



Arang Aktif Ampas Tebu Termodifikasi Kitosan sebagai Adsorben Tetrasiiklin: Pemanfaatan Metode Kolom

[Chitosan Modified Sugarcane Bagasse Activated Charcoal as Tetracycline Adsorbent: Utilization of the Column Method]

Gatut Ari Wardani^{1✉}, Adinda Nur Octavia¹, Mochamad Fathurohman¹, Taufik Hidayat¹, Estin Nofiyanti²

¹Program Studi S1 Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Bakti Tunas Husada

²Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya

Abstract. Currently, antibiotics are considered environmental pollutants because of their undesirable effects on human health and the environment, including the waste of antibiotics tetracycline hydrochloride. While on the other hand, bagasse is an agricultural waste that has no economic value. This study aims to study the characteristics of activated charcoal from bagasse and the use of bagasse as chitosan-modified activated charcoal using the column method to determine the variation of adsorbent height, flow rate, and acidity of the solution in the ability of the bagasse adsorbent to adsorb tetracycline hydrochloride. Bagasse goes through a carbonation process using a furnace at a temperature of 350°C until charcoal is formed. The next process is activation using 2 M phosphoric acids and compared based on SNI 06-3730-1995 regarding technically activated charcoal. Determination of functional groups using Fourier Transform Infra-Red, adsorbent morphology using Scanning Electron Microscope, and crystallinity using X-Ray Diffraction. The concentration of tetracycline hydrochloride before and after adsorption was measured using an Ultra Violet-Visible spectrophotometer. The best absorption results in the adsorption process were found at the adsorbent height of 14 cm (99%), the flow rate of 0.5mL/minute (92%), and pH 4 (93%).

Keywords: adsorption, antibiotics, adsorption ability, carbonation

Abstrak. Saat ini antibiotik dianggap sebagai polutan lingkungan karena efek yang tidak diinginkan untuk kesehatan manusia dan juga lingkungan, diantaranya adalah limbah antibiotik tetrasiklin hidroklorida. Sedangkan disisi lain, ampas tebu merupakan limbah pertanian yang tidak memiliki nilai ekonomis. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mempelajari karakteristik arang aktif dari ampas tebu dan penggunaan ampas tebu sebagai arang aktif termodifikasi kitosan dengan menggunakan metode kolom sehingga dapat mengetahui variasi tinggi adsorben, laju alir, dan keasaman larutan dalam kemampuan adsorben ampas tebu mengadsorpsi tetrasiklin hidroklorida. Ampas tebu melalui proses karbonasi menggunakan furnace pada suhu 350 °C sampai terbentuk arang. Proses selanjutnya, yaitu aktivasi menggunakan asam fosfat 2 M dan dibandingkan berdasarkan SNI 06-3730-1995 mengenai arang aktif teknis. Penentuan gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red*, morfologi adsorben menggunakan *Scanning Electron Microscope*, dan kristalinitas menggunakan *X-Ray Diffraction*. Konsentrasi tetrasiklin hidroklorida sebelum maupun sesudah adsorpsi diukur memakai spektrofotometer UV-Vis. Hasil penyerapan terbaik pada proses adsorpsi terdapat pada tinggi adsorben 14 cm (99%), laju alir 0,5mL/menit (92%), dan pH 4 (93%). Metode kolom dapat menjadi alternatif pilihan yang cocok untuk proses adsorpsi dengan hasil penyerapan lebih dari 93%.

Kata kunci: penyerapan, antibiotik, kemampuan penyerapan, karbonasi

Diterima: 24 Oktober 2022, Disetujui: 12 Desember 2022

Sitasi: Wardani, G.A., Octavia, A.N., Fathurohman, M., Hidayat, T., Nofiyanti, E. (2022). Arang Aktif Ampas Tebu Termodifikasi Kitosan sebagai Adsorben Tetrasiiklin: Pemanfaatan Metode Kolom. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8 (3): 280-291.

✉ Corresponding author
E-mail: gatutariwardani@universitas-bth.ac.id

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i3.16090>



LATAR BELAKANG

Antibiotik saat ini banyak digunakan dalam bidang industri, seperti pada industri obat-obatan, peternakan, pertanian, dan akuakultur yang digunakan untuk membunuh berbagai jenis patogen. Saat ini antibiotik dianggap sebagai polutan lingkungan dan telah menerima banyak perhatian di dunia karena efek kronis yang tidak diinginkan pada kesehatan manusia dan biota air. Antibiotik Tetrasiklin adalah salah satu kelompok antibiotik utama yang digunakan pada bidang kedokteran dan pertanian. Tetrasiklin merupakan antibiotik yang paling sering digunakan dan tersebar luas di lingkungan perairan. Namun bagi manusia dan hewan tetrasiklin sulit untuk dimetabolisme, dan sebagian tetrasiklin diekresikan dalam bentuk aslinya. Tetrasiklin telah terdeteksi secara luas di lingkungan perairan, tetrasiklin dapat memberikan efek berbahaya terhadap kesehatan manusia dan juga ekosistem, karena dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan spesies air serta dapat terakumulasi secara berlebihan pada rantai makanan sehingga dapat menyebabkan suatu penyakit sendi, nefropati, gangguan endokrin, dan cacat sistem saraf pusat (Fan et al., 2021).

Metode pemisahan yang sering dimanfaatkan dalam pengolahan air limbah yaitu adsorpsi karena kemudahannya dalam pengoperasian dan biaya rendah. Berbagai macam jenis adsorben telah digunakan sebagai penghilang antibiotik, salah satunya seperti arang aktif (Zhao et al., 2020). Arang aktif yang termasuk material berpori mempunyai kadar karbon antara 87% sampai 97%. Kandungan lain dalam arang aktif diantaranya hidrogen, oksigen, belerang, dan material lain. Arang aktif terbentuk dari arang

yang telah melewati proses aktivasi. Proses tersebut menyebabkan terjadinya pengembangan struktur pori pada arang. Jenis pengembangan struktur pori ini tergantung dari metode aktivasi yang diterapkan (Putri et al., 2019).

Pada pembuatan arang aktif digunakan limbah pertanian ampas tebu, karena mengandung lignoselulosa yang memungkinkan ampas tebu bisa dimanfaatkan sebagai bahan arang aktif. Aktivator yang lebih efektif digunakan pada material yang mengandung lignoselulosa seperti ampas tebu adalah aktivator yang mempunyai sifat asam (Sholikhah et al., 2021). Asam fosfat merupakan aktivator yang bersifat asam dan paling banyak digunakan dalam mengaktivasi arang, ditinjau dari luas permukaan maupun volume pori arang aktif lebih besar dibandingkan dengan kalium hidroksida. Hal ini disebabkan asam fosfat mampu memperbesar pori dari arang dibandingkan dengan kalium hidroksida, sehingga penyerapan adsorbat bisa lebih dimaksimalkan (Sholikhah et al., 2021).

Sistem adsorpsi dengan arang aktif sebagai adsorben dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *batch* dan kolom (Wardani et al., 2020). Proses adsorpsi menggunakan metode kolom mampu mendapatkan hasil optimal, karena larutan yang mengandung adsorbat selalu dikontakan dengan material adsorben. Pada proses ini, ukuran kolom yang digunakan dapat mempengaruhi waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben (Kristianingrum et al., 2020). Semakin besar masa adsorben maka efisiensi adsorpsi akan semakin tinggi, dengan bertambahnya masa adsorben akan meningkatkan panjang lintasan kolom akibatnya waktu kontak analit dengan

adsorben menjadi lebih lama, namun potensi analit teradsorpsi oleh adsorben akan meningkat (Sulistiyani et al., 2019).

Penggabungan antara arang aktif dengan kitosan memungkinkan dapat memperluas permukaan dan meningkatkan daya adsorpsi, karena kitosan memiliki karakteristik dan sifat kemampuannya cukup tinggi dalam mengikat ion logam serta dapat digunakan untuk penanganan limbah berulang (Tarigan et al., 2021). Penggunaan kitosan untuk modifikasi arang aktif dari ampas tebu yang dimanfaatkan sebagai adsorben belum ada yang mempelajarinya. Oleh karena itu, penelitian ini mempelajari penggunaan arang aktif ampas tebu yang dimodifikasi dengan kitosan sebagai adsorben tetrasiklin hidroklorida.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan penelitian yang dipakai antara lain ampas tebu, senyawa antibiotik tetrasiklin hidroklorida (Sigma-Aldrich), asam fosfat (Merck), kitosan, asam asetat (Merck), natrium tripolifosfat (Merck), aquadest, larutan iodine 0,1 N, dan larutan natrium tio-sulfat 0,1 N.

Peralatan dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu: peralatan gelas, *Fourier Transform Infra Red* (Diamond ATR, Agilent), *Scanning Electron Microscope* (Phenom Dekstop ProXL), Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu), dan *X-Ray Diffraction* (Bruker D2 Phaser).

Prosedur Penelitian

Karbonasi ampas tebu

Sampel ampas tebu yang diperoleh dari pedagang es tebu keliling dikeringkan dibawah sinar matahari \pm 5 hari, lalu dioven dengan suhu 100 °C hingga berat konstan. Ampas tebu yang sudah dioven, kemudian dikarbonasi

menggunakan *furnance* selama 30 menit pada temperatur 350 °C. Arang yang sudah dingin ditumbuk menggunakan mortir lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

Aktivasi arang ampas tebu

Arang ampas tebu sebanyak 2 gram direndam dalam asam fosfat 2 M selama 24 jam. Hasil perendaman dibersihkan dengan aquadest sampai diperoleh pH netral dan dikeringkan menggunakan oven ($T = 105$ °C, $t = 1$ jam). Arang lalu dibiarkan dingin dalam desikator (Sholikhah & Putri 2021).

Pengujian kualitas arang aktif

Analisis arang aktif mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis. Hal itu dilakukan dengan melakukan pengujian berupa kadar air, adsorpsi iodine, dan adsorpsi metilen biru. Selain itu, analisis morfologi arang juga dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), karakterisasi gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan struktur kristal arang aktif dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD).

Modifikasi arang aktif dengan penambahan kitosan

Sebanyak 1 gram kitosan dilarutkan dalam 200 mL asam asetat 2% dan diaduk selama 30 menit sampai mendapatkan campuran seperti gel yang seragam. Arang aktif ampas tebu ditambahkan ke dalam campuran gel kitosan dengan variasi 5, 10, dan 15 gram, kemudian diaduk perlahan selama sekitar 20 menit. Campuran ditambahkan natrium tripolifosfat yang telah dilarutkan dalam akuades, kemudian diaduk memakai pengaduk magnet sampai diperoleh campuran homogen. Setelah selesai, kemudian disaring dan dicuci hingga

pH netral menggunakan aquadest dan dioven pada suhu 60 °C. Karakterisasi dengan FTIR. Morfologi adsorben diperiksa menggunakan SEM (Sundararaman *et al.*, 2020). Struktur kristal dikarakterisasi menggunakan XRD.

Adsorpsi senyawa tetrasiklin hidroklorida dengan metode kolom

Glass wool dengan jumlah tertentu dimasukkan ke dalam kolom yang telah dirangkai menggunakan statif dan klem, masukan adsorben arang aktif ampas tebu termodifikasi kitosan. Larutan tetrasiklin hidroklorida dialirkan melalui kolom tersebut. Kran dibuka secara perlahan sehingga filtrat jatuh tetes demi tetes. Proses adsorpsi dilakukan dengan tiga variasi yaitu, variasi laju alir (0,5; 1; dan 2 mL/menit), variasi tinggi adsorben (7, 10, dan 14 cm) dan variasi keasaman larutan (pH 4, 7, dan 10). Hasil adsorpsi dianalisis menggunakan Spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 369 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Mutu Arang Aktif Ampas Tebu

Mutu arang aktif ampas tebu dilihat dari kadar air, kadar abu, dan daya serap iodin. Parameter-parameter tersebut dibandingkan dengan ketentuan yang ada dalam SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis (Tabel 1).

Tabel. 1 Hasil Karakterisasi arang aktif ampas tebu

No	Parameter	Hasil Penelitian	SNI 06-3730-1995
1	Kadar Air	1,86% ± 0,056	Maks 15%
2	Kadar Abu	0,34% ± 0,047	Maks 10%
3	Daya Serap Iodin	985 mg/g	Min 750 mg/g

Penentuan kadar air dilakukan untuk memastikan jumlah air yang terperangkap dalam rongga sehingga dapat menutupi pori-pori arang aktif ampas tebu. Kadar air dari arang aktif ampas tebu yang dihasilkan dalam penelitian ini sebesar 1,86% ± 0,056. Nilai tersebut masih memenuhi standar dalam SNI No. 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis (maksimal 15%). Kadar air yang rendah dalam suatu arang aktif memperlihatkan bahwa molekul air yang tertinggal dan menutupi pori arang aktif dalam jumlah sedikit. Kandungan air dalam arang aktif yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan kualitas arang aktif karena penyerapan adsorbat dapat berkurang. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan molekul-molekul lain yang masuk semakin besar (Kusdarini *et al.*, 2017).

Kadar abu dalam arang aktif perlu diketahui untuk melihat jumlah oksida logam yang terdapat dalam arang aktif ampas tebu yang didapatkan. Pada arang aktif ampas tebu yang sudah teraktivasi ini diperoleh kadar abu sebesar 0,34% ± 0,047. Nilai ini tentunya telah memenuhi standar yang tertuang dalam SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis (maksimal 10%). Kadar abu dari arang aktif yang rendah dikarenakan adanya reaksi antara aktivator dengan beberapa mineral yang ada pada material adsorben (Zulfadhli & Iriany, 2017). Asam fosfat sebagai aktivator dapat melarutkan pengotor-pengotor yang menutupi pori dalam material arang dengan optimal. Dengan demikian, homogenitas dari pori dapat ditingkatkan. Terbukanya situs-situs aktif yang diakibatkan oleh larutnya pengotor oleh aktivator dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi (Sahara *et al.*, 2017).

Kemampuan arang aktif untuk menyerap beberapa molekul yang mempunyai diameter

kecil dapat dilihat dari daya serap iodin. Angka iodin yang semakin besar menunjukkan kemampuan arang aktif dalam menyerap adsorbat juga besar (Putri et al., 2019). Daya serap iodin dari arang aktif ampas tebu yang diproduksi ini sebesar 985 mg/g. Hasil ini juga telah memenuhi standar yang tercantum dalam SNI No. 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis. Arang aktif teknis yang bagus menurut SNI tersebut mempunyai daya serap iodine paling kecil adalah 750 mg/g.

Hasil Modifikasi Arang Aktif dengan Kitosan

Modifikasi arang aktif dengan menggunakan kitosan dilakukan dengan melarutkan kitosan menggunakan asam asetat 2%. Penambahan asam asetat dapat meningkatkan fleksibilitas sehingga pori-pori kitosan dapat terbuka (Tyas et al., 2018). Penambahan kitosan dilakukan untuk membentuk komposit arang aktif ampas tebu termodifikasi kitosan sehingga sifat pori dapat dioptimalkan sehingga daya serap juga dapat ditingkatkan dan tahan pada suhu yang tinggi. Setelah penambahan arang aktif dalam kitosan kemudian ditambahkan natrium tripolifosfat untuk memaksimalkan peran gugus-gugus aktif yang terdapat dalam kitosan sehingga kemampuan kitosan dalam proses adsorpsi dapat ditingkatkan (Khabibi et al., 2021).

Ion tripolifosfat dari NaTPP berperan sebagai *crosslinker* yang dapat mengikat gugus-gugus amina yang ada pada kitosan yang menyebabkan terjadinya peningkatan gaya intermolekuler pada rantai polimer. Gugus hidroksil bebas pada kitosan membentuk ikatan hidrogen yang kuat antar molekul kitosan itu sendiri (Susanto, 2019). Dengan demikian, *crosslinker* kitosan dengan

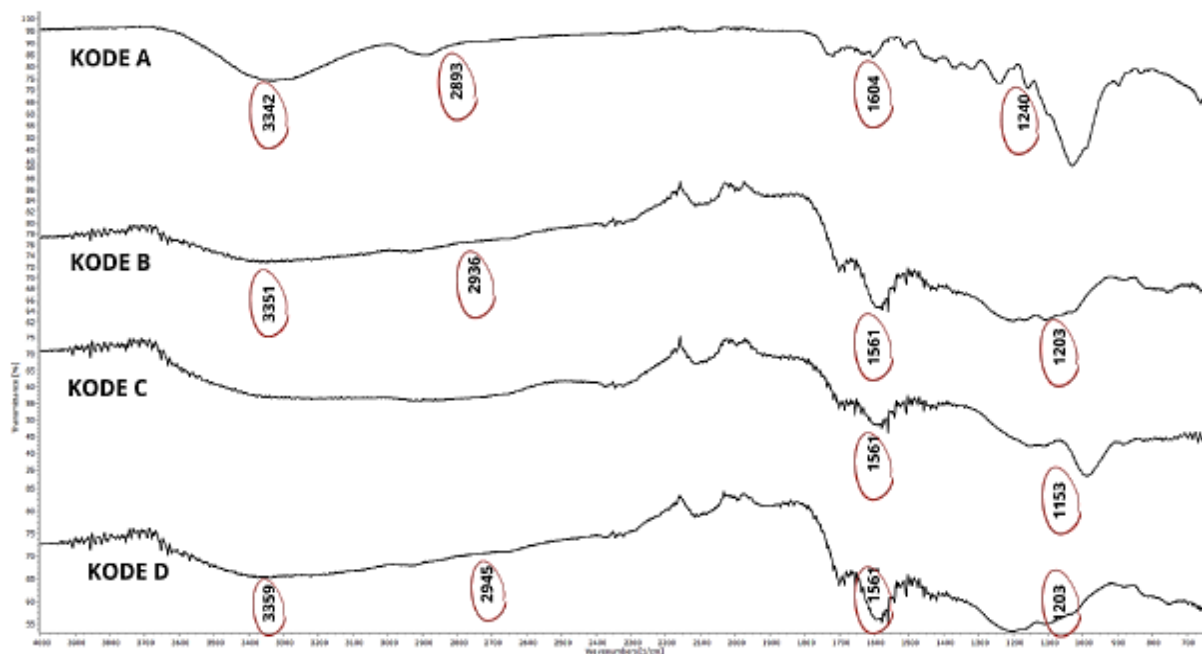
ion tripolifosfat dapat menambah kuat matriks kitosan dalam adsorben. Kombinasi arang aktif dengan kitosan dapat meningkatkan efisiensi penyerapan limbah dalam perairan (Nurhidayanti et al., 2021).

Karakterisasi gugus fungsi arang aktif menggunakan FTIR (Gambar 1). Karakterisasi ini dibandingkan dengan melihat gugus fungsi pada arang sebelum proses aktivasi dan gugus fungsi pada arang setelah proses aktivasi dengan asam fosfat. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada ampas tebu (Kode A) adanya pita serapan yang lebar di daerah 3342 cm^{-1} menandakan keberadaan vibrasi ulur dari gugus O-H (Kusumawardani et al., 2018). Sementara itu, pada kode B adanya pita serapan daerah 3351 cm^{-1} yaitu adanya gugus O-H terlihat bahwa setelah proses karbonasi daerah serapan pada gugus O-H meningkat. Adanya pergeseran bilangan gelombang gugus hidroksil yang merupakan gugus aktif adsorben dari serapan 3342 cm^{-1} menjadi 3351 cm^{-1} . Terjadinya pergeseran panjang gelombang tersebut menunjukkan energi yang meningkat dan ikatan yang semakin kuat (Wardani & Wulandari, 2017). Pada kode C sudah tidak ada lagi penyerapan pada gugus hidroksil dan gugus alkana, namun adanya serapan pada daerah 1561 cm^{-1} menandakan adanya gugus C=C alkena, diikuti adanya serapan pada daerah 1153 cm^{-1} untuk gugus C-O. Pada kode D, adanya serapan 3339 cm^{-1} menginformasikan tentang eksistensi gugus fungsi O-H. Serapan pada gugus O-H (3339 cm^{-1}) terlihat melebar. Pelebaran serapan tersebut dan terjadinya pergeseran bilangan gelombang diakibatkan oleh adanya tumpang tindih dengan gugus -NH dari amina pada

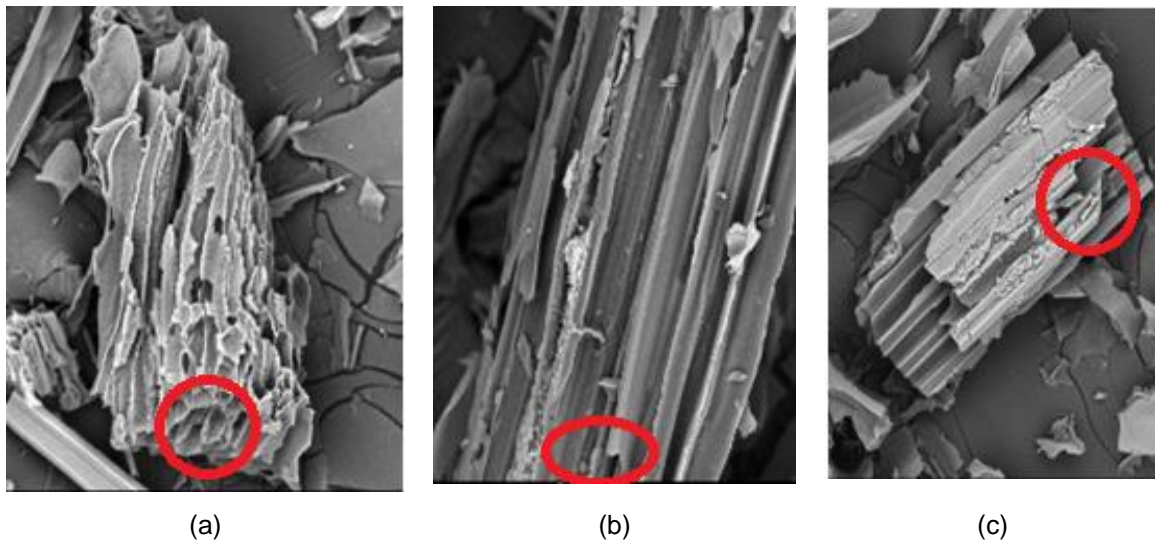
kitosan (Dompeipen, 2017). Pada daerah 2945 cm^{-1} adanya gugus C-H untuk alkana, daerah serapan 1564 cm^{-1} vibrasi gugus C=C alkana, dan serapan 1204 cm^{-1} untuk gugus C-O alkohol, ester, eter, asam karboksilat.

Pengujian karakteristik arang menggunakan SEM (Gambar 2) dilakukan untuk mempelajari morfologi permukaan arang aktif yang meliputi bentuk dan ukuran pori yang ada pada arang aktif. Berdasarkan hasil analisis SEM, arang murni ampas tebu dengan pembesaran 1000x (Gambar 2.a) terlihat arang ampas tebu sebelum aktivasi membentuk pori-pori berongga dipermukaan arang sebelum dan sesudah aktivasi. Pada Gambar 2.b, arang aktif memiliki pori-pori besar dan semakin terbuka, penggunaan aktivator sangat berpengaruh besar yaitu dapat memperbesar pori-pori dan rongga-rongga kecil, asam fosfat bisa menurunkan jumlah senyawa hidrokarbon yang masih

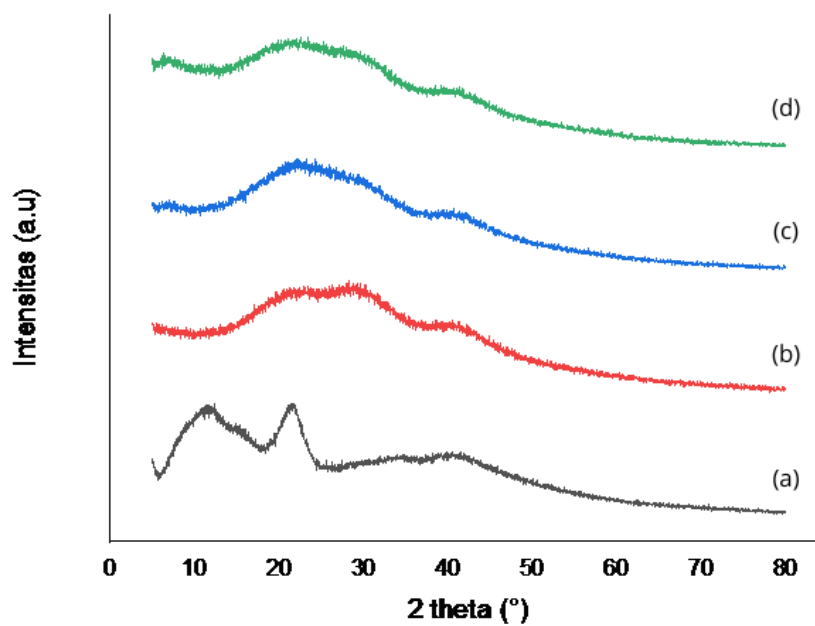
menutup permukaan arang (Cahyani et al., 2021). Rongga dan pori-pori terbentuk akibat panas selama proses karbonasi yang mengakibatkan terjadinya dekomposisi senyawa organik seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa, proses karbonasi menghasilkan banyak bahan yang mudah menguap membentuk banyak pori-pori (Wardani et al., 2021). Sementara itu, pada arang aktif ampas tebu termodifikasi kitosan (Gambar 2.c), terlihat dapat membentuk rongga. Kitosan dengan arang dapat mengoptimalkan sifat pori serta menambah daya tahan terhadap suhu tinggi. Hal ini karena modifikasi kitosan dengan karbon menggunakan natrium tripolifosfat dapat meningkatkan selektivitas dan kapasitas adsorpsi (Khabibi et al., 2021). Semakin luas permukaan adsorben, maka kemampuan adsorpsinya semakin besar (Pranoto et al., 2020).



Gambar 1. Spektrum inframerah (kode A) ampas tebu, (kode B) arang, (kode C) arang aktif, dan (kode D) arang termodifikasi.



Gambar 2. Hasil SEM dari arang murni ampas tebu pembesaran 1000x (a), arang aktif ampas tebu setelah aktivasi pembesaran 1000x (b), arang ampas tebu termodifikasi pembesaran 1000x (c)



Gambar 3. (a) Ampas Tebu, (b) Arang, (c) Arang aktivasi, (d) Arang Termodifikasi

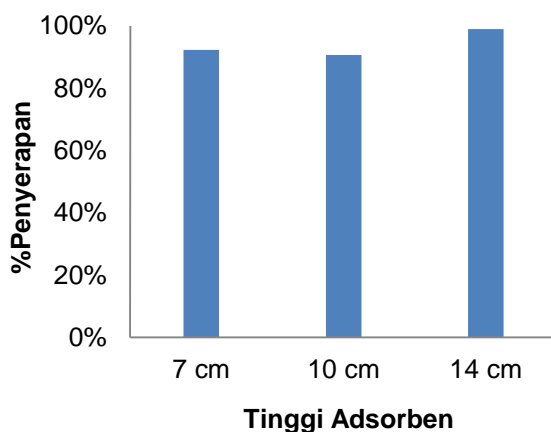
Penggunaan XRD dimaksudkan untuk mengetahui struktur kristal pada arang aktif (Gambar 3). Hasil difraktogram menunjukkan bahwa semua padatan arang aktif mempunyai puncak melebar di wilayah 20-30° yang menjadi karakteristik dari karbon atau arang serta terdapat puncak yang runcing. Hal ini memperlihatkan bahwa sampel arang aktif mempunyai struktur yang amorf dengan

permukaan yang beragam atau heterogen. Daerah yang terdapat puncak melebar itu terletak pada kisaran 19,75° sampai dengan 26,47° yang merupakan karakteristik dari karbon dan terlihat juga adanya puncak runcing pada daerah 7,48° sampai 26,47° yang muncul pada arang aktif setelah aktivasi. Pergeseran nilai 2θ menjadi lebih kecil setelah proses aktivasi, menandakan bahwa pori-pori

arang setelah proses aktivasi lebih luas dibandingkan dengan arang sebelum proses aktivasi (Shi *et al.*, 2019). Arang aktif yang membentuk sudut lebar dan puncak landai menandakan kalau sampel arang aktif mempunyai sifat yang amorf (Ariyani *et al.*, 2020). Puncak yang didapatkan melalui karakterisasi XRD dapat disebabkan karena proses aktivasi yang dilakukan mengakibatkan adanya pergeseran pelat heksagonal dari tingkat keteraturan yang tinggi menjadi tidak beraturan (Hutapea *et al.*, 2017).

Kemampuan Adsorben dalam Mengadsorpsi Senyawa Tetrasiklin Hidroklorida

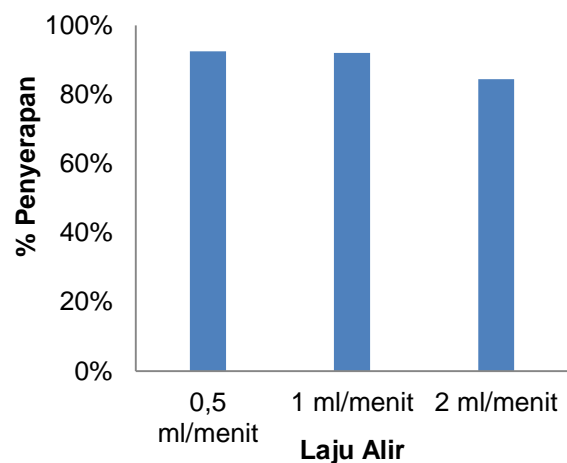
Kemampuan arang aktif ampas tebu yang termodifikasi kitosan dalam mengadsorpsi senyawa tetrasiklin hidroklorida diuji dengan tiga variasi, yaitu tinggi adsorben, laju alir, dan keasaman. Pengujian variasi tinggi adsorben dilakukan dalam rangka mempelajari keterkaitan antara tinggi adsorben dengan daya serap tetrasiklin hidrokloridan oleh arang aktif.



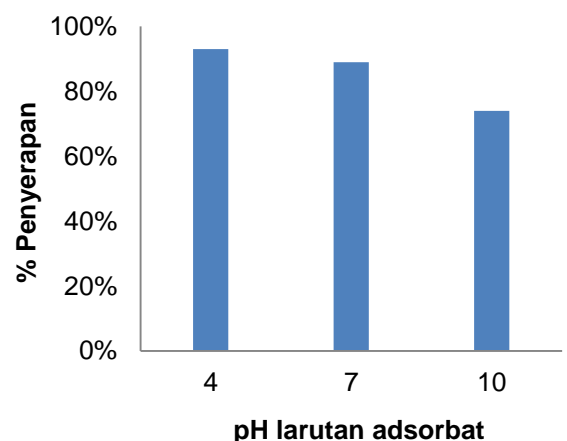
Gambar 4. Pengaruh tinggi adsorben terhadap persen penyerapan tetrasiklin hidroklorida oleh adsorben

Berdasarkan Gambar 4, diketahui bahwa arang aktif dengan tinggi 14 cm mempunyai

daya serap paling besar yaitu 99%. Ketinggian arang aktif berbanding lurus dengan volume dan jumlah partikelnya. Jumlah partikel pada arang tentunya akan dapat menambah jumlah pori-pori arang yang dapat menyerap tertrasiklin hidroklorida sebagai adsorbatnya. Tinggi adsorben menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi adsorpsi karena berkaitan dengan jumlah adsorben dan pori-porinya. Semakin banyak jumlah adsorben, tentunya akan memperbesar potensi terjadinya kontak antara adsorbat dengan permukaan adsorben (Nurhaeni *et al.*, 2017).



Gambar 5. Pengaruh laju alir terhadap persen penyerapan tetrasiklin hidroklorida oleh adsorben



Gambar 6. Pengaruh keasaman larutan adsorbat terhadap persen penyerapan tetrasiklin hidroklorida oleh adsorben

Pengujian laju alir bertujuan untuk mengetahui laju alir yang optimal dalam proses adsorpsi tetrasiklin hidroklorida oleh arang aktif ampas tebu termodifikasi kitosan. Laju alir yang dipakai antara lain 0,5; 1; dan 2 mL/menit (Gambar 5). Laju alir 0,5 mL/menit mempunyai daya serap tertinggi dibandingkan dengan laju alir yang lain. Semakin rendah laju alir yang melewati adsorben dalam kolom, maka semakin banyak jumlah tetrasiklin hidroklorida yang dapat diadsorpsi oleh adsorben. Berdasarkan penelitian Siswani *et al.* (2019) analisis efisiensi adsorpsi ion Fe^{3+} pada laju alir cepat 0,2 mL/menit menghasilkan efisiensi adsorpsi sebesar 96,92%, sedangkan pada laju alir lambat 0,15 mL/menit menghasilkan efisiensi adsorpsi sebesar 99,39%. Berdasarkan data tersebut dapat dinyatakan, semakin kecil laju alir yang keluar dari kolom, semakin besar efisiensi adsorpsi yang didapatkan. Fenomena ini dikarenakan semakin lambat laju alir larutan, waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben semakin lama, sehingga semakin banyak peluang adsorbat terjebak di dalam rongga adsorben.

Keasaman larutan adsorbat dapat mempengaruhi jumlah penyerapan oleh adsorben. Oleh karena itu, proses adsorpsi dilakukan pada tiga keadaan pH yang berbeda, yaitu 4, 7, dan 10 (Gambar 6). Berdasarkan Gambar 6, adsorpsi yang baik dengan tingkat keasaman yang lebih tinggi yaitu pada pH 4 dengan jumlah penyerapan sebesar 93%. Pada pH asam akan terjadi pengionan dan penyerapan yang terjadi apabila senyawa antibiotik menjadi suatu ion yang dapat berikatan dengan gugus aktif pada adsorben (Jung *et al.*, 2020). Pada pH 4 (asam), gugus-gugus yang terdapat dalam adsorben memiliki muatan negatif yaitu OH^- sehingga antibiotik tetrasiklin hidroklorida dapat teradsorpsi lebih banyak. Pada pH 7 dan pH 10 konsentrasi menurun, hal ini terjadi karena konsentrasi adsorben dengan antibiotik tetrasiklin hidroklorida terjadi kesetimbangan adsorben pada kondisi pH yang mulai mengendap, jika pH meningkat dapat menyebabkan tolakan elektrostatis antara sampel negatif tetrasiklin (TCH^-). Beberapa kemampuan adsorben dalam mengikat senyawa tetrasiklin dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kemampuan beberapa adsorben dalam menyerap senyawa tetrasiklin

No	Adsorben	Metode	Kondisi	Kemampuan adsorpsi	Sumber
1	Cangkang pistachio terlapis ZnO	batch	pH = 4, pengadukan = 150 rpm, T = 25 °C	95,06 mg/g	(Mohammed & Kareem, 2019)
2	Cu-Immobilized alginate	batch	pH = 3, T = 318,5 K	53,26 mg/g	(Zhang <i>et al.</i> , 2019)
3	Oksida graphen magnetik	batch	pH = 3,3	141,4427 mg/g	(Miao <i>et al.</i> , 2019)
4	Modified alginate beads	batch	pH = 5, T = 30 °C	356,57 mg/g	(Luo <i>et al.</i> , 2021)

KESIMPULAN

Arang aktif ampas tebu termodifikasi kitosan dengan menggunakan metode kolom memiliki daya adsorpsi terhadap pengujian laju alir dengan hasil terbaik 0,5 mL/menit dengan persentase penyerapan 92,5%. Pengujian tinggi adsorben dengan hasil terbaik 14 cm dengan persen penyerapan 99%. Pengujian keasaman larutan hasil terbaik pada pH 4 dengan persentase penyerapan 93%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, R., Wirawan, T., & Hindryawati, N. (2020). Pembuatan arang aktif dari ampas tebu dan aplikasinya sebagai adsorben zat warna merah dari limbah pencelupan benang tenun sarung samarinda. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Berwawasan Lingkungan*, 86–94. <http://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/prosiding/article/view/995>
- Cahyani, Febri, F. D. A., Apriani, M., & Nindyapuspa, A. (2021). Karakterisasi karbon aktif dari ampas tebu menggunakan H_3PO_4 . *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 150–154.
- Dompeipen, E. J. (2017). Isolasi dan identifikasi kitin dan kitosan dari kulit udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan spektroskopi inframerah. *Majalah Biam*, 13(1), 31–41.
- Fan, B., Tan, Y., Wang, J., Zhang, B., Peng, Y., Yuan, C., Guan, C., Gao, X., & Cui, S. (2021). Application of magnetic composites in removal of tetracycline through adsorption and advanced oxidation processes (AOPs): A review. *Processes*, 9(1644), 1–24. <https://doi.org/10.3390/pr9091644>
- Hutapea, E. M., Iwantono, Farma, R., Saktioto, & Awitdrus. (2017). Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari bambu betung (*Dendrocalamus asper*) dengan aktivasi KOH berbantuan gelombang mikro. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*, 14(02), 1061–1066.
- Jung, K. W., Kim, J. H., & Choi, J. W. (2020). Synthesis of magnetic porous carbon composite derived from metal-organic framework using recovered terephthalic acid from polyethylene terephthalate (PET) waste bottles as organic ligand and its potential as adsorbent for antibiotic tetracycline hydrochloride. *Composites Part B: Engineering*, 187(February), 107867. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.107867>
- Khabibi, Suprihatin, & Hastuti, R. (2021). Modifikasi kitosan melalui taut silang dengan natrium tripolifosfat sebagai adsorben ion Mn(II). *Media Bina Ilmiah*, 15(8), 5001–5008.
- Kristianingrum, S., Sulistyani, Fillaeli, A., Dwi Siswani, E., & Nafiisah, N. H. (2020). Aplikasi sistem kontinu menggunakan karbon aktif untuk penurunan kadar logam Cu dan Zn dalam air limbah. *Jurnal Sains Dasar*, 9(2), 54–59. <https://doi.org/10.21831/jds.v9i2.38965>
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi karbon aktif dari batubara bituminus dengan aktivasi tunggal H_3PO_4 , kombinasi H_3PO_4 - NH_4HCO_3 , dan termal. *Reaktor*, 17(2), 74–80. <https://doi.org/10.14710/reaktor.17.2.74-80>
- Kusumawardani, R., Zaharah, T. A., & Destiarti, L. (2018). Adsorpsi kadmium(II) menggunakan adsorben selulosa ampas tebu teraktivasi asam nitrat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3), 75–83.
- Luo, H., Liu, Y., Lu, H., Fang, Q., & Rong, H. (2021). Efficient Adsorption of Tetracycline from Aqueous Solutions by Modified Alginate Beads after the Removal of Cu(II) Ions. *ACS Omega*, 6(9), 6240–6251. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05807>
- Miao, J., Wang, F., Chen, Y., Zhu, Y., Zhou, Y., & Zhang, S. (2019). The adsorption performance of tetracyclines on magnetic graphene oxide: A novel antibiotics absorbent. *Applied Surface Science*, 475(January), 549–558. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.01.036>
- Mohammed, A. A., & Kareem, S. L. (2019). Adsorption of tetracycline from wastewater by using Pistachio shell coated with ZnO nanoparticles: Equilibrium, kinetic and isotherm studies. *Alexandria Engineering Journal*, 58(3), 917–928. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.08.006>
- Nurhaeni, Musafira, & Rahmatullah, A. (2017). Adsorpsi ion Pb^{2+} menggunakan arang

- aktif kulit durian dengan metode kolom adsorpsi. *Kovalen*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.22487/j24775398.2017.v3.i1.8227>
- Nurhidayanti, N., Ilyas, N. I., & Suwazan, D. (2021). Efektivitas kombinasi kitosan dan ampas kopi sebagai adsorben alami dalam menurunkan konsentrasi arsen pada limbah cair PT PXI. *Jurnal Tekno Insektif*, 15(2), 76–87. <https://doi.org/10.36787/jti.v15i2.584>
- Pranoto, P., Martini, T., & Maharditya, W. (2020). Uji efektivitas dan karakterisasi komposit tanah andisol/arang tempurung kelapa untuk adsorpsi logam berat besi (Fe). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1), 50–66. <https://doi.org/10.20961/alchemy.16.1.33286.50-66>
- Putri, R. W., Haryati, S., & Rahmatullah. (2019). Pengaruh suhu karbonisasi terhadap kualitas karbon aktif dari limbah ampas tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(1), 1–4. <https://doi.org/10.36706/jtk.v25i1.13>
- Sahara, E., Putu, N. W. K., & Sibarani, J. (2017). Pemanfaatan arang aktif dari limbah tanaman gumitir (*Tagetes erecta*) teraktivasi asam fosfat sebagai adsorben ion Pb^{2+} dan Cu^{2+} dalam larutan. *Cakra Kimia*, 5(2), 67–74.
- Shi, Y., Liu, G., Wang, L., & Zhang, H. (2019). Activated carbons derived from hydrothermal impregnation of sucrose with phosphoric acid: Remarkable adsorbents for sulfamethoxazole removal. *RSC Advances*, 9(31), 17841–17851. <https://doi.org/10.1039/c9ra02610j>
- Sholikhah, H. I., Putri, H. R., & Inayati, I. (2021). Pengaruh konsentrasi aktivator asam fosfat (H_3PO_4) pada pembuatan karbon aktif dari sabut kelapa terhadap adsorpsi logam kromium. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 5(1), 45. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v5i1.53572>
- Sulistiyani, Dwi Siswani, E., Kristianingrum, S., Fillaeli, A., & Saputri, I. (2019). Uji efektivitas arang aktif daun pandan laut yang diaktivasi dengan natrium hidroksida untuk adsorpsi ion Fe^{3+} secara sistem kolom. *Jurnal Sains Dasar*, 8(1), 25–29. <https://doi.org/10.21831/jds.v8i1.38752>
- Sundararaman, S., Deivasigamani, P., Gopakumaran, N., Kumar, J. A., Balasubramaniam, J. S., & Kumar, N. M. (2020). Amalgamation and application of nano chitosan cross-linked with fish scales based activated carbon as an adsorbent for the removal of reactive dye (RB9). *IET Nanobiotechnology*, 14(4), 289–299. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2019.0302>
- Susanto, M. P. U. (2019). Pengaruh taut silang natrium tripolifosfat dengan kitosan terhadap sifat fisis kitosan edible film sebagai drug delivery system. *Sainteks: Jurnal Sains Dan Teknik*, 1(2), 99–103. <https://doi.org/10.37577/sainteks.v1i2.131>
- Tarigan, I. L., Rahmadani, Susanti, D., Iqbal, M., & Silaban, R. (2021). Pemanfaatan kitosan cangkang bekicot sebagai adsorben logam tembaga (Cu). *Jurnal Khazanah Intelektual*, 5(2), 1128–1141. <https://doi.org/10.37250/newkiki.v5i2.108>
- Tyas, A. H., Zaharah, T. A., & Shofiyani, A. (2018). Penentuan kemampuan penggunaan ulang komposit kitosan-karbon pada proses adsorpsi $Ce(VI)$. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(2), 61–68.
- Wardani, G. A., Nuramalia, L., Wulandari, W. T., & Nofiyanti, E. (2020). Utilization of jengkol peel (*Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain) as lead (II) ions bio-sorbent with column method. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 23(5), 160–166. <https://doi.org/10.14710/jksa.23.5.160-166>
- Wardani, G. A., Qudsi, E. M., Pratita, A. T. K., Idacahyati, K., & Nofiyanti, E. (2021). Utilization of activated charcoal from sawdust as an antibiotic adsorbent of tetracycline hydrochloride. *Science and Technology Indonesia*, 6(3), 181–188. <https://doi.org/10.26554/sti.2021.6.3.181-188>
- Wardani, G. A., & Wulandari, W. T. (2017). Pengaruh waktu kontak terhadap daya adsorpsi kulit jengkol (*Pithecellobium jiringa*) pada ion timbal(II). *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY, Oktober*, 319–324.
- Zhang, X., Lin, X., He, Y., Chen, Y., Luo, X., & Shang, R. (2019). Study on adsorption of tetracycline by Cu-immobilized alginate adsorbent from water environment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 418–428. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.218>
- Zhao, R., Ma, T., Zhao, S., Rong, H., Tian, Y., & Zhu, G. (2020). Uniform and stable

immobilization of metal-organic frameworks into chitosan matrix for enhanced tetracycline removal from water. *Chemical Engineering Journal*, 382, 122893.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122893>

Zulfadhli, M., & Iriany. (2017). Pembuatan karbon aktif dari cangkang buah karet (*Hevea brasiliensis*) dengan aktovator H_3PO_4 dan aplikasinya sebagai penjerap Cr(VI). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(1), 43–48.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v6i1.1564>