



Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Sabut Kelapa dengan Aktivator H₂SO₄ dan NaOH sebagai Adsorben Kation Fe dan Cu dalam Limbah Cair Batik Kebumen

Siti Fatimah¹, Arnelli¹, Yayuk Astuti¹

¹Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang 50275

*Corresponding author: arnelli@live.undip.ac.id

Received: 17 Januari 2023 / Accepted: 27 Mei 2023

Available online: 30 Mei 2023

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pembuatan karbon aktif berbahan dasar sabut kelapa dengan dengan aktivator H₂SO₄ (K-H) dan NaOH (K-Na) pada konsentrasi 3, 4, dan 5 N sebagai adsorben kation Fe dan Cu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi adsorpsi kation Fe dan Cu terlarut dalam limbah cair batik Kebumen serta menentukan kinetika adsorpsi. Proses adsorpsi kation Fe dan Cu dilakukan dengan metode adsorpsi secara *batch* menggunakan karbon aktif dari sabut kelapa Analisis kandungan kation Fe dan Cu dilakukan menggunakan AAS dengan waktu kontak adsorpsi divariasikan 1-60 menit.. Konsentrasi kation Fe dan Cu sebelum adsorpsi masing-masing sebesar 27.27 ppm dan 25.42 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel K-H 3 dan K-Na 4 merupakan karbon aktif terbaik. Efisiensi adsorpsi kation Fe dan Cu menggunakan K-H 3 masing-masing sebesar 56,37% (b/b) dan 44,93% (b/b) sedangkan menggunakan K-Na 4 berturut-turut sebesar 71,54% (b/b) dan 70,89% (b/b). Waktu kontak optimum K-H 3 dan K-Na 4 adalah 30 menit untuk kation Fe dan 45 menit untuk kation Cu. Model kinetika adsorpsi kation Fe dan Cu yang sesuai oleh K-H 3 dan K-Na 4 adalah pseudo orde dua.

Kata Kunci: Sabut kelapa, karbon aktif, adsorpsi, dan kinetika adsorpsi

1. Pendahuluan

Perkembangan batik di Indonesia memuncak pada tanggal 2 Oktober 2009 ketika UNESCO menetapkan Batik Indonesia sebagai kekayaan peradaban manusia. Aktivitas industri batik disamping memberikan dampak positif, juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Banyaknya produsen batik, baik yang besar maupun skala rumah tangga akan menghasilkan limbah cair batik dengan kandungan zat warna, zat padat tersuspensi, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), minyak, dan lemak yang perlu dilakukan pengolahan sebelum dialirkan ke badan air [1]. Limbah cair industri batik dilaporkan mengandung ion logam berat seperti timbal, besi, seng, krom, tembaga dan cadmium ion logam berat tersebut terdapat dalam kandungan pewarna batik [2]. Parameter pencemar lingkungan pada penelitian ini adalah kation Fe dan Cu terlarut dalam limbah cair batik Kebumen karena kedua ion logam tersebut memiliki sifat toksisitas dan dapat terakumulasi pada rantai makanan walaupun pada konsentrasi yang sangat rendah.

Sabut kelapa merupakan salah satu limbah hasil pertanian yang dapat digunakan sebagai sumber karbon aktif. Hal ini disebabkan karena karbon aktif berbahan dasar sabut kelapa memiliki kandungan mineral C, P, O, Si, N, dan F dengan komponen yang paling banyak adalah C sebesar 85% [3]. Senyawa yang terkandung di dalam sabut kelapa dan berperan dalam proses adsorpsi yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin [4]. Aplikasi karbon aktif dalam adsorpsi ion logam berat karena keterjangkauannya, ketersediaan, kesederhanaan dalam desain dan pengoperasian memiliki efisiensi adsorpsi logam berat yang tinggi, generasi lumpur beracun yang rendah, dan kemampuan beradaptasi untuk limbah rumah tangga dan air limbah industri [5]. Efisiensi karbon aktif untuk adsorpsi ion logam berat tergantung pada luas permukaan, volume dan ukuran pori dari kandungan abu yang ada [6] [7].

Kelebihan aktivator H₂SO₄ yaitu tingginya konsentrasi ion H⁺ mampu menggantikan posisi ion-ion alkali dan alkali tanah yang terikat pada permukaan karbon. Hal ini menyebabkan ion-ion tersebut terdorong keluar dari karbon dan

Doi:

terbentuk ikatan karbon dengan H⁺ pada permukaan karbon aktif. Kelebihan NaOH sebagai aktivator karena mampu meningkatkan jumlah gugus fungsi oksigen dan mempertahankan struktur pori. Gugus fungsi oksigen dengan polaritas elektronegatif yang tinggi mampu menyerap senyawa logam berat dengan cepat.

Berdasarkan penjelasan di atas, telah dilakukan aktivasi karbon berbahan dasar sabut kelapa menggunakan aktivator H₂SO₄ dan NaOH dengan konsentrasi bervariasi yaitu 3 N, 4 N, dan 5 N yang digunakan untuk aplikasi adsorpsi kation Fe dan Cu dalam limbah cair batik Kebumen serta waktu kontak adsorpsi juga divariasikan 1 – 60 menit untuk karbon aktif terbaik. Karakterisasi karbon aktif dilakukan dengan FTIR, SEM, dan GSA untuk mengetahui gugus fungsi, morfologi permukaan, dan luas permukaan spesifik.

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat: erlenmeyer, labu ukur, gelas ukur, pipet gondok, magnetic stirrer, hotplate, kertas saring, neraca analitik, mortar dan alu, corong pisah, ayakan 100 mesh, pH meter, oven, furnace elektrik, oven Memmert, AAS, SEM (JEOL-JSM-6510LV), SAA (Quantochromenove – AsiQwin 1200e) dan FTIR (Prestige 21 Shimadzu).

Bahan: Sabut Kelapa, asam sulfat (H₂SO₄) (Merck) p.a, natrium hidroksida (NaOH) (Merck) p.a, asam nitrat (HNO₃) (Merck) p.a, asam klorida (HCl) (Merck) p.a, kalium hidroksida (KOH) (Merck) p.a, limbah cair batik Kebumen, air bebas mineral, dan Aquabides.

2.2. Cara Kerja

2.2.1 Pembuatan Karbon Aktif dan Karakterisasi

Sabut kelapa dipotong kecil-kecil, dicuci dengan air bebas mineral, dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Kemudian dikarbonisasi ke dalam furnace elektrik dan dipanaskan pada temperatur 300 °C selama 10 menit [8]. Karbon hasil karbonisasi dihaluskan menggunakan mortar dan alu. Kemudian disaring menggunakan saringan 100 mesh. Proses aktivasi dilakukan dengan merendam 20 gram karbon ke dalam 500 mL larutan H₂SO₄ dan larutan NaOH [9] dengan variasi konsentrasi masing-masing 3 N, 4 N dan 5 N, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Setelah pengadukan, campuran didiamkan selama 48 jam [10] kemudian dipanaskan dalam furnace pada suhu 300 °C selama 20 menit dan dicuci dengan aquades dilanjutkan dengan 0.5 M KOH [11] untuk aktivasi H₂SO₄ dan 0.5 M HCl [12] untuk aktivasi NaOH hingga pH mendekati konstan. Karbon selanjutnya dikeringkan pada suhu 110 °C selama 24 jam [11]. Karbon aktif yang dihasilkan tersebut ditandai dengan kode K-H 3, K-H 4, dan K-H 5 untuk masing-masing

konsentrasi H₂SO₄ 3 N, 4 N dan 5 N dan kode K-Na 3, K-Na 4, K-Na 5 untuk masing-masing konsentrasi NaOH 3 N, 4 N dan 5 N, sementara karbon tanpa proses aktivasi ditandai dengan kode K. Karakterisasi karbon aktif menggunakan instrumen FTIR (Prestige 21 Shimadzu), SEM (JEOL-JSM-6510LV), dan SAA (Quantochromenove – AsiQwin 1200e) untuk mengidentifikasi permukaan karbon aktif, mengidentifikasi struktur morfologi, mengidentifikasi ukuran pori, volume pori dan luas permukaan karbon aktif.

2.2.2 Aplikasi Adsorpsi Kation Fe dan Cu

Sebanyak 0,6 gram karbon aktif dengan kode sampel yang berbeda disiapkan dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 15 ml limbah cair batik yang telah di spike matrix masing-masing dengan larutan baku Fe dan Cu kemudian diaduk menggunakan magnetik stirrer selama 30 menit. Campuran didiamkan selama 60 menit kemudian disaring menggunakan kertas saring MN atau Whatman no 42. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan instrumen AAS untuk mengetahui konsentrasi kation Fe dan Cu terlarut yang tidak terserap.

2.2.3 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan yaitu efisiensi adsorpsi, kapasitas adsorpsi, dan model kinetika adsorpsi. Untuk mengetahui efisiensi dan kapasitas adsorpsi kation Fe dan Cu dalam sampel limbah cair batik Kebumen berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Adsorpsi (\% (b/b))} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Kapasitas Adsorpsi (mg/g)} = \frac{V(C_0 - C_t)}{W} \quad (2)$$

Di mana C₀ (mg/L) adalah konsentrasi awal ion logam besi atau tembaga, C_t (mg/L) adalah konsentrasi setelah adsorpsi ion logam besi dan tembaga, V (L) adalah volume adsorbat dan W (g) adalah massa karbon yang ditambahkan ke dalam larutan [6].

Kinetika adsorpsi kation Fe dan Cu dengan karbon aktif dianalisis menggunakan persamaan pseudo orde satu dan pseudo orde dua. Bentuk persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k}{2.303} \cdot t \quad (\text{pseudo orde satu}) \quad (3)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (\text{pseudo orde dua}) \quad (4)$$

dimana q_e adalah kapasitas adsorpsi pada saat kesetimbangan, q_t adalah kapasitas adsorpsi pada waktu t, dan k adalah konstanta laju pseudo orde satu atau dua.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Aktivasi Karbon Berbahan Dasar Sabut Kelapa

Proses aktivasi karbon berbahan dasar sabut kelapa bertujuan untuk memperbesar pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan

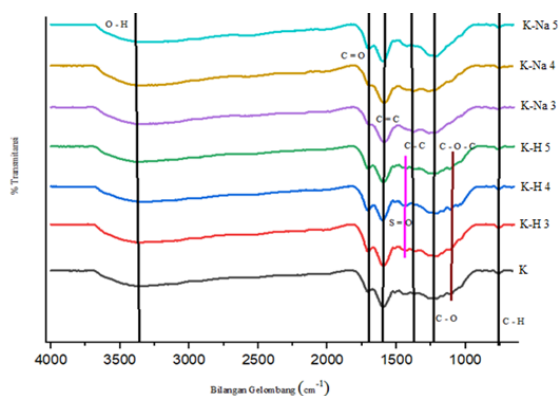
Doi:

sehingga karbon mengalami perubahan sifat, baik sifat fisika maupun kimia, luas permukaannya bertambah besar, dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Karbon akan memiliki daya adsorpsi yang semakin meningkat melalui proses aktivasi yakni aktivasi fisika dan aktivasi kimia, karena karbon hasil karbonisasi masih mengandung zat yang menutupi pori-pori permukaan karbon. Zat yang menutupi pori dihilangkan menggunakan aktivator H_2SO_4 dan $NaOH$. Hilangnya zat tersebut dari permukaan karbon aktif akan menyebabkan semakin besar pori dari karbon aktif [13]. Penggunaan H_2SO_4 akan diserap oleh karbon sabut kelapa yang menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan pada senyawa organik dan melarutkan mineral-mineral anorganik sehingga pori dari karbon akan semakin terbuka. Aktivasi karbon dengan larutan $NaOH$ menyebabkan pori-pori karbon semakin besar karena sifat $NaOH$ yang higroskopis sehingga mampu menurunkan kadar air pada karbon. Aktivasi fisika dilakukan dengan pengayakan dan pemanasan dalam furnace pada suhu $300^\circ C$. Penggunaan suhu $300^\circ C$ bertujuan untuk memaksimalkan karbon hasil karbonisasi yang berwarna hitam sekaligus mencegah terbentuknya abu yang dihasilkan [14] [4]. Abu dapat dihasilkan dari proses oksidasi karbon dengan oksigen selama pembakaran molekul organik dalam furnace selama proses karbonisasi.

3.2 Karakterisasi Struktur Pori

Karakterisasi FTIR

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada spektrum FTIR terdapat 7 pita serapan yang teridentifikasi Karbon dan karbon aktif yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan O - H, C = O, C = C, C - C, C - O, dan C - H. Adapun ikatan jenis O - H dan C - O menunjukkan bahwa karbon maupun karbon aktif yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar, meskipun masih terdapat ikatan C = C yang bersifat nonpolar. **Gambar 1** dapat diidentifikasi gugus fungsi seperti data yang disajikan pada **Tabel 1**.



Gambar 3. Spektra FTIR

Tabel 1 Gugus Fungsi karbon dan karbon aktif dari sabut kelapa

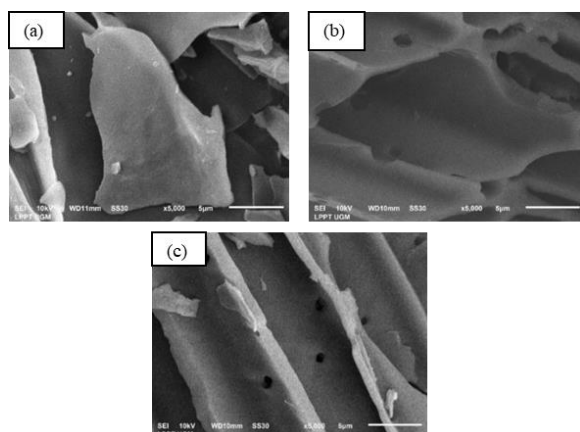
Gugus Fungsi	K	K-H 3	K-H 4	K-H 5	K-Na 3	K-Na 4	K-Na 5
O - H	3356	3375	3339	3361	3356	3359	3234
C = O	1702	1701	1703	1701	1697	1697	1699
C = C	1597	1591	1599	1594	1589	1589	1598
S = O	-	1427	1430	1428	-	-	-
C - C	1370	1361	1361	1361	1372	1372	-
C - O	1209	1211	1206	1213	1262	1265	1228
C - O - C	1109	1117	1109	1113	-	-	-
C - H	761	764	758	764	759	755	758

Tabel 1 menunjukkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang yang disebabkan adanya variasi konsentrasi H_2SO_4 dan $NaOH$. Spektra K-H muncul bilangan gelombang pada $1427 - 1430 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya ikatan S = O (sulfat). Pita pada daerah $1361 - 1372$ menunjukkan adanya ikatan C - C. Pada daerah bilangan gelombang $1206 - 1265 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C - O karbonil. Spektra K dan K-H menunjukkan adanya vibrasi C-O-C (eter yang) memiliki 6 cincin yang ditunjukkan dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang $1109 - 1117 \text{ cm}^{-1}$. Gugus fungsi C - H aromatik terdapat pada daerah bilangan gelombang $758 - 764 \text{ cm}^{-1}$.

Karakterisasi Menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM)

Karakterisasi SEM yang dapat dilihat pada **Gambar 2** menunjukkan morfologi permukaan yang dihasilkan dari karbon dan karbon aktif sabut kelapa dengan perbesaran 5000 kali. Morfologi permukaan K (**Gambar 2 a**) masih tertutup oleh hidrokarbon dan senyawa organik (pengotor) lainnya sehingga efisiensi adsorpsinya masih rendah yaitu sebesar 28,762% (b/b) untuk adsorpsi kation Fe dan 9,497% (b/b) untuk adsorpsi kation Cu. Hasil morfologi permukaan yang diperoleh pada K-H 3 dan K-Na 4 (**Gambar 2 b dan c**) menunjukkan perbedaan ukuran dan jumlah pori yang terbentuk. Aktivasi dengan larutan H_2SO_4 3N dan $NaOH$ 4N mampu membuat permukaan karbon aktif menjadi terbuka dan membentuk pori-pori pada permukaan yang lebih banyak sehingga mampu meningkatkan efisiensi adsorpsi kation Fe dan Cu berturut-turut mencapai 56,370% (b/b) dan 44,936% (b/b) oleh K-H 3 dan sebesar 71,549% (b/b) dan 70,894% (b/b) oleh K-Na 4. Hal ini disebabkan karena pori-pori dan rongga tersebut yang akan menjadi tempat teradsorpsinya kation Fe dan Cu. Pori ini terbentuk pada proses karbonisasi di mana terjadi pemutusan rantai karbon sehingga senyawa-senyawa volatil (mudah menguap) dan meninggalkan ruang kosong atau pori [15].

Doi:



Gambar 1 Hasil karakterisasi SEM karbon yang dikarbonisasi pada suhu 300 °C (a) K, (b) K-H 3, dan (c) K-Na 4

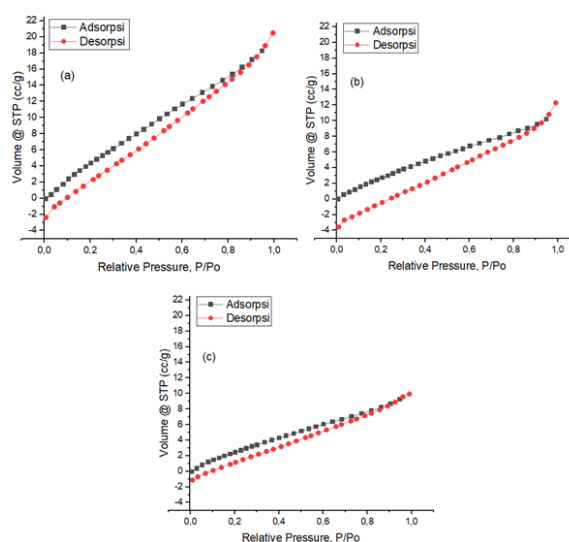
3.3 Karakterisasi Gas Sorption Analyzer (GSA)

Karakterisasi Gas Sorption Analyzer bertujuan untuk menentukan luas permukaan spesifik, ukuran pori, volume pori, serta adsorpsi dan desorpsi dari material karbon dan karbon aktif sabut kelapa. Hasil karakterisasi menggunakan SAA dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 1 Hasil karakterisasi GSA K, K-H 3 dan K-Na

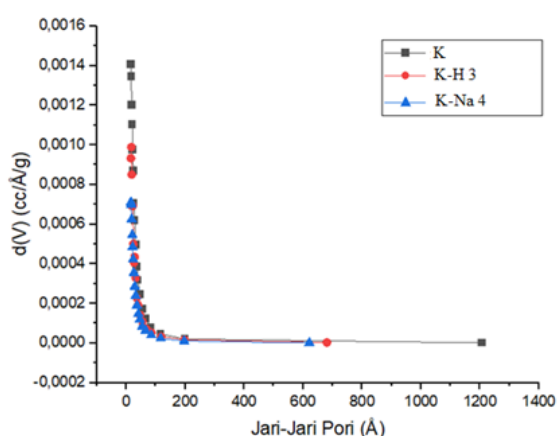
Kode Sampel	Luas Permukaan Spesifik (m ² /g)	Total Volume Pori (cc/g)	Rata-rata Jari-jari Pori (Å)	Efisiensi Adsorpsi	
				Kation Fe (% (b/b))	Kation Cu (% (b/b))
K	29,23	0,031	21,68	28,76	9,49
K-H 3	17,39	0,019	21,85	56,37	44,93
K-Na 4	14,87	0,015	20,65	71,54	70,89

Gambar 3 menunjukkan isoterm BET dari sampel K, K-H 3, dan K-Na 4. Bentuk isoterm tersebut mengikuti isoterm tipe IV, hal ini dibuktikan dengan adanya *hysteresis loop* yang menunjukkan adanya lubang pori yang lebih besar daripada bagian awal (leher), sehingga sering disebut karakter *bottleneck* atau *ink-bottle* pada sistem berpori [16]. Adanya *hysteresis loop* disebabkan karena jumlah gas yang terdesorpsi tidak sama dengan jumlah gas yang teradsorpsi awal. Isoterm tipe IV adsorpsi terjadi pada tekanan gas yang relatif kecil dan akan mengalami kenaikan adsorpsi pada tekanan yang tinggi, yang mengindikasikan sifat utama dari mesopori.



Gambar 2 Isoterm BET pada sampel karbon yang dikarbonisasi pada suhu 300 °C (a) K, (b) K-H 3, dan (c) K-Na 4

Gambar 4 menunjukkan kurva distribusi ukuran pori dari karbon dan karbon aktif yang memiliki diameter kurang dari 100 Å dan sebagian besar terdiri dari pori-pori mesopori karena jari-jari mesopori berkisar antara 2-50 Å. Berdasarkan literatur ukuran jari-jari kation Fe sebesar 0,69 Å atau $0,69 \times 10^{-10}$ m dan jari-jari kation Cu sebesar 0,96 Å atau $0,96 \times 10^{-10}$ m [17] sehingga jari-jari kation Fe dan Cu lebih rendah daripada jari-jari karbon aktif. Dari penjelasan tersebut, dapat diketahui bahwa sejumlah molekul adsorbat (kation Fe dan Cu) yang memiliki jari-jari ion logam lebih kecil mampu menempati ruang kosong (pori) karbon aktif yang memiliki ukuran pori lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi tidak hanya pada sisi aktif yang bermuatan negatif tetapi juga terjadi di dalam pori-pori.



Gambar 3 Kurva distribusi pori dari karbon dan karbon aktif

3.4 Penentuan Karbon Aktif Terbaik

Penentuan karbon aktif terbaik dilakukan berdasarkan hasil perhitungan efisiensi dan

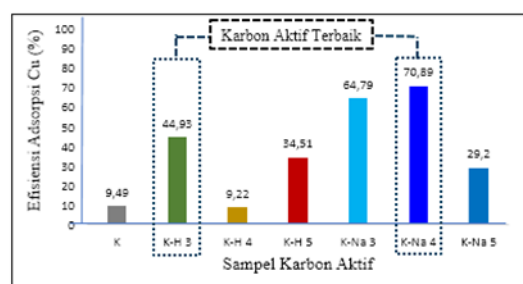
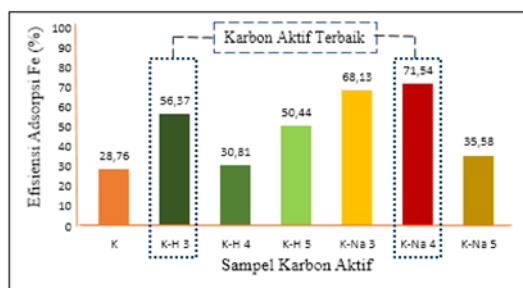
Doi:

kapasitas adsorpsi kation Fe dan Cu oleh ketujuh sampel karbon dan karbon aktif baik K-H maupun K-Na. Adsorpsi ini melibatkan dua fasa yakni fasa cair (adsorbat) berupa limbah cair batik Kebumen yang mengandung kation Fe dan Cu dengan fasa padat (adsorben) berupa karbon aktif dari sabut kelapa. Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi kation Fe dan Cu dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut ini.

Tabel 2 Kapasitas adsorpsi karbon dan karbon aktif dengan variasi konsentrasi H₂SO₄ dan NaOH

Kode Sampel	Kapasitas Adsorpsi Kation Fe (mg/g) x 10 ⁻³	Kapasitas Adsorpsi Kation Cu (mg/g) x 10 ⁻³
K	196,12	85,00
K-H 3	384,37	285,62
K-H 4	210,12	58,62
K-H 5	344,00	219,37
K-Na 3	464,62	411,87
K-Na 4	487,87	450,62
K-Na 5	242,62	185,62

Kemampuan adsorpsi ion logam dipengaruhi oleh ukuran ion logam yang berbeda, distribusi alami karbon aktif, interaksi antara ion logam dan karbon aktif [18]. Pada adsorpsi secara simultan (serempak), proses retensi masing-masing ion logam terhadap karbon aktif sabut kelapa tergantung dari jari-jari ion logam karena adanya kompetisi antar ion logam. Interaksi elektrostatis antar ion logam dengan H₂O menyebabkan jari-jari hidrasi menjadi kecil dalam bentuk terhidrat sehingga secara teoritis urutan kemampuan adsorpsi kation Fe lebih tinggi daripada kation Cu. Ukuran jari-jari ion logam yang lebih kecil menyebabkan mobilitas dalam air lebih cepat, maka kemampuan adsorpsi yang dimiliki lebih besar.



Gambar 4 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi aktivator (N) terhadap efisiensi adsorpsi kation Fe dan Cu (% (b/b))

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara variasi konsentrasi aktivator H₂SO₄ dan NaOH terhadap efisiensi adsorpsi kation Fe dan Cu (% (b/b)). Kecenderungan naik turunnya efisiensi adsorpsi kation Fe berbanding terbalik pada aktivator NaOH dengan variasi konsentrasi yang sama. Hasil pemilihan karbon aktif terbaik berdasarkan nilai efisiensi adsorpsi kation Fe dan Cu adalah sampel K-H 3 dan K-Na 4 yang dikontakkan dengan kation Fe masing-masing menunjukkan puncak maksimum dengan efisiensi adsorpsi mencapai 56.37% (b/b) dan 71.54% (b/b).

Pada pH basa/mendekati basa akan terjadi hasil kali kelarutan ion logam dan OH⁻ yang melampaui harga *K_{sp}*, sehingga terjadi proses pengendapan ion logam. Hal ini sesuai dengan diagram pourbaix yang menunjukkan ion Pb(II) akan berubah menjadi Pb(OH)₂, dimana fasennya menjadi padat. Pengendapan ini yang mempengaruhi menurunnya kapasitas adsorpsi seiring dengan meningkatnya pH

3.5 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Kation Fe dan Kation Cu

Adanya variasi waktu kontak adsorpsi bertujuan untuk mendapatkan waktu optimum selama proses adsorpsi sehingga dapat diketahui batas maksimum K-H 3 dan K-Na 4 dalam menyerap kation Fe dan Cu. **Tabel 4** menunjukkan hasil penentuan kapasitas adsorpsi K-H 3 dan K-Na 4 dengan variasi waktu kontak. Pada waktu kontak 30 menit, dihasilkan nilai kapasitas adsorpsi tertinggi untuk adsorpsi kation Fe oleh K-H 3 yaitu 695,62 mg/g dan K-Na 4 yaitu 865,50 mg/g. Adsorpsi kation Cu paling baik terjadi pada waktu 60 menit dengan kapasitas adsorpsi 323,75 mg/g oleh K-H 3 dan 489,18 mg/g oleh K-Na 4. Perbedaan waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi ini disebabkan karena kemampuan adsorpsi kation Fe lebih tinggi daripada kation Cu. Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi kation Fe dan Cu dapat dilihat pada **Tabel 4** dibawah ini.

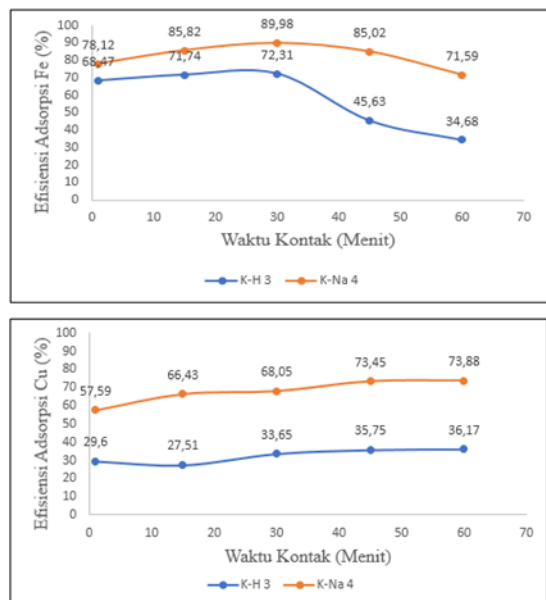
Tabel 3 Kapasitas adsorpsi K-H 3 dan K-Na 4 dengan variasi waktu kontak

Sampel	Waktu Kontak (Menit)	Kapasitas Adsorpsi Kation Fe (mg/g) x 10 ⁻³	Kapasitas Adsorpsi Kation Cu (mg/g) x 10 ⁻³
K-H 3	1	658,62	265,00
	15	690,12	246,25
	30	695,62	301,25
	45	536,25	320,00
	60	407,50	323,75
K-Na 4	1	751,43	381,31
	15	825,50	439,81
	30	865,50	450,56
	45	817,81	486,31
	60	841,25	489,18

Menurut Raghuvanshi SP dan Sing R (2004) [19] bahwa efisiensi adsorpsi berbanding lurus dengan waktu aktivasi sampai titik tertentu, kemudian menurun setelah melewati titik tersebut. Menurunnya efisiensi adsorpsi terjadi karena proses desorpsi atau pelepasan adsorbat kembali selama pengadukan. Desorpsi terjadi

Doi:

karena ikatan antara gugus fungsi yang ada pada karbon aktif dengan ion logam semakin melemah. Hal ini disebabkan permukaan karbon aktif yang telah jenuh akibat sisi aktif dan permukaan pori telah terpenuhi oleh ion kation Fe. Pada keadaan jenuh, laju adsorpsi menjadi berkurang sehingga waktu kontak tidak lagi berpengaruh [20].



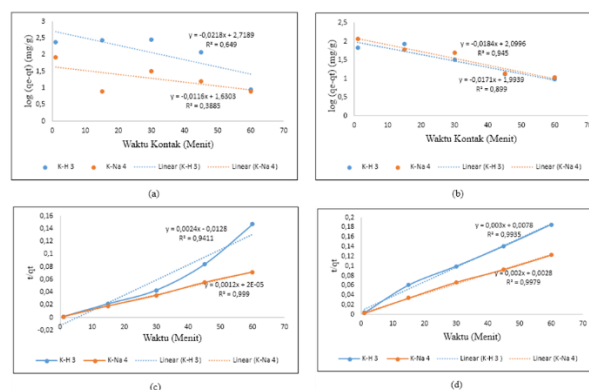
Gambar 5 Hubungan antara waktu kontak optimum (menit) terhadap efisiensi adsorpsi kation Fe dan Cu (% (b/b))

Proses adsorpsi telah mengalami perlambatan kenaikan efisiensi adsorpsi pada waktu 45 menit dari 35,75% (b/b) menjadi 36,17% (b/b) oleh K-H 3 dan 73,45% (b/b) menjadi 73,88% (b/b) oleh K-Na 4 dan terjadi kesetimbangan proses adsorpsi-desorpsi yang menunjukkan waktu optimum. Sisi aktif karbon akan semakin banyak terisi oleh kation Cu seiring meningkatnya waktu, karena semakin lama waktu adsorpsi maka frekuensi tumbukan diantara partikel adsorbat dengan adsorben semakin besar pula dan semakin banyak kation Cu yang terikat didalam pori-pori karbon aktif [21].

3.6 Kinetika Adsorpsi secara Batch

Model kinetika adsorpsi dapat digunakan untuk mengidentifikasi mekanisme dan mengetahui tingkat kecepatan penyerapan karbon aktif terhadap adsorpsi kation Fe dan Cu. Kinetika adsorpsi kation Fe dan Cu dengan karbon aktif dianalisis menggunakan persamaan Lagergren yaitu pseudo orde satu dan pseudo orde dua. Data yang digunakan pada studi kinetika adsorpsi adalah data yang diperoleh dari percobaan variasi waktu kontak menggunakan K-H 3 dan K-Na 4. Grafik persamaan model kinetika pseudo orde satu Lagergren dilakukan dengan cara memplot kurva t vs $\log(q_e - q_t)$ dari persamaan $\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k}{2.303} \cdot t$ dapat dilihat pada

Gambar 7 berikut ini:



Gambar 6 Grafik linear kinetika adsorpsi pseudo orde satu (a) kation Fe dan (b) kation Cu dan pseudo orde dua (c) kation Fe dan (d) kation Cu

Pada **Tabel 5** dapat dilihat bahwa model kinetika yang sesuai adalah kinetika adsorpsi pseudo orde dua. Kesesuaian ini ditandai dengan nilai koefisien korelasi (R^2) yang mendekati 1. Model pseudo orde dua mengasumsikan kapasitas adsorpsi karbon aktif sebanding dengan jumlah situs aktif yang terdapat di permukaan. Proses *physisorption* dominan terjadi di awal proses adsorpsi berdasarkan pada cepatnya laju reaksi.

Tabel 4 Parameter model kinetika adsorpsi kation Fe dan Cu dengan persamaan Lagergren

Jenis Karbon Aktif	Model Kinetika					
	Pseudo Orde Satu			Pseudo Orde Dua		
	k_1	q_e	R^2	k_2	q_e	R^2
Adsorpsi Fe						
K-H 3	0,0502	523,479	0,6490	$-4,5 \times 10^{-4}$	416,6667	0,9411
K-Na 4	0,0267	42,6870	0,3885	0,072	833,3333	0,999
Adsorpsi Cu						
K-H 3	0,0393	98,6052	0,8990	$1,1538 \times 10^{-3}$	333,3333	0,9935
K-Na 4	0,0423	125,7760	0,9450	$1,4285 \times 10^{-3}$	500,0000	0,9979

Kesimpulan

Karbon aktif berhasil dibuat dari sabut kelapa dengan hasil karakterisasi FTIR pada K-H 3N menunjukkan adanya puncak S = O (sulfat) pada bilangan gelombang 1427,025 – 1430,655 cm^{-1} dan K-Na 4 menunjukkan adanya pemutusan ikatan C – O – C (eter) oleh ion hidrksil. Karakterisasi SEM menunjukkan bahwa morfologi permukaan pada karbon aktif pori-pori yang terbentuk lebih banyak daripada pori-pori karbon. Karakterisasi adsorpsi-desorpsi nitrogen menunjukkan luas permukaan spesifik K, K-H 3, dan K-Na 4 berturut-turut mencapai 29,23 m^2/g ; 17,39 m^2/g ; dan 14,87 m^2/g . Adsorben yang terbaik adalah K-H 3 dan K-Na 4, dengan efisiensi adsorpsi kation Fe berturut-turut 56,37% (b/b) dan 71,54% (b/b). Adsorpsi oleh K-H 3 dan K-Na 4 terhadap Cu memberikan efisiensi berturut-turut adalah 44,93 % (b/b) dan 70,89 % (b/b). Penggunaan aktivator NaOH lebih baik daripada H_2SO_4 . Waktu kontak adsorpsi optimum kation Fe dan Cu pada K-H 3 dan K-Na 4 adalah berturut-turut 30 menit dan 45 menit. Model

Doi:

kinetika adalah mengikuti pseudo orde dua, baik untuk Fe maupun untuk Cu).

Daftar Pustaka

- [1] Setyaningsih, Pudji, Penyisihan Warna dan Biodegradasi Organik Limbah Pewarna Batik Menggunakan Reaktor Kontinyu Fixed-Bed Anaerob-Aerob, *Bandung: Publisher*, (2006),
- [2] Giyatmi, Arya Pramana Sembiring, Sugili Putra, ADSORPSI LOGAM SENG PADA LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN PULPA KOPI TERXANTHASI, SNKP (2019).
- [3] Turnip, Laura Theresia, Adsorpsi Logam Pb dan Cd Menggunakan Sabut Kelapa dan Karbon Aktif dari Sabut Kelapa, Universitas Sumatera Utara, 2019
- [4] Asnawati, Asnawati, Resty Rukmi Kharismaningrum, Novita Andarini, Penentuan kapasitas adsorpsi selulosa terhadap rhodamin b dalam sistem dinamis, *Jurnal Kimia Riset*, 2, 1, (2017), 23-29
- [5] Madu, PC, L Lajide, Physicochemical characteristics of activated charcoal derived from melon seed husk, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5, 5, (2013), 94-98
- [6] Mutegoa, Eric, Isaac Onoka, Askwar Hilonga, Preparation of activated carbon with desired properties through optimization of impregnating agent, *Research journal in engineering and applied sciences*, 3, 5, (2014), 327-331
- [7] Nurcahyo, Radinal Yogi, Pratama Jujur Wibawa, Fabrikasi Ramah Lingkungan Komposit Nano Karbon Aktif-Partikel Perak dan Uji Aktifitas Antibakterinya, *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 2, 1, (2022), 31-37
<https://doi.org/10.14710/gjec.2022.14827>
- [8] Irnamera, Dira, KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI LIMBAH KULIT DURIAN PADA SUHU KARBONISASI 300° C MENGGUNAKAN ZAT AKTIVATOR NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM SULFAT, *Journal Of Nursing and Public Health*, 8, 1, (2020), 23-28
<https://doi.org/10.37676/jnph.v8i1.1009>
- [9] Ajala, Ayantola Kabir, Oluwaseun Olatunji Otunola, Wasiu Oyeibisi Oyeniyen, Adsorption of Lead and Iron from Industrial Wastewater using Melon (Citrullus Colocynthis) Husk Activated Carbon, *Int. J. Eng. Res. Technol.(IJERT)*, 9, (2020), 1638-1642
- [10] Utomo, WP, E Santoso, G Yuhaneka, AI Triantini, MR Fatqi, MF Huda, N Nurfitriah, STUDI ADSORPSI ZAT WARNA NAPHTHOL YELLOW SPADA LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI AMPAS TEBU, *Jurnal kimia (journal of chemistry)*, 13, 1, (2019), 104-116
- [11] Mashhadi, Somaye, Raziéh Sohrabi, Hamedreza Javadian, Maryam Ghasemi, Inderjeet Tyagi, Shilpi Agarwal, Vinod Kumar Gupta, Rapid removal of Hg (II) from aqueous solution by rice straw activated carbon prepared by microwave-assisted H₂SO₄ activation: Kinetic, isotherm and thermodynamic studies, *Journal of Molecular Liquids*, 215, (2016), 144-153.
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.12.040>
- [12] Sesuk, T, P Tammawat, P Jivaganont, K Somton, P Limthongkul, W Kobsiriphat, Activated carbon derived from coconut coir pith as high performance supercapacitor electrode material, *Journal of Energy Storage*, 25, (2019), 100910
- [13] Subadra, I, S Bambang, T Iqmal, Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivator (NH₄) HCO₃ sebagai Adsorben untuk Pemurnian Virgin Coconut Oil, *Skripsi jurusan Kimia FMIPA UGM: Yogyakarta*, (2005),
- [14] Safitri, ZF, AW Pangestika, F Fauziah, VN Wahyuningrum, Y Astuti, The influence of activating agents on the performance of rice husk-based carbon for sodium lauryl sulfate and chrome (Cr) metal adsorptions, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017
[DOI 10.1088/1757-899X/172/1/012007](https://doi.org/10.1088/1757-899X/172/1/012007)
- [15] Asuquo, Edidiong, Alastair Martin, Petrus Nzerem, Flor Siperstein, Xiaolei Fan, Adsorption of Cd (II) and Pb (II) ions from aqueous solutions using mesoporous activated carbon adsorbent: Equilibrium, kinetics and characterisation studies, *Journal of environmental chemical engineering*, 5, 1, (2017), 679-698
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.12.043>
- [16] Jung, HY, RK Gupta, EO Oh, YH Kim, CM Whang, Vibrational spectroscopic studies of sol-gel derived physical and chemical bonded ORMOSILs, *Journal of non-crystalline solids*, 351, 5, (2005), 372-379
<https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2005.01.004>
- [17] Kundari, Noor Anis, Slamet Wiyuniati, Tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci PCB dengan zeolit, *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, 2008
- [18] Rahman, MM, M Awang, BS Mohosina, BY Kamaruzzaman, WB Wan Nik, CMC Adnan, Waste palm shell converted to high efficient activated carbon by chemical activation method and its adsorption capacity tested by water filtration, *APCBEE Procedia*, 1, (2012), 293-298
<https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.03.048>
- [19] Raghuvanshi, SP, R Singh, CP Kaushik, A Raghav, Kinetics study of methylene blue dye bioadsorption on baggase, *Applied Ecology and Environmental Research*, 2, 2, (2004), 35-43
- [20] Pratomo, Sigit Wahyu, Fransisca Widhi Mahatmanti, Triastuti Sulistyarningsih, Pemanfaatan zeolit alam teraktivasi H₃PO₄ sebagai adsorben ion logam Cd (II) dalam

Doi:

larutan, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6, 2, (2017), 161-167

<https://doi.org/10.15294/ijcs.v9i1.28675>

- [21] Gultom, Erika Mulyana, M Turmuzi Lubis, Aplikasi karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan aktivator H₃PO₄ untuk penyerapan logam berat Cd dan Pb, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3, 1, (2014), 5-10

<https://doi.org/10.32734/jtk.v3i1.1493>