

Peningkatan Performance Arang Aktif Sabut Buah Pinang (Areca Catechu L) sebagai Adsorben Kation

Maria Novia Luruk Atok^{1*}, I Wayan Budiarsa Suyasa², James Sibaran³

^{1,2,3}Program Studi Magister Kimia Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Indonesia

Email: noviamaria94@gmail.com, budiarsa_suyasa@unud.ac.id, james_sibarani@unud.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi terhadap karakteristik arang sabut buah pinang, pengaruh konsentrasi aktivator H_3PO_4 terhadap keasaman dan luas permukaan, pH dan waktu kontak optimum adsorpsi, mengetahui efektivitas adsorpsi serta isoterm adsorpsi arang aktif sabut buah pinang. Arang sabut buah pinang dikarbonisasi pada berbagai suhu untuk ditentukan suhu karbonisasi optimumnya, kemudian diaktivasi dengan H_3PO_4 pada konsentrasi 0,5M, 1M dan 2M untuk mengadsorpsi ion logam Cu(II). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik arang sabut buah pinang yang diperoleh pada masing-masing suhu karbonisasi (300°C, 400°C, 500°C dan 600°C) cukup baik, namun suhu karbonisasi optimum adalah 500°C dengan mengacu pada standar mutu menurut SNI 06-3730-1995. Nilai keasaman permukaan arang sabut pinang teraktivasi H_3PO_4 0,5M, 1M dan 2M berturut-turut sebesar 5,43 mmol/g, 5,78 mmol/g dan 8,35 mmol/g. Luas permukaan arang teraktivasi H_3PO_4 0,5M, 1M dan 2M yang dianalisis menggunakan uji BET menunjukkan nilai berturut-turut sebesar 0,00 m²/g, 21,273 m²/g dan 75,101m²/g. pH optimum adalah pH 7 dan waktu kontak optimum adalah 60 menit. Kemampuan adsorpsi dari arang teraktivasi tersebut sangat tinggi sehingga sangat baik digunakan untuk mengadsorpsi ion-ion logam.

Kata kunci: Karbonisasi, Sabut Buah Pinang, Aktivasi, Arang Aktif, Cu(II)

Abstract

This study aims to see the effect of carbonization temperature on areca coir charcoal, the effect of activator H_3PO_4 on acidity and surface area, optimal pH and adsorption contact time, effective alarm and active adsorption of areca nut activated charcoal. Areca nut coir charcoal carbonized at various temperatures to determine its optimum carbonization temperature, then activated with H_3PO_4 at concentrations of 0.5M, 1M and 2M to adsorb Cu (II) metal ion. The results of this study indicate that the effect of areca nut charcoal obtained at each carbonization temperature (300°C, 400°C, 500°C and 600°C) is quite good, but the optimum carbonization temperature is 500°C with reference to the quality standard according to SNI 06-3730-1995. The surface acidity values of activated areca nut coir H_3PO_4 0.5M, 1M and 2M were 5.43 mmol/g, 5.78 mmol/g and 8.35 mmol/g, respectively. The surface area of H_3PO_4 activated charcoal with concentrations of 0.5M, 1M and 2M analyzed using the BET test showed values of 0.00 m²/g, 21.273 m²/g and

How to cite:	Maria Novia Luruk Atok*, I Wayan Budiarsa Suyasa, James Sibaran (2024) Peningkatan Performance Arang Aktif Sabut Buah Pinang (Areca Catechu L) sebagai Adsorben Kation, (5) 6
E-ISSN:	2722-5356
Published by:	Ridwan Institute

75.101m²/g, respectively. The optimum pH is pH 7 and the optimum contact time is 60 minutes. The adsorption ability of the activated charcoal is very high so it is very good to be used to adsorb metal ions.

Keywords: Carbonization, Activated Areca Nut, Activated Charcoal, Cu (II)

Pendahuluan

Di Indonesia, tanaman pinang (*Areca catechu L.*) termasuk salah satu tanaman yang cukup populer di kalangan masyarakat dan merupakan jenis palma yang pemanfaatannya belum banyak dikembangkan. Pinang banyak dijumpai tumbuh di pulau Kalimantan, Sulawesi, Sumatera dan Nusa Tenggara. Di Nusa Tenggara Timur, khususnya di Kabupaten Malaka, pinang ditanam untuk dimanfaatkan biji (bersama sirih) untuk dimakan, biasanya disuguhkan saat menyambut tamu. Sementara kulit buah pinang sendiri hanya dibuang begitu saja dan belum dimanfaatkan secara optimal oleh petani. Limbah sabut buah pinang ini apabila tidak ditangani dengan serius maka akan menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan karena bau yang tidak sedap dan berdampak pada kesehatan manusia.

Kulit buah pinang mengandung flavonoid, alkaloid, hemiselulosa, selulosa dan pektin (Azwarman, 2018). Komposisi selulosa yang terdapat dalam sabut buah pinang cukup besar yakni mencapai 70,2%. Kandungan selulosa yang tinggi pada sabut buah pinang ini memungkinkannya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan arang aktif untuk biosorben dalam menangani masalah pencemaran lingkungan akibat maraknya perkembangan proses industri. Arang aktif merupakan salah satu adsorben yang digunakan secara luas untuk mengadsorpsi berbagai macam pengotor organik dan anorganik seperti untuk adsorpsi ion Pb (II) dalam air yang merupakan salah satu logam berat pencemar lingkungan (Sitanggang, Shofiyani, & Syahbanu, 2017).

Pencemaran lingkungan akibat proses industri terus meningkat, dengan limbah logam berat seperti Pb(II), Fe(II), Cr(II), dan Cu(II) yang dibuang tanpa pengolahan, menyebabkan kerusakan serius pada kualitas air dan kesehatan organisme perairan (Agustino, 2020). Logam berat ini dapat membentuk senyawa berbahaya dan terakumulasi dalam organisme, memicu berbagai penyakit. Khususnya, Cu dalam perairan menjadi perhatian karena dampak buruknya, dengan batas kadar yang diizinkan sebesar 0,5 mg/L menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Berbagai metode pengolahan limbah logam berat telah dilakukan untuk mengurangi efeknya bagi lingkungan (Juliastuti, 2015). Salah satu sistem pengolahan limbah cair yang dapat mengurangi logam berat dengan harga yang relatif murah, metode yang mudah serta ramah lingkungan adalah proses adsorpsi menggunakan arang aktif (Nurfitri et al., 2019). Saat ini teknik adsorpsi ditujukan untuk mencari adsorben yang mempunyai kemampuan tinggi dari bahan alam yang mudah terbiodegrasi (Erawati & Fernando, 2018). Bahan-bahan yang bersifat limbah pertanian menjadi pilihan dalam pembuatan adsorben karbon karena mudah didapat dan jumlahnya melimpah (Pratama &

Rinawati, 2017). Salah satu jenis limbah pertanian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sabut buah pinang (Asip, Sandra, & Nurhasanah, 2017).

Hasil penelitian Sitanggang (2017) menyatakan bahwa, karbon aktif dari sabut buah pinang mampu mengadsorpsi Pb (II) dalam larutan dengan kapasitas adsorpsi sebesar 6,57 mg/g menggunakan aktivasi asam sulfat 1,5M. Selain itu, limbah kulit pinang (*Areca Chateca L.*) dapat dimanfaatkan sebagai biosorben untuk mengurangi ion logam berat Pb (II) larutan dimana, terjadi peningkatan jumlah ion Pb^{2+} yang terserap dari 2,21 mg/g menjadi 11,63 mg/g dan ion Cd^{2+} meningkat dari 1,69 mg/g menjadi 11,28 mg/g (Utami & Lazulva, 2017).

Sebelum digunakan sebagai adsorben, untuk meningkatkan daya serap, kulit buah pinang dapat dibuat menjadi arang dan diaktivasi menggunakan larutan asam atau basa atau dikenal dengan aktivasi kimia (Nurhayati, 2018). Tujuan dilakukan aktivasi karbon agar dapat melarutkan mineral yang terdapat pada sampel seperti kalsium, fosfor, dan pengotor lainnya sehingga dapat membuka lebih banyak pori-pori pada karbon aktif yang dihasilkan (Sembiring & Panggabean, 2020). Arang aktif yang dihasilkan dari batang tanaman gunitir (*Tagetes erecta*) yang diaktivasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) yang dilakukan sekaligus saat pirolisis menghasilkan arang aktif dengan struktur pori yang lebih baik. Penelitian Gultom dan Lubis (2014) tentang aplikasi karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan aktivator H_3PO_4 untuk penyerapan logam berat Cd dan Pb menyatakan bahwa daya serap terhadap logam berat Cd dan Pb mencapai 84,61% dan 80,13%.

Pemilihan H_3PO_4 sebagai aktivator karena bersifat asam lemah yang dapat melarutkan mineral yang terikat dengan molekul karbon pada arang dan juga menggantikannya dengan suatu gugus fungsi (Kosting dan Conrad, 1931; Sudirjo, 2006). Gugus fungsi ini berperan mengikat ion logam oleh biosorben diantaranya gugus fungsi alkohol (O-H), dan karbonil (C=O) (Utami dan Zulva, 2017). Selain itu, aktivator H_3PO_4 merupakan oksidator yang dapat mengoksidasi dan mengikis permukaan arang aktif sehingga pori-pori dapat terbuka serta dapat memperbesar pori-pori pada arang aktif (Allwar *et al.*, 2008).

Dalam penelitian terdahulu belum pernah dilakukan penelitian tentang pembuatan arang aktif dari sabut buah pinang menggunakan aktivasi H_3PO_4 yang digunakan sebagai biosorben limbah ion logam Cu (II). Dalam proses pembuatan karbonnya, suhu divariasikan dari 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C. Variasi suhu dimaksudkan untuk melihat suhu optimum dari pembuatan arang serta uji mutu arang aktif sesuai Standar Industri Indonesia (SNI 06-37370-1995). Selanjutnya dilakukan proses dengan aktivator H_3PO_4 dengan berbagai variasi konsentrasi (0,5M, 1M dan 2 M), kemudian hasil aktivasi digunakan untuk mengadsorpsi ion logam Cu(II).

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan yang dirumuskan meliputi pengaruh suhu karbonisasi terhadap karakteristik arang sabut pinang, seperti kadar air, kadar abu, zat mudah menguap, dan karbon terikat, serta pengaruh suhu karbonisasi terhadap daya serap iodin dan metilen biru. Selain itu, diteliti juga pengaruh konsentrasi H_3PO_4 sebagai aktivator terhadap keasaman dan luas permukaan adsorben arang aktif, pH dan waktu

kontak optimum untuk adsorpsi Cu^{2+} , efektivitas adsorpsi arang aktif terhadap konsentrasi awal Cu^{2+} , dan pola isoterm adsorpsi arang aktif terhadap Cu^{2+} . Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh suhu karbonisasi dan konsentrasi H_3PO_4 pada berbagai parameter tersebut serta pola isoterm adsorpsi arang aktif sabut pinang terhadap Cu^{2+} . Manfaat ilmiah dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pengolahan limbah ion logam berat, sementara manfaat praktisnya diharapkan dapat memberikan solusi bagi industri penghasil limbah logam dan limbah lainnya, memungkinkan penggunaan arang aktif dari sabut pinang untuk mengurangi limbah industri.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat eksperimental yang bertujuan untuk memproduksi arang aktif dari limbah sabut pinang untuk mengatasi atau mengadsorpsi air limbah logam berat. Limbah kulit pinang dikarbonisasi dalam tanur menjadi arang kemudian diaktivasi menjadi arang aktif dan digunakan untuk mengadsorpsi ion logam tembaga (II). Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Lingkungan, FMIPA-Universitas udayana, Laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian Universitas udayana dan Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro, Semarang. Lama waktu penelitian sesuai dengan tahapan penelitian yang meliputi tahap menyiapkan kulit pinang hingga kering, tahap karbonisasi, tahap aktivasi dan terakhir yaitu proses adsorpsi. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2019- Maret 2020.

Sampel kulit pinang untuk biosorben diambil di Desa Manulea, Kecamatan Sasitamean Kabupaten Malaka NTT. Penentuan penurunan kadar Cu (II) diukur di laboratorium fakultas teknologi pertanian UNUD menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Variabel penelitian yang dianalisis pada penelitian ini adalah karakteristik arang, keasaman permukaan, luas permukaan arang aktif, optimasi pH, optimasi waktu dan pengaplikasian arang aktif untuk mengadsorpsi ion logam Cu (II).

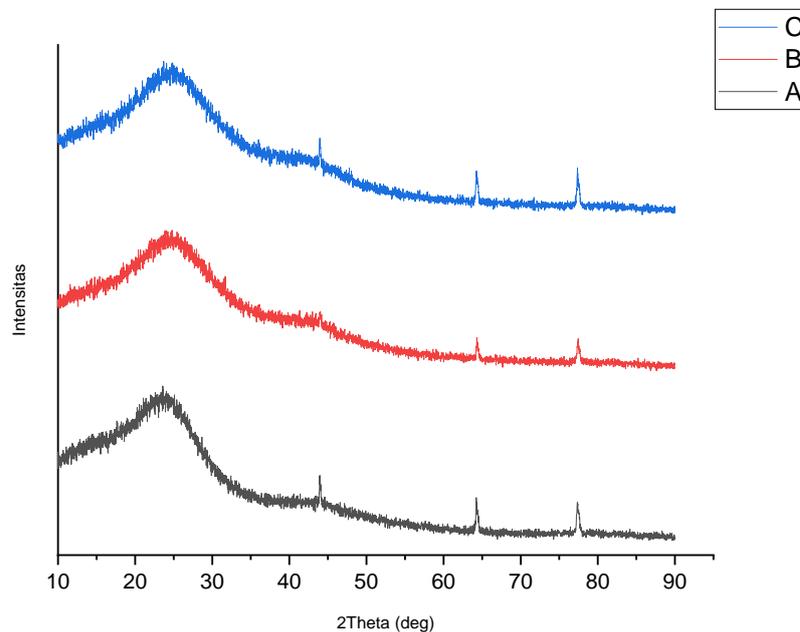
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sabut pinang, aquades, air kran, larutan NaOH, larutan HCl, indikator pp, metilen biru, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, amilum 1 %, larutan I_2 , larutan H_3PO_4 , serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tanur, mortar, cawan porselin, ayakan 250 mesh, timbangan, pengaduk magnet, gelas kimia, spatula, Erlenmeyer, pipet tetes, pH meter, labu takar, kertas saring Whatman no.1, FTIR, spektrofotometer serapan atom, Uv-Vis, *Surface Area Analyser* (SAA) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

Hasil dan Pembahasan

Analisis XRD

Analisis XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristalit arang sabut buah pinang yang teraktivasi H_3PO_4 konsentrasi 0,5M, 1M dan 2M dengan melihat derajat kristalinitas arang aktif sabut buah pinang. Derajat kristalinitas adalah tingkat keteraturan struktur suatu material. Hasil analisis menunjukkan bahwa puncak hanya mengalami sedikit perubahan menandakan peningkatan konsentrasi aktivator H_3PO_4 memiliki

pengaruh yang sangat kecil terhadap kristalinitas arang sabut pinang. Difraktogram sinar-X menghasilkan daerah kristalin yang secara acak bercampur dengan daerah amorf.



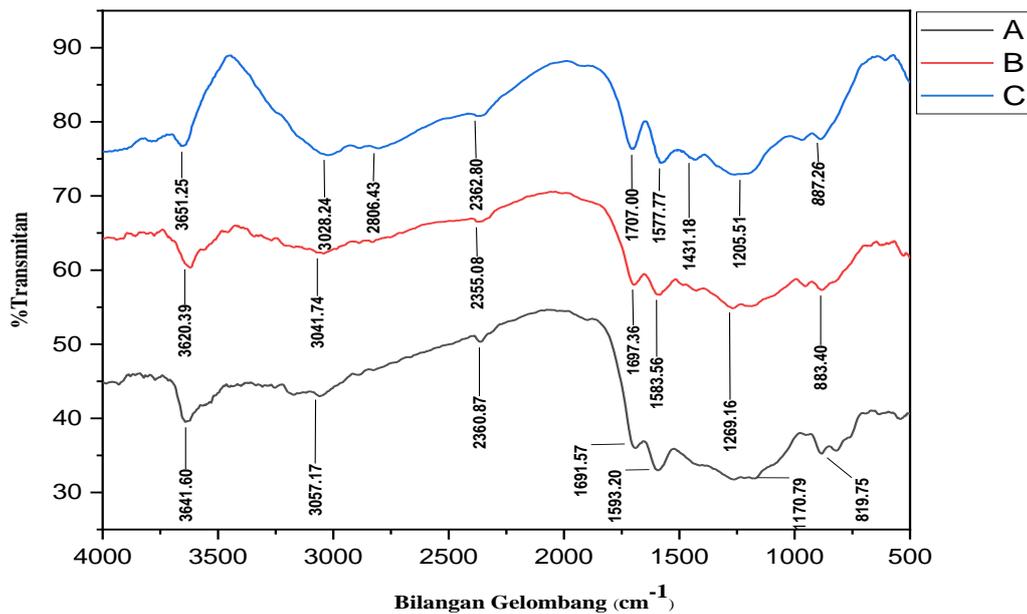
Keterangan: A= arang teraktivasi H_3PO_4 0,5M; B= arang teraktivasi H_3PO_4 1M; C= arang teraktivasi H_3PO_4 2M

Gambar 1. Pola Difraksi Sinar-X Arang Sabut Buah Pinang yang Teraktivasi H_3PO_4

Gambar 1 memperlihatkan bahwa masing-masing arang aktif memiliki pola difraksi yang hampir sama dimana daerah kristalin berupa puncak-puncak tajam, sedangkan amorf cenderung menghasilkan puncak melebar sehingga dapat dikatakan bahwa arang aktif sabut buah pinang bersifat semikristalin. Rohaeti (2005) menyatakan bahwa pada umumnya bahan polimer memiliki bagian amorf maupun bagian kristalin atau disebut semikristalin. Jika dibandingkan ketiga pola difraksi maka akan terlihat pergeseran sudut hamburan untuk masing-masing puncak, tetapi pergeseran tersebut tidak begitu besar.

Analisis Gugus Fungsi

Sampel sabut buah pinang yang sudah diaktivasi H_3PO_4 konsentrasi 0,5M, 1M dan 2M diidentifikasi gugus fungsi menggunakan instrumen spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dengan metode pil KBr. Gugus-gugus fungsi yang terdapat pada arang aktif sabut buah pinang dapat memberikan informasi mengenai mekanisme ikatan dan gugus fungsi yang mungkin terlibat berinteraksi dengan ion logam (Utami dan Lazulva, 2017).



Keterangan: A= arang teraktivasi H_3PO_4 0,5M; B= arang teraktivasi H_3PO_4 1M; C= arang teraktivasi H_3PO_4 2M

Gambar 2. Spektrogram FTIR Arang Sabut Buah Pinang yang Teraktivasi H_3PO_4

Dari Gambar 2. dapat dibandingkan gugus fungsi yang terdapat pada arang sabut pinang teraktivasi H_3PO_4 0,5M, 1M dan 2M. Pada proses aktivasi terjadi perubahan spektrum serapan pada arang aktif sabut buah pinang yaitu dalam bentuk penurunan intensitas serapan, serapan hilang, serapan bergeser dan terbentuknya serapan baru di daerah bilangan gelombang tertentu. Gugus fungsi yang teridentifikasi pada arang aktif sabut buah pinang antara lain OH, C-H alifatik (dari CH_3 dan CH_2), C-H aromatic (dari berbagai substitusi cincin benzena), C=O (karbonil), ikatan C-C dan C=C. Besarnya gugus hidroksil merupakan cerminan dari banyaknya senyawa kimia pada arang aktif sabut buah pinang yang mengandung gugus O-H seperti alkohol, fenol (benzena) dan asam (asam asetat).

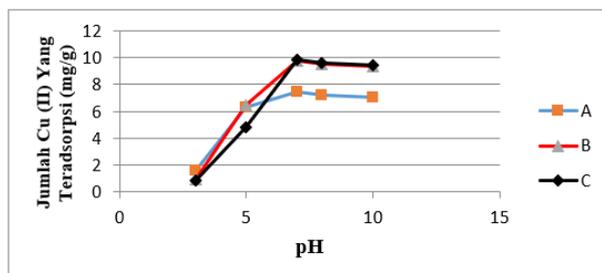
Arang aktif sabut buah pinang yang dihasilkan dari semua perlakuan secara umum memiliki gugus fungsi dengan pola spektrum serapan IR yang relative sama dan hanya berbeda dalam intensitas serapannya. Gugus fungsi yang dihasilkan antara lain gugus OH cenderung bersifat polar, gugus C-H bersifat bipolar dan gugus C=O (gugus karbonil) memiliki sifat kepolaran yang tinggi (Lempang *et al.*, 2011). Berdasarkan gugus fungsi yang dimiliki arang aktif sabut buah pinang relatif bersifat polar sehingga dapat berperan sebagai adsorben larutan yang bersifat polar juga seperti untuk penjernihan air, gula, alkohol atau sebagai penyerap limbah logam.

Penentuan Sifat Adsorpsi Cu (II) pada Arang Aktif Sabut Pinang

Penentuan pH Optimum

Penentuan pH larutan berfungsi untuk mengetahui kondisi larutan yang optimum dalam adsorpsi Cu^{2+} oleh arang aktif sabut buah pinang. Salah satu faktor yang

mempengaruhi proses adsorpsi ion logam adalah pH larutan atau derajat keasaman. Parameter ini berhubungan dengan kemampuan ion hidrogen bersaing dengan ion logam untuk mendapatkan sisi aktif pada permukaan biosorben (Utami dan Lazulva, 2017). Variasi pH yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada pH 3, 5, 7, 8, dan 10.



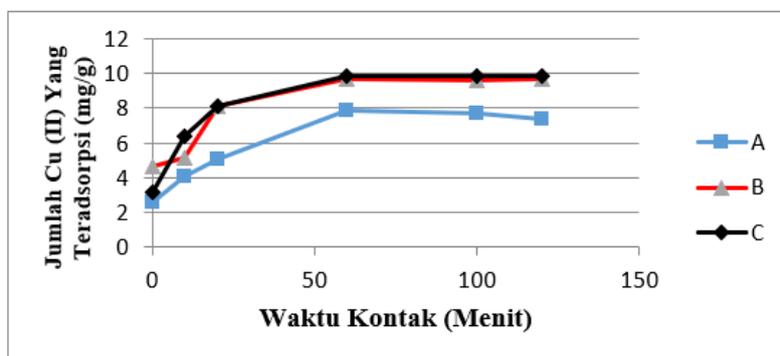
Keterangan: A= arang teraktivasi H₃PO₄ 0,5M; B= arang teraktivasi H₃PO₄ 1M; C= arang teraktivasi H₃PO₄ 2M

Gambar 3. Kurva Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu (II) oleh Arang Teraktivasi H₃PO₄ pada Berbagai pH

Gambar 3 menunjukkan presentase adsorpsi arang arang aktif untuk masing-masing konsentrasi aktivator yang terendah terjadi pada pH 3. Adsorpsi pada pH rendah cenderung kecil karena terjadi persaingan antara H⁺ dan Cu²⁺ untuk berinteraksi dengan permukaan arang aktif. Permukaan arang aktif dikelilingi oleh H⁺ (bermuatan positif) yang dapat menghalangi Cu²⁺ untuk berinteraksi dengan permukaan arang aktif sehingga terjadi penolakan terhadap Cu²⁺ (Anita Imawati, 2015). Pada pH 7 arang aktif telah mencapai daya adsorpsi optimum dan pada pH 8 dan 10 adsorpsi cenderung menurun, hal ini disebabkan karena Cu cenderung membentuk endapan CuOH⁺ sehingga interaksi dengan permukaan arang aktif berkurang.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum larutan berfungsi untuk mengetahui lamanya waktu yang dibutuhkan arang aktif dalam mengadsorpsi ion logam hingga mencapai keadaan jenuh. Keadaan jenuh tercapai apabila adsorben tidak dapat lagi menyerap adsorbat. Pengaruh waktu kontak terhadap jumlah zat yang diadsorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.



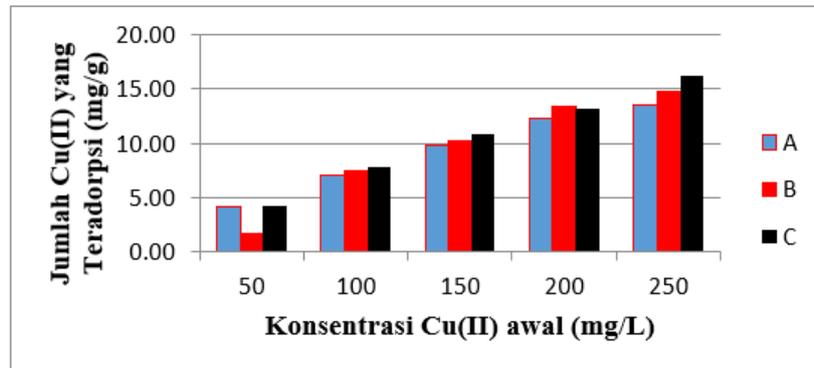
Keterangan: A= arang teraktivasi H₃PO₄ 0,5M; B= arang teraktivasi H₃PO₄ 1M; C= arang teraktivasi H₃PO₄ 2M

Gambar 4. Kurva Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Logam Cu (II) oleh Arang Aktif Sabut Pinang

Berdasarkan Gambar 4. dapat diketahui bahwa waktu kontak dari adsorben arang teraktivasi H_3PO_4 0,5M, 1M dan 2M terhadap ion logam Cu^{2+} mengalami peningkatan pada waktu kontak 0–20 menit akibat naiknya interaksi antara adsorben dengan Cu^{2+} , namun pada waktu kontak 60-120 menit, penyerapan ion logam oleh adsorben mencapai kejenuhan dan mengalami kesetimbangan. Penelitian yang dilakukan oleh Nurfitriya *et al.*, (2019) tentang pengaruh konsentrasi aktivator KOH pada arang aktif terhadap daya adsorpsi logam Pb^{2+} dalam sampel air, diperoleh hasil bahwa efisiensi adsorpsi ion logam Pb^{2+} oleh arang aktif menurun seiring dengan lamanya waktu kontak karena arang aktif akan berada pada titik jenuh yaitu ketika tercapainya keadaan dimana penyerapan ion logam Pb^{2+} sudah tidak dapat lagi dilakukan oleh arang aktif. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak arang aktif sabut buah pinang yang berinteraksi dengan ion logam Cu^{2+} . Waktu kontak optimum dari adsorben yang diaktivasi 0,5M, 1M dan 2M terjadi pada waktu kontak 60 menit dengan jumlah ion logam Cu^{2+} yang teradsorpsi berturut-turut sebesar 7,90 mg/g, 9,86 mg/g dan 9,88 mg/g.

Penentuan Isoterm Adsorpsi

Penentuan isoterm adsorpsi bertujuan untuk menentukan banyaknya ion Cu^{2+} yang dapat diadsorpsi oleh adsorben arang aktif sabut buah pinang. Isotherm adsorpsi dalam penelitian ini ditentukan dengan memvariasikan konsentrasi awal larutan Cu^{2+} sebesar 50, 100, 150, 200 dan 250 mg/L pada pH dan waktu kontak optimum yaitu pH 7 dan waktu kontak 60 menit. Hubungan konsentrasi terhadap adsorpsi ion Cu (II) oleh arang aktif sabut buah pinang dapat dilihat pada Gambar 5.



Keterangan: A= arang teraktivasi H_3PO_4 0,5M; B= arang teraktivasi H_3PO_4 1M; C= arang teraktivasi H_3PO_4 2M

Gambar 5. Kurva Pengaruh Konsentrasi Terhadap Adsorpsi Ion Logam Cu (II) oleh Arang Aktif Sabut Pinang

Berdasarkan kurva pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa jumlah logam yang teradsorpsi berbanding lurus dengan tingginya konsentrasi. Dimana terjadi peningkatan jumlah ion logam yang teradsorpsi oleh arang aktif sabut buah pinang teraktivasi 0,5M, 1M dan 2M berbanding lurus dengan tingginya konsentrasi ion logam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terjadi korelasi antara luas permukaan dan jumlah situs aktif arang aktif dengan jumlah ion yang teradsorpsi, dimana semakin tinggi jumlah situs aktif dan luas permukaan maka semakin tinggi jumlah ion yang teradsorpsi. Semakin

tinggi penggunaan konsentrasi aktivator maka semakin banyak melarutkan pengotor sehingga dapat meningkatkan daya serap.

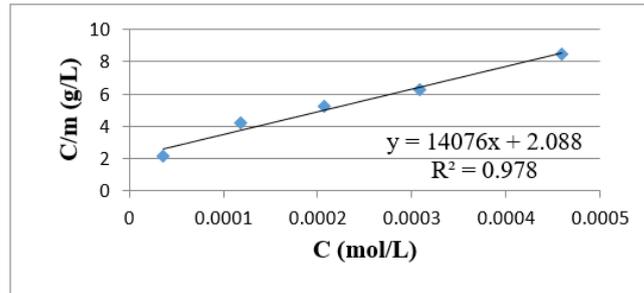
Hal ini sejalan dengan asumsi bahwa semakin besar konsentrasi adsorbat, semakin banyak jumlah adsorbat yang terkumpul pada permukaan adsorben (Sitanggang et al., 2017). Peningkatan jumlah ion yang teradsorpsi arang aktif pada konsentrasi rendah (50 ppm) hingga konsentrasi tinggi (250 ppm) terjadi akibat permukaan arang aktif belum mencapai kejenuhan sehingga adsorpsi masih berjalan dengan optimal. Jika konsentrasi ion semakin meningkat maka kompetisi pada situs adsorpsi semakin tinggi, sehingga jumlah adsorbat yang terserap mengalami peningkatan. Akibatnya penyerapan tidak melebihi situs aktif dari adsorbennya sehingga proses adsorpsi oleh adsorben bisa terjadi selama belum tercapai kejenuhan dari situs aktif pada permukaannya.

Dalam penelitian ini adsorpsi Cu (II) oleh Hendrawan (2017) arang sabut pinang belum mencapai kapasitas adsorpsi karena jumlah Cu (II) yang teradsorpsi terus mengalami peningkatan. Kapasitas adsorpsi hanya terjadi pada konsentrasi yang tinggi dan tidak bergantung pada suhu. Jumlah ion yang teradsorpsi oleh arang aktif sabut pinang tertinggi terjadi pada konsentrasi 250 ppm, arang teraktivasi H₃PO₄ 2M yaitu sebesar 16,195 mg/g. Hasil ini lebih tinggi dari hasil yang diperoleh Sahara, (2019) dimana diperoleh jumlah ion logam Cu (II) yang teradsorpsi pada konsentrasi 250 ppm sebesar 5,54 mg/g dengan menggunakan arang aktif dari limbah tanaman gunitir teraktivasi asam fosfat 15%. Berdasarkan konsentrasi Cu²⁺ awal (C₀) dan konsentrasi akhir (C_e) maka dapat dihitung efektivitas serapan terbaik yang ditunjukkan dengan rumus:

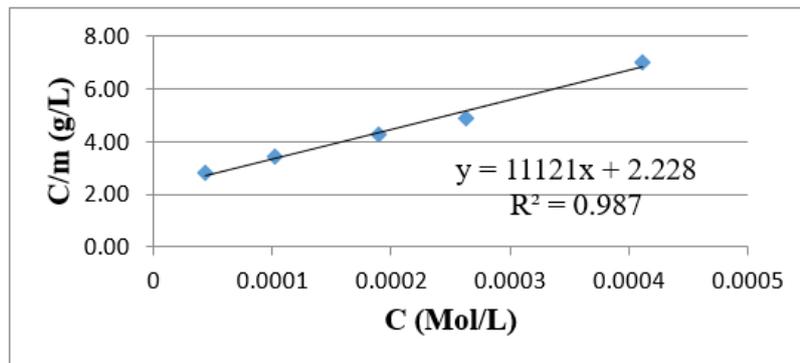
$$\text{Efektivitas Adsorpsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \times C_0 \dots\dots\dots(5.1)$$

Sehingga diperoleh efektivitas terbaik adalah pada aktivator 2M, 250 ppm yaitu sebesar 161,95 mg/L. Efektivitas adsorpsi adalah banyaknya ion logam Cu²⁺ yang teradsorpsi dari larutan awal. Semakin tinggi konsentrasi awal larutan, semakin banyak larutan yang teradsorpsi hingga didapatkan kapasitas adsorpsi. Jadi pada arang aktif dengan aktivasi H₃PO₄ 2M memiliki efektivitas penyerapan lebih baik jika dibandingkan dengan arang aktif dengan aktivasi asam fosfat 0,5M dan 1M. Penentuan isotherm adsorpsi dapat dilakukan dengan membuat grafik hubungan konsentrasi Cu²⁺ dengan banyaknya ion logam Cu²⁺ yang teradsorpsi per gram adsorben sehingga diperoleh nilai korelasi linear (R²). Pada penelitian ini mempelajari 2 model isotherm adsorpsi yaitu isotherm adsorpsi *Langmuir* dan model isotherm adsorpsi *Freundlich*.

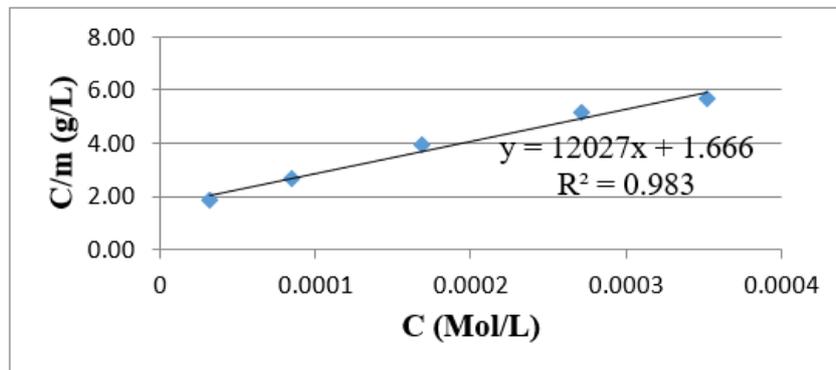
Peningkatan Performance Arang Aktif Sabut Buah Pinang (Areca Catechu L) sebagai Adsorben Kation



Gambar 6. Kurva Korelasi Linear Arang Teraktivasi H₃PO₄ 0,5M dengan Isoterm Adsorpsi Langmuir

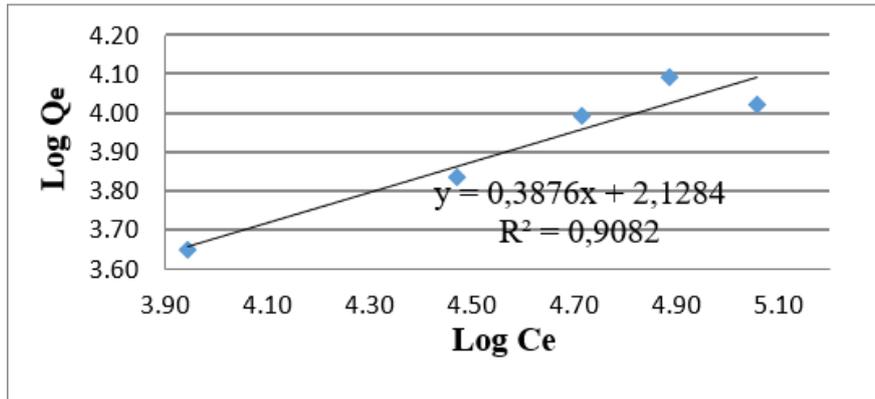


Gambar 7. Kurva Korelasi Linear Arang Teraktivasi H₃PO₄ 1M dengan Isoterm Adsorpsi Langmuir

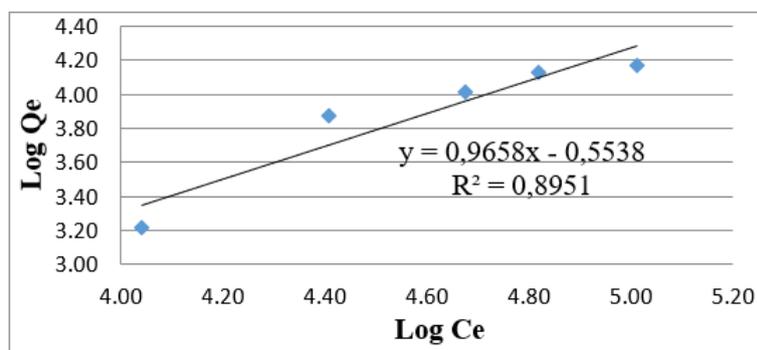


Gambar 8. Kurva Korelasi Linear Arang Teraktivasi H₃PO₄ 2M dengan Isoterm Adsorpsi Langmuir

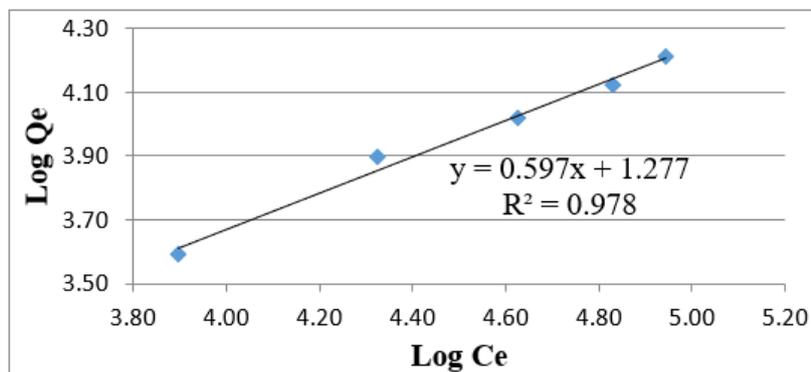
Gambar 6, 7 dan 8 merupakan pola isoterm adsorpsi *Langmuir* untuk arang aktif sabut buah pinang 0,5M, 1M dan 2M. Persamaan isoterm *Langmuir* untuk arang teraktivasi H₃PO₄ 0,5M, 1M dan 2M memiliki nilai R² masing-masing sebesar 0,978, 0,987 dan 0,983.



Gambar 9. Kurva Korelasi Linear Arang Teraktivasi H₃PO₄ 0,5M dengan Isoterm Adsorpsi *Freundlich*



Gambar 10. Kurva Korelasi Linear Arang Teraktivasi H₃PO₄ 1M dengan Isoterm Adsorpsi *Freundlich*



Gambar 11. Kurva Korelasi Linear Arang Teraktivasi H₃PO₄ 2M dengan Isoterm Adsorpsi *Freundlich*

Gambar 9, 10 dan 11 merupakan pola isoterm adsorpsi *Freundlich* untuk arang aktif sabut buah pinang 0,5M, 1M dan 2M. Persamaan isotherm *Freundlich* untuk arang teraktivasi H₃PO₄ 0,5M, 1M dan 2M memiliki nilai R² masing-masing sebesar 0,908, 0,895 dan 0,978.

Berdasarkan nilai R² untuk masing-masing pola isotherm adsorpsi logam Cu²⁺ oleh arang aktif sabut buah pinang teraktivasi H₃PO₄, pola isotherm *Langmuir* dan *Freundlich* tidak jauh berbeda sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorpsi arang aktif sabut buah pinang terhadap ion logam Cu²⁺ dapat mengikuti pola isotherm *Langmuir* dan

Freundlich (dapat terjadi interaksi secara kimia dan fisika). Hal ini karena pada penelitian ini adsorpsi semakin meningkat sehingga belum tercapai kapasitas adsorpsi. Pori-pori yang terbentuk pada arang aktif sabut buah pinang teraktivasi H_3PO_4 bersifat homogen dan dapat pula bersifat heterogen. Selama proses adsorpsi, ion logam dapat membentuk lapisan *monolayer* dan *multilayer* pada permukaan adsorben.

Pada isotherm *Langmuir*, proses adsorpsi terjadi dengan mekanisme pertukaran ion pada permukaan sehingga perbedaan ukuran pori arang aktif dengan molekul logam sangat mempengaruhi efisiensi pertukaran ion. Apabila ukuran pori arang aktif sama atau lebih besar dari ukuran pori molekul logam (adsorbat) yang akan dipertukarkan pada proses adsorpsi maka proses pertukaran ion akan semakin mudah. Demikian sebaliknya, jika ukuran pori arang aktif dan logam (adsorbat) lebih kecil maka pertukaran ionnya akan semakin sulit.

Proses adsorpsi pada pola isotherm *Langmuir* terjadi secara kimia dimana terjadi interaksi antara logam Cu^{2+} dengan gugus fungsi $-OH$ pada selulosa dari arang aktif sabut buah pinang sehingga menyebabkan ion logam Cu^{2+} dalam larutan dapat mengalami penurunan. Sedangkan pada isotherm *Freundlich*, adsorpsi bersifat heterogen serta membentuk lapisan *multilayer* pada permukaan adsorben. Pola isotherm *Freundlich*, zat teradsorpsi relatif bertambah dengan cepat seiring bertambahnya konsentrasi dan kemudian menjadi lambat jika permukaan arang aktif telah tertutup oleh adsorbat. Penyerapan yang terjadi tidak melebihi situs aktif yang dimiliki oleh arang aktif.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian, suhu karbonisasi berpengaruh signifikan terhadap karakteristik arang dari sabut buah pinang, dengan suhu optimum $500^{\circ}C$ yang menghasilkan kualitas arang sesuai SNI 06-3730-1995. Suhu karbonisasi yang lebih tinggi juga meningkatkan daya serap iodin dan metilen biru, dengan nilai optimal masing-masing 418,77 mg/g dan 254,10 mg/g pada $500^{\circ}C$. Selain itu, konsentrasi H_3PO_4 sebagai aktivator meningkatkan keasaman permukaan dan luas permukaan adsorben, yang berujung pada peningkatan daya adsorpsi. pH optimum untuk adsorpsi $Cu(II)$ adalah 7 dengan waktu kontak 60 menit, dan kemampuan adsorpsi terbaik terhadap Cu^{2+} awal dicapai pada arang aktif yang diaktivasi dengan H_3PO_4 2M pada konsentrasi awal 250 ppm.

BIBLIOGRAFI

- Agustino, Agustino. (2020). *Sanksi Hukum Pabrik Yang Melakukan Pencemaran Lingkungan Dikalangan Masyarakat Dalam Analisis Hukum Pidana Islam Dan Undang-Undang Lingkungan (Studi Kasus Pabrik Dikecamatan Besitang Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara)*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Anita Imawati, Adhitiyawarman. (2015). Kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb (II) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi HCl dan H_3PO_4 . *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(2).
- Asip, Faisol, Sandra, Elvia, & Nurhasanah, Suzy. (2017). Pengaruh temperatur karbonisasi dan komposisi arang terhadap kualitas biobriket dari campuran cangkang biji karet dan kulit kacang tanah. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(1), 28–38.

- Azwarman, Azwarman. (2018). Kajian Teknis Bangunan Pelimpah Embung Pinang Merah Di Kabupaten Merangin Provinsi Jambi. *Jurnal Civronlit Unbari*, 3(2), 63–72. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v3i2.35>
- Erawati, Emi, & Fernando, Ardiansyah. (2018). Pengaruh jenis aktivator dan ukuran karbon aktif terhadap pembuatan adsorbent dari serbuk gergaji kayu sengon (*Paraserianthes Falcataria*). *Jurnal Integrasi Proses*, 7(2), 58–66.
- Gultom, Erika Mulyana, & Lubis, M. Turmuzi. (2014). Aplikasi karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan aktivator H₃PO₄ untuk penyerapan logam berat Cd dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(1), 5–10.
- Hendrawan, Yusuf, Sutan, Sandra Malin, & YR, Rizka Kreative. (2017). Pengaruh variasi suhu karbonisasi dan konsentrasi aktivator terhadap karakteristik karbon aktif dari ampas tebu (*Bagasse*) menggunakan activating agent NaCl. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(3), 200–207.
- Juliastuti, Sri Rachmania. (2015). Pengolahan limbah plastik kemasan multilayer LDPE (Low Density Poly Ethilene) dengan menggunakan metode Pirolisis Microwave. *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 11.
- Nurfritria, Nia, Febriyantiningrum, Kuntum, Utomo, Wahyu Prasetyo, Nugraheni, Zjahra Vianita, Pangastuti, Devita Dwining, Maulida, Hanifatul, & Ariyanti, Fitri Nur. (2019). Pengaruh konsentrasi aktivator kalium hidroksida (KOH) pada karbon aktif dan waktu kontak terhadap daya adsorpsi logam Pb dalam sampel air kawasan mangrove wonorejo, Surabaya. *Akta Kimia Indonesia*, 4(1), 75–85.
- Nurhayati, Chasri. (2018). Pengaruh temperatur karbonisasi, komposisi campuran arang kayu karet dan lumpur batubara terhadap kualitas biobriket. *Prosiding Seminar Nasional Peran Sektor Industri Dalam Percepatan Dan Pemulihan Ekonomi Nasional*, 1(1), 48–56.
- Pratama, Dian Septiani, & Rinawati, Rinawati. (2017). Modification of *Chaetoceros* sp. biomass with silica-magnetite coating and adsorption studies towards Cu (II) ions in single and binary system. *Asian Journal of Chemistry*, 29(12), 2734–2738.
- Sahara, E., Permatasaari, D. E., & Suarsa, I. W. (2019). Pembuatan dan karakterisasi arang aktif dari batang limbah tanaman gunitir dengan aktivator ZnCl₂. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 13(1).
- Sembiring, Rinawati, & Panggabean, Ruth Donda Eleonora. (2020). Pendidikan Kesehatan Tentang Deteksi Dini Kanker Cerviks Di Klinik Mariana. *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (KESEHATAN)*, 2(1), 1–5.
- Sitanggang, Trivania, Shofiyani, Anis, & Syahbanu, Intan. (2017). Karakterisasi Adsorpsi Pb (II) Pada Karbon Aktif Dari Sabut Pinang (*Areca Catechu L*) Teraktivasi H₂SO₄. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(4).
- Utami, Lisa, & Lazulva, Lazulva. (2017). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pinang (*Areca chatecu L.*) sebagai Biosorben untuk Mengolah Logam Berat Pb (II). *Al-Kimia*, 5(2), 109–118.

Copyright holder:

Maria Novia Luruk Atok, I Wayan Budiarsa Suyasa, James Sibaran (2024)

First publication right:

Syntax Admiration

This article is licensed under:

