daun ketapang dengan variasi massa dapat dilihat di Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Uji Adsorpsi Daun Ketapang dengan Variasi Massa Tanpa Aktivasi

No	Massa (mg)	pH	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
1	50	5	12,85	4,29	66,6
2	100	5	12,85	3,17	75,3
3	200	5	12,85	2,50	80,5
4	300	5	12,85	2,35	81,7
5	400	5	12,85	1,37	89,3
Kontrol		5	15,69	14,72	6

Sumber : Data Primer, 2018

Tabel 4.2 Hasil Uji Adsorpsi Daun Ketapang dengan Variasi Massa Teraktivasi Asam Sitrat

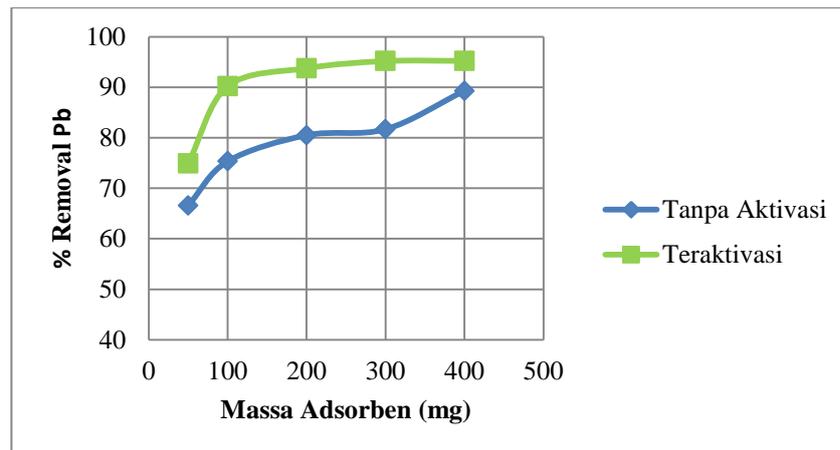
No	Massa (mg)	pH akhir	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
1	50	5	10,41	2,61	74,9
2	100	5	10,41	1,02	90,2
3	200	5	10,41	0,65	93,8
4	300	4.5	10,41	0,50	95,2
5	400	5	10,41	0,49	95,2

Sumber : Data Primer, 2018

Dilihat dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 tersebut menunjukkan bahwa hasil kemampuan adsorben daun ketapang yang teraktivasi dalam penyerapan logam Pb lebih besar dibandingkan dengan adsorben daun ketapang yang tidak teraktivasi. Pada adsorben daun ketapang yang tidak teraktivasi hanya mampu melakukan penyerapan hingga 89,3%, sedangkan untuk adsorben yang teraktivasi mampu melakukan penyerapan hingga 95,2%. Hal ini disebabkan karena asam sitrat mampu menghilangkan pengotor yang menempel pada pori – pori adsorben,

sehingga pori pori adsorben lebih luas dan kemampuan menyerap logam Pb lebih besar. Dari Tabel tersebut dapat dilihat bahwa penyerapan pada sampel kontrol sampai 6% hanya dengan pengadukan saja. Pada proses pengadukan larutan dapat menimbulkan adanya pengendapan pada dasar larutan tersebut.

Grafik perbandingan persentase removal antara adsorben tidak teraktivasi dan adsorben yang teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Persentase Removal Logam Pb dengan Variasi Massa Adsorben Daun Ketapang

Sumber : Data Primer, 2018

Melihat grafik pada Gambar 4.5, diketahui persentase adsorpsi meningkat bersamaan dengan ditambahkan dosis adsorben. Meningkatnya persentase tersebut berhubungan dengan bertambahnya situs aktif yang tersedia pada permukaan adsorben. Semakin banyak situs aktif yang tersedia, akan membuat kontak antar adsorben dan adsorbat semakin besar. Sehingga terjadi peningkatan persentase adsorpsi (Hidayati dkk, 2016). Dari keseluruhan data hasil pengujian variasi massa adsorben dapat disimpulkan bahwa adsorben yang teraktivasi lebih mampu menyerap logam Pb lebih baik dibandingkan dengan adsorben yang tidak teraktivasi. Pada data hasil penelitian terlihat bahwa massa optimum adsorben untuk penyerap logam Pb untuk adsorben yang tidak teraktivasi dan teraktivasi yaitu 400 mg. Oleh karena itu, pada penelitian variasi pH dan selanjutnya digunakan massa adsorben sebesar 400 mg.

4.2.2 Pengujian Variasi pH

Pengujian variasi pH menggunakan data dari hasil pengujian variasi massa, data optimum yang di dapatkan pada pengujian variasi massa yaitu sebesar 400 mg pada adsorben tanpa aktivasi maupun dengan aktivasi. Pada pengujian ini, konsentrasi larutan dan waktu kontak adsorpsi sama dengan pengujian sebelumnya yaitu 10 ppm logam Pb dengan waktu 2 jam.

Variasi pH larutan logam Pb yang digunakan pada pengujian ini dimulai dengan pH 3 sampai dengan pH 8. Dalam mengatur pH larutan, pada penelitian ini menggunakan larutan NaOH untuk menaikkan ke pH yang tinggi dan HNO₃ untuk menurunkan pH larutan. Hasil uji daya serap adsorben daun ketapang terhadap logam Pb dengan variasi pH dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil Uji Adsorpsi Daun Ketapang dengan Variasi pH Tanpa Aktivasi

No	Massa (mg)	pH	pH akhir	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
1	400	3	3	12.85	0.78	94.0
2	400	4	4	12.85	1.33	89.7
4	400	5	5	12.85	1.43	88.9
5	400	6	6	12.85	1.80	86.0
6	400	7	7	12.85	2.11	83.5
7	400	8	8	12.85	2.51	80.4

Sumber : Data Primer, 2018

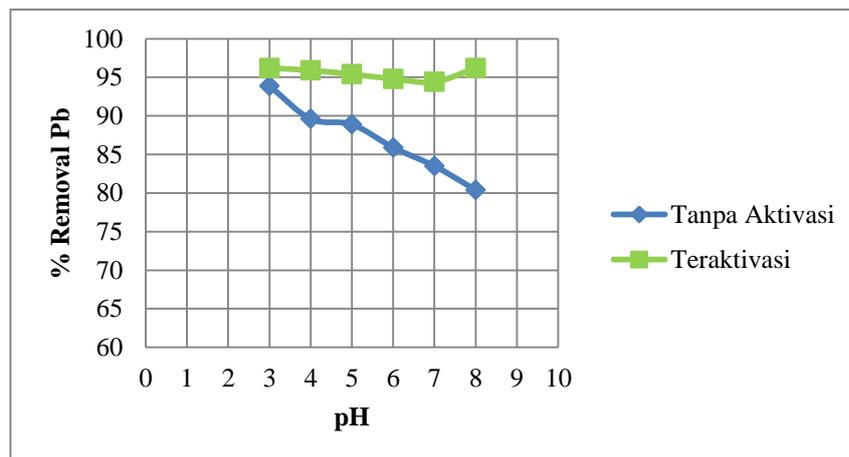
Tabel 4.4 Hasil Uji Adsorpsi Daun Ketapang dengan Variasi pH Teraktivasi Asam Sitrat

No	Massa (mg)	pH	pH Akhir	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
1	400	3	3	12.85	0.48	96.3
2	400	4	4	12.85	0.52	95.9
3	400	5	5	12.85	0.58	95.5
4	400	6	6	12.85	0.66	94.9
5	400	7	7	12.85	0.71	94.5
6	400	8	8	12.85	0.48	96.2
Kontrol		8	8	15.69	1.73	89.0

Sumber : Data Primer, 2018

Dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimum yang diperoleh pH larutan 3 yang mampu mereduksi logam Pb sebesar 94% untuk adsorben daun ketapang tanpa aktivasi dan 96,3% untuk

adsorben daun ketapang teraktivasi. Maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan adsorben daun ketapang teraktivasi lebih maksimal dalam menyerap logam Pb dibandingkan dengan adsorben daun ketapang tanpa aktivasi. Grafik perbandingan persentase removal antara adsorben tidak teraktivasi dan adsorben yang teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Persentase Removal Logam Pb dengan Variasi pH Adsorben Daun Ketapang

Sumber : Data Primer, 2018

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan penyerapan adsorben terhadap logam Pb meningkat seiring dengan menurunnya nilai pH. Pada nilai pH awal 3 adsorpsi meningkat tajam namun kemampuan penyerapan logam Pb menurun seiring dengan peningkatan pH menuju basa. Proses ini dipengaruhi oleh adanya reaksi pertukaran ion - ion logam dengan gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben daun ketapang. Gugus karbonil, karboksil, serta gugus hidroksil yang terkandung dalam adsorben daun ketapang dapat mengikat ion logam dari larutan (Mulyawan dkk, 2015).

Kondisi pH yang asam dimulai dengan pH 3 menghasilkan kapasitas adsorpsi daun cenderung tinggi, namun pada pH 6, persentase adsorpsi dan kapasitas adsorpsi semakin menurun sampai pH 8. Namun pada adsorpsi tanpa aktivasi pada pH 8 terjadi kenaikan hal ini dikarenakan Pb yang terkandung pada larutan pH 8 mengalami pengendapan sehingga Pb tidak terserap secara maksimal.

Pengaruh pH terjadi karena pada pH 3 hingga pH 4 Pb berbentuk Pb^{2+} garam asam yang dapat berinteraksi dengan gugus dari biomassa, tetapi saat pH 5 mulai terbentuk $Pb(OH)^-$ yang kurang berinteraksi dengan gugus dari biomassa daun ketapang. Pada pH 6 hingga pH 8 Pb cenderung membentuk $Pb(OH)_2$ yang kurang berinteraksi dengan gugus biomassa, ini dibuktikan dengan kecenderungan penurunan kapasitas adsorpsi pada saat pH 6 hingga pH 8. Proses penyerapan logam berat oleh adsorben di pengaruhi oleh pH. Rentang pH dalam spesiasi utama pada Pb^{2+} yaitu 3-5. Konsentrasi pb tersebut berubah sampai pH 6,0. Pembentukan $Pb(OH)_2$ padat dimulai pada pH 6,3 dan hidroksida terlarut lainnya yaitu $PbOH^+$, $Pb(OH)_2$, dan $PbOH^{3+}$ terjadi setelah pH 7,0 (Issabayava dkk, 2006).

Menurut Jiang dkk (2012) bahwa kation Pb terserap secara maksimal oleh biosorben pada pH asam (1-6). Penelitian tersebut menjelaskan bahwa Pb^{2+} yang merupakan ion yang bersifat asam, akan bereaksi secara optimum saat kondisi lingkungan bersifat asam pH 1-6.

4.2.3 Pengujian Variasi Waktu Kontak

Pengujian variasi waktu tidak jauh berbeda dengan pengujian sebelumnya, Untuk pengujian dengan variasi waktu kontak tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya, Pengujian variasi waktu menggunakan data dari hasil pengujian variasi massa dan variasi pH yaitu data optimum yang di dapatkan pada pengujian variasi massa dan pH yaitu sebesar 400 mg dan pH 3 pada adsorben tanpa aktivasi maupun dengan aktivasi. Pada pengujian ini, konsentrasi larutan dan waktu kontak adsorpsi sama dengan pengujian sebelumnya yaitu 10 ppm logam Pb, hanya saja perbedaan pada pengujian ini adalah waktu adsorpsi yang berbeda beda. Variasi waktu kontak pada pengujian ini yaitu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Data yang diperoleh dari pengujian ini dapat dilihat di Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Hasil Uji Adsorpsi Daun Ketapang dengan Variasi Waktu Tanpa Aktivasi

No	Waktu (menit)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
1	15	3	3	10.41	1.18	88.6
2	30	3	3	10.41	0.76	92.7
3	60	3	3	10.41	0.64	93.9
4	90	3	3	10.41	0.66	93.6
5	120	3	3	10.41	0.64	93.8

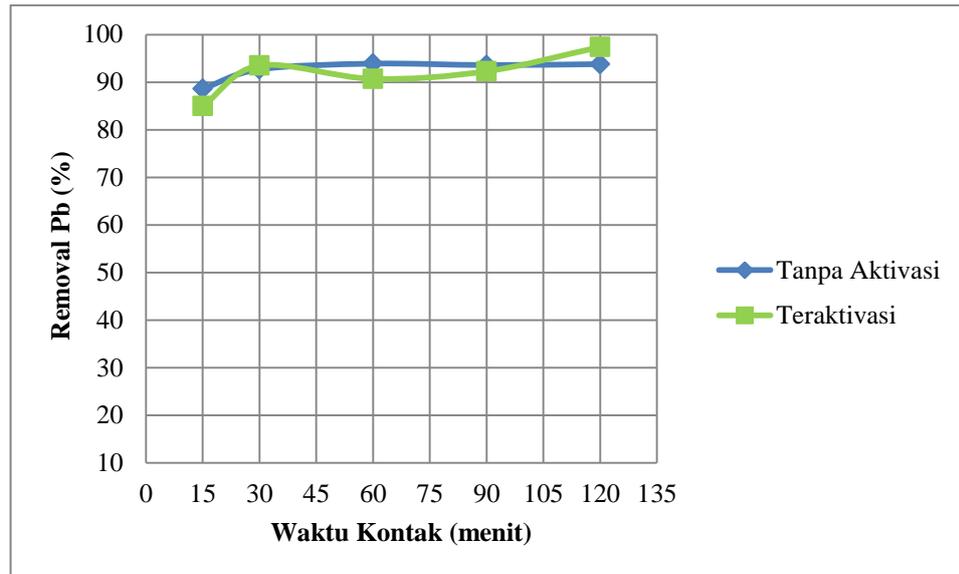
Sumber : Data Primer, 2018

Tabel 4.6 Hasil Uji Adsorpsi Daun Ketapang dengan Variasi Waktu Teraktivasi Asam Sitrat

No	Waktu (menit)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
1	15	3	3	10.41	1.59	84.7
2	30	3	3	10.41	0.67	93.5
3	60	3	3	10.41	0.97	90.7
4	90	3	3	10.41	0.80	92.3
5	120	3	3	10.41	0.27	97.4

Sumber : Data Primer, 2018

Dari Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi awal dari larutan Pb yang digunakan pada pengujian yaitu sebesar 10 ppm untuk setiap sampel uji, setelah dilakukan pengujian dapat dilihat bahwa terjadi pengurangan konsentrasi larutan dari setiap sampel uji pada setiap perbedaan waktu. Grafik perbandingan persentase removal antara adsorben tidak teraktivasi dan adsorben yang teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Persentase Removal Logam Pb dengan Variasi Waktu Adsorben Daun Ketapang

Sumber : Data Primer, 2018

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat kemampuan adsorben daun ketapang mencapai kemampuan maksimal pada saat waktu kontak 2 jam yaitu 93,8% untuk adsorben daun ketapang tanpa aktivasi dan 97,4% , namun pada pengujian variasi waktu kontak daun ketapang teraktivasi cenderung fluktuatif di waktu 15 menit. Hal ini di akibatkan karena pada proses adsorpsi dapat terjadi desorpsi yang dimana terlepasnya partikel adsorbat dari permukaan adsorben. Peristiwa desorpsi dapat menandakan bahwa telah terbentuk kondisi kesetimbangan yang dinamis pada proses adsorpsi (Ju dan Uzuma, 2014). Menurut Holmberg (2006) adanya fenomena desorpsi ini disebabkan karena proses adsorpsi terjadi secara fisika, dimana proses adsorpsi terjadi secara reversibel sehingga akan menyebabkan ion - ion Pb terlepas kembali ke dalam larutan dari permukaan adsorben. Fenomena desorpsi juga dapat disebabkan oleh adanya sifat perebutan situs adsorben yang aktif antara logam Pb (Lestari, 2010). Namun pada pengujian 120 menit kemampuan removal adsorpsi sebesar 93,8% untuk adsorben daun ketapang tanpa aktivasi dan 97,4% dan di simpulkan bahwa waktu kontak optimum pada pengujian ini yaitu 2 jam atau 120 menit.

4.2.4 Pengujian Variasi Konsentrasi

Pengujian variasi konsentrasi dilakukan untuk melihat pada konsentrasi berapa biosorben dapat bekerja pada larutan uji yang mengandung logam Pb. Dalam melakukan pengujian variasi konsentrasi ini menggunakan data yang telah didapatkan pada pengujian variasi sebelumnya seperti massa optimum 400 mg, pH optimum 3, dan waktu kontak yang akan digunakan yaitu selama 120 menit.

Variasi konsentrasi yang digunakan pada pengujian ini adalah 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm. Pada masing-masing konsentrasi larutan tersebut dibuat larutan konsentrasi awal (C0) untuk mengetahui selisih antara konsentrasi pada sebelum pengujian dan sesudah pengujian agar dapat dihitung nilai persentase penyisihannya. Ketika proses pengadukan selesai, larutan selanjutnya disaring dan diencerkan menjadi konsentrasi 5-10 ppm agar dapat dibaca oleh alat AAS. Data yang diperoleh pada pengujian variasi konsentrasi dapat dilihat di Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7 Hasil Uji Adsorpsi Daun Ketapang dengan Variasi Konsentrasi Tanpa Aktivasi

No	Konsentrasi (mg/l)	pH Awal	pH akhir	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg.l)	Removal (%)
1	50	3	3	51,14	3,82	92,52
2	100	3	3	102,27	26,58	74,01
3	150	3	3	152,85	41,73	72,70
4	200	3	3	204,55	63,64	68,89
5	250	3	3	252,96	106,60	57,86
6	300	3	3	306,83	143,60	53,20

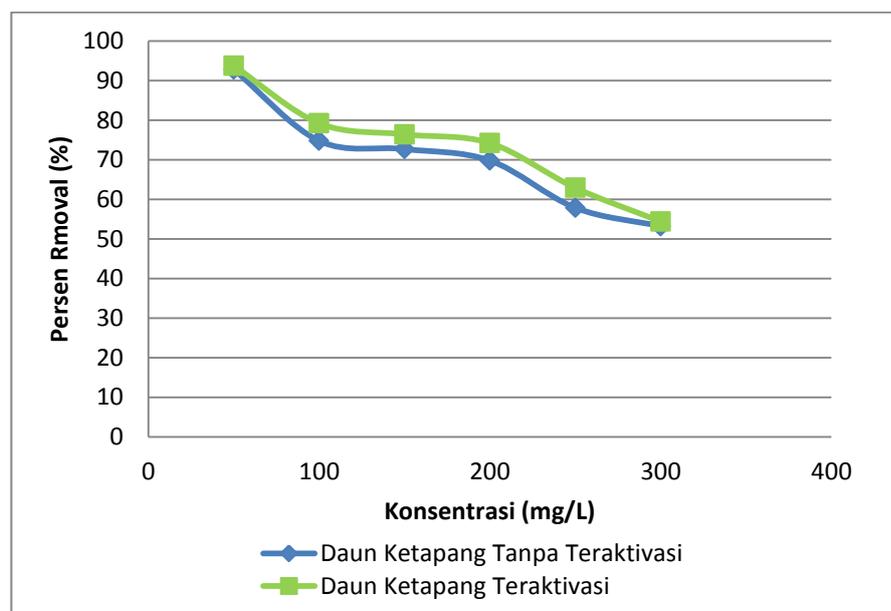
Sumber : Data Primer, 2018

Tabel 4.8 Hasil Uji Adsorpsi Daun Ketapang dengan Variasi Konsentrasi Teraktivasi Asam Sitrat

No	Konsentrasi (mg/L)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
1	50	3	3	53.00	3.33	93.3
2	100	3	3	105.33	21.82	78.2
3	150	3	3	152.85	36.06	76.0
4	200	3	3	210.65	54.20	72.9
5	250	3	3	252.96	93.65	62.5
6	300	3	3	306.83	139.7	53.4

Sumber : Data Primer, 2018

Dari Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 tersebut jika dibuat kedalam grafik dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Persentase Removal Logam Pb dengan Variasi Konsentrasi

Sumber : Data Primer, 2018

Dari Gambar 4.8 dapat di simpulkan bahwa dengan massa adsorben 400 mg hanya mampu menyerap logam Pb dengan optimal pada konsentrasi larutan 50 ppm. Pada konsentrasi 50 ppm menunjukkan kemampuan removal adsorben terhadap Pb 92,52% untuk adsorben daun ketapang tanpa aktivasi dan untuk daun ketapang teraktivasi yaitu 93,3%. Semakin tinggi konsentrasi larutan maka akan semakin kecil ion Pb yang akan terserap oleh

adsorben. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh konsentrasi adsorbat, namun tidak bergantung kepada gradien konsentrasi. Pada larutan yang lebih encer jarak antar molekul dengan molekul lainnya akan lebih berjauhan sehingga interaksi yang terjadi antar molekul lebih kecil (Ruthven, 1984). Dengan demikian gangguan ikatan antara molekul adsorbat yang telah berikatan dengan adsorben lebih sedikit. Maka, hal ini menunjukkan bahwa adsorben daun ketapang dengan massa 400 mg tidak mampu menyerap larutan logam Pb dengan konsentrasi tinggi. Karena situs aktif yang ada pada adsorben daun ketapang sudah terisi penuh oleh ion – ion Pb.

4.3 Isoterm

Isoterm adsorpsi menunjukkan bagaimana molekul adsorpsi didistribusikan antara fase cair ketika proses adsorpsi mencapai keadaan kesetimbangan. Isoterm adsorpsi yang paling umum digunakan adalah isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich (Nwabanne dan P.K, 2008).

4.3.1 Kesetimbangan Isoterm

Menurut Montgomery (1985) isoterm adsorpsi menjelaskan konsentrasi kesetimbangan adsorbat pada permukaan adsorben sebagai fungsi konsentrasi adsorbat di dalam larutan. Kesetimbangan adsorpsi adalah suatu keadaan dimana tidak terjadi lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik dalam fasa cair maupun di adsorben atau kecepatan adsorpsi dengan desorpsinya telah sama. Data kesetimbangan adsorpsi didapatkan dari konsentrasi akhir setelah mengalami adsorpsi (C) dan kemampuan penyerapan adsorpsi (Qe). Data Qe dan C dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Tabel Qe dan Ce Daun Ketapang Tanpa Aktivasi

No	pH	C (mg/l)	massa (mg)	Volume (ml)	C awal (Co)	C akhir (Ce)	ΔC	Qe (mg/g)
1	3	50	400	50	53	3,825	49,175	6,147
2		100	400	50	105,325	26,58	78,745	9,843
3		150	400	50	152,845	41,725	111,12	13,890
4		200	400	50	210,65	63,64	147,01	18,376
5		250	400	50	252,96	106,6	146,36	18,295
6		300	400	50	306,825	143,6	163,225	20,403

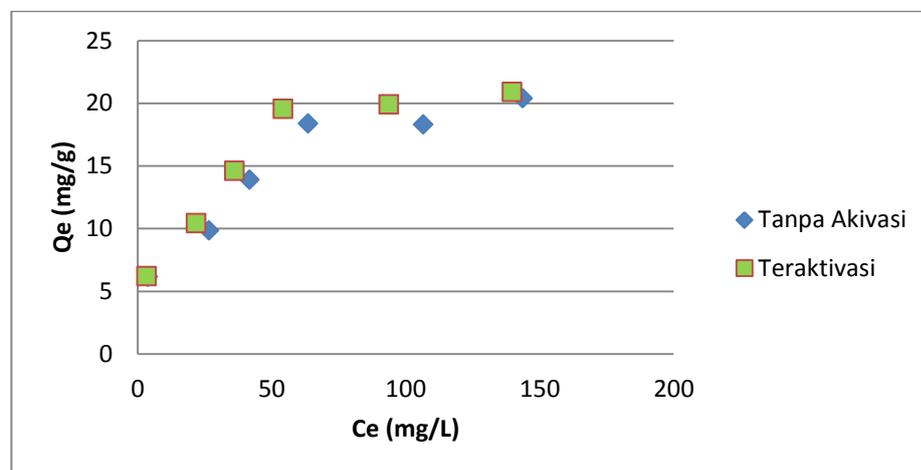
Sumber : Data Primer, 2018

Tabel 4.10 Tabel Q_e dan C_e Daun Ketapang dengan Aktivasi

No	pH	C (mg/l)	massa (mg)	Volume (ml)	C awal (C ₀)	C akhir (C _e)	ΔC	Q_e (mg/g)
2	3	50	400	50	53	3,33	49,67	6,209
3		100	400	50	105,33	21,82	83,50	10,438
4		150	400	50	152,85	36,06	116,78	14,598
5		200	400	50	210,65	54,20	156,45	19,556
6		250	400	50	252,96	93,65	159,31	19,914
7		300	400	50	306,83	139,70	167,13	20,891

Sumber : Data Primer, 2018

Kesetimbangan adsorpsi oleh adsorben daun ketapang ditunjukkan pada Gambar 4.9.

**Gambar 4.9** Kesetimbangan Adsorpsi Daun Ketapang

Sumber : Data Primer, 2018

Pada Gambar 4.9 menunjukkan kesetimbangan adsorpsi daun ketapang pada konsentrasi awal 300 ppm sudah mencapai titik equilibrium. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas optimum adsorpsi berada pada konsentrasi 300 ppm untuk massa adsorben 400 mg.

4.3.2 Isoterm Langmuir

Isoterm adsorpsi Langmuir menggambarkan bahwa adsorben dan adsorbat membentuk lapisan tunggal (monolayer), adsorpsi yang terlokalisir, permukaan adsorben bersifat homogen, serta kemampuan adsorpsi molekul pada suatu situs tidak tergantung pada situs yang lainnya. (Manohar dkk, 2006)

Persamaan isoterm Langmuir :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L q_m} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

Ce = Konsentrasi Equilibrium (mg/L)

qe = Nilai Adsorpsi logam saat Equilibrium (mg/g)

qm = Nilai konstanta Langmuir

KL = Nilai konstanta Langmuir

Dari data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat dihitung nilai dari kemampuan penyerapan maksimum dari adsorben daun ketapang seperti pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.

Tabel 4.11. Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorben Model Langmuir Daun Ketapang Tanpa Aktivasi

No	pH	massa (mg)	Volume (ml)	C awal (Co)	C akhir (Ce)(mg/L)	ΔC	% Removal	langmuir		
								Qe (mg/g)	1/Qe	1/ce
1	3	400	50	53	3,83	49,175	92,78%	6,147	0,163	0,261
2		400	50	105,325	26,58	78,745	74,76%	9,843	0,102	0,038
3		400	50	152,845	41,72	111,12	72,70%	13,890	0,072	0,024
4		400	50	210,65	63,64	147,01	69,79%	18,376	0,054	0,016
5		400	50	252,96	106,60	146,36	57,86%	18,295	0,055	0,009
6		400	50	306,825	143,60	163,225	53,20%	20,403	0,049	0,007

Sumber : Data Primer, 2018

Tabel 4.12. Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorben Model Langmuir Daun Ketapang Aktivasi

No	pH	Massa (mg)	V (ml)	C awal (Co)(mg/L)	C akhir (Ce)(mg/L)	ΔC	% Removal	Langmuir		
								Qe (mg/g)	1/Qe	1/ce
1	3	400	50	53.00	3.33	49.67	93.72	6.21	0.16	0.30
2		400	50	105.33	21.82	83.50	79.28	10.43	0.09	0.04
3		400	50	152.85	36.06	116.78	76.41	14.59	0.06	0.03
4		400	50	210.65	54.20	156.45	74.27	19.55	0.05	0.02
5		400	50	252.96	93.65	159.31	62.98	19.91	0.05	0.01
6		400	50	306.83	139.70	167.12	54.47	20.89	0.04	0.007

Sumber : Data Primer, 2018

Keterangan:

C = Konsentrasi (ppm)

V = Volume (ml)

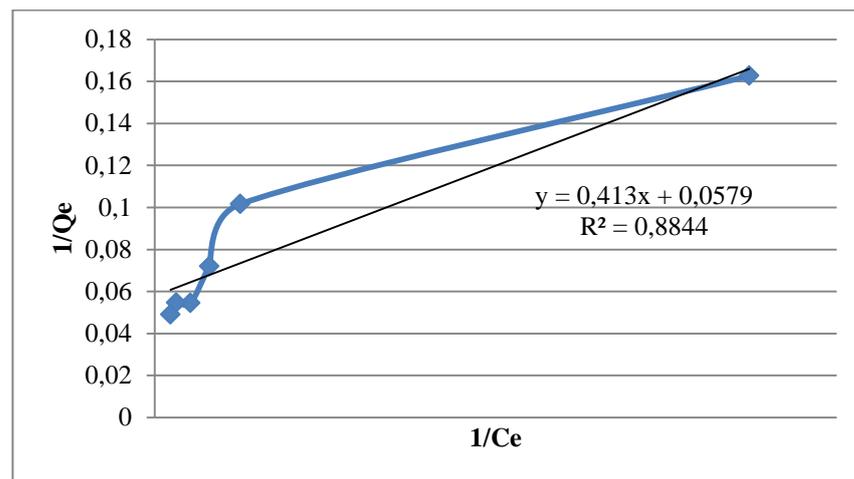
C_o = Konsentrasi Awal (ppm)

C_e = Konsentrasi Akhir (ppm)

q_e = kemampuan penyerapan (mg/gr)

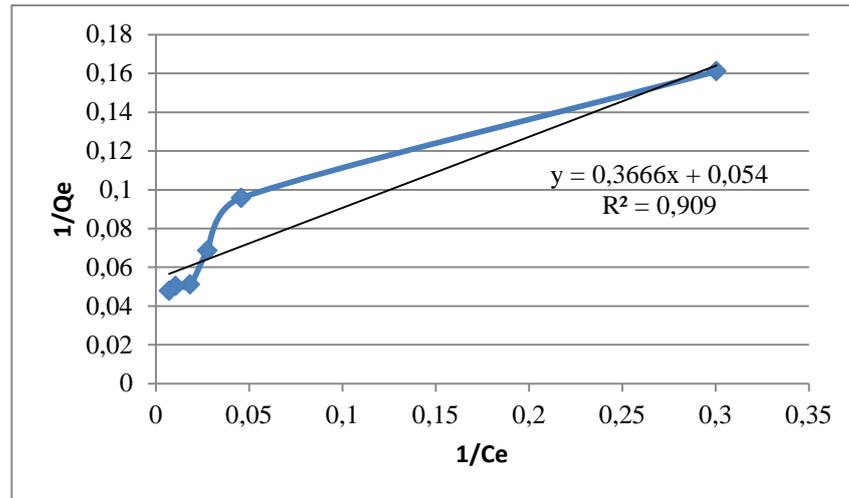
ΔC = Selisih konsentrasi (ppm)

Pada perhitungan Tabel Langmuir didapatkan nilai $1/q_e$ dan $1/C_e$ yang akan digunakan untuk membuat grafik persamaan linear isoterm Langmuir, membuat grafik persamaan linear isoterm Langmuir, dimana akan didapatkan nilai R^2 dari persamaan tersebut yang digunakan untuk menentukan model isoterm dari adsorpsi daun ketapang terhadap logam Pb. Grafik persamaan linear dari isoterm Langmuir tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Daun Ketapang Tanpa Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2018



Gambar 4.11 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Daun Ketapang dengan Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2018

Berdasarkan dari Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 diperoleh nilai $y = 0,413x + 0,0579$ untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan $y = 0,366x + 0,054$ untuk daun ketapang teraktivasi sehingga didapatkan konstanta langmuir sebesar 0,0579 dan 0,054 dengan slope $R^2 = 0,8844$ dan $R^2 = 0,909$ yang akan digunakan untuk memperoleh nilai kapasitas maksimum (Q_m) dan nilai koefisien langmuir (KL) dari adsorben daun ketapang dalam penelitian ini. Parameter Q_m merupakan konstanta yang menunjukkan zat terlarut yang teradsorpsi pada saat massa adsorben dalam keadaan jenuh atau menunjukkan adsorpsi satu lapis (*monolayer*) atau dengan kata lain Q_m merupakan kapasitas adsorpsi maksimum suatu adsorben dengan satuan mg/g. Sedangkan KL merupakan konstanta yang menunjukkan energi ikatan antara zat terlarut dan adsorben (L/mg) (Setiadi, 2003). Adapun persamaan untuk menentukan nilai Q_m dan KL sebagai berikut :

$$Q_m = \frac{1}{a} \dots \dots \dots (5)$$

$$KL = \frac{1}{b \times Q_m} \dots \dots \dots (6)$$

Tabel 4.13 berikut merangkum nilai R^2 dari kurva serta nilai KL dan Q_m yang didapatkan dari Persamaan (5) dan (6) :

Tabel 4.13 Nilai R² Model Langmuir, Q_m, dan KL

Adsorben	R ²	Q _m (mg/g)	KL (l/mg)
Tanpa Aktivasi	0,884	17,271	0.140
Aktivasi	0,909	18,518	0,146

Sumber : Data Primer, 2018

4.3.3 Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich didasarkan pada terbentuknya lebih dari satu lapisan molekul (*multilayer*). Persamaan isoterm Freundlich menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben bersifat heterogen memiliki makna yaitu di setiap gugus aktif pada permukaan adsorben memiliki kemampuan mengadsorpsi yang berbeda (Dewa dkk, 2014). Adapun perhitungan dari persamaan isoterm Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorben Model Freundlich
Daun Ketapang Tanpa Aktivasi

No	C (mg/L)	C akhir (mg/L)	Q _e (mg/g)	Freundlich	
				Log (Q _e)	Log C
1	50	3,825	6,147	0,789	0,583
2	100	26,58	9,843	0,993	1,425
3	150	41,725	13,890	1,143	1,620
4	200	63,64	18,376	1,264	1,804
5	250	106,6	18,295	1,262	2,028
6	300	143,6	20,403	1,310	2,157

Sumber : Data Primer, 2018

Tabel 4.15 Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorben Model Freundlich
Daun Ketapang dengan Aktivasi

No	C (mg/L)	C akhir (mg/L)	Q _e (mg/g)	Freundlich	
				Log (Q _e)	Log C
1	50	3.33	6.21	0.79	0,52
2	100	21.82	10.44	1.02	1,34
3	150	36.06	14.60	1.16	1,56
4	200	54.20	19.56	1.29	1,73
5	250	93.65	19.91	1.29	1,97
6	300	139.70	20.89	1.32	2,15

Sumber : Data Primer, 2018

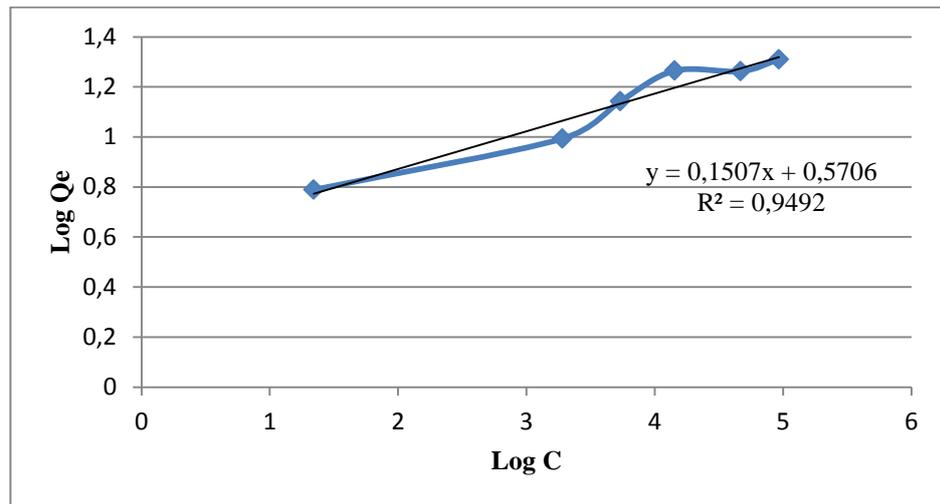
Keterangan:

C = Konsentrasi (ppm)

Ce = Konsentrasi Akhir (ppm)

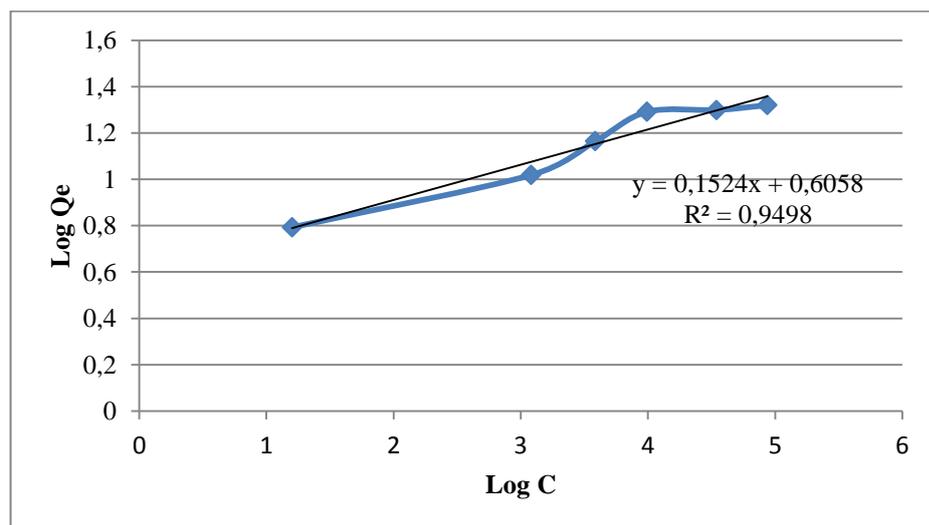
Qe = kemampuan penyerapan (mg/gr)

Dari Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 tersebut diperoleh dapat dimasukkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Daun Ketapang Tanpa Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2018



Gambar 4.13 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Daun Ketapang dengan Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2018

Dari Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 merupakan kurva kalibrasi yang didapatkan dari data Log dari konsentrasi kesetimbangan (C) dan Log dari kapasitas adsorpsi (Qe) yang dimasdukat persamaan linear isoterm Freundlich dari adsorben daun ketapang dengan nilai R^2 . Nilai R^2 dari isoterm Freundlich yaitu 0,9492 untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan 0,9498 untuk daun ketapang teraktivasi.

Persamaan regresi linear dari kurva tersebut maka dapat ditentukan koefisien Freundlich (KF) dan juga nilai koefisien intensitas (n) dari adsorben tersebut. Koefisien adsorpsi (KF) dapat digunakan sebagai indikator kapasitas adsorpsi dan $1/n$ adalah intensitas adsorpsi. Secara umum, semakin tinggi nilai KF, semakin tinggi juga kapasitas adsorpsi (Malik, 2002).

Salah satu konstanta Konstanta Freundlich lainnya adalah n. n adalah ukuran deviasi dari linearitas adsorpsi yang pada umumnya digunakan untuk mengetahui tingkat kebenaran suatu adsorpsi. Jika nilai untuk $n = 1$ maka adsorpsi yang terjadi adalah linear. Jika nilai untuk $n < 1$ maka proses adsorpsi tersebut adalah proses adsorpsi kimia, namun jika nilai untuk $n > 1$ maka adsorpsi tersebut merupakan adsorpsi fisika (Ozcan dkk, 2005). Pada nilai $n > 1$ dapat diidentifikasi bahwa penyerapan adsorben terhadap adsorbat yang digunakan dapat dikatakan baik (Zor, 2004).

Adapun persamaan KF dan n sebagai berikut :

$$KF = 10^a \dots\dots\dots(7)$$

$$n = \frac{1}{b} \dots\dots\dots(8)$$

Tabel 4.16 berikut merangkum nilai $1/n$, N, Log Kf, dan KF yang didapatkan dari Persamaan (7) dan (8) :

Tabel 4.16 Nilai Konstanta Freundlich

Adsorben	1/n	N	Log Kf	Kf (l/mg)
Tanpa Aktivasi	0,1507	6,635	0,570	3,720
Aktivasi	0,1524	6,561	0,606	4,034

Sumber : Data Primer, 2018

Isoterm Langmuir dan Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi ion logam timbal oleh adsorben daun ketapang. Pengujian ini dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan memiliki harga koefisien determinasi atau R^2 lebih dari 0.9 (mendekati angka 1) pada isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich . Diperoleh persamaan Langmuir yaitu $0,413x + 0,0579$ untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan $y = 0,3666x + 0,054$ untuk daun ketapang teraktivasi dan persamaan Freundlich yaitu $y = 0,1507x + 0,5706$ untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan $y = 0,1524 x + 0,6058$ untuk daun ketapang teraktivasi serta harga konstanta dari kedua persamaan tersebut terlihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Nilai Konstanta Isoterm Langmuir dan Freundlich

Isoterm	Langmuir			Freundlich		
	qm (mg/g)	KL (l/mg)	R^2	N	KF (l/mg)	R^2
Tanpa Aktivasi	17,27	0.140	0,884	6,635	3,720	0,9492
Aktivasi	18,52	0,147	0,909	6,561	4,034	0,9498

Sumber : Data Primer, 2018

Dari Tabel 4.17 tersebut dapat diketahui bahwa nilai slope (R^2) dari isoterm Langmuir yaitu sebesar 0,884 untuk adsorben daun ketapang tanpa aktivasi dan 0,909 untuk adsorben daun ketapang dengan aktivasi dan untuk isoterm Freundlich memiliki nilai R^2 yaitu 0,9492 untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan 0,9498 untuk daun ketapang teraktivasi, nilai R^2 pada kedua isoterm tersebut mendekati 1 yang menandakan bahwa data memiliki tingkat validitas tinggi. Namun adsorben daun ketapang yang teraktivasi menunjukkan kecenderungan pada model adsorpsi isoterm Freundlich. Sehingga proses adsorpsi ini berlangsung secara multilayer pada permukaan yang heterogen (Amaria, 2012).