

ADSORPSI FENOL DENGAN HIDROTALSIT Mg/Al 4:1 TERMODIFIKASI *SODIUM DODECYLSULFATE* (SDS) *IN SITU* DAN *EX SITU*

¹ P. Kurniawati, ² B. Wiyantoko, ³ T.E. Purbaningias

^{1,2,3} Prodi DIII Analis Kimia Fakultas MIPA
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, Indonesia

email: puji_kurniawati@uui.ac.id

Abstrak

Hidrotalsit (HT) telah disintesis dengan menggunakan $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada pH $10 \pm 0,5$ dengan perbandingan molar Mg/Al adalah 4:1. Material tersebut dimodifikasi dengan *Sodium Dodecylsulfate* (SDS) dengan teknik sintesis *ex situ* dan *in situ* yang dinyatakan dengan HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ*. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan munculnya puncak spektra *infrared* yang tajam pada 2920, 2851 dan 1065 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus metil, metilen dan $-\text{OSO}_3^-$ pada HTDS. Karakterisasi XRD pada HT, HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ* menunjukkan pola difraktogram yang khas untuk material hidrotalsit. Adsorpsi fenol berlangsung optimum pada pH 3, 5 dan 3 untuk HT, HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ*. Ketiga adsorben juga mengikuti model kinetika adsorpsi pseudo orde dua dan model isoterm Langmuir. Kapasitas maksimum HT, HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ* masing-masing adalah 27,55; 17,64 dan 29,94 mg/g.

Kata kunci: adsorpsi, fenol, hidrotalsit, *sodium dodecylsulfate* (SDS)

Abstract

Hydrotalcite (HT) was synthesized using $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ at pH $10 \pm 0,5$ with a 4:1 molar perbandingan of Mg/Al. The subject was modified with Sodium Dodecylsulfate (SDS) using the *ex situ* and *in situ* technique, declared in HTDS *ex situ* and HTDS *in situ*. FTIR characterization result showed appearance of a sharp peak infrared spectra at 2920, 2851, and 1065 cm^{-1} , indicating a group of methyl, methylene, and $-\text{OSO}_3^-$ at HDTs. XRD characterization on HT, HTDS *ex situ* and *in situ* showed a distinct diffractogram pattern on the hydrotalcite subject. Phenol adsorption reached optimum in pH of 3, 5 and 3 for HT, HTDS *ex situ* and *in situ*. The three adsorbents also follow the model of kinetic adsorption pseudo second order model and the Langmuir isotherm model. Maximum capacity of HT, HTDS *ex situ* and *in situ* each are 27.55, 17.64 and 29.94 mg/g.

Keywords: hydrotalcite, sodium dodecylsulfate (SDS), adsorption, phenol

PENDAHULUAN

Keberadaan fenol dalam lingkungan, terutama perairan, dapat mengganggu ekosistem akuatik dan kesehatan manusia. Level toksisitas fenol dalam ikan antara 9–25 mg/L sedangkan dalam tubuh manusia antara 10–24 mg/L, level yang dapat menyebabkan kematian dalam darah manusia sekitar 150 mg/100 mL (Sunil & Jayant, 2013). Oleh karena itu, fenol perlu direduksi dari perairan untuk menjaga kualitas lingkungan. Salah satu metode

untuk mereduksi fenol dari perairan adalah adsorpsi.

Dalam perkembangan teknologi pengolahan air limbah, hidrotalsit banyak diaplikasikan sebagai adsorben logam berat seperti Pb(II) (Setshedi, Ren, Aoyi, & Onyango, 2012), Se(IV) (Yang, Shahrivari, Liu, Sahimi, & Tsotsis, 2005) dan Cr(VI) (Kurniawati, Wiyantoko, Kurniawan, & Purbaningias, 2014). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, hidrotalsit dapat mengikat kontaminan anionik dari air. Akan tetapi, material hidrotalsit kurang efektif

dalam mengikat senyawa organik bersifat hidrofobik (Hernandez, Fernandez, Borrás, Mostany, & Carrero, 2007). Untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi material hidrotalsit terhadap senyawa organik, perlu adanya modifikasi pada struktur hidrotalsit.

Penelitian Henous et al., (2013) menyatakan bahwa lignosulfonat (LS) dapat dirakit ke dalam lapisan lempung-organo menggunakan metode kopresipitasi. Material dipreparasi dengan menggunakan garam Zn dan Al dan ditambahkan polimer anionik *polyelectrolyte lignosulfonate sodium* ($C_{10}H_{12}O_5SNa$) pada pH $9,5 \pm 0,1$. Metode kopresipitasi yang sama juga digunakan untuk memodifikasi Mg:Al (2:1) dan Co:Al (2:1).

Metode sintesis hidrotalsit sangat menentukan sifat kristalinitas material yang dihasilkan. Metode kopresipitasi banyak digunakan untuk sintesis hidrotalsit karena mudah dan menggunakan rentang pH yang cukup lebar. Akan tetapi, pH sintesis sangat menentukan komposisi logam yang mendukung *layer* hidrotalsit. Pada sintesis Mg/Al hidrotalsit dengan perbandingan molar 2:1, komposisi logam pembentuk dapat sesuai jika disintesis pada pH lebih besar dari 10 (Wiyantoko, Kurniawati, Purbaningtiyas, & Fatimah, (2015); dan Kurniawati et al., (2014)). Penentuan metode sintesis sangat berpengaruh pada sifat dan morfologi material hidrotalsit yang dihasilkan. Modifikasi surfaktan pada hidrotalsit diharapkan dapat meningkatkan kinerjanya dalam mengadsorpsi senyawa-senyawa organik seperti fenol.

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas, alat-alat plastik, lumpang mortar, pengaduk magnetik (Thermolyne Cimarec 2), neraca analitik (AND GR-200), pompa vakum (Buchi Var-V 500), oven (Mettler), pH-meter (Horiba pH meter F-52), mikropipet (Eppendorf Research), dan furnace. Alat-alat analisis meliputi X-Ray Diffraction (XRD), spektrofotometer inframerah (Nicolet Avatar), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan spektrofotometer UV-Vis (Hitachi U-2010).

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ (Merck), $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (Merck), NaOH (Merck), Na_2CO_3 (Merck), $C_{12}H_{25}OSO_3Na$ (*sodium dodecyl sulfate*, SDS) (Merck), etanol 96% (Merck), fenol (Merck), akuabides serta kertas saring Whatman 42 (Whatman).

Sintesis Mg/Al Hidrotalsit

Sintesis material Mg/Al hidrotalsit pada penelitian ini menggunakan metode kopresipitasi yang mengacu pada penelitian Zhao, Yin, Zhao, & Liu (2003) dengan perbandingan Mg/Al dibuat variasi 4:1. Magnesium nitrat heksahidrat dan aluminium nitrat nonahidrat dilarutkan dalam akuabides dengan rasio Mg/Al sebesar 4:1 sebanyak 100 mL dengan konsentrasi larutan 1 M, larutan ini disebut larutan A. Selanjutnya dibuat larutan B yang terdiri dari larutan NaOH 2 M. Larutan A dan B dicampur tetes demi tetes hingga pH larutan $10 \pm 0,5$ dengan kecepatan penambahannya sebesar 4 mL/menit. Larutan kemudian *distirer* pada suhu ruang selama 3 jam. Larutan induk yang sudah tercampur dimasukkan dalam wadah teflon tertutup atau botol plastik PP dan *diaging* pada suhu $65^\circ C$ selama 4 hari. Setelah itu endapan disaring dan dicuci dengan akuabides serta dikeringkan pada suhu $65^\circ C$ selama 1 malam. Material yang diperoleh ditandai sebagai HT.

Sintesis SDS – Hidrotalsit secara *Ex Situ*

Modifikasi hidrotalsit dengan SDS secara *Ex Situ* mengacu pada penelitian Zhao & Nagy (2004). Sebanyak 50 mL SDS 0,1 M direaksikan dengan 1 gram HT yang telah disintesis sebelumnya. Campuran *distirer* selama 3 jam pada suhu ruang, kemudian dimasukkan ke dalam wadah teflon atau botol plastik PP tertutup dan direaksikan pada suhu $65^\circ C$ selama 2 hari. Campuran kemudian didinginkan dan didekantasi. Endapan yang diperoleh direaksikan lagi dengan 50 mL surfaktan 0,1 M pada wadah teflon atau botol plastik PP selama 2 hari pada $65^\circ C$. Endapan disaring dan dicuci dengan akuabides sebanyak 6 kali dan campuran etanol : akuabides 1:1 sebanyak 1 kali. Endapan yang sudah netral dikeringkan dalam oven pada suhu $65^\circ C$ selama 1 malam. Material Mg/Al Hidrotalsit

dengan perbandingan molar 4:1 yang termodifikasi surfaktan SDS ditandai sebagai HTDS *ex situ*.

Sintesis Surfaktan – Hidrotalsit secara *In Situ*

Magnesium nitrat heksahidrat dan aluminium nitrat nonahidrat dilarutkan dalam akuabides dengan perbandingan Mg/Al sebesar 4:1 sebanyak 100 mL dengan konsentrasi larutan 1 M, larutan ini disebut larutan C. Selanjutnya dibuat larutan D yang terdiri dari larutan NaOH 2 M dan surfaktan 0,1 M. Larutan D dimasukkan ke dalam larutan C tetes demi tetes hingga diperoleh perbandingan surfaktan : hidrotalsit = 12 mmol/g pada suhu ruang. Larutan kemudian *distirer* selama 1 hari dalam suhu ruang kemudian dimasukkan ke dalam wadah teflon atau botol plastik PP dan direaksikan kembali pada suhu 65°C selama 3 hari. Endapan disaring dan dicuci dengan akuabides sebanyak 6 kali dan campuran etanol : akuabides 1:1 sebanyak 1 kali. Endapan yang sudah netral dikeringkan dalam oven pada suhu 65 °C selama 1 malam. Material Mg/Al Hidrotalsit dengan perbandingan molar 4:1 yang termodifikasi surfaktan SDS ditandai sebagai HTDS *in situ*.

Proses Adsorpsi Fenol

Pengaruh variasi pH

Larutan fenol dengan konsentrasi awal yang sama dibuat padaberbagai variasi pH dengan menambahkan larutan HNO₃ 0,01 M dan NaOH 0,01 M. Sebanyak 10 mL larutan fenol pada berbagai pH tersebut dikontakkan dengan 20 mg adsorben. Campuran *dishaker* selama 24 jam pada suhu ruang. Campuran kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 42 dan corong *Buchner* sehingga dapat dipisahkan antara filtrat dan residu. Konsentrasi fenol yang masih tertinggal dalam filtrat dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

Pengaruh variasi waktu kontak

Material adsorben sebanyak 20 mg dikontakkan dengan 10 mL larutan fenol 100 ppm pada pH optimum. Campuran *dishaker* dengan variasi waktu 2, 5, 15, 30, 60, 90, 120, 180, 300 dan 360 menit. Campuran

kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 42 dan corong *Buchner* sehingga dapat dipisahkan antara filtrat dan residu. Konsentrasi fenol yang masih tertinggal dalam filtrat dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

Pengaruh Variasi Konsentrasi

Sebanyak 10 mg material adsorben dikontakkan dengan larutan fenol dengan berbagai variasi konsentrasi yang dibuat pada pH optimum. Campuran *dishaker* selama waktu optimum kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman 42 dan corong *Buchner* sehingga dapat dipisahkan antara filtrat dan residu. Konsentrasi fenol yang masih tertinggal dalam filtrat dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

Perhitungan

Prosentase adsorpsi fenol dengan menggunakan adsorben HT dan HTDS akan dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

C_o adalah konsentrasi awal (mg/L) dan C_e adalah konsentrasi akhir (mg/L). Selain itu, kapasitas adsorpsi fenol pada adsorben juga dapat dihitung dengan rumus:

$$q = \frac{V \times (C_o - C_e)}{m}$$

q adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), V adalah volume larutan fenol yang dikontakkan (mL), C_o adalah konsentrasi fenol awal (mg/L), C_e adalah konsentrasi fenol akhir (mg/L) dan m adalah massa adsorben hidrotalsit yang digunakan (g).

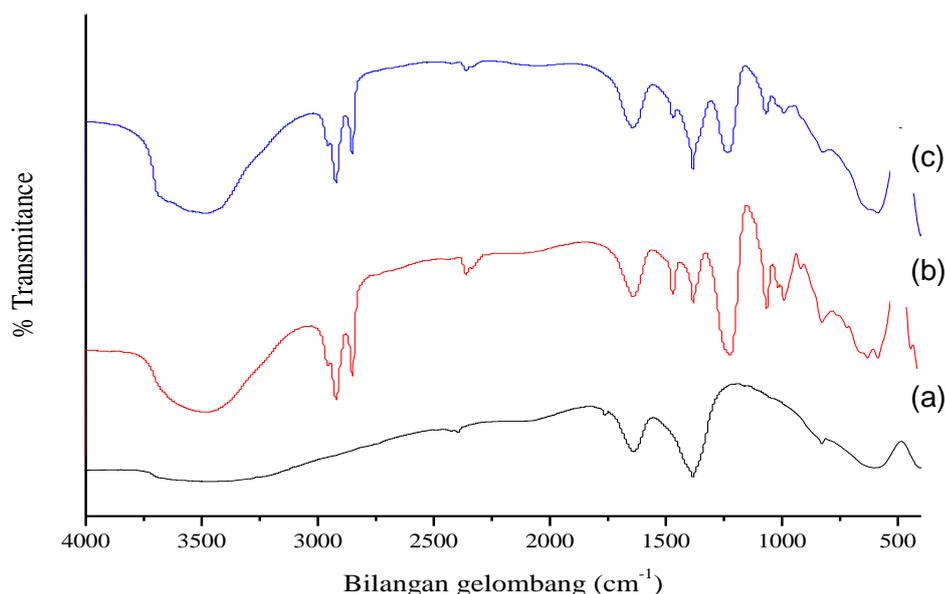
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Karakterisasi FTIR

Gugus fungsional penyusun material Mg/Al hidrotalsit 4:1 (HT) dan Mg/Al hidrotalsit 4:1 termodifikasi SDS (HTDS) baik sintesis secara *ex situ* dan *in situ* ditunjukkan dengan munculnya puncak-puncak spesifik seperti terlihat pada Gambar 1 dan Tabel 1. Molekul air pada permukaan dan *interlayer* material HT dan HTDS ditunjukkan dengan munculnya serapan vibrasi OH *stretching* pada daerah bilangan gelombang sekitar 3400 cm⁻¹. Serapan yang teramati sekitar 1600-1700 cm⁻¹ merupakan

vibrasi O-H *bending* dari molekul air antar lapisan. Puncak pada bilangan gelombang sekitar 1380 cm^{-1} yang tajam menunjukkan adanya ion nitrat (NO_3^-) yang mengisi *interlayer*. Vibrasi logam oksida Mg-O-Al juga muncul pada hasil analisis untuk material HT dan HTDS seperti pada Tabel 1. Karakterisasi ini sesuai dengan hasil yang dilakukan oleh Sharma, Kushwaha,

Srivastava, Bhatt, & Jasra (2007); Mokhtar, Saleh, & Basahel (2012); Wiyantoko et al. (2015) dan Kurniawati et al. (2014). Adanya surfaktan *Sodium Dodecylsulfate* (SDS) pada HTDS dapat dibuktikan dengan munculnya puncak spektra *infrared* yang tajam pada 2920 , 2851 dan 1065 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus metil, metilen dan $-\text{OSO}_3^-$.



Gambar 1 Spektra FTIR: (a) HT; (b) HTDS *ex situ* dan (c) HTDS *in situ*

Tabel 1 Serapan IR Karakteristik HT dan HTS

Serapan karakteristik	Bilangan gelombang (cm^{-1})		
	HT 4:1	HTSD <i>ex situ</i>	HTSD <i>in situ</i>
Vibrasi OH <i>stretching</i>	3483	3484	3484
-CH ₃ <i>stretching</i>	-	2920	2921
-CH ₂ - <i>stretching</i>	-	2852	2853
Vibrasi OH <i>bending</i>	1637	1641	1640
Serapan vibrasi $\text{CO}_3^{2-}/\text{NO}_3^-$	1383	1381	1383
-OSO ₃ ⁻ <i>stretching</i>	-	1067	1069
Translasi Al-OH	828	828	822
Vibrasi $\text{CO}_3^{2-} / \text{NO}_3^-$	600	630	688
Vibrasi logam oksida Mg-O-Al	448	445	447

Gambar 1 juga menunjukkan perbedaan puncak-puncak yang muncul dengan adanya modifikasi SDS pada struktur Mg/Al hidrotalsit 4:1. Modifikasi surfaktan SDS menyebabkan puncak pada daerah 630 dan 440 cm^{-1} semakin tajam dan puncak-puncak pada 2300 cm^{-1}

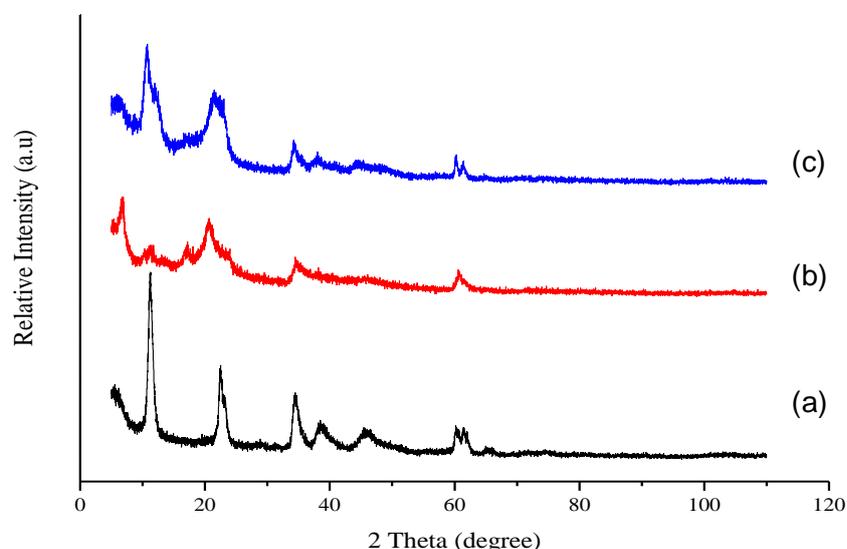
intensitasnya semakin kecil. Hal tersebut terjadi karena ada interaksi antara molekul SDS dengan Mg/Al hidrotalsit 4:1.

Hasil Karakterisasi XRD

Gambar 2 menunjukkan bahwa difraktogram tersebut memperlihatkan pola difraksi yang sangat khas untuk struktur

hidrotalsit. Difraktogram HT dan HTDS menunjukkan pola yang sama dengan adanya puncak tajam dan simetris pada sudut 2θ kecil dan puncak lebar dan asimetris pada sudut 2θ besar. Hasil analisis pada HT menunjukkan nilai *basal spacing* $d_{003} = 8,01\text{\AA}$; $d_{006} = 3,95\text{\AA}$ dan $d_{009} = 2,61\text{\AA}$ yang masing-masing ditunjukkan oleh 2θ dengan 11,033; 22,516 dan 34,286. Difraktogram HTDS *ex situ* menunjukkan nilai *basal spacing* $d_{003} = 8,63\text{\AA}$; $d_{006} = 3,71\text{\AA}$ dan $d_{009} = 2,59\text{\AA}$ yang masing-masing ditunjukkan oleh 2θ dengan 10,243; 23,976 dan 34,587. Difraktogram HTDS *in situ* menunjukkan nilai *basal spacing* $d_{003} = 8,34\text{\AA}$; $d_{006} = 3,83\text{\AA}$ dan $d_{009} = 2,61\text{\AA}$ yang masing-masing ditunjukkan oleh 2θ dengan 10,607; 23,194 dan 34,248. Difraktogram HT dan HTDS hampir sama dengan puncak-

puncak HTDS lebih tinggi dan lebih lebar dibandingkan puncak HT. Hal tersebut menunjukkan adanya anion surfaktan pada *interlayer* material HTDS. Pergeseran puncak HTDS yang tidak terlalu besar dibandingkan dengan HT menunjukkan bahwa anion $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3^-$ yang tersusun pada *interlayer* material Mg/Al hidrotalsit tersusun secara rapat dan *flat*. Pola difraktogram Mg/Al hidrotalsit dengan perbandingan molar 4:1 (HT) memiliki kemiripan dengan difraktogram hasil sintesis Sharma, Kushwaha, Srivastava, Bhatt, & Jasra (2007); Mokhtar et al. (2012); Wiyantoko et al. (2015) dan Kurniawati et al. (2014). Pola difraktogram HT yang mirip dengan HTDS memiliki kesamaan dengan hasil analisis Tao et al. (2009) dan Zhu et al., (2008).



Gambar 2. Difraktogram Mg/Al Hidrotalsit 4:1 (a) HT; (b) HTDS *ex situ* dan (c) HTDS *in situ*

Karakterisasi SEM-EDX

Hasil SEM menunjukkan bahwa material Mg/Al hidrotalsit terbentuk dari nanopartikel yang terakumulasi menjadi agregat-agregat. Produk akhir sintesis pada penelitian ini menghasilkan $\gamma\text{-AlOOH} + \text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}\text{NO}_3/\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}\text{HCO}_3$, seperti yang dilaporkan oleh (Wang et al., 2012) berdasarkan hasil investigasinya. Senyawa awal yang terbentuk adalah $\gamma\text{-AlOOH}$ sebagai hasil proses presipitasi, selanjutnya kation Mg^{2+} beserta anion NO_3^- atau HCO_3^-

bereaksi dengan $\gamma\text{-AlOOH}$ membentuk $\text{Mg}_x\text{Al}_{1-x}\text{NO}_3/\text{HCO}_3^-$. Hasil morfologi ini sejalan dengan pola difraksi sinar-X dan spektra inframerah yang menunjukkan bahwa anion penyeimbang antar lapisan adalah NO_3^- dan $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$.

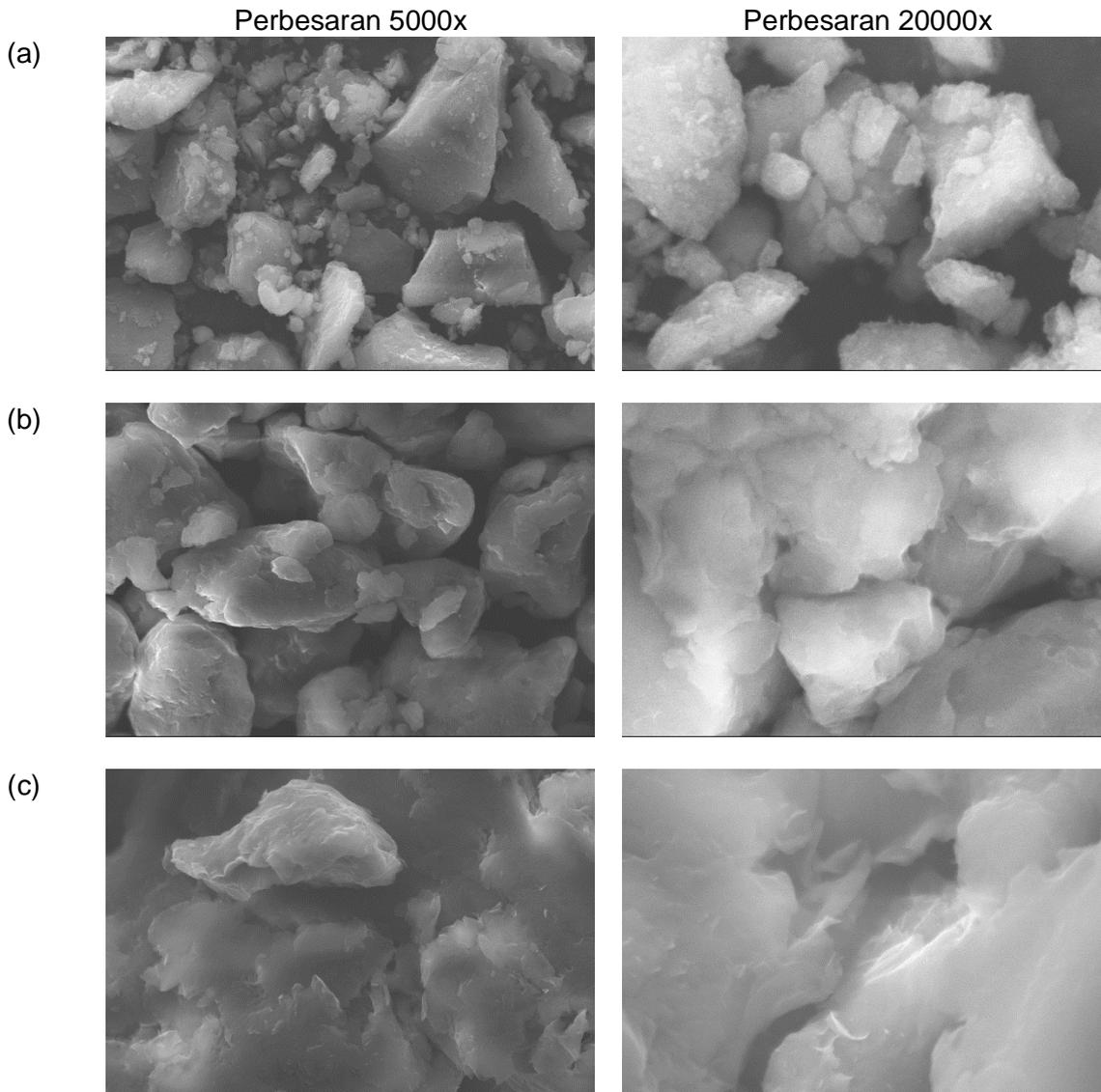
Komposisi unsur-unsur penyusun pada material Mg/Al hidrotalsit secara kopresipitasi ditampilkan pada Tabel 2. Hasil analisis memperlihatkan bahwa rasio perbandingan kandungan magnesium dan aluminium (Mg/Al) dalam produk akhir lebih

rendah dari nilai teoritis yaitu 4,00. Komposisi perbandingan Mg/Al masing-masing produk sintesis pada material HT; HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ* masing-masing adalah 3,20; 3,07 dan 3,59. Parameter pH menjadi salah satu faktor penentu ketercapaian produk akhir sintesis sehingga pada penelitian ini unsur Mg dan Al

belum sepenuhnya mengendap membentuk $Mg(OH)_2$ dan $Al(OH)_3$ dan menjadi $Mg Al-HCO_3^-/NO_3^-$. Pada material HT, masih terdapat unsur Na dan C yang terdeteksi sebagai hasil proses pencucian yang belum sempurna serta suhu dan waktu pemanasan yang perlu dioptimalkan.

Tabel 2 Hasil analisis unsur menggunakan EDX

Unsur (% berat)	HT	HTDS <i>ex situ</i>	HTDS <i>in situ</i>
Mg	16,07	12,19	17,03
Al	5,02	3,97	4,74
Na	0,27	0,29	0,34
C	13,18	21,72	14,90
O	64,47	55,67	58,49
S	-	6,16	4,51

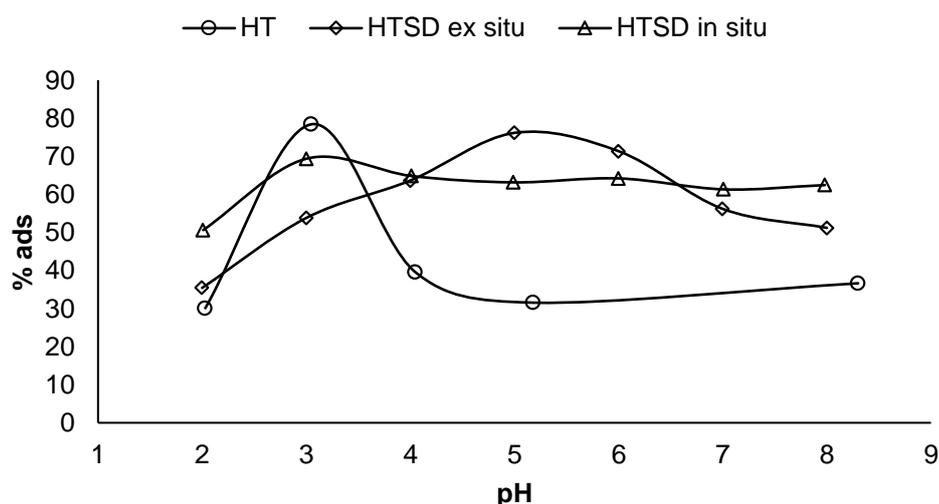


Gambar 1. Morfologi Mg/Al hidrotalsit (a) HT; (b) HTDS *ex situ*; dan (c) HTDS *in situ*

Pengaruh Variasi pH

Pengaruh pH lingkungan pada adsorpsi fenol dengan menggunakan HT dan HTS dapat dilihat pada Gambar 4. pH optimum adsorpsi fenol dengan menggunakan HT, HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ* masing-masing adalah 3, 5, dan 3. Pada pH lingkungan di bawah 3 keberadaan anion fenolik lebih banyak untuk dipertukarkan dengan anion-anion yang berada pada antar lapisan HT dan HTDS,

tetapi struktur hidrotalsit mulai mengalami kerusakan sehingga proses adsorpsi tidak berlangsung optimum. Hal tersebut ditunjukkan dengan kemiripan pola adsorpsi pada HT dan HTDS seperti pada Gambar 4. Kapasitas adsorpsi fenol pada HTDS lebih besar dibandingkan HT karena gugus hidrofobik surfaktan yang ada pada struktur hidrotalsit dapat membentuk ikatan Van der Waals dengan fenol yang ada pada larutan.

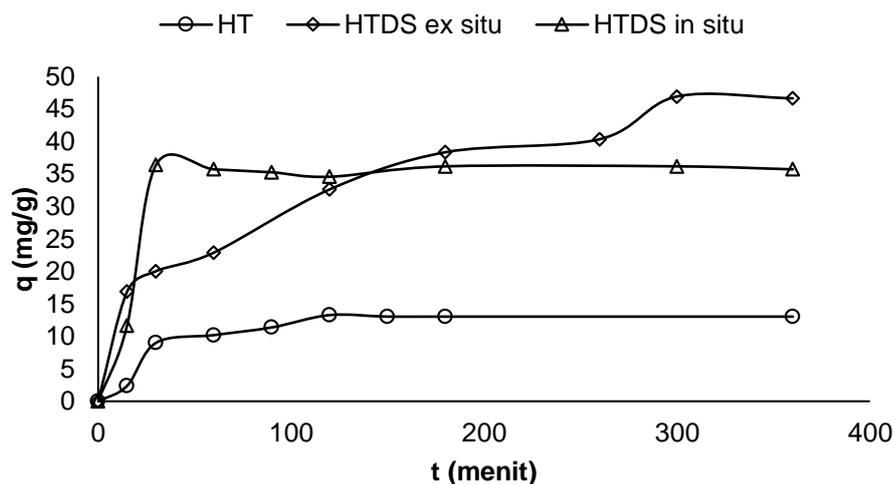


Gambar 4 Pengaruh pH pada Adsorpsi Fenol Menggunakan HT dan HTDS

Pengaruh Variasi Waktu Kontak

Kapasitas adsorpsi fenol dengan menggunakan HT naik secara signifikan pada 30 menit pertama kemudian mencapai ekuilibrium pada 120 menit. Kenaikan kapasitas adsorpsi fenol pada HTDS *ex situ* mengalami kenaikan secara bertahap sampai mencapai ekuilibrium saat 300 menit. Material HTDS *in situ* juga mengalami kenaikan yang signifikan pada waktu kontak 180 menit dan selanjutnya mencapai

kesetimbangan pada 300 menit. Akan tetapi, kapasitas adsorpsi fenol dengan menggunakan HTDS yang disintesis secara *ex situ* dan *in situ* jauh lebih tinggi dibandingkan dengan HT seperti terlihat pada Gambar 5. Hasil studi model kinetika adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 3. Ketiga adsorben mengikuti model kinetika pseudo orde dua yang ditandai dengan harga koefisien determinasi (R^2) yang paling besar pada persamaan linear.



Gambar 5 Pengaruh Variasi Waktu Kontak Pada Adsorpsi Fenol dengan Menggunakan HT dan HTDS

Tabel 3 Model Kinetika Adsorpsi Fenol dengan Menggunakan HT dan HTDS

Adsorben	Model Adsorpsi	K		R ²
HT	Orde satu	$4,01 \cdot 10^{-4}$	min ⁻¹	0,415
	Orde dua	$4,31 \cdot 10^{-1}$	mM ⁻¹ ·min ⁻¹	0,431
	Pseudo orde satu	$2,21 \cdot 10^{-2}$	min ⁻¹	0,882
	Pseudo orde dua	$1,07 \cdot 10^{-4}$	mM ⁻¹ ·min ⁻¹	0,964
HTDS <i>ex situ</i>	Orde satu	$9,63 \cdot 10^{-1}$	min ⁻¹	0,963
	Orde dua	$9,66 \cdot 10^{-1}$	mM ⁻¹ ·min ⁻¹	0,966
	Pseudo orde satu	$6,91 \cdot 10^{-3}$	min ⁻¹	0,979
	Pseudo orde dua	$1,73 \cdot 10^{-5}$	mM ⁻¹ ·min ⁻¹	0,993
HTDS <i>in situ</i>	Orde satu	$4,00 \cdot 10^{-4}$	min ⁻¹	0,177
	Orde dua	$1,78 \cdot 10^{-1}$	mM ⁻¹ ·min ⁻¹	0,178
	Pseudo orde satu	$2,49 \cdot 10^{-2}$	min ⁻¹	0,409
	Pseudo orde dua	$1,38 \cdot 10^{-4}$	mM ⁻¹ ·min ⁻¹	0,979

Pengaruh Variasi Konsentrasi

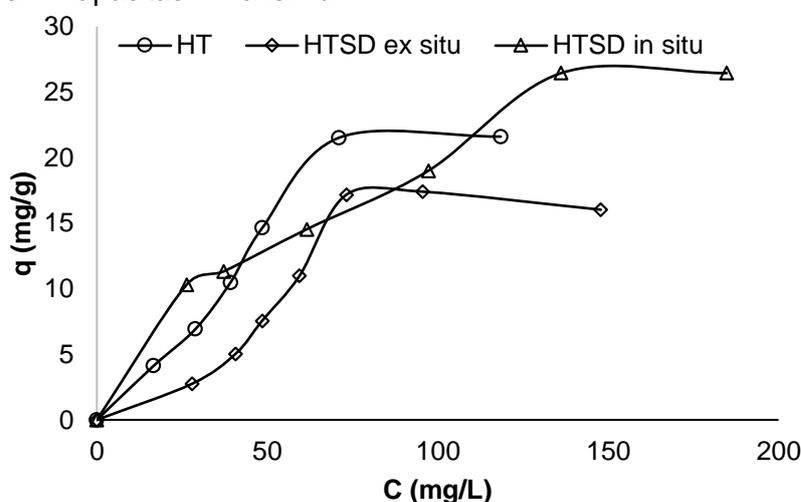
Pengaruh variasi konsentrasi fenol pada adsorpsi dengan menggunakan HT dan HTDS dapat dilihat pada Gambar 6. Kapasitas adsorpsi fenol dengan menggunakan HT meningkat mulai pada 15 ppm sampai mencapai ekuilibrium pada 70 ppm. Material HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ* memiliki kemiripan pada variasi konsentrasi fenol sebagai adsorbat dimana terjadi kenaikan yang signifikan sampai konsentrasi 80 ppm dan mencapai kesetimbangan masing-masing pada konsentrasi 75 dan 120 ppm. Kajian terhadap pengaruh variasi konsentrasi fenol terhadap kapasitas

adsorpsi HT dan HTDS dilakukan dengan menguji model isoterm Langmuir dan Freundlich yang persamaannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan data pada Tabel 4, dapat dinyatakan bahwa adsorpsi fenol oleh HT, HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ* sesuai dengan kajian isoterm Langmuir yang ditandai dengan koefisien determinasi yang lebih tinggi dibandingkan lainnya. Hal tersebut menyatakan bahwa adsorpsi fenol dengan HTDS menunjukkan bahwa molekul adsorbat tidak berinteraksi satu dengan lainnya, semua adsorpsi berlangsung dengan mekanisme yang sama dan

adsorpsi hanya berlangsung monolapis. Mekanisme adsorpsi fenol dengan HTDS dapat berlangsung karena adanya pertukaran ion antara anion fenolik dengan anion-anion yang ada di antar lapisan hidrotalsit. Selain itu, surfaktan yang melapisi permukaan hidrotalsit dapat mengikat fenol dengan menggunakan gaya Van der Waals. Kapasitas maksimum

adsorpsi pada HTDS *ex situ* paling kecil dibandingkan dengan HT dan HTDS *in situ*. Kapasitas maksimum adsorpsi pada HTDS *in situ* lebih tinggi dibandingkan dengan HT karena terjadi ikatan antara gugus hidrofobik SDS dengan fenol, disamping adanya pertukaran anion yang ada pada antar lapisan material hidrotalsit.



Gambar 6. Pengaruh Variasi Konsentrasi Fenol dengan Menggunakan HT dan HTDS

Tabel 4. Hasil Perhitungan Isoterm

Adsorben	Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
	K_L (L/mol)	q_{maks} (mg/g)	R^2	K_F (mg/g)	n	R^2
HT	$2,78 \cdot 10^{-2}$	27,55	0,890	1,166	1,04	0,524
HTDS <i>ex situ</i>	$1,10 \cdot 10^{-1}$	17,64	0,926	2,034	2,99	0,885
HTDS <i>in situ</i>	$4,37 \cdot 10^{-1}$	29,94	0,883	1,925	1,01	0,574

SIMPULAN

Material Mg/Al hidrotalsit dengan perbandingan molar 4:1 telah berhasil dimodifikasi dengan menggunakan *Sodium Dodecylsulfate* (SDS) dengan cara sintesis *ex situ* dan *in situ*. Hal tersebut dibuktikan dengan karakterisasi FTIR dan XRD. Hasil adsorpsi fenol dengan material HT, HTDS *ex situ* dan HTDS *in situ* mengikuti model kinetika pseudo orde dua dan model isoterm Langmuir.

SARAN

Berdasarkan penelitian ini, perlu dilakukan optimasi sintesis sehingga diperoleh perbandingan Mg/Al dalam

hidrotalsit yang sesuai. Optimasi tersebut dapat berupa pH sintesis atau suhu *aging*. Perlu juga dilakukan modifikasi dengan menggunakan jenis surfaktan yang lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti berterima kasih karena penelitian ini didukung oleh Hibah AIPT UII.

DAFTAR PUSTKA

Henous, M., Derrice, Z., Privas, E., Navard, P., Verney, V., & Leroux, F. (2013). Lignosulfonate interleaved layered double hydrotalsite: A novel green organoclay for bio-related polymer. *Applied Clay Science*, 71, 42–48.

- Hernandez, M., Fernandez, L., Borrás, C., Mostany, J., & Carrero, H. (2007). Characterization of surfactant/hydrotalcite-like clay/glassy carbon modified electrodes: Oxidation of phenol. *Analytica Chimica Acta*, 597, 245–256.
- Kurniawati, P., Wiyantoko, B., Kurniawan, A., & Purbaningtias, T. E. (2014). Kinetic Study of Cr(VI) Adsorption on Hydrotalcite Mg/Al with Molar Ratio 2:1. *Eksakta*, 13(1–2), 11–21.
- Mokhtar, M., Saleh, T. S., & Basahel, S. N. (2012). Mg-Al Hydrotalcites As Efficient Catalysts for Aza-Michael Addition Reaction: A Green Protocol. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 353–354.
- Setshedi, K., Ren, J., Aoyi, O., & Onyango, M. S. (2012). Removal of Pb(II) from aqueous solution using hydrotalcite-like nanostructured material. *International Journal of the Physical Sciences*, 7(1), 63–72. <https://doi.org/10.5897/IJPS11.1331>
- Sharma, S. K., Kushwaha, P. K., Srivastava, V. K., Bhatt, S. D., & Jasra, R. V. (2007). Effect of Hydrothermal Conditions on Structural and Textural Properties of Synthetic Hydrotalcites of Varying Mg/Al Molar Ratio. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 46, 4856–4865.
- Sunil, K., & Jayant, K. (2013). Adsorption for Phenol Removal-A Review. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 1(2), 88–96.
- Tao, Q., Yuan, J., Frost, R. L., He, H., Yuan, P., & Zhu, J. (2009). Effect of surfactant concentration on the stacking modes of organo-silylated layered double hydroxides. *Applied Clay Science*, 45.
- Wang, Q., Tay, H. H., Guo, Z., Chen, L., Liu, Y., Chang, J., ... Borgna, A. (2012). Morphology and composition controllable synthesis of Mg-Al-CO₃ hydrotalcites by tuning the synthesis pH and the CO₂ capture capacity. *Applied Clay Science*, 55, 18–26.
- Wiyantoko, B., Kurniawati, P., Purbaningtias, T. E., & Fatimah, I. (2015). Synthesis and Characterization of Hydrotalcite at Different Mg/AL Molar Ratios. *Procedia Chemistry*, 17, 21–26.
- Yang, L., Shahrivari, Z., Liu, P. K. T., Sahimi, M., & Tsotsis, T. T. (2005). Removal of Trace Levels of Arsenic and Selenium from Aqueous Solutions by Calcinated and Uncalcinated Layered Double Hydroxides. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44, 6804–6815.
- Zhao, H., & Nagy, K. L. (2004). Dodecyl sulfate-hydrotalcite nanocomposites for trapping chlorinated organic pollutants in water. *Journal of Colloid and Interface Science*, 274, 613–624.
- Zhao, R., Yin, C., Zhao, H., & Liu, C. (2003). Synthesis, Characterization, and Application of Hydrotalcites in Hydrodesulfurization of FCC Gasoline, Fuel Processing Technology. *Fuel Processing Technology*, 81, 201–209.
- Zhu, J., Yuan, P., He, H., Frost, R. L., Tao, Q., Shen, W., & Bostrom, T. (2008). In situ synthesis of surfactant/silane-modified hydrotalcites. *Journal of Colloid and Interface Science*, 319, 498–504.