

ADSORPSI DAN DESORPSI Cr(VI) PADA ADSORBEN BATU CADAS KARANGASEM HASIL LIMBAH KERAJINAN CANDI BALI TERAKTIVASI NaOH DAN TERSALUT Fe(OH)₃

I Made Dupi Andika*, I Nengah Simpen, dan Ketut Gede Dharma Putra

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali

*E-mail : dupi.andika@gmail.com

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dibahas mengenai adsorpsi-desorpsi Cr(VI) oleh adsorben batu cadas Karangasem limbah kerajinan candi Bali teraktivasi NaOH dan tersalut Fe(OH)₃. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan batu cadas dalam penyerapan ion logam Cr⁶⁺. Batu cadas diaktivasi dengan NaOH berbagai konsentrasi, kemudian dilanjutkan dengan penyalutan dengan Fe(OH)₃. Masing-masing adsorben dikarakterisasi luas permukaan spesifik dengan metode metilen biru. Keasaman permukaan dihitung dengan titrasi asam basa dan FTIR. Selanjutnya ditentukan waktu setimbang adsorpsi, isoterm adsorpsi dan kapasitas adsorpsi terhadap Cr(VI). Adsorben dengan kapasitas adsorpsi tertinggi kemudian didesorpsi menggunakan zat pendesorpsi HNO₃ 2 mol/L, NaOH 1 mol/L, dan NH₄Cl jenuh.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keasaman permukaan tertinggi ditunjukkan oleh adsorben kontrol, yaitu $0,2836 \pm 0,0106$ mmol/g dengan jumlah situs asam $1,7079 \times 10^{20}$ atom/g. Luas permukaan spesifik tertinggi ditunjukkan oleh adsorben teraktivasi NaOH 6 M - tersalut Fe(OH)₃, yaitu 34,5042 m²/g. Kapasitas adsorpsi tertinggi ditunjukkan oleh adsorben dengan perlakuan teraktivasi NaOH 6M-tersalut Fe(OH)₃ yaitu 2,5253 mg/g dengan waktu interaksi 15 menit pada pH 5 dan mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir. HNO₃ merupakan zat pendesorpsi yang paling efektif dengan presentase Cr terdesorpsi sebesar 2,15%.

Kata kunci : batu cadas, adsorpsi, desorpsi, Cr(VI)

ABSTRACT

This research discusses the adsorption-desorption of Cr(VI) by the adsorbent made from Karangasem cadas rock which is the waste of Balinese temple production. The adsorbent was activated with NaOH and coated with Fe(OH)₃. The aim of the study was to investigate the capability of cadas rock in Cr⁶⁺ adsorption. The rock was activated with various concentrations of NaOH followed by coating process with Fe(OH)₃. Each adsorbent was characterized for its specific surface area and surface acidity. The equilibrium time, adsorption isotherms and adsorption capacity were also investigated. The adsorbent with the highest adsorption capacity was then desorbed using HNO₃ 2 mol/L, NaOH 1 mol/L, and saturated NH₄Cl.

The result suggested that the highest surface acidity was showed by the control adsorbent which was 0.2836 ± 0.0106 mmol/g with an acid site of 1.7079×10^{20} atoms/g. The highest specific surface area was showed by the adsorbent activated with 6M NaOH and coated with Fe(OH)₃, which was 34.5042 m²/g. The highest adsorption capacity was showed by the same adsorbent, which was 2.5253 mg/g with interaction time of 15 minutes at pH 5. This met the pattern of Langmuir adsorption isotherm. HNO₃ was the most effective desorption substance resulted in a percentage of Cr desorbed of 2,15%.

Keywords : cadas rock, adsorption, desorption, Cr(VI)

PENDAHULUAN

Logam krom merupakan salah satu senyawa yang dipergunakan secara luas dalam

dunia perindustrian, diantaranya industri penyamakan kulit, industri elektroplating, industri sablon, dan industri pembersihan logam. Sebagian besar industri tersebut belum memiliki sistem

pengolahan limbah untuk logam berat dan cenderung membuang limbahnya ke lingkungan dan menimbulkan pencemaran (Dermatas dan Meng, 2004).

Logam krom memiliki bilangan oksidasi +2, +3, dan +6, tetapi di alam lebih banyak dijumpai dalam bentuk Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Cr^{6+} bersifat lebih toksik dibandingkan Cr^{3+} dan juga penanganannya lebih sukar (Dermatas dan Meng, 2004).

Telah banyak metode yang digunakan dan dikembangkan dalam upaya untuk menyisahkan kadar logam krom dari pelarutnya antara lain presipitasi menggunakan koagulan, separasi dengan membran (Jain dkk., 2005), pertukaran ion dengan mesin resin (Sivaiah dkk., 2004), dan adsorpsi menggunakan adsorben (Kurniasari dkk., 2010). Dari beberapa metode yang digunakan, adsorpsi adalah metode yang paling efektif, dan juga ekonomis dalam penanganan limbah logam, diantaranya melalui penggunaan berbagai adsorben anorganik seperti zeolit, arang, dan berbagai limbah organik yang potensial seperti kulit jagung, kulit pisang, ataupun tempurung kelapa. Selain adsorben organik seperti biosorben, adsorben anorganik yang potensial selain lempung seperti batuan dan pasir juga dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam berat.

Berdasarkan penelitian Satpathy dan Chaudhuri (1997), pasir merupakan adsorben yang baik dalam mengadsorpsi limbah logam berat yang bersumber dari kegiatan industri. Modifikasi adsorben seperti penyalutan dan aktivasi dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi secara signifikan. Aktivasi dapat membuka pori-pori dan zat pengotor yang menutupi pori sehingga meningkatkan luas permukaan spesifik dan keasaman maupun kebasahan adsorben. Penyalutan dengan Fe_2O_3 juga terbukti dapat meningkatkan situs aktif asam sehingga keasaman permukaan meningkat. Setelah proses penyalutan, pencucian adsorben sangat penting dalam membersihkan sisa-sisa Fe_2O_3 yang tidak terikat pada situs aktif dan justru menutup pori adsorben akibat dari proses penyalutan yang tidak homogen.

Batuan merupakan contoh adsorben anorganik lainnya yang sangat potensial dalam mengadsorpsi kadar logam selain pasir. Batuan memiliki kandungan 70–95% SiO_2 dan 2–10% Al_2O_3 , dimana senyawa tersebut berfungsi sebagai

situs aktif asam tempat terikatnya adsorbat logam berat. Batu padas alam tanpa modifikasi jenis *Ladgestone*, *Pearl Sandstone*, dan *Linroc Stone* menurut penelitian Budiartawan (2003), dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat Pb dan Cr dalam air. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa batu padas jenis *Ladgestone* merupakan jenis batuan yang paling efektif dibandingkan batu padas jenis *Pearl Sandstone* dan *Linroc Stone* dalam menurunkan kadar logam toksik Pb dan Cr dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut 0,4491 mg/g dan 0,3817 mg/g.

Menelisik dari tingginya potensi batuan dalam pemanfaatan adsorben logam berat maka muncul gagasan untuk menggunakan salah satu jenis batuan yaitu batu cadas untuk menurunkan kadar logam berat Cr. Batu cadas akan diteliti sebagai adsorben logam berat Cr pada larutan simulasi yang dikerjakan dalam skala laboratorium. Batu cadas akan diaktivasi dengan NaOH dengan variasi konsentrasi 2M, 4M, dan 6M, kemudian disalut dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Selain itu akan dipelajari waktu kontak optimum, pola isoterm adsorpsi, kapasitas adsorpsi, dan penentuan banyaknya Cr yang terdesorpsi dari adsorben menggunakan larutan pendesorpsi HNO_3 , NaOH, dan juga NH_4Cl .

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan penelitian yang digunakan adalah batu cadas Karangasem, sedangkan bahan-bahan kimia yang digunakan : larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1000 mg/L, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ grade p.a., HNO_3 2M, NaOH, *phenolphthalein*, HCl pekat, asam oksalat, metilen biru 50 mg/L, NH_4Cl jenuh, dan akuades.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan, antara lain oven, mortar, batang pengaduk, neraca analitik, pipet ukur, pipet volume, labu ukur, gelas ukur, gelas beker, erlenmeyer, botol sampel, kertas saring whatman No 42, ayakan bertingkat ukuran 0,25 dan 0,5 mm, Spektrofotometer Serapan Atom, spektrofotometer UV-Vis, FTIR, dan pencatat waktu (stop watch).

Cara Kerja

Preparasi adsorben

Batu cadas yang telah dalam bentuk serbuk/butiran terlebih dahulu dibersihkan dengan akuades dan dikeringkan, kemudian diayak dengan ayakan bertingkat ukuran 0,25 – 0,5 mm. Serbuk kemudian dibilas dengan aquades. Batu cadas yang telah dibilas kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 12 jam.

Proses Aktivasi Adsorben

Batu cadas diaktivasi menggunakan larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 2M; 4M; dan 6M yang direaksikan dengan 200 g serbuk batu cadas dalam 3 alat refluks yang berbeda. Serbuk batu cadas diinteraksikan dengan NaOH pada suhu 70°C selama 2 jam dalam alat refluks (Kurniasari dkk., 2011). Campuran kemudian disaring dan residu yang didapat dibilas dengan akuades hingga terbebas dari ion OH⁻ (uji dengan ditetesi *phenolphthalein*). Adsorben dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada temperatur 110°C. Adsorben dikarakterisasi luas permukaan spesifiknya, keasaman permukaan dan situs aktifnya.

Penyalutan Adsorben

Sebanyak 50 g masing-masing dari batu cadas tanpa aktivasi (kontrol) dan batu cadas dengan luas permukaan spesifik tertinggi (teraktivasi NaOH 6M) dicampur dengan 25 mL larutan FeCl₃ 10% dan 700 mL larutan KOH 0,1 M hingga pH menjadi 10. Campuran diinteraksikan selama 20 hari pada suhu kamar, kemudian campuran disaring, lalu dibilas dengan akuades, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam. Adsorben disimpan dalam desikator hingga beratnya konstan. Adsorben dikarakterisasi luas permukaan spesifiknya, keasaman permukaan dan situs aktifnya.

Penentuan Waktu Setimbang Adsorpsi

Disediakan 5 buah Erlenmeyer 50 mL, kemudian tiap-tiap erlenmeyer diisi 0,5 g serbuk batu cadas dengan luas permukaan tertinggi. Pada tiap Erlenmeyer ditambahkan 50 mL larutan Cr 100 mg/L dengan pH optimumnya yaitu pada pH 5 (Souundarrajan *et al.*, 2012). Waktu kontak divariasikan selama 10, 15, 30, 60, dan 90 menit untuk masing-masing adsorben pada erlenmeyer.

Penentuan Isoterm dan Kapasitas Adsorpsi

Sebanyak masing-masing 25,0 mL larutan Cr dengan konsentrasi 25, 50, 100, 150, 200, dan

250 mg/L dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Sebanyak 0,3 g adsorben dari masing-masing perlakuan (kontrol, teraktivasi NaOH 2M, teraktivasi NaOH 4M, teraktivasi NaOH 6M, kontrol-tersalut Fe(OH)₃, dan teraktivasi NaOH 6M- tersalut Fe(OH)₃) dimasukkan pada setiap Erlenmeyer. Campuran diinteraksikan selama waktu optimum pada temperatur kamar dan pH optimumnya yaitu 5 (Souundarrajan *et al.*, 2012). Penentuan isoterm adsorpsi Langmuir menggunakan persamaan 1, sedangkan untuk penentuan isoterm adsorpsi Freundlich menggunakan persamaan 2. Penentuan kapasitas adsorpsi batu cadas dihitung melalui persamaan isoterm adsorpsi Langmuir atau Freundlich.

$$\frac{C_e}{Q_{ads}} = \frac{1}{bK} + \frac{1}{b} C_e \dots\dots\dots(1)$$

$$\log Q_{ads} = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(2)$$

Desorpsi Cr⁶⁺ Dari Adsorben

Disiapkan sebuah erlenmeyer, kedalam erlenmeyer tersebut dimasukkan 40 g adsorben dengan kapasitas adsorpsi tertinggi dan diinteraksikan dengan larutan Cr dengan konsentrasi optimumnya, selama waktu setimbang pada pH 5 (Souundarrajan *et al.*, 2012). Larutan disaring dan filtrat diukur dengan AAS.

Disiapkan 3 buah erlenmeyer dan masing-masing diisi dengan 10,0 g adsorben yang telah diinteraksikan dengan Cr pada proses sebelumnya. Masing-masing erlenmeyer diisi 10 mL NaOH 1M pada erlenmeyer 1, 10 mL HNO₃ 2M pada erlenmeyer 2, dan 10 mL NH₄Cl jenuh pada erlenmeyer 3. Masing-masing campuran diinteraksikan selama 24 jam pada temperatur kamar. Selanjutnya sampel disaring dan filtratnya yang mengandung Cr diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keasaman Permukaan Adsorben

Batu cadas yang diukur keasaman permukaannya adalah batu cadas kontrol, diaktivasi NaOH 2M, 4M dan 6M, kontrol-tersalut Fe(OH)₃, dan teraktivasi NaOH 6M-tersalut Fe(OH)₃. Data keasaman permukaan adsorben disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Keasaman Permukaan Batu Cadas Setiap Perlakuan dengan Metode Titrasi

Adsorben	\bar{K}_a ($\frac{\text{mmol}}{\text{g}}$)	Situs Asam (x 10 ²⁰ situs/g)
Kontrol	0,2836 ± 0,0106	1,7079
Diaktivasi NaOH 2M	0,1518 ± 0,0387	0,9142
Diaktivasi NaOH 4M	0,1450 ± 0,0304	0,8736
Diaktivasi NaOH 6M	0,1163 ± 0,0058	0,7005
Kontrol-tersalut Fe(OH) ₃	0,1146 ± 0,0233	0,6905
Diaktivasi NaOH 6M - tersalut Fe(OH) ₃	0,0977 ± 0,0178	0,5887

Tabel 2. Rangkuman situs asam Bronsted-Lewis pada adsorben

Adsorben	ν Bronsted (cm ⁻¹)	ν Lewis (cm ⁻¹)
Kontrol	1483,26	-
Diaktivasi NaOH 2M	1795,73	1506,41
Diaktivasi NaOH 4M	1722,43	1519,91
Diaktivasi NaOH 6M	-	1514,12
Kontrol-tersalut Fe(OH) ₃	1496,76	-
Diaktivasi NaOH 6M - tersalut Fe(OH) ₃	-	1500,62

Keasaman permukaan tertinggi terdapat pada adsorben kontrol yaitu sebesar 0,2836 mmol/g. Jika dibandingkan dengan adsorben lainnya maka adsorben kontrol memiliki nilai keasaman yang paling tinggi sementara nilai kebasaaan adsorben kontrol lebih rendah dibandingkan dengan adsorben lainnya, sedangkan nilai kebasaaan adsorben lainnya lebih tinggi jika dibandingkan dengan adsorben kontrol. Hal ini disebabkan karena adanya proses pertukaran ion, dimana ion Na⁺ yang berasal dari NaOH pada saat proses aktivasi akan bertukar dengan ion-ion yang terikat pada pori adsorben. Ion Na⁺ yang bersifat basa akan memberikan nilai kebasaaan yang tinggi. Nilai kebasaaan ini akan menentukan nilai kapasitas adsorpsi (Ariastuti, 2006).

Secara kualitatif, penentuan keasaman permukaan dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer infra merah. Rangkuman situs asam Lewis dan Bronsted dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, pada adsorben kontrol hanya terdapat situs asam Bronsted yaitu kemunculan pada bilangan gelombang 1483,26 cm⁻¹ (Tanabe, 1981). Pada adsorben diaktivasi NaOH 2 M, terdapat pergeseran bilangan gelombang untuk situs asam Bronsted yaitu 1795,73 cm⁻¹ dan kemunculan situs asam Lewis. Hal ini disebabkan karena proses aktivasi dengan

basa menyebabkan proses desilikalisasi dan larutnya pengotor-pengotor zat organik sehingga terbentuknya situs asam Lewis yang ditunjukkan dengan munculnya pada bilangan gelombang 1506,41 cm⁻¹. Pada adsorben diaktivasi NaOH 4M, situs asam Bronsted bergeser ke bilangan yang lebih tinggi yaitu 1722,43 cm⁻¹ (Tanabe, 1981). Hal ini disebabkan energi ikatan N-H yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben kontrol. Situs asam Lewis pada adsorben diaktivasi NaOH 4M juga terjadi pergeseran yaitu pada bilangan gelombang 1519,91 cm⁻¹. Pada adsorben diaktivasi NaOH 6M hanya terdapat situs asam Lewis yaitu munculnya pada bilangan gelombang 1514,12cm⁻¹. Hal ini disebabkan karena penggunaan basa konsentrasi tinggi telah mengakibatkan hidrogen sebagai situs asam Bronsted pada adsorben terikat dengan OH yang bersumber dari NaOH dan terlepas sebagai H₂O. Pada adsorben kontrol-tersalut Fe(OH)₃ terjadi pergeseran bilangan gelombang yang diakibatkan energi ikatan yang tinggi dibandingkan adsorben kontrol yang ditunjukkan dengan munculnya bilangan gelombang 1496,76 cm⁻¹. Pada adsorben diaktivasi NaOH 6M - tersalut Fe(OH)₃, situs asam Lewis bergeser pada bilangan gelombang 1500,62 cm⁻¹ yang diakibatkan energi ikatan N-H yang lebih lemah (Silverstein *et al.*, 1981).

Tabel 3. Luas permukaan adsorben dengan metode metilen biru

Adsorben	Luas Permukaan (m ² /g)
Kontrol	23,0004
Diaktivasi NaOH 2M	27,0187
Diaktivasi NaOH 4M	27,8314
Diaktivasi NaOH 6M	32,6190
Kontrol-tersalut Fe(OH) ₃	24,8531
Diaktivasi NaOH 6M - tersalut Fe(OH) ₃	34,5042

Luas Permukaan Spesifik

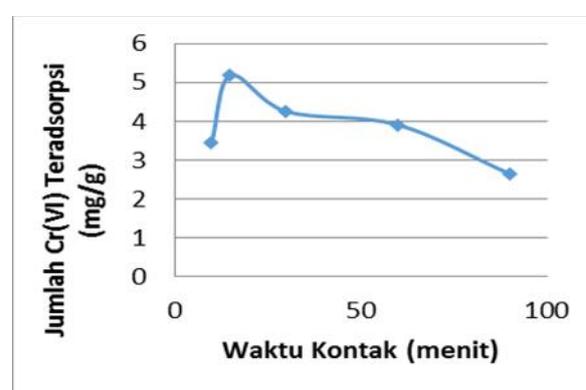
Luas permukaan spesifik adsorben merupakan salah satu parameter yang menunjukkan banyaknya jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Luas permukaan spesifik akan berbanding lurus dengan kapasitas adsorpsi. Hasil luas permukaan spesifik di sajikan dalam Tabel 3. Luas permukaan spesifik tertinggi dimiliki adsorben dengan perlakuan teraktivasi NaOH-tersalut Fe(OH)₃. Hal ini disebabkan oleh NaOH yang mampu melarutkan zat-zat organik yang menutupi pori adsorben. Proses aktivasi menggunakan NaOH pada konsentrasi yang relatif tinggi, dapat lebih banyak melarutkan zat-zat organik dibandingkan dengan adsorben teraktivasi NaOH dengan konsentrasi yang lebih rendah, sehingga lebih banyak metilen biru yang dapat terikat. Proses penyalutan dengan FeCl₃ yang dicampur dengan larutan KOH juga memberikan dampak yang besar dalam kenaikan nilai luas permukaan spesifik. Senyawa Fe(OH)₃ yang terbentuk dari reaksi FeCl₃ dan KOH akan membentuk situs baru OH⁻ sehingga semakin banyak metilen biru yang bisa terikat (Kragovic *et al.*, 2012).

Waktu Setimbang, Isoterm dan Kapasitas Adsorpsi

Penentuan waktu setimbang adsorpsi batu cadas memiliki tujuan untuk mengetahui waktu interaksi minimum yang dibutuhkan oleh batu cadas dalam mengadsorpsi Cr⁶⁺ secara maksimum sampai tercapai keadaan jenuh. Penentuan waktu setimbang adsorpsi dapat dilihat dalam Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa waktu kontak optimum adsorpsi batu cadas adalah 15 menit. Hal ini dikarenakan pada waktu kontak 15 menit, tercapai adsorpsi optimum yaitu 5,1752

mg/g, sedangkan setelah diinteraksikan selama 30, 60, dan 90 menit, adsorpsi mengalami penurunan.

Gambar 1. Waktu Setimbang Adsorpsi Cr⁶⁺

Pola isoterm adsorpsi yang sesuai untuk penjerapan Cr⁶⁺ oleh adsorben batu cadas dilakukan dengan menerapkan persamaan isoterm adsorpsi pola Langmuir dan Freundlich, yaitu dibuat grafik antara C_e/Q_{ads} vs C_e untuk persamaan Langmuir dan $\log Q_{ads}$ vs $\log C_e$ untuk persamaan Freundlich pada setiap adsorben. Kesesuaian pola isoterm diketahui dengan membandingkan nilai regresi dari masing-masing persamaan. Nilai regresi tersaji pada Tabel 4.

Dari Tabel 4, terlihat bahwa persamaan adsorpsi Cr⁶⁺ oleh adsorben batu cadas kontrol, teraktivasi NaOH 2M, teraktivasi NaOH 4M, teraktivasi NaOH 6M, dan teraktivasi NaOH 6M-tersalut Fe(OH)₃ memenuhi pola adsorpsi Langmuir dikarenakan nilai R² Langmuir > R² Freundlich, sementara itu adsorben kontrol-tersalut Fe(OH)₃ mengikuti pola isoterm Freundlich. Hal ini menunjukkan bahwa pola isoterm adsorpsi yang terjadi pada proses adsorpsi Cr⁶⁺ oleh batu cadas adalah pola isoterm adsorpsi Langmuir.

Tabel 4. Nilai regresi linier (R^2) dari masing-masing pola isotherm

Adsorben	R^2 untuk Langmuir	R^2 untuk Freundlich
Kontrol	0,6788	0,6726
diaktivasi NaOH 2M	0,5144	0,0357
diaktivasi NaOH 4M	0,9511	0,1327
diaktivasi NaOH 6M	0,9748	0,3360
kontrol-tersalut $Fe(OH)_3$	0,9490	0,9511
diaktivasi NaOH 6M - tersalut $Fe(OH)_3$	0,9925	0,5509

Tabel 5. Nilai kapasitas dan kesetimbangan adsorpsi adsorben

Adsorben	Langmuir		Freundlich	
	b (mg/g)	K	n	K (mg/g)
Kontrol	1,5659	0,0143	2,1259	0,1017
Diaktivasi NaOH 2M	1,6923	0,0166	12,6103	0,7896
Diaktivasi NaOH 4M	1,2012	-0,0519	-14,0647	2,1568
Diaktivasi NaOH 6M	2,4302	0,6554	7,9177	1,3195
Kontrol-tersalut $Fe(OH)_3$	1,5654	0,0189	2,7345	0,1786
Diaktivasi NaOH 6M - tersalut $Fe(OH)_3$	2,5253	0,4411	8,9127	1,4398

Tabel 6. Desorpsi Cr^{6+} dari adsorben

Larutan Pendesorpsi	C (mg/L)	Qads (mg/g)	Qdes (mg/g)	% desorpsi
HNO_3 2M	54,3102	2,5253	0,0543	2,15
NaOH 1M	35,2461	2,5253	0,0352	1,39
NH_4Cl Jenuh	17,3034	2,5253	0,0173	0,69

Berdasarkan hal tersebut menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi pada permukaan adsorben dengan Cr^{6+} yang mengikuti pola isotherm adsorpsi Langmuir adalah ikatan kimia yang kuat dengan membentuk lapisan monolayer, dan pori adsorben homogen, sementara adsorben yang mengikuti pola isotherm adsorpsi Freundlich memiliki ikatan kimia yang lemah dengan lapisan multilayer (Adamson, 1990).

Berdasarkan pola isotherm, dapat dihitung kapasitas adsorpsi dan nilai kesetimbangan adsorpsi seperti disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa adsorben yang memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi adalah adsorben dengan perlakuan teraktivasi NaOH 6M-tersalut $Fe(OH)_3$. Hal ini sesuai dengan karakteristik luas permukaan spesifik teraktivasi NaOH 6M-tersalut $Fe(OH)_3$ yang paling tinggi dibandingkan adsorben lainnya. Nilai minus (-) yang didapat pada konstanta kesetimbangan adsorpsi (K) dan intensitas serapan (n) adsorben A2 disebabkan

karena kecilnya energi ikatan antara adsorbat dengan situs aktif.

Desorpsi Cr^{6+} dari Adsorben

Desorpsi Cr^{6+} bertujuan untuk melepaskan Cr^{6+} dari adsorben. Presentase Cr^{6+} yang terlepas disajikan dalam Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 diperoleh bahwa jenis pendesorpsi yang paling efektif dalam melepaskan Cr^{6+} dari adsorben adalah HNO_3 2M, sementara jenis pendesorpsi lainnya juga memiliki kemampuan untuk melepaskan Cr^{6+} walaupun tidak sebesar HNO_3 . Hal ini disebabkan karena HNO_3 merupakan asam kuat dan juga sebagai zat pendestruksi yang kuat (Vogel, 1990). Penggunaan asam konsentrasi tinggi menyebabkan ikatan kimia antara Cr^{6+} dengan situs-situs aktif pada permukaan adsorben akan terlepas. Hal ini mengindikasikan bahwa ikatan yang mendominasi pada proses adsorpsi batu cadas adalah pertukaran ion dimana ion H^+ yang berasal dari HNO_3 lebih

kuat terikat pada situs aktif adsorben dibandingkan ikatan situs aktif dengan Cr.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan penelitian dan hasil yang telah dibahas, maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Keasaman permukaan adsorben kontrol adalah $0,2836 \pm 0,0106$ mmol/g dengan situs aktif sebesar $1,7079 \times 10^{20}$ situs/g, sedangkan keasaman permukaan adsorben teraktivasi NaOH 6M-tersalut Fe mengalami penurunan dengan nilai sebesar $0,0977 \pm 0,0178$ mmol/g dan situs aktif sebesar $0,5887 \times 10^{20}$ situs/g.
2. Luas permukaan spesifik adsorben teraktivasi NaOH 6M-tersalut Fe mengalami kenaikan dibandingkan kontrol dengan nilai secara berurutan sebesar 34,5042 dan 23,0004 m²/g.
3. Waktu kontak optimum adsorpsi adalah 15 menit dengan kapasitas adsorpsi adsorben kontrol sebesar 1,5659 mg/g dan kapasitas adsorpsi adsorben teraktivasi NaOH-tersalut Fe mengalami kenaikan yaitu sebesar 2,5253 mg/g. Isoterm adsorpsi mengikuti pola isoterm Langmuir.
4. Persentase Cr⁶⁺ yang terdesorpsi dengan menggunakan larutan HNO₃ 2M sebesar 2,15%, dengan NaOH 1M sebesar 1,39 %, dan dengan NH₄Cl jenuh sebesar 0,69 %. Hal ini mengindikasikan bahwa ikatan yang mendominasi pada proses adsorpsi batu cadas adalah pertukaran ion

Saran

Berdasarkan simpulan penelitian, maka dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan karakterisasi lanjutan, yaitu uji BET, XRD dan SEM.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai kemampuan adsorpsi batu cadas terhadap limbah simulasi campuran maupun aplikasi pada limbah sebenarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Putu Suarya, S.Si., M.Si., Bapak James Sibarani, S.Si., M.Si., Ph.D., Ibu Dra. Emmy Sahara, M.Sc (Hons) dan Ibu Dra. Iryanti Eka Suprihatin, M.Sc., Ph.D. atas bantuan, saran, dan dorongannya dalam penyelesaian penelitian ini. Selain itu tidak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih kepada orang tua, teman-teman, dan staf Laboran yang senantiasa meluangkan waktu untuk penulis dalam membantu penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, 1990, *Physical Chemistry of Surface*, Jhon Wiley and Sons Inc., New York
- Ariastuti, D.A., 2006, Pemanfaatan Batu Pasir Teraktivasi H₂SO₄ Dan NaOH Tersalut Fe₂O₃ Sebagai Penyerap Cr(IV), *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana
- Budiartawan, I. G., 2003, Adsorpsi Batu Padas terhadap Ion Logam Pb²⁺ dan Cr³⁺ dalam Larutan, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran
- Dermatas, D. and Meng, X., 2004, Removal of As, Cr, and Cd by Adsorptive Filtration, *Global Nest. The Int. J.*, 5 (1) : 73-80
- Jain, V. K., Pillai, S. G., Pandya, R. A., Agrawal, Y. K., and Shrivastav, P.S., 2005, Selective Extraction, Preconcentration, and Transport Studies of Thorium(IV) Using Octa-Functionalized Calix resorcinarene-Hydroxamic Acid, *J. Anal. Sci.*, 21 : 129-135
- Kurniasari, L., Mohammad, D., dan Aprilina P., 2011, Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Pada Alat Pengereng Bersuhu Rendah, *Jurnal Jurusan Teknik Kimia*, 13 (3) : 171 – 184

- Kragovic, M., Dakovic, A., Sekulic, Z., Trgo, M., Ugrina, M., Peric, J., and Gatta, G.D., 2012, Removal of Lead from Aqueous Solutions By Using The Natural and Fe(III)-Modified Zeolite, *Journal Applied Surface Science*, 258 : 3667-3673
- Satpathy, K. and Chaudhuri, M., 1997, Treatment of Cadmium-Plating and Chromium-Plating Wastes by Iron Oxide-Coated Sand, *J. Environ. Sci. Technol*, 31:1452-1462
- Silverstein, R. M., Bassler, G. C., and Morrill, T. C., 1991, *Spectrometric Identification of Organic Compound*, 5thed., John Wiley & Sons, Inc., New York
- Sivaiah, M.V., Venkatesan, K. A., Sasidhar, P., Krishna, R. M., dan Murthy, G. S., 2004, Ion Exchange Studies of Cerium(III) on Uranium Antimonate, *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, 5 (1) : 7-10
- Soundarrajan, M., Gomathi, T., and Sudha, P.N., 2012, Adsorptive Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution and Its Kinetics Study, *Archiv. Appl. Sci. Res.*, 4 (1) : 225-235
- Tanabe, K., 1981, *Solid Acid and Base Catalyst in Catalysis Science and Technology*, John Anderson and Michael Boudart 2nd ed, Springer-Link Berlin, 231-273
- Vogel, 1990, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Bagian I* a.b. L. Setiono dan A. Hadyana Pudjaatmaka, Kalman Media Pusaka, Jakarta