

KARAKTERISASI KARBON AKTIF KULIT JENGKOL DENGAN AKTIVATOR H_3PO_4 SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TEMBAGA (Cu)

Hur Haziza, Dui Yanto Rahman, Atina*

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Palembang, Indonesia

*email: atina@univpgri-palembang.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan pembangunan industri menyebabkan meningkatnya produksi limbah logam berat, seperti tembaga yang berdampak buruk pada kesehatan manusia dan lingkungan. Metode adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif telah terbukti efektif dalam mengatasi limbah logam tembaga. Kulit jengkol merupakan salah satu bahan yang berpotensi sebagai adsorben berdasarkan kandungan selulosanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh konsentrasi H_3PO_4 terhadap luas permukaan karbon aktif dari kulit jengkol serta menilai kemampuan daya adsorpsi karbon aktif tersebut dalam mengadsorpsi logam tembaga. Penelitian ini melibatkan aktivasi karbon kulit jengkol menggunakan H_3PO_4 dengan tiga variasi konsentrasi yaitu 0,25 M; 0,50 M; dan 0,75 M. Proses karbonisasi dilakukan menggunakan furnace pada suhu $350^\circ C$ selama 2 jam. Hasil analisis menunjukkan bahwa karbon aktif kulit jengkol memiliki luas permukaan antara $27,76 \text{ m}^2/\text{g}$ hingga $30,16 \text{ m}^2/\text{g}$, sedangkan karbon tanpa aktivator memiliki luas permukaan yang lebih rendah, yaitu hanya $12,95 \text{ m}^2/\text{g}$. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi daya adsorpsi karbon aktif kulit jengkol terhadap logam berat tembaga. Hasil uji menunjukkan bahwa daya adsorpsi karbon aktif kulit jengkol mencapai tingkat optimum sebesar 99,98% pada waktu kontak selama 24 jam, dan 99,97% pada waktu kontak selama 48 jam.

Kata Kunci: Kulit Jengkol; Karbon Aktif; Adsorben; Logam Tembaga

ABSTRACT

[Title: Characterization of Jengkol Peel Activated Carbon with H_3PO_4 Activator as Adsorbent Metals of Copper (Cu)] The development of industrial development has led to an increase in the production of heavy metal waste, such as copper which has a negative impact on human health and the environment. The adsorption method using activated carbon has been proven effective in dealing with copper metal waste. Jengkol peel is a potential material as an adsorbent based on its cellulose content. This study aims to explore the effect of H_3PO_4 concentration on the surface area of activated carbon from jengkol peel and to assess the adsorption capacity of this activated carbon in adsorbing copper metal. This research involved activation of jengkol peel carbon using H_3PO_4 with three concentration variations, namely 0.25 M; 0.50 M; and 0.75 M. The carbonization process was carried out using a furnace at $350^\circ C$ for 2 hours. The results of the analysis show that the activated carbon of jengkol peel has a surface area of between $27.76 \text{ m}^2/\text{g}$ and $30.16 \text{ m}^2/\text{g}$, whereas carbon without an activator has a lower surface area, which is only $12.95 \text{ m}^2/\text{g}$. In addition, this study also evaluated the adsorption capacity of jengkol peel activated carbon on the heavy metal copper. The test results showed that the adsorption capacity of jengkol skin activated carbon reached an optimum level of 99.98% at 24 hours of contact time, and 99.97% at 48 hours of contact time.

Keywords: Jengkol Peel; Activated Carbon; Adsorbent; Copper Metal

PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia telah menjadi negara maju dalam bidang teknologi dengan ditandai meningkatnya pembangunan di bidang industri. Meningkatnya pembangunan di bidang industri diiringi juga dengan tumbuhnya pabrik-pabrik yang menjadi pendukung tumbuhnya dunia industri, walaupun pembangunan di bidang industri ini memberikan dampak positif berupa peningkatan ekonomi masyarakat, pembangunan di bidang ini

juga memberikan dampak negatif berupa tercemarnya lingkungan oleh limbah industri.

Limbah industri umumnya mengandung logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup. Konsentrasi logam berat yang rendah dapat dimanfaatkan untuk mempertahankan metabolisme makhluk hidup, sedangkan konsentrasi logam berat yang tinggi akan menimbulkan masalah besar bagi makhluk hidup (Huseen & Mohammed, 2019). Salah satu limbah industri yang mengandung logam

berat yang sangat berbahaya bagi lingkungan adalah limbah di bidang industri tekstil yang berasal dari zat pewarna. Logam berat yang dihasilkan dari industri tekstil berupa logam berat arsen (As), kadmium (Cd), kromium (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu), seng (Zn) (Komarawidjaja, 2017). Salah satu logam berat yang buruk bagi kesehatan dan lingkungan adalah tembaga. Logam berat tembaga yang terlarut di perairan memberikan dampak buruk bagi makhluk hidup, yaitu berupa efek anemia dan toksisitas lainnya termasuk secara tidak langsung melalui interaksi dengan nutrisi (Aksorn et al., 2022). Upaya menurunkan kandungan logam berat sangat dibutuhkan untuk mengurangi dampak buruk bagi kehidupan makhluk hidup.

Ada beberapa cara untuk mengurangi konsentrasi ion logam yang ada pada limbah cair dan industri pelapisan logam, yakni dengan menggunakan metode pengendapan, filtrasi, pertukaran ion menggunakan resin, dan adsorpsi. Peningkatan pada pencemaran logam berat dapat dikurangi dengan menggunakan metode adsorpsi, karena metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah prosesnya sederhana, biaya yang terjangkau, efektivitas dan efisiensinya yang tinggi sehingga tidak memberikan efek zat beracun (Kusumawardani et al., 2018). Proses adsorpsi merupakan pengelolaan limbah dengan proses filtrasi yang menggunakan adsorben seperti pellet, zeolit, gel silika, alumina, biosorben dan karbon aktif (Pandia & Warman, 2016). Pengikatan zat ke permukaan padat sebagai fase gas atau cair dalam larutan disebut adsorpsi. Zat yang terikat disebut adsorbat, dan zat yang berikatan disebut adsorben (Pandia & Warman, 2016).

Beberapa jenis material yang bisa digunakan sebagai adsorben diantaranya adalah zeolit, silika, dan karbon aktif. Zeolit adalah satu-satunya bahan kristal dengan struktur pori yang baik. Zeolit unik karena dalam strukturnya mengandung aluminium, selain itu memiliki permukaan asam yang kuat, banyak digunakan sebagai penyerap retakan yang sangat baik, zeolit memiliki kemampuan penukar ion. Karakteristik ini digunakan untuk menentukan kation yang berbeda dalam struktur dengan membuat situs selektif untuk adsorpsi (Dąbrowski, 2001). Keuntungan menggunakan zeolit yaitu tingginya daya serap terhadap zat terlarut, tidak larut dalam cairan sampel, mudah didapatkan dan relatif murah (Ngapa et al., 2016). Selain adsorben menggunakan material zeolit ada juga material silika yang dapat dijadikan sebuah adsorben.

Silika yang merupakan padatan berpori dan struktur pori ini terkait dengan luas permukaan, dan ukuran pori yang kecil akan meningkatkan luas

permukaan sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi. Keunggulan material silika memiliki sifat unik, seperti kelembaman, adsorpsi, pertukaran ion yang baik, serta dapat dengan mudah berubah oleh senyawa tertentu dalam peningkatan kinerjanya. Proses pengikatan analit ke permukaan silika dapat diubah, sehingga stabilitas mekanik dan termal yang tinggi dapat digunakan untuk prekonsentrasi atau pemisahan analit (Hardyanti et al., 2017). Dari dua material zeolite dan silika untuk pembuatan adsorben, adapun material karbon aktif yang dapat digunakan dalam pembuatan adsorben.

Karbon aktif adalah bahan karbon dengan luas permukaan internal yang besar dengan struktur amorf dan tingkat porositas yang tinggi. Karbon aktif memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, stabilitas termal yang baik, dan aktivitas permukaan yang menjadi alasan utama penggunaan karbon aktif dalam beberapa tahun terakhir. Karbon aktif dapat dibuat dari bahan-bahan yang mengandung karbon termasuk limbah pertanian seperti cangkang kelapa sawit, akar batang, kulit kayu, bunga, daun dan kulit buah. Kriteria pemilihan karbon aktif adalah kandungan karbon tinggi, kandungan zat anorganik rendah sehingga hasil abu rendah (Yahya et al., 2018). Karbon aktif sebagai salah satu penyerap yang paling populer dan memiliki struktur berpori yang kaya dengan kapasitas adsorpsi yang kuat, sehingga banyak digunakan di berbagai industri untuk pemisahan, pewarnaan, penghilangan kontaminan dalam air dan proses penjernihan air (Tröger et al., 2020).

Karbon aktif merupakan adsorben yang sering dipakai karena mudah untuk didapatkan dan proses dalam pembuatannya yang murah. Material karbon aktif berbentuk amorf dengan luas permukaannya berkisar 300 sampai 3500 m²/g. Adapun proses yang akan dilakukan dalam pembuatannya yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses aktivasi terjadi dengan aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Proses aktivasi fisika dilakukan dengan pemutusan ikatan karbon dari senyawa organik pada suhu tinggi dengan bantuan panas, CO₂, dan uap, sedangkan aktivasi kimia dalam penggunaannya memerlukan beberapa golongan senyawa hidroksida seperti KOH, NaOH, ZnCl₂, dan H₃PO₄ (Handika et al., 2018). Adapun aktivator senyawa H₃PO₄ mempunyai keunggulan seperti suhu aktivasi yang rendah, waktu pengaktifasian yang singkat serta memiliki permukaan yang baik. H₃PO₄ dikenal sebagai aktivator yang baik untuk penyerapan *methylene blue* (MB) dan larutan berair, dibandingkan aktivator ZnCl₂ dan KOH (Ghazoui et al., 2024). Penelitian Sholikhah (2021), pengaruh konsentrasi aktivator asam fosfat (H₃PO₄ dengan variasi

konsentrasi 0,1; 0,5; 1; 1,5; dan 2 M) Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi 2M dengan luas permukaan $52,39 \text{ m}^2/\text{g}$ (Ghazoui et al., 2024).

Material yang mengandung karbon, seperti biomassa digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif. Biomassa merupakan senyawa organik yang berasal dari tanaman, sampah organik, perternakan, dan industri. Penelitian Febriansyah et al., (2015) membuat karbon aktif dari bahan-bahan alami di antaranya dari kulit buah durian menggunakan aktivator KOH 1 N sebagai adsorben logam Fe menggunakan variasi waktu kontak (30, 60, 90, dan 120 menit) dengan massa (1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 g). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja adsorpsi yang baik yakni karbon kulit jengkol dengan waktu kontak 90 menit dengan massa karbon 3 g bernilai efisiensi daya adsorpsinya sebesar 96,75% (Febriansyah et al., 2015). Pandia & Warman, (2016), membuat karbon aktif dari kulit jengkol untuk penyerapan logam Cd (II) dengan variasi aktivator HNO_3 4N dengan variasi rasio kulit jengkol: HNO_3 (20:0,5; 20:1; dan 20:1,5 mg/mL). Hasil adsorben terbaik yang terbaik ialah 1 g dengan daya serap logam Cd (II) sebesar $1,326 \text{ mg/g}$.

Jengkol (*Pithecellobium lobatum*) merupakan tanaman yang ada di Asia Tenggara. Tanaman jengkol menjadi suatu bahan makanan yang disukai masyarakat setempat. Tanaman jengkol biasanya banyak diolah di bagian buahnya, sedangkan untuk kulit jengkolnya akan dibuang sehingga menjadi limbah yang tidak memiliki nilai jual. Salah satu cara untuk mengurangi limbah kulit jengkol ialah dengan mengelola limbah kulit jengkol menjadi sebuah karbon aktif. Kulit jengkol mengandung karbon aktif, hidrogen, oksigen, nitrogen, karbon, hemiselulosa, dan selulosa. Semakin banyak selulosa dalam kulit jengkol, semakin banyak karbon yang dapat dibuat. Karbon aktif adalah padatan berpori yang dihasilkan dari proses pembakaran dan kemudian diaktivasi. Pori-porinya yang besar dan daya serapnya yang tinggi, menyebabkan kulit jengkol memiliki kemampuan untuk mempercepat proses adsorpsi (Pandia & Warman, 2016). Pemanfaatan kulit jengkol sebagai biosorben penyerap logam Pb pada air kolong pasca penambangan timah oleh (Sari & Asriza, 2018) melalui aktivasi HNO_3 , hasil karakterisasi FTIR menunjukkan pergeseran bilangan gelombang pada hidroksil, sulfonil, dan fosfat yang menunjukkan bahwa ketiga gugus fungsi berperan dalam penyerapan logam Pb pada permukaan biosorbent. Kulit jengkol memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben logam Besi (Fe) karena mengandung gugus-gugus aktif OH, spektroskopi

FTIR mengkonfirmasi keberadaan gugus fungsi OH pada kulit jengkol Dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar $8,581 \text{ mg/g}$ (Fildza et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang sebagaimana diuraikan di atas, kulit jengkol berpotensi dimanfaatkan sebagai karbon aktif untuk adsorben logam Cu dengan aktivator. Pengaruh konsentrasi aktivator terhadap luas permukaan karbon aktif kulit jengkol serta kemampuan daya adsorpsi karbon aktif kulit jengkol terhadap logam Cu perlu dianalisis lebih lanjut.

METODE

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu spektrofotometri UV-Vis, ASS (*Atomic Absorption Spectrometry*), *furnace*, *magnetic stirrer*, *beaker glass*, *aluminium foil*, *oven*, cawan porselen, ayakan 200 mesh, mortal dan alu, gunting, spatula, botol vial, neraca digital, gelas ukur, pipet, pipet ukur, pH meter, labu ukur, *elemeyer*, kertas saring, kulit jengkol, H_3PO_4 , *methylene blue*, serbuk tembaga, aquades, aquabides.

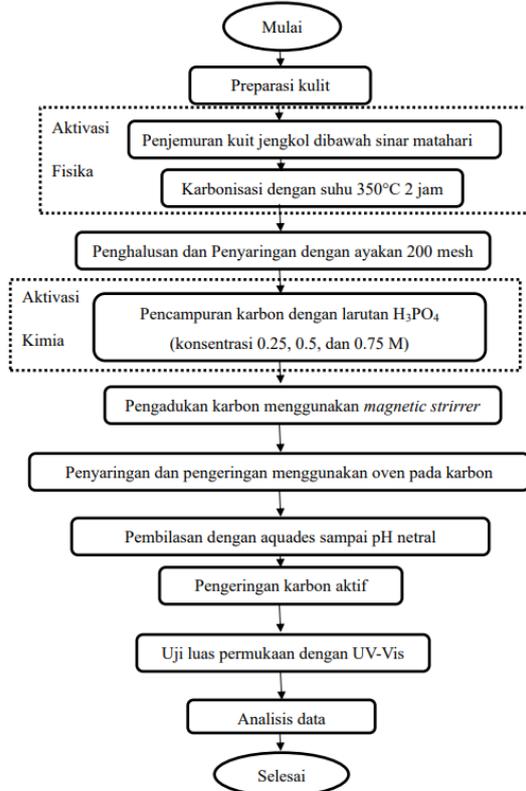
Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Jengkol

Kulit jengkol dicuci bersih dengan air lalu dipotong kecil-kecil dan dilakukan penjemuran kulit jengkol dibawah sinar matahari dalam 2 hari berturut-turut, masing-masing selama 4 jam untuk mengurangi kadar air. Kulit jengkol yang sudah dijemur kering selanjutnya dilakukan pengeringan lebih lanjut menggunakan oven pada suhu 115°C selama 1 jam sebelum proses karbonisasi. Proses karbonisasi dilakukan dengan cara pembakaran kulit jengkol menggunakan *furnace* pada suhu 350°C selama 2 jam. Kulit jengkol dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh, kemudian dilakukan pengaktifan karbon kulit jengkol menggunakan aktivator H_3PO_4 dengan variasi konsentrasi 0,25 M; 0,50 M; 0,75 M. Proses pengadukan campuran karbon dengan aktivator H_3PO_4 menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam di setiap masing-masing variasi konsentrasinya, selanjutnya lakukan penyaringan menggunakan kertas saring lalu keringkan di dalam oven pada suhu 150°C selama 1 jam, lakukan pembilasan menggunakan aquades pada karbon sampai air pembilasan mencapai pH netral. Karbon kulit jengkol dikeringkan kembali di dalam oven dengan suhu 150°C selama 2 jam untuk menguapkan kadar air.

Penentuan Luas Permukaan Karbon Aktif Kulit Jengkol

Penentuan luas permukaan karbon aktif kulit jengkol dapat digunakan metode adsorpsi *methylene blue*. Penentuan panjang gelombang maksimum dengan membuat larutan standar *methylene blue* 16 ppm sebanyak 50 ml, lalu ukur absorbansinya pada panjang gelombang antara 600-680 nm dengan

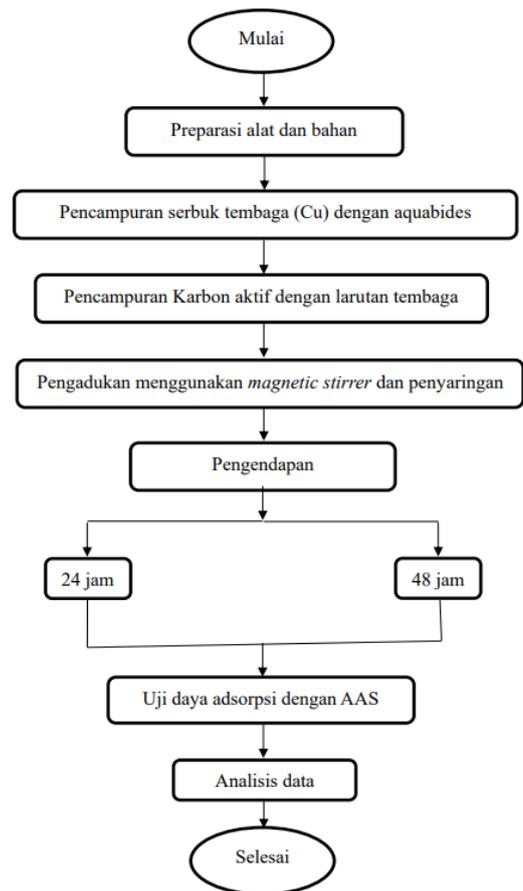
menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pembuatan kurva standar *methylene blue* berdasarkan absorbansi di setiap konsentrasi larutan standar 4, 8, 12, dan 16 ppm pada panjang gelombang maksimum. Penentuan waktu absorpsi optimum dan luas permukaan spesifik dengan mencampurkan 0,1 g karbon dengan 50 ml larutan *methylene blue* 16 ppm di dalam *erlenmeyer*, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan variasi waktu 15 menit dan 30 menit. Larutan disaring dan filtratnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.



Gambar 1. Penentuan luas permukaan karbon aktif kulit jengkol

Prosedur Adsorpsi Larutan Tembaga oleh Karbon Aktif Kulit Jengkol

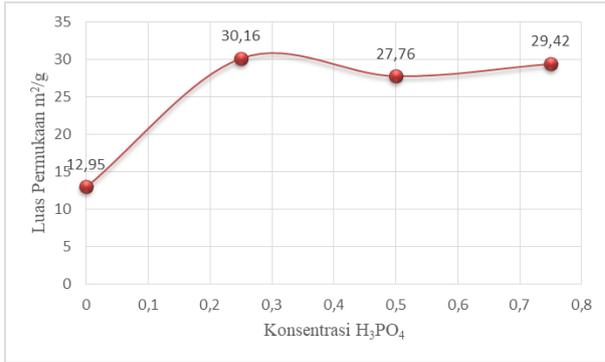
Pembuatan larutan tembaga 300 ppm dengan mencampurkan 0,3 g serbuk tembaga dengan 1000 ml aquabides, lalu tutup campuran tersebut dengan menggunakan *aluminium foil* untuk menghindari paparan cahaya. Karbon aktif kulit jengkol 2 g dicampurkan dengan 50 ml larutan tembaga 300 ppm dan aduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Larutan didiamkan dan disaring dengan variasi waktu kontak 24 jam dan 48 jam, selanjutnya larutan dianalisis menggunakan AAS.



Gambar 2. Proses adsorpsi larutan tembaga oleh karbon aktif kulit jengkol

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*), bertujuan untuk mengetahui luas permukaan karbon aktif kulit jengkol dan mengetahui daya adsorpsi karbon aktif kulit jengkol terhadap tembaga (Cu). Luas permukaan adsorben merupakan komponen penting dalam proses adsorpsi, sehingga karbon aktif yang memiliki luas permukaan tinggi dapat dianggap sebagai adsorben terbaik. Penentuan luas permukaan dengan metode adsorpsi *methylene blue*. Hasil pengujian luas permukaan pada karbon aktif disajikan pada Gambar 3.



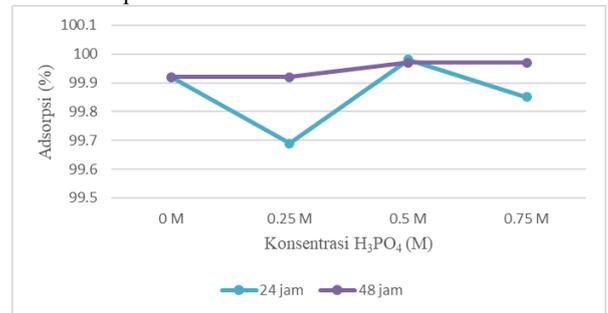
Gambar 3. Luas Permukaan Karbon dengan Variasi Konsentrasi H₃PO₄

Gambar 3 menunjukkan perbandingan pada karbon, karbon yang diaktivasi H₃PO₄ mempunyai luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi. Luas permukaan karbon yang dihasilkan tanpa aktivasi adalah sebesar 12,95 m²/g, sedangkan luas permukaan karbon yang diaktivasi dengan H₃PO₄ 0,25 M adalah sebesar 30,16 m²/g, konsentrasi H₃PO₄ 0,5 M adalah sebesar 27,76 m²/g, dan konsentrasi H₃PO₄ 0,75 M adalah sebesar 29,42 m²/g. Penelitian lain melakukan pembuatan karbon aktif tongkol jagung dengan aktivator H₃PO₄ dan variasi konsentrasi (1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; dan 4 M) menghasilkan luas permukaan karbon aktif yang tertinggi pada konsentrasi 1 M adalah sebesar 23,041 m²/g dan pada konsentrasi 1,5 M sampai konsentrasi 4 M terjadinya hasil yang tidak konsisten dengan luas permukaan yang dihasilkan (Agustin, 2020). Penelitian lain tentang pengaruh konsentrasi aktivator H₃PO₄ (0%, 5%, 10% dan 15%) terhadap karbon aktif ampas tebu, mendapatkan hasil luas permukaan tertinggi pada konsentrasi 5% sebesar 11,0893 m²/g, dan terjadi penurunan luas permukaan pada konsentrasi 10% dan 15% (Hasanah et al., 2022).

Pada konsentrasi 0,25 M ke 0,50 M, luas permukaan mengalami sedikit penurunan, dikarenakan terjadinya peningkatan konsentrasi bahan aktivasi, dan mengakibatkan penurunan pada luas permukaan. Hal ini bisa juga disebabkan oleh jumlah pengotor yang tinggi, sehingga tidak semua pengotor yang ada dapat dihilangkan. Akibatnya, struktur pori-pori yang terbentuk semakin kecil, dan sisa-sisa pengotor yang tertinggal menjadi tertutup. Kapasitas adsorpsi bisa berkurang jika terjadi peningkatan pada massa adsorben yang disebabkan dengan terbentuknya gumpalan akan mengakibatkan menurunnya luas permukaan keseluruhan (Waseem et al., 2014). Proses adsorpsi *methylene blue* dapat dipengaruhi oleh konsentrasi aktivator. Ini karena pada pH yang tinggi

(konsentrasi aktivator yang rendah) lebih banyak sisi aktif (area permukaan yang tinggi) tersedia, sedangkan pada pH yang rendah (konsentrasi aktivator yang tinggi) lebih sedikit sisi aktif tersedia (Ilmi et al., 2017). Penelitian dengan konsentrasi 0,25 M dan pH 5 mendapatkan hasil luas permukaan yang tinggi sebesar 30,16 m²/g, untuk konsentrasi 0,50 M dengan pH 4 mendapatkan hasil luas permukaan yang menurun menjadi 27,76 m²/g, sedangkan untuk konsentrasi 0,75 M dengan pH 4 mendapatkan hasil luas permukaan sebesar 29,42 m²/g.

Daya adsorpsi karbon aktif kulit jengkol terhadap tembaga dikarakterisasikan dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*). Pada proses ini karbon aktif sebagai adsorben dan limbah tembaga sebagai adsorbat dimana terdapat waktu kontak dalam proses ini yang akan mempengaruhi daya serap yang dihasilkan. Hasil pengujian daya adsorpsi karbon aktif kulit jengkol terhadap tembaga yang dihasilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar Limbah Tembaga yang Terserap Oleh Karbon Aktif

Gambar 4. menunjukkan hasil presentase adsorpsi karbon aktif kulit jengkol dalam penyerapan logam tembaga. Penambahan konsentrasi aktivator H₃PO₄ dan variasi waktu kontak antara adsorbat dan adsorben berpengaruh terhadap penyerapan logam berat tembaga. Daya adsorpsi optimal terjadi pada waktu kontak 24 jam sebesar 99,98 %, sedangkan pada waktu kontak 48 jam daya adsorpsi sebesar 99,97%. Pengaruh variasi penambahan waktu kontak terhadap penyerapan limbah tembaga memberikan hasil yang relatif sama terhadap adsorpsi karbon aktif kulit jengkol. Penambahan waktu kontak yang diberikan tidak mengubah adsorpsi karbon aktif kulit jengkol terhadap limbah tembaga dikarenakan pada waktu kontak 24 jam daya adsorpsinya sudah hampir mencapai nilai optimal. Penelitian Nirmala, mengenai adsorpsi ion tembaga (Cu) dan ion besi (Fe) dengan menggunakan arang hayati (*Biocharcoal*) kulit pisang raja (*Musa sapientum*), menunjukkan daya adsorpsi di waktu kontak 30 menit sampai 60 menit terjadi

peningkatan dari 99,42% ke 99,64%, namun kembali menurun di waktu kontak 90 menit dengan presentase 99,52%. Sehingga presentase adsorpsi yang optimum terjadi pada waktu kontak 60 menit (Nimala et al., 2015). Penelitian Rohmatullaili, menunjukkan hasil presentase adsorpsi dengan variasi waktu kontak (10, 25, 40, 55, 85, 100, 115, 130, dan 145 menit) menghasilkan adsorpsi optimum dengan presentase sebesar 99,20% pada waktu kontak 25 menit (Fildza et al., 2022).

Pada penelitian ini terjadi penurunan presentase pada konsentrasi H_3PO_4 0,25 M dengan waktu kontak 24 jam sebesar 99,69%. Hal ini bisa disebabkan semakin meningkatnya konsentrasi ion logam, proses penyerapan karbon akan berkurang, dan jumlah partikel karbon aktif kulit jengkol tidak sebanding dengan jumlah ion logam dalam larutan. Akibatnya, permukaan karbon kulit jengkol akan mencapai titik jenuh, dan ada kemungkinan terjadinya proses pelepasan kembali antara adsorbat dan adsorben. Hal ini disebabkan konsentrasi larutan; semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin rendah adsorpsi larutan ion tembaga hingga batas tertentu (Nimala et al., 2015). Pada penelitian ini, didapatkan bahwa luas permukaan yang tinggi memiliki daya adsorpsi yang rendah. Hal ini sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Agustin, mengenai pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari tongkol jagung dengan aktivator H_3PO_4 sebagai adsorben logam timbal (Pb) (Agustin, 2020). Ketika masih ada ion fosfat, pada permukaan karbon aktif, maka pada saat adsorben diendapkan proses aktivasi dapat menyebabkan pori karbon aktif menutup dan kapasitas adsorpsinya akan menurun. Selain itu, bisa juga karena bentuk pori dari karbon aktif kulit jengkol memiliki luas permukaan yang besar dan menyebabkan kapasitas adsorpsi maksimum yang lebih rendah. Daya adsorpsi juga dapat disebabkan oleh pengaruh pH. Larutan pH berpengaruh pada proses daya adsorpsi dikarenakan pH akan dipengaruhi oleh muatan permukaan adsorben (Riapanitra et al., 2006). Pada kondisi pH asam, proses penyerapan semua ion akan rendah. Hal ini disebabkan permukaan adsorben yang dikelilingi oleh ion H^+ pada pH rendah. Dalam hal ini, tolakan terjadi antara permukaan adsorben dan ion logam, sehingga hanya ada sedikit yang terjadi pada adsorpsi (Sembiring et al., 2010).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan bahwa luas permukaan yang dihasilkan dengan menggunakan metode adsorpsi *methylene blue* dan penambahan aktivator H_3PO_4 pada karbon aktif adalah sebesar $27,76 \text{ m}^2/\text{g} - 30,16 \text{ m}^2/\text{g}$, sedangkan

pada karbon tanpa aktivator menghasilkan luas permukaan yang lebih rendah yaitu $12,95 \text{ m}^2/\text{g}$. Daya adsorpsi karbon aktif yang optimal pada penyerapan logam berat tembaga sebesar 99,98% untuk waktu kontak 24 jam, dan 99,97% untuk waktu kontak 48 jam. Disarankan untuk Penelitian berikutnya agar menggunakan aktivator lain dan menggunakan variasi waktu kontak yang lebih rendah dari 24 jam dan 48 untuk mengetahui perbedaan pada daya adsorpsi karbon aktif kulit jengkol dalam penyerapan logam berat lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D. S. R. (2020). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung Dengan Aktivator H_3PO_4 Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). In *Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*. <http://etheses.uin-malang.ac.id/25185/>
- Aksorn, S., Kanokkantapong, V., Polprasert, C., Noophan, P. (Lek), Khanal, S. K., & Wongkiew, S. (2022). Effects of Cu and Zn contamination on chicken manure-based bioponics: Nitrogen recovery, bioaccumulation, microbial community, and health risk assessment. *Journal of Environmental Management*, 311(March), 114837. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114837>
- Dąbrowski, A. (2001). Adsorption - From theory to practice. *Advances in Colloid and Interface Science*, 93(1–3), 135–224. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(00\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(00)00082-8)
- Febriansyah, B., Chairul, S. T., Reni, S., Msi, Y., Jurusan, M., Kimia, T., & Jurusan, D. (2015). Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Durian sebagai Adsorbent Logam Fe. *Jom FTEKNIK*, 2(2), 1.
- Fildza, M., Rohmatullaili, R., & Oktasari, A. (2022). Utilization of Jengkol Peel (*Pithecellobium jiringa*) as an Adsorbent of Iron Metal. *Walisongo Journal of Chemistry*, 5(2), 130–135. <https://doi.org/10.21580/wjc.v5i2.11582>
- Ghazoui, M., Elkacmi, R., Sylla, A. S., Moulakhnif, K., Touzani, I., & Boudouch, O. (2024). Efficient removal of methylene blue and methyl red dyes using a novel adsorbent derived from *Saponaria officinalis* Root via H_3PO_4 , H_2SO_4 , and KOH -activation: Optimization, kinetics, and isotherm study. *Desalination and Water Treatment*, 318(May),

100378.
<https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100378>
- Handika, G., Maulina, S., & Mentari, V. A. (2018). Karakteristik Karbon Aktif dari Pemanfaatan Limbah Tanaman Kelapa Sawit dengan Penambahan Aktivator Natrium Karbonat (Na_2CO_3) dan Natrium Klorida (NaCl). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(4), 41–44.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v6i4.1597>
- Hardyanti, I. S., Nurani, I., Hardjono HP, D. S., Apriliani, E., & Wibowo, E. A. P. (2017). Pemanfaatan Silika (SiO_2) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 3(2), 37–41.
<https://doi.org/10.32487/jst.v3i2.257>
- Hasanah, H., Sirait, R., & Yusuf Lubis, R. (2022). Pengaruh Konsentrasi Aktivator H_3PO_4 Terhadap Karbon Aktif Ampas Tebu. *Journal Online of Physics*, 8(1), 11–15.
<https://doi.org/10.22437/jop.v8i1.20265>
- Huseen, H. M., & Mohammed, A. J. (2019). Heavy Metals Causing Toxicity in Fishes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1294(6), 17–23.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1294/6/062028>
- Ilmi, M. M., Khoroh, N., Firmansyah, T. B., & Santoso, E. (2017). Optimasi Penggunaan Biosorbent Berbasis Biomassa: Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia Crossipes*) untuk Meningkatkan Kualitas Air. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 6, 129–136.
- Komarawidjaja, W. (2017). Paparan Limbah Cair Industri Mengandung Logam Berat pada Lahan Sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 173.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2047>
- Kusumawardani, R., Anita Zaharah, T., & Destiarti, L. (2018). Adsorpsi Kadmium Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu. *Jurnal Progam Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura*, 7(3), 75–83.
- Ngapa, Y. D., Sugiarti, S., & Abidin, Z. (2016). Hydrothermal transformation of natural zeolite from ende-NTT and its application as adsorbent of cationic dye. *Indonesian Journal of Chemistry*, 16(2), 138–143.
<https://doi.org/10.22146/IJC.21156>
- Nimala, Tiwow, V. M. A., & Suherman. (2015). Adsorpsi Ion Tembaga (Cu) dan Ion Besi (Fe) dengan Menggunakan Arang Hayati (Biocharcoal) Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*). *J. Akad. Kim*, 4(November), 189–196.
- Pandia, S., & Warman, B. (2016). Pemanfaatan Kulit Jengkol sebagai Adsorben dalam Penyerapan Logam Cd (II) pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4), 57–63.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1556>
- Riapanitra, A., Setyaningtyas, T., & Riyani, K. (2006). Penentuan Waktu Kontak dan Ph Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi. *Molekul*, 1(1), 41–44.
<https://doi.org/10.20884/1.jm.2006.1.1.22>
- Sari, F. I. P., & Asriza, R. O. (2018). Biosorbent Kulit Jengkol (*Pithecellobium jiringa*) sebagai Penyerap Logam Pb pada Air Kolong Pasca Penambangan Timah. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 4(2), 83–89.
- Sembiring, Z., Buhani, B., Suharso, S., & Sumadi, S. (2010). The Isothermic Adsorption of Pb(II), Cu(II) and Cd(II) Ions on *Nannochloropsis* sp Encapsulated by Silica Aquagel. *Indonesian Journal of Chemistry*, 9(1), 1–4. <https://doi.org/10.22146/ijc.21556>
- Tröger, R., Köhler, S. J., Franke, V., Bergstedt, O., & Wiberg, K. (2020). A case study of organic micropollutants in a major Swedish water source – Removal efficiency in seven drinking water treatment plants and influence of operational age of granulated active carbon filters. *Science of the Total Environment*, 706, 135680.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135680>
- Waseem, S., Din, M. I., Nasir, S., & Rasool, A. (2014). Evaluation of *Acacia nilotica* as a non conventional low cost biosorbent for the elimination of Pb(II) and Cd(II) ions from aqueous solutions. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(6), 1091–1098.
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.03.020>
- Yahya, M. A., Mansor, M. H., Zolkarnaini, W. A. A. W., Rusli, N. S., Aminuddin, A., Mohamad, K., Sabhan, F. A. M., Atik, A. A. A., & Ozair, L. N. (2018). A brief review on activated carbon derived from agriculture by-product. *AIP Conference Proceedings*, 1972(July).
<https://doi.org/10.1063/1.5041244>