

Adsorpsi Ion Logam Fe dan Zn pada Air Limbah Menggunakan Karbon Aktif dari Batubara Peringkat Rendah

Indah Permata Sari¹, Suliestyah^{2,}*

1. *Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Indonesia*

2. *Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Indonesia*

**Email: suliestyah@trisakti.ac.id*

SARI

Indonesia memiliki cadangan batubara peringkat rendah yang sangat melimpah. Batubara ini memiliki kadar air tinggi dan nilai kalor rendah sehingga akan menimbulkan banyak kerugian dalam pemanfaatannya sebagai sumber energi. Sehingga perlu dicari alternatif penggunaan batubara peringkat rendah seperti sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Studi ini bertujuan untuk menghasilkan karbon aktif berbahan dasar batubara yang memiliki daya adsorpsi tinggi terhadap logam berat dalam air limbah. Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui tahap aktivasi dengan ZnCl_2 sebagai aktivator dan tahap karbonisasi dengan melakukan pemanasan pada batubara. Daya adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan dianalisa dengan menggunakan air limbah yang berasal dari laboratorium kimia. Kadar ion logam Fe dan Zn sebelum dan setelah adsorpsi dianalisa dengan menggunakan SSA. Uji adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan berat adsorben dan waktu kontak adsorpsi. Dua jenis karbon aktif dengan ukuran butir berbeda, yaitu 80 mesh dan 100 mesh dibuat kemudian dipilih karbon aktif dengan bilangan iodin tertinggi untuk digunakan pada uji adsorpsi. Karbon aktif 80 mesh menghasilkan yield sebesar 41% dan bilangan iodin tertinggi sebesar 1323 mg/g sehingga digunakan pada uji adsorpsi. Pada analisis pengaruh ukuran butir diperoleh bahwa berat karbon aktif 1200 mg menghasilkan serapan Fe dan Zn tertinggi yaitu sebesar 43% dan 81% berturut-turut. Sedangkan pada analisis pengaruh waktu kontak diperoleh waktu kontak optimal untuk adsorpsi Fe adalah 48 jam dengan nilai serapan 59% dan waktu kontak 24 jam untuk adsorpsi Zn dengan nilai serapan 41%. Karbon aktif yang dihasilkan pada studi ini memiliki kemampuan adsorpsi yang cukup tinggi sehingga efektif digunakan sebagai adsorben logam berat dalam air limbah.

Kata kunci: karbon aktif, batubara peringkat rendah, adsorpsi, air limbah.

ABSTRACT

Indonesia has abundant low rank coal reserves. This coal has high moisture content and low calorific value, so that it will cause a lot of losses in its utilization as an energy source. So it is necessary to find an alternative to the use of low rank coal as a raw material for the synthesis of activated carbon.

How to Cite: Sari, I.P., Suliestyah., 2021. Adsorpsi Ion Logam Fe dan Zn pada Air Limbah Menggunakan Karbon Aktif dari Batubara Peringkat Rendah. Jurnal Geomine, 9 (3): 198-205.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submite 30 Juni 2021

Received in from 02 Juli 2021

Accepted 15 September 2021

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



The purpose of this study is the synthesis of activated carbon from low rank coal which can be used as an adsorbent for heavy metals in wastewater, especially chemical laboratory waste. The synthesis of activated carbon was conducted through activation stage with $ZnCl_2$ as an activator and carbonization stage by heating coal. The concentration of Fe and Zn metal ions were analyzed using AAS. The adsorption test was carried out by varying the adsorbent dose and adsorption contact time. Two types of activated carbon with different grain sizes, namely 80 mesh and 100 mesh were made and then selected activated carbon with the highest iodine number for use in the adsorption test. The 80 mesh activated carbon produced a yield of 41% and the highest iodine value was 1323 mg/g so it was used in the adsorption test. In the analysis of the effect of grain size, the weight of 1200 mg activated carbon produced the highest Fe and Zn absorptions of 43% and 81%, respectively. Meanwhile, the optimal contact time for Fe adsorption was 48 hours with an absorption value of 59% and a contact time of 24 hours for Zn adsorption with an absorption value of 41%. The synthesized activated carbon has the ability to remove Fe and Zn metal ions in wastewater.

Keyword: *activated carbon, low rank coal, adsorption, wastewater.*

PENDAHULUAN

Batubara peringkat rendah merupakan batubara yang keberadaannya sangat berlimpah di Indonesia dengan nilai cadangan mencapai 60%. Batubara jenis ini memiliki kadar air tinggi, kadar abu tinggi dan nilai kalor rendah sehingga tidak ideal jika dimanfaatkan untuk produksi energi (Gokce et al., 2020). Karena sifat reaktivitasnya yang tinggi, menyebabkan batubara memiliki kemudahan dalam pengaturan struktur dan pembentukan pori (Li et al., 2018). Hal ini mengakibatkan batubara sangat cocok dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif.

Karbon aktif memiliki sifat permukaan yang reaktif dan volume pori yang besar dan kadungan karbon yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan polutan yang terdapat pada air limbah (Sun et al., 2016) seperti limbah pabrik kokas (Sriramoju et al., 2021) dan limbah dari kegiatan pertambangan (Sulistyah et al., 2020b). Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai yang mengandung karbon dengan kadar yang tinggi seperti biomassa, diantaranya tempurung kelapa (Liang et al., 2020), cangkang sawit (Yuliusman et al., 2017) dan ampas kopi (Pagalan et al., 2019). Akan tetapi jumlahnya yang terbatas dapat menjadi hambatan pengaplikasian karbon aktif sebagai adsorben dalam skala industri. Sehingga penggunaan batubara yang ketersediaannya melimpah dan mudah diakses perlu dilakukan untuk memperoleh karbon aktif dengan daya adsorpsi tinggi serta dapat diaplikasikan pada skala industri.

Studi mengenai pemanfaatan batubara peringkat rendah sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif cukup banyak ditemukan. Ramadhan, dkk menggunakan batubara sub-bituminus untuk membuat karbon aktif dengan bilangan iodin yang cukup rendah yaitu 493 mg/g (Ramadhan et al., 2016). Padmawati, dkk memanfaatkan lignit dalam pembuatan karbon aktif akan tetapi menghasilkan bilangan iodin yang sangat rendah yaitu 46,75 mg/g (Padmawati and Kurniawan, 2017). Sehingga pemanfaatannya sebagai adsorben belum dapat diterapkan dalam skala besar. Nilai bilangan iodin merupakan indikator luas permukaan dan daya adsorpsi karbon aktif.

Studi pendahuluan telah dilakukan untuk mensintesis karbon aktif yang memiliki kapasitas adsorpsi tinggi dengan menggunakan batubara peringkat rendah. Karbon aktif dengan bilangan iodin tertinggi sebesar 1274.8 mg / g dihasilkan pada studi sebelumnya (Sulistyah and Sari, 2021). Akan tetapi tidak dilakukan uji adsorpsi sehingga perlu dilakukan studi lanjutan untuk mengetahui daya adsorpsi karbon aktif dari batubara peringkat rendah.

Pada studi ini dilakukan uji adsorpsi menggunakan air limbah untuk mengetahui kemampuan adsorpsi ion logam berat terutama ion logam Fe dan Zn.

METODE PENELITIAN

Persiapan Bahan

Batu bara yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif pada studi ini berasal dari Bangko, Sumatera Selatan. Aktivator yang digunakan adalah ZnCl_2 dan juga digunakan bahan lain seperti larutan Iod, larutan natrium tiosulfat, HCl, larutan kalium iodida, indikator kanji, aquadest dan gas nitrogen. Uji daya adsorpsi karbon aktif menggunakan air limbah dari Laboratorium Kimia, Universitas Trisakti.

Sintesis Karbon Aktif

Analisa proksimat dan penentuan nilai kalor dilakukan pada batubara bahan baku. Pada studi ini dibuat karbon aktif dengan ukuran butir 80 mesh dan 100 mesh. Batubara direaksikan dengan larutan ZnCl_2 disertai pengadukan selama 30 menit. Kemudian pemanasan hingga suhu 80°C dilakukan selama 3 jam selanjutnya dilakukan proses pengeringan. Karbonisasi dilakukan dengan mengalirkan gas nitrogen pada suhu 500°C selama 1 jam. Bobot campuran sebelum dan sesudah karbonisasi dicatat untuk menghitung perolehan (Yield).

Analisis Bilangan Iodin (SII 0258 – 89)

Karbon aktif dan HCl dipanaskan selama 30 detik, lalu didinginkan hingga suhu kamar. Kemudian larutan iodin 0,1 N ditambahkan diikuti dengan pengocokan dan penyaringan. Filtrat dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N serta larutan kanji sebagai indikator.

Analisis Daya Serap Karbon Aktif

Karbon aktif hasil sintesis dianalisis daya adsorpsinya dengan melakukan uji adsorpsi menggunakan air limbah dari Laboratorium Kimia. Pada air limbah terdapat ion logam Fe dan Zn dimana konsentrasinya ditentukan dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) Karbon aktif dengan variasi logam berat (100, 200, 400, 600, 800, 1000, dan 1200 mg) serta air limbah dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan diletakkan pada shaker dengan kecepatan 150 rpm dengan waktu kontak tertentu (24, 48, dan 72 jam). Kemudian dilakukan pemisahan filtrat dan endapan sehingga konsentrasi ion logam pada filtrat setelah proses adsorpsi dapat dianalisa menggunakan SSA.

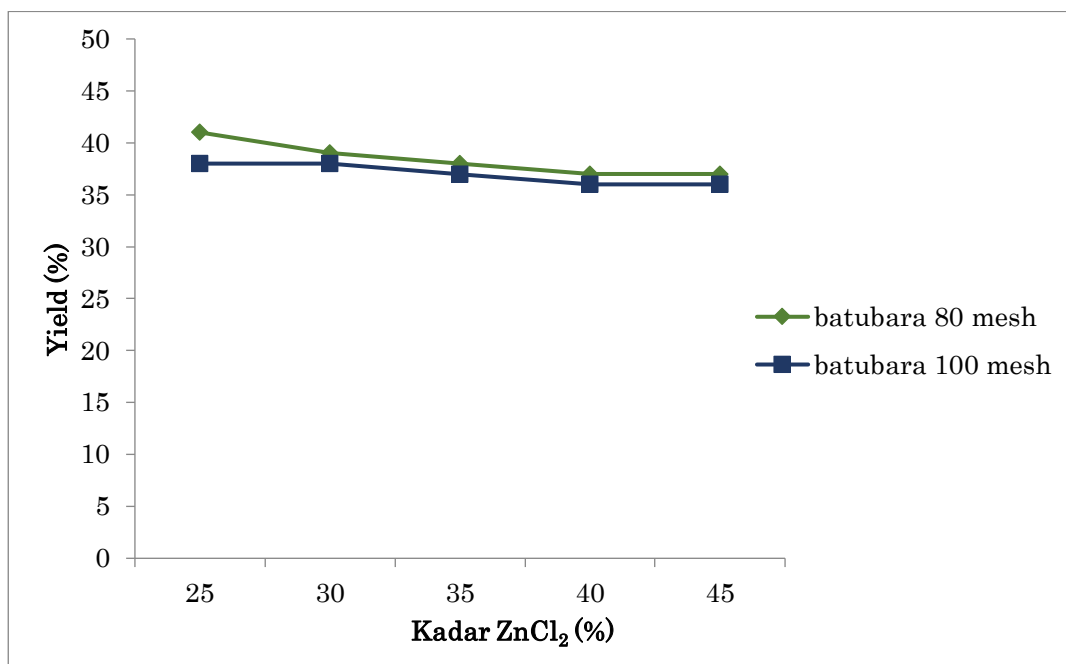
HASIL PENELITIAN

Analisa proksimat dan penentuan nilai kalor dilakukan pada batubara bahan baku untuk mengetahui kualitas serta peringkat batubara bahan baku. Tabel 1 menunjukkan hasil analisa proksimat dan analisa nilai kalor batubara yang digunakan sebagai bahan baku sintesis karbon aktif. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa batubara yang digunakan untuk pembuatan karbon aktif merupakan batubara berperingkat rendah, kategori lignit.

Tabel 1. Nilai Analisa Proksimat dan Nilai Kalor Batubara Bahan Baku

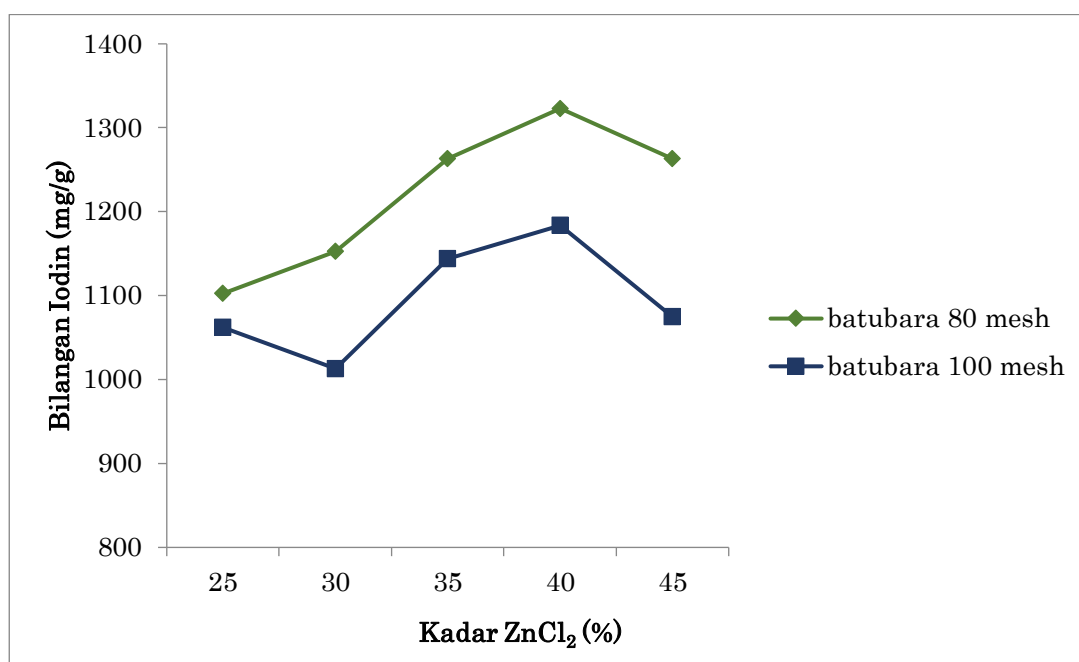
Nama Material	Kadar air % adb	Kadar abu % adb	Kadar zat terbang % adb	Karbon terikat, % adb	Nilai kalor Kkal/Kg
Batubara	14,05	1,97	46,87	37,11	4900

Batubara yang digunakan sebagai bahan baku karbon aktif divariasikan ukuran butirnya, yaitu ukuran butir 80 mesh dan 100 mesh. Pada masing-masing ukuran butir dibuat karbon aktif dengan komposisi aktivator ZnCl_2 yang bervariasi yaitu 25%, 30%, 35%, 40% dan 45%. Perhitungan persen perolehan dilakukan pada semua karbon aktif yang dibuat. Gambar 1 menunjukkan nilai persen perolehan (yield) dari 10 produk karbon aktif. Pada Gambar 1 terlihat bahwa jumlah aktivator ZnCl_2 tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap yield karbon aktif. Akan tetapi terlihat bahwa penambahan jumlah aktivator ZnCl_2 menyebabkan adanya penurunan yield karbon aktif. Karbon aktif dari kedua ukuran butir batubara, baik 80 mesh maupun 100 mesh menunjukkan tren yang sama. Pada konsentrasi rendah ZnCl_2 yang digunakan sebagai aktivator akan bereaksi dengan H dan O menghasilkan air dan gas hydrogen. Reaksi ini lebih dominan dibandingkan dengan pembentukan hidrokarbon, CO dan CO_2 sehingga nilai yield yang dihasilkan lebih tinggi. Akan tetapi pada konsentrasi tinggi reaksi pembentukan hidrokarbon, CO dan CO_2 lebih dominan sehingga mengarah pada penurunan yield karbon aktif (Varil et al., 2017)



Gambar 1. Persen perolehan karbon aktif dengan variasi kadar aktivator ZnCl_2

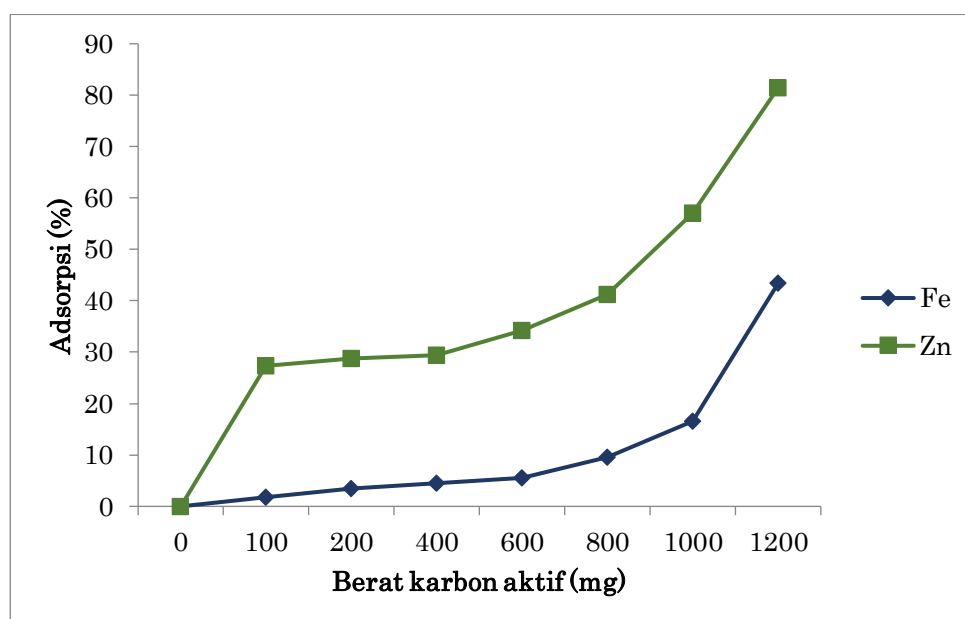
Luas permukaan karbon aktif pada suhu kamar diperkirakan melalui penentuan bilangan iodin. Kapasitas adsorpsi serta porositas suatu adsorben dapat dijelaskan melalui bilangan iodin adsorben. Bilangan iodin yang tinggi menggambarkan besarnya struktur mikropori serta luas permukaan suatu adsorben (Ekpote et al., 2017; Sahira et al., 2013). Gambar 2 menunjukkan bilangan iodin dari seluruh produk karbon aktif. Pada gambar terlihat bahwa peningkatan jumlah ZnCl_2 dari 25% hingga 40% menyebabkan bilangan iodin juga meningkat. Penggunaan ZnCl_2 sebagai aktivator menyebabkan pembentukan pori baru dengan membuat lubang pada seluruh permukaan adsorben selama proses aktivasi (Yuliusman et al., 2017). Peningkatan jumlah ZnCl_2 menjadi 45% menyebabkan bilangan iodin karbon aktif mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan jumlah ZnCl_2 yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori adsorben sehingga berdampak pada penurunan adsorpsi iodin yang ditandai dengan rendahnya bilangan iodin (Al-Qaessi, 2010).



Gambar 2. Persen perolehan karbon aktif dengan variasi kadar aktivator ZnCl_2

Pengaruh dosis adsorben terhadap % adsorpsi ion logam Fe dan Zn

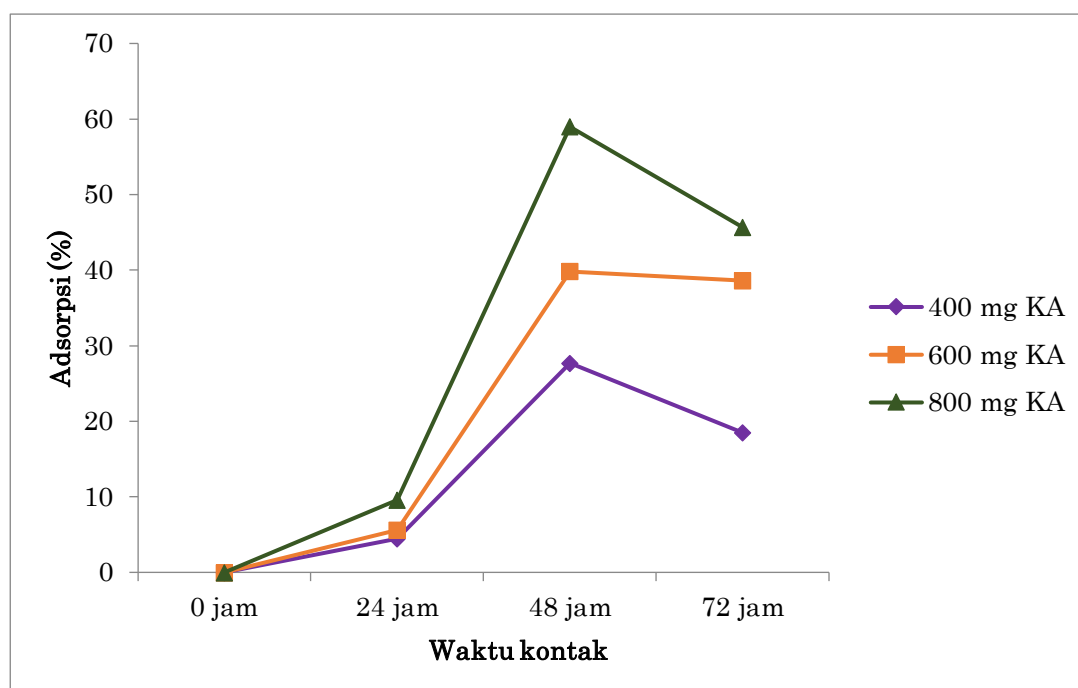
Pada analisa daya adsorpsi karbon aktif digunakan karbon aktif ukuran 80 mesh. Hasil analisa yang ditampilkan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan logam (% adsorpsi) logam Fe dan Zn mengalami peningkatan dengan meningkatnya dosis adsorben yang digunakan. Penambahan dosis adsorben mengakibatkan meningkatnya situs adsorpsi dari karbon aktif sehingga akan lebih banyak ion logam yang teradsorpsi pada permukaan karbon aktif (Jawad et al., 2018). Peningkatan dosis karbon aktif sebagai adsorben dalam larutan menyebabkan meningkatnya luas permukaan adsorben sehingga situs pertukaran ion logam juga meningkat (Abu-Zurayk et al., 2015).



Gambar 3. Persen adsorpsi logam Fe dan Zn pada variasi berat karbon aktif

Pengaruh waktu kontak terhadap % adsorpsi ion logam Fe dan Zn

Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion logam Fe dan Zn dianalisa dengan melakukan uji adsorpsi pada tiga variasi dosis karbon aktif (400 mg, 600 mg, 800 mg) dengan waktu kontak 24, 48, dan 72 jam. Waktu kontak dapat dijadikan parameter kelayakan penerapan karbon aktif dalam industri. Karbon aktif sebagai adsorben diharapkan tidak hanya memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi tetapi juga dapat menyerap logam berat dalam waktu yang lebih singkat (Castro-Castro et al., 2020).

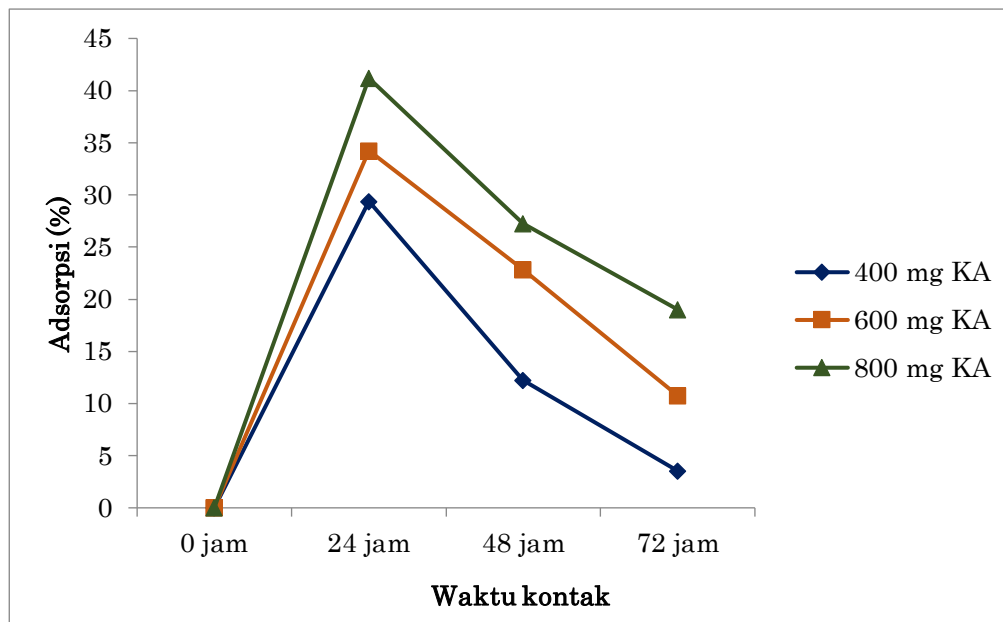


Gambar 4. Adsorpsi ion logam Fe pada berbagai waktu kontak

Gambar 4 menunjukkan adsorpsi ion logam Fe pada berbagai waktu kontak. Serapan logam Fe mengalami kenaikan pada waktu kontak 48 jam dan turun kembali pada saat mencapai 72 jam. Tren ini ditunjukkan oleh semua variasi dosis karbon aktif. Kenaikan waktu kontak menyebabkan peluang interaksi antara ion logam dengan permukaan karbon aktif semakin besar sehingga dihasilkan adsorpsi yang lebih besar pula (Sulistyah et al., 2020a). Kenaikan yang signifikan antara waktu kontak 24 jam dan 48 jam dimungkinkan karena adanya perbedaan konsentrasi Fe yang sangat besar antara air limbah dengan permukaan karbon aktif yang kosong sehingga pada periode waktu tersebut akses menuju permukaan karbon aktif menjadi lebih mudah (Yi et al., 2016).

Pada waktu kontak 72 jam terlihat bahwa terjadi penurunan adsorpsi ion logam Fe. Hal ini dikarenakan kesetimbangan telah tercapai pada waktu tersebut. Pada waktu kontak 72 jam diperkirakan pH larutan mengalami perubahan sehingga mendorong terjadinya desorpsi. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh Gambar 5 dimana adsorpsi ion logam Zn mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya waktu kontak. Proses desorpsi terjadi karena adsorben telah mencapai kejenuhan, dimana terdapat ion logam yang jumlahnya melebihi kapasitas adsorpsi karbon aktif. Sehingga, setelah proses adsorpsi berlangsung, maka

akan terjadi desorpsi ion logam yang telah terserap secara perlahan dan mengakibatkan tingginya konsentrasi ion logam dalam air limbah (Handayani et al., 2015).



Gambar 5. Adsorpsi ion logam Zn pada berbagai waktu kontak

KESIMPULAN

Karbon aktif dari batubara peringkat rendah seperti lignit memiliki nilai serapan yang tinggi sehingga efektif digunakan untuk mengadsorpsi ion logam berat dalam air limbah. Karbon aktif dengan ukuran butir 80 mesh menghasilkan yield tertinggi sebesar 41% dan bilangan iodin optimal sebesar 1323 mg/g. Peningkatan dosis adsorben yang digunakan dalam uji adsorpsi menyebabkan peningkatan nilai ion logam yang diadsorpsi oleh karbon aktif. Karbon aktif dengan 1200 mg menghasilkan serapan Fe dan Zn tertinggi yaitu sebesar 43% dan 81% berturut-turut. Sedangkan pada analisis pengaruh waktu kontak diperoleh waktu kontak optimal untuk adsorpsi Fe adalah 48 jam dengan nilai serapan 59% dan waktu kontak 24 jam untuk adsorpsi Zn dengan nilai serapan 41%. Nilai adsorpsi ion logam yang mencapai 81% menandakan bahwa karbon aktif yang dibuat dari batubara peringkat rendah memiliki daya adsorpsi yang tinggi sehingga cocok digunakan sebagai adsorben pada berbagai bidang industri untuk mengatasi air limbah yang dihasilkan.

PUSTAKA

- Abu-Zurayk, R.A., Al Bakain, R.Z., Hamadneh, I., Al-Dujaili, A.H., 2015. *Int. J. Miner. Process.* 140, 79–87.
- Al-Qaessi, F.A.H., 2010. *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.* 32, 917–930.
- Castro-Castro, J.D., Macías-Quiroga, I.F., Giraldo-Gómez, G.I., Sanabria-González, N.R., 2020. *Sci. World J.* 2020.
- Ekpete, O.A., Marcus, A.C., Osi, V., 2017. *J. Chem.* 2017.
- Gokce, Y., Yaglikci, S., Yagmur, E., Banford, A., Aktas, Z., 2020. *J. Environ. Chem. Eng.* 104819.
- Handayani et al., 2015. *Momentum* 11, 19–23.
- Jawad, A.H., Mehdi, Z.S., Ishak, M.A.M., Ismail, K., 2018. *Desalin. Water Treat.* 110, 239–249.

- Li, L., Sun, F., Gao, J., Wang, L., Pi, X., Zhao, G., 2018. RSC Adv. 8, 14488–14499.
- Liang, Q., Liu, Y., Chen, M., Ma, L., Yang, B., Li, L., Liu, Q., 2020. Mater. Chem. Phys. 241.
- Pagalan, E., Sebron, M., Gomez, S., Salva, S.J., Ampusta, R., Macarayo, A.J., Joyno, C., Ido, A., Arazo, R., 2019. Ind. Crops Prod. 111953.
- Patmawati, Y., Kurniawan, A., 2017. Semin. Nas. Inov. Dan Apl. Teknol. Di Ind. 1–4.
- Ramadhan et al., 2016. Tek. Pertambangan, 2(1), 105–112.
- Sahira, J., Mandira, A., Prasad, P.B., Ram, P.R., 2013. Res. J. Chem. Sci. 3, 19–24.
- Sriramoju, S.K., Dash, P.S., Majumdar, S., 2021. J. Environ. Chem. Eng. 9, 104784.
- Suliestyah, Hartami, P.N., Tuheteru, E.J., 2020a. AIP Conf. Proc. 2245.
- Suliestyah, Novi, P., Jamal, E., Permata, I., 2020b. Technol. Reports Kansai Univ. 62, 593–603.
- Suliestyah, S., Sari, I.P., 2021. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 1098, 062020.
- Sun, Y., Li, H., Li, G., Gao, B., Yue, Q., Li, X., 2016. Bioresour. Technol.
- Varil, T., Bergna, D., Lahti, R., Romar, H., Hu, T., Lassi, U., 2017. BioResources 12, 8078–8092.
- Yi, Z., Yao, J., Zhu, M., Chen, H., Wang, F., Liu, X., 2016. Springerplus 5.
- Yuliusman et al., 2017. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 180.