



## PROSIDING

### SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA III

"Teori dan Aplikasi Sains dalam Isu Globalisasi Lingkungan, Profesionalisasi Pembelajaran dan Kewirausahaan"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS

Surakarta, 7 Mei 2011



MAKALAH PENDAMPING

KIMIA ANALITIK  
(Kode : B-06)

ISBN : 978-979-1533-85-0

## PEMANFAATAN KAOLIN TERMODIFIKASI SURFAKTAN CETHYLTRIMETHYLAMMONIUM-BROMIDE (CTAB) SEBAGAI ADSORBEN ANION $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

**Khoerunnisa<sup>1</sup>; Sutarno,<sup>2\*</sup> dan Eko Sri Kunarti<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Madrasah Tsanawiyah (MTs) Al-Hikamah Benda Sirampog Brebes;

<sup>2,3</sup> Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Email: [sutarno@ugm.ac.id](mailto:sutarno@ugm.ac.id)

### Abstrak

Telah dilakukan preparasi dan modifikasi Kaolin Tatakan sebagai adsorben untuk anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dalam medium air. Kaolin dipreparasi dengan pencucian menggunakan hidrogen peroksida, NaOH dan pemanasan pada temperatur 500 °C selama 5 jam. Modifikasi dilakukan dengan mencampurkan kaolin dan surfaktan kationik *cethyltrimethylammonium-bromide* (CTAB) selama 24 jam pada temperatur kamar yang disebut sebagai kaolin-CTAB. Karakterisasi padatan hasil modifikasi dilakukan dengan metode spektrofotometri inframerah (FTIR) dan difraksi sinar-X (XRD). Padatan hasil modifikasi digunakan untuk mengadsorpsi anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dalam medium air. Kondisi adsorpsi optimal ditentukan pada berbagai variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi anion. Jumlah anion yang teradsorpsi dikaji dengan spektroskopi serapan atom. Pola difraktogram sinar-X menunjukkan puncak karakteristik untuk kaolin yang tidak berubah setelah proses preparasi dan modifikasi. Hal ini berarti bahwa proses tersebut tidak menyebabkan kerusakan struktur dari padatan kaolin. Hasil kajian adsorpsi menunjukkan bahwa adsorpsi optimal anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  oleh padatan kaolin-CTAB terjadi pada pH = 1,5-2, dan pada waktu kontak 120 menit dengan konsentrasi anion 100 ppm. Kajian kinetika adsorpsi menunjukkan bahwa adsorpsi anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  mengikuti kinetika orde satu dengan harga konstanta laju reaksi sebesar  $3,743 \times 10^{-2} \text{ menit}^{-1}$  sedangkan kapasitas adsorpsi padatan kaolin-CTAB terhadap anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  sebesar 26,927 mmol/Kg.

**Kata kunci:** Modifikasi kaolin, CTAB, kinetika, adsorpsi,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

### PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang semakin pesat menyebabkan pencemaran bagi lingkungan yang salah satunya adalah limbah logam berat. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi pencemaran tersebut, salah satunya dengan metode adsorpsi. Metode adsorpsi banyak dipilih karena pengoperasiannya mudah, hemat energi, pemeliharaannya sederhana, dan mempunyai kapasitas besar. Akan tetapi beberapa adsorben seperti karbon aktif, asam humat, zeolit, clay (lempung), kaolin, dan banyak adsorben lainnya hanya mampu menyerap kation dan terbukti tidak selektif untuk anion sehingga perlu dilakukan

modifikasi terhadap adsorben tersebut sehingga selektif terhadap adsorbatnya. Berbagai jenis adsorben telah diteliti kemampuan adsorpsinya terhadap anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , seperti *sawdust*, *As received CAC* [1], *multiwalled carbon nanotubes* [2], dan *zeolite-NaX* [3], bentonite, EHDDMA amended zeolite, dan cetyl amended zeolite [4]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben-adsorben tersebut memiliki kapasitas adsorpsi yang kecil, sehingga masih perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji kemungkinan adsorben lain untuk mengadsorpsi anion dari dalam larutan tersebut. Mineral kaolin telah terbukti dapat dimodifikasi hingga bermuatan positif dengan

menggunakan surfaktan kationik sehingga dapat selektif terhadap adsorbat berbentuk anion, hal ini dikarenakan kaolin memiliki muatan negatif diseluruh lapisan dan situs pertukarannya berada dipermukaan dimana molekul polar dapat teradsorp [5].

Beberapa peneliti telah melaporkan keberhasilannya dalam memodifikasi permukaan mineral dengan surfaktan seperti pada permukaan klinoptilolit [6,7] dan zeolit-A [8]. Surfaktan kationik dilaporkan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi dan dapat meningkatkan kapasitas tukar anion seperti kromat [9], sulfat, fosfat [10] dan arsenat [8]. Dalam penelitian ini, telah dilakukan modifikasi kaolin melalui proses pencampuran kaolin dengan surfaktan kationik *cethyltrimethylammonium-bromide* (CTAB). Kemampuan kaolin termodifikasi dalam mengadsorp anion  $Cr_2O_7^{2-}$  dikaji dengan mempelajari pengaruh pH terhadap adsorpsi, kinetika adsorpsi dan penentuan kapasitas adsorpsi kaolin termodifikasi, sehingga pada penelitian ini diharapkan menjadi langkah awal yang nantinya dapat menghasilkan material termodifikasi dari bahan lokal yang mempunyai peluang untuk dikembangkan sehingga meningkatkan nilai guna serta nilai ekonomi.

## PROSEDUR PERCOBAAN

### Bahan yang Digunakan

Kaolin alam yang berasal dari Tatakan, kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan, bahan-bahan kimia yang digunakan dari E Merck dengan kualitas proanalisis adalah NaOH, HCl 37%,  $CH_3COOH$ ,  $AgNO_3$ ,  $H_2O_2$  30%,  $K_2Cr_2O_7$ , *Ammonium acetat*, ethanol 96%, KCl, asam borat, dan BCG-MR (*bromocresol green-metyl red*). Kertas saring Whatman 42, larutan buffer 4 dan 7 (Horiba standar solution), CTAB (*Cethyltrimethylammonium-bromide*), akuabides buatan Laboratorium Kimia Dasar FMIPA UGM.

### Alat-alat yang Digunakan

Seperangkat alat gelas, lumpang porselen, Pengayak 200 Mesh merek *Retsch*, penyaring Buchner, pengaduk magnet, timbangan digital model GR-200, pH meter merek *Lutron* pH 207 HA, *ultrasonic bath*, oven, furnace model FB 131OM-33, *hot plate*, *shaker* (Marius Instrument), *centrifuge* merek Sorfall Biofuge Primo (Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UGM). Untuk penentuan harga KPK digunakan perangkat destilasi di laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM. Instrumen yang digunakan untuk karakterisasi material antara lain difraktometer sinar-X Shimadzu model XRD 6000 (Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UGM) dan spektrofotometer Infra Merah (IR, Shimadzu Prestige-21 Laboratorium Kimia Organik FMIPA UGM), dan untuk penentuan kandungan logam dalam larutan digunakan Spektrometer Serapan Atom (AAS) merek Perkin Elmer 5100 PC (Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UGM).

### Preparasi dan modifikasi kaolin

Kaolin dikeringkan kemudian dihaluskan menggunakan penggerus porselen dan diayak hingga lolos saringan 200 mesh. disebut sebagai "kaolin alam" . Preparasi kaolin alam dilakukan dengan merendam 100 g kaolin alam yang dalam 1L akuades dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 4 jam, kemudian sejumlah larutan  $H_2O_2$  30 % ditambahkan sedikit demi sedikit kedalam campuran sampai tidak terdapat gelembung udara. Campuran diaduk semalam dan kemudian dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali untuk menghilangkan sisa  $H_2O_2$ , untuk lebih mudah dalam proses pemisahan padatan dalam proses pencucian dilakukan dengan menggunakan alat sentrifuge. Langkah selanjutnya adalah menambahkan kembali akuades pada padatan dan diaduk menggunakan magnetik stirer sambil diatur pH larutan dengan

menambahkan NaOH hingga pH netral, kemudian gelas beaker berisi campuran dipindahkan ke dalam *ultrasonic bath* agar kaolin yang ada terdisagregasi selama sekitar 15 menit, selanjutnya dilakukan proses pencucian hingga di peroleh campuran agak bening. Padatan yang diperoleh dipanaskan dengan menggunakan *furnace* pada suhu 500 °C selama 5 jam [11,12]. Padatan disebut sebagai “kaolin preparasi”.

Sebelum melakukan modifikasi kaolin, ditentukan terlebih dahulu nilai Kapasitas Penukar Kation (KPK) kaolin. Modifikasi kaolin dilakukan dengan mencampur 10 gram kaolin preparasi dengan 250 mL larutan CTAB dimana konsentrasi CTAB dibuat dua kali nilai KPK, kemudian *distirer* selama 24 jam. Campuran disaring, padatan yang diperoleh dicuci dengan aquades hingga bebas dari Br<sup>-</sup> yang ditunjukkan dengan uji AgNO<sub>3</sub>, kemudian dikeringkan dalam *oven* pada temperatur 110-120 °C selama 24 jam disebut sebagai “kaolin-CTAB”. Padatan kaolin alam, kaolin preparasi dan kaolin-CTAB yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan spektrofotometri inframerah (FTIR), difraktometri sinar -X (XRD).

### **Kajian adsorpsi anion dalam larutan**

*Pengaruh pH medium.* Disiapkan sederet larutan 20 mL Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> 100 ppm dengan variasi pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 Pada masing-masing larutan tersebut ditambahkan 100 mg kaolin hasil modifikasi berukuran 200 *mesh* kemudian diaduk selama 24 jam pada temperatur kamar. Larutan selanjutnya disaring dengan kertas whatman 42. Konsentrasi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> dalam larutan baik sebelum dan setelah adsorpsi diukur dengan AAS. Konsentrasi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> yang teradsorpsi pada kaolin hasil modifikasi dihitung berdasarkan perbedaan antara konsentrasi awal dengan konsentrasi sisa dalam larutan.

*Kinetika adsorpsi.* Disiapkan larutan Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> 100 ppm dengan keasaman diatur pada pH tertentu di

mana terjadi adsorpsi . Beberapa botol sampel ke dalamnya dimasukkan 20 mL larutan Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> tersebut, ditambahkan padatan kaolin hasil modifikasi berukuran sebanyak 100 mg dan selanjutnya dikocok menggunakan *shaker* pada waktu yang telah ditetapkan dan disaring dengan kertas saring whatman 42. Konsentrasi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> dalam larutan baik sebelum dan setelah adsorpsi diukur dengan AAS.

*Penentuan kapasitas dan energi adsorpsi.* Disiapkan sederet larutan 20 mL Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> dengan variasi konsentrasi 30, 50, 70, 100, 150, dan 200 ppm pada pH optimum. Ke dalam masing-masing larutan tersebut ditambahkan 100 mg kaolin hasil modifikasi dan selanjutnya diaduk selama 24 jam, kemudian disaring dengan kertas whatman 42. Konsentrasi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> dalam larutan baik sebelum dan setelah adsorpsi diukur dengan AAS.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakterisasi padatan kaolin**

Spektra IR padatan kaolin ditunjukkan dalam Gambar 1. Dalam gambar tersebut, terlihat bahwa pada spektra kaolin alam terdapat serapan 3695 cm<sup>-1</sup> dan 3618 cm<sup>-1</sup> yang dimungkinkan pengotor dari senyawa organik yang mungkin terdapat di dalam kaolin. Serapan ini menghilang setelah kaolin dilakukan preparasi menggunakan hidrogen peroksida. Hilangnya serapan tersebut dapat diamati dari spektra kaolin terpreparasi.

Pada senyawa kaolin alam juga teramati serapan di daerah 3448 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi OH, serapan yang berurutan pada 1033 cm<sup>-1</sup> dan 786 cm<sup>-1</sup> menunjukkan vibrasi dari Si-O-Si, serapan pada bilangan gelombang 694 cm<sup>-1</sup> menunjukkan serapan Al-O [13], sementara serapan pada daerah 910 cm<sup>-1</sup> merupakan serapan ulur dari Al...OH. Pada daerah antara 400-500 cm<sup>-1</sup> terdapat banyak puncak yang saling *overlap* yang menunjukkan banyaknya pengotor pada kaolin. Puncak-puncak tersebut hilang setelah dilakukan

pencucian dengan hidrogen peroksida dan proses pemanasan. Terlihat pula bahwa serapan berurutan untuk Si-O-Si pada bilangan gelombang  $1056\text{ cm}^{-1}$  dan  $786\text{ cm}^{-1}$  semakin tajam, serapan pada  $470\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan hasil vibrasi ulur Si-O-Al<sup>VI</sup> semakin terlihat jelas, dan serapan pada  $910\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan serapan ulur dari Al...OH menghilang sebagaimana ditunjukkan pada spektra kaolin terpreparasi. Hilangnya serapan pada  $910\text{ cm}^{-1}$  disebabkan karena terjadinya dealuminasi pada kaolin akibat dari pemanasan yang sangat tinggi.

Untuk spektra kaolin-CTAB, muncul puncak pada  $2924\text{ cm}^{-1}$  dan  $2854\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan penunjuk untuk vibrasi ulur simetris dan asimetris gugus  $-\text{CH}_2-$  yang berasal dari surfaktan CTAB [14].

#### **Interpretasi difraktogram sinar-X**

Difraktogram material kaolin dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2. Setelah mencermati difraktogram sinar-X dalam penelitian ini dan kemudian dibandingkan dengan difraktogram standard, akan terlihat jelas bahwa puncak utama yang terdapat pada difraktogram material dalam penelitian relatif sama dengan difraktogram standard, baik dalam hal sudut difraksi ( $2\theta$ ), jarak antar bidang kristal ( $d$ ) maupun intensitas relatifnya. Kaolin akan menghasilkan puncak utama difraktogram sinar-X pada  $2\theta$  12,3 (001), 24,7 (002) dan 37,5 (003) [15]. Pada difraktogram kaolin alam, karakter kaolin muncul pada sudut difraksi  $20,0^\circ$ ,  $25,0^\circ$ ,  $26,7^\circ$ ,  $38,3^\circ$ ,  $54,9^\circ$ , dan  $60,0^\circ$ . Selain keenam puncak utama tersebut, terdapat puncak dengan intensitas cukup tinggi pada daerah  $2\theta(^\circ) = 12,1^\circ$  yang merupakan puncak dari haloisit (metahaloisit) [12]. Selain itu pada padatan kaolin sebelum preparasi terdapat banyak puncak lain dengan intensitas rendah.

Pada difraktogram kaolin preparasi, puncak pada daerah  $2\theta(^\circ) = 12,1^\circ$  yang merupakan puncak dari

haloisit (metahaloisit) menghilang. Haloisit yang memiliki ukuran partikel lebih kecil ( $0,01-1\ \mu\text{m}$ ) dibandingkan dengan kaolinit ( $1-10\ \mu\text{m}$ ) akan lebih mudah hilang oleh serangan asam yang berarti bahwa proses preparasi dengan hidrogen peroksida mampu menghilangkan struktur mineral haloisit tersebut. Selain itu puncak-puncak dengan intensitas rendah juga menghilang yang berarti bahwa proses preparasi dengan penambahan hidrogen peroksida, pencucian dengan basa dan proses pemanasan mampu memurnikan kaolin.

Jika dibandingkan puncak yang menunjukkan karakter kaolin, terlihat bahwa pola difraktogram kaolin alam, kaolin preparasi dan kaolin-CTAB menunjukkan pola yang sama. Hal ini berarti perlakuan yang diberikan terhadap kaolin tidak merusak struktur kristal dari kaolin tersebut. Artinya bahwa kaolinit mempunyai ketahanan struktur terhadap asam maupun pemanasan. Ketahanan mineral terhadap asam sangat dipengaruhi oleh kristanilitas dari mineral lempung, dimana semakin tinggi tingkat keteraturan kristal akan meningkatkan ketahanan terhadap asam [12]. Akan tetapi semakin kecil ukuran fraksi dari mineral lempung akan menurunkan ketahanan terhadap asam karena meningkatnya kemudahan disolusi dari ion aluminium pada struktur lempung [12]. Hal yang identik juga terjadi pada mineral kuarsa dan klinoptilolite dimana keberadaannya tidak berubah oleh pengaruh asam.

#### **Adsorpsi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dan $\text{MnO}_4^-$ pada Kaolin**

##### **Pengaruh pH medium**

Keberadaan CTAB pada Kaolin-CTAB mempunyai situs aktif  $\text{RN}(\text{CH}_3)_3^+$  yang dapat berinteraksi dengan anion-anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . Interaksi ini menyebabkan anion-anion tersebut dapat teradsorp pada padatan kaolin. Pengaruh pH terhadap adsorpsi anion-anion tersebut perlu

dikaji untuk mengetahui pengaruh pH medium terhadap adsorpsi. Pengaruh pH terhadap adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 3. Terlihat bahwa adsorpsi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dalam jumlah besar terjadi pada pH yang rendah, antara 1,5-2. Kromium dapat berada dalam dua bentuk Cr(VI) dan Cr(III) yang kestabilannya sangat dipengaruhi oleh pH sistem. Pada  $\text{pH} < 2$ , spesies Cr (VI) ada sebagai bentuk  $\text{HCrO}_4^-$  dan  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Seiring dengan kenaikan pH, spesies Cr (VI) akan berubah menjadi  $\text{CrO}_4^{2-}$  dan  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . Jika dilihat muatannya, anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  memiliki muatan yang lebih besar dari  $\text{HCrO}_4^-$  sehingga akan memiliki afinitas yang lebih besar terhadap muatan positif dari situs aktif adsorben dan memungkinkannya untuk teradsorpsi lebih banyak pada situs aktif adsorben tersebut [16]. Akan tetapi pada kenyataannya, dari Gambar 3 terlihat bahwa seiring kenaikan pH, adsorpsi yang terjadi justru semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh ukuran ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  yang lebih besar dari  $\text{HCrO}_4^-$  menyebabkan mobilitasnya lebih rendah dan halangan sterik yang lebih besar. Akibatnya  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  lebih sulit berinteraksi dengan situs aktif - $\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$  pada kaolin-CTAB. Selain itu, pada pH tinggi dimana terjadi jumlah ion  $\text{OH}^-$  melimpah, menyebabkan terjadinya kompetisi antara anion kromat dengan ion  $\text{OH}^-$  tersebut dalam berinteraksi dengan situs aktif - $\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$  pada kaolin-CTAB, mengingat ion  $\text{OH}^-$  dan anion kromat yang sama-sama kaya pasangan elektron bebas dan elektronegatifitasnya besar sehingga bermuatan parsial negatif [1]. Dengan demikian cukup beralasan jika adsorpsi maksimum terjadi pada pH antara 1,5-2. Dalam hal ini spesies Cr(VI) yang teradsorpsi pada kaolin-CTAB berbentuk sebagai anion  $\text{HCrO}_4^-$ .

#### Pola adsorpsi

Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  oleh kaolin-CTAB ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat bahwa jumlah anion teradsorpsi oleh

kaolin-CTAB pada anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  meningkat dengan tajam pada menit-menit awal hingga mencapai maksimum pada waktu kontak 120 menit. Pada waktu kontak lebih dari 120 menit terlihat ada penurunan jumlah anion yang teradsorpsi. Hal ini dimungkinkan oleh adanya proses desorpsi anion yang sebelumnya telah terikat pada situs aktif kaolin.

#### Kinetika adsorpsi

Kajian kinetika adsorpsi anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dilakukan dengan menggunakan persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde satu Lagergren (1989) dan kinetika adsorpsi pseudo orde dua Ho *et al.* (2000). Persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde satu Lagergren (1989) [17] adalah:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$$

Dimana:

$q_e$  = jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada saat keseimbangan (mol/g)

$q_t$  = jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada waktu  $t$  (mol/g)

$k_1$  = konstanta laju adsorpsi orde satu ( $\text{menit}^{-1}$ )

$t$  = waktu adsorpsi (menit)

Berdasarkan rumusan kinetika tersebut, diketahui bahwa jika adsorpsi anion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  mengikuti kinetika pseudo orde satu, maka plot  $\ln(q_e - q_t)$  lawan  $t$  akan menghasilkan garis lurus dengan harga  $k_1$  sebagai negatif slope dan  $\ln q_e$  sebagai intersepnya. Grafik  $\ln(q_e - q_t)$  lawan  $t$  pada adsorpsi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  oleh kaolin termodifikasi ditunjukkan pada Gambar 5.

Untuk mempelajari kinetika orde dua, digunakan rumusan kinetika adsorpsi pseudo orde dua Ho *et al.* (2000) [18] yang mengikuti persamaan:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{q_e} t + \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2}$$

Dimana:

$q_e$  = jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada saat keseimbangan (mol/g)

$q_t$  = jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada waktu  $t$   
(mol/g)

$k_2$  = konstanta laju adsorpsi orde dua (g/mol  
menit)

$t$  = waktu adsorpsi (menit)

Jika adsorpsi anion  $Cr_2O_7^{2-}$  mengikuti kinetika pseudo orde dua, maka plot  $t/q_t$  lawan  $t$ , akan menghasilkan garis lurus sehingga harga  $k_2$  dan  $q_e$  dapat ditentukan. Grafik  $t/q_t$  lawan  $t$  pada adsorpsi  $Cr_2O_7^{2-}$  oleh kaolin termodifikasi sesuai rumusan kinetika pseudo orde dua menurut Ho *et al.* (2000) tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.

Parameter kinetika Lagergren (1989) dan Ho *et al.* (2000) yang diperoleh dari Gambar 5. dan parameter kinetika Ho *et al.* (2000) yang diperoleh dari Gambar 6. ditampilkan pada Tabel 1. dan terlihat bahwa harga koefisien korelasi ( $R^2$ ) adsorpsi orde satu lebih baik dibandingkan dengan koefisien korelasi adsorpsi orde dua. Hal ini berarti bahwa adsorpsi anion  $Cr_2O_7^{2-}$  oleh kaolin-CTAB mengikuti kinetika orde satu dengan harga konstanta laju adsorpsi sebesar  $3,47 \times 10^{-2}$  menit<sup>-1</sup>.

### Penentuan kapasitas dan energi adsorpsi

Kapasitas adsorpsi  $Cr_2O_7^{2-}$  oleh kaolin-CTAB dapat ditentukan dengan persamaan adsorpsi isothermal Langmuir dan energi adsorpsi sebagai berikut:

$$m = \frac{bKC}{1 + KC} \text{ atau } \frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b}$$

Dimana:

$C$  = Konsentrasi adsorbat dalam keadaan setimbang (mol/L)

$M$  = Jumlah adsorbat per gram adsorben (mol/g)

$B$  = Kapasitas adsorpsi (mol/g)

$K$  = Konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/mol)

Penentuan energi adsorpsi menggunakan persamaan:

$$E_{ads} = -\Delta G^0 = RT \ln K$$

Dimana:

$E_{ads}$  = Energi adsorpsi (Joule/mol)

$T$  = Temperatur (Kelvin)

$R$  = Konstanta gas ideal ( $8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )

Persamaan isothermal Langmuir untuk proses adsorpsi monolayer dari suatu spesies pada suatu adsorben dengan situs aktif yang homogen dan tingkat energi yang sama untuk semua situs aktif yang terlibat pada proses adsorpsi [19]. Plot dari  $C/m$  lawan  $C$  untuk adsorpsi  $Cr_2O_7^{2-}$  oleh kaolin termodifikasi surfaktan CTAB pada penelitian ini ditampilkan dalam Gambar 7., sementara parameter adsorpsi isothermal Langmuir dari grafik pada Gambar 7. ditampilkan pada Tabel 2. Dan terlihat bahwa berdasarkan model adsorpsi isothermal Langmuir, diperoleh kapasitas dan energi adsorpsi anion  $Cr_2O_7^{2-}$  oleh kaolin termodifikasi CTAB masing-masing sebesar 26,927 mmol/Kg (5,82 mg/g) dan 18,681 kJ/mol.

### KESIMPULAN

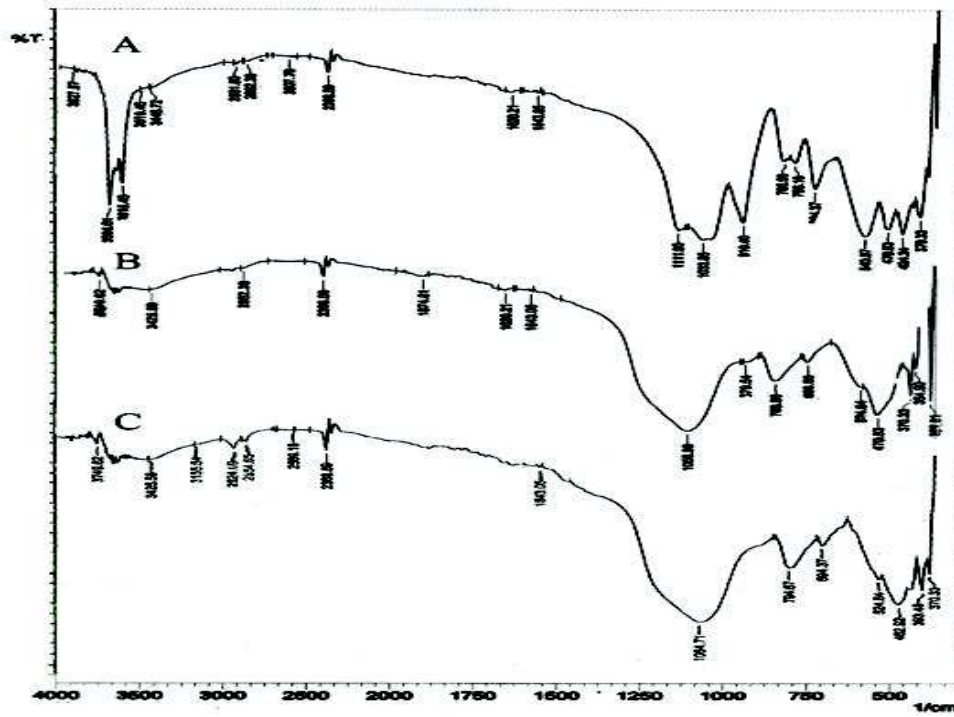
Berdasarkan atas hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa modifikasi kaolin dengan menggunakan surfaktan kationik *cethyltrimethylammonium-bromide* (CTAB) telah berhasil dilakukan berdasarkan interpretasi hasil spektra FTIR dan difraktogram sinar-X dan dapat digunakan untuk mengadsorpsi anion  $Cr_2O_7^{2-}$ . Adsorpsi maksimal kaolin-CTAB terhadap anion  $Cr_2O_7^{2-}$  terjadi pada pH = 1,5 – 2. Adsorpsi anion  $Cr_2O_7^{2-}$  oleh kaolin-CTAB mengikuti mekanisme orde satu dengan konstanta laju adsorpsi ( $k_1$ ) sebesar  $3,743 \times 10^{-2}$  menit<sup>-1</sup>. Berdasarkan model adsorpsi isothermal Langmuir, kapasitas dan energi adsorpsi anion  $Cr_2O_7^{2-}$  oleh kaolin-CTAB sebesar 26,927 mmol/Kg dan 18,681 kJ/mol.

### DAFTAR RUJUKAN

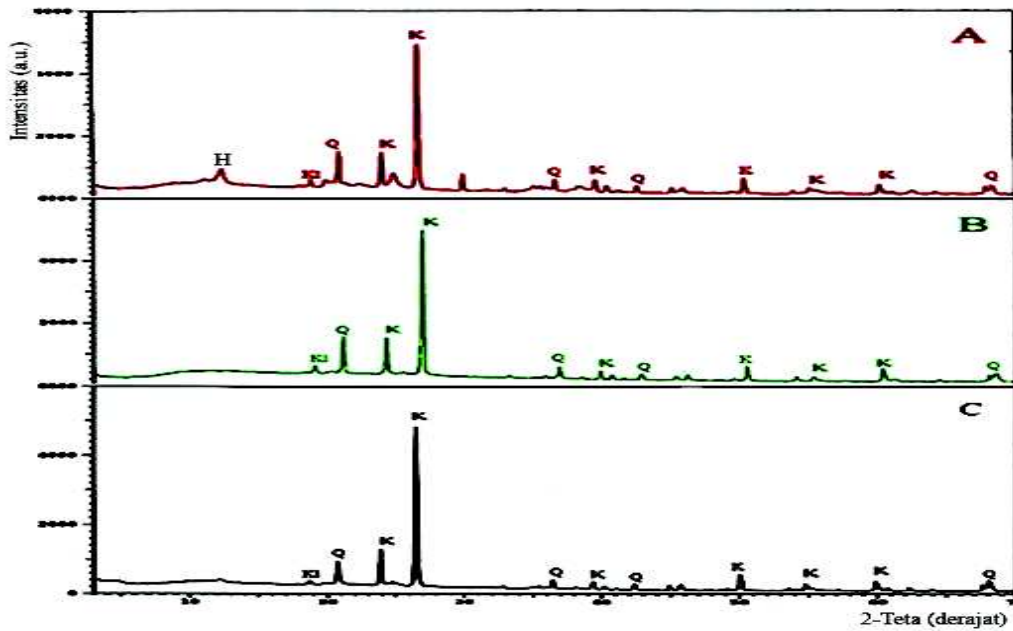
[1]Attia A.A., Khedr S.A., and Elkholy S.A., 2010, Adsorption Of Chromium Ion(VI) By Acid Activated Carbon, *Braz. J. Chem. Eng.*, 27(01): 183– 193.

- [2]Hu J., Wang S.W., Shao D.D., Dong Y.H., Li J.X., and Wang X.K., 2009, Adsorption and Reduction of Chromium(VI) from Aqueous Solution by Multiwalled Carbon Nanotubes, School of Chemical Engineering, China. *Environ. Poll. Toxic. J.*, (1):66-73.
- [3]Pandey P.K., Sharma S.K., and Sambi S.S., 2010, Kinetics and Equilibrium Study of Chromium Adsorption on ZeoliteNaX, University School of Chemical Technology, Guru Gobind Singh Indraprastha University, Delhi-110403, India, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7(2):395-404.
- [4]Hawley E.L., Rula A., Deeb, Kavanaugh M.C., and Jacobs J.R.G., 2004, *Treatment Technologies for Chromium(VI)*, CRC Press. LLC.
- [5]Grim R.E., 1953, *Clay Mineralogy*, McGraw-Hill, New York, 384.
- [6]Li Z. and Bowman R.S., 1997, Chromate Extraction from Surfactant-Modified Zeolite Surfaces, *J. Envir. Qual.*, 27: 1.
- [7]Sullivan, E.J., 1997, Topological and Thermal Properties of Surfactant-Modified Clinoptilolite Studied by Tapping-Mode-Atomic Force Microscopy and High-Resolution Thermogravimetric Analysis, *clays and clay min.*, 45(1): 42-53, Aiken, South Carolina.
- [8]Kumar P., Jadhaf P.D., Rayalu S.S., Devotta S., 2007, *Surface-modified Zeolite-A for Sequestration of Arsenic and Chromium Anions*, National and Environmental Engineering Research Institute. Nehru Marg. India.
- [9]Bajda, T., and Klapyta, Z., 2006, Sorption of Chromate by Clinoptilolite Modified with Alkylammonium Surfactants, *Mineralogia Polandia*, 37(2).
- [10]Vujakovic, A., Dakovic, A., Lemic, J., Mihajlovic, A., and Canovic, M.T., 2003, Adsorption of Inorganic Anionic Contaminants on Surfactant, Modified Minerals, Institute for the Technology of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Belgrade, Serbia and Montenegro, *J. Serb. Chem. Soc.*, 68(11): 833-841.
- [11]Jalaludin dan Jamaluddin T., 2005, Pemanfaatan Kaolin Sebagai Bahan Baku Pembuatan Aluminium Sulfat dengan Metode Adsorpsi, *indo. J. Sis. tekind.*, 6.
- [12]Sunardi, 2009, *Modifikasi Kaolin Alam Menggunakan Cetyltrimethylammoniumbromide dan Pemanfaatannya Sebagai Carrier material Untuk Asam Giberlin*, skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [13]Amer M.W., Khalili F.I., and Awwad A.M., 2010, Adsorption of Lead, Zinc and Cadmium Ions on Polyphosphate-Modified Kaolin Clay, *J. Environ. Chem. and Ecotoxicol.*, 2(1): 001-008.
- [14]Lee, S.Y., and Kim, S.J., 2002, Adsorption of Naphthalene by HDTMA Modified Kaolin and Halloysite, *Appl. Clay Sci.*, 22:55-63.
- [15]Eberl D.D., Drits V.A., Irodo J., and Nuesch R., 1996, Mudmaster: A Program for Calculating Crystallite Size Distributions and Strain from The Shapes of X-Ray Diffraction Peaks, *U.S. Geological Survey*, 96-171.
- [16]Demirbas E., Cobya M., Senturk E., Ozkan T., 2004, Adsorption Kinetic for The Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solution on the Activated Carbons Prepared from Agricultural Wastes., *Water SA*, 30(4): 533-540.
- [17]Lagergren, S., 1989, Zur Theorie der Sogenannten Adsorption Geloster Stoffe. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens, Handlingar*, 24:1-39.
- [18]Ho, Y.S., Mc Kay, G., Wase, DAJ, and Foster, CF., 2000, Study of Sorption of Divalent Metal Ions onto Peat, *Adsorp. Sci. technol.*, 18:639-650.
- [19]Santosa, S.J., dan Muzakky, 2002, *Kinetika adsorpsi Logam Berat (krom, tembaga dan uranium) oleh Magnetit dalam Tanah Gambut*, Laporan Penelitian Penelitian Dasar Tahun Anggaran 2002, Yogyakarta.

LAMPIRAN

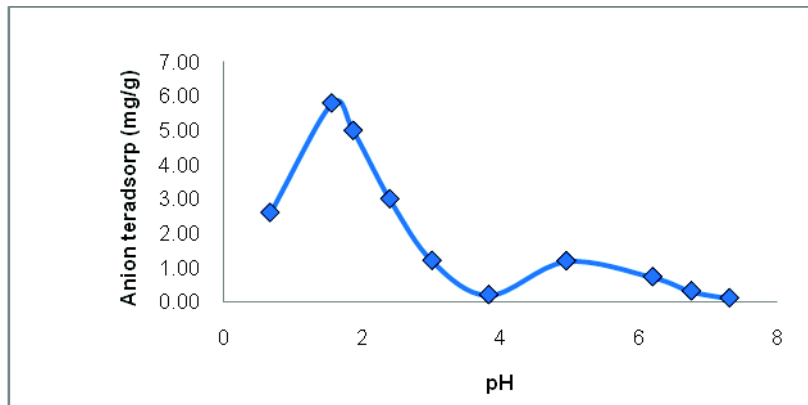


Gambar 1. Spektra IR dari kaolin alam(A), kaolin preparasi (B) dan kaolin-CTAB (C)

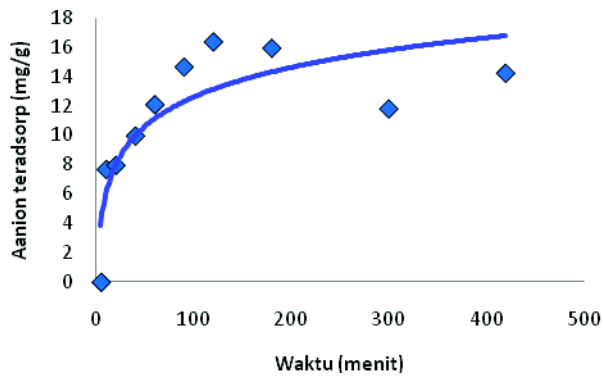


Gambar 2. Pola difraktogram kaolin alam (A), kaolin preparasi (B), dan kaolin-CTAB (C)

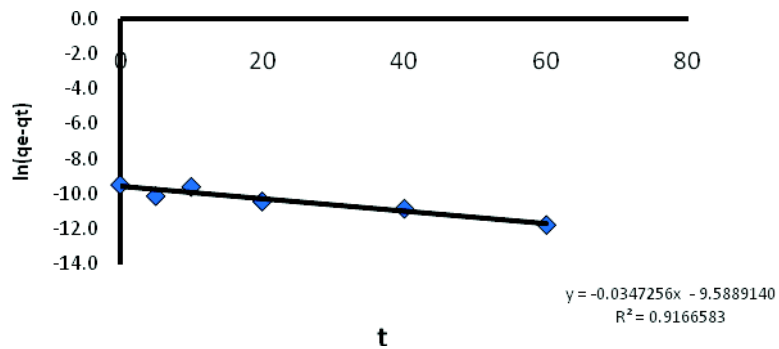




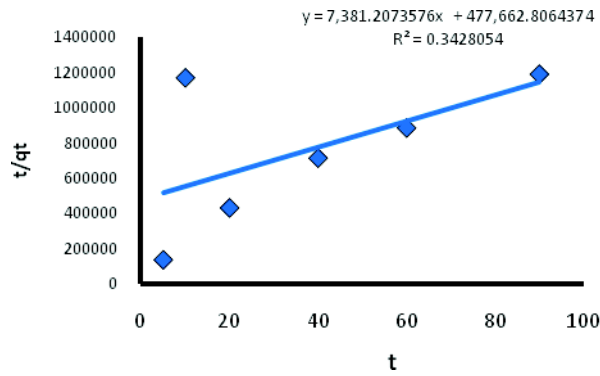
Gambar 3. Pengaruh pH medium terhadap adsorpsi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>



Gambar 4. Pola adsorpsi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> oleh kaolin-CTAB



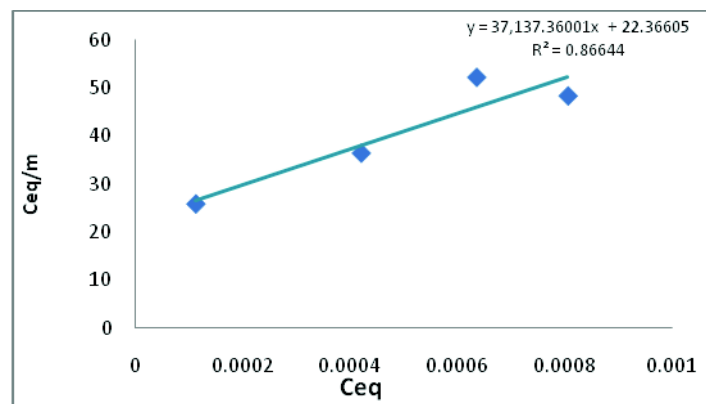
Gambar 5. Plot ln (qe-qt) lawan t pada adsorpsi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> oleh kaolin-CTAB



Gambar 6. Plot  $t/q_t$  lawan  $t$  pada adsorpsi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  oleh kaolin-CTAB

Tabel 1. Parameter kinetika Lagergren (1989) dan Ho *et al.* (2000)

| Anion                        | Lagergren (1989)                |       | Ho <i>et al.</i> , (2000) |       |
|------------------------------|---------------------------------|-------|---------------------------|-------|
|                              | $k_1$<br>(menit <sup>-1</sup> ) | $R^2$ | $k_2$<br>(g/mol<br>menit) | $R^2$ |
| $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | $3,473 \times 10^{-2}$          | 0,917 | 114,060                   | 0,343 |



Gambar 7. Plot dari  $C/m$  lawan  $C$  pada adsorpsi isothermal Langmuir

Tabel 2. Parameter adsorpsi isothermal Langmuir

| Anion                        | Parameter adsorpsi isothermal Langmuir |                           |                 |       |
|------------------------------|--|---------------------------|-----------------|-------|
|                              | $b$ (mmol/Kg)                          | $K$ (mol/L) <sup>-1</sup> | $E$<br>(kJ/mol) | $R^2$ |
| $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | 26,927                                 | 1660,434                  | 18,681          | 0,867 |