

Preparasi Karbon Aktif Kulit Durian dengan Aktivator NaOH serta Penyerapannya terhadap Logam Berat Pb(II)

Devi Lestari, Edi Nasra*

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof Hamka Air Tawar Barat, Padang - Sumatera Barat - Indonesia

*edinasra@fmipa.unp.ac.id

Abstract— Activated carbon from durian shell has been prepared by chemical activation using an alkaline sodium hydroxide. The carbonization process was carried out for 2 hours at a temperature of 320°C. Activated carbon was characterized by conducting proximate analysis based on SNI 06-3730-1995 about Activated Carbon. The activated carbon has met all specified standards. The results of the FTIR spectrum showed that the activated carbon has functional groups of -OH at wavenumbers 3000-3400 cm⁻¹, C = C at wave numbers 1540-1630 cm⁻¹, C-O in wave numbers 1150-1275 cm⁻¹. Adsorption test results by batch method showed that the prepared activated carbon was able to absorb Pb²⁺ ions at an optimum concentration of 280 mg/L and contact time of 150 minutes. The adsorption isotherm study conducted by Langmuir equation produces a regression coefficient capacity of R² = 0.999 with a maximum adsorption capacity of 34,145 mg/g.

Keywords —activated carbon, adsorption, Durian peel, Pb²⁺, batch method

I. PENDAHULUAN

Kegiatan industri pada era globalisasi kian pesat dalam pemenuhan kebutuhan manusia. Dampak yang ditimbulkan memberikan beragam manfaat. Namun, hasil samping berupa limbah logam berat menjadi permasalahan serius sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Sumber pencemar perairan akibat limbah logam berat berasal dari berbagai industri seperti elektroplating, pertambangan, tekstil, kilang logam dan otomotif [1]. Jika manusia terpapar logam berat melebihi ambang batas yang ditentukan menyebabkan toksisitas kronis, kanker hingga kematian [2]. Logam berat tidak dapat terurai secara hayati dan cenderung terakumulasi dalam organisme hidup [3].

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyatakan sungai – sungai di Indonesia dengan persentase 68% berstatus tercemar berat [4]. Sebanyak 7 juta penduduk Indonesia menderita diare dan tertangani hanya 4,3 juta penderita. Salah satu polutan logam yang mencemari perairan adalah logam timbal (Pb²⁺). Timbal bersifat toksik dan membahayakan kesehatan jika terakumulasi didalam tubuh secara terus menerus. Tingkat toksisitas Pb²⁺ menyebabkan penghambatan proses kerja enzim oleh ion-ionnya sehingga mengganggu proses pembentukan hemoglobin darah [5].

Dalam upaya menurunkan kandungan logam berbahaya di perairan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu filtrasi, penukar ion, pengendapan, dengan penggunaan resin serta adsorpsi. Metode yang paling efektif dan luas digunakan ialah adsorpsi, hal ini dikarenakan tidak membutuhkan biaya yang mahal dan lebih sederhana [6]. Adsorpsi terbagi menjadi

dua jenis metode yaitu statis (*batch*) dan dinamis (kolom). Proses adsorpsi sistem *batch* dimana terjadinya pencampuran adsorben dengan larutan adsorbat secara konstan dengan jumlah yang tetap dan dalam selang waktu tertentu dan melihat perubahan apa yang terjadi [7].

Pemanfaatan biomassa sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon aktif menjadi populer dikalangan para peneliti. Sumber biomassa yang melimpah, mudah didapat, dan kurang dimanfaatkan menjadikan solusi alternatif yang menjanjikan untuk mengurangi sampah lingkungan. Pengolahannya dengan biaya produksi yang rendah namun menghasilkan produk yang bernilai ekonomis tinggi [8]. Adsorben dalam bentuk karbon aktif efektif digunakan karena memiliki kemampuan yang optimal dalam penyerapan molekul. Karbon aktif sebagai penyerap logam berat telah banyak dilakukan seperti adsorpsi logam Kromium [9], adsorpsi logam Fe dengan arang aktif kulit durian [10], pengolahan karbon aktif pada kulit kakao [11].

Salah satu biomaterial yang berpotensi namun kurang dimanfaatkan untuk dijadikan adsorben ialah kulit durian. Kulit durian dapat dijadikan sumber pembuatan karbon aktif karena mengandung karbon (C) sebesar 57,42% sehingga berperan sebagai adsorben yang potensial untuk pengikatan ion – ion logam berbahaya [12]. Penelitian sebelumnya telah memanfaatkan kulit durian sebagai karbon aktif penyerap logam merkuri [13], logam besi pada air gambut dengan aktivator KOH [14], kromium pada limbah batik [15], penyerap zat warna metilen biru [12] sebagai adsorben untuk penyisihan detergen dan fosfat [16] serta untuk penentuan kadar COD, BOD dan TSS pada limbah cair industri tahu [17].

Penelitian ini bertujuan untuk membuat karbon aktif dari kulit durian dengan aktivator NaOH dan uji adsorbsinya terhadap zat berbahaya Pb(II)

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari peralatan gelas, neraca analitik (*merck*), oven listrik (*XU 225 France Etuves*), *furnace (Heaters from LAG Asia Ltd Ht40)*, instrument FTIR (*PerkinElmer*) dan Spektrofotometri Serapan Atom (*Varian*).

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit durian, aquades, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, NaOH, HNO_3 , KI teknis (merk EMSURE), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (teknis) (merk EMSURE), amilum (teknis).

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi Karbon Aktif

Kulit durian dicuci bersih dan dikeringkan dibawah sinar matahari 3-4 hari. Proses pengeringan dilanjutkan selama 1 jam dalam oven pada suhu 102°C . Proses karbonisasi dengan *furnace* pada suhu 320°C selama 2 jam. Setelah menjadi arang, didinginkan dalam desikator ± 15 menit. Karbon selanjutnya dihaluskan dengan mortal dan diayak dengan ukuran $212\ \mu\text{m}$ (70 mesh). Selanjutnya, sebanyak 25 gram karbon kulit durian diaktivasi dengan 250 mL NaOH 0,5 M (1:10) [12] selama 24 jam. Selanjutnya karbon aktif dicuci sampai pH netral, disaring, dipanaskan dalam oven pada suhu 102°C selama 2 jam lalu dimasukkan kedalam desikator. Sampel kemudian dikarakterisasi dengan FTIR [10].

2. Karakterisasi Karbon Aktif

a) Kadar Air

Karbon aktif sebanyak dua gram dimasukan ke dalam cawan yang berat sebelumnya telah diketahui. Proses pemanasan dalam oven berlangsung selama 3 jam pada suhu $100^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ yang selanjutnya didinginkan dalam desikator. Lalu timbang kembali untuk ditentukan kadar airnya.

b) Kadar Abu

Dengan menambahkan 1 gram karbon aktif ke dalam cawan yang telah diketahui bobotnya, lalu dimasukkan ke dalam *furnace* dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu 650°C . Dinginkan dalam desikator lalu ditimbang.

c) Kadar Zat mudah Menguap

Satu gram karbon aktif ditambahkan kedalam cawan yang sebelumnya telah diketahui bobotnya. Masukkan ke dalam *furnace* dari suhu ruang hingga suhu 330°C . Lalu, dinginkan selama 30 menit dalam desikator, kemudian ditimbang.

d) Kadar Karbon Terikat

Prinsip penentuan kadar karbon terikat adalah menghitung fraksi karbon dalam bahan, disini tidak termasuk zat menguap dan abu.

e) Kadar Daya Serap Iod

Serbuk karbon aktif sebanyak 0,25 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu ditambahkan larutan I_2 0,1 N sebanyak 1,25 mL. Kemudian dihomogenkan lalu disimpan di tempat yang gelap sampai tidak ada cahaya yang masuk selama 2 jam. Selanjutnya saring dan masukan 5 mL larutan KI 20% dan aquades sebanyak 75 mL lalu kocok sampai homogen. Larutan kemudian dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N sampai kuning muda, dan ditetaskan amilum sebanyak 10 tetes, titrasidilanjutkan sampai warna biru hilang. Sebagai perbandingan dapat digunakan larutan blanko dengan menggunakan cara yang sama seperti cara di atas tanpa menggunakan adsorben.

3. Persiapan Adsorpsi Karbon Aktif untuk Larutan Timbal dengan Metode Batch

a) Pengaruh Konsentrasi

Larutan ion Pb^{2+} sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 120, 160, 200, 240, 280, 320 dan 360 mg/L disiapkan pada kondisi optimum pH 2, kemudian larutan dikontakkan dengan adsorben sebanyak 0,20 gram dengan ukuran partikel $212\ \mu\text{m}$ dengan metode *batch*. Kemudian larutan di *shaker* dengan kecepatan 200 rpm pada waktu kontak 30 menit. Larutan disaring dan dipisahkan dari filtratnya. Filtrat diukur konsentrasi ion Pb^{2+} yang tidak diserap dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom, hingga didapat konsentrasi ion Pb^{2+} optimum.

b) Pengaruh Waktu Kontak

Karbon aktif dari kulit durian sebanyak 0,2 gram dikontakkan dengan larutan Pb^{2+} 25 ml pada keadaan optimum pH 2, konsentrasi 280 mg/L, dan kecepatan pengadukan 250 rpm. Larutan timbal dikontakkan dengan sistem *batch*, selanjutnya larutan di-*shaker* selama beberapa variasi yaitu 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Larutan disaring dan filtrat tersebut diukur konsentrasi logam Pb^{2+} yang tidak terserap dengan spektrofotometer serapan atom, maka diperoleh waktu kontak optimum.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Uji Kualitas Karbon Aktif

Untuk mendapatkan karbon aktif dengan kualitas baik dilakukan pengujian karakteristik dengan beberapa penentuan kadar yang merujuk pada SNI 06 – 3730 – 1995 tentang Karbon Aktif.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN KARBON AKTIF

Persyaratan	SNI 06 – 3730 – 1995	Hasil Pengujian
Kadar Air	Maks. 15 %	8,56 %
Kadar Abu	Maks. 10 %	6,68 %
Kadar Uap	Maks. 25 %	14,21 %
Karbon Terikat	Min. 65 %	70,55 %
Daya Serap Iod	Min. 750 mg/g	799,54 mg/g

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia, nomor 06 – 3730 – 1995 baku mutu kadar air maksimal sebesar 15 %. Pada parameter kadar air, karbon aktif yang dihasilkan telah memenuhi baku mutu dari SNI. Kadar air dari karbon aktif dipengaruhi oleh sifat higroskopis dan uap air pada udara, lalu lama proses pendinginan, dan pengayakan (Rosalina dkk., 2016). Selanjutnya pengujian kadar abu menjadi salah satu parameter penentu terhadap kualitas karbon aktif. Kadar abu berperan sebagai penentu kandungan oksida logam yang terkandung pada karbon aktif. Persyaratan kadar abu maksimal sebesar 10 %, sedangkan hasil pengujian kadar abu pada karbon aktif didapat sebesar 6,68 %. Semakin lama proses karbonisasi dan suhu yang makin meningkat akan menyebabkan kenaikan persen kadar abu.

Penetapan kadar uap pada pengujian karbon aktif bertujuan mengetahui persentase zat atau senyawa yang belum menguap pada saat karbonisasi serta aktivasi. Hasil uji yang didapat sebesar 14,21 % yang mana telah memenuhi parameter SNI. Besarnya kadar zat mudah menguap/kadar uap mengarah kepada kemampuan daya serap arang aktif. Semakin tingginya kadar zat mudah menguap maka akan terjadi pengurangan daya adsorpsi karbon aktif tersebut.

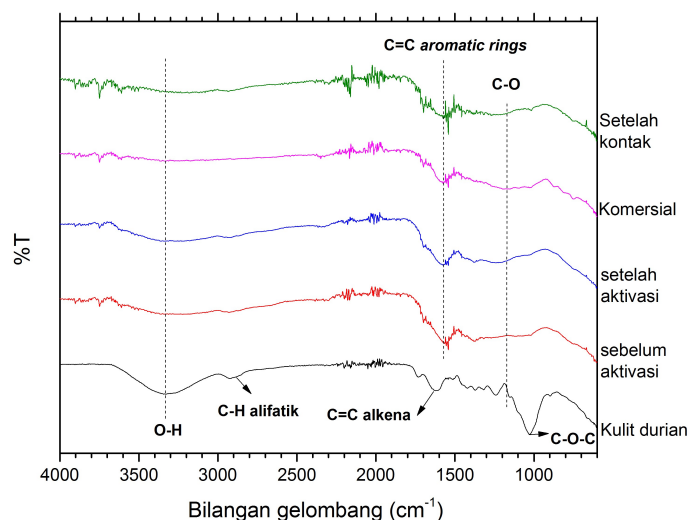
Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh nilai persentase kadar air, abu, uap dan juga oleh kandungan selulosa dan lignin yang dapat diubah menjadi karbon. Semakin tinggi nilai karbon terikat pada karbon aktif, maka semakin tinggi kemurnian karbon biladibandingkan karbon sebelum diaktifkan. Hal ini karena senyawa nonkarbon telah banyak hilang pada proses aktivasi [18]. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan kadar karbon terikat (*fixed carbon*) sebesar 70,55 %. *Fixed carbon* dengan kualitas sesuai pengujian terbaik minimal sebesar 65% yang mana karbon aktif yang didapat telah memenuhi standar mutu SNI.

Parameter kualitas karbon aktif yang sangat penting selanjutnya ialah penetapan daya serap karbon aktif terhadap iodium. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi karbon aktif. Batas minimal sebesar 750 mg/g sedangkan data pengujian didapat daya serap iodin sebesar

799,54 mg/g yang mana telah memenuhi standar baku mutu SNI.

B. Analisa FTIR

Spektrum FTIR menunjukkan beberapa gugus fungsional dan perubahan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu dengan menghasilkan puncak – puncak (peak) gelombang dari bahan atau senyawa yang diujikan. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR dilakukan pada bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} .



Gambar 1. Spektrum FTIR kulit durian, karbon sebelum aktivasi, karbon setelah aktivasi, karbon komersial dan karbon setelah kontak dengan sampel

Gambar 1 menunjukan bahwa karbon sebelum aktivasi mengalami pergeseran serapan bilangan gelombang jika dibandingkan dengan puncak serapan kulit durian. Puncak serapan yang bergeser dan hilang terjadi karena proses karbonisasi membentuk karbon pada temperatur tinggi mencapai 320°C, sehingga mengalami perubahan struktur pada sampel. Sehingga pada sampel karbon sebelum aktivasi menunjukkan 3 daerah utama pita serapan spektrum IR dengan bilangan gelombang antara 3700-2900 cm^{-1} , 1600-1500 cm^{-1} , dan 1400-900 cm^{-1} . Pita serapan 3222,61 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus hidroksil yang melebar. Bilangan gelombang selanjutnya muncul pada 1556,66 cm^{-1} yang menunjukkan adanya cincin aromatis (C=C). Selanjutnya bilangan gelombang pada 1375,89 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi karbonil (C=O). Terlihat bahwa *peak* serapan untuk gugus fungsi eter (C-O-C) hilang setelah mengalami proses karbonisasi.

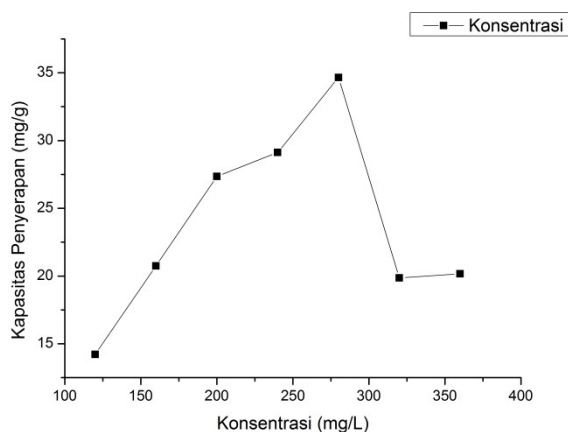
Proses aktivasi sangat penting dan berperan dalam pembuatan karbon aktif. Tahap karbonisasi biasanya masih menyisakan zat – zat yang menutupi pori-pori permukaan karbon. Proses aktivasi pun menyebabkan pergeseran bilangan gelombang akibat terjadinya penguraian serta vibrasi sehingga mengalami perubahan ikatan pada karbon aktif kulit durian. Aktivasi berperan dalam memperbesar daya serap dan

meningkatkan potensi karbon aktif dalam mengikat senyawa - senyawa pengotor. Untuk karbon teraktivasi basa kuat NaOH terjadi peregangan gugus hidroksil (OH) yang menunjukkan vibrasi ulur pada bilangan gelombang $3337,61\text{ cm}^{-1}$. Gugus C=C aromatis mengalami pergeseran bilangan gelombang sebesar $1576,06\text{ cm}^{-1}$. Pada gugus C-O mengalami pergeseran bilangan gelombang sebesar 1239 cm^{-1} .

C. Perlakuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Logam Timbal (Pb^{2+})

1. Pengaruh Konsentrasi

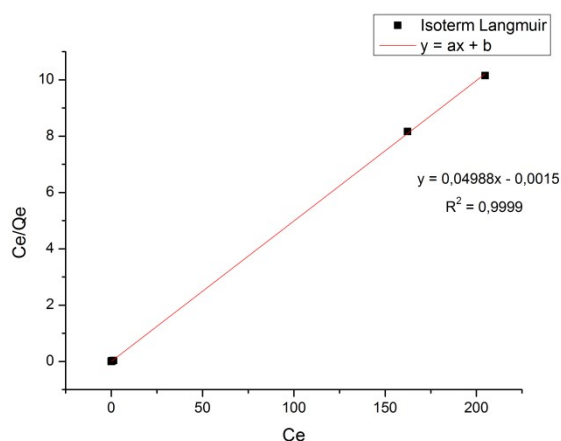
Penentuan kapasitas penyerapan karbon aktif kulit durian dengan memvariasikan konsentrasi larutan ion logam $\text{Pb}(\text{II})$ (120, 160, 200, 240, 280, 320, dan 360) mg/L. Pengontakan karbon aktif selama 30 menit dengan optimum pH 3 dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Pengaruh variasi konsentrasi larutan terhadap adsorpsi ion logam Pb^{2+} dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



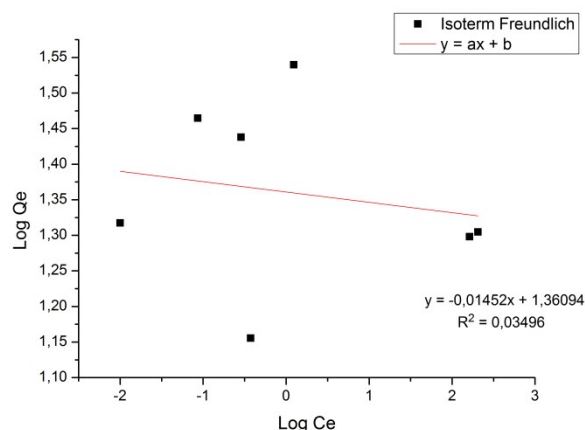
Gambar 2. Grafik pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas penyerapan ion logam Pb menggunakan karbon aktif kulit durian

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa besar penyerapan ion logam Pb^{2+} mengalami peningkatan sesuai dengan kenaikan konsentrasi ion logam Pb^{2+} yang divariasikan. Saat konsentrasi 120 sampai 240 ppm adsorpsi ion logam Pb^{2+} mengalami kenaikan, dan optimum pada konsentrasi 280 ppm dengan besar kapasitas serapan 34,65 mg/g. Pada saat situs aktif belum jenuh akan terjadi peningkatan jumlah kapasitas penyerapan adsorbat secara linear. Selanjutnya saat situs aktif pada permukaan adsorben telah jenuh dengan ion adsorbat maka peningkatan konsentrasi tidak lagi mempengaruhi tingkat penyerapan. Pada konsentrasi 320 sampai 360 ppm penyerapan menurun karena sisi aktif adsorben sudah jenuh.

Penentuan kapasitas penyerapan maksimum dilakukan dengan pendekatan isoterm adsorpsi. Hal ini untuk mengetahui jenis penyerapan apa yang terjadi dengan menjelaskan fungsi hubungan jumlah adsorbat dengan adsorben dan konsentrasi kesetimbangan. Model isoterm adsorpsi yang diujikan yakni persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich dengan cara membandingkan koefisien korelasi (R^2) yang nilainya mendekati 1.



Gambar 3. Isoterm Langmuir

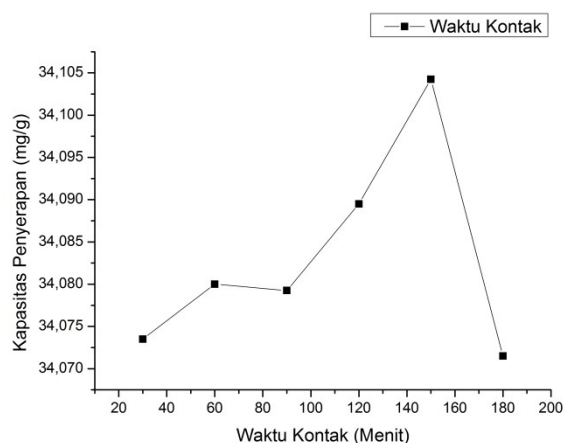


Gambar 4. Isoterm Freundlich

Pada penelitian ini, nilai regresi yang mendekati 1 yakni pada persamaan isoterm Langmuir dengan nilai $R^2 = 0,999$. Nilai ini menunjukkan bahwa pendekatan adsorpsi yang terjadi mengarah kepada pendekatan Langmuir. Persamaan ini menjelaskan penyerapan yang terjadi merupakan adsorpsi kimia yang membentuk lapisan monolayer. Dengan hanya membentuk satu lapisan, ion logam timbal sudah dapat teradsorpsi seluruhnya karena karbon aktif yang digunakan mempunyai luas permukaan yang sangat besar.

2. Pengaruh Waktu Kontak

Dalam proses adsorpsi, penentuan waktu kontak dibutuhkan untuk mengetahui lamanya proses penyerapan adsorbat oleh karbon aktif yang berlangsung optimal. Adsorpsi dari karbon aktif memiliki kemampuan yang berbeda - beda pada setiap jenisnya. Perbedaan ini dipengaruhi oleh interaksi antar karbon aktif dan logam melalui mekanisme fisika ataupun kimia. Waktu kontak divariasikan dari 30; 60; 90; 120; 150 dan 180 menit dengan pH, konsentrasi dan kecepatan pengadukan optimum. Kapasitas penyerapan logam pb oleh karbon aktif kulit durian dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 5. Grafik waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan ion logam Pb menggunakan karbon aktif kulit durian

Pada gambar 5 menjelaskan adsorpsi maksimum karbon aktif terjadi pada waktu 150 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar 34,145 mg/g dengan efisiensi adsorpsinya sebesar 100%. Dari waktu 30 menit sampai 120 menit mengalami peningkatan adsorpsi dari 34,05 mg/g menjadi 34,14 mg/g. Semakin banyaknya interaksi serta tumbukan karbon aktif kulit durian dengan ion logam Pb seiring dengan semakin lamanya waktu yang diberikan. Namun pada waktu kontak 180 menit kapasitas penyerapan adsorben terhadap ion logam Pb sebesar 34,095 mg/g dengan persentase penyerapan 99,9%. Penurunan kapasitas adsorpsi ini disebabkan dari potensi karbon aktif telah mengalami desorpsi. Desorpsi merupakan suatu keadaan dimana permukaan karbon aktif dalam kondisi jenuh dan telah setimbang sehingga ion logam Pb yang awalnya terserap menjadi terlepas kembali.

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan pengujian adsorpsi ion logam Pb(II) menggunakan karbon aktif kulit durian yang dikalsinasi pada suhu 400°C selama 2 jam dengan aktivator KOH 0,1 N. Kapasitas serapan yang dihasilkan sebesar 90,68% [5]. Selanjutnya pada penggunaan karbon aktif dari cangkang kemiri dengan aktivator HCl 0,4 M dengan kapasitas penyerapan 100% selama 1 jam perendaman [19]. Penelitian menggunakan adsorben tongkol jagung dengan aktivator HCl 0,1 N mendapat hasil kapasitas adsorpsi sebesar 97,29 % dengan perlakuan 300°C selama 1,5 jam [6].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun kesimpulan yang dapat diambil ialah:

1. Pembuatan Karbon aktif dari kulit durian menggunakan aktivator basa (NaOH) telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995) tentang Karbon Aktif..
2. Karbon aktif kulit durian dapat menyerap ion logam Timbal dengan metode *batch* dalam kondisi optimum pada konsentrasi 280 mg/L dan waktu kontak 150 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar 34,145 mg/g yang

mendekati persamaan isoterm Langmuir dengan nilai $R^2 = 0,9999$.

REFERENSI

- [1] A. N. Kamarudzaman, T. C. Chay, A. Amir, dan S. A. Talib, "Biosorption of Mn(II) ions from Aqueous Solution by Pleurotus Spent Mushroom Compost in a Fixed-Bed Column," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 195, no. li, hal. 2709–2716, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.379.
- [2] P. Koedrith, H. L. Kim, J. Il Weon, dan Y. R. Seo, "Toxicogenomic approaches for understanding molecular mechanisms of heavy metal mutagenicity and carcinogenicity," *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 216, no. 5, hal. 587–598, 2013, doi: 10.1016/j.ijheh.2013.02.010.
- [3] M. A. Acheampong, K. Pakshirajan, A. P. Annachhatre, dan P. N. L. Lens, "Removal of Cu(II) by biosorption onto coconut shell in fixed-bed column systems," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 19, no. 3, hal. 841–848, 2013, doi: 10.1016/j.jiec.2012.10.029.
- [4] Badan Pusat Statistik, "Statistik Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) 2018," *Badan Pus. Stat. Indones.*, hal. 1–43, 2018, doi: 3305001.
- [5] N. R. Y. Zikra, S. R. Yenti, dan Chairul, "Adsorpsi Ion Logam Pb Dengan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Durian Yang Teraktivasi," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, 2016.
- [6] D. A. Ningsih, I. Said, dan P. Ningsih, "Adsorption of Lead (Pb) from Its Solution by using Corn cob as an Adsorbent," vol. 5, no. 2, hal. 55–60, 2016.
- [7] S. P. Utami, D. Nurmawanti, dan . M., "EFEKTIVITAS KARBON AKTIF JERAMI SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN KADAR MANGAN (Mn) AIR SUMUR GALI (Studi di Puskesmas Krian pada Ruang UGD Kabupaten Sidoarjo 2019)," *Gema Lingkung. Kesehat.*, vol. 18, no. 1, hal. 45–52, 2020, doi: 10.36568/kesling.v18i1.1078.
- [8] F. Insyirah dan M. Khair, "Green Preparation of Activated Carbon from Palm Bunches by Ultrasonic Assisted Activation," hal. 203–209, 2020.
- [9] S. Utama dan H. Kristianto, "Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr (Vi)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan" Pengemb.*, no. Vi, hal. 1–6, 2016.
- [10] B. Febriansyah, Chairul, dan S. R. Yenti, "PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI KULIT DURIAN SEBAGAI ADSORBENT LOGAM Fe," *Jom FTEKNIKTEKNIK*, vol. 2, no. 2, hal. 1–11, 2015.
- [11] L. D. Sianipar, T. A. Zaharah, dan I. Syahbanu, "Adsorpsi Fe(II) dengan arang kulit buah kakao (Theobroma cacao L.) teraktivasi asam klorida," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 5, no. 2, hal. 50–59, 2016.
- [12] F. Hanum, J. G. Rikardo, dan S. Maradiona, "Methylene Blue Adsorption By Durian Shell Activated Carbon Using," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 6, no. 1, hal. 49–55, 2017.
- [13] Calvin, "Studi Adsorpsi Merkuri Menggunakan Karbon Aktif Berbahan Baku Kulit Durian (Aplikasi pada Limbah Pertambangan Emas Rakyat dari Kab. Mandailing Natal)," 2018.
- [14] R. Apriani, I. D. Faryuni, D. Wahyuni, dan K. Kunci, "Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut," *Prism. Fis.*, vol. I, no. 2, hal. 82–86, 2013.
- [15] K. Zarkasi, A. D. Moelyaningrum, dan P. T. Ningrum, "PENGGUNAAN ARANG AKTIF KULIT DURIAN (Durio zibethinus Murr) TERHADAP TINGKAT ADSORPSI KROMIUM (Cr 6+) PADA LIMBAH BATIK," vol. 5, hal. 67–73, 2018.
- [16] P. T. R. Rajagukguk, "Pemanfaatan Kulit Durian Sebagai Adsorben untuk Penyisihan Detergen dan Fosfat dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry," hal. 44, 2018.
- [17] L. E. Nabilla dan R. Rusmini, "Pengaruh Waktu Kontak Karbon Aktif dari Kulit Durian terhadap Kadar COD, BOD, dan TSS pada Limbah Cair Industri Tahu," *Chem. J. Tek. Kim.*, vol. 6, no. 2, hal. 47, 2019, doi: 10.26555/chemica.v6i2.14698.
- [18] D. Alimah, "SIFAT DAN MUTU ARANG AKTIF DARI TEMPURUNG BIJI METE (Anacardium occidentale L.)," *J.*

- Penelit. Has. Hutan*, vol. 35, no. 2, hal. 123–133, 2017, doi: 10.20886/jphh.2017.35.2.123-133.
- [19] E. Supraptiah, A. S. Ningsih, Fatria, dan U. Amalia, “Penyerapan Logam Pb dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kemiri sebagai Adsorben.” hal. 9–13, 2014.