

PEMANFAATAN CANGKANG BUAH KARET (*Hevea brasiliensis*) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)

Diana Aminin*, Ade Oktasari, Fitria Wijayanti

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi – UIN Raden Fatah Palembang
Jl. Prof. K.H Zainal Abidin Fikri. KM 3,5. Pahlawan, Kec. Kemuning, Kota Palembang Sumatera Selatan,
Indonesia 30126

*dianaaminin@gmail.com

ABSTRAK: Cangkang buah karet saat ini tidak banyak dimanfaatkan. Cangkang buah karet dapat berpotensi sebagai adsorben karena memiliki kandungan selulosa. Selulosa mempunyai gugus hidroksil dan karboksil yang dapat berikatan dengan ion logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu kontak dan konsentrasi awal larutan Pb terhadap adsorben cangkang buah karet. Semakin lama waktu kontak maka kapasitas adsorpsinya akan semakin meningkat. Waktu optimum adsorpsi Pb oleh adsorben cangkang buah karet terjadi pada menit ke 120 waktu kontak dengan nilai kapasitas adsorpsi 3,9866 mg/g. Konsentrasi awal larutan Pb juga berpengaruh terhadap nilai kapasitas adsorpsi dan persentase logam Pb yang akan teradsorp oleh adsorben cangkang buah karet. Semakin besar konsentrasi awal larutan Pb maka kapasitas dan persentase penyerapannya juga semakin meningkat. Kapasitas adsorpsi dan persentase penyerapan pada konsentrasi 120 ppm diperoleh nilai terbaik yaitu 11,836 mg/g dan 98,64 %.

Kata kunci: Adsorpsi, Cangkang buah karet, Pb

ABSTRACT: Rubber fruit shells at this time not widely used. Rubber fruit shells have potential as adsorbent because they contain cellulose. Cellulose has hydroxyl and carboxyl groups which can bind to metal ions. This study aims to determine the effect of variations in contact time and initial concentration of Pb solution on the rubber fruit shell adsorbent. The longer the contact time, the adsorption capacity will increase. The optimum time of Pb adsorption by rubber fruit shell adsorbent occurred at 120 minutes of contact time and adsorption capacity of 3,9866 mg/g. The initial concentration of Pb solution also affects the value of the adsorption capacity and the percentage of Pb metal that will be adsorbed by the rubber fruit shell adsorbent. The greater the initial concentration of the Pb solution, the greater its adsorption capacity and percentage. The best values for adsorption capacity and adsorption percentage at 120 ppm were 11.836 mg/g and 98.64 % respectively.

Keywords: Adsorption, Pb, Rubber Fruit Shell

1. PENDAHULUAN

Logam berat merupakan salah satu indikator yang menandakan air telah tercemar, karena dipengaruhi oleh sifat toksik logam tersebut. Salah satu contoh logam berat tersebut adalah logam timbal. Pencemaran logam ini di lingkungan berasal dari limbah pertambangan, peleburan, industri bahan bakar minyak, industri baterai serta berbagai macam

industri lainnya. Polutan dari timbal tersebut dapat menimbulkan resiko yang berbahaya bagi makhluk hidup [1]. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyatakan bahwa logam berat berbahaya bagi kesehatan, meskipun dalam konsentrasi yang sangat kecil [2]. Berdasarkan laporan oleh UNICEF dan Pure Earth pada juli 2020 dinyatakan bahwa sekitar 1 dari 3 anak atau hingga 800 juta anak di dunia memiliki kadar timbal

dalam darah lebih dari 5 mikrogram per desiliter ($\mu\text{g/dL}$). Kadar ini akan menyebabkan seseorang membutuhkan perawatan.

Timbal dapat terakumulasi dalam tubuh dan menyebabkan anemia, kerusakan fungsi otak serta kegagalan fungsi ginjal [3]. Timbal tersebut dapat terakumulasi jika air yang mengandung timbal digunakan secara terus-menerus dalam kehidupan sehari-hari. Kandungan timbal dalam air yang diperbolehkan menurut peraturan pemerintah Menteri Kesehatan RI NO 492/MENKES/PER/2010 yaitu 0,1 mg/L. Kadar logam timbal di dalam air tidak bisa terurai secara alami [4]. Beberapa upaya yang telah dilakukan oleh manusia untuk mengurangi efek dari limbah industri dalam kehidupan sehari-hari diantaranya menggunakan metode pertukaran ion (*ion exchange*), pemisahan dengan membran dan adsorpsi [5].

Metode adsorpsi merupakan metode yang paling umum digunakan karena memiliki beberapa keuntungan yaitu memerlukan biaya lebih murah karena bahan yang digunakan berasal dari limbah bahan alam yang dapat menghilangkan bahan-bahan organik serta tidak mengakibatkan efek samping yang beracun. Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben [6].

Kemampuan adsorben dalam menyerap logam berat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya massa adsorben, jenis adsorpsi dan waktu pengontakan [7]. Waktu kontak merupakan waktu yang digunakan oleh suatu zat untuk berinteraksi atau bersentuhan dengan zat penyerap. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak juga logam yang akan terserap. Konsentrasi awal ion logam juga dapat mempengaruhi adsorpsi, meningkatnya konsentrasi ion logam menyebabkan efisiensi penyerapan akan berkurang [8].

Banyak peneliti yang telah memanfaatkan limbah bahan alam sebagai

adsorben. Sari [9] membuat adsorben dari sekam padi untuk logam berat Pb. Adriansyah [10] memanfaatkan kulit kopi sebagai adsorben logam berat Cu dan Cr. Wardani [1] memanfaatkan limbah kulit pisang kepok sebagai adsorben logam berat Pb. Berdasarkan beberapa penelitian terlihat bahwa bahan alam memiliki potensi sebagai adsorben.

Salah satu bahan alam yang dapat dijadikan alternatif untuk pembuatan adsorben adalah cangkang buah karet, karena tanaman karet di Indonesia cukup banyak dengan luas lahan sekitar 3,4 juta Ha dengan potensi cangkang buah karet 500kg/ha/tahun. Pemanfaatan cangkang ini sebagai adsorben dikarenakan cangkang buah karet merupakan limbah yang tidak dimanfaatkan [11].

Cangkang buah karet mengandung senyawa kimia seperti selulosa 61,04%, lignin 21,60% dan hemiselulosa 18,00% [12]. Selulosa pada cangkang buah karet dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyerap logam berat. Adanya gugus fungsi hidroksil dan karboksil menyebabkan selulosa dapat mengalami pengikatan dengan ion logam [13]. Beberapa peneliti telah memanfaatkan selulosa sebagai adsorben untuk menyerap ion logam. Kusumawardani [14] memanfaatkan selulosa ampas tebu sebagai adsorben ion logam Cd. Baroroh [7] memanfaatkan selulosa kulit kakao sebagai adsorben ion logam Ni. Safrianti [14] menggunakan adsorben dari selulosa limbah jerami padi untuk menyerap ion logam Pb. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk memanfaatkan cangkang buah karet yang belum dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat timbal.

2. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cangkang buah karet yang diperoleh dari Desa Tanjung Keputran Kecamatan Plakat Tinggi Kabupaten MUBA, NaOH 1 M, aquades dan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas ukur Pyrex[®], labu ukur Pyrex[®], beaker glass Pyrex[®], corong kaca Pyrex[®], pipet tetes, batang pengaduk, oven, pH universal, ayakan 80 dan 100 mesh, kertas saring, magnetik stirrer, AAS (Atomic Absorption Spectroscopy), SEM (Scanning Electron Microscopy) dan FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy).

2.2 Metode

Preparasi Cangkang Buah Karet

Cangkang buah karet yang diperoleh dicuci dan dibersihkan dari kotoran. Kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari. Cangkang buah karet yang sudah kering dihaluskan menggunakan lesung dan blender. Cangkang buah karet yang sudah halus diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Kemudian diperoleh serbuk cangkang buah karet.

Proses delignifikasi dengan NaOH 1 M

Serbuk cangkang buah karet ditambahkan NaOH 1 M. Campuran diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan selama 30 menit, kemudian disaring. Sampel dicuci dengan aquades hingga pH netral dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 70°C sampai berat konstan, kemudian didinginkan. Adsorben dikarakterisasi menggunakan instrumen FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) dan SEM (Scanning Electron Microscopy).

Pembuatan larutan baku Pb

Serbuk Pb(NO₃)₂ sebanyak 0,39 gram dimasukkan ke dalam beaker glass dan dilarutkan dengan menggunakan aquades. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda batas. Larutan induk Pb ini setara dengan 1000 ppm. Larutan induk diencerkan menjadi larutan baku Pb 20, 40, 60, 80, 100 dan 120 ppm [15].

Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi Pb

Adsorben cangkang buah karet yang telah didelignifikasi dimasukkan sebanyak

0,5 gram ke dalam beaker glass berukuran 100 ml. Kemudian ditambahkan 50 ml larutan Pb 40 ppm dan diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan variasi waktu kontak 10, 30, 60, 90 dan 120 menit, lalu disaring. Filtrat yang dihasilkan ditentukan konsentrasinya menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) [16].

Pengaruh konsentrasi awal larutan Pb

Sebanyak 50 ml larutan Pb dengan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80, 100 dan 120 ppm dimasukkan kedalam beaker glass berukuran 100 ml, kemudian ditambahkan 0,5 gram adsorben yang telah didelignifikasi. Campuran diaduk dengan magnetik stirrer pada waktu optimum di suhu kamar. Campuran disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan instrumen AAS (Atomic Absorption Spectroscopy)[16]. Kemudian dihitung kapasitas adsorpsinya dengan menggunakan persamaan.

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)}{w} \times V$$

Keterangan [9]:

Q_e = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_o = Konsentrasi awal logam (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir logam (mg/L)

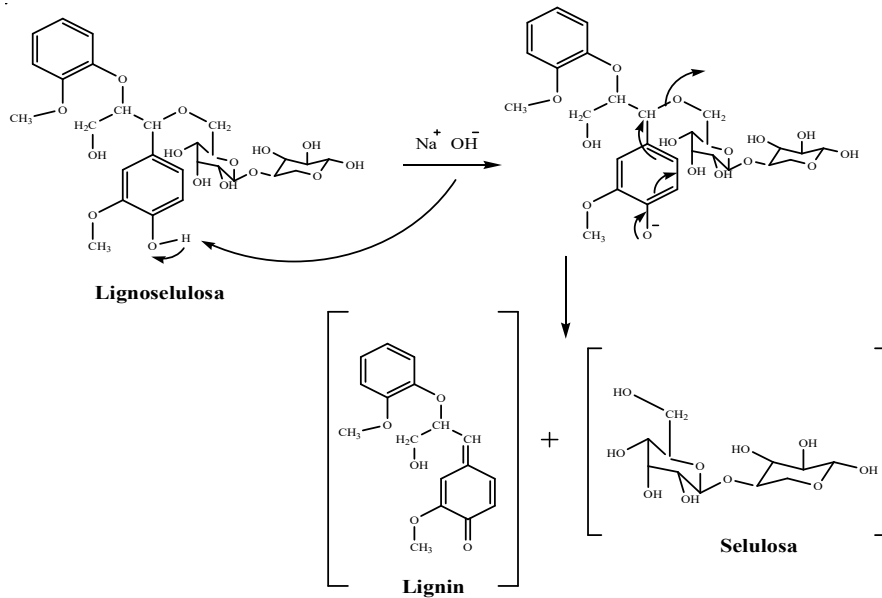
W = Massa adsorben (g)

V = Volume larutan logam (mL)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi cangkang buah karet

Penelitian ini menggunakan cangkang buah karet sebanyak 1 kg. Cangkang buah karet dibersihkan dengan cara dicuci agar menghilangkan pengotor yang dapat mempengaruhi kualitas adsorben. Cangkang buah karet yang sudah dicuci kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari dengan tujuan menghilangkan kadar air agar memudahkan pada saat proses penghalusan untuk mendapatkan serbuk cangkang buah karet. Cangkang buah karet yang sudah kering ditumbuk

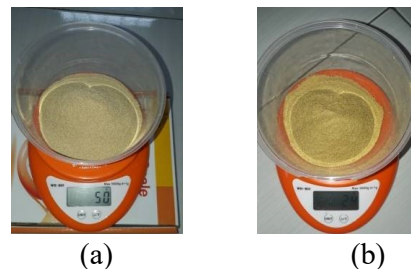


Gambar 1. Mekanisme reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa

menggunakan lesung dan diblender untuk memperkecil ukurannya. Hal ini bertujuan agar luas permukaan cangkang buah karet menjadi lebih besar dan kapasitas adsorpsinya juga meningkat. Serbuk cangkang buah karet kemudian diayak menggunakan ayakan 80 mesh untuk memperoleh ukuran yang seragam.

Proses delignifikasi dan karakterisasi adsorben cangkang buah karet

Serbuk cangkang buah karet yang telah diayak kemudian didelignifikasi dengan NaOH 1 M dengan perbandingan 1:10. Tujuan delignifikasi yaitu untuk melarutkan senyawa-senyawa yang terdapat pada cangkang buah karet seperti lignin yang akan menghambat proses adsorpsi. Lignin akan menghambat proses adsorpsi karena lignin bisa menghalangi proses transfer ion ke sisi aktif adsorben, sehingga menyebabkan kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat akan berkurang [17]. Proses delignifikasi dengan NaOH juga dapat menurunkan kadar hemiselulosa karena hemiselulosa lebih mudah larut dalam basa. Mekanisme reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa dapat dilihat pada Gambar 1.

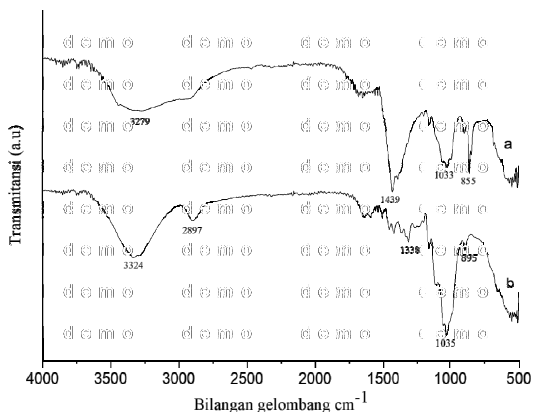


Gambar 2. Sampel sebelum delignifikasi (a) dan sampel setelah delignifikasi (b)

Ion hidroksida (OH^-) dari NaOH akan memutus ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion natrium (Na^+) akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat akan mudah larut dalam aquades. Gugus hidroksil fenolat lignin berada dalam keadaan terionisasi membentuk garamnya yang bersifat polar sehingga mudah larut dalam air. Menurut Safrianti [14] indikasi terlarutnya lignin ditandai dengan berkurangnya berat sampel setelah dilakukan proses delignifikasi serta warna sampel berubah menjadi lebih cerah setelah proses delignifikasi. Perbedaan warna sampel sebelum dan sesudah dilakukan proses delignifikasi ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa sampel berubah warna setelah dilakukan delignifikasi yang awalnya berwarna kuning pucat berubah menjadi warna kuning cerah. Perubahan warna menjadi lebih cerah menandakan bahwa lignin telah larut. Berat sampel sebelum dan sesudah delignifikasi juga mengalami pengurangan dari 50 gram menjadi 24 gram. Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses delignifikasi telah berlangsung dengan baik.

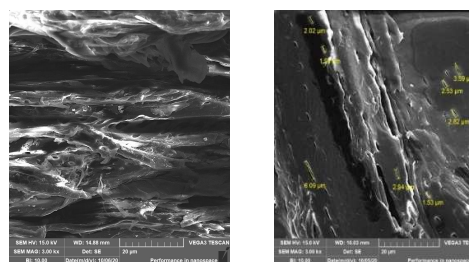
Konfirmasi gugus fungsi pada adsorben cangkang buah karet dilakukan dengan karakterisasi menggunakan Spektrofotometer FT-IR. dilakukan dengan karakterisasi menggunakan Spektrofotometer FT-IR. Spektra IR cangkang buah karet sebelum dan sesudah delignifikasi menunjukkan adanya pergeseran-pergeseran serapan yang mengindikasikan bahwa terjadi perubahan sifat cangkang buah karet sebelum dan sesudah di delignifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FT-IR cangkang buah karet sebelum delignifikasi (a) dan cangkang buah karet setelah delignifikasi dengan NaOH 1M (b)

Spektra IR menunjukkan terjadinya pergeseran serapan pada gugus hidroksi (-OH) dari panjang gelombang 3305 cm^{-1} menjadi 3324 cm^{-1} yang merupakan OH dari selulosa. Spektra IR adsorben sesudah delignifikasi terdapat vibrasi gugus alkil (-CH) di bilangan gelombang 2887 cm^{-1}

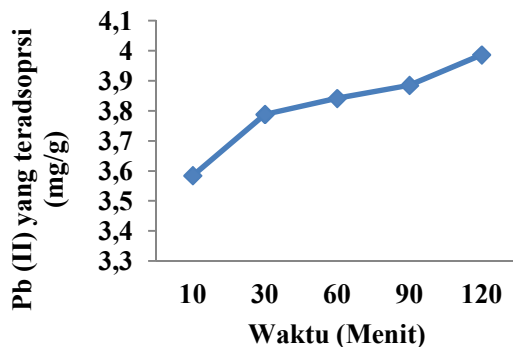
sedangkan spektra IR adsorben sebelum delignifikasi tidak terdapat gugus tersebut. Spektra IR adsorben sebelum delignifikasi terdapat vibrasi pada bilangan gelombang 1439 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C yang merupakan ciri khas ikatan lignin. Sementara pada spektra IR sesudah delignifikasi puncak tersebut menghilang. Menghilangnya puncak C=C tersebut mengindikasikan bahwa lignin telah larut setelah dilakukan proses delignifikasi.



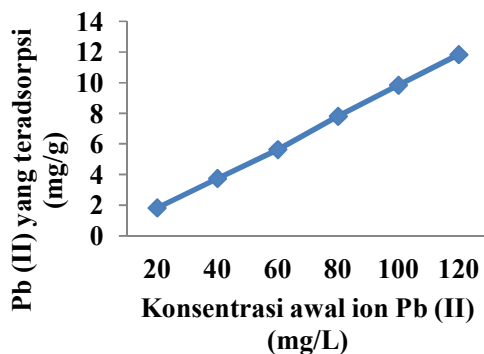
Gambar 4. Adsorben sebelum delignifikasi (a) dan adsorben setelah delignifikasi (b)

Adsorben cangkang buah karet juga dikarakterisasi menggunakan instrumen SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Tujuan analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan cangkang buah karet sebelum dan sesudah dilakukan proses delignifikasi. Analisa SEM dilakukan dengan perbesaran 3000 kali. Hasil uji SEM adsorben cangkang buah karet sebelum dan sesudah delignifikasi ditunjukkan pada Gambar 4. Adsorben cangkang buah karet setelah delignifikasi memiliki pori lebih besar serta permukaan pori lebih teratur dibandingkan dengan adsorben cangkang buah karet sebelum delignifikasi. Hal ini disebabkan karena cangkang buah karet sebelum delignifikasi masih banyak mengandung zat pengotor seperti lignin dan hemiselulosa yang akan menutupi pori. Cangkang buah karet yang telah didelignifikasi memiliki pori dengan ukuran pori terkecil 1,53 mikrometer hingga 6,03 mikrometer. Menurut Efiyanti [10] pembentukan pori ataupun perluasan pori menjadi lebih besar diakibatkan oleh

berkurangnya zat pengotor pada permukaan adsorben.



Gambar 5. Grafik pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi Pb



Gambar 6. Grafik pengaruh konsentrasi awal larutan Pb

c. Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi Pb

Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk mengetahui dan menentukan waktu optimal yang dibutuhkan adsorben cangkang buah karet dalam mengadsorpsi logam Pb secara maksimal. Dari hasil uji yang telah dilakukan dapat dihitung kapasitas adsorpsinya, sehingga diperoleh data kapasitas adsorpsi adsorben cangkang buah karet terhadap logam Pb (Gambar 5). Gambar menunjukkan bahwa waktu kontak akan mempengaruhi banyaknya ion logam pb yang terserap. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak juga ion

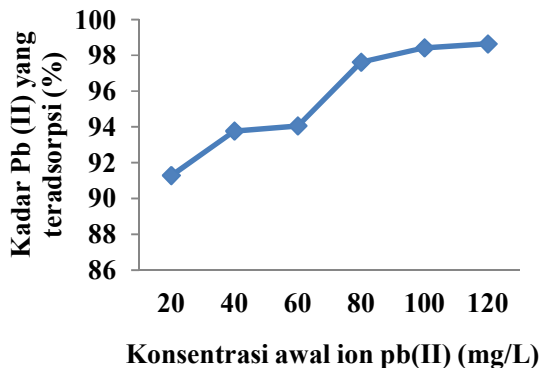
logam pb yang diserap. Kapasitas adsorpsi dalam penelitian ini belum mengalami kesetimbangan sehingga sisi aktif adsorben masih bisa berikatan dengan ion logam. Oleh karena itu kapasitas adsorpsinya terus mengalami peningkatan dari menit ke 10 sampai menit ke 120 waktu kontak. Kapasitas adsorpsi pada menit ke 120 memperoleh nilai tertinggi yaitu 3,98659 mg/g.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa waktu optimum proses adsorpsi logam Pb oleh adsorben cangkang buah karet terjadi pada menit ke 120 waktu kontak. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya waktu kontak, peluang interaksi logam juga semakin meningkat dengan sisi aktif adsorben yang telah mengalami pengembangan sehingga jumlah ion logam yang terserap juga semakin banyak. Pada waktu kontak yang relatif sebentar interaksi logam dengan sisi aktif adsorben akan semakin sedikit sehingga kapasitas penyerapannya juga tidak banyak. Menurut Gultom [18] semakin lama waktu kontak maka akan semakin banyak logam yang teradsorpsi. Hal ini dikarenakan akan semakin banyak juga kesempatan partikel adsorben untuk bersinggungan dengan logam yang menyebabkan logam yang terikat didalam pori pori adsorben juga semakin banyak.

d. Pengaruh variasi konsentrasi awal larutan Pb

Dari hasil uji yang telah dilakukan dapat dihitung kapasitas adsorpsinya, sehingga diperoleh data kapasitas adsorpsi adsorben cangkang buah karet terhadap logam Pb (Gambar 6). Data menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi logam Pb yang teradsorpsi oleh adsorben cangkang buah karet terus mengalami peningkatan dari variasi konsentrasi 20 ppm sampai 120 ppm. Kapasitas adsorpsi terbesar diperoleh pada konsentrasi 120 ppm dengan nilai sebesar 11,836 mg/g. Semakin tinggi konsentrasi ion logam maka kapasitas adsorpsi adsorben cangkang buah karet akan semakin meningkat. Jika konsentrasi

ion logam meningkat maka jumlah ion dalam larutan akan semakin banyak sehingga meningkatkan ion logam yang berinteraksi dengan sisi aktif adsorben. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian [19] jika konsentrasi adsorbat semakin besar maka semakin banyak pula adsorbat yang akan teradsorpsi sehingga kapasitas adsorpsinya akan semakin meningkat.



Gambar 7. Persentase logam Pb yang terserap oleh adsorben cangkang buah karet

Gambar 7 menunjukkan bahwa persentase adsorpsi logam Pb dipengaruhi oleh konsentrasi awal larutan Pb. Dalam penelitian ini semakin besar konsentrasi awal larutan Pb maka persentase adsorpsinya akan semakin meningkat. Adsorpsi logam Pb meningkat pada konsentrasi 20 ppm sampai 120 ppm. Persentase adsorpsi terbesar diperoleh pada konsentrasi 120 ppm dengan nilai 98,6364%. Dalam penelitian ini adsorben belum jenuh karena sisi aktif adsorben masih bisa berikatan dengan ion logam sehingga persentase logam Pb yang teradsorpsi semakin meningkat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin lama waktu kontak maka kapasitas adsorpsinya semakin meningkat. Kapasitas adsorpsi terbesar diperoleh pada waktu kontak 120 menit dengan nilai sebesar 3,9866 mg/g.

2. Konsentrasi awal larutan Pb berpengaruh pada kapasitas adsorpsi dan persentase penyerapan logam Pb oleh adsorben cangkang buah karet, semakin besar konsentrasi awal larutan Pb maka kapasitas adsorpsi dan persentase penyerapannya juga semakin meningkat. Pada konsentrasi 120 ppm diperoleh nilai kapasitas adsorpsi dan persentase terbaik dengan nilai 11,836 mg/g dan 98,64 %.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada laboratorium kimia UIN Raden Fatah Palembang dan laboratorium Forensik POLDA Sumatera Selatan yang telah menyediakan tempat dan bersedia menganalisis sampel.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. A. Wardani And W. T. Wulandari, "Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) Sebagai Biosorben Ion Timbal (II)," *J. Penelitian Dan Pengemb. Ilmu*, 2018, 4 (2): 143–148,
- [2] K. R. Putu Eka Purnama, I Gusti Ayu Kunti Sri Panca Dewi, "Kapasitas Adsorpsi Beberapa Jenis Kulit Pisang Teraktivasi NaOH Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)," *J. Kim.*, 2015, 9 (2): 196–202
- [3] I. Dan S. Nuraini, "Analisis Logam Berat Dalam Air Minum Isi Ulang (AMIU) Dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).," *J. Gravitasi*, 2015, 14(1): 36–43,
- [4] R. P. Dewa And S. Hadinoto, "Analisa Kandungan Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air Minum Dalam Kemasan Di Kota Ambon," *Maj. Baim*, 2015, 11 (2): 76–82,.
- [5] A. Dan Y. P. Salmariza Sy, Mardiaty, Mawardi, Sofyan, "Adsorpsi Ion Cr (VI) Menggunakan Adsorben Dari Limbah Padat Lumpur Aktif Industri Crumb Rubber," *J. Litbang Ind.*,

- 2016, 6 (2): 135–145
- [6] N. S. Nurhasni, Hendrawati, “Sekam Padi Untuk Menyerap Ion Logam Tembaga Dan Timbal Dalam Air Limbah,” *J. Val.*, 2014, 4 (1): 1–9
- [7] E. Azzumrotul Baroroh, Anita Dewi Moelyaningrum, “Pemanfaatan Serbuk Selulosa Kulit Kakao Sebagai Adsorben Logam Berat Ni Pada Limbah Cair,” 2017.
- [8] W. P. Sari, “Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Adsorben Logam Berat Timbal Dalam Kerang Darah,” 2014.
- [9] N. M. Renaldi Adriansyah, Elyn Novta Restiasih, “Biosorpsi Ion Logam Berat Cu (II) dan Cr (VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi,” *J. Pendidik. Dan Ilmu Kim.*, 2018, 2 (2): 114–121
- [10] M. M. Lisna Efiyanti, Suci Aprianty Wati, “Pembuatan Dan Analisis Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Proses Kimia Dan Fisika,” *J. Ilmu Kehutan.*, 2020, 14: 94–108
- [11] H. Fadillah, “The Influence Of Pyrolysis Temperature And Time To The Yield And Quality Of Rubber Fruit (*Hevea Brasiliensis*) Shell Liquid Smoke,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. “Kejuangan,”* Pp. 1–7, 2015.
- [12] M. K. Dini, F. Rachmadiarti, And S. Kuntjoro, “Potensi Jerami Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Industri Batik Sidokare , Sidoarjo,” 2013, 5 (3):11–116
- [13] R. Kusumawardani, T. A. Zaharah, And L. Destiarti, “Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat,” *J. Kim. Khatulistiwa*, 2018, 7 (3): 75–83
- [14] T. A. Z. Iin Safrianti, Nelly Wahyuni, “Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH Dan Waktu Kontak,” *J. Kim. Dan Kemasan*, 2012, 1 (1): 1–7
- [15] M. Ayu Anggraini Puspitasari, Ni Ketut Sumarni, “Kajian Kapasitas Adsorpsi Arang Kulit Kopi Robusta Teraktivasi ZnCl₂ Terhadap Ion Pb (II),” *J. Kovalen*, 2017, 3 (2): 134–141
- [16] K. Podala, D. Karel, And M. Napitupulu, “Biocharcoal Dari Kulit Kakao (*Theobroma Cacao L*) Untuk Mengadsorpsi Ion Logam Timbal Pb,” *J. Akad. Kim.*, 2015, 4 (3): 136–142
- [17] H. A. Muhammad Rudy Harni, Ani Iryani, “Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L . F .*) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb),” *J. Kim.Univ. Pakuan*, 2015:1–9
- [18] E. M. Gultom And M. T. Lubis, “Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H₃PO₄ Untuk Penyerapan Logam Berat Cd Dan Pb,” *J. Tek. Kim.*, 2014, 3 (1): 5–10
- [19] F. S. Ibnu Khaldun, Aristia, “Perbandingan Daya Serap Serbuk Gergaji Kayu Damar Laut (*Shorea Sp*) Dan Merbau (*Intsia Sp*),” *J. IPA Dan Pembelajaran IPA*, 2017, 1 (1): 56–63