



KOVALEN: Jurnal Riset Kimia

<https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/kovalen>



Isotermal Adsorpsi Ion Tembaga (II) Menggunakan Arang Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Teraktivasi Kalium Permanganat

[Isothermal Adsorption of Copper (II) Ions Using Charcoal from Corn Cobs (*Zea mays* L.) Activated by Potassium Permanganate]

Lisma Habiba, Nov Irmawati Inda[✉], Prismawiryanti, Husain Sosidi, Ni Ketut Sumarni, Dwi Juli Puspitasari, Moh. Mirzan, Jusman

*Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako
Jalan Soekarno-Hatta Km 9, Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Indonesia*

Abstract. Corn cobs which generally only become waste can be processed into activated carbon and used for the absorption of heavy metals, such as copper(II) ions. This study aims to determine the morphology of corn cobs charcoal after activation, determine the isothermal adsorption model of copper (II) metal ions on corncob-activated carbon, and then determine the adsorption capacity of copper (II) metal ions on corncob-activated carbon. The morphology of the corncob-activated charcoal obtained was analyzed using Scanning Electron Microscopy (SEM). Isothermal adsorption of copper (II) ions was carried out with various concentrations of copper (II) ions of 5, 10, 20, 50, and 100 ppm. The results of the analysis using SEM showed that the surface shape of the corncob-activated charcoal is regular and has pores with a pore diameter obtained in the range between 1.08-1.26 μm and 1.38-1.59 μm . The mechanism of adsorption of copper (II) ions by corncob-activated charcoal using KMnO_4 , following the Freundlich isothermal model with a value of R^2 0.9993 with an adsorption capacity of 51×10^{-4} mmol/L. The utilization of activated carbon from corn cobs that are activated by potassium permanganate is very effective for adsorbing copper metal ion pollutants through an adsorption mechanism on the surface of activated carbon.

Keywords : *Activated carbon, corn cobs, KMnO_4 , copper(II) ion, isothermal adsorption*

Abstrak. Tongkol jagung yang umumnya hanya menjadi sampah dapat diolah menjadi karbon aktif dan dimanfaatkan untuk penyerapan logam berat, seperti ion tembaga(II). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui morfologi arang tongkol jagung setelah diaktivasi dan model adsorpsi ion tembaga (II) pada karbon aktif tongkol jagung, serta mengetahui kapasitas adsorpsi ion tembaga (II). Morfologi arang aktif tongkol jagung yang diperoleh dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Isotermal adsorpsi ion tembaga (II) dilakukan dengan variasi konsentrasi ion tembaga (II) 5, 10, 20, 50 dan 100 ppm. Hasil analisis menggunakan SEM memperlihatkan bentuk permukaan arang aktif tongkol jagung yang teratur dan memiliki pori dengan diameter antara 1,08-1,26 μm dan 1,38-1,59 μm . Mekanisme adsorpsi ion tembaga (II) oleh arang aktif tongkol jagung yang diaktivasi menggunakan KMnO_4 mengikuti model isotermal freundlich dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9993 dengan melihat grafik secara eksperimen dan teoritis dengan kapasitas adsorpsi sebesar 51×10^{-4} mmol/L. Penggunaan arang aktif dari tongkol jagung teraktivasi kalium permanganat sangat efektif untuk mengadsorpsi polutan ion logam tembaga(II) melalui mekanisme adsorpsi di permukaan arang aktif.

Kata Kunci: *Arang aktif, tongkol jagung, KMnO_4 , ion tembaga(II), isotermal adsorpsi.*

Diterima: 15 Februari 2023, Disetujui: 30 Maret 2023

Sitasi: Habiba, L., Inda, N.I., Prismawiryanti., Sosidi, H., Sumarni, N.K., Puspitasari, D.J., Mirzan, M., dan Jusman. (2023). Isotermal Adsorpsi Ion Tembaga (II) Menggunakan Arang Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Teraktivasi Kalium Permanganat. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 9(1): 77-84.

[✉] Corresponding author

E-mail: nov_chemuh@yahoo.co.id

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2023.v9.i1.16292>



2477-5398/ © 2023 Habiba et al.
This is an open-access article under the CC BY-SA license.

LATAR BELAKANG

Produksi jagung di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan. Badan Pusat Statistik (2020) menguraikan bahwa secara nasional rata-rata produktivitas jagung 2020 adalah 54,74 ku/ha. Data Badan Pusat Statistik (2018), di Sulawesi Tengah produksi jagung di tahun 2018 sebesar 1,69 ton pipilan kering. Hal lain yang dapat diamati yaitu dari bertambahnya produk-produk makanan yang bahan utamanya terbuat dari jagung. Dapat kita ketahui bahwa semakin banyak jagung yang dikonsumsi dapat mengakibatkan meningkatnya limbah dari tongkol jagung yang dimana hal tersebut dapat berpotensi untuk mencemari lingkungan.

Tongkol jagung yang terbuang menjadi limbah dapat dimanfaatkan pada beberapa hal, salah satunya adalah sebagai bahan pembuatan adsorben. Potensi tongkol jagung sebagai adsorben sangat tinggi karena keseterdiaannya yang banyak atau melimpah, mudah didapat, biayanya murah, ramah lingkungan dan memiliki kadar karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar abu (Meilianti, 2020). Menurut Agustina dan Fitriana (2018), kandungan selulosa pada tongkol jagung mencapai (41%) dan hemiselulosa sebesar (36%) sehingga dapat dijadikan sebagai bahan utama pembuatan karbon aktif. Tingginya kadar selulosa, menyebabkan tongkol jagung bisa dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku dan aplikasinya sebagai adsorben untuk mengurangi pencemaran lingkungan (Martina dkk., 2016). Jenis adsorben yang dibuat dari tongkol jagung ialah arang aktif.

Arang aktif merupakan senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan tahapan karbonisasi dan dilanjutkan

dengan tahapan aktivasi (Fauziah, 2009). Berbagai bahan kimia dapat dijadikan aktivator, seperti asam sulfat, seng klorida, kalium hidroksida dan kalium permanganat (Phainuphong *et al.*, 2019).

Menurut Qanyah *et al.* (2020), kalium permanganat mempunyai sifat pengoksidasi yang kuat dan produk sampingnya tidak beracun. Kalium permanganat berguna meningkatkan kapasitas spesifik karbon aktif, memiliki biaya yang murah serta ramah lingkungan dan dapat larut didalam air (Phainuphong *et al.*, 2019). Arang aktif bisa digunakan sebagai adsorben dalam upaya penyerapan polutan logam.

Logam tembaga banyak ditemukan didalam air, tanah, dan udara baik berbentuk ion ataupun persenyawannya tetapi memiliki jumlah yang sedikit. Logam tembaga yang berlebih dalam tubuh manusia akan merusak sistem fisiologis dan biologis (Zakaria dkk., 2011). Arang aktif dari tongkol jagung dapat dimanfaatkan untuk menyerap logam berat dari air tercemar. Beberapa penelitian telah dilakukan tentang penggunaan adsorben untuk menyerap logam berat dalam air, diantaranya Ningsih dkk. (2016), diperoleh berat optimum dari serbuk tongkol jagung dalam mengadsorpsi ion timbal adalah 80 mg sebesar 58,68 ppm dengan persentase ion timbal terserap sebesar 96,92%. Menurut Lestari (2012), kondisi optimum untuk penyerapan logam Cu adalah pada massa adsorben 1,5g, pH 6 dengan lama pengadukan 30 menit, efisiensi penyerapan ion logam Cu diperoleh sebesar 71,76%.

Penelitian mengenai kajian isotermal adsorpsi ion tembaga (II) dengan menggunakan arang tongkol jagung (*Zea mays* L.) yang diaktivasi dengan kalium

permanganat menjadi hal baru dengan tujuan mendapatkan model adsorpsi ion tembaga(II) dan mengetahui kapasitas adsorpsi dari arang aktif tongkol jagung.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan terdiri atas tongkol jagung, akuades, kalium permanganate (Merck), tembaga sulfat (Merck), asam sulfat (Merck), dan natrium hidroksida (Merck).

Alat yang digunakan yaitu ayakan 100 mesh, furnace, neraca analitik, oven, shaker, buchner, vakum, pH meter, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) PG Instrumnet type 990, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

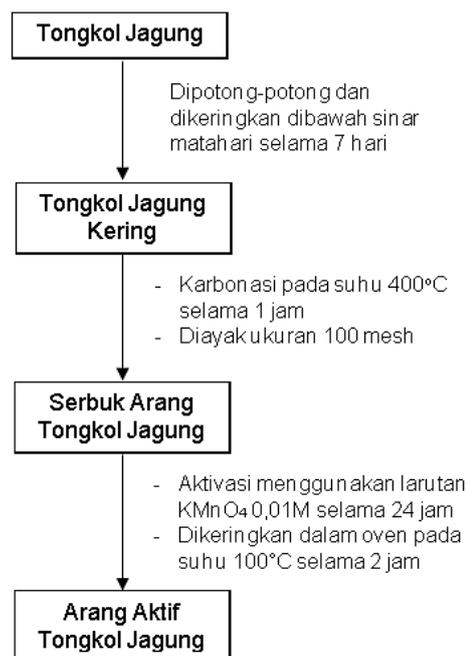
Prosedur Penelitian

Pembuatan arang

Tongkol jagung dipotong kecil-kecil kemudian dicuci sampai bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 hari. Tongkol jagung yang telah kering dikarbonasi menggunakan *furnace* pada suhu 400°C selama 1 jam. Arang tongkol jagung yang telah diperoleh selanjutnya dihancurkan dan diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 100 mesh untuk mendapatkan serbuk arang (Modifikasi metode Meilanti, 2020).

Aktivasi arang tongkol jagung

Proses aktivasi dilakukan menggunakan larutan KMnO_4 0,01M selama 24 jam. Arang yang telah diaktivasi kemudian disaring dan dicuci dengan menggunakan akuades sampai pH netral. Arang aktif selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2 jam (Modifikasi metode Meilanti, 2020). Morfologi arang aktif tongkol jagung dianalisis menggunakan SEM.



Gambar 1. Skema pembuatan arang aktif

Penyerapan ion Cu^{2+} pada berbagai konsentrasi

Arang aktif tongkol jagung sebanyak 1,5 g masing-masing ditambahkan ke dalam larutan ion tembaga (II) 50 mL dengan variasi konsentrasi 5, 10, 20, 50 dan 100 ppm, lalu dikocok selama 30 menit pada kecepatan 200 rpm. Campuran reaksi disaring dan filtrat ditampung kemudian dianalisis dengan menggunakan SSA (Modifikasi metode Nurhasni dkk., 2014).

$$\% \text{ teradsorpsi} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100 \quad \dots(1)$$

dimana, C_{awal} adalah konsentrasi awal ion tembaga dan C_{akhir} adalah konsentrasi ion tembaga setelah adsorpsi.

Isotermal adsorpsi ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2 dan 3.

Persamaan isothermal Langmuir

$$\frac{C_{\text{eq}}}{q_{\text{eq}}} = \frac{1}{q_{\text{max}}} C_{\text{eq}} + \frac{1}{Kq_{\text{max}}} \quad \dots(2)$$

Persamaan isothermal Freundlich:

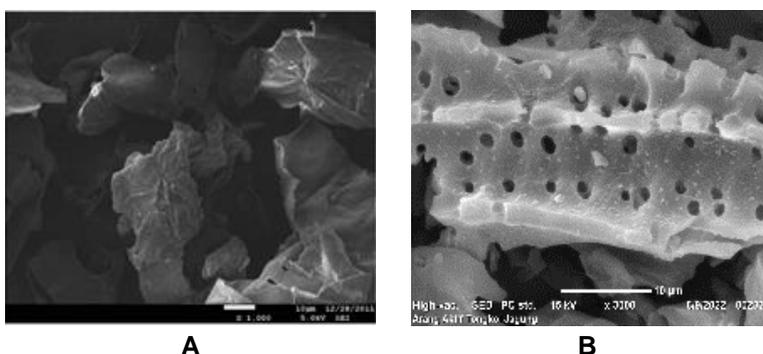
$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad \dots(3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi dan Ukuran Pori Arang Aktif

Morfologi dan ukuran pori arang aktif ditentukan menggunakan SEM. Gambar 1 menunjukkan mikroskop SEM tanpa perlakuan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2A dan Gambar 2B, merupakan arang yang telah diaktivasi. Pada Gambar 2A dapat dilihat pada permukaan adsorben memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda, tidak beraturan dan tidak memperlihatkan struktur pori yang jelas. Hal ini

dikarenakan kandungan zat pengotor pada permukaan menutupi pori adsorben. Pada gambar 2B, merupakan arang yang telah diaktivasi dapat dilihat bahwa morfologi permukaan adsorben memiliki bentuk teratur dan pori terbuka, ini menunjukkan bahwa fungsi perendaman karbon dengan KMnO_4 memberikan efek yang baik. Arang aktif tongkol jagung menggunakan KOH dilaporkan perbesaran pori setelah diaktivasi (Yuningsih dkk., 2016).



Gambar 2. Morfologi tongkol jagung sebelum aktivasi (a) (Tang *et al.*, 2016) dan (b) setelah aktivasi.

Sesuai dengan penelitian Pang *et al.* (2015), karbon aktif dimodifikasi dengan KMnO_4 menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dan rongga pori akan terbuka. Hal ini dikarenakan KMnO_4 mampu melarutkan zat pengotor pada adsorben. Menurut Qanytah *et al.* (2020), senyawa kalium permanganat merupakan oksidator yang kuat sehingga mampu menghilangkan zat pengotor pada permukaan karbon.

Diameter pori yang terbentuk pada arang aktif tongkol jagung yaitu 1,08; 1,25; 1,26; 1,38 dan 1,59 μm . Penelitian lainnya yang menggunakan arang aktif tongkol jagung dengan aktivator asam sulfat memiliki pori yang terbuka dengan diameter 1,52 μm (Mantong dkk., 2018). Arang aktif tongkol jagung yang teraktivasi KOH dilaporkan memiliki lebar pori 26,41 μm (Yuningsih dkk., 2016).

Adsorpsi Ion Tembaga (II) oleh Arang Aktif Tongkol Jagung

Hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh jumlah ion tembaga (II) yang teradsorpsi oleh arang aktif tongkol jagung seperti ditampilkan pada Tabel 1. Daya serap optimum karbon aktif tongkol jagung yang diaktivasi dengan kalium permanganat diperoleh pada konsentrasi 100 ppm sebesar 99,83% (Tabel 1).

Pada penelitian lainnya, hasil penyerapan tembaga dengan menggunakan adsorben arang tongkol jagung yang diaktivasi menggunakan natrium hidroksida sebesar 47,57% (Purba, 2018). Adapun hasil penelitian bahwa 1,5g arang tongkol jagung yang diaktivasi dengan H_2O_2 mampu mengadsorpsi tembaga hingga 79,5% (Cheristica, 2018). Hasil ini membuktikan bahwa arang tongkol jagung menggunakan aktivator kalium

permanganat lebih baik dibandingkan aktivator natrium hidroksida dan hidrogen peroksida. Sementara itu, arang aktif tongkol jagung juga dilaporkan memiliki potensi yang besar dalam menyerap logam timbal hingga 96,92% (Ningsih dkk., 2016). Berdasarkan hal tersebut, maka arang aktif tongkol jagung memiliki potensi besar sebagai adsorben dalam mengadsorpsi logam berat.

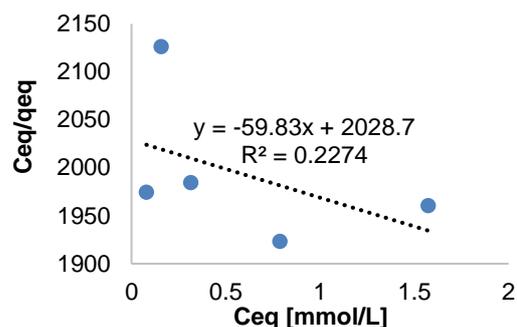
Tabel 1. Persentase adsorpsi ion tembaga (II) oleh arang aktif tongkol jagung

C awal (ppm)	C sisa (ppm)	C terserap (ppm)	Persentase teradsorpsi (%)
5	0,0097	4,990	99,80
10	0,0166	9,983	99,83
20	0,0340	19,966	99,83
50	0,0853	49,915	99,83
100	0,1660	99,834	99,83

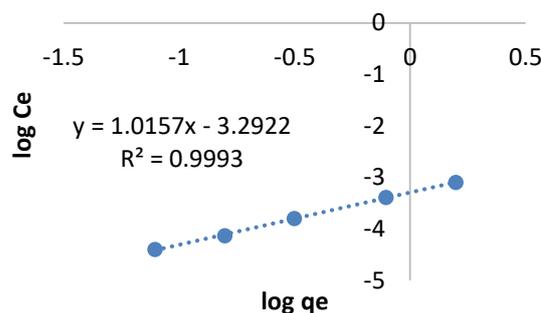
Tipe Isotermal Adsorpsi Ion Tembaga (II)

Penentuan Isotermal adsorpsi penting dilakukan karena dapat memberikan gambaran yang representatif terhadap hasil pengujian dan juga dapat menjadi dasar dalam pembuatan desain reaktor kontinyu. Tipe isotermal adsorpsi yang dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi yaitu fase padat-cair umumnya menganut tipe isotermal Langmuir dan Freundlich (Atkins, 1990).

Langmuir mengasumsikan bahwa adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben yang homogen (monolayer). Setelah adsorbat menempati salah satu area pada adsorben maka tidak ada adsorpsi lebih lanjut yang terjadi pada area tersebut, sedangkan isotermal Freundlich menjelaskan bahwa adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben bersifat heterogen (multilayer) (Saadi et al., 2015).



Gambar 3. Kurva isoterm Langmuir



Gambar 4. Kurva isoterm Freundlich

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 diketahui bahwa mekanisme penyerapan ion tembaga (II) ke dalam adsorben tidak mengikuti model isotermal Langmuir melainkan model isotermal Freundlich. Hal ini dilihat dari kesesuaian jumlah ion tembaga (II) yang teradsorpsi secara eksperimen dan teoritis. Diketahui nilai koefisien relasi linear Langmuir R^2 sebesar 0,2274, sedangkan pada Freundlich sebesar 0,999. Model kesetimbangan Langmuir atau Freundlich dapat ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi (R^2), nilai korelasi yang mendekati angka 1 menunjukkan data penelitian mengikuti model kesetimbangan tersebut (Estiaty, 2013).

Bukti lain yang menyatakan bahwa proses adsorpsi ion tembaga (II) mengikuti model isotermal Freundlich yaitu nilai R_L pada model isotermal Langmuir adalah lebih dari 1, sedangkan model isotermal Freundlich adalah

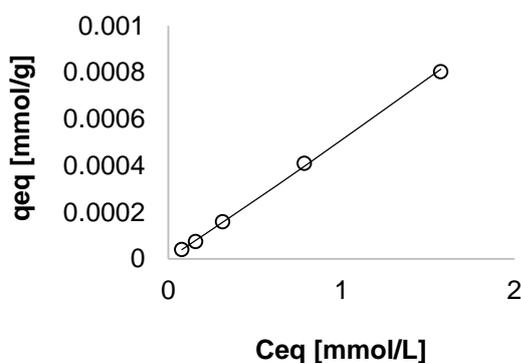
kurang dari 1. Menurut Ayawei *et al.* (2017), bahwa Nilai R_L menunjukkan adsorpsi tidak mengikuti model isoterml Langmuir ketika $R_L > 1$, dan mengikuti model isoterml Langmuir ketika $0 < R_L < 1$, dan ireversibel ketika $R_L = 0$. Selanjutnya mengasumsikan bahwa adsorpsi multilayer dan adsorpsi maksimum terjadi ketika molekul teradsorpsi pada bentuk permukaan adsorben membentuk lapisan-lapisan. Anggriani dkk. (2021) juga melaporkan bahwa karbon aktif komersial (Haycarb) mengikuti model isothermal Freundlich dalam menyerap ion logam Cu^{2+} dengan konsentrasi 100 pm.

Kapasitas Adsorpsi Ion Tembaga (II) Pada Karbon Aktif Tongkol Jagung

Isoterml Langmuir

Isoterml adsorpsi Langmuir adalah proses adsorpsi yang terjadi pada lapisan tunggal saja (monolayer) dan semua situs pada permukaannya memiliki sifat yang homogen (Sari & Widiastuti, 2009).

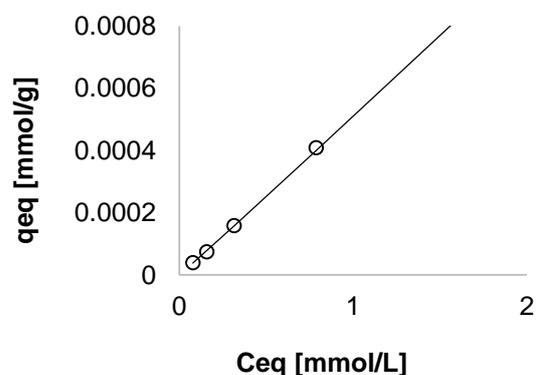
Kapasitas serapan dari karbon aktif tongkol jagung terhadap ion tembaga (II) dihitung menggunakan persamaan isoterml Langmuir dan hasil pengukuran konsentrasi ion tembaga (II) dalam larutan serta yang terserap diplotkan antara C_{eq}/q_{eq} terhadap C_{eq} , berdasarkan Gambar 5. Q_{max} dari karbon aktif tongkol jagung yaitu (-0,0167 mmol/gr).



Gambar 5. Model isoterml Langmuir

Isoterml Freundlich

Persamaan isoterml Freundlich adalah isoterml yang molekul-molekul adsorbatnya pada permukaan adsorben membentuk lapisan monolayer. Isoterml Freundlich menyatakan adsorpsi terjadi memiliki sifat yang heterogen (multilayer) pada permukaan penyerap (Saadi *et al.*, 2015). Isoterml Freundlich yaitu persamaan empirik yang dikembangkan berdasarkan adsorpsi multi lapisan, itu sebabnya untuk mengetahui kapasitas serapan adsorben terhadap ion tembaga (II) dihitung menggunakan persamaan isoterml Freundlich.



Gambar 6. Model isoterml Freundlich

Data hasil pengukuran konsentrasi ion tembaga (II) dalam larutan serta yang terserap diplotkan antara C_e terhadap q_e , diperoleh hasil seperti diperhatikan pada Gambar 6. kapasitas adsorpsi (KF) yang diperoleh yaitu 0,00051 mmol/L. Menurut Boparai *et al.* (2011), KF adalah kapasitas adsorpsi itu juga menunjukkan distribusi relatif dari energi dan heterogenitas situs adsorbat. Menurut hasil penelitian Afwa (2020), menyatakan bahwa hasil analisis isoterml kesetimbangan adsorpsi menggunakan adsorben tongkol jagung yaitu isoterml Freundlich dengan kapasitas adsorpsi logam Cr sebanyak 1,241 mg/g dan Fe sebesar 0,235 mg/g.

KESIMPULAN

Morfologi karbon tongkol jagung setelah diaktivasi menggunakan kalium permanganat memiliki bentuk yang teratur dan berpori dengan diameter pori yang terbentuk sebesar 1,08; 1,25; 1,26; 1,38 dan 1,59 μm . Kadar ion tembaga (II) yang dapat teradsorpsi dengan arang aktif dari tongkol jagung mencapai 99,83%. Model isothermal adsorpsi menggunakan arang aktif tongkol jagung mengikuti isothermal Freundlich ialah adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben bersifat heterogen (multilayer) dengan nilai R^2 yaitu 0,9993 dan kapasitas adsorpsi 0,00051 mmol/L. Penggunaan arang aktif dari tongkol jagung teraktivasi kalium permanganat sangat efektif untuk mengadsorpsi polutan ion logam tembaga melalui mekanisme adsorpsi dipermukaan arang aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- And Kinetic Studies. *Oriental of Chemistry*, 31(30), 1307-1318.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Produksi Jagung Menurut Provinsi 2014-2018*. BPS-RI/BPS-Statistik Indonesia, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Analisis Jagung Dan Kedelai Di Indonesia 2020 (Hasil Survey Ubinan)*. BPS-RI/BPS-Statistik Indonesia, Jakarta.
- Boparai H. K, M. Joseph, and D. M. O'Carroll. (2011). Kinetics and thermodynamics of cadmium ion removal by adsorption onto nano zerovalent iron particles. *Journal of Hazardous Materials*. 186(1), 458–465.
- Cheristica, I., Muchlisyam., dan Julia. R. (2018). Activated Carbon Utilization from Cron Cob (*Zea mays*) As A Heavy Metal Adsorbent in Industrial Waste. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*, 6(5), 1-4.
- Fauziah, N. (2009). Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung Dari Kulit Acasia Manginum Wild Dengan Aktivasi Fisika Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben. [*Skripsi*]. IPB, Bogor.
- Estiaty, L.M. (2013). Keseimbangan dan Kinetika Adsorpsi Ion Cu^{2+} Pada Zeolit-H. *Riset Geologi dan Pertambangan*. 22(2), 127-141.
- Lestari, P.P. (2012). Pemanfaatan Arang Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Ion Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Dalam Air Limbah. [*Skripsi*]. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Martina, D., Hastuti, R. dan Didik Setiyo Widodo. 2016. Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (*Zea mays*) dengan Polivinil Alkohol (PVA) untuk Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb^{2+}). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(3), 77–82.
- Meilianti. (2020). Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Karbonat (Na_2CO_3). *Jurnal Distilasi*, 5(1), 14-20.
- Mantong, J.O., Argo, B.D., dan Susilo, B. (2018). Pembuatan Arang Aktif Dari Limbah Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal*
- Afwa, B.U. (2020). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays*) Sebagai Adsorben Terhadap Logam Kromium (Cr) Dan Besi (Fe) Pada Limbah Cair Laboratorium. [*Skripsi*]. Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unmul, Samarinda.
- Anggriani, U.F., Hasan, A., Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(2), 29-37.
- Agustina, S., dan Fitriana, A. (2018). Proses Peningkatan Luas Permukaan Karbon Aktif Tongkol Jagung. *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi 2018*, Fakultas Teknik Universitas Pancasila, hlm: 440–446.
- Atkins, P, W. (1990). *Physical Chemistry 7 Th Edition*. Oxford University Press Inc. USA.
- Ayawei. N., Ekubo. A.T., Wankasi. D, and Dikio. E. D. (2017). Adsorption of Congo Red By Ni/Al-Co3: Equilibrium, Thermodynamic

- Keternakan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 6(2), 100-106.
- Ningsih, A. D., Said, I., dan Ningsih, P. (2016). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dari Larutannya Dengan Menggunakan Adsorben Dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 55-60.
- Nurhasni., Hendrawati., dan Saniyyah, N. (2014). Sekam Padi Untuk Menyerap Ion Logam Tembaga Dan Timbal Dalam Air Limbah. *Jurnal Kimia Valensi*, 4(1), 36-44.
- Pang, M., Liu, B., Kano, N., Imaizumi, H. (2015). Adsorption of Chromium (VI) onto Activated Carbon Modified with $KMnO_4$. *J. Chem. Chem. Eng.*, 9, 280-287.
- Phainuphong S, Taweekun J, Theppaya T and Maliwan K. 2019. Synthesis and Characterization Of Activated Carbon Derived From Rubberwood Sawdust By Using Koh/ $Kmno_4$ As Multiple Function Aktivation Agents. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 1163, 012019. The 9th International Conference on Engineering and Technology (ICET-2021) May 27th, 2021, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University (PSU), Thailand.
- Purba, Jepri Greiva M. 2018. Penyerapan Logam Berat (Cu, Pb, Dan Cd) Dalam Air Lindi TPA Terjun Dengan Menggunakan Arang Aktif Yang Berasal Dari Limbah Biomassa. [Tesis]. Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Saadi, R., Saadi, Z., Fazaeli, R., and Fard, N. E. 2015. Monolayer and multilayer adsorption isotherm models for sorption from aqueous media. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 32(5), 787-799.
- Sari, I.P., dan Widiastuti, N. (2009). Adsorpsi Methylen Blue Dengan Abu Dasar. Pt. IPMOMI Probolinggo Jawa Timur Dan Zeolit Berkarbon. *Prosiding Skripsi Semester Gasal 2009/2010*. Kimia Fmipa Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Tang S, Yao Chen, Ruzhen Xie, Wenju Jiang and Yanxin Jiang. 2016. Preparation of Activated Carbon From Corn Cob And Its Adsorption Behavior On Cr(VI) Removal. *Water Sci Technol.*, 73(11), 2654-2661.
- Qanytah., Syamsu, K., Fahma, F., and Pari, G. (2020). Characterization of Ball-Milled Sago Pith Waste-Based Activated Carbon Treated With KOH And $Kmno_4$ As Activating Agent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 935, 012043, International Conference on Forest Products (ICFP) 2020: 12th International Symposium of IWORS 1 September 2020, Bogor, Indonesia.
- Yuningsih L.M., Mulyadi, D., Kurnia, A.J. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Aktif dari Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa Terhadap Luas Permukaan dan Daya Jerap Iodin. *Jurnal Kimia Valensi*, 2(1), 30-34.
- Zakaria, A., Rohaeti, E., Batubara, I., Sutisna., dan Purwamargapratala, Y. (2012). Adsorpsi Cu (II) Menggunakan Zeloit Sintesis Dari Abu Terbang Batu Bara. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2012*. Serpong, 3 Oktober 2012, hlm. 190-194.