

**PEMANFAATAN KULIT SINGKONG SEBAGAI FIBER
ADSORBEN TERENKAPSULASI Na-ALGINAT PENYERAP
LOGAM BERAT Pb(II) DALAM AIR**

***THE DEVELOPMENT OF FIBER ADSORBENT BASED ON
CASSAVA PEEL TO REMOVE PB ION IN WATER***

Azkafaza Praba Sedyanto

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

Jalan Kaliurang Km. 14,5 D.I. Yogyakarta–55584

email : azkafaza99@gmail.com

ABSTRAK

Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia serta lingkungan dan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mereduksi timbal adalah dengan proses adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari kulit singkong bubuk (NACP), kulit singkong teraktivasi NaOH (ACP) dan ACP yang teraktivasi secara thermal serta dienkapsulasi menggunakan gel alginat (FACP) sebagai adsorben ion logam Pb(II) dalam air. Hasil uji karakterisasi Spektra FTIR dan citra SEM menunjukkan keberhasilan dari proses adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan metode batch dengan variasi massa adsorben, pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat. Adsorben mengikuti model isotherm Langmuir. Kapasitas adsorpsi berdasarkan model Langmuir untuk adsorben ACP, NACP dan FACP berturut-turut 60,98 mg/g, 63,69 mg/g dan 111,111 mg/g.

Kata kunci : Alginat, Fiber Adsorben, Kulit Singkong, Logam Timbal

ABSTRACT

Lead is one of the heavy metal that dangerous for the human being and the environment. One of the methods, that use to reduce the lead from the environment is the adsorption process. The aims of this experiment are to know the adsorption capacity of Non-Activated Cassava Peel (NACP) in powder form, Activated Cassava Peel with activator NaOH (ACP), and Activated Cassava Peel with thermal and NaOH activator encapsulated with alginate gel (FACP) against lead ion Pb(II) in the water. The result of the characterization test from FTIR and SEM shows the success of the adsorption process. Adsorption process using the batch method with variation adsorbent mass, pH, contact time and adsorbate concentration. All of the adsorbents are following the Langmuir isotherm model. Adsorption capacity based on Langmuir model for ACP, NACP and FACP respectively 60,98 mg/g, 63,69 mg/g and 111,111 mg/g.

Keywords : Alginate, Cassava Peel, Fiber Adsorbent, Lead

1. PENDAHULUAN

Pencemaran, satu kata yang telah melekat sejak dimulainya era revolusi industri. Tentunya revolusi industri memiliki dampak positif bagi pertumbuhan ekonomi, namun di sisi lain revolusi industri juga menghasilkan dampak negatif berupa pencemaran. Pencemar terdiri dari berbagai macam zat kimia, perhatian utama diberikan pada bahan kimia beracun yaitu logam berat.

Sejumlah teknologi telah diterapkan guna mereduksi senyawa logam berat yang terdapat pada limbah cair yang meliputi elektrolisis, koagulasi, presipitasi dan pertukaran ion. Pemilihan teknologi dapat berdasarkan pada penerapan teknis yang mudah, menempati ruang yang kecil dan juga efektivitas biaya (Barakat, 2012). Namun teknologi di atas masih terlampau mahal untuk negara berkembang seperti Indonesia.

Salah satu teknologi yang digunakan untuk mereduksi senyawa logam berat adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan teknik pemurnian dan teknik pemishan yang efektif dipakai dalam industri karena dianggap lebih ekonomis dalam

pengolahan air limbah (Al-Asheh *et al*, 2000) dan merupakan teknik yang paling sering digunakan untuk menghilangkan logam berat di air limbah (Selvi *et al*, 2001).

Diketahui produksi umbi kayu (singkong) pada tahun 2015 adalah sebanyak 21 juta ton per tahun (BPS, 2015). Untuk persebarannya di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dan Jawa Tengah sendiri berturut-turut adalah 873 ton dan 3,6 juta ton per tahun 2015. Persentase kulit singkong yang dihasilkan berkisar antara 8-25 % dari berat umbi yang dikupas (Akhardiarto, 2010).

Kulit singkong memiliki kandungan selulosa nonreduktif yang banyak mengandung gugus fungsi hidroksil, karbonil dan sedikit sianida sebagai ligand yang efektif dalam mengikat ion logam berat (Nur, 2010). Berdasarkan dari ketersediaan dan komposisi dari kulit singkong, maka kulit singkong dapat dijadikan sebagai bahan adsorben.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Preparasi Kulit Singkong

a. Aktivasi Kimia

Kulit singkong mentah dibersihkan dari kotoran selanjutnya dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 70° C. Selanjutnya kulit singkong diaktivasi dengan cara direndam pada larutan NaOH selama 1 jam.

b. Aktivasi Termal

Kulit singkong yang sudah diaktivasi dengan larutan NaOH dimasukan ke dalam *furnace* dengan suhu 300 ° C selama 2 jam.

c. Netralisasi

Kulit singkong yang telah diaktivasi secara kimia dan *thermal* selanjutnya dinetralkan menggunakan HCl dan aquades. Setelah netral kulit singkong dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110° C selama 3 jam.

d. Pengayakan

Kulit singkong yang telah kering diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 120 mesh dan kulit singkong teraktivasi bentuk bubuk siap digunakan.

2.2. Pembuatan Larutan Alginat 1 %

Bubuk Na-Alginat ditimbang dengan timbangan sebanyak 1 gram. Setelah itu alginat yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam aquades 100 ml dalam *Beaker glass* 100 ml. Homogenkan larutan dengan *magnetic stirrer* dan setelah larutan tercampur segera masukkan ke dalam lemari pendingin dengan suhu 5-7° C.

2.3. Pembuatan Serat Fiber Adsorben

Campurkan bubuk adsorben teraktivasi kimia dan termal sebanyak 0,421 gram dengan larutan Na-Alginat 1 % 100 ml. Ambil larutan menggunakan jarum suntik berdiameter 0,7 mm, selanjutnya suntikkan larutan yang telah diambil ke dalam larutan CaCl₂ 5 % dan diamkan 30 menit.

Setelah itu netralkan menggunakan aquades dan dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam dengan suhu 70° C.

2.4. Karakterisasi Adsorben

Scanning Electron Microscopy (PHENOM WORLD PW-100-014 X-Pro) digunakan untuk mengetahui morfologi

permukaan adsorben dan FTIR *Analyzer* (NICOLET AVATAR 360 IR) untuk mengidentifikasi kandungan gugus fungsi dalam produk adsorben.

2.5. Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan volume larutan Pb(II) 50 ml pada konsentrasi awal 10 ppm dengan kecepatan pengadukan 150 rpm selama 120 menit, pada pH 6 dan dalam suhu ruangan. Pengujian pertama dilakukan untuk mengetahui dosis optimum adsorben, dengan variasi massa adsorben 50 mg, 100 mg, 150 mg, 200 mg, 300 mg, 400 mg, serta blangko tanpa penambahan adsorben. Dosis massa optimum yang didapatkan digunakan untuk pengujian selanjutnya.

Pengujian pengaruh pH terhadap adsorben dilakukan dengan varian pH larutan adsorbat 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. Pengontrolan pH dilakukan setiap 30 menit. Tingkat pH optimum digunakan untuk pengujian selanjutnya.

Pengujian waktu kontak digunakan 2 sampel yakni ACP dan FACP. Variasi waktu kontak untuk adsorben ACP yakni 15 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Sedangkan untuk adsorben FACP digunakan variasi waktu kontak selama 0,5 jam, 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Waktu kontak dengan lama proses paling efektif dan optimal digunakan dalam pengujian terakhir.

Pengujian terakhir, pengujian terhadap pengaruh konsentrasi awal adsorbat digunakan variasi konsentrasi larutan Pb(II) sebesar 10 mg/l, 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l dan 250 mg/l. Larutan hasil proses adsorpsi diuji dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 217 sampai dengan 283,3 nm pada suhu 300° C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Adsorben

a. Analisis FTIR

Tabel 3.1 – Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben 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 ^a
B	2926,27	2927,25	2930,08	C-H (Alkana)	2850 - 2970 ^a
C	1604,99	1636,98	1642,47	C=O	1620 - 1680 ^a
D	1086,56	1155,73	1018,73	C-O	1050 - 1300 ^a
E	-	-	1370,81	COO- simetris	1300 - 1400 ^b
F	1032,95	-	1242,86	C-O-C	1028 - 1034, 1280 - 1240 ^b
G	-	-	859,02	gugus manuronat	810 - 850 ^c

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

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa dari ketiga jenis adsorben di atas menunjukkan letak puncak grafik yang relatif sama. Pada spektra FACP terdapat gugus fungsi baru yang terbentuk yaitu pada gelombang 1370 –859 yakni COO– Simetris, C-O-C, dan juga gugus

manuronat. Dengan demikian diketahui bahwa enkapsulasi alginat menciptakan gugus fungsi baru yakni gugus fungsi yang memang berada pada Na-Alginat yakni gugus manuronat (Sukma *et al*, 2017).

Tabel 3.2 – Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Setelah Digunakan

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

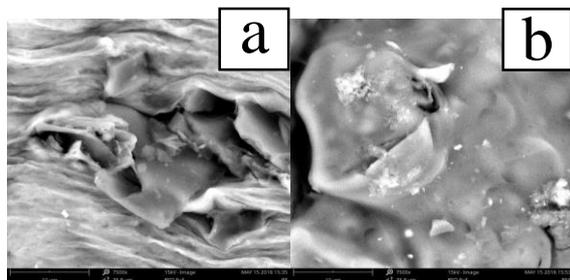
Keterangan : a.) Skoog *et al*, 1998 b.) Lambert *et al*, 1987 c.) Sukma *et al*, 2017

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa dari ketiga jenis adsorben di atas menunjukkan letak puncak grafik yang relatif sama dengan hasil interpretasi gugus fungsi sebelum digunakan. Pada spektra FACP terdapat gugus fungsi baru yang terbentuk yaitu pada gelombang 1370 —859 yakni COO– Simetris, C-O-C, dan juga gugus manuronat. Dengan demikian diketahui bahwa enkapsulasi alginat menciptakan gugus fungsi baru yakni gugus fungsi yang memang berada pada Na-Alginat yakni gugus manuronat (Sukma *et al*, 2017) dan juga gugus fungsi tidak berubah setelah digunakan.

b. Analisis SEM

Gambar 3.1 menunjukkan permukaan FACP yang cenderung halus dan memiliki pori yang terbuka pada perbesaran 7500 kali. Setelah



digunakan terlihat bahwa pori-pori telah tertutup

Gambar 3.1 – Citra SEM FACP a.) Sebelum digunakan, b.) Setelah digunakan

dan kemungkinan pori telah diisi oleh ion dari Pb(II) yang menempel pada permukaan adsorben.

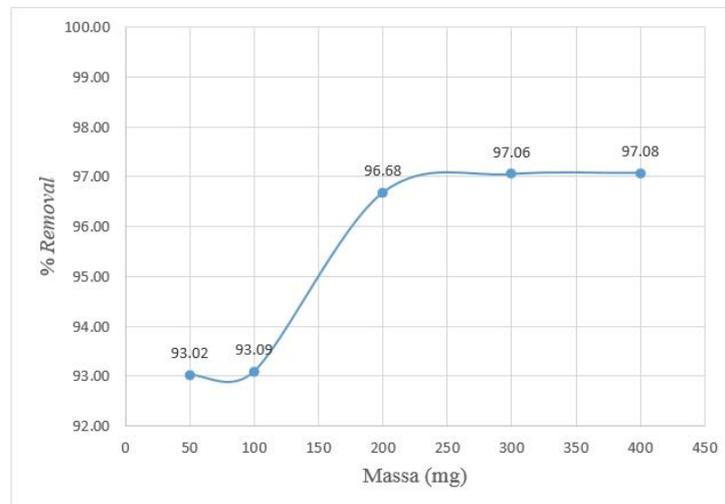
3.2. Pengaruh Massa Adsorben

Melihat dari Tabel 3.3 dan Gambar 3.2, efisiensi presentase (%) *removal* dari pengujian semakin meningkat seiring dengan meningkatnya massa adsorben. 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 dikarenakan massa dengan tingkat penyerapan paling baik adalah 400 mg.

Tabel 3.3 – Data Percobaan Variasi Massa

ACP				
Massa adsorben (mg)	C awal (mg/l)	C akhir (mg/l)	C terserap (mg/l)	% Removal
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)



Gambar 3.2 – Pengaruh Massa Adsorben terhadap Presentase (%) Removal Ion Pb(II)

3.3. Pengaruh pH larutan

Pada pengujian kali ini adsorben yang ditambahkan yakni sebesar 400 mg sesuai dengan hasil percobaan pada variasi massa sebelumnya.

Dari Tabel 3.4 dan Gambar 3.3 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).

Tabel 3.4 – Data Percobaan Variasi pH

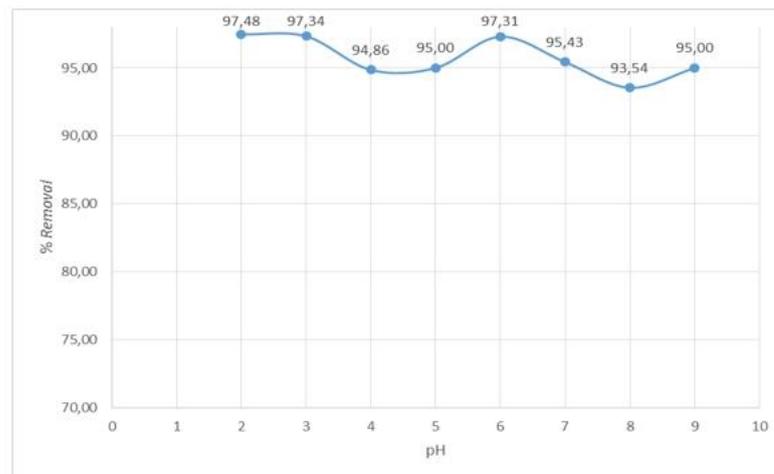
Derajat keasaman yang akan digunakan dalam variasi konsentrasi yakni pH 5, hal ini dikarenakan pengaturan menuju pH 5

lebih mudah dibandingkan dengan pH 3 dan

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)

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).



Gambar 3.3 – Pengaruh pH Adsorbat terhadap Presentase (%) Removal Ion Pb(II)

3.4. Pengaruh Waktu Kontak

Pada percobaan kali ini ditambahkan massa sebanyak 400 mg ke dalam 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).

Dilihat dari Tabel 3.5 dan Gambar 3.4, 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

Tabel 3.5 – Data Variasi Waktu Kontak

ACP						
Massa Adsorben	pH	Waktu kontak	C awal	C akhir	C terserap	%
(mg)		menit	(ppm)	(ppm)	(ppm)	Removal
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
FACP						
Massa Adsorben	pH	Waktu kontak	C awal	C akhir	C terserap	%
(mg)		Jam	(ppm)	(ppm)	(ppm)	Removal
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)

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

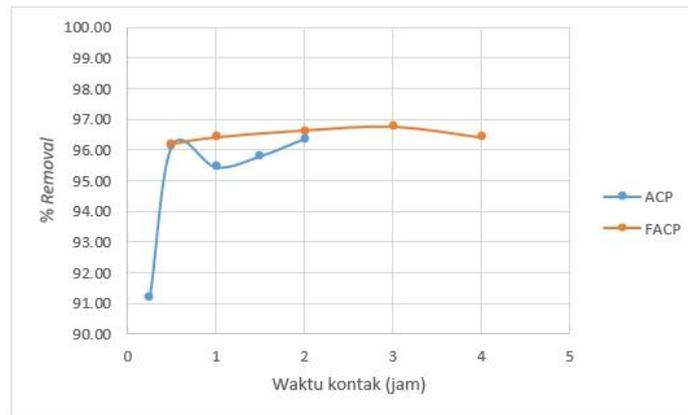
untuk ACP yakni 30 menit karena memiliki tingkat penyerapan yang tinggi dengan waktu yang cepat.

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 3.4 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 alginate (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.



Gambar 3.4 - Pengaruh Waktu Kontak terhadap Presentase (%) Removal Ion Pb(II)

3.5. Pengaruh Konsentrasi Awal Adsorbat

Pada Tabel 3.6 dan Gambar 3.5 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 200 mg/l. Pemilihan konsentrasi optimum berdasarkan data yang didapat dari Tabel 3.6.

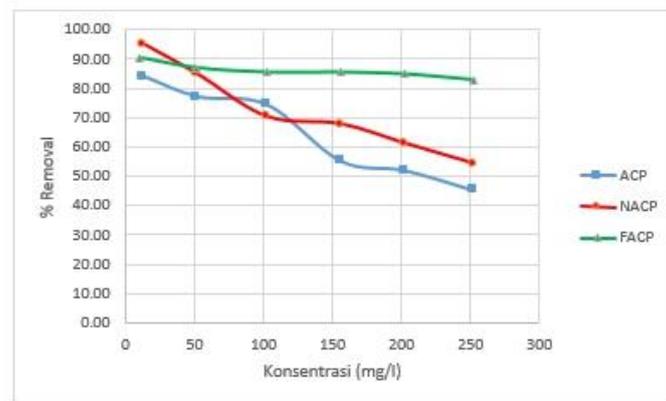
Tabel 3.6 – Data Percobaan Variasi Konsentrasi Adsorbat

NACP								
Massa	pH	waktu kontak	Faktor	Terbaca AAS	C0	Ca	Ct	η (efisiensi)
mg		menit	Pengenceran	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	(%)
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	pH	waktu kontak	Faktor	Terbaca AAS	C0	Ca	Ct	η (efisiensi)
mg		menit	Pengenceran	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	(%)
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	pH	waktu kontak	Faktor	Terbaca AAS	C0	Ca	Ct	η (efisiensi)
mg		menit	Pengenceran	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	(%)
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)

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.



Gambar 3.5 – Pengaruh Konsentrasi Adsorbat terhadap Presentase (%) Removal Ion Pb(II)

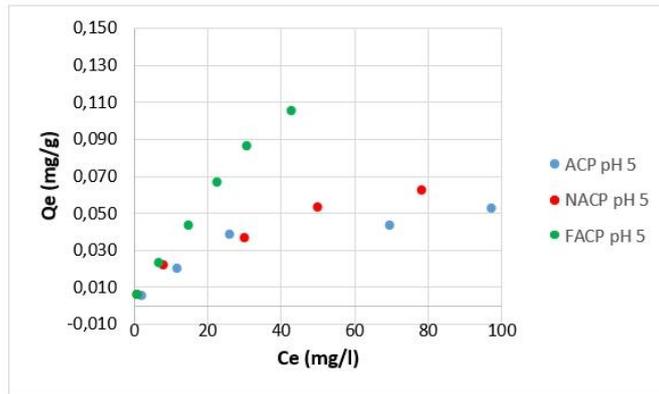
Penurunan persentase (%) removal pada pengujian konsentrasi ini disebabkan penambahan jumlah adsorbat yang masuk ke dalam adsorben sehingga adsorben sudah mulai jenuh yang mengakibatkan kemampuan adsorpsinya berkurang.

3.6. Keketimbangan Adsorpsi

Keketimbangan 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 3.6.

Dari Gambar 3.6 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.



Gambar 3.6 – Kurva Kesetimbangan

3.7. Isoterm Adsorpsi

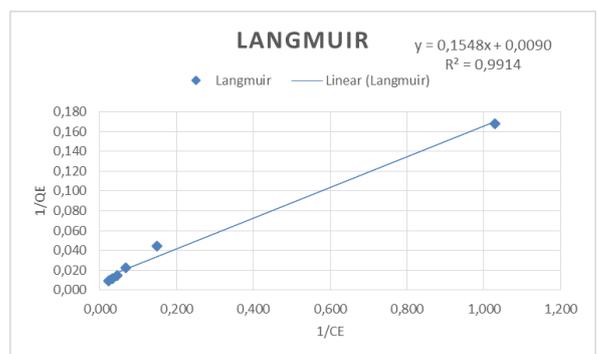
Kesetimbangan isoterm adsorpsi adalah suatu metode yang dapat menunjukkan mekanisme dari proses adsorpsi antara larutan Pb dengan adsorben. Model yang umum digunakan yakni model isoterm Langmuir dan Freundlich. Model tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kinerja dari proses adsorpsi. Model adsorpsi Langmuir mendefinisikan bahwa terdapat satu lapisan permukaan (*monolayer*) pada permukaan adsorben. Sedangkan, berkebalikan dengan isoterm Langmuir, isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan *site* bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi

pengikatan pada tiap-tiap *site* (Phuengsarop *et al*, 2011).

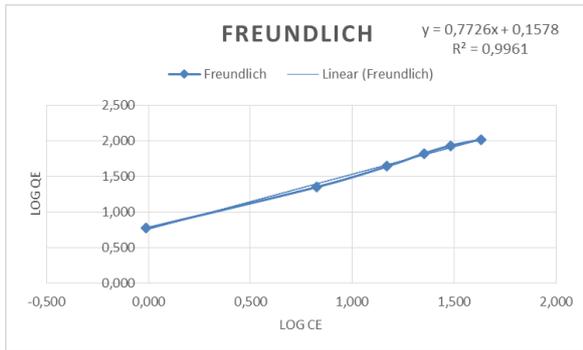
Adapun persamaan isoterm Langmuir yaitu : (Siswoyo dkk, 2014)

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

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).



Gambar 3.7 – Plot Kurva untuk Data Langmuir



Gambar 3.8 – Plot Kurva untuk Data Freundlich

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

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \dots \dots \dots (2)$$

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).

Berdasarkan persamaan linear yang diketahui harga R^2 dari Tabel 3.7 untuk Langmuir mendekati nilai 1 (satu). Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa ketiga jenis adsorben mengikuti model isoterm Langmuir. Sehingga, proses adsorpsi diketahui berlangsung secara monolayer dan homogen pada permukaan adsorben.

Tabel 3.7 – Hasil Pemodelan Isoterm Langmuir dan Freundlich

Jenis Adsorben	LANGMUIR			FREUNDLICH		
	Qm (mg/g)	KL (l/mg)	R ²	KF	n	R ²
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)

Dari Tabel 3.7 diketahui bahwa kapasitas adsorpsi untuk jenis adsorben ACP, NACP dan FACP berturut-turut adalah 60,98 mg/g, 63,69 mg/g dan 111,111 mg/g. Dilihat dari kapasitas adsorpsi dapat kita simpulkan bahwa pembuatan *fiber adsorbent* memperbesar nilai kapasitas adsorpsi secara signifikan. Selain itu, *fiber adsorbent* memiliki kemudahan pada saat pengambilan adsorben yang tidak memerlukan *filter*, yang tentunya mempersingkat waktu pembersihan adsorben yang menjadi keunggulan tersendiri. Sehingga diharapkan *fiber adsorbent* lebih mudah diterapkan di Lapangan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

a. FACP atau adsorben dengan tipe fiber yang dienkapsulasi dengan *alginate gel* dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap presentase (%) *removal* ion logam Pb(II) dalam air. Pembuatan *fiber adsorbent* dilakukan dengan cara mencampurkan *alginate gel* dengan adsorben kulit singkong yang diaktivasi dengan NaOH dan secara

thermal yang selanjutnya dibuat benang alginat dengan bantuan alat suntik.

b. Adsorben dengan bentuk *fiber* memiliki kapasitas maksimum tertinggi yakni 111,111 mg/g. Kapasitas maksimum adsorben ACP, NACP dan FACP pada pH 5 berturut-turut yakni 60,98 mg/g, 63,64 mg/g dan 111,111 mg/g.

c. Proses adsorpsi pada adsorben ACP dan NACP berjalan optimum dengan masa sebesar 400 mg, pH 5, waktu kontak 30 menit sedangkan untuk FACP berjalan optimum dengan massa sebesar 100 mg, pH 5 dan waktu kontak selama 1 jam.

d. Proses adsorpsi adsorben ACP, NACP dan FACP menunjukkan kondisi isoterm Langmuir.

DAFTAR PUSTAKA

Akhardiarto, S. 2010. **Pengaruh Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong dalam Pembuatan Pelet Ransum Unggas**. *Peneliti di Pusat Teknologi Produksi Pertanian Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*. Vol. 11. 127 – 138.

- Badan Pusat Statistik Nasional (BPS). 2015. **Produksi Ubi Kayu Menurut Provinsi (ton), Tahun 1993-2015**. Jakarta.
- Barakat, A. M. 2012. **New Trends in Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater**. *Arabian Journal of Chemistry* **Vol. 4**. 361-377.
- Issabayeva, G., Aroua, K. M., & Sulaiman, N. M. N. 2006. **Removal of Lead from Aqueous Solutions on Palm Shell Activated Carbon**. *Jurnal Bioresource Technology*. **Vol. 97**. 2350–2355
- Lambert, B. J. 1987. **Introduction to Organic Spectroscopy**. New York : Macmillan.
- Messaouda, S., Larouci, M., Meddah, B. & Velemens, P. 2012. **The Sorption of Lead, Cadmium, Copper and Zinc Ions from Aqueous Solutions on A Raw Diatomite From Algeria**. *Water science and Technology* **65**. **Vol. 10**. 1729–1737.
- Nur, M. 2010. **Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*manihot esculenta crantz*) yang Dimodifikasi Dengan Asam Merkaptoasetat Sebagai Adsorben Ion Logam Berat Pb (II), Cd (II), dan Cu (II)**. Tugas Akhir. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
- Ozcan, A. S., Erdem, B., & Ozcan, A. 2005. **Adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto BTMA-bentonite**. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng.* **Vol. 266** .73–81.
- Phuengprasop, T., Sittiwong, J., & Unob F. 2011. **Removal of heavy metal ions by iron oxide coated sewage sludge**. *Journal of Hazardous Materials* **Vol. 186**. 502–507.
- Rahmanita, N. 2015. **Pemanfaatan Kulit Sinkong Untuk Mengadsorpsi Ion Logam Timbal (Pb)**. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Schwantes, D., Goncalves, Jr. C. A., Coelho, F. G., Campagnolo, A. M., Dragunski, C. D., Tarley, T. R. C., Miola, J. A., & Lesinmann, V. A. E. 2016. **Chemical Modification of Cassava Peel as Adsorbent Material for Metals Ion from Wastewater**. *Journal of Chemistry*. **Vol. 2016**.
- Selvi, K., Pattabhi, S., & Kadirvelu, K. 2001. **Removal of Cr (IV) from Aqueous Solution by Adsorption onto Activated Carbon**. *Bioresource Technology* **Vol. 80**. 87-59.
- Siswoyo, E., Mihara, Y., & Tanaka, S. 2014. **Determination of Key Components**

and Adsorption Capacity of a Low Cost Adsorbent Based on Sludge of Drinking Water Treatment Plant to Adsorb Cadmium Ion in Water. *Applied Clay Science*. Vol. 97-98. 146-152.

Skoog, A. D., Holler J. F., & Crouch R. S. 1998. **Principle of Instrumental Analysis.**

Sukma, A. W. I., Harsojuwono, A. B., & Arnata, W.I. 2017. **Pengaruh Suhu dan Lama Pemanasan Ekstraksi terhadap Rendemen dan Mutu Alginat dari Rumput Laut Hijau Sargassum Sp.** *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Argoindustri*. Vol. 5. 71-80.

Yang, X., Xu, G., Yu, G. 2016. **Removal of Lead from Aqueous Solutions by Ferric Activated Sludge-Based Adsorbent Derived from Biological Sludge.** *Arabian Journal of Chemistry*.