

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

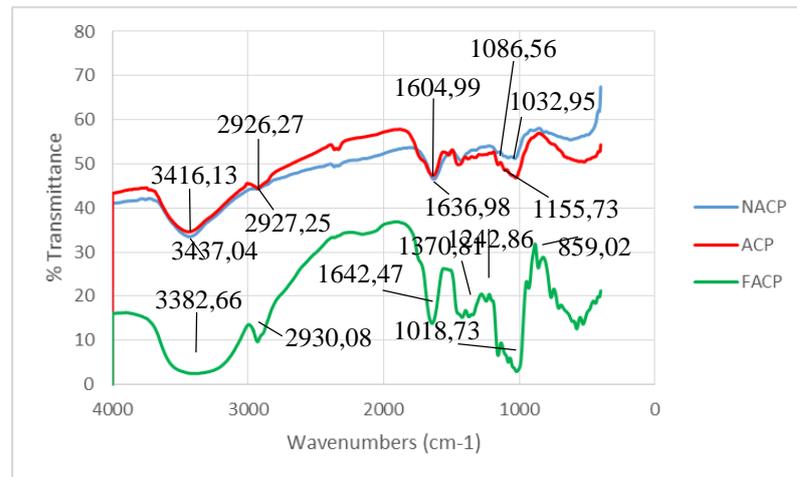
#### **4.1 Preparasi Adsorben**

##### **4.1.1 Karakterisasi Adsorben**

Karakterisasi adsorben bertujuan untuk mengetahui karakteristik adsorben seperti kandungan unsur kimia beserta ikatan kimianya, dan ukuran pori permukaan. Pada penelitian ini karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan FTIR dan SEM.

##### **4.1.1.1 FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)**

*Fourier Transform Infra Red* (FTIR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada material adsorben. Pembacaan gelombang FTIR dilakukan pada daerah spectrum menengah (*mid-infrared*) pada rentang panjang gelombang 400 – 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil dari uji FTIR berupa grafik antara panjang gelombang ( $\lambda$ ) pada sumbu x dan jumlah cahaya yang terpantulkan atau presentase (%) transmitan pada sumbu y. Hasil uji FTIR dianalisa dengan melihat puncak (*peak*) spesifik pada panjang gelombang tertentu. Setiap puncak spesifik menunjukkan jenis fungsional dalam senyawa adsorben. Hasil pembacaan grafik FTIR untuk adsorben yang belum digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



**Gambar 4.1** Hasil Uji FTIR Terhadap Adsorben ACP, NACP dan FACP Sebelum Digunakan

(Sumber: Data Primer, 2018)

Hasil dari uji FTIR yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara panjang gelombang (cm<sup>-1</sup>) dengan persentase (%) transmitansi. Grafik gelombang spectrum IR dibagi menjadi 2 area. Area pertama yang merupakan gugus fungsi utama berada pada rentang 4000-1500 cm<sup>-1</sup>, sedangkan pada rentang 1500-500 cm<sup>-1</sup> merupakan area sidik jari. Setiap senyawa memiliki serapan yang khas pada daerah ini (Sari, 2010).

Hasil dari grafik menunjukkan bahwa pada NACP, ACP dan FACP terdapat gugus hidroksil (O-H) pada bilangan 3416,13 cm<sup>-1</sup> pada NACP, 3437,04 cm<sup>-1</sup> pada ACP dan 3382,66 cm<sup>-1</sup> pada FACP. Selain itu, hasil dari grafik menunjukkan adanya gugus fungsi C-H yang terdapat pada panjang gelombang 2926,27 cm<sup>-1</sup> untuk NACP, 2927,25 cm<sup>-1</sup> untuk ACP dan 2930,08 cm<sup>-1</sup> untuk FACP. Selain itu terdapat gugus fungsi C=O yang berada pada panjang gelombang 1604,99 cm<sup>-1</sup> untuk NACP, 1636,98 cm<sup>-1</sup> untuk ACP dan 1642,47 cm<sup>-1</sup> untuk FACP. Selain itu terdapat pula gugus fungsi C-O yang berada pada panjang gelombang 1086,56 cm<sup>-1</sup> untuk NACP, 1155,73 cm<sup>-1</sup> untuk ACP dan 1018,73 cm<sup>-1</sup> untuk FACP. Pada adsorben FACP terdapat pula gugus fungsi COO- simetris, C-O-C, dan gugus manuronat yang berada panjang gelombang berturut-turut 1370,81 cm<sup>-1</sup>, 1242,86 cm<sup>-1</sup> dan 859,02 cm<sup>-1</sup>. Dari hasil Gambar 4.1 juga dapat disimpulkan bahwa

semakin kecil nilai % transmittan maka semakin banyak gugus fungsi yang ada. Hasil Uji FTIR selanjutnya ditampilkan dalam Tabel 4.1 sebagai berikut.

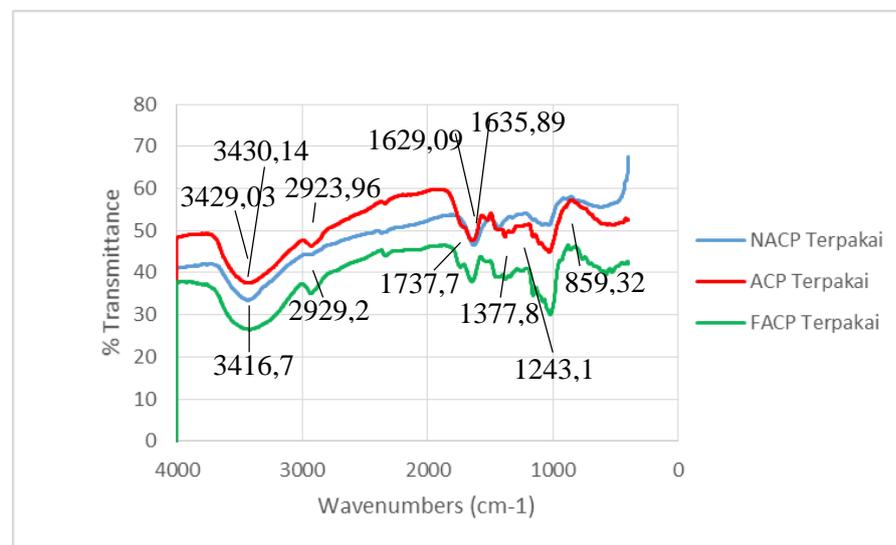
**Tabel 4.1** Interpretasi Gugus Fungsi ACP, NACP dan FACP Sebelum Digunakan

PUNCAK	NACP (cm-1)	ACP (cm-1)	FACP (cm-1)	GUGUS FUNGSI	PANJANG GELOMBANG (cm-1)
A	3416,13	3437,04	3382,66	O-H (Hidroksil)	3200 - 3600 <sup>a</sup>
B	2926,27	2927,25	2930,08	C-H (Alkana)	2850 - 2970 <sup>a</sup>
C	1604,99	1636,98	1642,47	C=O	1620 - 1680 <sup>a</sup>
D	1086,56	1155,73	1018,73	C-O	1050 - 1300 <sup>a</sup>
E	-	-	1370,81	COO- simetris	1300 - 1400 <sup>b</sup>
F	1032,95	-	1242,86	C-O-C	1028 - 1034, 1280 - 1240 <sup>b</sup>
G	-	-	859,02	gugus manuronat	810 - 850 <sup>c</sup>

Keterangan : a.) Skoog *et al*, 1998 b.) Lambert *et al*, 1987 c.) Sukma dkk, 2017

(Sumber: Data Primer, 2018)

Hasil pembacaan grafik FTIR untuk adsorben yang telah digunakan ditampilkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



**Gambar 4.2** Hasil Uji FTIR Terhadap Adsorben ACP, NACP dan FACP Setelah Digunakan

(Sumber: Data Primer, 2018)

Hasil dari uji FTIR yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 menunjukkan hubungan antara panjang gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) dengan persentase (%) transmisi. Grafik gelombang spectrum IR dibagi menjadi 2 area. Area pertama yang merupakan gugus fungsi utama berada pada rentang  $4000\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pada rentang  $1500\text{-}500\text{ cm}^{-1}$  merupakan area sidik jari. Setiap senyawa memiliki serapan yang khas pada daerah ini (Sari, 2010).

Hasil dari grafik pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada NACP, ACP dan FACP terdapat gugus hidroksil (O-H) pada bilangan  $3430,14\text{ cm}^{-1}$  pada NACP,  $3429,03\text{ cm}^{-1}$  pada ACP dan  $3416,7\text{ cm}^{-1}$  pada FACP. Selain itu, hasil dari grafik menunjukkan adanya gugus fungsi C-H yang terdapat pada panjang gelombang  $1428,14\text{ cm}^{-1}$  untuk NACP,  $2923,96\text{ cm}^{-1}$  untuk ACP dan  $2929,2\text{ cm}^{-1}$  untuk FACP. Selain itu terdapat gugus fungsi C=O yang berada pada panjang gelombang  $1629,09\text{ cm}^{-1}$  untuk NACP,  $1635,89\text{ cm}^{-1}$  untuk ACP dan  $1737,7\text{ cm}^{-1}$  untuk FACP. Selain itu untuk adsorben FACP juga memiliki gugus fungsi COO-, C-O-C dan juga gugus manuronat yang berada pada panjang gelombang berturut-turut  $1377,8\text{ cm}^{-1}$ ,  $1243,1\text{ cm}^{-1}$ , dan  $859,32\text{ cm}^{-1}$ . Jika dibandingkan antara Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat dilihat adanya peningkatan dari % transmittan yang menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terdapat dalam adsorben semakin sedikit. Hasil Uji FTIR selanjutnya ditampilkan dalam Tabel 4.2 sebagai berikut.

**Tabel 4. 2** Interpretasi Gugus Fungsi ACP dan NACP Setelah Digunakan

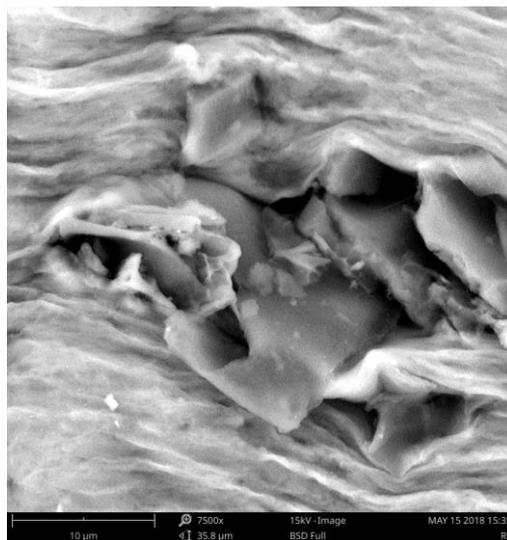
PUNCAK	NACP (cm <sup>-1</sup> )	ACP (cm <sup>-1</sup> )	FACP (cm <sup>-1</sup> )	GUGUS FUNGSI	PANJANG GELOMBANG (cm <sup>-1</sup> )
A	3430,14	3429,03	3416,7	O-H (Hidroksil)	3200 - 3600 <sup>a</sup>
B	1428,14	2923,96	2929,2	C-H (Alkana)	2850 - 2970 dan 1340 - 1470 <sup>a</sup>
C	1629,09	1635,89	1737,7	C=O	1730-1750 <sup>b</sup>
D	-	-	1377,8	COO-	1400 - 1310 <sup>b</sup>
E	-	-	1243,1	C-O-C	1280 - 1240 <sup>b</sup>
F	-	-	859,32	gugus manuronat	810 - 850 <sup>c</sup>

Keterangan : a.) Skoog *et al*, 1998 b.) Lambert, 1987 c.) Sukma dkk, 2017

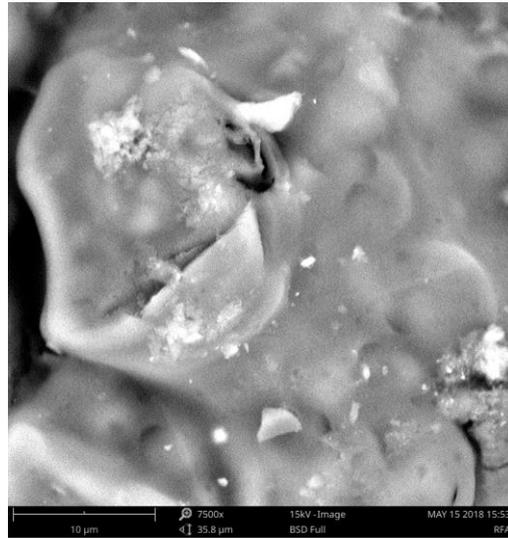
(Sumber: Data Primer, 2018)

#### 4.1.1.2 SEM (*Scanning Electron Microscopes*)

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui gambaran permukaan adsorben dengan perbesaran mencapai 7.500 kali. Hasil pengujian SEM terhadap adsorben dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut.



(a)



(b)

**Gambar 4.3** Permukaan Adsorben FCAP (a) Belum Digunakan dan (b) Telah Digunakan

(Sumber: Data primer, 2018)

Dari Gambar 4.3 terlihat bahwa pada perbesaran yang sama FACP yang belum digunakan memiliki lubang-lubang pori lebih banyak dibandingkan dengan FACP yang telah digunakan. FACP yang telah digunakan terlihat bahwa pori-pori telah terisi oleh adsorbat atau dalam hal ini ialah ion timbal Pb(II).

#### 4.1.2 Enkapsulasi Adsorben

Enkapsulasi adalah proses atau teknik untuk menyalut inti yang berupa suatu senyawa aktif padat, cair, gas, ataupun sel dengan suatu bahan pelindung tertentu yang dapat mengurangi kerusakan senyawa aktif tersebut. Enkapsulasi membantu memisahkan material inti dengan lingkungannya hingga material tersebut terlepas (*release*) ke lingkungan (Kailasapathy, 2002, dan Krasaekoopt *et al*, 2003). Salah satu senyawa pengenkapsulasi yaitu natrium alginat. Alginat dapat membentuk jel matriks kalsium alginat dengan salah satu cara yakni dengan penambahan kation divalent (dimisalkan  $\text{Ca}^{2+}$ ) (Lee & Mooney, 2012). Kapsul kalsium alginat sangat berpori yang memungkinkan air dapat berdifusi keluar masuk matriks (Rokka & Rantamaki 2010).

Konsentrasi natrium alginat yang dipakai pada saat penelitian ini yakni 1 %, yaitu 1 gram natrium alginat yang dicampurkan dengan 100 mL aquades. Konsentrasi natrium alginat yang pernah dipakai pada penelitian yang lain antara lain adalah 1%, 2% (Muchsiri dkk, 2015) dan 3% (Sari, 2016). Natrium alginat 1 % digunakan sebagai pengenkapsulasi dikarenakan dengan konsentrasi 1 % sudah dapat mengadsorbsi ion logam berat Timbal dengan presentase (%) *removal* sebesar 98 %.

#### **4.2 Larutan Standar Pb (II)**

Pembuatan larutan standar Pb(II) dilakukan dengan cara melarutkan serbuk timbal nitrat  $\pm 1,5984$  gram  $Pb(NO_3)_2$  kedalam dalam air yang telah didestilasi (*aquades*) lalu ditambahkan asam nitrat pekat ( $HNO_3$ ) hingga larutan memiliki pH asam (2-3). Penambahan  $HNO_3$  dimaksudkan untuk melarutkan Pb (II) tetap stabil dan tidak terbentuk endapan. Penambahan  $HNO_3$  pekat membentuk *film* pelindung berupa timbal nitrat pada permukaan logam yang mencegah terjadinya pelarutan lebih lanjut (Svehla, 1985).

Pengujian larutan standar Pb (II) dilakukan dengan menggunakan SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) pada panjang gelombang dengan rentang antara 217 sampai dengan 283,3 nm pada suhu 3000 °C (SNI 06-6989.8-2004). Penggunaan pH asam dimaksudkan untuk mencegah korosi kapiler Spetrofotometri Serapan Atom (Sari, 2010).

Larutan standar selanjutnya diencerkan menjadi 1 mg/l, 2 mg/l, 5 mg/l dan 10 mg/l. Pengenceran dilakukan dikarenakan alat SSA hanya dapat membaca adsorbansi pada rentang tertentu, pada hal ini adalah 10 mg/l untuk larutan Pb(II). Selanjutnya, adsorbansi larutan diukur menggunakan SSA.

### 4.3 Penentuan Kondisi Optimum

Penentuan kondisi optimum dilakukan sebelum tahap enkapsulasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui daya serap adsorben dalam kondisi optimum pada masing-masing variabel. Variabel yang dipergunakan sebagai faktor penentu yakni variasi massa adsorben, variasi pH adsorben, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi adsorbat.

#### 4.3.1 Variasi Massa Adsorben

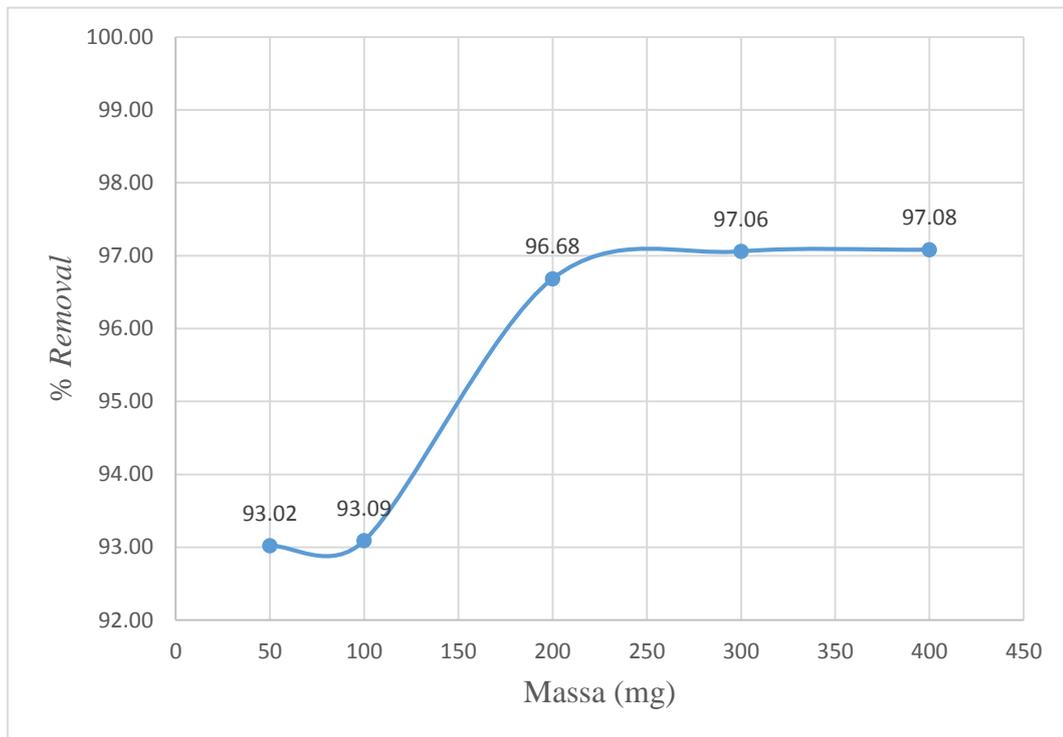
Percobaan variasi massa dilakukan guna mengetahui massa adsorben yang tepat untuk menyerap senyawa Pb. Konsentrasi awal larutan Pb yang digunakan sebesar 10 ppm, dengan kondisi pH yakni 6. Kondisi pH larutan dilakukan pengecekan dan dilakukan kontrol agar pH tetap terjaga. Larutan Pb yang digunakan sebanyak 50 ml dan diaduk selama 2 jam menggunakan *orbital shaker*. Sampel yang digunakan adalah *Activated Cassava Peel* (ACP). Hasil dari percobaan variasi masa adsorben terhadap adsorpsi larutan Pb menggunakan ACP dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

**Tabel 4.3** Data Percobaan Variasi Massa

ACP				
Massa adsorben (mg)	C awal (mg/l)	C akhir (mg/l)	C terserap (mg/l)	% <i>Removal</i>
50	12.85	0.897	11.95	93.02
100	12.85	0.888	11.962	93.09
200	12.85	0.426	12.424	96.68
300	12.85	0.378	12.472	97.06
400	12.85	0.375	12.475	97.08

(Sumber: *Data primer, 2018*)

Dari data yang telah diperoleh dari Tabel 4.3 selanjutnya dilakukan *plotting* dalam sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara % *removal* terhadap penambahan massa adsorben. Hasil grafik dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



**Gambar 4.4** Hubungan Penambahan Massa Adsorben terhadap Presentase (%) Removal

(Sumber: Data primer, 2018)

Pada Gambar 4.4 diketahui bahwasannya presentase (%) *removal* larutan Pb sudah berada pada angka 93 % yang selanjutnya mengalami peningkatan hingga batas 97 %. Peningkatan tersebut terjadi seiring dengan peningkatan massa dari 50 mg hingga 400 mg. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa semakin besar penambahan massa adsorben maka semakin besar pula kemampuannya dalam mengadsorpsi larutan Pb dalam air. Sesuai dengan hasil penelitian dari Rahamanita (2015) yang menyatakan bahwa semakin tinggi massa adsorben yang diberikan maka semakin besar pula tingkat penyerapannya. Kemampuan presentase (%) *removal* paling baik mencapai 97,08 % dengan penambahan massa adsorben sebesar 400 mg. Pada pengujian kali ini massa adsorben optimum yakni 400 mg dikaerakan itu adalah massa dengan tingkat penyerapan paling baik.

### 4.3.2 Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH)

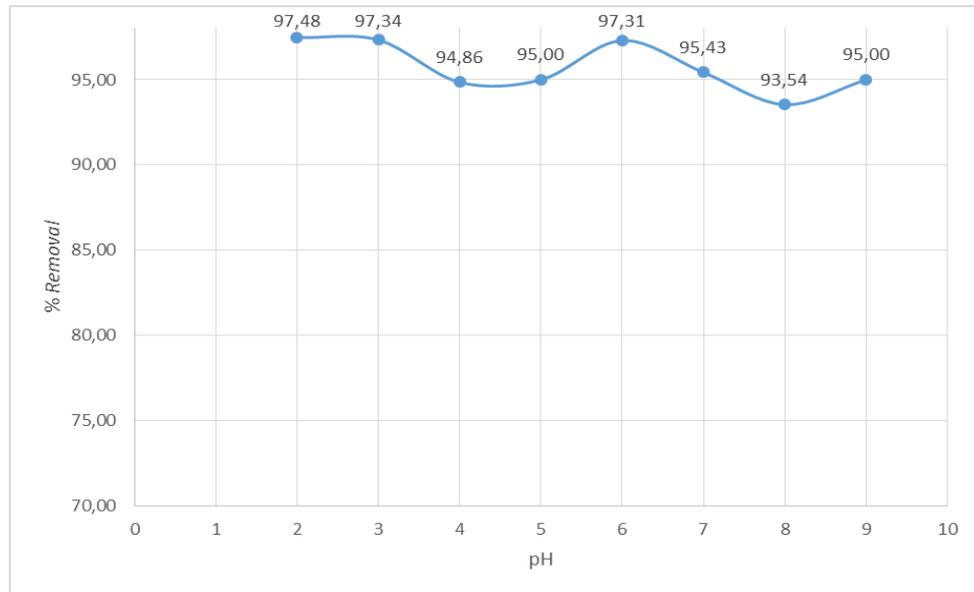
Percobaan variasi nilai derajat keasaman (pH), dilakukan untuk mengetahui nilai derajat keasaman agar mencapai kondisi penyerapan larutan Pb yang optimal. Pengkondisian derajat keasaman (pH) dilakukan dengan cara penambahan larutan NaOH 0,1 N untuk kondisi basa dan larutan HNO<sub>3</sub> 0,1 N untuk kondisi asam. Pengecekan pH dilakukan setiap 30 menit sekali. Pada percobaan kali ini adsorben yang ditambahkan yakni sebesar 400 mg sesuai dengan hasil percobaan pada variasi massa sebelumnya. Hasil dari percobaan variasi nilai derajat keasaman (pH) terhadap larutan Pb dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Data Percobaan Variasi pH  
ACP

Massa adsorben (mg)	pH	C awal (mg/l)	C akhir (mg/l)	C terserap (mg/l)	% Removal
400	2	12.85	0.324	12.526	97.48
400	3	12.85	0.342	12.508	97.34
400	4	12.85	0.661	12.189	94.86
400	5	12.85	0.642	12.208	95.00
400	6	12.85	0.346	12.504	97.31
400	7	12.85	0.587	12.263	95.43
400	8	12.85	0.83	12.02	93.54
400	9	12.85	0.642	12.208	95.00

(Sumber: Data primer, 2018)

Dari data yang diperoleh dari Tabel 4.4 selanjutnya dilakukan *plotting* untuk mengetahui hubungan antara presentase (%) *removal* terhadap variasi pH yang dapat dilihat pada grafik. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut.

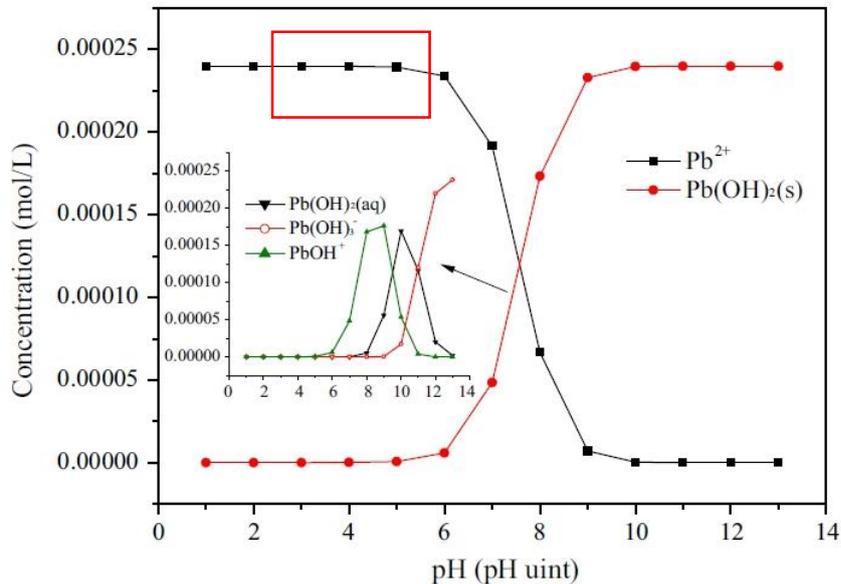


**Gambar 4.5** Hubungan Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH) Terhadap Persentase (%) Removal

(Sumber: Data primer, 2018)

Dari Gambar 4.5 kita dapat melihat bahwa adsorben kulit singkong dapat bekerja dengan rentang pH yang luas yang dimulai dari pH 3 sampai dengan pH 9. Dengan penyerapan yang sudah berada di atas angka 90%. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Schwantes (2016) yang menjelaskan bahwa pH yang digunakan dalam penyerapan ion logam berat timbal dalam air menggunakan kulit singkong memiliki cakupan rentang pH yang luas yang dapat dimanfaatkan pada air terkontaminasi atau efluen yang mengandung logam berat. Pada pH di atas 6 penyerapan terbilang tinggi namun hal ini dikarenakan adanya pengendapan dari  $Pb^{2+}$  menjadi  $Pb(OH)_2$  berdasarkan dari Issabeyeva *et al* (2006).

Derajat keasaman yang akan digunakan dalam variasi konsentrasi yakni pH 5, hal ini dikarenakan pengaturan menuju pH 5 lebih mudah dibandingkan dengan pH 3 dan juga merujuk pada spesiasi logam berat timbal, ion logam  $Pb^{2+}$  berada paling banyak pada rentang pH = 3 dan juga pH = 5 berdasarkan penelitian dari Yang *et al* (2016) yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Hubungan Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH) Terhadap Persentase (%) Removal

(Sumber: Yang *et al.* 2006)

### 4.3.3 Variasi Waktu Kontak

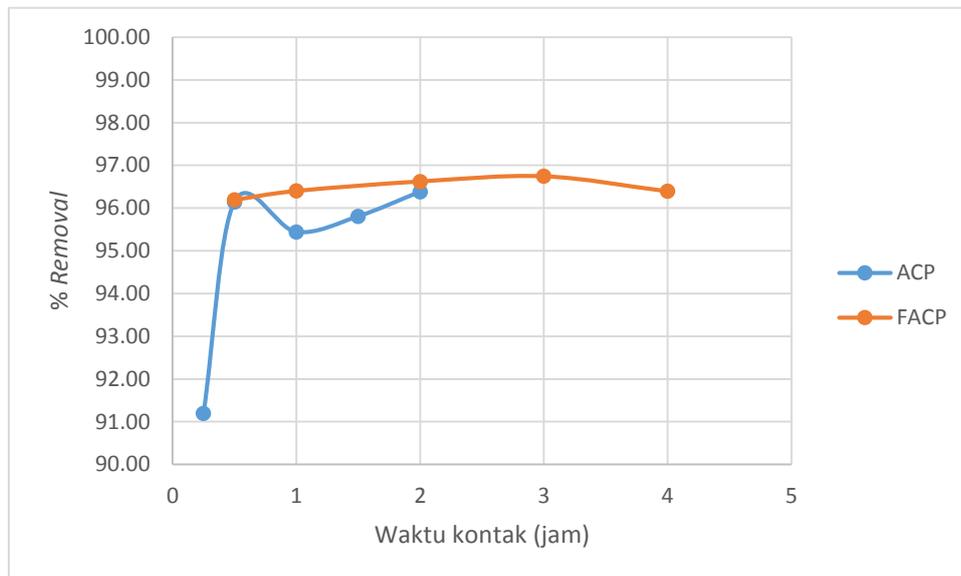
Pengujian variasi waktu kontak dilakukan guna mengetahui waktu kontak yang tepat guna mencapai adsorpsi yang optimum. Pada percobaan kali ini ditambahkan massa sebanyak 400 mg kedalam 50 ml larutan Pb pada pH 5. Sampel yang diuji pada variasi waktu kontak sebanyak 2 yakni adsorben yang diaktivasi dengan NaOH saja (ACP) dan adsorben yang diaktivasi dengan NaOH serta thermal yang telah dienkapsulasi dengan *alginate gel* (FACP). Variasi waktu kontak yang digunakan adalah selama 15, 30, 60, 90 dan 120 menit untuk ACP, sedangkan untuk FACP adalah selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Hasil dari percobaan variasi waktu kontak terhadap adsorpsi larutan Pb dengan menggunakan ACP dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

**Tabel 4.5** Data Percobaan Variasi Waktu Kontak ACP dan FACP

<b>ACP</b>						
<b>Massa Adsorben</b>	<b>pH</b>	<b>Waktu kontak</b>	<b>C awal</b>	<b>C akhir</b>	<b>C terserap</b>	<b>%</b>
<b>(mg)</b>		<b>menit</b>	<b>(ppm)</b>	<b>(ppm)</b>	<b>(ppm)</b>	<b>Removal</b>
400	5	15	12,85	1,131	11,719	91,20
400	5	30	12,85	0,495	12,355	96,15
400	5	60	12,85	0,586	12,264	95,44
400	5	90	12,85	0,539	12,311	95,81
400	5	120	12,85	0,465	12,385	96,38
<b>FACP</b>						
<b>Massa Adsorben</b>	<b>pH</b>	<b>Waktu kontak</b>	<b>C awal</b>	<b>C akhir</b>	<b>C terserap</b>	<b>%</b>
<b>(mg)</b>		<b>Jam</b>	<b>(ppm)</b>	<b>(ppm)</b>	<b>(ppm)</b>	<b>Removal</b>
100	5	0,5	14,82	0,564	14,256	96,19
100	5	1	14,82	0,533	14,287	96,40
100	5	2	14,82	0,5	14,32	96,63
100	5	3	14,82	0,482	14,338	96,75
100	5	4	14,82	0,534	14,286	96,40

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari data yang diperoleh dari Tabel 4.5 selanjutnya dilakukan *plotting* untuk mengetahui hubungan antara presentase (%) *removal* terhadap variasi waktu kontak ACP yang dapat dilihat pada grafik. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.7 sebagai berikut.



**Gambar 4.7** Hubungan Variasi Nilai Waktu Kontak ACP dan FACP

Terhadap Persentase (%) Removal

(Sumber: Data primer, 2018)

Pada Gambar 4.7 diketahui bahwasannya presentase (%) *removal* untuk adsorben ACP larutan Pb sudah berada pada angka 91 % yang selanjutnya mengalami peningkatan hingga batas 96 %. Peningkatan tersebut terjadi seiring dengan peningkatan waktu kontak dari 0,25 jam hingga 2 jam. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin besar pula kemampuannya dalam mengadsorpsi larutan Pb dalam air, namun ada saatnya waktu kontak jenuh atau mengalami penurunan (Nur, 2010). Kemampuan presentase (%) *removal* paling baik mencapai 96,38 % dengan lama waktu kontak selama 120 menit. Pada pengujian kali ini waktu kontak optimum untuk ACP yakni 30 menit karena memiliki tingkat penyerapan yang tinggi dengan waktu yang cepat.

Sedangkan hasil dari percobaan variasi waktu kontak terhadap adsorpsi larutan Pb dengan menggunakan FACP diketahui bahwasannya presentase (%) *removal* larutan Pb sudah berada pada angka 96,19 % yang selanjutnya mengalami peningkatan hingga batas 96,75 % yang pada akhirnya turun kembali ke angka 96,40 %. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu kontak maka

semakin besar pula kemampuannya dalam mengadsorpsi larutan Pb dalam air sampai pada batas waktu tertentu yang setelahnya terjadi penurunan (Nur, 2010).

Jika kita melihat dari Gambar 4.7 FACP lebih unggul dengan nilai presentase (%) *removal* yang lebih tinggi. Namun jika dibandingkan dengan ACP, FACP membutuhkan waktu kontak yang lebih lama guna menyerap adsorbat. Hal ini dikarenakan situs adsorpsi yang tertutupi oleh alginat (Messouada *et al*, 2012). Kemampuan presentase (%) *removal* paling baik mencapai 96,75 % dengan lama waktu kontak selama 4 jam. Pada pengujian kali ini lama waktu kontak optimum untuk FACP yakni 1 jam karena tingkat penyerapan mulai naik pada titik waktu kontak ini.

#### **4.3.4 Variasi Konsentrasi**

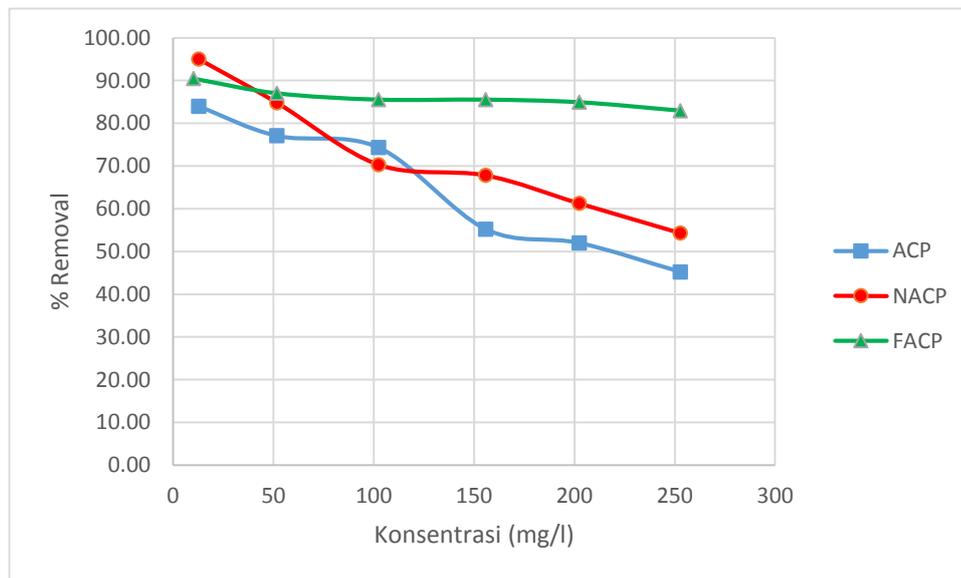
Pengujian variasi konsentrasi dilakukan guna mengetahui penyerapan maksimum adsorben dalam menyerap logam berat Pb dalam larutan. Pada pengujian ini ditambahkan variasi konsentrasi 10 mg/l, 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l dan 250 mg/l kedalam 50 ml pada pH 5. Namun, untuk variable waktu kontak berbeda antara adsorben yang tidak diaktivasi (NACP), adsorben yang diaktivasi dengan NaOH saja (ACP), dan adsorben yang diaktivasi dengan NaOH dan *thermal* serta dienkapsulasi dengan *alginate gel* (FACP). Waktu pengadukan untuk NACP dan ACP yaitu 30 menit sedangkan, untuk FACP menggunakan waktu kontak selama 1 jam. Pengujian konsentrasi juga menggunakan 3 sampel yakni NACP, ACP dan FACP pada pH 5. Hasil dari percobaan ini tertera dalam Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Data Percobaan Variasi Konsentrasi NACP, ACP, & FACP

NACP								
Massa mg	pH	waktu kontak menit	Faktor Pengenceran	Terbaca AAS mg/l	C0 mg/l	Ca mg/l	Ct mg/l	$\eta$ (efisiensi) (%)
100	5	30	1	0,639	12,85	0,639	12,211	95,03
100	5	30	10	0,784	51,72	7,84	43,88	84,84
100	5	30	20	1,52	102,43	30,4	72,025	70,32
100	5	30	30	1,67	155,76	50,1	105,66	67,84
100	5	30	40	1,96	202,4	78,4	124	61,26
100	5	30	50	2,31	252,8	115,5	137,3	54,31
ACP								
Massa mg	pH	waktu kontak menit	Faktor Pengenceran	Terbaca AAS mg/l	C0 mg/l	Ca mg/l	Ct mg/l	$\eta$ (efisiensi) (%)
100	5	30	1	0,206	12,85	2,06	10,79	83,97
100	5	30	10	0,237	51,72	11,85	39,87	77,09
100	5	30	20	0,263	102,43	26,3	76,125	74,32
100	5	30	30	0,465	155,76	69,75	86,01	55,22
100	5	30	40	0,486	202,4	97,2	105,2	51,98
100	5	30	50	0,554	252,8	138,5	114,3	45,21
FACP								
Massa mg	pH	waktu kontak menit	Faktor Pengenceran	Terbaca AAS mg/l	C0 mg/l	Ca mg/l	Ct mg/l	$\eta$ (efisiensi) (%)
100	5	60	1	0,973	10,21	0,973	9,237	90,47
100	5	60	10	0,67	51,72	6,7	45,02	87,05
100	5	60	20	0,74	102,43	14,8	87,625	85,55
100	5	60	30	0,75	155,76	22,5	133,26	85,55
100	5	60	40	0,762	202,4	30,48	171,92	84,94
100	5	60	50	0,861	252,8	43,05	209,75	82,97

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari data Tabel 4.6 kemudian direpresentasikan ke dalam bentuk grafik hubungan antara variasi konsentrasi dengan presentase (%) removal. Dari data Tabel 4.6 dapat kita ketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan Pb maka semakin tinggi penyerapannya (dalam ppm) namun semakin kecil dalam presentase (%) removal. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.7 sebagai berikut.



**Gambar 4.8** Hubungan Variasi Konsentrasi NACP, ACP dan FACP Terhadap Persentase (%) Removal

(Sumber: Data Primer, 2018)

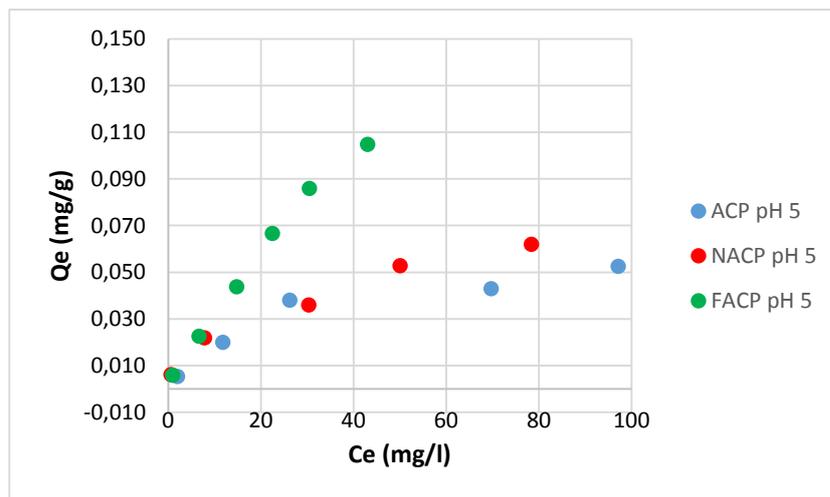
Pada Gambar 4.8 diketahui bahwasannya semakin besar konsentrasi (mg/l) maka semakin kecil pula presentase (%) *removal*. Dari grafik di atas dapat kita lihat bahwa kinerja presentase (%) *removal* antara ACP, NACP, dan FACP relatif sama pada konsentrasi 10 mg/l dan 50 mg/l. Namun, setelah konsentrasi 50 mg/l dapat diketahui bahwa kinerja presentase (%) *removal* paling baik yakni FACP, lalu diikuti selanjutnya oleh NACP dan ACP.

Konsentrasi optimum pada pengujian variasi konsentrasi adalah 100 mg/l untuk ACP, 150 mg/l untuk NACP. Namun FACP memiliki konsentrasi optimum sebesar 150 mg/l. Pemilihan konsentrasi optimum berdasarkan data yang didapat dari Tabel 4.6. Pada adsorben ACP untuk konsentrasi setelah 100 mg/l cenderung stagnan, maka diputuskan bahwa konsentrasi optimum adalah 100 mg/l. Pada adsorben NACP untuk konsentrasi setelah 150 mg/l cenderung stagnan, maka diputuskan bahwa konsentrasi optimum adalah 150 mg/l. Pada adsorben FACP untuk konsentrasi setelah 150 mg/l cenderung stagnan, maka diputuskan bahwa konsentrasi optimum adalah 150 mg/l.

Penurunan persentase (%) *removal* pada pengujian konsentrasi ini disebabkan penambahan jumlah adsorbat yang masuk ke dalam adsorben sehingga adsorben sudah mulai jenuh yang mengakibatkan kemampuan adsorpsinya berkurang.

#### 4.3.5 Kestimbangan Adsorpsi

Kestimbangan adsorpsi merupakan hubungan antara  $Q_e$  atau jumlah dari ion Pb(II) yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/l) dan  $C_e$  atau konsentrasi pada keadaan setimbang (mg/l). Kurva terdiri dari 3 sampel yakni NACP, ACP dan FACP. Kurva antara  $Q_e$  dan  $C_e$  pada pH 5 dapat dilihat pada Gambar 4.9. Gambar 4.9 dapat dilihat sebagai berikut.



**Gambar 4. 9** Kurva Kestimbangan ACP,

NACP dan FACP

(Sumber: Data Primer)

Dari Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa untuk kurva ACP dan FACP grafik belum melengkung yang membuktikan bahwa kapasitas adsorpsi belum mencapai titik maksimumnya sedangkan untuk grafik dari NACP sudah menunjukkan lengkungan yang memiliki arti bahwa grafik sudah mencapai titik maksimum dalam penyerapan.

#### 4.4 Isoterm Adsorpsi

Kesetimbangan isoterm adsorpsi adalah suatu metode yang dapat menunjukkan mekanisme dari proses adsorpsi antara larutan Pb dengan adsorben. Pada penelitian ini, masing-masing adsorben yakni NACP, ACP, dan FACP. Model isoterm yang digunakan yakni model isoterm Langmuir dan Freundlich. Adapun persamaan isoterm Langmuir yaitu (Siswoyo dkk, 2014) :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L q_m} \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana  $C_e$  adalah konsentrasi pada keadaan setimbang (mg/l),  $q_e$  adalah jumlah dari ion Pb(II) yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/l),  $q_m$  dan  $K_L$  adalah konstanta Langmuir (l/mg) dan  $q_m$  menunjukkan kapasitas adsorpsi (mg/g).

Pada grafik isoterm Langmuir sumbu x merupakan  $1/C_e$  sedangkan sumbu y merupakan  $1/Q_e$ . Dari grafik tersebut diperoleh nilai regresi linier  $y = bx + a$ , yang akan menentukan nilai  $Q_m$  dan  $K_L$ , dimana  $Q_m = 1/a$  sedangkan  $K_L$  merupakan nilai b.

Nilai  $K_L$  diperoleh dari nilai slope atau b. Adapun dari persamaan (4.1) didapatkan :

$$b = \frac{1}{K_L q_m} \dots \dots \dots (4.2)$$

Maka,

$$K_L = \frac{1}{b \cdot q_m} \dots \dots \dots (4.3)$$

Sedangkan untuk nilai  $Q_m$  didapatkan dari  $a$  atau intersep kurva. Adapun dari persamaan (4.1) didapatkan :

$$a = \frac{1}{q_m} \dots \dots \dots (4.4)$$

Maka,

$$q_m = \frac{1}{a} \dots \dots \dots (4.5)$$

Selain isoterm Langmuir digunakan pula isoterm Freundlich. Adapun persamaan isoterm Freundlich yaitu :

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \dots \dots \dots (4.6)$$

Dimana  $q_e$  merupakan jumlah material teradsorpsi (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi pada saat mencapai kesetimbangan (mg/l),  $K_f$  adalah konstanta Freundlich serta  $n$  merupakan konstanta. Jika nilai  $n = 1$  maka adsorpsi yang terjadi adalah linear, jika nilai  $n < 1$  maka proses yang terjadi merupakan proses adsorpsi kimia, dan jika nilai  $n > 1$  maka adsorpsi yang terjadi ialah adsorpsi fisika (Ozcan *et al*, 2005). Nilai  $K_L$  dan  $K_f$  merupakan indikator dari kapasitas adsorpsi. Untuk menentukan nilai  $K_f$  dan  $n$ , digunakan persamaan :

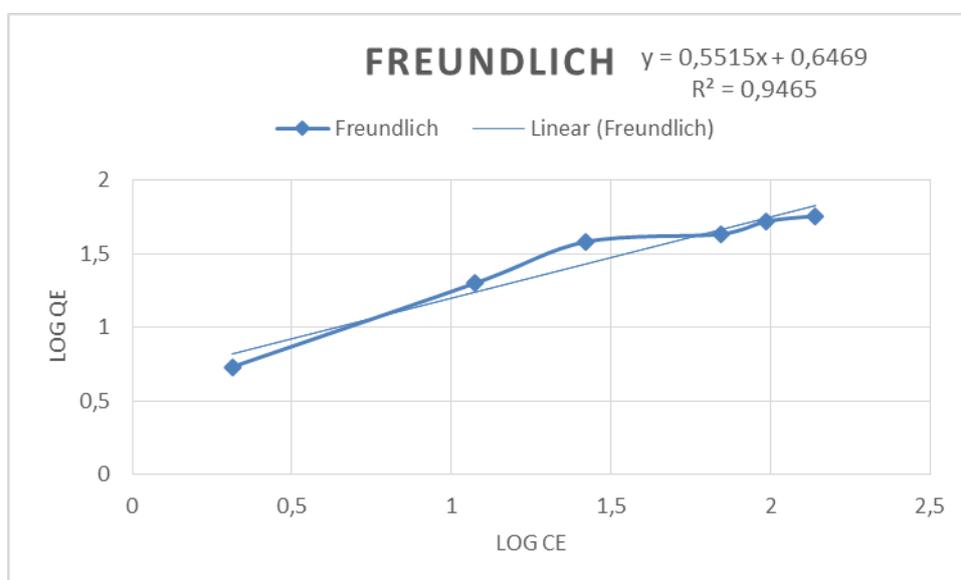
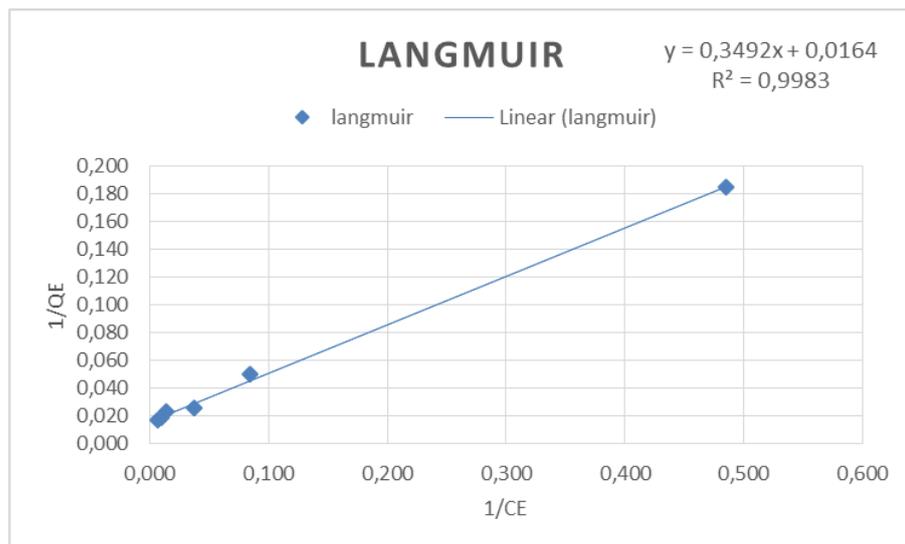
$$\text{Log}(q_e) = \text{Log}(K_f) + 1/n \text{ log}(C_e) \dots \dots \dots (4.6)$$

Dari persamaan-persamaan di atas dimasukkan kedalam bentuk Tabel 4.8 di bawah yang selanjutnya diplotkan ke dalam bentuk grafik. Untuk grafik model isoterm Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada Gambar 4.10, 4.11, dan 4.12 sebagai berikut.

Jenis	pH	Massa (mg)	Volume (ml)	C awal (mg/l)	Ce (mg/l)	$\Delta C$ (mg/l)	% Removal	Langmuir			Freundlich	
								Qe (mg/g)	1/Qe	1/ce	Log (Qe)	Log C
ACP	5	100	50	13	2,06	10,79	83,97%	5,395	0,185	0,485	0,732	0,314
		100	50	52	11,85	39,87	77,09%	19,935	0,050	0,084	1,300	1,074
		100	50	102	26,3	76,125	74,32%	38,063	0,026	0,038	1,580	1,420
		100	50	156	69,75	86,01	55,22%	43,005	0,023	0,014	1,634	1,844
		100	50	202	97,2	105,2	51,98%	52,600	0,019	0,010	1,721	1,988
		100	50	253	138,5	114,3	45,21%	57,150	0,017	0,007	1,757	2,141
Jenis	pH	Massa (mg)	Volume (ml)	C awal (mg/l)	Ce (mg/l)	$\Delta C$ (mg/l)	% Removal	Langmuir			Freundlich	
								Qe (mg/g)	1/Qe	1/ce	Log (Qe)	Log C
NACP	5	100	50	13	0,639	12,211	95,03%	6,106	0,164	1,565	0,786	-0,194
		100	50	52	7,84	43,88	84,84%	21,940	0,046	0,128	1,341	0,894
		100	50	102	30,4	72,025	70,32%	36,013	0,028	0,033	1,556	1,483
		100	50	156	50,1	105,66	67,84%	52,830	0,019	0,020	1,723	1,700
		100	50	202	78,4	124	61,26%	62,000	0,016	0,013	1,792	1,894
		100	50	253	115,5	137,3	54,31%	68,650	0,015	0,009	1,837	2,063
Jenis	pH	Massa (mg)	Volume (ml)	C awal (mg/l)	Ce (mg/l)	$\Delta C$ (mg/l)	% Removal	Langmuir			Freundlich	
								Qe (mg/g)	1/Qe	1/ce	Log (Qe)	Log C
FACP	5	100	50	13	0,973	11,877	92,43%	5,939	0,168	1,028	0,774	-0,012
		100	50	52	6,7	45,02	87,05%	22,510	0,044	0,149	1,352	0,826
		100	50	102	14,8	87,625	85,55%	43,813	0,023	0,068	1,642	1,170
		100	50	156	22,5	133,26	85,55%	66,630	0,015	0,044	1,824	1,352
		100	50	202	30,48	171,92	84,94%	85,960	0,012	0,033	1,934	1,484
		100	50	253	43,05	209,75	82,97%	104,875	0,010	0,023	2,021	1,634

**Tabel 4.7** Perhitungan Isoterm Langmuir dan Freundlich ACP,NACP dan FACP

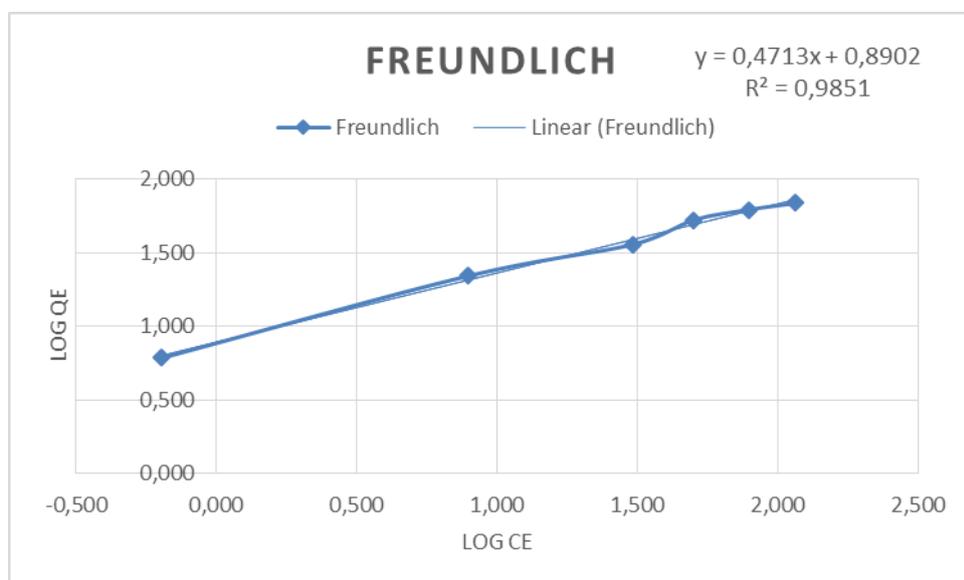
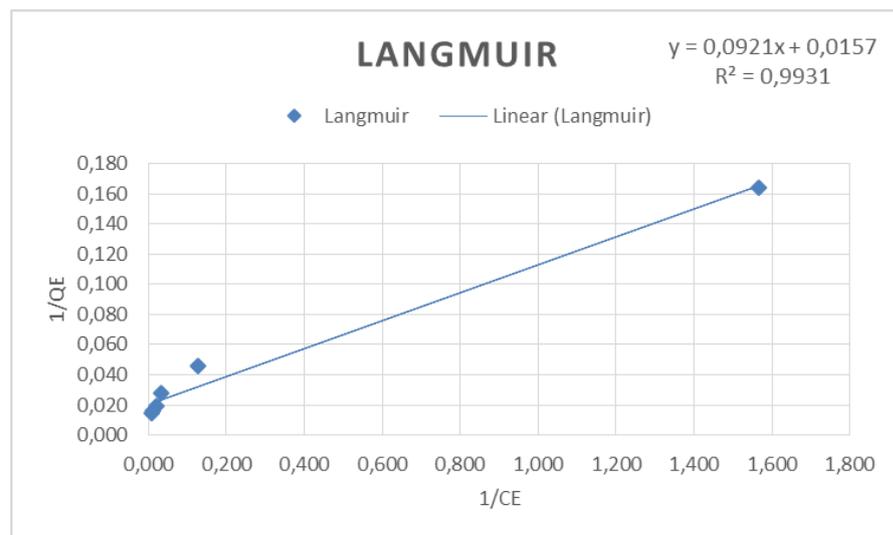
(Sumber: Data Primer, 2018)



**Gambar 4.10** Isoterm Langmuir dan Freundlich ACP

(Sumber: Data Primer, 2018)

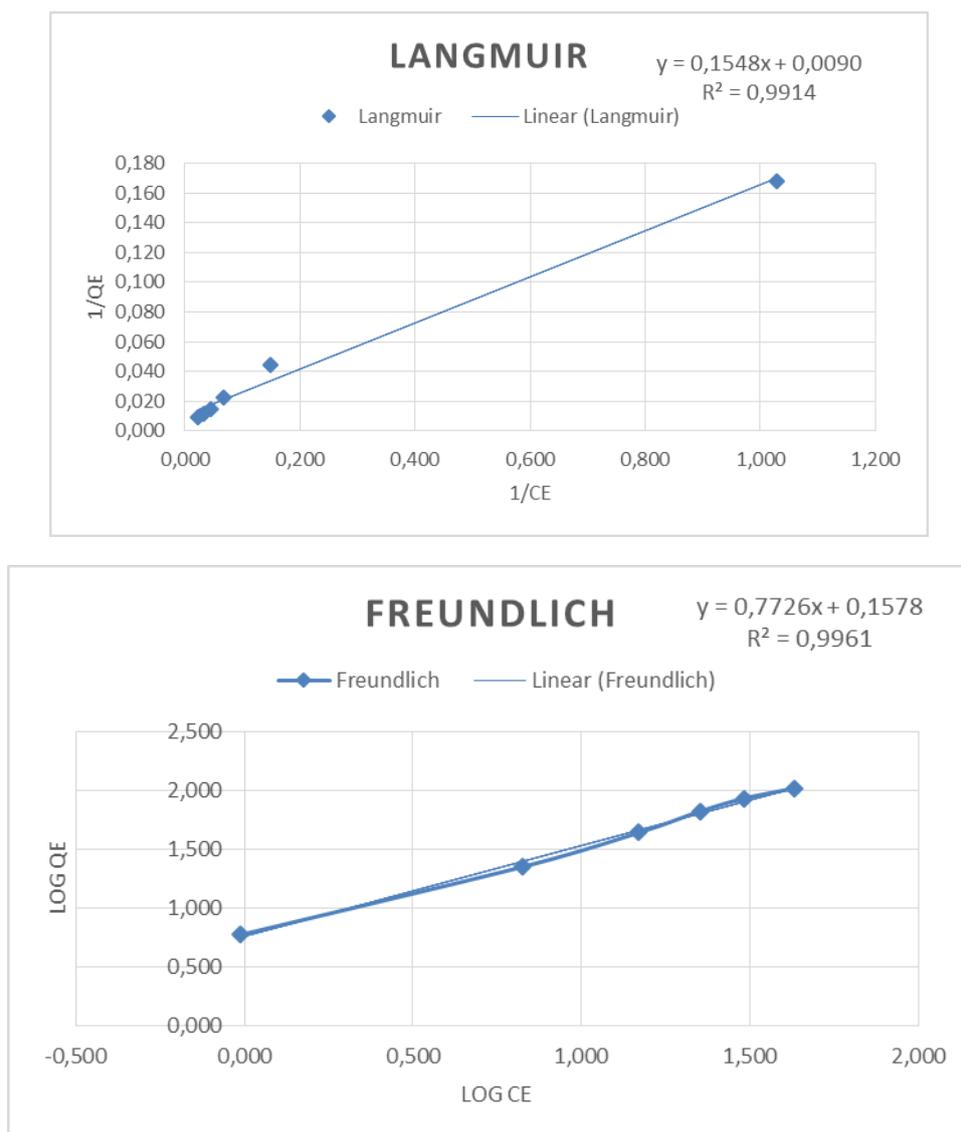
Dari Gambar 4.10 didapatkan nilai  $R^2$  isoterm Langmuir dan Freundlich adsorben ACP terhadap ion logam Pb(II) berturut-turut  $R^2 = 0,9983$  dan  $R^2 = 0,9465$ . Dari persamaan-persamaan tersebut didapatkan nilai  $q_m$ ,  $K_L$ ,  $K_f$  dan  $n$  berturut-turut adalah 60,98 mg/g; 0,05 l/mg, 4,44 dan 1,813.



**Gambar 4.11** Isoterm Langmuir dan Freundlich NACP

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari Gambar 4.11 didapatkan nilai  $R^2$  isotherm Langmuir dan Freundlich adsorben NACP terhadap ion logam Pb(II) berturut-turut  $R^2 = 0,9931$  dan  $R^2 = 0,9851$ . Dari persamaan-persamaan tersebut didapatkan nilai  $q_m$ ,  $K_L$ ,  $K_f$  dan  $n$  berturut-turut adalah 63,64 mg/g, 0,17 l/mg, 7,77 dan 2,12.



**Gambar 4.12** Isoterm Langmuir dan Freundlich FACP

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari gambar 4.12 didapatkan nilai  $R^2$  isoterm Langmuir dan Freundlich adsorben FACP terhadap ion logam Pb(II) berturut-turut  $R^2 = 0,9914$  dan  $R^2 = 0,9961$ . Dari persamaan-persamaan tersebut didapatkan nilai  $q_m$ ,  $K_L$ ,  $K_f$  dan  $n$  berturut-turut adalah 111,111 mg/g, 0,06 l/mg, 1,44 dan 1,29.

Selanjutnya akan dibandingkan nilai  $R^2$  pada masing-masing grafik untuk menentukan model adsorpsi yang cocok. Nilai  $R^2$  yang paling besar merupakan model adsorpsi yang digunakan pada sampel tersebut.

**Tabel 4.8** Hasil Pemodelan Isoterm Langmuir dan Freundlich

Jenis Adsorben	LANGMUIR			FREUNDLICH		
	Qm (mg/g)	KL (l/mg)	R <sup>2</sup>	KF	n	R <sup>2</sup>
ACP 5	60,98	0,05	0,9983	4,44	1,81	0,9645
NACP 5	63,69	0,17	0,9931	7,77	2,12	0,9851
FACP 5	111,111	0,06	0,9914	1,44	1,29	0,9961

(Sumber: Data Primer, 2018)

Berdasarkan data dari Tabel 4.8 didapatkan bahwa untuk sampel ACP, NACP dan FACP model yang diikuti yakni model isoterm Langmuir. Model isoterm Langmuir menunjukkan bahwa interaksi antara adsorben dan adsorbat terjadi hanya pada satu lapisan (*monolayer*). Kemampuan adsorpsi dari adsorben terenkapsulasi *alginate gel* merupakan yang paling baik. Hal ini kemungkinan besar disebabkan karena adanya kandungan gugus -COOH (karboksil) pada *alginate gel* yang dapat menambah situs aktif untuk menangkap muatan  $Pb^{2+}$  dalam air. Kapasitas adsorpsi terbesar didapatkan yaitu 111,111 mg/g.

Karakteristik dari Isoterm Langmuir dapat diidentifikasi dengan parameter kesetimbangan ( $R_L$ ). Adapun persamaan untuk parameter kesetimbangan adalah sebagai berikut :

$$R_L = \frac{1}{1+(K_L.C_0)} \dots\dots\dots(4.7)$$

Dimana  $K_L$  adalah Konstanta Langmuir dan  $C_0$  adalah konsentrasi awal iol logam Pb dalam air. Nilai  $R_L$  menyatakan karakteristik jenis isoterm sesuai dengan kategori masing-masing. Adapun kategorinya adalah

$R_L > 1$             kurang baik

$R_L = 1$             linear

$R_L = 0$             Ireversibel

$0 < R_L < 1$         baik

Dari persamaan 4.7, diperoleh nilai  $R_L$  untuk konsentrasi 10 mg/l dan konsentrasi 250 mg/l berturut-turut adalah 0,667 dan 0,007. Karena nilai  $R_L$  berada di antara 0 dan 1 maka dapat disimpulkan bahwa jenis isoterm termasuk dalam kategori baik untuk proses adsorpsi.