

Efektivitas Karbon Aktif Buah Bintaro dan Kulit Buah Nangka dalam Menurunkan Parameter Fe, Mn dan Cu

Achmad Afandi Oktavianto, Aussie Amalia*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: aussieamalia.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 10 November 2024

Disetujui: 18 November 2024

Abstract

Due to its high cellulose content, Bintaro fruit and jackfruit peel can be used as activated carbon. The purpose of this study was to determine the activator and optimum contact time and determine the appropriate adsorption isotherm on activated carbon of Bintaro fruit and jackfruit peel in reducing Fe, Mn and Cu parameters. In this study, the sample water used well water in Surabaya City. The variations used in this study are activator variations and contact time. The activators used are HCl and H₂SO₄ for the contact time used are 30, 60, 90 and 120 minutes. From the results of the study, the optimum activator was HCl with a contact time of 120 minutes with the highest percentage removal of Fe content of 88.8% by jackfruit peel activated carbon. For Mn reduction, the optimum activator is H₂SO₄ with a contact time of 120 minutes on jackfruit peel activated carbon with the highest percentage removal of 89.2%. For Cu reduction, the most optimal activator is HCl with a contact time of 120 minutes on jackfruit peel activated carbon with the highest percentage removal of 90.9%. The type of adsorption isotherm in the reduction of Fe, Mn and Cu levels in this study as a whole follows the Freundlich isotherm equation.

Keywords: *adsorption; activated carbon; activator; contact time; adsorption isotherm*

Abstrak

Kandungan selulosa yang tinggi membuat buah Bintaro dan kulit buah nangka dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivator dan waktu kontak optimum serta menentukan isotherm adsorpsi yang sesuai pada karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka dalam menurunkan parameter Fe, Mn, dan Cu. Pada penelitian ini, air sampel menggunakan air sumur di Kota Surabaya. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi aktivator dan waktu kontak. Aktivator yang dipakai adalah HCl dan H₂SO₄ untuk waktu kontak yang dipakai adalah 30, 60, 90, dan 120 menit. Dari hasil penelitian diperoleh aktivator optimum adalah HCl dengan waktu kontak 120 menit dengan persen removal kadar Fe paling tinggi 88,8% oleh karbon aktif kulit buah Nangka. Untuk penurunan kadar Mn, aktivator yang paling optimum adalah H₂SO₄ dengan waktu kontak 120 menit pada karbon aktif kulit buah nangka dengan persen removal paling tinggi 89,2%. Untuk penurunan kadar Cu, aktivator paling optimum adalah HCl dengan waktu kontak 120 menit pada karbon aktif kulit buah nangka dengan persen removal paling tinggi sebesar 90,9%. Jenis isotherm adsorpsi pada penurunan kadar Fe, Mn, dan Cu pada penelitian ini secara keseluruhan mengikuti persamaan isotherm Freundlich.

Kata Kunci: *adsorpsi; karbon aktif; aktivator; waktu kontak; isotherm adsorpsi*

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang tersebar luas diseluruh wilayah. Banyaknya jenis tanaman yang tumbuh sehingga seringkali kurang dalam pemanfaatannya. Salah satu tanaman yang banyak dijumpai adalah pohon buah Bintaro (*cerbera manghas*) dan buah nangka. Tanaman Bintaro adalah salah satu jenis tanaman yang dapat tumbuh ditempat yang minim nutrisi dan hampir tersebar luas diseluruh wilayah Indonesia [1]. Sejauh ini pemanfaatan dari tanaman Bintaro hanya sebagai tanaman peneduh, buah Bintaro juga terbuang berserakan di sepanjang jalan. Sedangkan, pemanfaatan buah nangka sejauh ini hanya sebagai bahan konsumsi, sedangkan kulitnya masih belum banyak dimanfaatkan dan dibiarkan menjadi limbah yang menumpuk.

Buah Bintaro dan kulit buah nangka memiliki berbagai potensi yang dapat dimanfaatkan. Daging buah Bintaro memiliki serat seperti serabut kelapa yang mengandung serat lignoselulosa 38%, hemiselulosa 41,8%, dan lignin 58,5% [2]. Pada penelitian lain kandungan selulosa pada buah Bintaro sebesar 36,945% [1]. Sedangkan untuk kulit buah nangka memiliki kandungan selulosa sebesar 38-39% [3]. Kandungan selulosa yang tinggi membuat buah Bintaro dan kulit buah nangka memiliki potensi dimanfaatkan sebagai

bahan pembuatan adsorben. Adsorben digunakan pada proses adsorpsi untuk mengikat zat pencemar sehingga konsentrasinya dapat diturunkan.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi pada proses adsorpsi yang meliputi luas permukaan adsorben, waktu kontak, jenis adsorben, pH, ukuran molekul adsorbat, konsentrasi adsorbat, dan jenis adsorbat [4]. Metode adsorpsi mempunyai beberapa kelebihan diantaranya adalah prosesnya yang cukup sederhana, efisiensi dan efektifitas yang tinggi serta minim memberikan efek samping [5].

Adsorpsi dapat dilakukan dengan dua metode yakni metode batch dan kontinyu. Adsorpsi dalam sistem batch dilakukan dengan mencampurkan adsorben dan adsorbat dengan jumlah yang tetap. Sistem batch ini paling umum digunakan dikarenakan kelebihanannya yang dapat diaplikasikan dalam skala kecil dan relatif sederhana. Namun untuk adsorpsi kontinyu digunakan sistem kolom dengan prinsip filtrasi. Adsorpsi terjadi melalui kontak antara adsorben dan larutan. Pengamatan ini dilakukan pada saat adsorben dalam keadaan jenuh [6].

Hubungan yang dijelaskan oleh proses adsorpsi antara zat yang diadsorpsi oleh suatu adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada kesetimbangan dan suhu konstan disebut isoterm adsorpsi. Ada berbagai jenis isoterm adsorpsi, seperti isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich [7]. Pada isoterm Langmuir adsorbat terbatas pada satu lapisan molekul sebelum tekanan tercapai. Isoterm ini menggambarkan proses adsorpsi kimia, terjadi ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat [8]. Untuk isoterm Freundlich mempelajari hubungan yang menjelaskan adsorpsi reversibel terbatas dan pembentukan multilayer pada nonideal. Isoterm ini biasanya berhubungan dengan sistem heterogen seperti senyawa organik, saringan molekuler yang terdapat dalam karbon aktif [8].

Adsorben jenis karbon aktif dari buah Bintaro dan kulit buah nangka memiliki potensi untuk dapat menurunkan kadar pencemar pada air sumur yang ada di daerah pesisir timur Kota Surabaya. Air sumur banyak dimanfaatkan sebagian besar masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Namun, banyak air sumur yang mengandung zat-zat pencemar yang tidak baik apabila terus-menerus masuk ke dalam tubuh manusia seperti kandungan logam berat Fe, Mn, dan Cu. Banyaknya logam terlarut pada air sumur karena perairan di sekitar pesisir timur Kota Surabaya telah tercemar oleh berbagai macam limbah seperti, aktivitas pelayaran, limbah industri, limbah domestik, serta limbah tambak [9]. Pada air sumur atau air tanah kadar besi (Fe) dapat lebih tinggi dibandingkan dengan air permukaan, sedangkan kadar mangan (Mn) merupakan kation logam yang memiliki karakteristik kimia yang hampir sama dengan besi dan pada air sumur memiliki kandungan yang lebih tinggi dari air permukaan [5]. Kadar tembaga (Cu) dapat terakumulasi pada air sumur jika pada sekitar wilayah tersebut sudah tercemar oleh limbah-limbah industri.

Pada penelitian-penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan buah Bintaro dan kulit buah nangka menjadi karbon aktif untuk mengolah air sumur masih belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan buah Bintaro dan kulit buah nangka untuk diuji efektivitasnya dalam menyisihkan parameter Fe, Mn, dan Cu pada air sumur.

2. Metode Penelitian

Tahap pertama adalah pembuatan karbon aktif dari buah Bintaro dan kulit buah nangka, berikut merupakan langkah-langkahnya:

1. Menyiapkan buah Bintaro dan kulit buah nangka
2. Buah Bintaro dan kulit buah nangka dijemur selama 4 hari sampai kering
3. Buah Bintaro dan kulit buah nangka kemudian dikeringkan menggunakan *furnace* pada temperatur 500°C selama 1 jam
4. Dinginkan buah Bintaro dan kulit buah nangka menggunakan desikator selama 15 menit
5. Oven kembali untuk menyempurnakan proses karbonisasi
6. Dinginkan kembali lalu gerus dan ayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh.



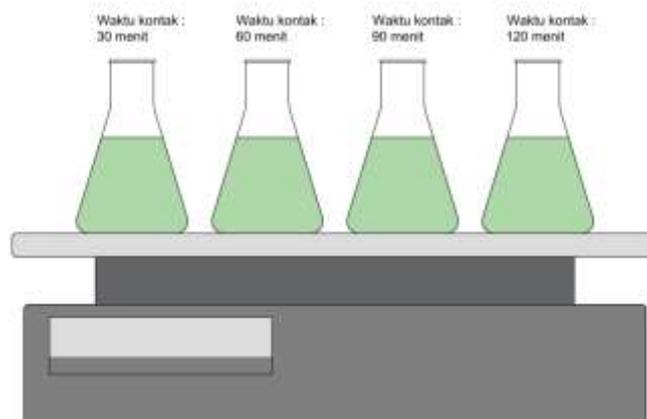
Gambar 1. Hasil pembuatan karbon aktif

Tahap kedua adalah proses aktivasi karbon aktif, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Masukkan ke dalam erlenmeyer karbon aktif dengan larutan aktivator HCl dan H₂SO₄ sebanyak 30 mL
2. Aduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 4 jam
3. Diamkan hasil *shaker* selama 24 jam
4. Saring karbon aktif kemudian cuci dengan aquadest sampai pH netral
5. Masukkan ke dalam oven selama 2 jam pada suhu 105°C agar karbon aktif kering

Tahap ketiga adalah proses adsorpsi sampel dengan karbon aktif, untuk langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Masukkan 0,25 gram karbon aktif ke dalam Erlenmeyer 500 mL kemudian ditambahkan dengan air sampel sebanyak 250 mL, kemudian beri label pada tiap sampelnya
2. Adsorpsi dilakukan menggunakan metode batch dengan menggunakan *shaker*
3. Mengatur nilai rpm *shaker* dengan kecepatan 120 rpm dan waktu kontak selama 30, 60, 90, dan 120 menit
4. Setelah selesai, air kemudian diendapkan lalu disaring menggunakan kertas saring
5. Air hasil proses adsorpsi dimasukkan ke dalam botol kemudian diberi kode sampel



Gambar 2. Alat Penelitian Menggunakan *Shacker*

Tahap keempat adalah analisis data, untuk langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Analisis parameter Fe menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) berdasarkan SNI 6989.4:2009
2. Analisis parameter Mn menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) berdasarkan SNI 06-6989.4:2009

- Analisis parameter Cu menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) berdasarkan SNI 06-6989.4:2009
- Analisis pH dilakukan menggunakan SNI 06-6989.11-2004 mengenai cara uji pH dengan menggunakan alat pH meter

Dari data hasil pengujian pada proses penelitian, jumlah persen penurunan dari parameter Fe, Mn, dan Cu dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{kadar awal} - \text{kadar akhir}}{\text{kadar awal}} \times 100\%$$

Data yang diperoleh dari hasil pengujian lebih lanjut untuk mengetahui metode adsorpsi isotherm yang sesuai untuk menentukan kapasitas maksimum adsorpsi karbon aktif dari buah Bintaro dan kulit buah nangka dengan menggunakan beberapa jenis persamaan isotherm adalah sebagai berikut :

Isotherm Freundlich, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log} \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log Ce$$

Pada uji karakteristik karbon aktif dari buah Bintaro dan kulit buah nangka menggunakan rumus sebagai berikut :

- Uji Kadar Air
Kadar air (%) = $\frac{a-b}{a} \times 100\%$
- Uji Kadar Abu
Kadar Abu (%) = $\frac{b}{a} \times 100\%$

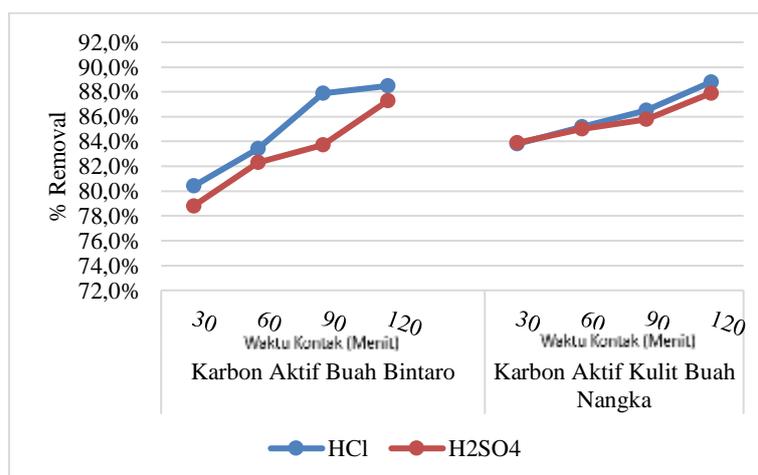
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak Optimum

Aktivator dan waktu kontak adalah salah satu dari beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Pada penelitian ini aktivator yang digunakan adalah HCl dan H₂SO₄. Sedangkan waktu kontak pada penelitian ini adalah 30, 60, 90, dan 120 menit.

3.1.1 Analisis Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak Optimum Pada Penurunan Kadar Fe

Berikut ini merupakan grafik penurunan kadar Fe dari karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka:



Gambar 3. Efektivitas Penurunan Fe dengan Karbon Aktif Buah Bintaro dan Kulit Buah Nangka
Sumber: Hasil Penelitian, 2024

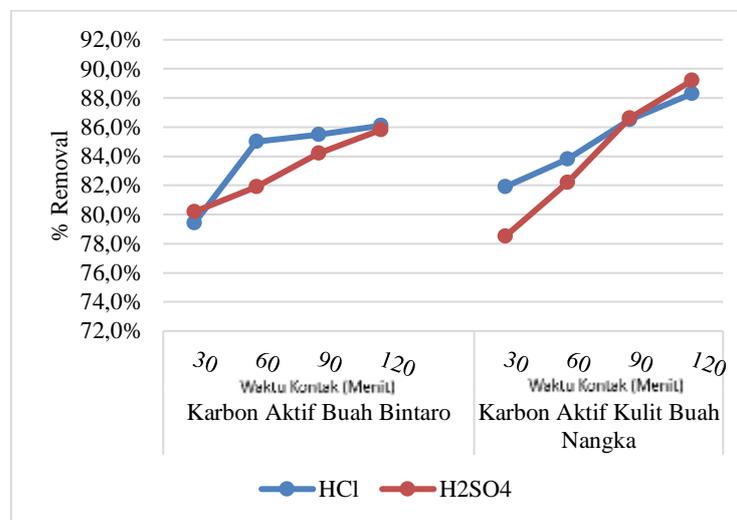
Berdasarkan **Gambar 3**, persen removal kadar Fe oleh karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka pada setiap variasi aktivator mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu kontak. Pada setiap variasi aktivator juga terjadi peningkatan yang bervariasi, namun secara keseluruhan variasi terbaik adalah dari karbon aktif kulit buah nangka menggunakan variasi aktivator HCl dan waktu kontak 120 menit

dengan persen removal Fe sebesar 88,8%. Salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi adalah jenis aktivator, pada penurunan kadar Fe dengan karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka aktivator paling efektif adalah HCl, hal ini dikarenakan aktivator HCl dapat melarutkan pengotor sehingga dapat lebih banyak membentuk pori-pori dan dapat memaksimalkan penyerapan adsorbat [10]. Faktor lain yang mempengaruhi adalah waktu kontak. Jumlah kadar Fe yang terserap karbon aktif semakin meningkat seiring dengan bertambah waktu kontakannya. Pada proses adsorpsi, penyerapan terhenti apabila sudah mencapai titik jenuh [11].

Selain itu jenis karbon aktif juga berpengaruh, pada hasil penelitian penurunan kadar Fe oleh karbon aktif kulit buah nangka lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif dari buah Bintaro. Hal ini dikarenakan kulit buah nangka memiliki kandungan selulosa yang lebih besar daripada buah Bintaro. Selulosa sendiri sangat berperan dalam pembentukan struktur karbon dalam arang, hal itu disebabkan selulosa merupakan polimer linier di mana monomernya (glukosa) saling berikatan satu sama lain [12].

3.1.2 Analisis Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak Optimum Pada Penurunan Kadar Mn

Berikut ini merupakan grafik penurunan kadar Mn dari karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka:



Gambar 4. Efektivitas Penurunan Mn dengan Karbon Aktif Buah Bintaro dan Kulit Buah Nangka
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024

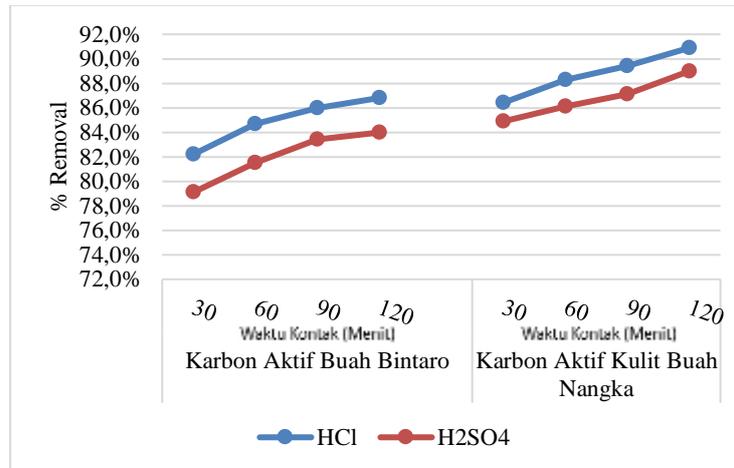
Berdasarkan pada **Gambar 4**, persen removal kadar Mn oleh karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka pada setiap variasi aktivator mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu kontak. Pada setiap variasi aktivator juga terjadi peningkatan yang bervariasi, namun secara keseluruhan variasi terbaik adalah dari karbon aktif kulit buah nangka menggunakan variasi aktivator H₂SO₄ dan waktu kontak 120 menit dengan persen removal Mn sebesar 89,2%.

Faktor penting dalam proses adsorpsi antara lain adalah jenis aktivator. Pada penurunan kadar Mn dengan karbon aktif buah Bintaro aktivator paling efektif adalah HCl, sedangkan pada karbon aktif kulit buah nangka aktivator paling efektif adalah H₂SO₄. Aktivasi dengan HCl bisa efektif pada karbon aktif buah Bintaro dikarenakan HCl dapat melarutkan pengotor sehingga dapat lebih banyak membentuk pori-pori dan dapat memaksimalkan penyerapan adsorbat [13]. Untuk aktivasi dengan H₂SO₄ pada karbon aktif kulit buah nangka dapat efektif, karena H₂SO₄ memiliki fungsi sebagai agen dehidrasi yang kuat, dapat menghilangkan kandungan air yang terdapat pada karbon aktif sehingga dapat membantu membuka dan memperluas permukaan pori-pori pada karbon aktif [17].

Faktor lain yang mempengaruhi adalah waktu kontak. Jumlah kadar Mn yang terserap karbon aktif semakin meningkat seiring dengan bertambah waktu kontakannya. Pada proses adsorpsi, penyerapan terhenti apabila sudah mencapai titik jenuh [11]. Selain itu jenis karbon aktif juga berpengaruh, pada hasil penelitian penurunan kadar Mn oleh karbon aktif kulit buah nangka lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif dari buah Bintaro. Hal ini dikarenakan kulit buah nangka memiliki kandungan selulosa yang lebih besar daripada buah Bintaro. Selulosa sendiri sangat berperan dalam pembentukan struktur karbon dalam arang, hal itu disebabkan selulosa merupakan polimer linier di mana monomernya (glukosa) saling berikatan satu sama lain [12].

3.1.3 Analisis Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak Optimum Pada Penurunan Kadar Cu

Berikut ini merupakan grafik penurunan kadar Cu dari karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka:



Gambar 5. Efektivitas Penurunan Cu dengan Karbon Aktif Buah Bintaro dan Kulit Buah Nangka
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024

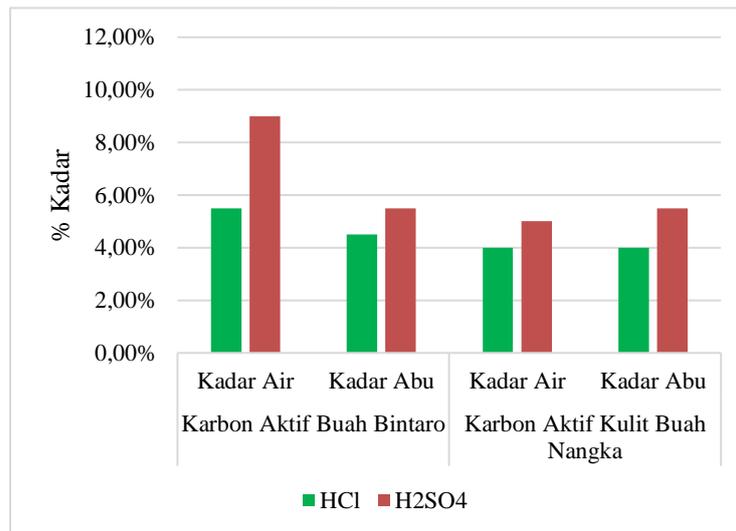
Berdasarkan pada **Gambar 5** persen removal kadar Cu oleh karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka pada setiap variasi aktivator mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu kontak. Pada setiap variasi aktivator juga terjadi peningkatan yang bervariasi, namun secara keseluruhan variasi terbaik adalah dari karbon aktif kulit buah nangka menggunakan variasi aktivator HCl dan waktu kontak 120 menit dengan persen removal Cu sebesar 90,9%.

Salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi adalah jenis aktivator, pada penurunan kadar Cu dengan karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka aktivator paling efektif adalah HCl, hal ini dikarenakan HCl dapat melarutkan pengotor sehingga dapat lebih banyak membentuk pori-pori dan dapat memaksimalkan penyerapan adsorbat [10]. Faktor lain yang mempengaruhi adalah waktu kontak. Jumlah kadar Fe yang terserap karbon aktif semakin meningkat seiring dengan bertambah waktu kontak. Pada proses adsorpsi, penyerapan berhenti apabila sudah mencapai titik jenuh [11].

Selain itu jenis karbon aktif juga berpengaruh, pada hasil penelitian penurunan kadar Cu oleh karbon aktif kulit buah nangka lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif dari buah Bintaro. Hal ini dikarenakan kulit buah nangka memiliki kandungan selulosa yang lebih besar daripada buah Bintaro. Selulosa sendiri sangat berperan dalam pembentukan struktur karbon dalam arang, hal itu disebabkan selulosa merupakan polimer linier di mana monomernya (glukosa) saling berikatan satu sama lain [12].

3.2 Karakteristik Karbon Aktif

Karbon aktif yang telah dibuat kemudian dilakukan pengujian karakteristik untuk mengetahui kualitas dari karbon aktif tersebut. Berikut merupakan uji karakteristik karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka seperti pada grafik berikut:



Gambar 6. Hasil Uji Karakteristik Karbon Aktif Buah Bintaro dan Kulit Buah Nangka
Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan data uji karakteristik karbon aktif buah Bintaro yang diperoleh pada **Gambar 6**, kadar air dan kadar abu dari karbon aktif pada tiap aktivator sudah memenuhi SNI 06-3730-1995. Nilai kadar air terendah yaitu sebesar 5,5% terdapat pada karbon aktif buah Bintaro dengan aktivator HCl, kemudian untuk nilai kadar abu terendah terdapat pada karbon aktif buah Bintaro dengan aktivator HCl juga dengan nilai kadar abu sebesar 4,5%. Sedangkan, untuk data uji karakteristik karbon aktif kulit buah nangka yang diperoleh pada tabel di atas, kadar air dan kadar abu dari karbon aktif kulit buah nangka pada tiap aktivator sudah memenuhi SNI 06-3730-1995. Nilai kadar air terendah yaitu sebesar 4% terdapat pada karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl, kemudian untuk nilai kadar abu terendah terdapat pada karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl juga dengan nilai kadar abu sebesar 4%.

Hasil uji kadar air dari karbon aktif keseluruhan dari buah Bintaro dan kulit buah nangka pada penelitian ini sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Kadar air terendah terdapat pada karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl dengan nilai 4%. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar air pada karbon aktif antara lain adalah uap air yang terdapat di udara dan sifat karbon yang higroskopis. Pada karbon aktif jika semakin banyak kadar air yang terkandung maka akan menyebabkan daya serap adsorben berkurang, karena permukaan dari adsorben sudah penuh dengan air [17]. Kadar air pada karbon aktif dapat dikurangi menggunakan proses aktivasi. Aktivasi pada karbon aktif dilakukan untuk meningkatkan daya serap adsorben karena pada proses ini pori-pori dapat dibersihkan pada karbon aktif agar terbuka lebih lebar [17]. Pada penelitian ini, kadar air yang paling rendah terdapat pada jenis aktivator HCl. HCl merupakan jenis asam kuat yang dapat menghilangkan senyawa hidrokarbon yang terbentuk pada proses karbonisasi [17].

Selain kadar air, pada penelitian ini juga terdapat pengujian kadar abu pada setiap karbon aktif. Kadar abu maksimal sesuai dengan SNI 06-3730-1995 adalah 10%. Pengujian kadar abu digunakan untuk mengetahui banyak dari kandungan mineral yang tersisa pada karbon aktif. Hasil uji kadar abu dari karbon aktif keseluruhan dari buah Bintaro dan kulit buah nangka pada penelitian ini sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Kadar abu terendah terdapat pada karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl dengan nilai 4%. Faktor yang dapat mempengaruhi kadar abu pada karbon aktif adalah adanya garam-garam mineral pada saat proses karbonisasi yang jika dilanjutkan akan membentuk partikel-partikel halus dari garam mineral tersebut [17]. Pada proses pencucian karbon aktif juga berpengaruh terhadap kadar abu, apabila air yang digunakan masih mengandung mineral maka mineral tersebut dapat tertinggal pada karbon aktif. Kadar abu yang tinggi akan mengurangi daya serap adsorben, karena terjadi penyumbatan pada permukaan karbon aktif akibat dari mineral-mineral yang masih tertinggal cukup banyak. Proses penyerapan dengan kondisi tersebut memungkinkan tidak dapat berjalan secara maksimal [17].

Dari keseluruhan data dari uji karakteristik karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah nangka, hasil terbaik diperoleh karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl dan semua karbon aktif dari setiap aktivator nilainya juga sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Hal tersebut berkorelasi dengan efektivitas dari karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl pada penurunan parameter Fe, Mn, dan Cu. Karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl juga memiliki efektivitas yang tinggi dibandingkan

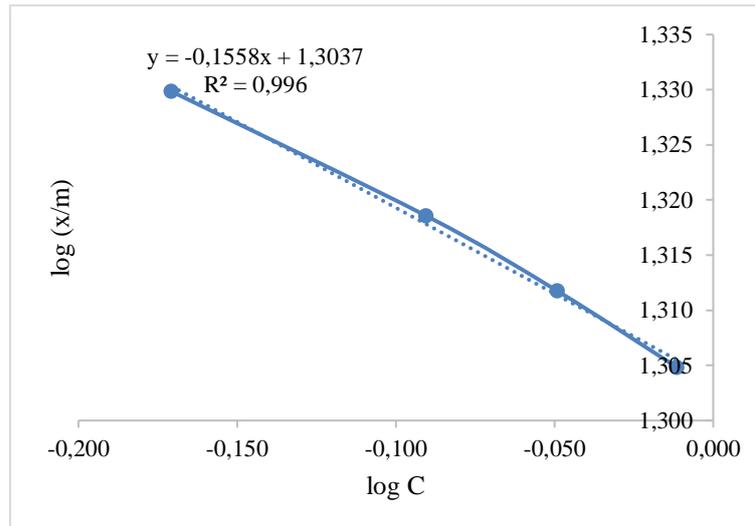
aktivator H_2SO_4 , $NaOH$, dan Na_2CO_3 . Sehingga memang kadar air dan kadar abu mempengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat.

3.3 Isoterm Adsorpsi

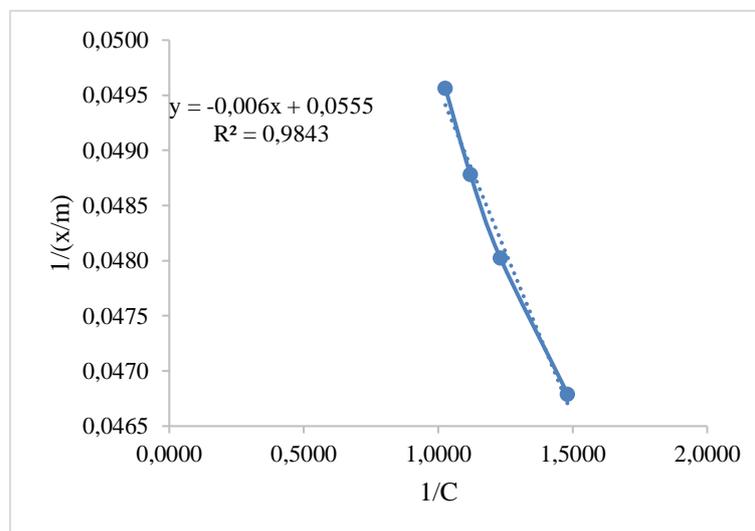
Hubungan yang dijelaskan oleh proses adsorpsi antara zat yang diadsorpsi oleh suatu adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada kesetimbangan dan suhu konstan disebut isoterm adsorpsi. Isoterm dapat menjelaskan kesetimbangan dan kapasitas adsorpsi melalui model isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir [19].

3.3.1 Isoterm Adsorpsi Fe

Pada hasil analisis isoterm adsorpsi kadar Fe, diperoleh karbon aktif dari kulit buah nangka lebih efektif dari karbon aktif buah Bintaro. Berikut merupakan grafik isoterm adsorpsi kadar Fe:



Gambar 7. Grafik Isoterm Freundlich Adsorpsi Fe oleh Karbon Aktif Buah Nangka Aktivator HCl
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024



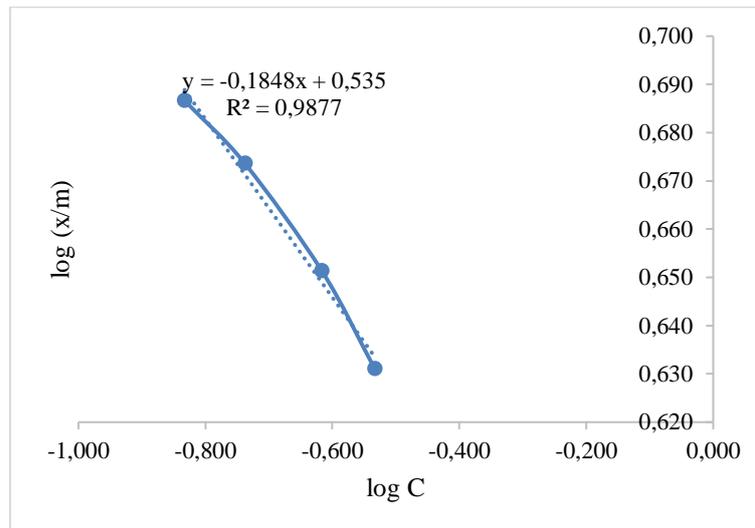
Gambar 8. Grafik Isoterm Langmuir Adsorpsi Fe oleh Karbon Aktif Buah Nangka Aktivator HCl
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan **Gambar 7** dan **Gambar 8** diatas merupakan grafik dari isoterm Freundlich dan Langmuir pada adsorpsi Fe oleh karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl. Karbon aktif kulit buah nangka memiliki efektivitas yang lebih baik daripada karbon aktif buah Bintaro. Untuk aktivator HCl memiliki efektivitas penurunan Fe terbaik dibandingkan dengan aktivator H_2SO_4 . Untuk arah grafik yang menurun dari setiap isoterm dikarenakan dosis adsorben yang dipakai konstan menyebabkan nilai dari x/m semakin besar seiring dengan besarnya zat yang teradsorpsi. Nilai R^2 dari grafik isoterm Freundlich menunjukkan nilai 0,996 sedangkan nilai R^2 dari grafik isoterm Langmuir menunjukkan nilai 0,9843,

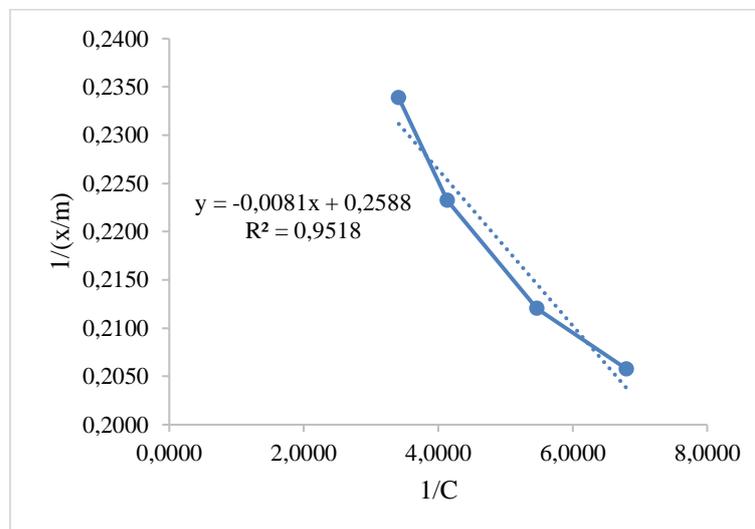
sehingga isoterm yang lebih sesuai dengan adsorpsi Fe pada karbon aktif kulit buah nangka adalah isoterm Freundlich. Jika nilai R^2 diperoleh sebesar $0 < R^2 < 1$ maka hal ini termasuk dari isotermis yang menguntungkan [17]. Isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi terjadi secara fisika dan terbentuk lapisan multilayer [18]. Kemudian dari data grafik isoterm Freundlich dari karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl dalam penurunan kadar Fe diatas dapat diketahui persamaan untuk menentukan kapasitas maksimum adsorpsinya adalah sebagai berikut: $\frac{x}{m} = 20,12334 \times C e^{-0,1558}$

3.3.2 Isoterm Adsorpsi Mn

Pada hasil analisis isoterm adsorpsi kadar Mn, diperoleh karbon aktif dari kulit buah nangka lebih efektif dari karbon aktif buah Bintaro. Berikut merupakan grafik isoterm adsorpsi kadar Mn:



Gambar 9. Grafik Isoterm Freundlich Adsorpsi Mn oleh Karbon Aktif Buah Nangka Aktivator H_2SO_4
Sumber: Hasil Penelitian, 2024



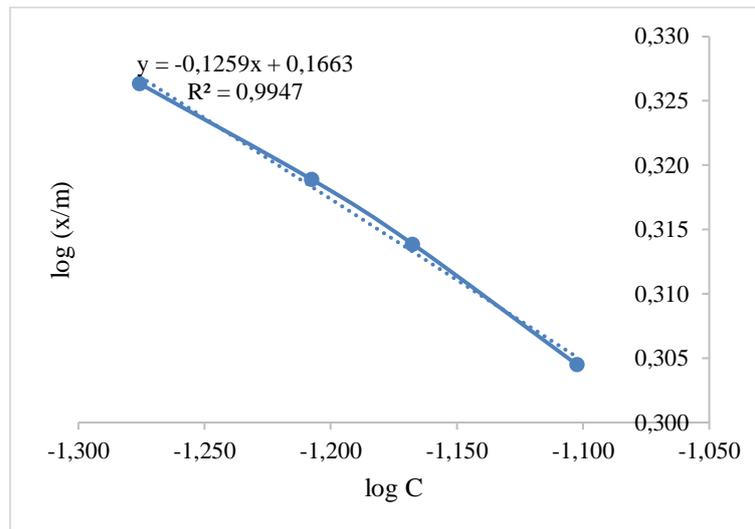
Gambar 10. Grafik Isoterm Langmuir Adsorpsi Mn oleh Karbon Aktif Buah Nangka Aktivator H_2SO_4
Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan **Gambar 9** dan **Gambar 10** diatas merupakan grafik dari isoterm Freundlich dan Langmuir pada adsorpsi Mn oleh karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator H_2SO_4 . Karbon aktif kulit buah nangka memiliki efektivitas yang lebih baik daripada karbon aktif buah Bintaro. Untuk aktivator H_2SO_4 , memiliki efektivitas penurunan Mn terbaik dibandingkan dengan aktivator HCl. Untuk arah grafik yang menurun dari setiap isoterm dikarenakan dosis adsorben yang dipakai konstan menyebabkan nilai dari x/m semakin besar seiring dengan besarnya zat yang teradsorpsi. Nilai R^2 dari grafik isoterm Freundlich menunjukkan nilai 0,9877 sedangkan nilai R^2 dari grafik isoterm Langmuir menunjukkan nilai 0,9518, sehingga isoterm yang lebih sesuai dengan adsorpsi Mn pada karbon aktif kulit buah nangka adalah isoterm

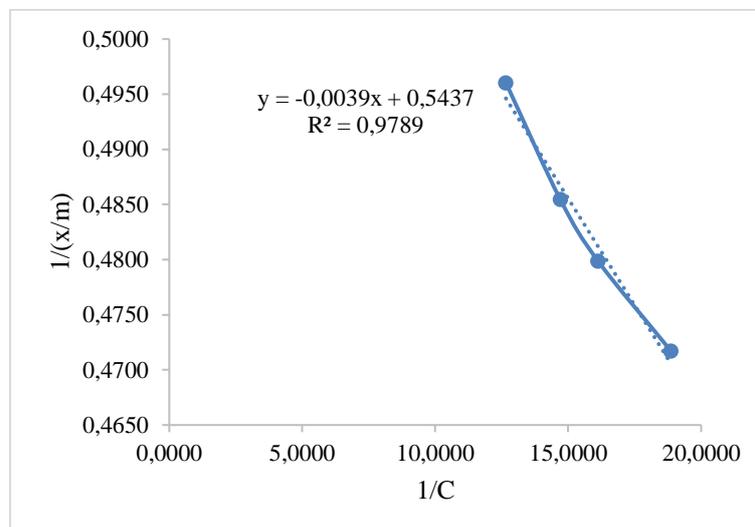
Freundlich. Jika nilai R^2 diperoleh sebesar $0 < R^2 < 1$ maka hal ini termasuk dari isothermis yang menguntungkan [17]. Isotherm Freundlich menggambarkan adsorpsi terjadi secara fisika dan terbentuknya lapisan multilayer [18]. Kemudian dari data grafik isotherm Freundlich dari karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator H_2SO_4 dalam penurunan kadar Mn dapat diketahui persamaan untuk menentukan kapasitas maksimum adsorpsinya adalah sebagai berikut: $\frac{x}{m} = 3,427678 \times C e^{-0,1848}$

3.3.3 Isotherm Adsorpsi Cu

Pada hasil analisis isotherm adsorpsi kadar Cu, diperoleh karbon aktif dari kulit buah nangka lebih efektif dari karbon aktif buah Bintaro. Berikut merupakan grafik isotherm adsorpsi kadar Cu:



Gambar 11. Grafik Isotherm Freundlich Adsorpsi Cu oleh Karbon Aktif Buah Nangka Aktivator HCl
Sumber: Hasil Penelitian, 2024



Gambar 12. Grafik Isotherm Langmuir Adsorpsi Cu oleh Karbon Aktif Buah Nangka Aktivator HCl
Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan **Gambar 11** dan **Gambar 12** diatas merupakan grafik dari isotherm Freundlich dan Langmuir pada adsorpsi kadar Cu oleh karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl. Karbon aktif kulit buah nangka memiliki efektivitas yang lebih baik daripada karbon aktif buah Bintaro. Untuk aktivator HCl memiliki efektivitas penurunan Cu terbaik dibandingkan dengan aktivator H_2SO_4 . Untuk arah grafik yang menurun dari setiap isotherm dikarenakan dosis adsorben yang dipakai konstan menyebabkan nilai dari x/m semakin besar seiring dengan besarnya zat yang teradsorpsi. Nilai R^2 dari grafik isotherm Freundlich menunjukkan nilai 0,9947 sedangkan nilai R^2 dari grafik isotherm Langmuir menunjukkan nilai 0,9789, sehingga isotherm yang lebih sesuai dengan adsorpsi Cu pada karbon aktif kulit buah nangka adalah isotherm Freundlich. Jika nilai R^2 diperoleh sebesar $0 < R^2 < 1$ maka hal ini termasuk dari isothermis yang

menguntungkan [17]. Isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi terjadi secara fisika dan terbentuk lapisan multilayer [18]. Kemudian dari data grafik isoterm Freundlich dari karbon aktif kulit buah nangka dengan aktivator HCl dalam penurunan kadar Cu dapat diketahui persamaan untuk menentukan kapasitas maksimum adsorpsinya adalah sebagai berikut: $\frac{x}{m} = 1,466561 \times C e^{-0,1259}$

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh aktivator optimum adalah HCl dengan waktu kontak 120 menit memiliki nilai persen removal kadar Fe paling tinggi 88,8% oleh karbon aktif kulit buah Nangka. Untuk penurunan kadar Mn, aktivator yang paling optimum adalah H₂SO₄ dengan waktu kontak 120 menit pada karbon aktif kulit buah nangka yang memiliki nilai persen removal paling tinggi 89,2%. Untuk penurunan kadar Cu, aktivator paling optimum adalah HCl dengan waktu kontak 120 menit pada karbon aktif kulit buah nangka yang memiliki nilai persen removal paling tinggi sebesar 90,9%. Jenis isoterm adsorpsi pada penurunan kadar Fe, Mn, dan Cu oleh karbon aktif buah Bintaro dan kulit buah Nangka pada penelitian ini secara keseluruhan mengikuti persamaan isoterm Freundlich.

5. Referensi

- [1] Handoko, T., Suhandjaja, G., & Muljana, H. (2012). *Hidrolisis Serat Selulosa Dalam Buah Bintaro Sebagai Sumber Bahan Baku Bioetanol*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia, 11(1): 26-33
- [2] Yun Yu, Xia Lou, & Hongwei Wu. (2008). *Some Recent Advances in Hydrolysis of Biomass in Hot-Compressed Water and Its Compasons with Other Hydrolysis Methods*. Energy Fuels, 22(1): 50
- [3] Nurviqah, C. (2019). *Pembuatan Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Selulosa Kulit Nangka Muda (Artocarpus Heterophyllus) dan Aplikasinya Pada Pembuatan Selai Nanas (Ananas Comosaus)*
- [4] Abuzar, S.S., R. Afrianita, & N, Notrilauvia. (2012). *Penyisihan Minyak dan Lemak Limbah Cair Hotel Menggunakan Serbuk Kulit Jagung*. Jurnal Teknik Lingkungan UNAND, 9(1): 13-25
- [5] Rapang, S.T., Devy, S.D., Nugroho, W., Hasan, H., Oktavianti, R., & Trides, T. (2022). *Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Asam Tambang Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Telur*. Jurnal Chemugry, 6(2): 58-64
- [6] Putri, S.A., Asnawati, & Indarti, D. (2019). *Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Pada Hemiselulosa Dalam Sistem Dinamis*. Jurnal Berkala Saintek, 7(1): 1-6
- [7] Shafirinia, R., Wardana, I.W., & Oktiawan, W. (2016). *Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben Dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Khrom (Cr) Dan Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom*. Jurnal Teknik Lingkungan, 5(1): 1-9.
- [8] Miri, N.S.S. & Narimo. (2022). *Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa*. Jurnal Kimia dan Rekayasa, 2(2): 58-71
- [9] Sari, Y.A.F. & Purnomo, T. (2024). *Perbandingan Kadar Logam Berat Cu di Perairan Mangrove dan Muara Tambak Wedi Surabaya*. Lentera Bio, 13(2): 198-204.
- [10] Nurhasni, Firdiyono, F., dan Sya'ban, Q. (2012). *Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon Aktif*. Jurnal Valensi, 2(4): 516–525.
- [11] Aulia, M. & Mu, B. (2021). *Studi Isoterm dan Kinetika Adsorpsi COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Air Sungai Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin*. <https://doi.org/https://doi.org/10.20527/jernih.v4i2.959>.
- [12] Sudrajat, R. & Gustan, P. (2011). *Arang Aktif, Teknologi Pengolahan dan Masa Depan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Jakarta.
- [13] Sulaiman, N.H., Malau, L.A., Lubis, F.H., Harahap, N.H., Manalu, F.R., & Kembaren, A. (2017). *Pengolahan Tempurung Kemiri Sebagai Karbon Aktif Dengan Variasi Aktivator Asam Fosfat*. Jurnal Einstein, 5(2): 37-41
- [14] Tarmidzi, F.M., Putri, M.A.S., Andriani, A.N., & Alviany, R. (2021). *Pengaruh Aktivator Asam Sulfat dan Natrium Klorida pada Karbon Aktif Batang Semu Pisang untuk Adsorpsi Fe*. Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan, 5(1): 17-21.
- [15] Putri, W.F. (2022). *(Phithecellobium lobatum) Sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Tahu*.
- [16] Kurniaty, I. & Rahmawati, M. (2022). *Pengaruh Massa Adsorben Arang Aktif Dari Ampas Kopi Untuk Menyerap Zat Warna Rhodamin B*.

- [17] Khamwichit, A. & Dechapanya, W. (2022). *Adsorption Kinetics And Isotherms Of Binary Metal Ion Aqueous Solution Using Untread Venus Shell*. *Heliyon*, 8(6), e09610. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09610>.
- [18] Yulianti, R., Suliestyah, Tuheteru, E.J., Palit, C., & Yomaki, C.C. (2024). *Studi Isotermal Adsorpsi Karbon Aktif Batubara Dengan Aktivasi Asam Pospat Terhadap Logam Fe dan Mn Dalam Air Asam Tambang*. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*. Lembaga Penelitian Universitas Trisaksi, 9(1): 276–286
- [19] Musah, M., Azeh, Y., Mathew, J., Umar, M., Abdulhamid, Z., & Muhammad, A. (2022). *Adsorption Kinetics and Isotherm Models: A Review*. *Caliphate Journal of Science and Technology*, 4(1): 20-26