

SINTESIS, KARAKTERISASI DAN APLIKASI ZEOLIT BERBAHAN DASAR KAOLIN DAN ABU SEKAM PADI UNTUK ADSORPSI LOGAM TEMBAGA DAN KROM DALAM LIMBAH CAIR INDUSTRI PELAPISAN LOGAM

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND APPLICATIONS OF ZEOLITE FROM KAOLIN AND RICE HUSK ASH FOR THE ADSORPTION OF COPPER AND CHROMIUM METALS IN WASTE WATER OF ELECTROPLATING INDUSTRY

Putri Hawa Syaifie^{1*}, Agus Taufiq¹, Imas Solihat¹, Gladys Ayu Paramita Kusumah Wardhani²

¹Program Studi Analis Kimia, Politeknik AKA
Jl. Pangeran Sogiri No. 283 Tanah Baru, Bogor Utara 16154 Jawa Barat
²Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Nusa Bangsa
Jl. KH. Sholeh Iskandar Km.4, Tanah Sareal, Bogor 16166 Jawa Barat

Diterima: 4 Maret 2019

Direvisi: 2 April 2019

Disetujui: 29 April 2019

ABSTRAK

Zeolit berbahan dasar kaolin Bangka dan abu sekam padi Karawang disintesis melalui reaksi antara natrium silikat dan natrium aluminat dengan variasi volume rasio 25:25:50 (K4) dan 50:25:25 (K6). Natrium silikat diperoleh dari reaksi antara abu sekam padi dengan kaolin dan NaOH. Sedangkan, natrium aluminat diperoleh dari reaksi antara NaOH dengan Al(OH)₃. Zeolit diidentifikasi ikatan dan struktur penyusunnya menggunakan instrumentasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan diamati morfologi permukaannya menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Ikatan yang terbentuk pada zeolit K4 dan K6 menunjukkan adanya interaksi Si-Al yang ditunjukkan oleh spektra FTIR. Interaksi yang dihasilkan meliputi vibrasi tekuk Si-OH, vibrasi ulur asimetri O-Si-O dan O-Al-O, vibrasi ulur simetri O-Si-O dan O-Al-O, serta vibrasi ikatan cincin ganda. Kristal zeolit sintetis memiliki bentuk kubik, segi enam beraturan dan bulatan lonjong yang ditunjukkan pada hasil SEM. Aplikasi zeolit dilakukan pada variasi waktu kontak 10-60 menit dengan mengontakkan zeolit sintetis K4 dan K6 dengan limbah cair industri *electroplating*. Hasilnya, zeolit sintetis K4 dan K6 mampu menyerap logam Cu dan Cr dalam limbah cair industri dengan efisiensi adsorpsi mencapai 88-99% dalam waktu 30 menit. Kinetika adsorpsi zeolit K4 dan K6 mengikuti persamaan orde *pseudo* kedua untuk logam Cu dan Cr yang artinya proses adsorpsi terjadi secara kemisorpsi.

Kata Kunci: abu sekam padi, kaolin, zeolit sintetis, adsorben, logam

ABSTRACT

Zeolites made from Bangka clay and Karawang rice husk ash were synthesized through the reaction between sodium silicate and sodium aluminate with the volume ratio of 25:25:50 (K4) and 50:25:25 (K6). Sodium silicate was obtained from the reaction of rice husk ash, clay and NaOH. Meanwhile, sodium aluminate was obtained from the reaction between NaOH and Al(OH)₃. Fourier Transform Infra Red (FTIR) instrumentation was used to characterize the bond and structure of the zeolite, while that of the surface morphology was observed using Scanning Electron Microscope (SEM). The bonds formed in the K4 and K6 zeolites showed Si-Al interactions, which were indicated by FTIR spectra. The interactions included Si-OH bending vibrations, vibrations of O-Si-O and O-Al-O asymmetry stretches, symmetric stretching vibrations of O-Si-O and O-Al-O, and vibrations of double ring bonding. The results revealed that synthetic zeolites of K4 and K6 were able to absorb Cu and Cr metals in waste water industry with the adsorption efficiency of 88-99% for 30 minutes of contact time. The zeolite (K4 and K6) adsorptions followed the second order pseudo reaction for Cu and Cr metals which was identified as the chemisorption mechanism.

Keywords: rice husk ash, clay, synthetic zeolite, adsorbent, metal

*Corresponding author :

Email: putrihawasyaifie@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.37209/jtbbt.v9i1.129>

PENDAHULUAN

Kaolin tersedia cukup melimpah di Bangka dan sekam padi merupakan limbah pertanian yang banyak dihasilkan di Indonesia. Proses penggilingan padi menghasilkan sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), produksi padi di Jawa Barat sebesar 11.373.144 ton per tahun dan menghasilkan 2.274.629 ton sekam padi [1]. Kaolin dan sekam padi ini akan dijadikan sebagai sumber silika dalam pembuatan zeolit sintetis. Berdasarkan penelitian Sriyanti *et al.*, sekam padi yang diabukan dapat dimanfaatkan sebagai sumber penghasil silika karena memiliki kandungan silika sebanyak 86,90-97,30%, sedangkan kaolin mengandung silika dengan kadar lebih dari 50%. Selain itu, keuntungan lain digunakannya sekam padi adalah karena harganya yang murah dan ketersediaannya melimpah [2].

Zeolit merupakan padatan berupa kristal aluminosilikat hidrat yang tersusun atas SiO_4 dan AlO_4 yang terikat satu sama lain. Susunan tersebut membentuk struktur kerangka tiga dimensi yaitu tetrahedral karena penggunaan atom oksigen secara bersamaan, sehingga menyebabkan terbentuknya rongga intrakristalin [3]. Zeolit sintetis lebih sering digunakan karena keseragaman ukuran partikel dan tingkat kemurniannya lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit alam. Selain itu, struktur zeolit sintetis dapat dibuat sesuai dengan yang diinginkan [4]. Terlebih lagi, dalam penelitian lain telah dibuktikan bahwa abu sekam padi telah berhasil digunakan sebagai sumber silika dalam pembuatan zeolit NaA [5].

Zeolit dapat disintesis dengan metode hidrotermal, yang memungkinkan terjadinya kristalisasi multifasa padatan, baik fasa amorf maupun kristal [6]. Menurut Tauanov, metode ini masih merupakan metode yang paling menjanjikan untuk dapat diterapkan secara luas [7]. Penelitian yang telah dilakukan oleh Arnelli *et al.* dan Sugiarti masing-masing telah berhasil membuat zeolit Y dan zeolit Na-A. Sintesis zeolit tersebut dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal pada temperatur pemanasan tertentu untuk menyempurnakan pembentukan kristal zeolit [8,9].

Logam berat adalah polutan yang persisten, tidak dapat terurai secara alami, mudah terakumulasi dalam organisme hidup bahkan pada konsentrasi rendah, dan menyebabkan penyakit serius. Jumlah logam berat terbesar yang langsung dibuang ke sungai memberikan risiko toksisitas tinggi karena ion terhidrasi lebih beracun daripada atom logam. Hal ini terjadi karena mereka diserap lebih cepat dan sangat mengganggu proses enzimatik. Sumber utama logam berat dalam air limbah dan air permukaan adalah elektroplating. Adsorpsi menjadi salah satu solusi yang dianggap efisien dalam upaya menurunkan kadar logam berbahaya seperti tembaga (Cu) dan krom (Cr) pada limbah krom cair industri elektroplating karena kemampuannya pada penggunaan dalam skala besar dan hanya membutuhkan sedikit energi.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan sintesis zeolit berbahan dasar kaolin dan abu sekam padi dengan metode hidrotermal berdasarkan variasi rasio volume Na silikat dan Na aluminat. Pemanasan pada temperatur tertentu juga akan dilakukan untuk dapat menyempurnakan pertumbuhan kristal. Terhadap zeolit yang terbentuk selanjutnya dilakukan pengamatan pada ikatan, struktur padatan, dan permukaannya menggunakan FTIR dan SEM. Zeolit diaplikasikan pada limbah industri elektroplating untuk menurunkan kadar Cu dan Cr dengan variasi waktu tertentu.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sekam padi yang diperoleh dari Kabupaten Karawang, Jawa Barat, kaolin dari Bangka, NaOH, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{HNO}_{3(\text{p})}$, akuades, kertas saring, dan aluminium foil.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu labu semprot, penyangga corong, desikator, spatula, *timer*, *shaker*, *oven*, neraca analitik, dan instrumen meliputi *Scanning Electron Microscope* (SEM) EVO 50 ZEISS, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) Shimadzu IRPrestige 21, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Shimadzu AA7000, dan *hotplate*.

Sintesis Zeolit

Zeolit disintesis dari natrium silikat dan diperoleh dengan cara memanaskan kaolin pada temperatur 900°C, didiamkan sampai dingin, untuk selanjutnya dilarutkan dengan larutan NaOH 6M (A). Abu sekam padi yang berasal dari pembakaran sekam padi dipanaskan pada temperatur 600°C selama 2 jam. Abu yang diperoleh direaksikan dengan 60 ml NaOH 6M hingga terbentuk filtrat. Masing-masing larutan kemudian diencerkan sampai 250 mL (B).

Larutan natrium aluminat dibuat dengan melarutkan 30,50 gram NaOH dalam 100 mL akuades panas. Larutan tersebut ditambahkan 21,65 gram Al(OH)₃ sambil diaduk di atas *hotplate* (C). Setelah semua Al(OH)₃ larut, campuran kemudian disaring dan diencerkan dalam labu takar sampai volumenya 250 mL. Zeolit dibuat dengan variasi volume (mL) natrium silikat dan natrium aluminat yang berbeda-beda, yaitu zeolit K4 (25A:25B:50C) dan zeolit K6 (50A:25B:25C).

Pembuatan zeolit dilakukan dengan mencampurkan secara kuantitatif natrium aluminat dari buret dengan natrium silikat dalam botol duran sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Sintesis zeolit dilakukan dengan mencampurkan natrium aluminat dan natrium silikat. Kemudian, campuran tersebut dipanaskan dalam oven pada temperatur 105°C selama 24 jam. Endapan putih yang terbentuk lalu disaring dan dicuci sampai pH netral. Endapan putih yang diperoleh dipanaskan kembali dalam oven pada temperatur 105°C selama 8 jam, dan serbuk putih yang terbentuk pada akhir proses adalah zeolit.

Karakterisasi Zeolit

Ikatan dan struktur padatan zeolit K4 dan K6 ditentukan menggunakan FTIR. Karakterisasi FTIR dilakukan dengan cara mencampur serbuk halus zeolit dengan KBr dan dibuat pelet. Serapan inframerah zeolit diukur pada rentang bilangan gelombang 4000-500 cm⁻¹. Struktur morfologi permukaan padatan zeolit K4 dan K6 diamati menggunakan SEM dengan perbesaran 5000 kali.

Aplikasi Zeolit Sintetis pada Limbah Cair Industri Eлектроplating

Zeolit yang sudah siap lalu ditimbang sebanyak 0,5 gram dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 100 mL. Kedalam wadah tersebut

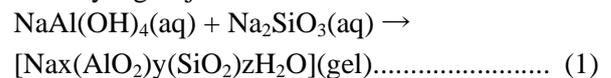
kemudian dituangkan 25 mL limbah cair industri pada kondisi pH 4. Erlenmeyer tersebut ditutup menggunakan aluminium foil dan dikocok menggunakan *shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama interval waktu 10, 20, 30, 40 dan 50 menit. Larutan tersebut disaring dengan kertas saring lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Zeolit

Zeolit disintesis dari bahan natrium alumina dan natrium silika. Natrium alumina dibuat dari campuran Al(OH)₃ dengan NaOH, sedangkan natrium silikat didapat dari abu sekam padi dan kaolin. Kaolin adalah salah satu mineral tanah liat yang paling umum digunakan dalam sintesis zeolit karena adanya Al dan Si yang terkoordinasi. Setelah diberikan perlakuan termal kaolin akan berubah menjadi metakaolinit [10]. Silikat dalam sekam padi diisolasi dengan NaOH karena kelarutan silika dalam basa kuat sangatlah besar [12].

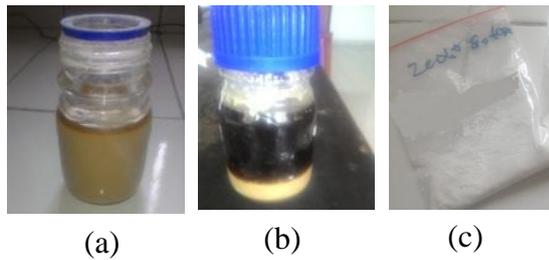
Pembentukan gel pada proses sintesis zeolit menunjukkan interaksi yang kuat antara natrium silikat dan natrium aluminat, yang berarti proses polimerisasi silikat dan aluminat telah dimulai. Berdasarkan penelitian Ojha *et al.*, reaksi yang terjadi :



Terbentuknya gel berwarna putih merupakan awal dari pembentukan inti dan pertumbuhan kristal yang merupakan hal penting dalam proses sintesis zeolit. Larutan aluminat dan larutan silikat yang dicampur membentuk dua fasa, yaitu fasa gel dan fasa larutan sebagai larutan lewat jenuh. Kedua fasa ini berada dalam kesetimbangan sebagai tahap awal pembentukan zeolit.

Pada tahap pembentukan kristal, gel amorf akan mengalami penataan ulang pada strukturnya dengan adanya pemanasan sehingga dapat terbentuk embrio inti kristal. Apabila gel amorf sisa larut kembali, maka akan terjadi pertumbuhan kristal dan embrio inti hingga gel amorf sisa tersebut habis dan terbentuk kristal dalam keadaan stabil [14].

Menurut Zhely reaksi yang terjadi adalah
 $[Na_x(AlO_2)_y(SiO_2) \cdot zH_2O](gel) \rightarrow$
 $[Na_p(AlO_2)_p(SiO_2)_pH_2O](kristal) \dots \dots \dots (2)$



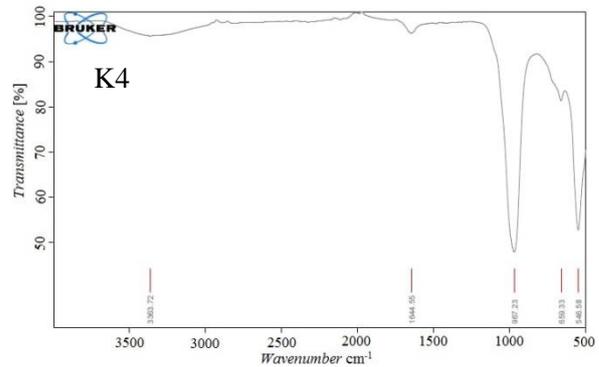
Gambar 1. Sintesis Zeolit, (a) Proses Pembentukan Zeolit, (b) Endapan Gel Amorf Zeolit, (c) Zeolit Hasil Sintesis

Karakterisasi Zeolit

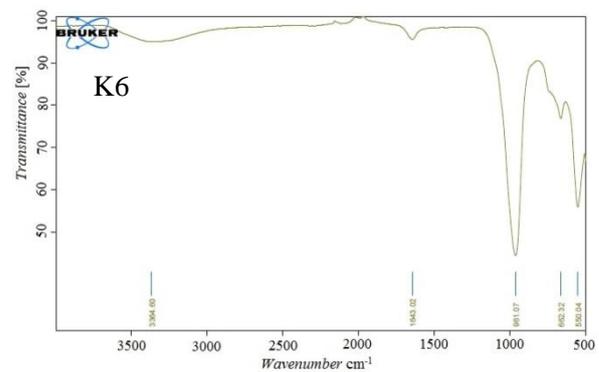
Zeolit secara umum mempunyai daerah serapan infra merah di sekitar bilangan gelombang 300–1200 cm^{-1} karena pada daerah ini terdapat vibrasi fundamental kerangka tetrahedral SiO_4/AlO_4 yang merupakan unit pembentuk kerangka zeolit. Gambar 2 menunjukkan pola spektra infra merah pada zeolit K4 dan K6. Gugus kimia utama yang muncul pada spektra infra merah zeolit adalah gugus serapan silika dan alumina. Daerah serapan sekitar 820-650 cm^{-1} menunjukkan terdapat vibrasi ulur simetri O-Si-O dan O-Al-O, sedangkan vibrasi ulur asimetrisnya muncul pada daerah serapan sekitar 1250-950 cm^{-1} . Karakter spesifik cincin ganda kerangka zeolit ditunjukkan pada daerah serapan 650-500 cm^{-1} [14]. Serapan sekitar 1640 cm^{-1} dikaitkan dengan karakteristik bending H-O molekul air. Selain itu, serapan tunggal yang diamati sekitar 3340 cm^{-1} dikaitkan dengan adanya hidroksil blok penyusun zeolit sintetis [14]. Cincin ganda merupakan karakter kerangka zeolit pada jaringan eksternal antara lapisan zeolit satu dengan yang lainnya.

Gambar 2 menunjukkan bahwa gugus serapan silika dan alumina terdapat pada kedua sampel K4 dan K6. Serapan kuat muncul pada 967 cm^{-1} untuk K4 dan 961 cm^{-1} untuk K6 yang menunjukkan vibrasi ulur simetri O-Si-O dan O-Al-O. Vibrasi ulur asimetri O-Si-O dan O-Al-O ditunjukkan pada serapan 659 cm^{-1} pada K4 dan 662 cm^{-1} pada K6. Sedangkan kerangka spesifik cincin ganda kerangka zeolit muncul pada 546 cm^{-1} (K4) dan 560 cm^{-1} (K6).

Karakterisasi SEM pada zeolit hasil sintesis ditujukan untuk mengetahui morfologi permukaan dan keseragaman bentuk partikel. Karakterisasi SEM dilakukan terhadap Zeolit K4 dan Zeolit K6 dengan perbesaran 5000 kali. Hasil karakterisasi menunjukkan morfologi permukaan zeolit K4 dengan bentuk ketidakteraturan yang sama dengan zeolit K6.



(a)



(b)

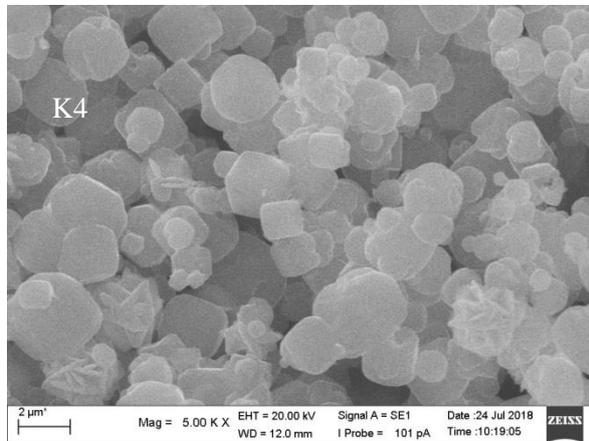
Gambar 2. Spektra Infra Merah Zeolit (a) Zeolit Sintetis K4, (b) Zeolit Sintetis K6

Kristal pada zeolit K4 memiliki ukuran diameter paling besar 3,180 μm dan paling kecil 1,027 μm , sedangkan zeolit K6 memiliki ukuran diameter paling besar 2,714 μm dan paling kecil 1,027 μm .

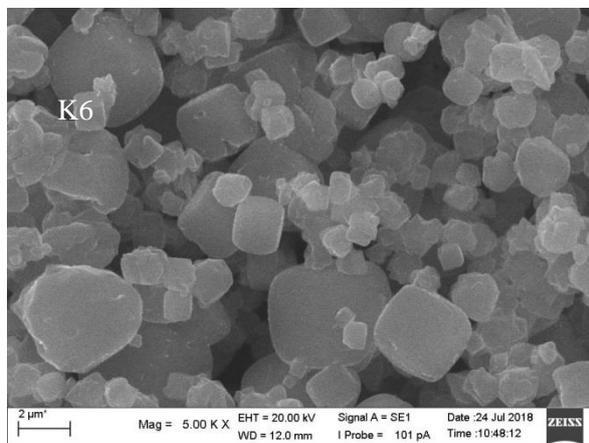
Hasil karakterisasi SEM dapat dilihat pada Gambar 3. Bentuk kristal kubik, bangun ruang segi enam dan bulatan lonjong dengan permukaan tidak beraturan muncul pada hasil karakterisasi SEM pada sampel K4 dan K6. Struktur zeolit Na-A membentuk struktur kubus sedangkan sodalit dan faujasit membentuk

bangun ruang segi enam [15]. *Sodium Aluminium Silicate Hydrate*, berbentuk bulatan lonjong dengan permukaan tak beraturan.

Keberadaan kristal sodalit atau faujasit, *Sodium Aluminium Silicate Hydrate* dan zeolit Na-A terlihat dari hasil karakterisasi SEM zeolit K4 pada Gambar 8 (a), begitu juga dengan hasil SEM zeolit K6 (b).



(a)



(b)

Gambar 3. Hasil Karakterisasi SEM (a) Zeolit Sintetis K4, (b) Zeolit Sintetis K6

Adsorpsi Logam Cu dan Cr oleh Zeolit

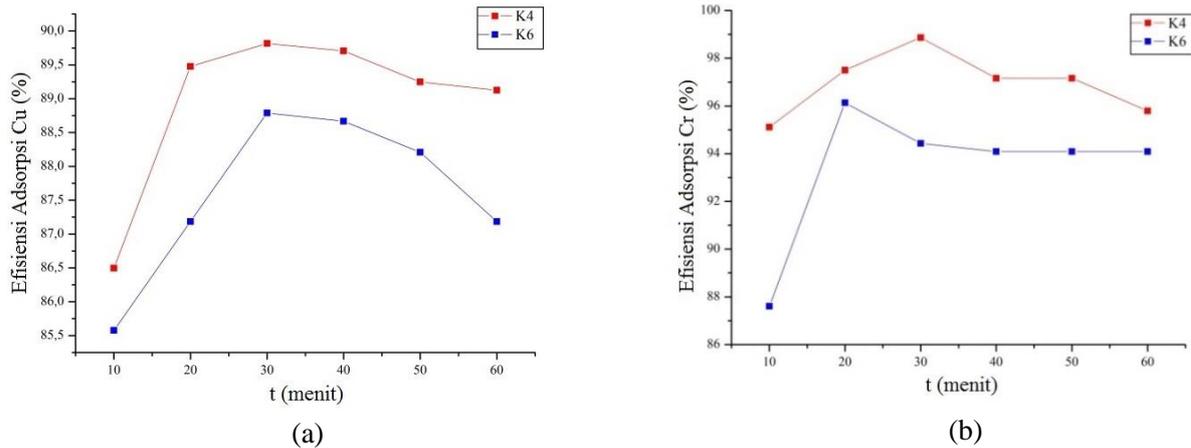
Penentuan kesetimbangan adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu kontak. Adsorpsi ion logam Cu dan Cr oleh Zeolit dilakukan pada kondisi optimal sebagai fungsi waktu kontak pada temperatur 30°C, pH 4 dan variasi waktu kontak dari 10 hingga 60 menit dengan menjaga semua parameter lainnya tetap konstan. Limbah

hasil industri elektroplating yang berasal dari Karawang, Jawa Barat digunakan pada percobaan ini dengan konsentrasi ion logam Cu dan Cr diatas batas mutu air limbah untuk kegiatan industri pelapisan logam.

Efisiensi adsorpsi dihitung berdasarkan selisih jumlah Adsorbat sebelum dan sesudah proses adsorpsi yang diukur dengan alat spektrofotometer serapan atom (AAS). AAS akan menampilkan absorbansi larutan yang kemudian dihitung sebagai konsentrasi larutan logam. Gambar 4 menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi ion logam berat meningkat terlebih dahulu secara bertahap sampai kesetimbangan tercapai. Penurunan kadar logam untuk kedua kation jelas lebih cepat pada tahap awal karena pada awalnya semua situs adsorben kosong dan gradien konsentrasi logam terlarut tinggi [14].

Adsorpsi ion logam Cu terjadi dalam 20 menit pertama untuk zeolit K4 dan K6, kemudian mencapai kesetimbangan adsorpsi pada menit ke 30. Hal tersebut menunjukkan bahwa zeolit K4 dan K6 memiliki kemampuan yang kuat untuk mengikat kation Cu yaitu mencapai nilai efisiensi 89,9% untuk K4 dan 88,8% untuk K6. Begitu juga dengan adsorpsi ion logam Cr, Zeolit K4 dan K6 menunjukkan peningkatan adsorpsi yang lebih cepat dalam adsorpsi ion logam Cr pada 20 menit pertama. Ini dapat dikaitkan dengan jari-jari ion Cu yang lebih besar dari Cr sehingga ion logam Cu akan lebih lambat melewati saluran zeolit. Efisiensi adsorpsi zeolit K4 terhadap ion logam Cr pada keadaan setimbang yaitu 98,9% dan K6 96,2%. Dengan demikian, kondisi optimum adsorpsi ion logam Cu oleh zeolit K4 dan zeolit K6 adalah 30 menit, sedangkan adsorpsi ion logam Cr adalah 20 menit oleh zeolit K6 dan 30 menit oleh zeolit K4. Kapasitas adsorpsi ion logam Cr oleh zeolit sintetis K4 mencapai 0,5212 mg/g dan ion logam Cu sebesar 0,3721 mg/g pada waktu kontak 30 menit, sedangkan kapasitas adsorpsi ion logam Cr oleh zeolit K6 sebesar 0,5104 mg/g dan ion logam Cu sebesar 0,3679 mg/g.

Setelah mencapai waktu kontak optimum, zeolit akan mengalami desorpsi yaitu melepaskan kembali ion logam yang telah diserap karena zeolit mengalami kejenuhan sehingga tidak mampu menyerap ion logam lebih banyak lagi akibat seluruh pori-pori telah terisi dengan logam dalam larutan [9].



Gambar 4. Hasil Efisiensi Adsorpsi Zeolit K4 dan K6 terhadap (a) Ion Logam Cu dalam Limbah Cair Industri, (b) Ion Logam Cr dalam Limbah Cair Industri.

Tabel 1. Parameter Kinetika Pseudo Orde Pertama dan Pseudo Orde Kedua Adsorpsi Logam Cu dan Cr oleh Zeolit K4

Adsorbat	Q _e _{eks} (mg/g)	Pseudo Orde Pertama			Pseudo Orde Kedua		
		Q _e _{hit} (mg/g)	k ₁ (menit ⁻¹)	R ²	Q _e _{hit} (mg/g)	k ₂ (g mg ⁻¹ menit ⁻¹)	R ²
Logam Cu	0,3721	0,0086	0,0467	0,3584	0,3721	27,5558	0,9999
Logam Cr	0,5217	0,0122	0,0135	0,3098	0,5217	13,4854	0,9997

Tabel 2. Parameter Kinetika Pseudo Orde Pertama dan Pseudo Orde Kedua Adsorpsi Logam Cu dan Cr oleh Zeolit K6

Adsorbat	Q _e _{eks} (mg/g)	Pseudo Orde Pertama			Pseudo Orde Kedua		
		Q _e _{hit} (mg/g)	k ₁ (menit ⁻¹)	R ²	Q _e _{hit} (mg/g)	k ₂ (g mg ⁻¹ menit ⁻¹)	R ²
Logam Cu	0,3679	0,0202	0,0277	0,783	0,36785	5,1099	0,9999
Logam Cr	0,5104	0,0375	0,0362	0,6806	0,5104	3,5850	0,9993

Studi Kinetik Adsorpsi Logam Cu dan Cr

Kinetika adsorpsi dapat ditentukan menggunakan beberapa metode, dalam penelitian ini metode pendekatan yang digunakan adalah metode pseudo orde pertama dan kedua.

Jumlah logam yang teradsorpsi oleh zeolit sintetis dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{W} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- Q_e = Jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/g)
- C₀ = Konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)
- C_e = Konsentrasi ion logam setelah adsorpsi

(mg/L)

- V = Volume larutan ion logam (L)
- W = Jumlah zeolit (mg)

Persamaan yang digunakan untuk masing-masing pseudo adalah :

Persamaan pseudo orde pertama [13]
 $\ln(Q_e - Q_t) = \ln Q_e - k_1 t \dots\dots\dots (4)$

Persamaan pseudo orde kedua [17]
 $\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{Q_e} t + \frac{1}{k_2 Q_e^2} \dots\dots\dots (5)$

Q_e = Banyaknya ion logam yang teradsorpsi tiap gram zeolit saat setimbang (mg/g)

Q_t = Banyaknya ion logam yang terserap tiap gram zeolit pada waktu tertentu (mg/g)

Data kinetik dilinierisasi menggunakan model *pseudo-first-order* dan *pseudo-second-order*, kemudian diplot antara $\ln(Q_e - Q_t)$ versus t dan t / Q_t versus t . Konstanta dihitung dari nilai *slope* dan intersep hasil persamaan regresi linier. Hasil yang ditampilkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi zeolit K4 dengan logam Cu memiliki nilai R^2 0,3584 untuk pseudo orde pertama dan nilai R^2 0,9999 untuk pseudo orde kedua. Tabel 2 menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi zeolit K6 dengan logam Cu memiliki nilai R^2 0,783 untuk pseudo orde pertama dan nilai R^2 0,9999 untuk pseudo orde kedua. Persamaan regresi tersebut digunakan untuk menghitung Q_e . Besar Q_e yang dihitung dari persamaan pseudo orde pertama jauh berbeda dengan Q_e hasil percobaan, sedangkan Q_e yang dihitung dari persamaan pseudo orde kedua sama dengan Q_e percobaan. Nilai k_2 lebih besar 590 kali dari k_1 untuk zeolit K4 dan 184 kali lebih besar dari k_1 untuk zeolit K6. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses adsorpsi logam Cu oleh Zeolit K4 dan K6 mengikuti persamaan pseudo orde kedua. Proses adsorpsi logam Cu bergantung pada konsentrasi awal logam Cu dan massa adsorben zeolit yang digunakan. Secara umum, tahap penentu laju pada proses adsorpsi pseudo orde kedua terjadi secara kemosorpsi [14].

Hasil yang sama ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2 untuk adsorbat logam Cr. Hal tersebut menunjukkan bahwa zeolit K4 dan K6 mengadsorpsi logam Cu dan Cr secara kemosorpsi. Pada penelitian ini proses kemosorpsi terjadi karena adanya ikatan kimia yang kuat antara adsorbat dan adsorben yang berupa ikatan kovalen logam dengan gugus aluminosilikat zeolit.

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi zeolit sintetis berbahan dasar kaolin dan abu sekam padi dengan FTIR menunjukkan adanya serapan kuat di daerah 600-1000 cm^{-1} , yang menandakan vibrasi fundamental kerangka tetrahedral $\text{SiO}_4/\text{AlO}_4$. Zeolit sintetis K4 dan K6 memiliki potensi besar sebagai adsorben untuk mengadsorpsi ion logam Cu dan Cr dalam limbah cair industri. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi adsorpsi sekitar

88% hingga 99% dalam waktu adsorpsi yang singkat yaitu 30 menit. Kinetika adsorpsi zeolit K4 dan K6 mengikuti persamaan pseudo orde kedua untuk kedua logam Cu dan Cr.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik AKA yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS) 2016, "Produksi Padi menurut provinsi (ton) 1993-2015", [online] available: <https://www.bps.go.id/dynamictable/215/09/09/865/produksi-padi-menurutprovinsi-ton-1993-2015>
- [2] Sriyanti, S., Taslimah, T., Nuryono, N. and Narsito, N., "Sintesis Bahan Hibrida Amino-Silika dari Abu Sekam Padi Melalui Proses Sol-Gel" *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 8(1), pp.1-8, 2005
- [3] Prasetyoko, D., Ramli, Z., Endud, S., Hamdan, H. and Sulikowski, B., "Conversion of rice husk ash to zeolite beta" *Waste Management*, 26(10), pp.1173-1179, 2006
- [4] Reyes, C.A.R. and Fiallo, L.Y.V., "Application of illite-and kaolinite-rich clays in the synthesis of zeolites for wastewater treatment" *In Earth and Environmental Sciences*, Intech Open, 2011.
- [5] S. Mukherjee, S. Barman, and G. Halder, "Fluoride uptake by zeolite NaA synthesized from rice husk: Isotherm, kinetics, thermodynamics and cost estimation Groundwater for Sustainable Development Fluoride uptake by zeolite NaA synthesized from rice husk: Isotherm, kinetics, thermodynamics and cost estimation," *Groundw. Sustain. Dev.*, vol. 7, no. March, pp. 39–47, 2018.
- [6] Liu, H., Peng, S., Shu, L., Chen, T., Bao, T. and Frost, R.L., "Magnetic zeolite NaA: Synthesis, characterization based on metakaolin and its application for the removal of Cu^{2+} , Pb^{2+} " *Chemosphere*, 91(11), pp.1539-1546, 2013.
- [7] Tauanov, Z., Shah, D., Inglezakis, V. and Jamwal, P.K., "Hydrothermal synthesis of

- zeolite production from coal fly ash: A heuristic approach and its optimization for system identification of conversion", *Journal of cleaner production*, 182, pp.616-623, 2018.
- [8] Arnelli, A., Solichah, F., Alfiansyah, A., Suseno, A. and Astuti, Y., "Sintesis Zeolit dari Abu Sekam Padi menggunakan Metode Hidrotermal: Variasi Waktu dan Temperatur". *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(2), pp.58-61, 2017.
- [9] Sugiarti, S., Charlena, C. and Aflakhah, N.A., "Zeolit Sintetis Terfungsionalisasi 3-(Trimetoksisilil)-1-Propaniol sebagai Adsorben Kation Cu (II) dan Biru Metilena", *Jurnal Kimia Valensi*, 3(1), pp.11-19, 2017.
- [10] M. Visa, "Synthesis and characterization of new zeolite materials obtained from fly ash for heavy metals removal in advanced wastewater treatment," *Powder Technol.*, vol. 294, pp. 338–347, 2016.
- [11] A. Áurea, B. Maia, R. N. Dias, R. S. Angélica, and R. F. Neves, "Influence of an aging step on the synthesis of zeolite NaA from Brazilian Amazon kaolin waste," *Integr. Med. Res.*, vol. 8, no. 3, pp. 2924–2929, 2019.
- [12] Handoyo, K., "Kimia Organik", Gajah Mada Press., Yogyakarta., 1996.
- [13] Ojha, K., Pradhan, N.C. and Samanta, A.N., "Zeolite from fly ash: synthesis and characterization" *Bulletin of Materials Science*, 27(6), pp.555-564. 2004.
- [14] C. Li, H. Zhong, S. Wang, J. Xue, and Z. Zhang, "Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects A novel conversion process for waste residue: Synthesis of zeolite from electrolytic manganese residue and its application to the removal of heavy metals," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 470, pp. 258–267, 2015.
- [15] Wang, C., Zhou, J., Wang, Y., Yang, M., Li, Y. and Meng, C., "Synthesis of zeolite X from low-grade bauxite" *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 88(7), pp.1350-1357, 2013.
- [16] Zhely, N.H.M. and Widiastuti, N., "Sintesis Zeolit X-karbon dari Abu Dasar Batubara dan Karakterisasinya sebagai Material Penyimpan Hidrogen" *Prosiding KIMIA FMIPA-ITS*, 2012.
- [17] Ho, Y. S. Review of Second-Order Models for Adsorption Systems. *J. Hazard. Mater.* 2006, 136, 681-689.