

## ADSORPSI ION Cr(VI) MENGGUNAKAN ADSORBEN DARI LIMBAH PADAT LUMPUR AKTIF INDUSTRI *CRUMB RUBBER*

### *Adsorption of Cr(VI) Ion By Using Adsorbents from Activated Sludge Solid Waste of Crumb Rubber Industries*

Salmariza Sy<sup>1\*</sup>, Mardiaty<sup>2</sup>, Mawardi<sup>2</sup>, Sofyan<sup>1</sup>, Ardinal<sup>1</sup>, dan Yudo Purnomo<sup>1</sup>

1 Baristand Industri Padang, Jln. Raya LIK No. 23 Ulu Gadut Padang

2 Fakultas MIPA Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang

\*e-mail: rizasalma@yahoo.co.id

Diterima: 6 September 2016, revisi akhir: 10 Desember 2016 dan disetujui untuk diterbitkan: 11 Desember 2016

#### ABSTRAK

Penelitian tentang adsorpsi ion Cr(VI) dengan menggunakan adsorben dari limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber* telah dilakukan dengan metode statis (*batch*). Sampel yang digunakan adalah limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber* segar dan lumpur yang dikarbonisasi serta diaktivasi dengan KOH. Parameter yang dipelajari yaitu pH awal larutan, waktu kontak, dan konsentrasi ion Cr(VI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber* mengandung silika dan alumina yang tinggi yaitu 49,0% dan 16,5%, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. pH optimum adsorben untuk lumpur diaktivasi yaitu pada pH 1 dan lumpur segar pada pH 2. Waktu kontak optimum yaitu 120 menit dan konsentrasi ion Cr(VI) optimum 70 mg/L untuk masing-masing adsorben. Data sesuai dengan *isotherm* Langmuir dengan kapasitas serapan maksimum terhadap ion Cr(VI) 2,075 mg/g untuk adsorben lumpur diaktivasi dengan KOH dan 2,232 mg/g untuk adsorben lumpur segar.

**Kata Kunci:** Adsorpsi, limbah lumpur aktif, industri *crumb rubber*, ion Cr(VI), *isotherm* Langmuir

#### ABSTRACT

*Research on ion Cr(VI) adsorption by using adsorbent from waste activated sludge crumb rubber industry has been done with static method (batch). The samples were fresh activated sludge solid waste of crumb rubber industry and carbonized sludge continued by KOH activated. Parameter were studied including solution pH, contact time, and initial Cr(VI) ion concentration. The results reveal that the crumb rubber industrial waste activated sludge contained high silica and alumina, there were 49.02% and 16.498% respectively, so it can be used as an adsorbent. The adsorbent exhibited good adsorption potential at pH 1 for the KOH activated sludge adsorbent and pH 2 for the fresh sludge adsorbent, with 120 minutes optimum contact time and 70 mg/L initial concentration for each adsorbent type. Adsorption data were well described by the Langmuir isotherm with maximum adsorption capacities of 2.075 mg/g and 2.232 mg/g for KOH activated sludge adsorbent and fresh sludge adsorbent respectively.*

**Keywords :** Adsorption, waste activated sludge, crumb rubber industry, Cr(VI), Langmuir isotherm

#### PENDAHULUAN

Ion Chromium termasuk logam berat yang diklasifikasikan kedalam 16 besar substansi berbahaya oleh *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) (Jain, 2010). Perkembangan

industri yang cepat selama bertahun-tahun menyebabkan peningkatan dan akumulasi Cr(VI) di lingkungan. Chromium berada di lingkungan dalam bentuk trivalen [Cr(III)] dan heksavalen [Cr(VI)] yang dianggap sangat beracun, karsinogenik, dan mutanogenik (Chen *et al.*, 2011; Pillai *et*

al., 2013). Ion Cr memberikan efek physiology bagi manusia dengan cara terakumulasi dalam rantai makanan dan menyebabkan berbagai penyakit seperti dapat menyebabkan kerusakan hati, ginjal, pendarahan di dalam tubuh, kerusakan saluran pernafasan dan kanker paru-paru (Venugopal & Mohanty, 2011). Akibat efek yang sangat berbahaya dari chromium heksavalen menyebabkan pemerintah memasukkan chromium heksavalen dalam kriteria nilai baku mutu air. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001, air hanya boleh mengandung chromium heksavalen maksimum 0.05 ppm. (Salmariza 2014). World Health Organization (WHO) juga menetapkan pedoman nilai chromium dalam air minum adalah 0,05 mg/L (Javadian *et al.*, 2013).

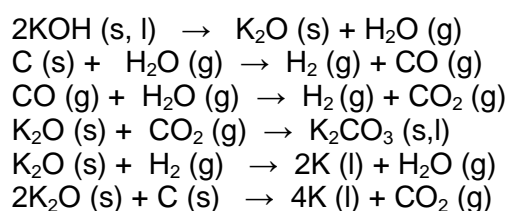
Sumber antropogenik chromium umumnya berasal berbagai proses industri seperti elektroplating, penyamakan kulit, pengawetan kayu, industri pewarna dan cat serta industri kertas. Bentuk kimia Cr(VI) sangat tergantung pada pH dan konsentrasi larutan. Biasanya ion Cr(VI) hadir dalam bentuk anionik, seperti  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (dikromat),  $\text{HCrO}_4^-$  (hidrogen kromat) atau  $\text{CrO}_4^{2-}$  (kromat). Pada nilai pH di bawah 1, Cr(VI) yang dominan adalah bentuk  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  (Asam kromik). Dalam media asam sekitar pH 2, Cr(VI) sebagian besar berada dalam bentuk ion dikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ). Pada pH antara 2 dan 6, ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dan  $\text{HCrO}_4^-$  berada dalam kesetimbangan, terutama dalam kondisi basa (pH > 8) krom hadir sebagai anion kromat (Javadian *et al.*, 2013).

Beberapa proses pengolahan air limbah secara physikokimia telah dikembangkan dan dilaporkan untuk menghilangkan ion Cr(VI). Walaupun banyak metoda untuk mengolah air limbah yang mengandung logam berat, seperti presipitasi, pertukaran ion, dan *membrane filtration*, namun adsorpsi merupakan salah satu metoda yang dinilai ekonomis dan *ecofriendly* untuk menghilangkan Cr dari dalam air limbah. Seperti penelitian adsorpsi Cr menggunakan biomassa dari limbah pertanian *corn stalks* (Chen *et al.*, 2011), *potato starch* (Pillai *et al.*, 2013), tumbuhan gulma *Parthenium hysterophorus* (Venugopal *et al.*, 2011),

tumbuhan gulma Alligator (Wang *et al.* 2009), Biji Asam jawa (biji tamarind) dan Serbuk gergaji (Gupta & Babu, 2009a dan 2009b), *cornelian cherry* dan kulit biji almond (Demirbas *et al.*, 2004), daun casuarinas (Ranganathan, 2000). Begitu juga beberapa penelitian menggunakan adsorben dari limbah lumpur juga telah banyak dilakukan seperti penelitian pemanfaatan limbah lumpur sebagai penyerap logam Cr dalam larutan antara lain untuk ion Cr(III) (Liu *et al.*, 2011; Iddou&Quali, 2008), dan Cr(VI) (Wu *et al.*, 2010; Gorzin *et al.*, 2013), serta beberapa penelitian menggunakan lumpur dari sumber yang berbeda seperti diantaranya *clarified sludge* dari industri baja (Bhattacharya, 2008), limbah lumpur pengolahan air limbah kota (Wu *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2010), limbah lumpur pabrik tekstil (Hunsom *et al.*, 2013), pabrik kosmetik (Monsalvo *et al.* 2012), pabrik sawit (Zaini *et al.*, 2013), dan pabrik susu (Iddou & Quali, 2008; Benaïssa & Elouchdi, 2011).

Penelitian pemanfaatan limbah lumpur Instalasi Pengolahan air limbah (IPAL) industri *crumb rubber* sebagai bioadsorben belum banyak dilakukan. Penelitian yang telah dilaporkan yaitu untuk logam Cr dengan menggunakan aktivator NaOH dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (Salmariza, 2012; 2014). Lumpur yang diproses dengan karbonisasi dan aktivasi memiliki daya serap lebih baik dibandingkan dengan lumpur yang tidak dikarbonisasi dan diaktivasi (Salmariza, 2012).

Pada penelitian ini dipelajari kemampuan limbah lumpur industri *crumb rubber* PT Kilang Lima Gunung Lubuk Begalung Padang sebagai adsorben. Untuk meningkatkan daya serap dari lumpur, dilakukan proses karbonisasi dan aktivasi. Aktivator yang digunakan pada penelitian ini yaitu KOH. Hwang *et al.*, (2008) menerangkan mekanisme aktivasi dengan KOH dengan reaksi sebagai berikut:



Menurut Smith *et al* (2009) ada beberapa jenis senyawa kimia yang digunakan sebagai aktivator seperti  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , KOH, NaOH,  $ZnCl_2$ ,  $Fe(NO_3)_3$  and  $K_2CO_3$ , namun aktivator yang paling sering digunakan adalah  $H_3PO_4$ , NaOH,  $ZnCl_2$ , dan KOH. Masing-masing jenis aktivator memberikan pengaruh yang berbeda terhadap luas permukaan yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan pengujian serapan adsorben terhadap ion logam Cr(VI). Agar proses adsorpsi terhadap logam Cr(VI) maksimal, maka perlu dilakukan pengujian kondisi optimum dari beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, diantaranya: pH, waktu kontak dan konsentrasi awal ion Cr(VI).

## METODOLOGI PENELITIAN

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas (*pyrex*), neraca analitik, *muffle furnace Thermoline-6000*, desikator, oven, ayakan *test siever* merek *Retsch 5657 Haan W. Germany* no. 60 dan 80 mess, *shaker* merek *Adjustable Reciprocating Orbital Shaker (AROS)-160<sup>TM</sup>*, magnetic stirrer, pH meter dan Spektrofotometer Serapan atom (SSA) merek AAS GBC 932 AA.

Bahan yang digunakan adalah limbah padat proses lumpur aktif dari sistem IPAL PT. Kilang Lima Gunung Lubuk Begalung Padang, KOH, HCl,  $AgNO_3$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_4OH$ ,  $K_2Cr_2O_7$ , aquades, aluminium foil, dan kertas saring *Whatman 42*.

### Preparasi Sampel

Limbah padat proses lumpur aktif diambil dari pabrik *crumb rubber*. Sampel dikeringkan dengan oven pada suhu  $110^\circ C$  selama 24 jam. Kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan *test siever* no. 60 mess dan tertahan pada 80 mess dan siap digunakan sebagai adsorben segar. Sampel kemudian ditimbang sebanyak 200 gram dan dilakukan karbonisasi dalam *Furnace* pada suhu  $600^\circ C$  selama 1 jam sampai terbentuk arang. Sampel selanjutnya diaktivasi secara kimia dengan larutan KOH 2N dengan perlakuan pengadukan dengan *magnetic stirrer* pada suhu  $85^\circ C$  selama 7 jam. Sampel lalu

dibilas dengan larutan HCl 1,2 M dan aquades sampai pH netral dan bebas dari ion Cl. Untuk memastikan adsorben bebas dari ion Cl, ditambahkan  $AgNO_3$  1M pada filtrat sampai tidak terdapat endapan putih. Adsorben bebas klorida selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu  $105^\circ C$  selama 24 jam. Lalu didinginkan di dalam desikator selama 30 menit. Selanjutnya sampel siap digunakan sebagai adsorben.

### Analisis Kandungan Logam

Penentuan serapan adsorben terhadap konsentrasi logam Cr(VI), dilakukan dengan menggunakan AAS, dengan bahan bakar udara-asetilen pada panjang gelombang 357,9 nm dan 428,9 nm. Jumlah ion yang terserap oleh adsorben adalah selisih antara konsentrasi ion saat setimbang (dalam filtrat) dengan konsentrasi ion sebenarnya. Jumlah logam yang terserap dinyatakan sebagai berat (mg) logam yang terserap per berat (g) adsorben yang digunakan.

### Karakteristik Adsorben

Karakterisasi adsorben dari limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber* dilakukan dengan menggunakan X-ray fluorescence spectrometer (XRF), Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) dan Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX)

### Perlakuan dengan Sistem Batch Penentuan pH Optimum

Adsorben ditimbang sebanyak 1 gram. Lalu ditambahkan 50 mL larutan ion logam dengan konsentrasi 10 mg/L dan pH = 1, 2, 3, 4 dan 5. Pengaturan pH dilakukan dengan menambahkan NaOH 0,01 M. Kemudian dishaker selama 30 menit dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu disaring dan filtrat yang dihasilkan ditampung dan diukur dengan SSA.

### Penentuan Waktu Kontak Optimum

Ditimbang adsorben sebanyak 1 gram. Lalu ditambahkan 50 mL larutan ion

logam dengan konsentrasi 10 mg/L dan pH optimum. Kemudian dishaker dengan variasi waktu kontak yaitu: 30, 60, 120 dan 180 menit dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu disaring dan filtrat yang dihasilkan ditampung dan diukur dengan SSA.

### Penentuan Konsentrasi Optimum Ion Cr(VI)

Ditimbang adsorben sebanyak 1 gram. Lalu ditambahkan 50 mL larutan ion logam Cr(VI) dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90 mg/L dengan pH optimum. Kemudian dishaker selama waktu kontak optimum yang diperoleh pada langkah dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu disaring dan filtrat yang dihasilkan ditampung dan diukur dengan SSA.

### Teknik Analisis Data

Konsentrasi masing-masing logam saat setimbang dan konsentrasi mula-mula ditentukan dengan AAS. Banyaknya ion Cr (VI) yang teradsorpsi (mg) per gram adsorben ditentukan dengan menggunakan persamaan 1:

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

Dimana  $Q_e$  adalah jumlah zat yang teradsorpsi (mg/g),  $C_0$ ; konsentrasi Cr(VI) awal (mg/L),  $C_e$ ; konsentrasi Cr(VI) akhir (mg/L),  $m$ ; berat adsorben (gram),  $V$ ; volume larutan (L). Jumlah serapan maksimum adsorben ditentukan dengan persamaan isoterm adsorpsi *Langmuir* yang dapat dituliskan seperti persamaan 2:

$$\frac{C}{a} = \frac{1}{amK} + \frac{1}{am} C \quad (2)$$

Dimana  $C$ ; konsentrasi kesetimbangan,  $a$ ; jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg/g),  $a_m$ ; kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g),  $K$ ; tetapan kesetimbangan (afinitas serapan). Bila data yang diperoleh memenuhi persamaan tersebut di atas, maka plot  $C/a$  terhadap  $C$  akan menghasilkan garis lurus dengan slope  $1/a_m$  dan intersep  $1/a_m K$ .

### HASIL DAN PEMBAHASAN Karakteristik Adsorben

Hasil analisis karakterisasi adsorben dari limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber* yang dilakukan dengan menggunakan *X-ray fluorescence spectrometer* (XRF), *Fourier Transform Infrared Spectrometer* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDX) dapat dilihat pada Tabel 1, Gambar 1, dan Gambar 2.

Tabel 1. Komposisi adsorben dari limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber* dengan menggunakan XRF

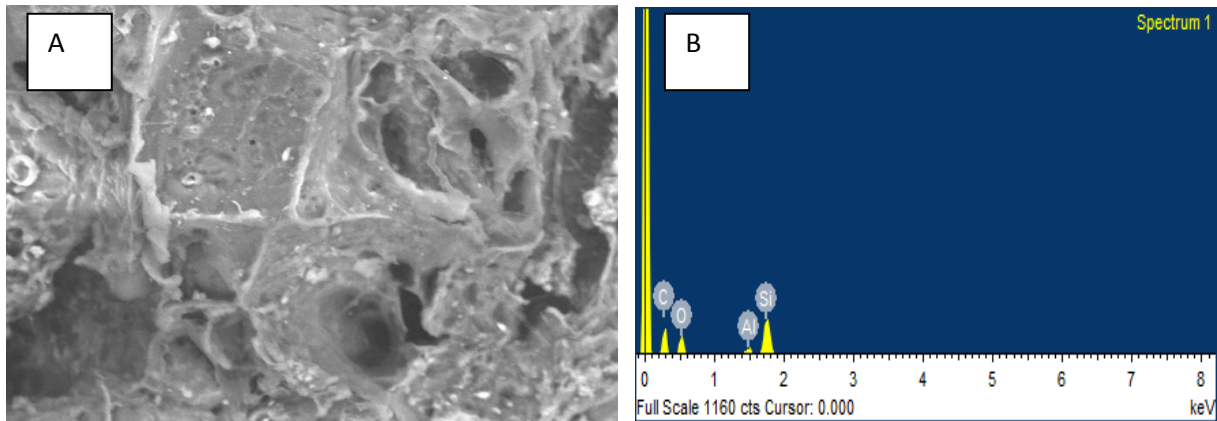
Unsur Tunggal	Unit	Dalam bentuk Senyawa Geology	Unit	Dalam Bentuk senyawa Oksida	Unit
Al	13.5 %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.6 %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.5 %
Si	38.9 %	SiO <sub>2</sub>	49.3 %	SiO <sub>2</sub>	49.0 %
P	4.1 %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5.0 %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.9 %
S	3.4 %	SO <sub>3</sub>	4.4 %	SO <sub>3</sub>	4.4 %
K	1.9 %	K <sub>2</sub> O	1.2 %	K <sub>2</sub> O	1.2 %

Karakterisasi menggunakan metoda XRF pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa adsorben dari limbah padat lumpur aktif

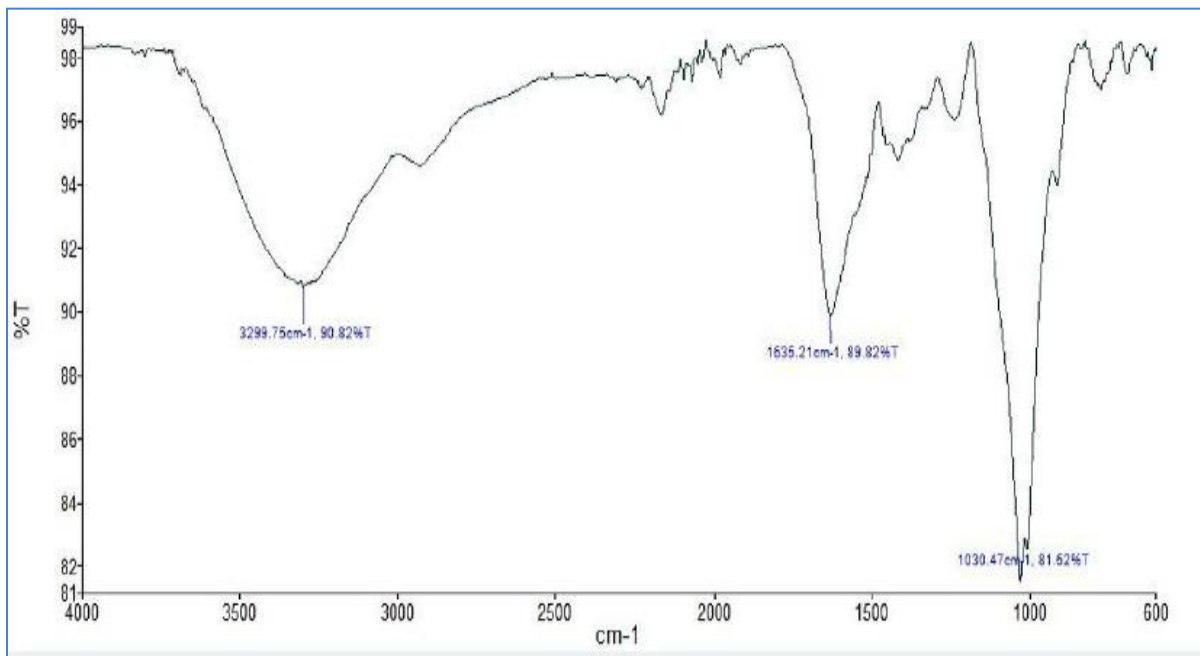
industri *crumb rubber* mengandung silika dan alumina yang cukup tinggi yaitu berturut-turut 49.0% dan 16,5% yang

diduga berperan sebagai sisi aktif adsorben dalam menyerap ion Cr(VI). Hal itu juga didukung oleh hasil karakterisasi menggunakan metoda photo SEM-EDX pada Gambar 1(A) yang memperlihatkan area permukaan adsorben yang tidak

rata/berpori dimana akan menjadi area terjadinya impregnasi ion Cr(VI) serta Gambar 1(B) terlihatnya puncak spectrum unsur Al dan Si adsorben dari limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber*



Gambar 1. Photo SEM (A) dan EDX (B) adsorben limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber*



Gambar 2. Spektra FTIR adsorben limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber*

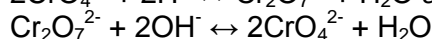
Karakterisasi menggunakan analisis spektrofotometri FTIR pada Gambar 2 dapat menunjukkan jenis gugus fungsi pada adsorben dari limbah padat lumpur aktif industri *crumb rubber* pada spektranya. Pola spektra adsorpsi dari adsorben yang dikembangkan dari limbah lumpur proses activated sludge industri *crumb rubber* menunjukkan pita lebar dengan puncak pada bilangan gelombang

$3299,75 \text{ cm}^{-1}$  merupakan pita adsorpsi vibrasi gugus O–H. Adsorpsi pada  $1030,47 \text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur asimetri dari C– O (Zaini *et al*, 2013) dan vibrasi tekuk gugus N–H ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1635,21 \text{ cm}^{-1}$  (Siswoyo *et al*, 2014). Gugus fungsi-gugus fungsi tersebut sangat berperan dalam proses adsorpsi ion Cr(VI) (Zaini *et al*, 2013 dan Siswoyo *et al*, 2014)

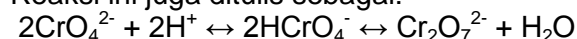


## Pengaruh pH Awal Larutan

Derajat keasaman (pH) merupakan faktor utama yang mempengaruhi adsorpsi logam dalam larutan karena akan berpengaruh pada muatan situs aktif adsorben dan spesies logam yang ada dalam larutan (Wiraman, 2011). Svehla (1985) menjelaskan bahwa ion Cr(VI) dalam larutan berupa anion kromat dan dikromat tergantung dari pH larutan.

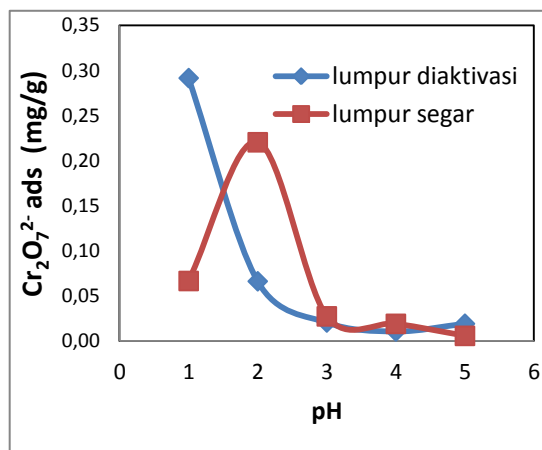


Reaksi ini juga ditulis sebagai:



Pengaruh pH awal larutan terhadap adsorpsi Cr(VI) yang telah dilakukan dengan memvariasikan pH awal larutan yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5 dengan konsentrasi masing-masing larutan adalah 10 mg/L, didapatkan bahwa serapan Cr(VI) optimum oleh adsorben lumpur diaktivasi dengan KOH terjadi pada pH 1 dengan serapan sebesar 0,291 mg/g dan efisiensi penyerapan sebesar 78,28%. Sedangkan untuk adsorben dari lumpur segar didapatkan serapan optimum Cr(VI) terjadi pada pH 2 dengan serapan sebesar 0,22 mg/g dan efisiensi penyerapan sebesar 77,13%. Hal ini terjadi karena pada pH sangat asam permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H<sup>+</sup> sehingga dapat menyerap adsorbat dalam keadaan anion kromat dan dikromat.

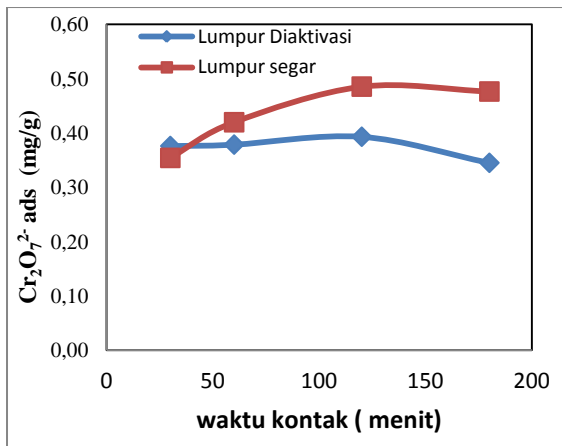
Bentuk dominan ion Cr(VI) pada pH 1 adalah sebagai asam kromat (HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup>) (Wang *et al.*, 2009) Selanjutnya Wang *et al.*, (2009) melaporkan bahwa pH optimum untuk penyerapan ion Cr(VI) dengan *alligator weed* didapatkan pada pH 1 dengan kapasitas adsorpsi maksimum 86,6%-99,7%, sedangkan Jain *et al.*, (2010) juga melaporkan bahwa penyerapan ion Cr(VI) dengan limbah padat biomassa di dapatkan pada pH 2 dengan kapasitas adsorpsi maksimum 75,7%-85,4%. Pengaruh pH terhadap jumlah ion Cr (VI) yang teradsorpsi disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Grafik pengaruh pH awal larutan ion Cr(VI) terhadap serapan adsorben (1 g adsorben, 50 mL larutan ion Cr(VI) 10 mg/L

## Penentuan Waktu Kontak Optimum

Pengaruh waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat dilakukan dengan melakukan variasi shaker yaitu 30; 60; 120; dan 180 menit pada pH optimum masing-masing adsorben yaitu berturut-turut pada pH1 dan pH2 untuk adsorben lumpur diaktivasi dan adsorben lumpur segar. Dari penelitian yang telah dilakukan terjadi peningkatan serapan dari 30 menit ke 120 menit dan terjadi penurunan serapan sejalan dengan peningkatan waktu kontak. Waktu kontak optimum untuk adsorben lumpur diaktivasi dengan adsorbat Cr(VI) yaitu pada 120 menit dengan serapan sebesar 0,393 mg/g dan efisiensi penyerapan sebesar 81,58%. Sedangkan waktu kontak optimum adsorben lumpur segar dengan adsorbat Cr(VI) juga pada 120 menit dengan serapan sebesar 0,485 mg/g dan efisiensi penyerapan 99,81 %. Hal ini sesuai dengan Venugopal *et al.*, (2011) yang menyatakan bahwa waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik, namun pada kondisi dinama situs aktif sudah jenuh akan terjadi penurunan kapasitas penyerapan. Gambar 4 menunjukkan pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion Cr(VI) dalam setiap gram adsorben.



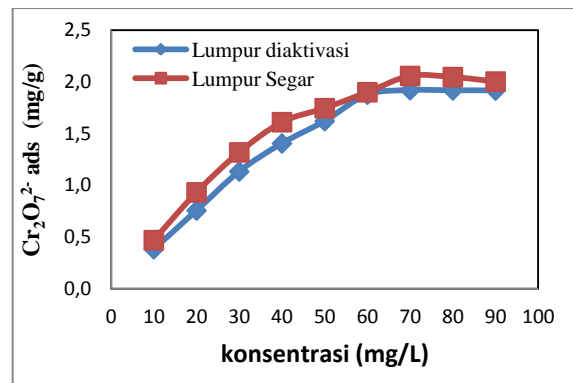
Gambar 4. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap serapan adsorben (1 g adsorben, 50 mL larutan ion Cr(VI) 10 mg/L)

Menurut Venugopal *et al*, (2011) semakin lama waktu kontak semakin banyak logam yang terserap karena semakin banyak kesempatan partikel adsorben untuk bersinggungan dengan logam. Tetapi apabila adsorbennya telah jenuh, maka waktu kontak tidak lagi berpengaruh terhadap daya serap. Pada waktu kontak 180 menit terjadi penurunan kapasitas serapan. Hal ini terjadi karena waktu kontak yang terlalu lama menyebabkan terjadinya peristiwa desorpsi adsorbat dari permukaan adsorben disebabkan karena permukaan adsorben telah jenuh. Sesuai dengan Wiraman (2011), pada awal reaksi, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan peristiwa desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat dan sebaliknya laju desorpsi cenderung meningkat

### Penentuan Konsentrasi Optimum

Pengaruh konsentrasi terhadap jumlah ion Cr(VI) yang teradsorpsi oleh adsorben dipelajari dengan memvariasikan konsentrasi larutan Cr(VI) yaitu 10; 20; 30; 40; 50; 60, 70, 80, dan 90 mg/L pada waktu kontak optimum yaitu 120 menit. Hasil kajian adsorpsi disajikan pada Gambar 5. Adsorpsi ion Cr(VI) oleh adsorben menunjukkan peningkatan jumlah ion Cr(VI) yang teradsorpsi jika konsentrasi ion Cr(VI) dinaikkan dan mencapai optimum pada

konsentrasi 70 mg/L. Hal ini terjadi karena situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben belum jenuh dengan zat teradsorpsi. Selanjutnya jika situs aktif pada permukaan adsorben telah jenuh oleh zat teradsorpsi peningkatan konsentrasi ion Cr(VI) tidak lagi meningkatkan adsorpsi ion Cr(VI). Wiraman (2011) mengatakan bahwa jika situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben belum jenuh oleh zat adsorbat, maka dengan memperbesar konsentrasi adsorbat, jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan meningkat secara linear.



Gambar 5. Grafik pengaruh konsentrasi ion Cr(VI) terhadap serapan adsorben

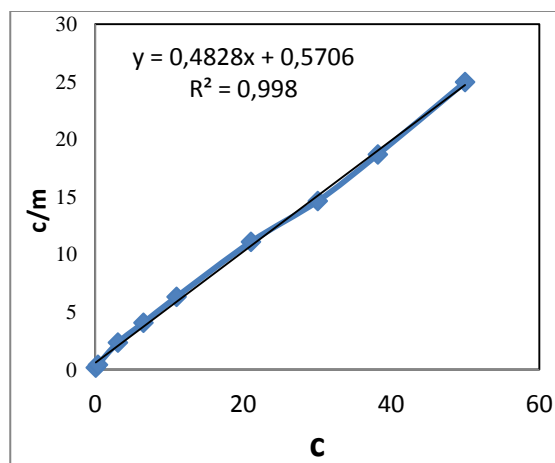
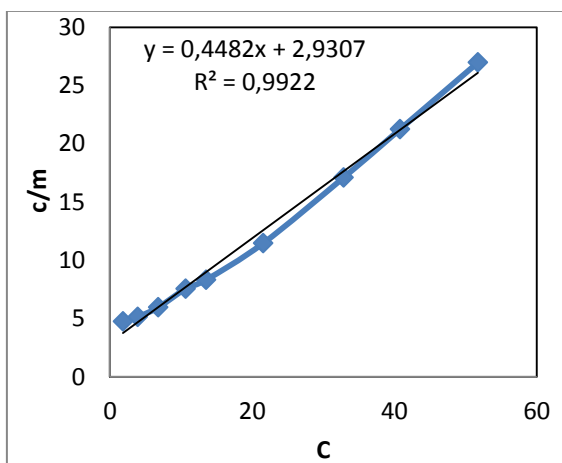
Pada konsentrasi rendah yaitu 10 mg/L efisiensi penyerapan adsorben lumpur diaktivasi mencapai 80,78% dengan serapan sebesar 0,383 mg/g dan mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 70 mg/L dengan serapan sebesar 1,919 mg/g dan efisiensi penyerapan 53,89 %. Sedangkan untuk adsorben lumpur segar pada konsentrasi rendah yaitu 10 mg/L serapan terhadap Cr(VI) sebesar 0,471 mg/g dan efisiensi penyerapan mencapai 99,25%. Serapan optimum terjadi pada konsentrasi 70 mg/L dengan serapan sebesar 2,057 mg/g dan efisiensi penyerapan hanya 57,77 %. Hal ini sesuai dengan Venugopal *et al.*, (2011) yang mengatakan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi ion logam efisiensi penyerapan semakin berkurang, dikarenakan kemampuan menyerap adsorben terhadap ion logam sudah maksimum dimana penurunan efisiensi penyerapan pada konsentrasi tinggi terjadi karena jumlah ion logam dalam larutan

tidak sebanding dengan jumlah partikel adsorben yang tersedia sehingga adsorben akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan akan berkurang.

Kemampuan serapan pada lumpur segar terjadi karena adanya kandungan silika dan alumina sebanyak 49,02 % dan 16,49 % yang berperan sebagai sisi aktif adsorben. Saat dilakukan pemanasan pada suhu 600°C pada adsorben lumpur diaktivasi, terjadi penguraian senyawa organik yang ditunjukkan dengan kehilangan massa yang disebabkan karena pengaruh campuran didalam bahan yang bersifat volatil. Sedangkan pada silika dan alumina yang terkandung didalam bahan tidak ikut menguap karena titik lebur dari silika dan alumina berada diatas suhu 600°C. yaitu 1414°C untuk silika dan 660,32°C untuk alumina (Wikipedia, 2015). Rusmawati (2007) menjelaskan bahwa silika adalah salah satu bahan anorganik yang memiliki kelebihan sifat stabil terhadap pengaruh mekanik, temperatur dan kondisi keasaman. Selanjutnya Rusmawati (2007) mengatakan bahwa proses pemanasan bertujuan untuk mengaktifkan ikatan Si dengan O membentuk SiO<sub>2</sub>.

### Penentuan Kapasitas Serapan Maksimum Terhadap Ion Cr(VI)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tetapan kesetimbangan/afinitas serapan tertinggi yaitu pada adsorben lumpur segar sebesar 0,846 dan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 2,232 mg/g. Hal ini terjadi karena adanya silika dan alumina yang berperan pada sisi aktif adsorben. Sedangkan pada adsorben lumpur diaktivasi afinitas serapannya hanya 0,1529 dan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 2,075 mg/g. Lebih rendahnya kapasitas adsorpsi adsorben lumpur diaktivasi diduga karena belum sepenuhnya proses karbonasi saat aktivasi. Menurut Ncibi *et al.*, (2014) dan Lozano-Castello' *et al.*, (2001) proses Karbonasi, adalah rangkaian dari proses aktivasi adsorben. Selama proses karbonasi dialirkan gas nitrogen secara kontinyu dengan laju alir yang konstan dimana berguna untuk membersihkan dan menjamin sampel terbebas dari oksigen selama proses karbonasi. Sedangkan dalam penelitian ini proses karbonasi dilakukan dalam *furnace* tanpa mengalirkan gas nitrogen karena keterbatasan peralatan.



Gambar 6 dan 7. Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir Adsorben Lumpur Diaktivasi dan Adsorben Lumpur Segar

Data kapasitas adsorpsi maksimum sesuai dengan isoterm Langmuir. Grafik isoterm adsorpsi langmuir adsorben lumpur diaktivasi dan adsorben lumpur segar dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Wiraman (2011) menjelaskan bahwa Adsorpsi isoterm Langmuir merupakan

model adsorpsi yang sangat sering digunakan untuk menunjukkan hubungan antara aktivitas adsorben dengan jumlah zat yang teradsorpsi pada temperatur konstan. Langmuir menjabarkan teori adsorpsinya bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif



tertentu yang proporsional dengan luas permukaan. Pada situs aktif tersebut hanya dapat mengadsorpsi satu molekul. Ikatan antara adsorben dan zat yang teradsorpsi dapat terjadi secara fisik atau kimia. Ikatan tersebut harus cukup kuat untuk menjaga terjadinya perpindahan molekul yang telah teradsorpsi sepanjang permukaan adsorben.

Adsorpsi ion Cr(VI) oleh Adsorben lumpur diaktivasi dan adsorben lumpur segar memenuhi persamaan isotherm adsorpsi Langmuir dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) masing-masing yaitu 0,992 dan 0,998.

## KESIMPULAN

Komposisi kimia dari limbah lumpur industri *crumb rubber* PT. Kilang Lima Gunung Lubuk Begalung Padang yaitu silika, alumina, dan beberapa oksida logam lain sehingga berpotensi dijadikan sebagai adsorben. Kondisi serapan maksimum adsorben lumpur diaktivasi dengan KOH terhadap ion Cr(VI) terjadi pada pH 1 dan adsorben lumpur segar terjadi pada pH 2 dengan waktu kontak optimum 120 menit dan konsentrasi larutan optimum masing-masing adsorben 70 mg/L. Data hasil penelitian sesuai dengan isotherm Langmuir dengan kapasitas serapan maksimumnya adsorpsi adalah 0.846 dan 2.232 mg/g untuk adsorben lumpur segar dan 0.1529 dan 2.075 mg/g untuk lumpur diaktivasi dengan KOH. Lebih rendahnya kapasitas adsorpsi adsorben lumpur diaktivasi diduga karena belum sempurnanya proses karbonasi saat aktivasi

## Saran

Penelitian lanjutan sebaiknya dilakukan guna menyempurnakan proses aktivasi.

## DAFTAR PUSTAKA

Benaïssa, H., & Elouchdi, M. A. 2011. Biosorption of copper (II) ions from synthetic aqueous solutions by drying bed activated sludge. *Journal of Hazardous Materials*, 194, 69–78.

Bhattacharya, A., Naiya, T., Mandal, S., & Das, S. 2008. Adsorption, kinetics and equilibrium studies on removal of Cr(VI) from aqueous solutions using different low-cost adsorbents. *Chemical Engineering Journal*, 137, 529-541

Chen, S., Yue, Q., Gao, B., Li, Q., & Xu, X. 2011. Removal of Cr(VI) from aqueous solution using modified corn stalks: Characteristic, equilibrium, kinetic and thermodynamic study. *Chemical Engineering Journal*, 168(2), 909–917.

Demirbas, E., Kobya, M., Senturk, E., Ozkan, T. 2004. Adsorption kinetics for the removal of chromium (VI) from aqueous solutions on the activated carbons prepared from agricultural wastes. *Water SA* 30, 533–539.

Gorzin, F., & Ghoreyshi, A. A. 2013. Synthesis of a new low-cost activated carbon from activated sludge for the removal of Cr (VI) from aqueous solution: Equilibrium, kinetics, thermodynamics and desorption studies. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 30(8), 1594–1602.

Gupta, S., & Babu, B. V. 2009a. Utilization of waste product (tamarind seeds) for the removal of Cr(VI) from aqueous solutions: Equilibrium, kinetics, and regeneration studies. *Journal of Environmental Management*, 90(10), 3013–3022.

Gupta, S., & Babu, B. V. 2009b. Removal of toxic metal Cr(VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies. *Chemical Engineering Journal*, 150(2–3), 352–365.

Hunsom, M., & Autthanit, C. 2013. Adsorptive purification of crude glycerol by sewage sludge-derived activated carbon prepared by chemical activation with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and KOH. *Chemical Engineering Journal*, 229, 334–343.

Hwang, H. R., Choi, W. J., Kim, T. J., Kim, J. S., & Oh, K. J. 2008. The preparation of an adsorbent from mixtures of sewage sludge and coal-tar

- pitch using an alkaline hydroxide activation agent. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 83(2), 220–226.
- Iddou, A., & Ouali, M. S. 2008. Waste-activated sludge (WAS) as Cr(III) sorbent biosolid from wastewater effluent. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 66(2), 240–245.
- Jain, M., Garg, V. K., & Kadirvelu, K. 2010. Adsorption of hexavalent chromium from aqueous medium onto carbonaceous adsorbents prepared from waste biomass. *Journal of Environmental Management*, 91(4), 949–957.
- Javadian, H., Ahmadi, M., Ghiasvand, M., Kahrizi, S., & Katal, R. 2013. Removal of Cr(VI) by modified brown algae *Sargassum bevanom* from aqueous solution and industrial wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44(6), 977–989.
- Liu, C. C., Li, Y. S., Chen, Y. M., Wang, M. K., Chiou, C. S., Yang, C. Y., & Lin, Y. A. 2011. Biosorption of chromium, copper and zinc on rice wine processing waste sludge in fixed bed. *Desalination*, 267(1), 20–24.
- Lozano-Castelló, D., Lillo-Ródenas, M. A., Cazorla-Amorós, D., & Linares-Solano, A. 2001. Preparation of activated carbons from Spanish anthracite-I. Activation by KOH. *Carbon*, 39(5), 741–749.
- Ncibi, M. C., Ranguin, R., Pintor, M. J., Jeanne-rose, V., Sillanpää, M., & Gaspard, S. 2014. Pyrolysis Preparation and characterization of chemically activated carbons derived from Mediterranean *Posidonia oceanica* (L.) fibres. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 109, 205–214.
- Monsalvo, V. M., Mohedano, A. F., Rodriguez, J. J. 2012. Adsorption of 4-chlorophenol by inexpensive sewage sludge-based adsorbents. *Chemical Engineering Research and Design* 90 1807–1814
- Pillai, S. S., Mullassery, M. D., Fernandez, N. B., Girija, N., Geetha, P., & Koshy, M. 2013. Biosorption of Cr(VI) from aqueous solution by chemically modified potato starch: Equilibrium and kinetic studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 92, 199–205.
- Siswoyo, E., Mihara, Y., & Tanaka, S. 2014. Determination of key components and adsorption capacity of a low cost adsorbent based on sludge of drinking water treatment plant to adsorb cadmium ion in water. *Applied Clay Science*, 97–98, 146–152.
- Ranganathan, K., 2000. Chromium removal by activated carbons prepared from *Casurina equisetifolia* leaves. *Bioresource Technology* 73, 99–103.
- Rusmawati,. 2007. *Studi Pengaruh Temperatur Sintering Sekam Padi sebagai Bahan Pembuatan Membran Silika Berpori*. Tugas Akhir S1 Jurusan Fisika FMIPA UNDIP.
- Salmariza.Sy. 2012. Pemanfaatan Limbah Lumpur Proses Activated Sludge Industri Karet Remah Sebagai Adsorben. *Jurnal Riset Industri*, Volume VI (2). 59-66
- Salmariza.Sy, Mawardi, Resti Hariyani dan Monik Kasman 2014. Pengembangan Adsorben Dari Limbah Lumpur Industri Crumb Rubber Yang Diaktivasi Dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Untuk Menyerap Ion Cr(VI). *Jurnal Litbang Industri Vol 4 (2)*. 67-77
- Smith, K.M., Fowler, G.D., Pullket, S., Graham, N.J.D., 2009. Sewage sludge-based adsorbents: a review of their production, properties and use in water treatment applications. *Water Res.* 43 (10), 2569-2594.
- Svehla. 1985. *Vogel: Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. (Terjemahan oleh Setiono L., Pudjaatmaka A.H), Edisi Kelima. Jakarta: PT. Kalman MediaPustaka.
- Venugopal, V., & Mohanty, K. 2011. Biosorptive uptake of Cr(VI) from aqueous solutions by *Parthenium hysterophorus* weed: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies. *Chemical Engineering Journal*, 174(1), 151–158.

- Wang, X. S., Tang, Y. P., & Tao, S. R. 2009. Kinetics, equilibrium and thermodynamic study on removal of Cr(VI) from aqueous solutions using low-cost adsorbent Alligator weed. *Chemical Engineering Journal*, 148(2–3), 217–225.
- Wikipedia.org/wiki/Silika dan Alumina, diakses tanggal 24 Juli 2015.
- Wiraman, T. 2011. *Adsorpsi Krom (VI) Oleh Arang aktif Termodifikasi dari Tempurung Jarak Pagar (Jatropha Curcas. L)*. Jurnal Mulawarman Scientifie, vol. 10, No 1.
- Wu, J., Zhang, H., He, P. J., Yao, Q., & Shao, L. M. 2010. Cr(VI) removal from aqueous solution by dried activated sludge biomass. *Journal of Hazardous Materials*, 176(1-3), 697–703.
- Yang, C., Wang, J., Lei, M., Xie, G., Zeng, G., & Luo, S. 2010. Biosorption of zinc(II) from aqueous solution by dried activated sludge. *Journal of Environmental Sciences*, 22(5), 675–680.
- Zaini, M. A. A., Zakaria, M., Mohd.-Setapar, S. H., & Che-Yunus, M. A. 2013. Sludge-adsorbents from palm oil mill effluent for methylene blue removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1(4), 1091–1098.