

EFISIENSI DAN KAPASITAS ADSORPSI KARBON AKTIF DARI KULIT JAGUNG DALAM MENURUNKAN KADAR LOGAM Fe

Ria Resti Sahania, Yeslia Utubira*, J. B. Manuhutu

*Chemistry Education Study Program, Faculty Of Teacher Training and Educational Sciences
Pattimura University*

*yeslia.utubira@gmail.com

Received: 02 November 2023 / Accepted: 19 November 2023 / Published: 26 January 2024

ABSTRAK

Kelimpahan kulit jagung dari hasil panen belum dimanfaatkan dengan maksimal sehingga masih menjadi limbah. Salah satu upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan limbah kulit jagung adalah mengubahnya menjadi karbon aktif. Kulit jagung dikarbonisasi pada suhu 320°C selama 2 jam, dan diaktivasi menggunakan KOH selama 24 jam. Karakterisasi sifat fisikokimia terkait luas permukaan dan ukuran pori adsorben hasil sintesis menggunakan Surface Area Analyzer (SAA). Proses adsorpsi logam Fe yaitu dilakukan dengan menvariasikan waktu kontak yaitu 15, 30, 45, 60, 90 dan 120 menit terhadap larutan Fe 20 ppm, dan pengukuran kadar logam Fe sebelum dan sesudah pengontakan menggunakan analisa Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Berdasarkan hasil analisis dengan Surface Area Analyzer (SAA) diperoleh luas permukaan karbon aktif 1.35896 m²/g, volume pori total 3,0099 cm³/g dan diameter pori rata-rata 4,4297 nm, yang menunjukkan bahwa pori karbon aktif kulit jagung berukuran mesopori. Pengukuran kadar logam Fe sebelum dan sesudah pengontakan dengan variasi waktu kontak menggunakan analisa Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) diperoleh hasil kemampuan penyerapan logam Fe berturut-turut sebesar 0,4366 mg/L; 1,0515 mg/L; 0,4499 mg/L; 0,5527 mg/L; 0,4781 mg/L dan 0,5272 mg/L. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang optimum terdapat pada waktu kontak 30 menit dengan massa adsorben 0,5 gram masing-masing adalah 26,288% dan 1,0515 mg/g.

Kata Kunci : Kulit Jagung, Karbon Aktif, Adsorben, Logam Fe, efisiensi dan kapasitas adsorpsi

PENDAHULUAN

Sumber kehidupan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari salah satunya adalah air. Air memegang peranan penting dalam kehidupan manusia dan juga makhluk hidup lainnya. Secara langsung air digunakan dalam kegiatan manusia sehari-hari dan secara tidak langsung air juga dibutuhkan sebagai bagian dari ekosistem yang dengannya kehidupan di bumi dapat berlangsung (Rahman, 2004). Air merupakan salah satu sumber daya alam yang melimpah di muka bumi dan komponen utama untuk proses kehidupan. Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan secara fisik, kimia, dan mikrobiologi (Athena, dkk., 2004). Oleh sebab itu, ketersediaannya harus diperhatikan kualitasnya, mengingat kondisi lingkungan yang menurun akibat kegiatan industri maupun rumah tangga.

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 (2001), air dapat dikatakan tercemar bila tidak dapat lagi digunakan sesuai dengan peruntukannya. Air yang telah tercemar dapat ditandai dengan adanya bahan organik, bahan anorganik, bahan toksik dan juga logam berat seperti besi dalam jumlah berlebih. Besi (Fe) merupakan salah satu logam berat yang secara alamiah berada di lingkungan akibat adanya pelapukan dari batuan. Pemerintah melalui PP RI/82/2001 untuk kualitas mutu kelas I tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Permenkes No. 492/Menkes/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum menetapkan konsentrasi besi adalah 0,3 mg/L. Menurut Permenkes RI No. 416/Menkes/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Fe pada air bersih adalah 1 mg/L. Apabila kadar besi melebihi baku mutu, maka air tersebut tidak memenuhi syarat dan harus dilakukan pengolahan sebelum dipakai untuk keperluan sehari-hari

terutama untuk konsumsi (Bangun dkk., 2016). Oleh karena itu, diperlukan metode yang tepat dalam penurunan logam-logam terlarut tersebut agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Salah satu pencemar yang terdapat pada air tanah yaitu besi (Fe) (Amalia, dkk., 2021). Secara umum besi merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi manusia walaupun banyak kegunaan dan manfaatnya. Logam berat merupakan salah satu jenis polutan yang mungkin terdapat dalam larutan. Hal ini beresiko tinggi bagi lingkungan dan kesehatan manusia karena bersifat toksik dan mudah terakumulasi pada rantai makanan (Li dkk., 2008 dalam Rokhati dkk., 2021). Tingkat bahaya dari suatu logam berat berbanding lurus dengan tingkat pencemaran di suatu daerah, dimana logam tersebut dapat mengakibatkan masalah kesehatan bagi manusia (Pratama, 2017). Keberadaan logam berat Fe dapat menyebabkan warna air berubah menjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara, juga dapat menimbulkan bau yang kurang enak, bercak-bercak kuning pada pakaian, dan dapat menimbulkan masalah atau gangguan pada kesehatan bagi orang yang mengkonsumsinya secara terus-menerus (Rasman dkk., 2016). Logam Fe mempunyai sifat racun yang sangat berbahaya dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh, seperti dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit serta merusak dinding usus yang dapat menyebabkan kematian (Fajar dkk., 2013).

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Manullang, dkk. (2017), diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa sedimen permukaan Teluk Ambon telah terkontaminasi oleh logam berat Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, dan Hg. Ditemukan kadar Cu dan Zn di beberapa lokasi telah melampaui batas (dalam mg/kg DW) yaitu 13,7-44,8 untuk Cu, dan 51,3-163 untuk Zn, sedangkan kadar Fe yang ditemukan 27,598-51,716, tetapi untuk saat ini belum ada baku mutu untuk Fe dalam sedimen laut yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup RI. Konsentrasi beberapa logam berat yang ditemukan di sedimen laut Teluk Ambon ini dapat dikaitkan dengan pembuangan limbah perkotaan dan kegiatan industri di sekitar teluk.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kadar besi dalam air umumnya menggunakan metode adsorpsi. Hal tersebut ditinjau dari kemudahan metode dengan biaya yang relatif lebih murah. Salah satu adsorben yang paling banyak digunakan untuk menyerap ion logam adalah karbon aktif (Bangun dkk., 2016). Adsorpsi suatu zat pada permukaan adsorben tergantung pada beberapa faktor, diantaranya adalah adsorben yang digunakan (Suardana, 2008 dalam Nurkholifa, 2019). Karakteristik adsorben yang baik yaitu, mempunyai daya serap yang besar, luas permukaan yang besar, tidak mudah larut dalam zat yang akan diadsorpsi, tidak mudah bereaksi dengan campuran yang akan dimurnikan, tidak beracun, tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau, mudah didapat, dan harganya murah (Haryati dkk., 2009 dalam Nurkholifa, 2019).

Menurut Prabowo (2009) karbon aktif merupakan adsorben terbaik dalam sistem adsorpsi karena memiliki permukaan yang besar dan daya adsorpsi yang tinggi sehingga pemanfaatannya dapat optimal. Karbon aktif seringkali digunakan sebagai adsorben saat proses adsorpsi, dikarenakan karbon aktif memiliki daya adsorpsi lebih baik dibandingkan adsorben lainnya (Huda dkk., 2020). Pengembangan bahan baku pembuatan karbon aktif sudah banyak dilakukan, diantaranya menggunakan batubara dan bahan-bahan organik dengan kandungan karbon yang tinggi, diantaranya dari tempurung kelapa, serat kayu, dan bambu (Miranti, 2012). Salah satu material yang juga dapat digunakan dalam proses pembuatan karbon aktif adalah kulit jagung.

Indonesia merupakan salah satu negara agraria terbesar di dunia yang memiliki banyak pertanian dan perkebunan. Produktivitas pertanian yang jumlahnya sangat besar adalah jagung (Maulinda dkk., 2020). Sejalan dengan peningkatan produksi jagung akan berpengaruh terhadap jumlah limbah kulit jagung yang akan mengalami kenaikan secara signifikan. Tumpukan kulit jagung akan menghasilkan limbah padat yang kerap terlihat di beberapa tempat dan mengakibatkan kurang enak dipandang dan tercemarnya lingkungan sekitar (Farida dkk., 2019). Limbah yang dihasilkan dari setiap panen jagung (rendemen) diperkirakan sekitar 65%, sementara 35% dalam bentuk limbah berupa batang, daun, kulit dan tongkol jagung (Isa, dkk., 2012). Dari hasil tersebut bisa dilihat bahwa limbah dari tanaman jagung cukup besar. Limbah kulit jagung tersebut biasanya hanya digunakan sebagai bahan pakan ternak dan belum dimanfaatkan secara optimal. Hingga saat ini, kulit jagung masih kurang dimanfaatkan

sebagaimana mestinya dan hanya dibiarkan menumpuk pada tempat-tempat penjualan makanan (jagung bakar, jasuke dan lain-lain) sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan jika dibiarkan terus-menerus tanpa penanganan apapun. Apabila limbah tersebut dimanfaatkan secara optimal maka akan mendapatkan hasil yang baik untuk lingkungan.

Menurut Fagbemigun & Taiwo (2014) komposisi kimia kulit jagung meliputi 44,08% selulosa; 15% lignin; 5,09% abu, 4,57% alkohol-sikloheksana. Kulit jagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif karena mengandung cukup banyak unsur karbon. Dengan memanfaatkan kulit jagung sebagai karbon aktif, dapat mengatasi dua permasalahan sekaligus yaitu mengurangi volume sampah kulit jagung serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku adsorben logam Fe. Oleh karena itu, dilakukan penelitian adsorpsi menggunakan adsorben dari biomaterial berupa kulit jagung. Biomaterial ini dipertimbangkan sebagai adsorben karena memiliki komponen kimia kayu seperti selulosa, yang berpotensi dalam proses adsorpsi karena mengandung situs aktif seperti gugus hidroksil (OH-). Gugus hidroksil tersebut dapat dengan mudah membentuk serangkaian reaksi kimia dan melakukan pengikatan dengan senyawa kationik maupun anionik (Khodaie dkk., 2013 dalam Indah dkk., 2022).

METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan rincian: Preparasi sampel dan proses adsorpsi dilakukan di Laboratorium Pendidikan Kimia FKIP Unpatti Ambon, untuk mengetahui luas permukaan dan karakteristik pori dari karbon aktif menggunakan SAA dilakukan di Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Kalimantan, sedangkan analisis kadar Fe dalam larutan menggunakan SSA dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi Industri Ambon.

Alat dan bahan

Alat-alat: Ayakan ukuran 100 mesh, desikator, *linear shaker*, lumpang dan alu, neraca analitik (Ohaus AR2140), oven Memert, statif dan klem, *stopwatch*, Spektrofotometer Serapan Atom (Varian Model Spect AA-1,30), *Surface Area Analyzer* (Novatouch NTLX-4), tanur, tabung *Sentrifuse* 40 ml, peralatan gelas, *furnace Thermolyne FB1410M-33*, *shaker IKA HS 260 Basic and Control*, indikator universal. Bahan-bahan : Akua DM, akuades, H₂SO₄ pekat (*p.a*), kertas saring, kulit jagung, padatan KOH (*p.a*), pH universal, serbuk Fe.

Adsorpsi Logam Fe Menggunakan Karbon Aktif Kulit Jagung

Proses adsorpsi dilakukan secara *batch*, yang dilakukan dengan mencampurkan adsorben pada adsorbat dengan jumlah yang tetap dan diamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu (Asbahani, 2013). Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan karbon aktif sebanyak 0,5 gram dan ditambahkan 125 mL larutan artifisial Fe 20 ppm kemudian diaduk dengan kecepatan konstan 900 rpm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Setelah waktu yang divariasikan, campuran hasil adsorpsi disaring dengan menggunakan kertas saring, filtratnya ditampung dan diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

HASIL PENELITIAN

A. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Jagung

Menurut Yuliusman (2016) secara umum, proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu proses dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Proses dehidrasi dilakukan dengan mencuci kulit jagung dicuci menggunakan akuades dan dipanaskan selama 1 jam pada suhu 105°C. Dari proses ini, diperoleh kulit jagung yang sudah bersih dan kering. Proses karbonisasi dilakukan menggunakan tanur dengan suhu 320°C dan berlangsung selama dua jam. Arang hasil dari proses karbonisasi digerus hingga lolos ayakan 100 mesh. Kulit jagung yang telah dikarbonisasi tampak berwarna hitam, teksturnya lebih rapuh dan halus (Gambar 1 b), sedangkan

kulit jagung sebelum karbonisasi berwarna kuning terang teksturnya lebih kuat dan tidak mudah hancur (**Gambar 1.a**).

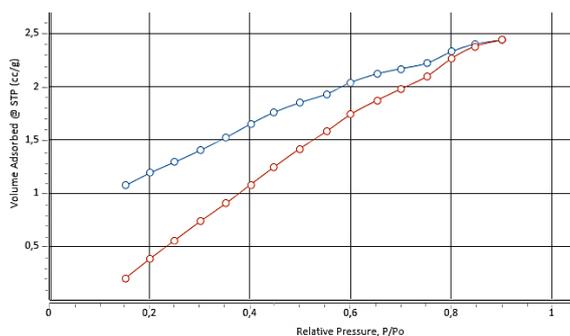


Gambar 1. Kulit Jagung: a.) Sebelum Karbonisasi; b.) Setelah Karbonisasi

Pada penelitian ini, aktivasi yang digunakan adalah aktivasi secara kimia, dengan menggunakan KOH (kalium hidroksida) sebagai aktivator karena KOH mampu merusak permukaan karbon aktif dan dengan masuknya unsur-unsur mineral diantara pelat-pelat heksagon dari kristalit pada karbon aktif dapat membuka pori permukaan yang mula-mula masih tertutup serta memperbesar pori yang ada pada karbon aktif. Proses ini dapat menambah luas permukaan karbon aktif dan memperbesar kemampuan karbon aktif untuk adsorpsi kimia (National Organic Standards Board Technical Advisory, 2002).

B. Karakteristik Karbon Aktif Kulit Jagung

Analisis dengan Surface Area Analyzer (SAA) dilakukan untuk mengetahui luas permukaan, distribusi pori dan isotherm adsorpsi suatu gas pada karbon aktif kulit jagung. SAA bekerja berdasarkan metode BET yaitu adsorpsi dan desorpsi isothermis gas nitrogen (N_2) oleh sampel padatan. Karakterisasi pori material dapat diperkirakan dengan mengamati bentuk isotherm adsorpsi dan histerisis (Ulfa, 2016). Grafik isotherm adsorpsi-desorpsi gas N_2 karbon aktif kulit jagung ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik isotherm Adsorpsi-Desorpsi N_2 Karbon Aktif Kulit Jagung

Berdasarkan **Gambar 2** dapat dilihat bahwa adsorpsi gas N_2 pada sampel karbon aktif terjadi pada tekanan relatif (P/P_o) 0,1 sampai 1 atm menunjukkan adanya kenaikan volume secara cepat pada tekanan relatif yang rendah dan tidak adanya percabangan (*loop hysteresis*). Karakteristik grafik adsorpsi-desorpsi isotherm tersebut bersesuaian dengan grafik adsorpsi isotherm tipe III. Kurva tipe III menunjukkan bahwa adsorben memiliki bentuk pori yang variatif antara mikropori dan mesopori. Tipe III adalah tipe untuk material berpori dengan gaya kohesi yang lebih besar antara molekul adsorbat daripada kekuatan adhesi antara molekul-molekul adsorbat dan adsorben (Adamson, 1984). Karbon aktif dapat dikatakan sebagai adsorben yang baik jika memiliki luas permukaan yang tinggi, sebab luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi. Data karakterisasi karbon aktif kulit jagung menggunakan SAA ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakterisasi Pori Karbon Aktif Kulit Jagung

Sampel	Luas Permukaan BET (m ² /g)	Volume Pori Total (cm ³ /g)	Diameter Pori Rata-Rata, BET (Å)
Karbon Aktif Kulit Jagung	1,35896	3,0099	44,297

Diameter pori rata-rata karbon aktif yaitu 4,4297 nm, menunjukkan bahwa diameter pori lebih didominasi dengan ukuran mesopori. Hal ini menunjukkan keberadaan sejumlah besar mesopori terbentuk pada karbon yang dihasilkan, yang dapat diakibatkan oleh pengisian karbon yang tidak sempurna (Guan dkk., 2009).

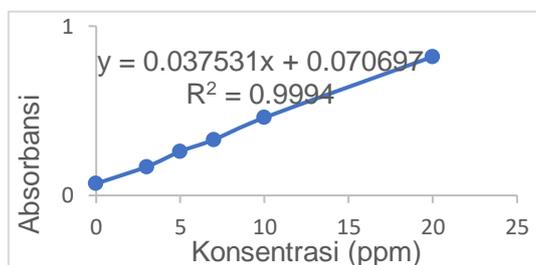
C. Analisis Kadar Logam Fe dalam Larutan

Proses adsorpsi dilakukan secara batch, yang dilakukan dengan mencampurkan adsorben pada adsorbat dengan jumlah yang tetap dan diamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu (Asbahani, 2013). Sebelum dikontakkan dengan karbon aktif, larutan Fe terlebih dahulu ditentukan konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA) berdasarkan metode kurva kalibrasi. Dalam metode ini, dibuat larutan standar dengan berbagai konsentrasi, kemudian absorbansinya diukur dengan menggunakan SSA. Data hasil pengukuran absorbansi larutan standar Fe ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Fe

Konsentrasi Larutan Fe (ppm)	Absorbansi
0	0,0022
3	0,1751
5	0,2660
7	0,3267
10	0,4572
20	0,8174

Berdasarkan data pada **Tabel 2**, maka dapat dibuat kurva standar hubungan absorbansi terhadap konsentrasi larutan Fe yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Kurva Standar Larutan Fe

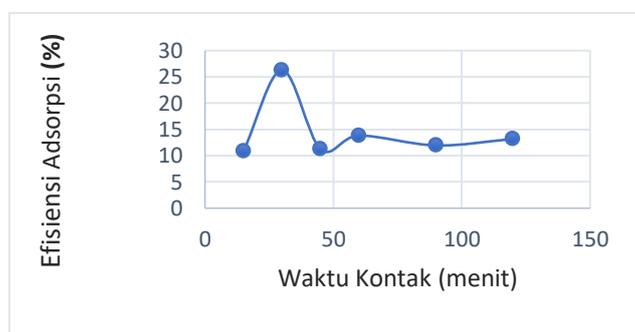
Berdasarkan **Gambar 3** terlihat bahwa grafik hubungan absorbansi terhadap konsentrasi yang diperoleh memperlihatkan hubungan yang linear (berupa garis lurus). Hal ini ditunjukkan dari koefisien korelasi pengukuran yang mendekati 1 ($R^2 = 0.9994$). Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan berlakunya hukum Lambert-Beer, yaitu semakin besar konsentrasi suatu larutan maka semakin besar pula nilai absorbansinya (Cahyaningrum, 2016). Data hasil pengukuran

konsentrasi logam Fe setelah diadsorpsi menggunakan karbon aktif kulit jagung pada setiap variasi waktu kontak ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Konsentrasi Larutan Fe Setelah Proses Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif dengan Variasi

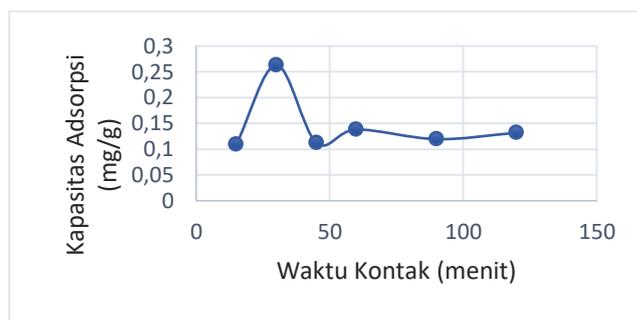
Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Logam Fe		Efisiensi Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
	Sebelum Adsorpsi (ppm)	Setelah Adsorpsi (ppm)		
15	20	17,8171	10,9145	0,4366
30	20	14,7424	26,288	1,0515
45	20	17,7505	11,2475	0,4499
60	20	17,2363	13,8185	0,5527
90	20	17,6093	11,9535	0,4781
120	20	17,3642	13,179	0,5272

D. Efisiensi dan Kapasitas Adsorpsi



Gambar 4. Grafik Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Jagung

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4** menunjukkan besarnya efisiensi penyerapan ion logam Besi (Fe) yang terjadi pada masing-masing variasi waktu kontak. Efisiensi penyerapan tertinggi pada massa adsorben 0,5 gram terjadi pada waktu kontak 30 menit sebesar 26,288%. Meningkatnya efisiensi adsorpsi pada menit ke-30 dikarenakan banyaknya ion Fe(II) yang mampu menempati pori-pori karbon aktif yang kosong sampai tercapai kondisi kesetimbangan. Efisiensi adsorpsi logam meningkat secara signifikan pada waktu kontak 30 menit dan menurun di waktu selanjutnya dapat disebabkan oleh difusi yang cepat dari ion logam ke permukaan luar dan konsentrasi yang lebih besar di situs aktif pada awal waktu penyerapan, diikuti oleh difusi pori yang lambat serta tersaturasinya situs aktif (Rokhati, dkk., 2021). Desorpsi terjadi karena permukaan adsorben dalam kondisi yang telah jenuh dan mengalami kesetimbangan sehingga Fe(II) yang awalnya terjerap oleh adsorben terlepas kembali. Berdasarkan data pada grafik, waktu kontak optimum yang dibutuhkan adsorben untuk menyerap adsorbat secara maksimal saat interaksi adalah pada waktu kontak 30 menit.



Gambar 5. Grafik Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Jagung

Karbon aktif merupakan material berpori dan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, akan tetapi pada penelitian ini proses adsorpsi tidak berjalan maksimal. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu ukuran pori, sifat permukaan, polaritas adsorbat dan gugus fungsi permukaan adsorben, karena semakin banyak pori dengan bentuk yang tajam serta gugus C=O yang sedikit, maka akan semakin baik performa adsorpsi terhadap senyawa organik. Gugus C=O pada permukaan adsorben bersifat penarik e⁻ sehingga mengurangi densitas e⁻ permukaan, sehingga akan melemahkan ikatan π - π terkonjugasi antara adsorben dan adsorbat (Zhao, dkk., 2018).

Kapasitas penyerapan tertinggi pada massa adsorben 0,5 gram pada waktu kontak 30 menit sebesar 1,3144 mg/g. Penurunan kapasitas adsorpsi terjadi setelah waktu kontak 30 menit dan hal ini dikarenakan karbon aktif mengalami proses desorpsi, dimana proses desorpsi merupakan proses pelepasan kembali ion atau molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben (Rahayu, dkk., 2014). Hal tersebut disebabkan karena pori-pori dari karbon aktif sudah terisi penuh sehingga permukaan karbon aktif menjadi jenuh dan kemampuan adsorpsinya pun menurun. Keadaan jenuh terjadi apabila reaksi logam berat besi (Fe) dengan adsorben melewati waktu setimbangnya sehingga logam berat tersebut tidak mampu diserap lagi oleh adsorben dan menandakan penyerapan logam berat sudah tidak optimal.

Hasil efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang kurang maksimal dapat disebabkan adanya kandungan pengotor lain yang menyebabkan terbentuknya pori-pori karbon aktif menjadi terhambat, konsentrasi KOH yang kurang besar atau waktu aktivasi yang kurang lama juga dapat mempengaruhi proses pengembangan pori sehingga belum dapat terbuka dengan sempurna (Suhendarwati, dkk., 2015). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Robbika (2022), didapatkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi logam berat kromium dikarenakan waktu perendaman karbon pada larutan KOH yang kurang atau proses pencucian yang belum bersih sehingga pori-pori pada karbon aktif masih terisi zat-zat pengotor. Hal ini juga dapat terjadi pada karbon aktif kulit jagung pada penelitian ini.

Proses aktivasi karbon dengan KOH juga dapat membuat karbon terkikis dan menghasilkan pembentukan pori-pori yang akan memperbesar luas permukaan karbon aktif yang diperoleh sehingga efisiensi adsorpsinya pun akan meningkat (Erlina, dkk., 2015). Namun, reaksi yang terjadi antara karbon kulit jagung dan KOH diharapkan tidak menghabiskan karbon yang ada. Pada aktivasi kimia menggunakan KOH, semakin besar rasio yang digunakan, maka semakin tinggi luas permukaan yang dihasilkan. Tetapi jika terlalu banyak aktivator yang digunakan juga dapat menyebabkan rusaknya pori-pori yang terbentuk karena terjadi reaksi yang berlebihan antara aktivator dengan karbon (Sudibandriyo & Lydia, 2011). Jika reaksi yang terjadi terlalu banyak, maka besar kemungkinan struktur pori yang terbentuk menjadi rusak dan dapat menghasilkan luas permukaan yang rendah pada karbon aktif (Sudibandriyo & Lydia, 2011).

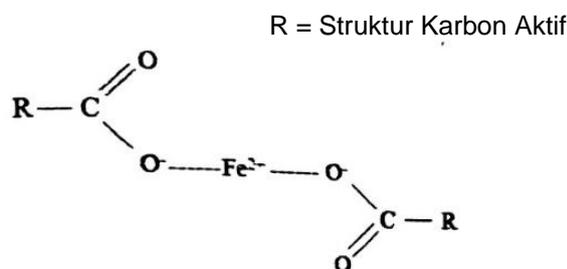
E. Mekanisme Reaksi Pengikatan Karbon Aktif Terhadap Logam Fe

Menurut Weber (1982), mekanisme penyerapan karbon aktif terhadap adsorbat terbagi menjadi 4 tahap, diantaranya: 1) Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben, 2) Difusi adsorbat yang teradsorpsi melalui lapisan film yang mengelilingi adsorben, 3) Difusi adsorbat yang teradsorpsi melalui kapiler atau pori dalam

adsorben (pore diffusion process), 4) adsorpsi zat adsorbat yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.

Proses adsorpsi yang terjadi antara logam Fe terhadap karbon aktif terjadi secara adsorpsi kimia yang diawali dengan adsorpsi fisik dimana, adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals, kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia. Pada adsorpsi kimia, adsorbat melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasanya merupakan ikatan kovalen (Shofa, 2012). Molekul adsorben secara kimiawi dianggap mempunyai sisi aktif atau gugus fungsional yang mampu berinteraksi dengan logam (Nurmayanti & Hastuti, 2014). Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan maupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat asam maupun basa (Sudirjo, 2006).

Karbon yang teraktivasi senyawa basa (Kalium Hidroksida) memiliki gugus fungsi yang sama dengan standar karbon aktif pada umumnya, yaitu terdapat gugus O-H, C=O, C-H serta C-O (Rahmadani & Kurniawati, 2017), dimana gugus fungsi tersebut dijadikan sebagai gugus aktif untuk menyerap adsorbat. Terdapat dua macam ikatan O-H, yaitu ikatan O-H yang terikat pada gugus karboksil dan ikatan O-H yang merupakan alkohol (Prasetyo & Nasrudin, 2013). Gugus -OH membuat permukaan adsorben bersifat polar. Akibatnya, ion logam besi dapat terjerap oleh gugus -OH dari gugus karboksil pada permukaan dengan menghasilkan pertukaran kation sebagai gejala kemisorpsi. Gugus -OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif. Interaksi yang terjadi yaitu interaksi elektrostatis. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut.



Gambar 6. Mekanisme Adsorpsi Fe pada Gugus Fungsi Karboksil (Tarmidzi dkk., 2021)

Menurut Kim dan Shin (2001), karbon aktif memiliki gugus fungsi hidroksil (O-H) dan karboksil (COOH). Pembukaan pori-pori dan pengikatan tar menyebabkan gugus fungsi menjadi aktif. Mekanisme adsorpsi Fe pada gugus fungsi karbon terjadi karena adanya oksidasi Fe²⁺ oleh oksigen (**Gambar 6**). Gugus karboksil yang polar dapat menyumbangkan ion H⁺ sehingga dua gugus karbonil dengan pasangan elektron bebas dapat mengikat ion Fe²⁺ melalui gaya tarik menarik dengan interaksi elektrostatis menghasilkan ikatan kovalen koordinasi (Maneechakorn dan Karnjanakorn, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil karakterisasi karbon aktif kulit jagung menggunakan SAA diperoleh luas permukaan karbon aktif 1,35896 m²/g, volume pori total 3,0099 cm³/g dan diameter pori rata-rata 4,4297 nm, yang menunjukkan bahwa pori karbon aktif kulit jagung berukuran mesopori.
2. Efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi karbon aktif kulit jagung terhadap logam Fe pada konsentrasi 20 ppm dengan massa adsorben 0,5 gram, yang optimum adalah pada waktu

kontak 30 menit, masing-masing sebesar 26,288 % dan 1,0515 mg/g. Lama waktu pengontakan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan pada hasil adsorpsi. Maka dapat disimpulkan bahwa, kemampuan adsorben karbon aktif kulit jagung dalam penyerapan logam besi optimal pada waktu kontak 30 menit, namun apabila melebihi batas waktu tersebut penyerapan logam akan terlepas kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson. (1994). "Physical Chemistry of Surface". John Wiley & Sons, New York.
- Amalia, V. N. (2021). "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dengan Sistem Batch". Tugas Akhir. Surabaya: UIN Sunan Ampel
- Asbahani. (2013). "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi pada Air Sumur. Jurnal Teknik Sipil. UNTAN. 13(1): 105-114
- Bangun, T. A., Zaharah T. A., Shofiyani A. (2016). "Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Buah Karet untuk Adsorpsi Ion Besi (II) dalam Larutan". Jurnal Kimia Khatulistiwa. 5(3): 18-24
- Cahyaningrum, P. U. (2016). "Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi Terhadap Ion Tembaga (III)". Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta
- Erlina, Umiatin, B., Esmar. (2015). "Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Logam Cu". Prosiding Seminar Nasional Fisika. 5(7): 55-59
- Fajar, M., Zul, A. & Harry, A. (2013). "Penentuan Kadar Unsur Besi, Kromium, dan Aluminium dalam Air Baku dan pada Pengolahan Air Bersih di Tanjung Gading dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. Jurnal Saintica Kimia. 1(2): 23-26
- Huda, S., Ratnani, R., D., dan Kurniasari, L. (2020). "Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (Bambusa arundinacea) yang diaktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). Jurnal Inovasi Teknik Kimia. 5(1): 22-27
- Indah, S., Herald, D., Lathifatuzzahrah, S. (2022). "Penyisihan Fosfat dari Air Limbah Artifisial Laundry Memanfaatkan Kulit Jagung sebagai Adsorben". Jurnal Litbang Industri. 12(1): 33-40
- Isa, P., I., M., S., Lukman, H., dan Irfan, A. (2012). "Briket Arang dan Arang Aktif dari Limbah Tongkol Jagung". Universitas Negeri Gorontalo
- Khodaie, M. Ghasemi, N. Moradi, B. Rahimi, M. 2013. Removal of Methylene Blue from Wastewater by Adsorption onto ZnCl₂ Activated Corn Husk Carbon Equilibrium Studies. J. Chem. <https://doi.org/10.1155/2013/383985>
- Maneechakr, P., & Karnjanakom, S. (2019). "Environmental Surface Chemistries and Adsorption Behaviors of Metal Cations (Fe³⁺, Fe²⁺, Ca²⁺ and Zn²⁺) on Manganese Dioxide-Modified Green Biochar". RSC Advances. 9 (42): 24074-24086
- Manullang, C. Y., Lestari, Tapilatu, Y., Arifin, Z. (2017). Assessment of Fe, Cu, Zn, Pb, Cd and Hg in Ambon Bay Surface Sediments. Mar. Res. Indonesia. 42(2): 83-92
- Miranti, S., T., Sudibandriyo, M. (2012). "Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol menggunakan Activating Agent H₃PO₄ dan KOH". Skripsi. Depok: Universitas Indonesia
- National Organic Standards Board Technical Advisory Panel Review. (2002). Activated Carbon Processing. Amerika
- Nurkholifa, A. (2019). "Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Sagu sebagai Adsorben Logam Fe dalam Limbah Laboratorium Kimia". Skripsi. Ambon: Universitas Pattimura
- Nurmayanti, V., Hastuti, E. (2014). "Karakterisasi Sifat Fisis Membran Polimer Matrik Komposit (PMC) dari Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Logam Berat pada Minyak Goreng Bekas". Jurnal Neutrino. 6(2): 119-128
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

- Prabowo A., L. (2009). "Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya untuk Adsorpsi Cu". Skripsi. Universitas Indonesia. Depok
- Prasetyo, Y., Nasrudin, H. 2013. "Penentuan Konsentrasi ZnCl₂ pada Proses Pembuatan Karbon Aktif Tongkol Jagung dan Penurunan Konsentrasi Surfaktan Linier Alkyl Benzene Sulphonate (LAS)". *UNESA Journal of Chemistry*. 2(3): 231-235
- Pratama, R., A. (2017). "Studi Analisis Spesiasi Logam Fe (II) dan Fe (III) Menggunakan Kurkumin Hasil Ekstrak Kunyit (*Curcuma domestica val*) sebagai Senyawa Pengompleks secara Spektrofotometri Ultraungu-Tampak. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Rahayu, A. N dan Adhityawarman., 2014. "Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Besi pada Air Tanah". *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 3(3): 7 – 13
- Rahmadani, N., Kurniawati, P. (2017). "Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas". *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*
- Rahman, A., H., B. (2004). "Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan". *Jurnal MAKARA*. 8(1): 1-6
- Rasman & Saleh, M. (2016). "Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Sistem Aerasi dan Filtrasi pada Air Sumur Gali (Eksperimen). *Higiene*. 2(3):159-167
- Robbika, F. (2022). "Sintesis Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia Menggunakan KOH sebagai Adsorben Logam Berat Cr-VI". *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit Politeknik ATK*. Yogyakarta
- Rokhati, N., Prasetyaningrum, A., Hamada, N. A., Utomo, A. L. C., Kurniawan, H. B., Nugroho, I. H. (2021). "Pemanfaatan Tongkol Jagung sebagai Adsorben Limbah Logam Berat". *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*. 6(2): 89-94
- Shofa. (2012). "Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida". Skripsi. Universitas Indonesia. Depok
- Sudibandriyo, M., Lydia. (2011). "Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia". *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 10(3): 149-156
- Suhendarwati, L., Suharto, B., Susnawati, L. D. (2015). "Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi". *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*
- Zhao, X., Zeng, X, Qin, Y., Li, X, Zhu, T.,Tang, X. (2018). "An Experimental and Theoretical Study of The Adsorption Removal of Toluene and Chlorobenzene on Coconut Shell Derived Carbon". *Chemosphere* 206: 285-292.
Doi : 10/1016/j.chemosphere.2018.04.126dhani,
- R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Penerbit Lambung Mangkurat University Press