

## KARAKTERISASI LEMPUNG BENTONIT TERMODIFIKASI SURFAKTAN DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Cr DAN Pb PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL

I. A. G. Widihati\*, N. P. A. H. Saraswati dan I G. A. K. S. P. Dewi

*Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pegetahuan Alam, Universitas Udayana  
Jalan Kampus Unud-Jimbaran, Jimbaran-Bali, Indonesia*

*\*Email: gedewidihati@unud.ac.id*

---

### ABSTRAK

Penelitian mengenai karakterisasi lempung bentonit termodifikasi surfaktan dan pemanfaatannya sebagai adsorben logam Cr dan Pb pada limbah cair industri tekstil telah dilakukan. Modifikasi dilakukan melalui metode interkalasi dengan menambahkan 2,9155 gram surfaktan heksadesil trimetil amonium bromida per 10 gram bentonit kemudian ditambahkan dengan 2,0480 gram asam palmitat. Bentonit yang telah termodifikasi dimanfaatkan sebagai adsorben ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$ . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bentonit termodifikasi, waktu optimum dan kapasitas adsorpsi terhadap ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa interkalasi heksadesil trimetil amonium bromida ke dalam antar lapis lempung bentonit tidak menyebabkan perubahan kristalinitas bentonit. Ikatan antara surfaktan dengan kisi kristal bentonit ditunjukkan dengan vibrasi pada bilangan gelombang 2922,16 dan 2850,97  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi dari gugus  $\text{CH}_2$  amina. Luas permukaan spesifik bentonit termodifikasi ditentukan dengan metode adsorpsi metilen biru dan didapatkan luas permukaan spesifik sebesar 46,180  $\text{m}^2/\text{g}$ . Waktu optimum adsorpsi bentonit termodifikasi untuk ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  berturut-turut 20 dan 10 menit, dengan kapasitas adsorpsi untuk ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  berturut-turut sebesar 0,0277 (84,575%)  $\text{mg/g}$  dan 0,1350 (87,455%)  $\text{mg/g}$ .

**Kata kunci:** adsorpsi, bentonit, interkalasi, limbah cair, logam berat

### ABSTRACT

This paper discusses the characterization of surfactant-modified bentonite clays and its application as the adsorbent of Cr dan Pb in textile industry wastewater. The modifications were made through intercalation by the addition of 2.9155 grams of hexadecyl trimethyl ammonium bromide per 10 grams of bentonite and 2.0480 grams of palmitic acid. The aims of the research were to determine the characteristics of modified bentonite, optimum contact time and adsorption capacity of  $\text{Cr}^{3+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$  ions. The results showed that the intercalation of hexadecyl trimethyl ammonium bromide into the interlay of bentonite clay did not cause changes in the bentonite crystallinity. The bond between the surfactant and the bentonite crystal lattice was shown by the vibration at wave numbers of 2922.16 and 2850.97  $\text{cm}^{-1}$  indicating the vibration of the  $\text{CH}_2$  amine. The specific surface area of the modified bentonite determined by the blue methylene adsorption method was of 46,180  $\text{m}^2/\text{g}$ . The optimum adsorption time of modified bentonite for  $\text{Cr}^{3+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$  ions were of 20 and 10 minutes, respectively with the adsorption capacity of  $\text{Cr}^{3+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$  ions of 0.0277  $\text{mg/g}$  (84.58%) and 0.1350  $\text{mg/g}$  (87.46%), respectively.

**Keywords:** adsorption, bentonite, heavy metals, intercalation, wastewater

### PENDAHULUAN

Perkembangan Perkembangan industri tekstil saat ini, mengalami peningkatan yang cukup pesat. Penggunaan zat warna sintetis sebagai bahan baku yang digunakan dalam skala besar dapat berdampak bagi lingkungan, salah satunya pencemaran lingkungan. Limbah cair merupakan hasil samping dari industri

tekstil yang mengandung beberapa jenis logam berat seperti timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), kobalt (Co), besi (Fe), tembaga (Cu) dan seng (Zn) (Tuty dan Herni, 2009). Logam Cr umumnya digunakan dalam industri tekstil, elektroplating, penyamakan kulit dan pulp, sedangkan logam Pb umumnya digunakan dalam industri baterai, cat tembok, dan tekstil (Palar, 2008). Dalam upaya penanganan

limbah logam berat, adsorpsi dengan material alamberpori merupakan salah satu cara yang sering dilakukan.

Bentonit merupakan salah satu material alam berpori sebagai sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia. Endapan bentonit tersebar di pulau Jawa, Sumatera, Sulawesi dan sebagian Kalimantan dengan cadangan diperkirakan lebih dari 380 juta ton (Riyanto, 1994). Bentonit merupakan mineral alumina silikat hidrat yang termasuk dalam filosilikat, atau silikat berlapis. Rumus kimia umum bentonit adalah  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Kandungan bentonit terdiri dari 85% *monmorilonite*, *illite*, dan kuarsa (Dewi, 2015). Bentonit memiliki kemampuan mengembang (*swelling*) yang cukup besar dan kapasitas tukar kation yang tinggi. Hal ini menjadikan bentonit sebagai adsorben dengan kapasitas adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya. Meskipun bentonit sangat berguna untuk adsorpsi, namun kemampuan adsorpsinya terbatas. Kelemahan tersebut dapat diatasi melalui modifikasi bentonit dengan senyawa-senyawa organik menghasilkan kompleks yang dapat digunakan sebagai adsorben, salah satunya sebagai adsorben ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$ .

Surfaktan kationik seperti heksadesil trimetil ammonium bromida (HDTMA-Br) merupakan senyawa organik yang digunakan dalam modifikasi bentonit. Kation  $\text{HDTMA}^+$  akan menggantikan kation-kation pada ruang antarlapisan bentonit dan mengubah sifat permukaan bentonit yang awalnya bersifat hidrofilik menjadi hidrofobik. Pada modifikasi permukaan bentonit lebih lanjut digunakan asam palmitat melalui interaksi hidrofobik. Asam palmitat atau ligan tersebut akan membentuk senyawa kompleks dengan ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  yang teradsorpsi (Widihati, 2009).

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri tekstil yang diambil dari salah satu pabrik tekstil di daerah Kelungkung, Bali, lempung bentonit,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{HNO}_3$

65%, heksadesiltrimetil ammonium bromide (HDTMA-Br), asam palmitat, metilen biru dan akuades.

### Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, penggerus porselin, lumpang, ayakan 105  $\mu\text{m}$ , oven, pengaduk magnet, pemanas, kertas saring Whatman 42, pH meter dan timbangan analitik. Peralatan instrument yang digunakan meliputi: XRD-6000, spektrofotometer UV-Visible, spektrofotometer infra merah (FTIR) dan spektrofotometer serapan atom (SSA).

### Cara Kerja

#### Preparasi Sampel limbah cair industri tekstil

Sampel limbah cair industri tekstil di saring dengan menggunakan kertas saring whatman 42 untuk menghilangkan pengotornya. Kemudian ditambahkan beberapa tetes  $\text{HNO}_3$  65% untuk menurunkan pH pada sampel dan selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom untuk mengetahui kadar logam awal  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  yang terkandung dalam sampel.

#### Preparasi Bentonit

Sebanyak 100 g bentonit dicuci dengan akuades, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100-110  $^\circ\text{C}$ . Bentonit yang telah dikeringkan, digerus sampai halus kemudian diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 105  $\mu\text{m}$ . Hasil preparasi bentonit dianalisis menggunakan XRD-6000 dan FTIR.

#### Interkalasi Bentonit dengan HDTMA

Suspensi lempung dibuat dengan cara melarutkan sepuluh gram lempung bentonit ke dalam 1000 mL akuades, diaduk selama 5 jam. Kemudian 2,9155 gram HDTMA-Br ditambahkan, diaduk selama 24 jam. Selanjutnya ditambahkan 2,0480 gram asam palmitat, diaduk selama 48 jam. Kemudian campuran disaring, dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 60  $^\circ\text{C}$ . Setelah kering bentonit digerus dan diayak, kemudian dianalisis dengan menggunakan XRD-6000 dan FTIR.

#### Penentuan luas permukaan dengan metode adsorpsi metilen biru

Ke dalam 5 buah Erlenmeyer 100 mL masing-masing dimasukkan sebanyak 0,2

gram bentonit dan bentonit termodifikasi. Kemudian ditambahkan larutan metilen biru 100 mg/L. Campuran diaduk dengan masing-masing dengan waktu yang berbeda yaitu selama 10, 20, 40, 50, dan 60 menit. Setelah itu campuran disaring, lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Nilai absorbansi yang diperoleh, dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear metilen biru, sehingga didapatkan konsentrasi metilen biru yang tersisa dalam filtrat (Widihati, 2010). Luas permukaan bentonit dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{A \times N \times \sigma}{Mr}$$

Keterangan:

S = Luas permukaan spesifik adsorben (m<sup>2</sup>/g)  
N = Bilangan Avogadro (6,02 x 10<sup>23</sup> molekul/mol)

A = Massa adsorbat teradsorpsi (mg/g)

σ = Luas penampang oleh satu molekul metilen biru (1,97 x 10<sup>-18</sup> m<sup>2</sup>/molekul)

Mr = Berat molekul adsorbat metilen biru (319,85 g/mol)

### Penentuan waktu optimum

Ke dalam 5 buah Erlenmeyer 100 mL Masing-masing dimasukkan 0,1 gram lempung Bentonit tanpa termodifikasi. Pada tiap Erlenmeyer ditambahkan masing-masing 10 mL limbah cair industri tekstil. Campuran diaduk dengan waktu yang berbeda-beda yaitu selama 10, 20, 40, 60 dan 90 menit. Selanjutnya disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Proses serupa dilakukan juga terhadap lempung bentonit termodifikasi. Absorbansi yang terbaca kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi sehingga konsentrasi logam Cr dan Pb dalam filtrat bisa ditentukan. Untuk mengetahui waktu optimum dibuat grafik antara banyaknya ion logam yang teradsorpsi per gram adsorben dengan waktu yang diberikan. Waktu optimum ditentukan dari grafik dimana waktu konsentrasi ion logam tertinggi yang teradsorpsi.

### Penentuan kapasitas adsorpsi

Ke dalam masing-masing Erlenmeyer 100 mL, dimasukkan 0,1 gram lempung bentonit Tanpa terinterkalasi dan lempung bentonit

terinterkalasi HDTMA-Br dan asam palmitat. Kemudian ditambahkan 10 mL limbah cair industri tekstil. Selanjutnya disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Kapasitas adsorpsi ditentukan berdasarkan banyaknya zat terlarut yang teradsorpsi oleh setiap gram adsorben pada keadaan jenuh Nilai konsentrasi yang dipeoleh dimasukkan ke dalam rumus persentase penyerapan (E) dan kapasitas adsorpsi (A).

$$\%E = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \times 100\%$$

Dimana: C<sub>1</sub> = Konsentrasi awal ion logam (mg/L)

C<sub>2</sub> = Konsentrasi ion logam yang tersisa dalam filtrat (mg/L)

Kapasitas Adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$A = \frac{C_1 - C_2}{1000} \times V \times \frac{1}{B}$$

Keterangan:

A = Jumlah Pb atau Cr yang teradsorpsi oleh lempung bentonit (mg/g)

C<sub>1</sub> = Konsentrasi awal Pb atau Cr (mg/L)

C<sub>2</sub> = Konsentrasi Pb atau Cr yang tersisa dalam filtrate (mg/L)

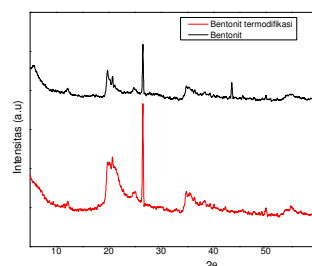
V = Volume Pb atau Cr yang digunakan (mL)

B = Berat lempung bentonit (g)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi bentonite dengan Difraksi Sinar-X (XRD)

Karakterisasi bentonite menggunakan metode XRD bertujuan untuk mengetahui kristalinitas dan pergeseran jarak antar lapis silikat lempung yang dapat dilihat dari difraktogramnya. Difraktogram bentonit dan bentonite termodifikasi ditunjukkan pada Gambar 1.



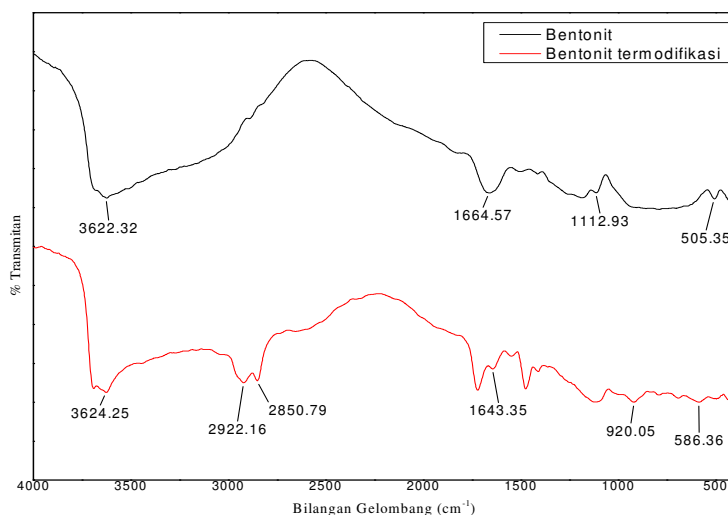
**Gambar 1.** Difraktogram bentonit dan bentonit termodifikasi

Difraktogram menunjukkan modifikasi bentonit dengan interkalasi HDTMA-Br menyebabkan hilangnya puncak pada  $2\theta = 5,6999^\circ$ , hal ini kemungkinan disebabkan karena terjadinya perubahan posisi bidang kristal, dimana bidang  $d_{001}$  tidak lagi sama seperti sebelumnya, namun struktur kristal tidak mengalami perubahan. Intensitas yang tinggi dengan puncak yang tajam terdapat pada kedua difraktogram yakni pada  $2\theta = 26,5^\circ$  yang menunjukkan persenyawaan SiO. Interkalasi surfaktan ke dalam antar lapis tidak menyebabkan terjadinya perubahan jarak antar lapis, hal ini mungkin disebabkan oleh surfaktan yang

terinterkalasi tersusun secara horizontal terhadap jarak antar lapis bentonit (Widihati, 2018).

### Karakterisasi dengan Spektrofotometer Inframerah (FTIR)

Karakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer inframerah dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam bentonit dan bentonit termodifikasi ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Sepktra FTIR bentonit dan bentonit termodifikasi

Spektra FTIR menunjukkan adanya daerah serapan baru yang diakibatkan oleh interkalasi HDTMA-Br ke dalam ruang antar lapis lempung bentonit. Bilangan gelombang 2922,16  $\text{cm}^{-1}$  dan 2850,97  $\text{cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur  $\text{CH}_2$  amina yang menunjukkan bahwa bentonit telah berhasil termodifikasi. Berbagai daerah serapan yang terjadi ditampilkan pada Tabel 1 dan 2.

**Tabel 1.** Serapan bentonite tanpa termodifikasi

Gugus fungsi	Bilangan gelombang $\text{cm}^{-1}$
Vibrasi ulur O-H	3622,32
Vibrasi tekuk -OH	1664,57
Si - O - Si	1112,93
Vibrasi Si-O	505,35

**Tabel 2.** Serapan bentonite termodifikasi

Gugus fungsi	Bilangan gelombang $\text{cm}^{-1}$
Vibrasi ulur O-H	3624,25
Vibrasi ulur $\text{CH}_2$ amina	2922,16 dan 2850,97
Vibrasi tekuk -OH	1643,35
Vibrasi Al-O	920,05
Vibrasi Si-O	586,36

### Penentuan luas permukaan spesifik

Adsorpsi metilen biru ini dilakukan pada panjang gelombang 664,20 nm. Tabel 3 menunjukkan luas permukaan bentonite termodifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan bentonite tanpa modifikasi dengan masing-masing memiliki kapasitas adsorpsi 12,318

mg/g dan luas permukaan spesifik sebesar 46,180 m<sup>2</sup>/g, sedangkan bentonite tanpa modifikasi memiliki kapasitas adsorpsi 12,450 mg/g dan luas permukaan spesifik sebesar 45,687 m<sup>2</sup>/g. Luas permukaan spesifik bentonite termodifikasi memiliki luas yang lebih tinggi, hal ini disebabkan oleh munculnya situs-aktif pada bentonit termodifikasi. Situs aktif ini merupakan tempat terikatnya ion logam Cr dan Pb pada permukaan bentonite. Hasil penentuan luas permukaan bentonit dan bentonite termodifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Luas permukaan bentonit dan bentonite termodifikasi

Adsorben	kapasitas adsorpsi (mg/g)	Luas permukaan (m <sup>2</sup> /g)
Bentonit	12,318 ± 0,0006	45,687
Bentonit termodifikasi	12,450 ± 0,0006	46,180

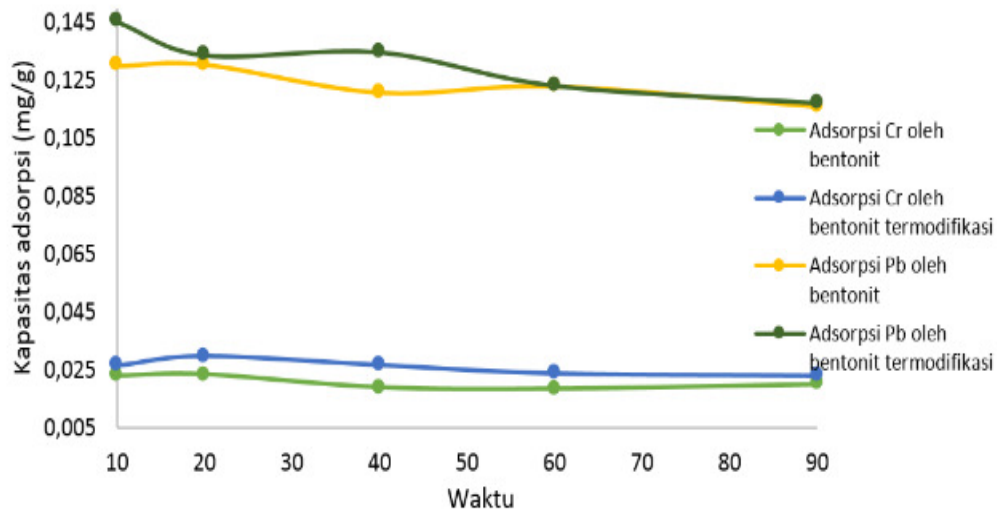
#### Penentuan waktu optimum adsorpsi

Pada penelitian ini diperoleh kapasitas adsorpsi bentonite tanpa termodifikasi terhadap

ion Cr<sup>3+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> optimum pada waktu 20 menit. Sedangkan adsorpsi bentonite termodifikasi terhadap ion Cr<sup>3+</sup> memiliki waktu yang sama dengan bentonite tanpa termodifikasi, yaitu 20 menit dan ion Pb<sup>2+</sup> memiliki waktu optimum yang lebih cepat yaitu pada waktu 10 menit. Waktu optimum adsorpsi ion Cr<sup>3+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> oleh bentonit dan bentonite termodifikasi ditampilkan pada Gambar 3 dan kapasitas adsorpsi pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kapasitas adsorpsi bentonit dan bentonite termodifikasi pada waktu optimum

Adsorben	Adsorbat	Waktu optimum (menit)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)
Bentonit	Cr <sup>3+</sup>	20	0,0235 ± 0,005
Bentonit	Pb <sup>2+</sup>	20	0,1305 ± 0,006
Bentonit termodifikasi	Cr <sup>3+</sup>	20	0,0300 ± 0,0007
Bentonit termodifikasi	Pb <sup>2+</sup>	10	0,1454 ± 0,01



**Gambar 3.** Kurva pengaruh waktu optimum terhadap adsorpsi ion Cr<sup>3+</sup> dan Pb<sup>2+</sup>

#### Kapasitas adsorpsi bentonite terhadap ion Cr<sup>3+</sup> dan Pb<sup>2+</sup>

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan untuk mengetahui kemampuan bentonit dan

bentonite termodifikasi menyerap ion Cr<sup>3+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> pada waktu setimbang. Kapasitas adsorpsi terhadap ion Cr<sup>3+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Kapasitas adsorpsi bentonit dan bentonite termodifikasi terhadap ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$ 

Adsorben	Ion	kapasitas adsorpsi (mg/g)	persentase penyerapan (%)
Bentonit	$\text{Cr}^{3+}$	$0,0123 \pm 0,0009$	37,540
	$\text{Pb}^{2+}$	$0,1230 \pm 0,0002$	79,822
Bentonit termodifikasi	$\text{Cr}^{3+}$	$0,0277 \pm 0,0004$	84,575
	$\text{Pb}^{2+}$	$0,1350 \pm 0,0006$	87,455

Berdasarkan data tabel didapatkan bahwa bentonit termodifikasi mempunyai kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan bentonit tanpa termodifikasi. Peningkatan kapasitas adsorpsi ini disebabkan karena bentonit termodifikasi telah membentuk senyawa kompleks dengan surfaktan HDTMA-Br melalui suatu ikatan koordinasi.

Kompleks yang terbentuk tersebut digunakan untuk menjangkar asam palmitat sebagai ligan-nya melalui interaksi hidrofobik. Ligan-nya tersebut kemudian berfungsi sebagai situs aktif yang mengikat ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  (Widihati, 2009). Peningkatan kapasitas adsorpsi juga disebabkan luas permukaan Spesifik bentonit yang meningkat.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa bentonit termodifikasi memiliki luas permukaan sebesar  $46,180 \text{ m}^2/\text{g}$  sedangkan bentonit sebesar  $45,687 \text{ m}^2/\text{g}$ . Waktu optimum adsorpsi bentonit terhadap ion  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  adalah 20 menit, sedangkan untuk bentonit termodifikasi adalah 10 menit. Kapasitas adsorpsi terhadap ion  $\text{Cr}^{3+}$  oleh bentonit dan bentonit termodifikasi adalah  $0,0123$  dan  $0,0277 \text{ mg/g}$ , sedangkan untuk  $\text{Pb}^{2+}$  sebesar  $0,1230$  dan  $0,1350 \text{ mg/g}$ .

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan adsorpsi bentonite termodifikasi dengan menggunakan surfaktan dan ligan yang berbeda, serta pemanfaatannya sebagai adsorben ion logam lain yang bersifat toksik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, P.A. 2015. Adsorpsi Ion Logam  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  Oleh Bentonit Teraktivitas Basa (NaOH). *Jurnal Kimia*. 9(2): 235-242.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Riyanto, A. 1994. *Bahan Galian Industri*. Direktorat Jendral Pertambangan Umum. Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Mineral. Bandung.
- Tuty, E. A., dan B. Herni. 2009. Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintesis dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*. Bandung.
- Widihati, I. A. 2009. Adsorpsi Ion  $\text{Pb}^{2+}$  oleh Lempung Terinterkalasi Surfaktan. *Jurnal Kimia*. 3(1): 27-32.
- Widihati, I. A. 2010. Karakterisasi Keasaman dan Luas Permukaan Tempurung Kelapa Hijau (*Cocos nicifera*) dan Pemanfaatnya Sebagai Biosorben Ion  $\text{Cd}^{2+}$ . *Jurnal Kimia*. 4(1): 7-14.
- Widihati, I. A. 2018. *Characterization and Optimization Of Salicylic Acid Bentonite Clay Nanocomposite*. *Asian Journal of Chemistry*. 30(11): 2421-2423.

Karakterisasi Lempung Bentonit Termodifikasi Surfaktan dan Pemanfaatannya sebagai Adsorben  
Logam Cr dan Pb Pada Limbah Cair Industri Tekstil  
(I. A. G. Widihati, N. P. A. H.Saraswati dan I G. A. K. S. P. Dewi)