

## KAPASITAS ADSORPSI SILIKA ABU SEKAM PADI TERMODIFIKASI ARGININ UNTUK ADSORPSI ION LOGAM Cr(VI)

### ADSORPTION CAPACITY OF RICE HUSK ASH SILICA OF ARGININE MODIFIED FOR ADSORPTION Cr(VI) METAL ION

Dian Ayu Wulandari\* dan Amaria

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

State University of Surabaya

Jl. Ketintang Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

\*Corresponding author, email: [didiayuwulandari@gmail.com](mailto:didiayuwulandari@gmail.com)

**Abstrak.** Silika yang terbuat dari abu sekam padi dengan penambahan asam sitrat telah berhasil dimodifikasi menggunakan arginin dan senyawa penghubung 3-glisidoksipropiltrimetoksisilan (GPTMS). Modifikasi silika abu sekam padi (SGASP) dilakukan menggunakan metode sol gel. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gugus fungsional adsorben silika abu sekam padi yang telah termodifikasi arginin (SASPArg), pengaruh pH, dan kapasitas adsorpsinya terhadap ion logam Cr(VI). Karakterisasi gugus fungsional dilakukan menggunakan teknik spektrofotometri inframerah, kemampuan adsorben dengan pengaruh pH dan konsentrasi dilakukan dalam sistem batch. Kadar ion logam Cr(VI) dalam larutan diukur dengan teknik Spektrofotometri Serapan Atom. Kapasitas adsorpsi dianalisis dengan model isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Hasil karakterisasi inframerah (FTIR) dari SGASP menunjukkan munculnya pita pada daerah  $3435,91\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi gugus OH dari silanol. Adanya bilangan gelombang pada  $3431,07\text{ cm}^{-1}$ ,  $1651,57\text{ cm}^{-1}$  dan  $1400,41\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur N-H, C=N, dan COO dari arginin serta hilangnya bilangan gelombang pada  $910,01\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi cincin epoksiida dari GPTMS menandakan SASPArg telah terbentuk. Aplikasi SASPArg dan SGASP untuk adsorpsi ion logam Cr(VI) terjadi maksimum masing-masing pada pH 2 dan 6, sebesar 77,17% dan 16,89%. Kapasitas adsorpsi menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir pada SASPArg dan SGASP berturut-turut sebesar  $4,64 \times 10^{-4}\text{ mol/g}$  dan  $1,74 \times 10^{-4}\text{ mol/g}$ , sedangkan dengan model isoterm Freundlich sebesar  $2,20 \times 10^{-2}\text{ mol/g}$  dan  $1,98 \times 10^{-2}\text{ mol/g}$ .

**Kata kunci:** silika abu sekam padi, arginin, 3-glisidoksipropiltrimetoksisilan, kapasitas adsorpsi, Cr(VI).

**Abstract.** Silica was made from rice husks ash with added citric acid, modified with the amino acid arginine and coupling agent of 3-glycidoxypolypropyltrimethoxysilane (GPTMS) was successfully done. The modification of rice husks ash silica (SGASP) has been done by using sol gel method. The purpose of this research was to cognize functional group of adsorbent rice husk ash silica was modified with amino acid arginine (SASPArg), pH effect, and his adsorption capacity to Cr(VI) metal ion. The characterization of functional group was determined by using infrared spectrophotometry technique (FTIR), while capability of adsorbent with pH effect and concentration conducted in bath system. The trace of Cr(VI) metal ion in aqueous solution measured by atomic absorption spectrophotometry technique. Adsorption capacity analyzed by Langmuir and Freundlich isotherm adsorption model. The result of this research obtained a peak on  $3435,91\text{ cm}^{-1}$ , showing stretching vibration OH from silanol in SGASP. The peak on  $3431,07\text{ cm}^{-1}$ ,  $1651,57\text{ cm}^{-1}$  and  $1400,41\text{ cm}^{-1}$  that showed stretching vibration of N-H, C=N, and COO from arginine and also lost of peak on  $910,01\text{ cm}^{-1}$  from epoxide ring vibration on GPTMS indicated that SASPArg adsorbent has been formed. Applications of SASPArg and SGASP for adsorption Cr(VI) metal ions took place maximum at pH 2 and 6 was 77,17% and 16,89%. The adsorption capacity using Langmuir isoterm adsorption model of SASPArg and SGASP was obtained  $4,64 \times 10^{-4}\text{ mol/g}$  and  $1,74 \times 10^{-4}\text{ mol/g}$ , while Freundlich was obtained  $2,20 \times 10^{-2}\text{ mol/g}$  dan  $1,98 \times 10^{-2}\text{ mol/g}$ .

**Keywords:** silica rice husk ash, arginine, 3-glycidoxypolypropyltrimethoxysilane, adsorption capacity, Cr(VI).

#### PENDAHULUAN

Ion logam Cr(VI) merupakan salah satu limbah yang masuk dalam golongan limbah B3

yang berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup[1]. Valensi tiga merupakan bentuk paling stabil dari ion logam kromium, sementara bentuk valensi enam jarang terjadi secara alami, tetapi

bersumber dari proses industri, seperti pabrik penyamakan kulit. Kromium bentuk oksida +2 dan +4 sangat tidak stabil dan mudah dioksidasi menjadi bentuk trivalen dan heksavalen. Cr(VI) lebih berbahaya dibandingkan Cr(III), karena merupakan agen pengoksidasi kuat dan mudah menembus membran, selain itu Cr(VI) juga bersifat karsinogenik bagi manusia[2]. Berdasarkan peraturan menteri kesehatan RI Nomor: 492/ MENKES/PER/IV/2010 dijelaskan bahwa nilai ambang batas total kromium yang diperbolehkan dalam air minum adalah 0,05 mg/L.

Selama ini telah banyak dilakukan upaya guna mengatasi pencemaran ion logam dalam lingkungan, yaitu dengan presipitasi, koagulasi, pertukaran ion, dan adsorpsi. Adsorpsi merupakan teknik yang paling banyak digunakan karena prosesnya yang sederhana dan biayanya yang relatif murah[3]. Silika gel banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi, namun penggunaannya sebagai adsorben memiliki kelemahan. Kemampuan atom oksigen pada gugus silanol sebagai gugus fungsional silika gel dalam mengikat ion logam berat yang umumnya memiliki ukuran besar seperti Cr(VI) relatif kecil[4]. Septhiani[5] mengadsorpsi ion Cr(VI) menggunakan silika gel dari abu sekam padi dan diperoleh kapasitas adsorpsinya sebesar 7,6 mg/g ( $6,55 \times 10^{-5}$  mol/g). Adsorpsi silika gel ini tergolong kecil, sehingga memerlukan modifikasi gugus fungsional untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Penambahan gugus amina dari senyawa aminopropil trimetoksisilan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi silika gel sebesar 55,8 mg/g ( $4,81 \times 10^{-4}$  mol/g)[5]. Zhang[6] menambah gugus hidroksil, karbonil, dan sulfonat pada permukaan silika dengan menggunakan karbon mikrosilika sebagai adsorben Cr(VI) dan didapatkan kapasitas adsorpsinya sebesar 18,9 mg/g ( $1,62 \times 10^{-4}$  mol/g). Dari beberapa penelitian tersebut diketahui bahwa penambahan gugus amina pada silika gel dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar dibandingkan gugus fungsional hidroksil dan karbonil.

Gugus amina banyak terdapat dalam senyawa organik, salah satunya pada asam amino arginin. Arginin mempunyai 4 gugus amina (-NH<sub>2</sub>) dan satu gugus karboksil (-COOH). Modifikasi silika gel menggunakan arginin diharapkan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsinya terhadap ion logam Cr(VI). Hastuti[7], telah menggunakan senyawa arginin untuk memodifikasi silika gel dan digunakan sebagai adsorben ion logam Au(III) dan diperoleh kenaikan adsorpsi sebesar 65% dibandingkan

silika gel tanpa modifikasi. Protonasi pada senyawa L-arginin juga dapat digunakan untuk memodifikasi permukaan nanosilika mesopori agar bermuatan positif, sehingga dapat berikatan dengan asam nukleat yang bermuatan negatif[8]. Protonasi gugus NH<sub>2</sub> pada kondisi asam mampu membentuk ikatan elektrostatik dengan anion[9]. Pada kondisi asam, ion logam Cr(VI) berbentuk anionik asam kromat (HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup>) [10], sehingga dengan penambahan gugus fungsional NH<sub>2</sub> diharapkan dapat meningkatkan adsorpsi dari silika termodifikasi arginin.

Dalam penelitian ini digunakan abu sekam padi sebagai bahan dasar dalam pembuatan silika termodifikasi arginin. Penggunaan abu sekam padi yang merupakan limbah pertanian yang masih banyak mengandung kadar silika sebagai sumber silika dapat meningkatkan nilai ekonomisnya. Bakri[11], menyatakan bahwa kadar silika pada abu sekam padi sebesar 72,28% sementara menurut Mujiyanti[12], kadar silika dalam abu sekam padi berkisar 87-97%. Natrium silikat sebagai prekursor pembuatan silika termodifikasi arginin diekstraksi dari abu sekam padi dengan penambahan NaOH. Natrium silikat hasil ekstraksi dimodifikasi menggunakan senyawa arginin dengan senyawa penghubung 3-glisidoksipropil trimetoksisilan dan asam sitrat sebagai katalis. Pada penelitian ini tidak menggunakan HCl atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai katalis, karena kedua jenis asam tersebut merupakan asam kuat, yang sangat berbahaya jika diterapkan di masyarakat, tetapi menggunakan asam lemah yaitu asam sitrat [13]. Adsorben hasil sintesis kemudian dikaji karakteristik dan kemampuan adsorpsinya terhadap penghilangan ion logam Cr(VI) pada variasi pH dan konsentrasi. Kapasitas adsorpsi dianalisis menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

## METODE PENELITIAN

### Alat

Spektrofotometer FT-IR Perkin-Elmer, pH meter EcoScan, spektrofotometer serapan atom Perkin-Elmer, shacker, neraca analitik, centrifuge, botol film, tanur, oven, pompa vakum, cawan porselein, ayakan 200 mesh, alu & lumpang, magnetic stirrer 79-1, spatula, gelas kimia, gelas ukur, refluks, corong, labu erlenmeyer pipa samping, pipet tetes, hot plate, labu ukur, dan kertas saring Whatman 42.

### Bahan

Abu sekam padi lolos ayakan 200 mesh berasal dari desa jetis Kab. Ponorogo, Jatim, natrium hidroksida, asam klorida, kalium kromat,

dan natrium titriplex yang berkualitas p.a. dari Merck, 3-glisidoksi propiltrimetoksisilan, L-arginin yang berkualitas p.a dari Sigma Aldrich, asam sitrat dari Riedel-deHaen, dan aquademineral dari Bratachem

## PROSEDUR PENELITIAN

### **Ekstraksi Natrium Silikat dari Abu Sekam Padi**

Pada penelitian ini natrium silikat diekstrak dari abu sekam padi hasil pembakaran batu bata. Abu sekam padi yang diperoleh diayak dengan ayakan 200 mesh. Hasil yang diperoleh dicuci dengan HCl 6 M dan Na<sub>2</sub>EDTA 0,1 M kemudian dibilas dengan aquademineral sampai pH 7. Abu sekam padi yang telah dicuci kemudian dioven pada suhu 100 °C ditambah dengan 30 ml NaOH 3,5 M dan dipanaskan hingga mendidih dalam proses reluks selama 1 jam kemudian disaring. Filtrat hasil penyaringan merupakan natrium silikat[4]. Hasil natrium silikat diuji kadar silikanya menggunakan ICPS.

### **Sintesis Adsorben Silika Abu Sekam Padi Termodifikasi Arginin (SASPArg)**

Pembuatan adsorben dilakukan menggunakan proses sol gel mengikuti prosedur Hastuti[7]. Enam ml natrium silikat hasil sintesis dari abu sekam padi ditambahkan dengan 1 ml GPTMS dan 1 ml arginin 0,9 M. Semua larutan yang telah dicampurkan kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam kemudian ditambahkan asam sitrat 0,4 M sampai terbentuk gel[13]. Hasil yang diperoleh didiamkan selama 24 jam, gel yang terbentuk kemudian dicuci menggunakan aquademineral lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C sampai berat konstan (10 jam). Adsorben yang dihasilkan merupakan silika gel abu sekam padi termodifikasi arginin yang dikode (SASPArg).

### **Karakterisasi Gugus Fungsional**

Karakterisasi gugus fungsional silika gel sebelum dan setelah dimodifikasi dengan senyawa arginin menggunakan senyawa penghubung 3-glisidoksi propiltrimetoksisilan, serta karakterisasi gugus fungsional SASPArg sebelum dan setelah berinteraksi dengan Cr(VI) dilakukan menggunakan spektrofotometer inframerah (FTIR).

### **Pengaruh pH**

Sebanyak 10 mg adsorben SASPArg diinteraksikan dengan larutan 5 ppm K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>

dengan variasi pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Pengaturan pH dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M secara tetes demi tetes. Waktu kontak dilakukan selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 450 rpm. Sisa Cr(VI) yang tidak teradsorpsi diukur menggunakan instrument AAS pada panjang gelombang 357,9 nm. Banyaknya ion logam yang teradsorpsi pada keadaan setimbang dapat dihitung menggunakan persamaan 1[6].

$$Q_e = \frac{V(C_0 - C)}{m} \quad (1)$$

Q<sub>e</sub> adalah ion logam yang teradsorp (mg/g), V adalah volume larutan (L), C<sub>0</sub> merupakan konsentrasi awal (mg/L), dan C adalah konsentrasi akhir (mg/L), sedangkan m adalah massa adsorben (g).

### **Penentuan Kapasitas Adsorpsi**

Sebanyak 10 mg adsorben diinteraksikan ke dalam larutan K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> konsentrasi 5, 10, 15, 20, 30, 50, 80, 100, dan 125 mg/L. Waktu kontak dilakukan selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 450 rpm. Sisa Cr(VI) yang tidak teradsorpsi diukur menggunakan instrument AAS pada panjang gelombang 357,9 nm. Banyaknya ion logam yang teradsorpsi pada keadaan setimbang dapat dihitung menggunakan persamaan 1 selanjutnya diterapkan dalam persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich melalui persamaan 2 dan 3 untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi. Persamaan Isoterm Langmuir merupakan penyerapan lapisan tunggal dari suatu spesies pada permukaan yang homogen dengan energi adsorpsi yang sama pada semua gugus aktif. Model isoterm adsorpsi Langmuir dirumuskan pada persamaan 2[14].

$$m = b \frac{KC}{1+KC} \quad (2)$$

Adsorpsi Isoterm Freundlich adalah adsorpsi pembentukan lapisan monomolekular pada permukaan adsorben. Model adsorpsi ini digunakan untuk penyerapan lapisan ganda pada permukaan heterogen. Model isoterm adsorpsi Freundlich dirumuskan pada persamaan 3[14].

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \quad (3)$$

C merupakan konsentrasi adsorbat dalam larutan pada keadaan setimbang, m adalah banyaknya logam yang teradsorp per gram adsorben pada keadaan setimbang, K adalah konstanta kesetimbangan yang berhubungan dengan afinitas adsorpsi dan b adalah kapasitas

adsorpsi Langmuir[14]. B adalah kapasitas adsorpsi Freundlich dan n adalah konstanta yang menyatakan besarnya affinitas adsorpsi dengan perubahan konsentrasi adsorbat yang teradsorp[14].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ekstraksi natrium silikat disajikan pada Tabel 1. Natrium silikat yang dihasilkan berupa larutan kental berwana coklat.

Massa Abu sekam padi (g)	Volume NaOH 3,5 M (mL)	Volume hasil Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (ml)	Kadar SiO <sub>2</sub> (%)
5,0037	30	25	88
5,0031	30	30	75

### Sintesis Adsorben Silika Abu Sekam Padi Termodifikasi Arginin (SASPArg)

Hasil sintesis SASPArg disajikan pada Tabel 2. SASPArg yang dihasilkan berupa serbuk berwana putih.

Tabel 2. Data Sintesis Adsorben SASPArg dengan Proses Sol Gel

Volume Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (ml)	Volume GPTMS (ml)	Volume Arginin (ml)	Volume As. Sitrat (ml)	Hasil (g)
6	1	1	25	0,849
6	1	1	25	0,930
6	1	1	25	0,870

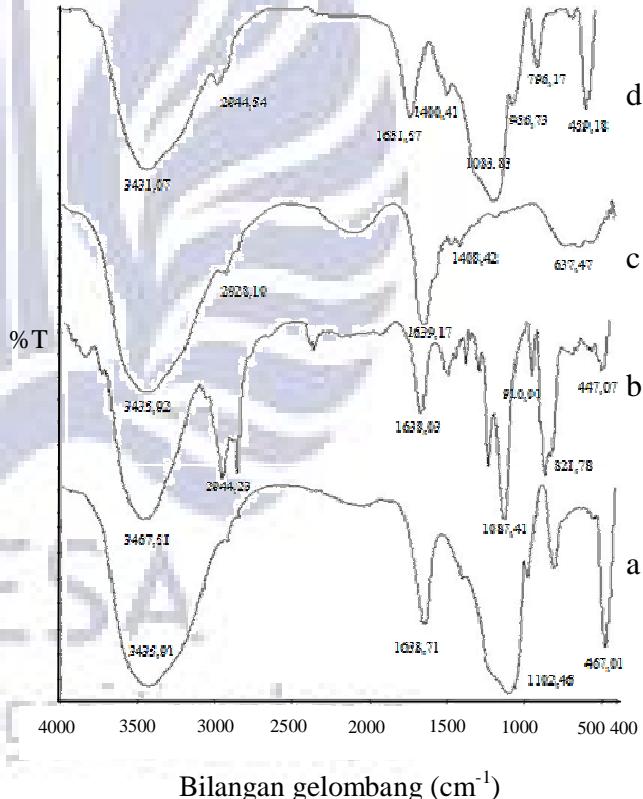
### Karakterisasi Gugus Fungsional SASPArg

Adsorben SGASP dan SASPArg hasil sintesis diidentifikasi gugus fungsionalnya menggunakan spektrofotometer Inframerah dan meghasilkan spektra seperti yang disajikan pada Gambar 1. Dari Gambar 1(a) terlihat bahwa SGASP hasil sintesis memiliki bilangan gelombang khas pada daerah 3435,91 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi ulur OH dari Si-OH[15]. Adanya gugus OH juga diperkuat bilangan gelombang pada daerah 1638,71 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi tekuk OH dari Si-OH[4]. Bilangan gelombang pada daerah 1102,46 cm<sup>-1</sup> menunjukkan vibrasi ulur asimetris dari gugus Si-O-Si[15].

Pada Gambar 1(b) terlihat adanya bilangan gelombang khas dari GPTMS pada daerah 910,01 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi cincin epoksida[16]. Pada Gambar 1(c) spektra dari arginin menunjukkan adanya vibrasi ulur N-H dan COO

pada bilangan gelombang 3435,92 cm<sup>-1</sup> dan 1408,42 cm<sup>-1</sup>.

Pada Gambar 1(d) spektra SASPArg memperlihatkan adanya pita baru di daerah 2944 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan vibrasi ulur C-H<sup>(4)</sup>[15] dari arginin dan GPTMS. Adanya pita pada bilangan gelombang 3431,07 cm<sup>-1</sup>, 1651,57 cm<sup>-1</sup>, menunjukkan vibrasi ulur N-H[15] dari arginin. Terikatnya senyawa arginin pada SASPArg juga diperkuat bilangan gelombang pada daerah 1400,41 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan vibrasi ulur COO dari protein. Hal tersebut sesuai dengan spektra arginin 1(c) pada bilangan gelombang 1408,42 cm<sup>-1</sup>. Hilangnya pita pada SASPArg di bilangan gelombang 910,01 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi cincin epoksida dari GPTMS[16] menandakan telah terbukanya cincin epoksida dan telah berikatan dengan senyawa NH<sub>2</sub> pada arginin.



Gambar 1. Spektra Inframerah (a) SGASP, (b) GPTMS, (c) Arginin, (d) SASPArg

### Pengaruh pH

Data hasil pengukuran konsentrasi ion logam Cr(VI) yang tersisa dalam larutan pada berbagai pH medium disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Data Pengaruh pH Pada Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) oleh SGASP

pH	[Cr] awal (mg/L)	Cr eq (mg/L)	Cr teradsorp (mg/g)	Cr teradsorp $\times 10^{-6}$ (mol/g)	% Cr teradsorp
1	5,8634	0,4685	0,5856	5,04	7,9908
2	5,8634	0,3614	0,4518	3,89	6,1643
3	5,8634	0,3480	0,4350	3,75	5,9360
4	5,8634	0,5890	0,7362	6,35	10,0456
5	5,8634	0,8969	1,1211	9,66	15,2968
6	<b>5,8634</b>	<b>0,9906</b>	<b>1,2382</b>	<b>10,60</b>	<b>16,8949</b>
7	5,8634	0,9103	1,1378	9,81	15,5251

Tabel 4. Data Pengaruh pH Pada Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) oleh SASPArg

pH	[Cr] awal mg/L	Cr eq (mg/L)	Cr teradsorp (mg/g)	Cr teradsorp $\times 10^{-5}$ (mol/g)	% Cr teradsorp
1	5,8634	3,4136	4,1646	3,59	58,2191
2	<b>5,8634</b>	<b>4,5247</b>	<b>5,5202</b>	<b>4,76</b>	<b>77,1689</b>
3	5,8634	3,8821	4,7362	4,08	66,2100
4	5,8634	1,2315	1,5025	1,30	21,0045
5	5,8634	1,0709	1,3065	1,13	18,2648
6	5,8634	1,0575	1,2902	1,11	18,0365
7	5,8634	1,0307	1,2575	1,08	17,5799

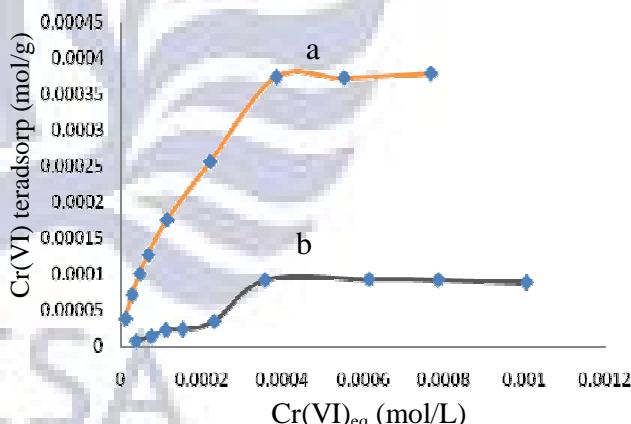
Dari Tabel 3 dan 4 tampak adsorpsi Cr(VI) oleh SASPArg terjadi maksimum pada pH 2 sebesar  $4,76 \times 10^{-5}$  mol/g (77,17%), sedangkan untuk SGASP terjadi pada pH 6 sebesar  $10,6 \times 10^{-6}$  mol/g (16,89%). Adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh SASPArg lebih besar 4,5 kali dibandingkan dengan SGASP.

Adsorpsi Cr(VI) oleh SASPArg terjadi maksimum pada pH 2 dapat dijelaskan, karena pada pH lebih rendah dari 2,17[17] gugus fungsional NH<sub>2</sub> dari senyawa SASPArg mengalami protonasi membentuk spesies kationik -NH<sub>3</sub><sup>+</sup>[18], sehingga mengakibatkan SASPArg lebih banyak bermuatan positif. Menurut Diaz[10]

ion logam Cr(VI) dalam kondisi asam (pH 2-6) berada dalam bentuk spesi anionik HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Banyaknya gugus fungsional NH<sub>2</sub> yang terprotonasi menyebabkan semakin banyaknya gaya elektrostatik yang terbentuk dengan anion HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup>, oleh karena itu adsorpsinya besar. Pada pH di atas 3 jumlah gugus fungsional NH<sub>2</sub> yang terprotonasi semakin berkurang[17], sehingga gaya elektrostatik yang terbentuk antara gugus fungsional NH<sub>2</sub> dengan anion HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup> semakin sedikit, akibatnya adsorpsi menurun.

### Kapasitas Adsorpsi SASPArg

Dari hasil penelitian ini, dapat dibuat kurva isoterm adsorpsi Langmuir yang disajikan pada Gambar 2. Dari Gambar 2 terlihat bahwa masing-masing adsorben pada konsentrasi lebih besar dari 0,0004 mol/L jumlah ion logam Cr(VI) yang teradsorpsi relatif cenderung konstan. Hal ini berarti pada konsentrasi lebih besar dari 0,0004 mol/L semua gugus aktif dari SASPArg dan SGASP telah jenuh oleh ion logam Cr(VI). Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi SASPArg dan SGASP, maka dibuat kurva linieritas Langmuir dan Freundlich melalui persamaan 2 dan 3 dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.



Gambar 2. Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir (a) SASPArg, (b) SGASP

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa pada SASPArg, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari isoterm Langmuir (0,9950) lebih besar daripada isoterm Freundlich (0,9817). Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh SASPArg

Tabel 5. Perbedaan Parameter Adsorpsi SGASP dan SASPArg

Adsorben	Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich			
	b (mol/g) $\times 10^{-4}$	K (molL) <sup>-1</sup>	R <sup>2</sup>	E <sub>ads</sub> (kJ/mol)	n	B (mol/g) $\times 10^{-2}$	R <sup>2</sup>
SGASP	1,74	1163,27	0,9288	17,67	1,3104	1,98	0,986
SASPArg	4,64	6226,077	0,9950	21,86	1,8315	2,20	0,9817

mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir. Meskipun SASPArg memiliki gugus fungsional yang heterogen, namun hanya satu gugus fungsional saja yang lebih dominan berperan dalam adsorpsi ion logam Cr(VI). Hal ini dibuktikan dengan spektra inframerah dari SASPArg sebelum dan setelah berinteraksi dengan ion logam Cr(VI) yang akan dijelaskan pada pembahasan gugus fungsional yang berperan dalam adsorpsi.

Berdasarkan Tabel 5 juga terlihat bahwa nilai kapasitas adsorpsi Langmuir dari SASPArg sebesar  $4,64 \times 10^{-4}$  mol/g, sedangkan untuk SGASP sebesar  $1,74 \times 10^{-4}$  mol/g. Dibandingkan kapasitas adsorpsi dari SGASP, kapasitas adsorpsi SASPArg mengalami kenaikan 2,67 kali. Hal ini diduga karena penambahan gugus fungsional NH<sub>2</sub> dari arginin, sehingga dapat menambah pembentukan ikatan melalui gaya elektrostatik, akibatnya adsorpsi besar. Pada SGASP hanya memiliki satu jenis gugus fungsional, yaitu gugus OH. Kemampuan gugus OH dalam adsorpsi ion logam berat yang pada umumnya memiliki ukuran besar seperti Cr(VI) relatif kecil[4], sehingga kemampuan adsorpsi SGASP dalam adsorpsi Cr(VI) kecil. Singha[19] melakukan adsorpsi ion logam Cr(VI) menggunakan sekam padi tanpa modifikasi dan diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 11,39 mg/g ( $9,81 \times 10^{-5}$  mol/g) pada pH 1,5. Zhang[6] mengadsorpsi ion Cr(VI) menggunakan karbon mikrosilika (gugus fungsional hidrosil, karbonil dan sulfonat) dan diperoleh kapasitas adsorpsinya sebesar 18,9 mg/g ( $1,62 \times 10^{-4}$  mol/g). Hasil ini menunjukkan bahwa modifikasi silika gel dari abu sekam padi dengan gugus amina lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas adsorpsinya terhadap ion logam Cr(VI).

Energi adsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan 4[20]. E merupakan energi adsorpsi (kJ/mol), R adalah tetapan gas (8,314 J/K mol), T adalah suhu (Kelvin) dan K merupakan kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh dari persamaan Langmuir. Adsorpsi digolongkan ke dalam adsorpsi kimia apabila besarnya energi adsorpsi lebih dari 20,9 kJ/mol dan digolongkan adsorpsi fisika jika energi adsorpsinya kurang dari 20,9 kJ/mol[20]

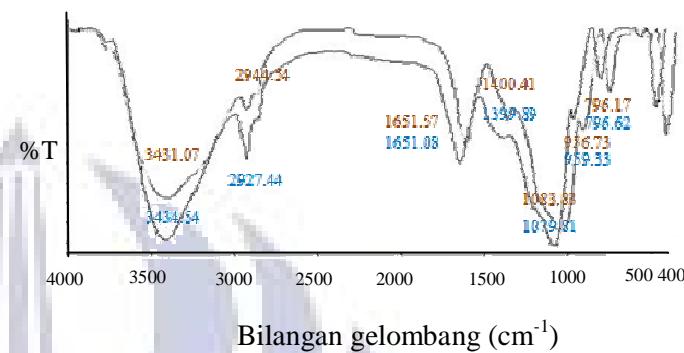
$$E = \Delta G^{\circ} = RT \ln K \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

Dari Tabel 5 diketahui bahwa energi adsorpsi pada SASPArg sebesar 21,86 kJ/mol maka adsorpsi pada SASPArg termasuk adsorpsi kimia. Energi adsorpsi untuk SGASP sebesar

17,67 kJ/mol, sehingga termasuk ke dalam adsorpsi fisika.

## Gugus Fungsional SASPArg yang Berperan dalam Adsorpsi Ion Logam Cr(VI)

Karakterisasi adsorben SASPArg sebelum dan setelah berinteraksi dengan ion logam Cr(VI) ditampilkan pada Gambar 3 dan Tabel 6.



Gambar 3. SASPArg Sebelum dan Setelah Berinteraksi dengan Ion Logam Cr(VI)

Tabel 6. Data Spektra Inframerah SASPArg Sebelum dan Setelah Berinteraksi dengan Cr(VI)

Gugus Fungsional SASPArg	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )		Pergeseran (cm <sup>-1</sup> )
	Sebelum berinteraksi	Setelah berinteraksi	
Ulur N-H	3431,07	3434,54	3,54
Ulur Si-O	956,73	959,33	2,6
Tekuk Si-O-Si	459,18	461,96	2,78
<i>Wagging &amp; twisting</i>	796,17	796,33	0,16
NH <sub>2</sub>			
Ulur C=N	1651,57	1651,08	0,49
Ulur COO (protein)	1400,41	1399,89	0,52

Berdasarkan Gambar 3 dan Tabel 6, terlihat bahwa pita pada bilangan gelombang  $3431,07\text{ cm}^{-1}$  dari SASPArg berubah menjadi  $3434,54\text{ cm}^{-1}$  setelah berinteraksi dengan ion logam Cr(VI) menunjukkan perubahan vibrasi N-H[13]. Pergeseran bilangan gelombang sebesar  $3,54\text{ cm}^{-1}$  tersebut memperlihatkan ada pengaruh gugus  $\text{NH}_2$  dalam proses adsorpsi ion logam Cr(VI). Hal ini diperkuat dengan adanya pergeseran sebesar  $0,49\text{ cm}^{-1}$  pada vibrasi ulur C=N.

**PENUTUP****Kesimpulan**

Terbentuknya adsorben SASPArg ditandai dengan hilangnya pita pada bilangan gelombang  $910,01\text{cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi cincin epoksida dari senyawa GPTMS dan munculnya pita baru pada bilangan gelombang  $3431,07\text{ cm}^{-1}$ ,  $1651\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1400,41\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi ulur  $\text{--N--H}$ , ulur  $\text{C=N}$ , dan ulur  $\text{COO}$  dari arginin. Adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh SASPArg dan SGASP terjadi maksimum pada pH 2 dan 6 sebesar 77,17% ( $4,76 \times 10^{-5}$  mol/g) dan 16,89% ( $10,6 \times 10^{-6}$  mol/g). Kapasitas adsorpsi SASPArg dan SGASP menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir diperoleh berturut-turut sebesar  $4,64 \times 10^{-4}$  mol/g dan  $1,74 \times 10^{-4}$  mol/g, sedangkan menggunakan model isoterm adsorpsi Freundlich sebesar  $2,20 \times 10^{-2}$  mol/g dan  $1,98 \times 10^{-2}$  mol/g. Angka koefisien determinasi dari SASPArg menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir sebesar 0,995, sementara Freundlich sebesar 0,9288. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh SASPArg mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Agustin, Novembri. 2009. *Reduksi dan Recovery Kromium (VI) dalam Limbah Cair Industri*. <http://irbmevonnovembri.blogspot.com/2009/06/reduksi-limbah-cair-chromium.html>.
- Sulastri dan Kristianingrum. 2005. *Modifikasi Silika Gel dari Natrium Silikat untuk Pembentukan Adsorben Selektif Ion Logam Berat Kromium(III)*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Kimia. Jurusan Kimia FMIPA UNY. Yogyakarta 1 Oktober.
- Buhani, dkk. 2009. Amino and Mercapto-Silica Hybrid for Cd(II) Adsorption in Aqueous Solution. *Indo. J. chem.*, 2009. 9 (2), 170-176.
- Amaria. 2012. Adsorption of Cyanide Ions in Solution Using a Hybrid Adsorbent Aminopropyl Silica Gel from Rice Husks of Impregnated With Aluminum. *J. Manusia dan Lingkungan*, Vol. 19, No.1.
- Septiani, Silvia. 2012. Modifikasi Silika Gel dengan Aminopropil trimetoksisilan (APTMS) dan Aplikasinya sebagai Adsorben Cr(VI). Tesis. Yogyakarta: UGM.
- Zhang, Ma, Feng, and Hao. 2012. Adsorption Of Cr(VI) From Aqueous Solution Using Carbon Microsilica Composite Adsorben. *J. Chil. Chem. Soc.*, 57, N° 1.
- Hastuti, Sri, Tri Martini, Nuryono dan Agus Kancaka. 2013. *Utilizing Rice Husk Ash as A Precursor for The Synthesis of Silica Modified With Arginine*. Artikel Prosiding ISNSC UGM Seminar Kimia (2013).
- Kar, Mrityunjoy; Neha Tiwari; Mitali Tiwari; Mayurika Lahiri; and Sayam Sen Gupta. 2013. Poly-L-Arginine Grafted Silica Mesoporous Nanoparticles for Enhanced Cellular Uptake and their Application in DNA Delivery and Controlled Drug Release. *Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim*. 2013, 30, 166–179.
- Kumar, Ray, and Chakraborty. 2007. Hexavalent chromium removal from wastewater using aniline formaldehyde condensate coated silica gel. *Journal of Hazardous Materials* 143 (2007) 24–32.
- Diaz-Barrera, Carlos E., Violeta Lugo-Lugo, and Bryan Bilyeu. 2012. A review of chemical, electrochemical and biological methods for aqueous Cr(VI) reduction. *Journal of Hazardous Materials* 223– 224 (2012) 1–12.
- Bakri. 2008. Komponen Kimia dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai SCM Untuk Pembuatan Komposit Semen. *Jurnal Perennial*, 5(1) : 9-14.
- Mujiyanti, D.R., 2010. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi yang Diimobilisasi dengan 3-(trimetoksisilil)-1-propantiol. *Sains dan Terapan Kimia*, 4(2), 150-167.
- Nuryono dan Narsito. 2005. Effect of Acid Concentration on Characters of Silica Gel Synthesized from Sodium Silicate. *Indo. J. Chem.*, 2005, 5 (1), 23 – 30.
- Santosa, S.J., Siswanta, Sudiono and Sehol. 2007. Synthesis and utilization of chitin-humic acid hybrid as sorbent for Cr(III). *Surface Science*. 2007.04.161.
- Stuart, Barbara. 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Schramm, C, Rinderer, B., Binder, W.H., Tessadri, R., and Duelli, H.. 2005. Treatment of 1,3-dimethylol-4,5-dihydroxymidazolidine - 2-one finished cellulosic material with tetraethoxysilane or glycidyloxypropyl-trimethoxysilane solutions, *J. Mater. Sci.*, 40.
- Lehninger, Albert; Nelson, David L and Cox, Michael M. 2005. *Lehninger : Principles of Biochemistry 4<sup>th</sup> edition*.
- Stumm, Warner and Morgan, James. 1981. *Aquatic Chemistry: An Introduction in*

- Emphasizing Chemical Equilibria in Natural waters.* USA: John & Wiley & Sons, Inc.
19. Singha, Naiya, Bhattacharya, and Das. (2011). Cr(VI) Ions Removal from Aqueous Solutions Using Natural Adsorbents—FTIR Studies. *Journal of Environmental Protection*, 2011, 2, 729-735.
20. Adamson, A. W. 1990. Physical Chemistry of Surfaces. 5<sup>th</sup> Ed. New York: John & Wiley & Sons, Inc.

