

Terbit online pada laman web jurnal : <http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 | ISSN (Online) 2597-5129 |



Artikel Penelitian

Efektivitas Kombinasi Zeolit dan Batu Apung dalam Menurunkan Konsentrasi Besi (Fe) pada Air Tanah: Studi Kasus di Pidada, Kecamatan Panjang, Bandar Lampung

Sahriwani Dalimunthe¹, Mutiara Fajar^{1*}, Rifka Noor Azizah¹¹Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia*Koresponden: mutiara.fajar@tl.itera.ac.id

Diterima: 13 Mei 2024

Diperbaiki: 10 Juni 2024

Disetujui: 01 Juli 2024

ABSTRACT

Water is a very important component for all life on earth. Iron is a heavy metal, and levels can be dangerous if they exceed threshold levels. Preliminary tests show that Fe in well water is 1.66 mg/l. This study aims to analyze the effectiveness of removal of iron (Fe) contained in well water using a combination of zeolite – pumice adsorbent media. One method that can be used to set aside iron (Fe) parameters in well water is the adsorption method. The adsorption process was carried out continuously with downflow for 150 minutes with sampling every 30 minutes for analysis with a Hach DR 1900 series spectrophotometer. Based on the results of the FTIR characterization analysis of zeolite adsorbents it was indicated that the functional groups were O–H hydroxy stretching vibrations, O–H bending vibrations, stretching vibrations. asymmetric Si–O–Si or Al–O–Al and symmetrical stretching vibration Si–O–Si or Al–O–Al. While the pumice adsorbent before and after being activated, there was a shift in wave numbers with the same functional groups, namely the O–H, C=O, Si–O and Al/Si–O bond groups. Of the five treatments, it is known that treatment V (ZEO30-AP70) is the most effective treatment in reducing Fe levels in well water with a removal efficiency of 98% in the 90th minute and the suitable isotherm model is the Langmuir isotherm with a maximum adsorption capacity of 0, 000739809 mg/g.

Keywords: Well water, adsorption, zeolite, pumice

1. PENDAHULUAN

Air adalah komponen yang sangat penting bagi semua kehidupan di bumi, dan sebagian besar air tersebut menutupi permukaan bumi. Kebutuhan akan air sangat bervariasi untuk setiap tingkat kehidupan dan kebutuhan sehari-hari. Dengan perkembangan jumlah penduduk dan peningkatan standar hidup masyarakat, permintaan air akan meningkat (Ety dkk., 2014). Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, masyarakat Desa Pidada, Kecamatan Panjang, dan Kota Bandar Lampung memanfaatkan air sumur sebagai sumber air bersih. Penelitian awal menunjukkan bahwa air sumur bor di daerah Desa Pidada, Kecamatan Panjang, yang diteliti berbau, berwarna kuning hingga coklat setelah kontak singkat dengan udara, dan bak mandi menjadi kuning serta terasa kering dan gatal saat digunakan untuk mandi. Fenomena ini menunjukkan bahwa air sumur

mengandung konsentrasi besi (Fe) yang cukup tinggi. Oleh karena itu, sebelum air sumur digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, air tersebut harus memenuhi standar kualitas air bersih. Metode adsorpsi adalah salah satu cara untuk menghilangkan parameter besi (Fe) dari air sumur.

Adsorpsi adalah proses penghilangan kotoran dari air akibat gaya tarik antara kotoran dan butiran media. Adsorpsi memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan proses lainnya, antara lain proses yang relatif mudah, biaya rendah, efisiensi tinggi, efektif, dan proses adsorpsi tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini, kombinasi zeolit dan batu apung digunakan untuk mengurangi kandungan logam besi (Fe) yang ditemukan dalam air sumur di daerah Desa Pidada, Kecamatan Panjang, Bandar Lampung. Zeolit dapat digunakan sebagai adsorben

karena struktur kristalnya yang berpori, memiliki luas permukaan yang besar, dan terdiri dari kerangka silika-alumina (Hanifah, dkk., 2018).

Sementara itu, batu apung merupakan adsorben yang lebih murah dan lebih efektif. Karena sifat batu apung yang berpori dan jumlah kapiler kecil yang banyak, adsorbat akan menempel pada kapiler-kapiler tersebut (Suarni, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penghilangan kadar besi (Fe) yang ditemukan dalam air sumur menggunakan media adsorben kombinasi zeolit dan batu apung. Proses adsorpsi dilakukan dengan perlakuan yang berbeda-beda. Sebelum digunakan, zeolit dan batu apung terlebih dahulu diaktifkan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap parameter uji. Dengan metode ini, diharapkan air dengan kandungan besi yang tinggi dapat menghasilkan air berkualitas baik yang memenuhi standar kualitas air bersih.

2. METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jerigen, tabung reaktor diameter 5 cm dan tinggi 20 cm, mortar dan alu, ayakan 10 mesh, ayakan 20 mesh, oven, desikator, neraca analitik, *spektrofotometer hach DR 1900*, FTIR, box sampel, *stopwatch*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel air sumur, zeolit, batu apung, *iron reagent powder pillow* dan aquades.

Tahapan Penelitian

1. Sampling Air Sumur

Sampel air sumur bor diambil dari keran sesuai dengan SNI 6989.59:2008 dengan menggunakan metode *grab sampling* (sampel sesaat). Air dari sumur diambil dengan botol yang telah dibilas tiga kali. Kemudian kran dibuka selama 1-2 menit dan ditampung. Selanjutnya, air tanah yang telah ditampung dibawa ke Laboratorium untuk diuji konsentrasi kandungan besi pada air sumur.

2. Tahap Aktivasi Adsorben

Dalam penelitian ini, zeolit dan batu apung digunakan sebagai adsorben. Proses aktivasi zeolit dan batu apung menggunakan aktivasi fisik. Pada proses ini, adsorben terlebih dahulu dibersihkan dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan partikel. Kemudian, adsorben dihancurkan menggunakan mortar. Untuk mendapatkan adsorben dengan ukuran yang sama, zeolit diayak menggunakan ayakan 10 mesh dan batu apung 20 mesh. Setelah itu, proses aktivasi dilakukan dengan aktivasi fisik atau termal. Pemanasan ini dilakukan pada suhu 350°C selama 3 (tiga) jam menggunakan *furnace*. Dengan menggunakan desikator, adsorben yang telah dipanaskan didinginkan. Adsorben yang telah teraktivasi

akan digunakan untuk mengurangi kadar besi dalam air sumur.

3. Tahap Persiapan Reaktor

Penelitian ini menggunakan reaktor *kontinyu*, yang dibuat dari bahan akrilik dengan diameter 5 cm dan tinggi 20 cm. Dalam proses adsorpsi, sampel air sumur dihubungkan dengan adsorben melalui reaktor dan sampel dialirkan dari atas ke bawah secara gravitasi. Proses adsorpsi dilakukan dengan aliran *downflow* menggunakan pompa dan aliran terus menerus selama 150 menit, dengan pengecekan sampel dilakukan setiap 30 menit dari awal hingga akhir proses.

4. Tahap Proses Adsorpsi

Adsorben zeolit dan batu apung yang telah diaktivasi kemudian melalui tahap adsorpsi. Sebelum digunakan reaktor dicuci untuk menghilangkan pengotor. Air sumur dialirkan ke dalam tabung reaktor untuk memulai proses adsorpsi. Pada perlakuan I ditambahkan zeolit (20 cm), perlakuan II ditambahkan batu apung (20 cm), perlakuan III ditambahkan zeolit : batu apung yaitu 70% : 30% (zeolit 14 cm, batu apung 6 cm), perlakuan IV ditambahkan zeolit : batu apung yaitu 50% : 50% (zeolit 10 cm, batu apung 10 cm), perlakuan V yaitu zeolit : batu apung yaitu 30% : 70% (zeolit 6 cm, batu apung 14 cm). Selanjutnya, air sumur dipompa dari atas ke bawah ke dalam reaktor yang telah diisi dengan adsorben. Setelah melalui proses adsorpsi, air sumur kemudian ditampung ke dalam botol sampel.

Analisis Data

Analisis statistik menggunakan uji varian *One Way ANOVA* untuk mengetahui apakah variasi kombinasi zeolit-batu apung mempunyai pengaruh dalam penyerapan logam Fe. Adapun untuk menghitung efisiensi penurunan konsentrasi logam Fe sebelum dan sesudah dikontakkan dengan adsorben menggunakan persamaan:

$$P(\%) = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \times 100\%$$

Keterangan:

C₁ : konsentrasi awal logam Fe (mg/L)

C₂ : konsentrasi logam Fe setelah proses adsorpsi (mg/L)

P (%) : Efisiensi penjerapan (%)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

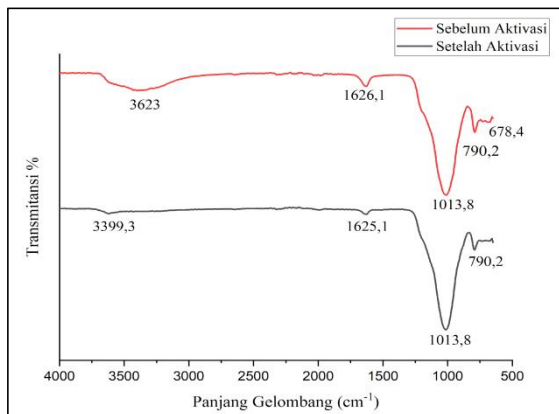
Karakteristik Zeolit Dan Batu Apung

Dalam rentang panjang gelombang 4000-650 cm⁻¹, metode FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada adsorben zeolit dan batu apung. Analisis ini membandingkan gugus aktif sebelum dan setelah proses aktivasi. Persentase transmitan digunakan untuk menghitung berapa banyak frekuensi yang

ditransmisikan melalui zat tetapi tidak diserap. Senyawa dengan transmisi 100% menunjukkan bahwa tidak menyerap frekuensi IR [1].

1. Zeolit

Hasil penelitian menunjukkan karakteristik adsorben zeolit baik sebelum maupun setelah aktivasi FTIR dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR zeolit

Vibrasi ulur O-H hidroksi dari molekul air yang teradsorb ditunjukkan oleh pita serapan pada daerah 3623 cm⁻¹ dan 3399,3 cm⁻¹. Serapan pada daerah 3000–4000 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur O-H hidroksi pada struktur zeolit (Kunkeler dkk., 2002). Disebabkan lepasnya molekul air yang terikat secara fisik dari zeolit, vibrasi ulur O-H hidroksi zeolit menurun secara signifikan sesudah aktivasi. Penurunan intensitas setelah aktivasi membuat zeolit lebih bersih dan berpori (Lu'lu'atul dkk., 2017).

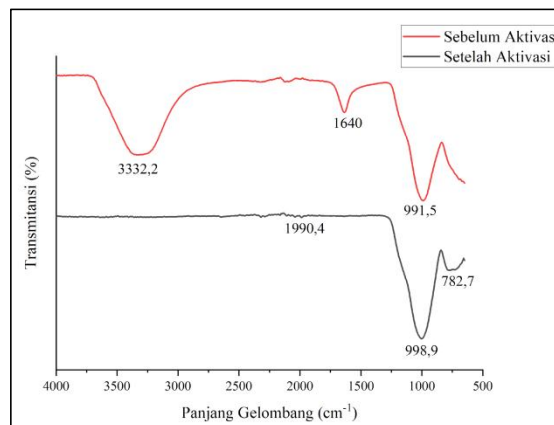
Serapan pada 1625,1 cm⁻¹ adalah vibrasi tekuk gugus O-H dari molekul H₂O yang teradsorpsi (Ida dan Didik, 2019). Puncak 1013,8 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur asimetris Si-O atau Al-O pada TO₄. Puncak 790,2 dan 678,4 cm⁻¹ menunjukkan serapan ikatan pada unit struktur utama zeolit berbentuk simetris dan rentang gelombang 650-850 cm⁻¹ menunjukkan rentang vibrasi ulur simetris Si-O-Si atau Al-O-Al pada jalinan eksternal (kerangka zeolit) (Nining dan Rusmini, 2019).

Terjadinya perubahan pada spektrum FTIR zeolit setelah pemanasan yang menghasilkan hilangnya puncak 678,4 cm⁻¹. Pemanasan zeolit pada suhu tinggi dapat menyebabkan pemutusan ikatan antara zeolit dan molekul yang terikat atau desorpsinya. Proses aktivasi menghasilkan optimalisasi Si/Al, yang berarti zeolit memiliki luas permukaan yang besar dan tidak mengalami kerusakan struktural yang signifikan. Dengan menggunakan proses aktivasi, pengotor pada gugus Si/Al dapat ditarik keluar. Ini memungkinkan pori-pori terbebas dari pengotor, yang meningkatkan kualitas

zeolit untuk digunakan sebagai adsorben selama proses adsorpsi (Dewi, 2010).

2. Batu Apung

Hasil penelitian menunjukkan karakteristik adsorben batu apung baik sebelum maupun setelah aktivasi FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektrum FT-IR batu apung

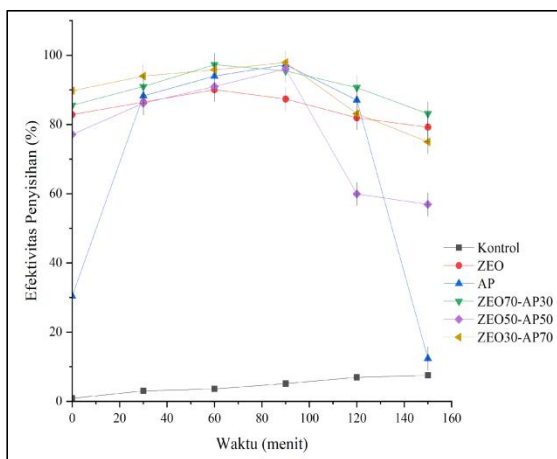
Berdasarkan Gambar 2, adsorben batu apung sebelum aktivasi menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang 3332,2 cm⁻¹ adalah vibrasi gugus O-H dari air dan senyawa kimia hidroksil. Hal yang sama ditemukan dalam penelitian sebelumnya pada panjang gelombang 3500 cm⁻¹ (Ulker dan Meltem, 2014). Penurunan pita serapan pada bilangan gelombang 3332,2 cm⁻¹ menunjukkan bahwa aktivasi fisik dapat merusak struktur gugus O-H karena molekul air yang terikat pada adsorben batu apung lepas. Hilangnya gugus O-H pada batu apung setelah aktivasi disebabkan oleh dehidroksilasi akibat pemanasan saat proses aktivasi. Vibrasi gugus C=O pada panjang gelombang 1640 cm⁻¹ menunjukkan bahwa ada kandungan selulosa dalam gugus karboksil.

Serapan pada panjang gelombang 991,5 cm⁻¹ adalah vibrasi gugus Si-O yang menunjukkan adanya struktur pori pada adsorben. Vibrasi adsorben menyebabkan pita serapan baru muncul pada panjang gelombang 782,7 cm⁻¹, yang merupakan vibrasi gugus Al/Si-O. Proses aktivasi yang melibatkan pemanasan selama tiga jam pada suhu 350°C, menghilangkan pengotor-pengotor mineral pada batu apung. Pengotor-pengotor diganti oleh mineral yang terlepas atau larut dari senyawa organik yang diikatnya selama proses aktivasi.

Efisiensi Penyisihan Logam Fe Pada Air Sumur

Efisiensi penurunan logam Fe ditunjukkan dengan rasio konsentrasi influen terhadap efluen pada kurva efisiensi removal. Dengan menggunakan adsorben zeolit dan batu

apung, konsentrasi zat besi pada air sumur dapat dikurangi dengan mengalir air sumur ke dalam tabung reaktor selama 0, 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Setiap pengaliran ditampung dalam botol dan diberi label pada waktu pengambilan. Variasi waktu dilakukan untuk mengetahui pada waktu kontak berapakah keadaan jenuh pada proses adsorpsi logam besi oleh adsorben zeolit dan batu apung. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, hasil penurunan logam besi pada air sumur oleh adsorben zeolit dan batu apung yang sudah teraktivasi dalam tabung reaktor pada proses adsorpsi berdasarkan variasi kombinasi media adsorben dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Efektivitas penyisihan logam Fe pada air sumur

Berdasarkan percobaan dari kelima perlakuan menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan maksimum terjadi pada ZEO30-AP70 dengan tingkat efektivitas mencapai 98%. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi terbaik dicapai selama kontak selama 90 menit. Kondisi ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa permukaan adsorben tetap memiliki banyak ruang kosong selama kontak selama 90 menit yang meningkatkan kapasitas penyerapan (Siti, dkk., 2012).

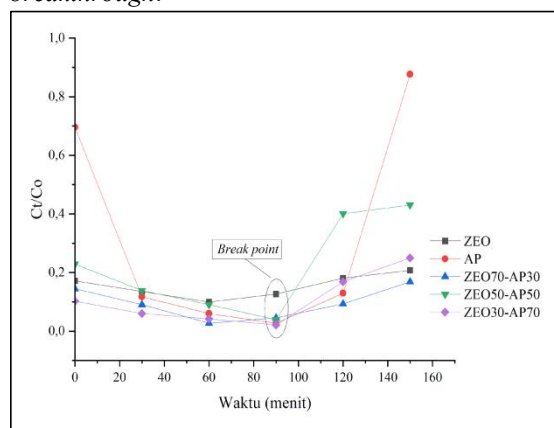
Namun pada menit ke 120 sampai dengan menit 150 terjadi penurunan penyisihan logam Fe, dengan berjalannya waktu terjadi penurunan kemampuan adsorben zeolit, batu apung dan kombinasi zeolit dan batu apung dalam menyisihkan pencemar yang terkandung dalam sampel air sumur yang melewatinya. Penurunan kemampuan adsorben dalam menyisihkan besi yang terkandung dalam air sumur ini diakibatkan karena adsorben tidak mampu menyerap besi dengan baik lagi akibat pori-pori adsorben yang tersedia telah diisi oleh zat besi yang telah terserap di awal waktu sampai titik optimum. Lama waktu kontak dalam proses adsorpsi dapat memengaruhi seberapa besar penurunan konsentrasi ion logam dalam air sumur.

Masa adsorben memengaruhi proses adsorpsi, dengan variasi berat tertinggi menyebabkan gangguan antara ruang pengikat karena penggumpalan, dan kombinasi adsorben dengan jumlah adsorben batu apung yang lebih banyak menghasilkan penyerapan ion logam besi yang lebih tinggi daripada kombinasi adsorben dengan jumlah adsorben zeolit yang lebih banyak. Akibatnya, penyerapan dan penyisihan menurun (Nurhasni dkk., 2014). Kapasitas adsorpsi juga dipengaruhi oleh ukuran mesh adsorben. Ukuran mesh yang semakin tinggi menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar, karena permukaan adsorben lebih besar, sehingga lebih banyak bagian aktif yang dapat diserap (Anilza dkk., 2017).

Dengan perlakuan kombinasi memungkinkan zeolit dan batu apung bekerja bersama untuk meningkatkan selektivitas dan kapasitas penyisihan logam Fe. Untuk itu, jika dalam baku mutu menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan konsentrasi logam Fe yang diperbolehkan dalam air sumur yaitu 0,2 mg/l, maka penurunan konsentrasi yang terjadi pada tabung reaktor telah memenuhi baku mutu.

Kurva Breakthrough

Kurva *breakthrough* menunjukkan kinerja kolom adsorpsi yang menyatakan bahwa sebelum proses adsorpsi mendekati kesetimbangan adsorpsi, adsorben mengadsorpsi lebih banyak adsorbat (Shinta dkk., 2021). Kurva *breakthrough* didapatkan dari plot nilai C_t/C_0 (konsentrasi larutan) dan t (waktu). Kinerja adsorben kelima perlakuan dalam menyisihkan logam Fe pada kolom adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4. kurva *breakthrough*.



Gambar 4. Kurva breakthrough

Kondisi *breakthrough* terjadi secara bertahap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. dimana proses adsorpsi berlangsung secara *kontinyu*. Titik *break point* adalah titik di mana konsentrasi mulai meningkat dan

titik mulai jenuh suatu adsorben sedangkan *exhaustion point* adalah titik di mana adsorben telah mengadsorbsi adsorbat secara optimal, sehingga konsentrasi efluen menjadi 95% dari konsentrasi influen. Titik jenuh adalah adsorben tidak dapat lagi menyerap adsorbat sehingga konsentrasi influen dan efluen sama (Sella dkk., 2019).

Berdasarkan kurva *breakthrough* yang diperoleh dapat dilihat bahwa titik *breakpoint* pada ZEO berada pada menit ke-90 dengan nilai C_t/C_o yaitu 0,13 mg/l, Perlakuan AP berada pada menit ke-120 dengan nilai C_t/C_o yaitu 0,13 mg/l, *breakpoint* pada perlakuan ZEO70-AP30 berada pada menit ke-120 dengan nilai C_t/C_o yaitu 0,09 mg/l, *breakpoint* pada perlakuan ZEO50-AP50 berada pada menit ke-120 dengan nilai C_t/C_o yaitu 0,40 mg/l, perlakuan ZEO30-AP70 berada pada menit ke-120 dengan nilai C_t/C_o yaitu 0,17 mg/l.

Dalam idealnya, waktu *breakthrough* harus sepanjang mungkin agar proses adsorpsi dapat berlangsung selama mungkin untuk mencapai titik dimana adsorben jenuh dan tidak lagi efektif dalam menyerap kontaminan. Dalam percobaan ini kurva *breakthrough* sangat singkat. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi singkat dan konsisten tidak berjalan dengan baik. Seiring dengan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, efisiensi penyisihan adsorbat akan meningkat (Zhang, 2011). Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi proses terbentuknya *breakthrough*. Semakin besarnya kapasitas adsorpsi suatu adsorben, maka waktu terbentuknya *breakthrough* akan semakin lama terjadi (Eka, dkk., 2019).

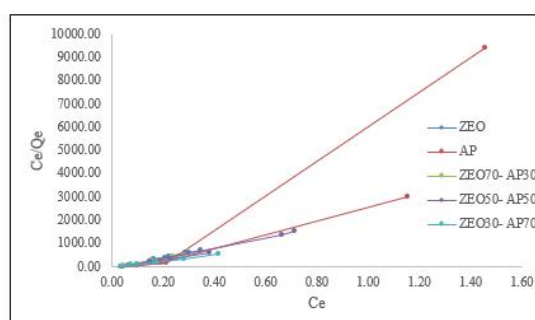
Kecepatan aliran masuk saat adsorpsi berlangsung juga sangat mempengaruhi proses adsorpsi. Jika aliran digunakan lebih cepat, waktu antara adsorben dan adsorbat akan semakin singkat. sehingga proses adsorpsi menjadi kurang maksimal dan menyebabkan konsentrasi aliran yang keluar tidak terlalu berbeda dengan konsentrasi aliran yang masuk. Laju aliran yang semakin lambat akan memberikan waktu kontak yang lebih lama, yang menghasilkan adsorpsi yang lebih baik (Eka, dkk., 2019).

Isoterm Adsorpsi

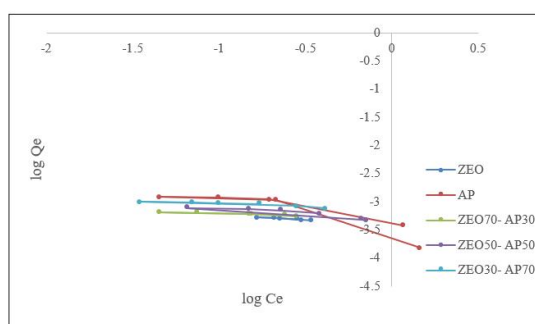
Banyak faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi suatu adsorben, tetapi ada pola isoterm adsorpsi tertentu. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan garis linier dari slope grafik *Freundlich* dan *Langmuir*. Dari masing-masing grafik, Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan garis linier dari slope grafik *Freundlich* dan *Langmuir*. Kurva isoterm adsorpsi *Freundlich* menunjukkan hubungan antara $\log w$ (penyerapan) dan $\log C_e$ (konsentrasi sisa) sedangkan kurva isoterm *Langmuir*

menunjukkan hubungan antara $\log C_e$ dan C_e/Q_e (Imas & Eka, 2019). Model isoterm adsorpsi *Freundlich* dan *Langmuir* dapat ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Pemilihan model isoterm adsorpsi yang paling efektif ketika adsorben zeolit dan batu apung digunakan untuk adsorpsi dapat ditentukan dengan membandingkan nilai R^2 dari setiap model isoterm. Dari Tabel 1. dapat diketahui nilai R^2 dari kelima perlakuan yang paling mendekati satu berada pada model isoterm *Langmuir*. Pengujian persamaan adsorpsi *Freundlich* dan *Langmuir* ditunjukkan dengan grafik linearitas yang baik dan harga koefisien determinasi $R^2 \geq 0,9$ (mendekati angka 1). Karena masing-masing sisi aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul logam, adsorpsi adsorben zeolit, batu apung, dan kombinasi zeolit batu apung terhadap ion besi hanya berlangsung satu lapis dan permukaannya homogen, seperti yang ditunjukkan oleh model isoterm langmuir (Endang dkk., 2020)



Gambar 5. Kurva isoterm adsorpsi *Langmuir*



Gambar 6. Kurva isoterm adsorpsi *Freundlich*

Dalam model isoterm langmuir, terdapat parameter yang disebut sebagai konstanta isoterm Langmuir (K_L) yang menentukan kekuatan interaksi antara adsorbat dan permukaan adsorben. Konstanta ini berkaitan erat dengan nilai Q_m . Nilai Q_m adalah kapasitas maksimum adsorben untuk menyerap ion atau polutan dalam bentuk *monolayer* pada permukaannya. Semakin tinggi nilai Q_m , semakin besar kapasitas adsorben untuk menyerap ion dalam bentuk *monolayer*. Hal ini berarti adsorben dapat menahan lebih banyak ion pada permukaannya, sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorben. Maka dapat

disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai Q_m maka

efektivitas penyisihan logam Fe juga semakin tinggi (Anilza dkk., 2017).

Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan isoterm langmuir dan freundlich

Perlakuan	Langmuir			Freundlich		
	Q_m (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	n	K_f (mg/g)	R^2
ZEO	0,000419921	26,84144678	0,9986	5,7770075	30,216859	0,9843
AP	0,000179653	7,258750196	0,832	1,9135094	32,469461	0,7688
ZEO70-AP30	0,000538097	83,10526787	0,998	11,933174	26,980112	0,9273
ZEO50-AP50	0,000437924	15,3399167	0,9866	4,50045	28,050319	0,8693
ZEO30-AP70	0,000739809	49,23508414	0,9951	8,8888889	23,240583	0,9008

Dalam model isoterm langmuir, terdapat parameter yang disebut sebagai konstanta isoterm Langmuir (K_L) yang menentukan kekuatan interaksi antara adsorbat dan permukaan adsorben. Konstanta ini berkaitan erat dengan nilai Q_m . Nilai Q_m adalah kapasitas maksimum adsorben untuk menyerap ion atau polutan dalam bentuk *monolayer* pada permukaannya. Semakin tinggi nilai Q_m , semakin besar kapasitas adsorben untuk menyerap ion dalam bentuk *monolayer*. Hal ini berarti adsorben dapat menahan lebih banyak ion pada permukaannya, sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorben. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai Q_m maka efektivitas penyisihan logam Fe juga semakin tinggi (Anilza dkk., 2017).

Kapasitas penyerapan maksimum paling tinggi diperoleh dari perlakuan ZEO30-AP70 yang menunjukkan bahwa setiap gram adsorben mampu menyerap 0,000739809 mg Fe. Sedangkan nilai K_L yang tinggi menunjukkan interaksi yang kuat antara adsorbat dan permukaan adsorben yang menghasilkan penyerapan yang lebih efisien. Nilai K_L paling tinggi dari kelima perlakuan

terlihat pada ZEO70-AP30 dengan nilai K_L sebesar 83,10526787 L/mg.

Uji Anova

Hasil pengujian kadar Fe setelah proses adsorpsi dengan variasi kombinasi media adsorben, selanjutnya dilakukan analisis melalui uji statistik menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Varians*) *One way* untuk mengetahui apakah ada atau tidak pengaruh variasi kombinasi media zeolit – batu apung yang digunakan sebagai alternatif untuk menurunkan kadar besi (Fe) dalam pengolahan air sumur menjadi air bersih. Hasil analisis statistik ANOVA dari sebaran data hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2. hasil uji statistik anova yang dilakukan, terlihat bahwa nilai probabilitas atau signifikan menunjukkan angka 0.251 yang artinya nilai $Sig > 0,05$ atau dalam pengambilan keputusan menunjukkan bahwa H_0 diterima yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan di antara kelima perlakuan yang diuji. Maka tidak ada pengaruh variasi kombinasi media zeolit-batu apung terhadap penurunan kadar Fe pada proses adsorpsi.

Tabel 2. Hasil uji ANOVA

	<i>Sum of Squares</i>	df	<i>Mean Square</i>	F	Sig.
<i>Between Groups</i>	,368	2	,184	1,517	,251
<i>Within Groups</i>	1,818	15	,121		
Total	2,185	17			

4. KESIMPULAN

Berdasarkan karakterisasi FTIR adsorben zeolit terjadinya perubahan setelah pemanasan yang menghasilkan hilangnya puncak $678,4\text{ cm}^{-1}$ dengan gugus fungsi vibrasi ulur simetris Si-O-Si atau Al-O-Al. Sedangkan adsorben batu apung setelah diaktivasi

menunjukkan hilangnya pita serapan pada bilangan gelombang $3332,2\text{ cm}^{-1}$ dan munculnya pita serapan baru pada panjang gelombang $782,7\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi gugus Al/Si-O. Efisiensi penyisihan logam fe pada air sumur dari kelima perlakuan diketahui bahwa perlakuan V (ZEO30-AP70) merupakan perlakuan

paling efektif untuk mengurangi kadar besi dalam air sumur, dengan efisiensi penyisihan sebesar 98% di menit ke-90 dan model isotherm langmuir adalah yang paling cocok dengan kapasitas adsorpsi maksimum 0,000739809 mg/g. Hasil uji ANOVA didapatkan bahwa tidak ada pengaruh variasi kombinasi media zeolit-batu apung terhadap penurunan kadar Fe pada proses adsorpsi.

REFERENSI

- Abuzar, S. S. (2015). Kemampuan Batu Apung sebagai Adsorben Penyisihan Logam Besi (Fe) Air Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 12(1), 1-9.
- Anilza, S. R., Syarfi, D., & Silvia, R. Y. (2017). Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jurnal Jom FTEKNIK*, 4(2), 1-9.
- Dewi, Y. L. (2010). Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Kimia dan Pendidikan Kimia*. Diakses dari www.kimia.uny.ac.id
- Eka, M. M., Titien, S., & Tata, A. (2019). Pengaruh Laju Alir terhadap Kinetika Adsorpsi Methylene Blue dengan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi NaOH. *Jurnal Serambi Engineering*.
- Ety, M. R., Ramadhian, & Meta, G. (2014). Bakteriological Quality of Refill Drinking Water at Refill Drinking Water Depots in Bandar Lampung. *Jurnal Kedokteran*, 4(7), 142-146.
- Hanifah, K., Agnes, F., & Suratman. (2018). Efektivitas Variasi Ukuran Media Arang Aktif dan Zeolit terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) pada Air Sumur. *Jurnal Kesmes Indonesia*, 10(2), 98-108.
- Ida, F., & Didik, K. (2019). Modifikasi Zeolit Alam dengan Zirconium Oxydechloride Produk PSTA-BATAN dan Uji Katalitiknya untuk Sintesis Senyawa Turunan Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 50-55.
- Imas, E. W., & Eka, A. K. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 4(2), 175-184.
- Lu'lu'atul, M., Widhi, M., & Kusumastuti, E. (2017). Adsorpsi Remazol Brilliant Blue Menggunakan Zeolit yang Disintesis dari Abu Layang Batubara. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(1). Diakses dari <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Nining, F., & Rusmini. (2019). Pembuatan Zeolit Alam Teraktivasi HCL dan Karakteristiknya. *Journal Of Chemistry*, 8(1), 17-20.
- Nurhasni, Hendrawati, & Nubzah, S. (2014). Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. *Valensi*, 4(1), 36-44.
- Sella, A. P., Asnawati, & Dwi, I. (2019). Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B pada Hemiselulosa dalam Sistem Dinamis. *Berkala Saintek*, 7(1), 1-6.
- Siti, A., Ida, Z., & Zultiniar. (2012). Adsorpsi Logam Fe dengan Zeolit 4A yang Disintesis dari Fly Ash Sawit. *Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau*.
- Suarni, S. (2015). Kemampuan Batu Apung sebagai Adsorben Penyisihan Logam Besi (Fe) Air Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 12(1), 1-9.
- Ulker, A. G., & Meltem, S. (2014). Removal of Tetracycline from Wastewater Using Pumice Stone: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 1-11.
- Zhang, W. L. D. H. Y. H. L. Z. J. X. H. Y. A. L. & C. (2020). Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Straw-Based Adsorbent in a Fixed-Bed Column. *Chemical Engineering Journal*, 2, 429-436.