
STUDI PENDAHULUAN PEMANFAATAN LIMBAH DESALINASI UNTUK PEMBUATAN Mg/Al *HYDROTALCITE-LIKE* SEBAGAI ADSORBEN *METHYL ORANGE*

Eddy Herald^{1)*}, Dian Prasasti^{2)**}, Karna Wijaya^{2)***}, Sri Juari Santosa^{2)****} dan Triyono^{2)*****}

¹⁾ Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sebelas Maret University, Surakarta, Indonesia;

²⁾ Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia.

Email: *eheraldy@gmail.com; **dianprasasti@gmail.com; ***karna_ugm@yahoo.com; ****sjuari@yahoo.com; *****triyon02@yahoo.com

Abstract

The utilization of industrial wastewater into a versatile material that has been the focus of research for economics reasons, environmental and technical. One of the proposed industrial wastewater for a new useful material is wastewater from the desalination process which is also known as brine water. The magnesium content in brine water is able to used as a source of magnesium for the synthesis of Mg/Al hydrotalcite-like compound (Mg/Al HTlc). Mg/Al HTlc are widely investigated for their potential applications in research and industrial processes as adsorbents, catalysts and /or catalyst precursors and pharmaceutical industry excipients. As adsorbents, Mg/Al HTlc are receiving greater interests in the environmental community due to their high adsorption capacity. However, before using natural brine water, has conducted a preliminary study the synthesis of Mg/Al HTlc by using artificial brine water as a model of desalination wastewater. The objective of this research is to synthesis of Mg/Al HTlc from artificial brine water and its ability tested as a methyl orange (MO) adsorbents. The research initiated with the synthesis of Mg/Al HTlc from artificial brine water. Characterization of the Mg/Al HTlc synthesized was confirmed through X-ray Diffraction and FT-IR Spectroscopy. The determination of optimum acidity, adsorption rate, and energy and capacity adsorption were studied. The result showed that pH 3 was the optimum acidity for the adsorption of MO on Mg/Al HTlc. MO was adsorbed at first order adsorption rate of $7.30 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ on the Mg/Al HTlc, the adsorption capacity and adsorption energy were $4.36 \times 10^{-5} \text{ mol g}^{-1}$ and $27.54 \text{ kJ mol}^{-1}$, respectively. From the preparatory process and the synthesis of Mg/Al HTlc by using artificial brine water to provide the information that the byproduct of desalination processes (brine water) which are believed to be used for the synthesis of Mg / Al HTlc.

Keywords: wastewater, desalination, Mg/Al hydrotalcite-like, artificial brine water, adsorption, methyl orange

1. Pendahuluan

Saat ini, para peneliti di seluruh dunia memusatkan perhatiannya tentang bagaimana caranya memanfaatkan limbah industri sebagai sumber bahan baku untuk industri. Pemanfaatan tersebut tidak hanya berdampak secara ekonomis, namun juga untuk pengendalian polusi terhadap lingkungan (Aigbodion *et al.*, 2010).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah salah satu industri terbesar yang ada di dunia. Untuk memenuhi kebutuhan air proses (*service water*) dan demin water yang relatif besar, hampir semua PLTU di bangun di pinggir laut dengan menyediakan unit desalinasi (*desalination plant*). Begitu pula dengan PLTU Tanjung Jati B yang lokasinya terletak di tepi Laut Jawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Sebagai

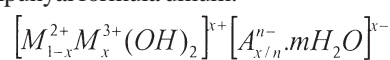
salah satu PLTU di Indonesia dengan daya terpasang 2×660 MW, PLTU Tanjung Jati B telah menyediakan suatu unit proses desalinasi (*desalination*) air laut. Dalam proses desalinasinya, hanya 40% air laut dapat diubah menjadi air bersih, sementara sebanyak 60% yang disebut dengan *brine water* dikembalikan lagi ke laut sebagai limbah. Dengan kata lain, bila satu unit proses desalinasi membutuhkan air laut sebanyak $350 \text{ m}^3/\text{jam}$, maka $200 \text{ m}^3/\text{jam}$ *brine water* yang telah mengandung logam alkali dan alkali tanah dalam konsentrasi yang tinggi dibuang begitu saja (Herald et al., 2010). Dalam proses desalinasi, komposisi kimia air laut (sebelum desalinasi) dan komposisi *brine water* (sesudah desalinasi) adalah sama, perbedaannya hanya pada konsentrasi dari komposisi kimia air laut dan *brine water*. Contoh hasil analisis komposisi dan konsentrasi air laut dan *brine water* hasil desalinasi air laut berturut-turut adalah natrium (Na^+) 16.200 mg L^{-1} , 27.054 mg L^{-1} ; klorida (Cl^-) 31.800 mg L^{-1} , 53.106 mg L^{-1} ; magnesium (Mg^{2+}) 5.395 mg L^{-1} , 9.010 mg L^{-1} ; kalsium (Ca^{2+}) 1.205 mg L^{-1} , 2.012 mg L^{-1} ; sulfat (SO_4^{2-}) 2.600 mg L^{-1} , 4.342 mg L^{-1} ; Kalium (K^+) 396 mg L^{-1} , 661 mg L^{-1} .

Sampai saat ini, usaha pemanfaatan kandungan logam alkali tanah berkonsentrasi tinggi yang terdapat dalam *brine water* belum banyak dilakukan. Sementara, pengembangan adsorben untuk mengurangi kontaminan dalam air adalah topik penelitian yang sangat menarik sehingga meningkatkan perhatian dan animo banyak para peneliti.

Salah satu kontaminan dalam air adalah limbah cair industri tekstil. Limbah cair industri tekstil dengan warnanya yang pekat, kandungan padatan tersuspensinya yang tinggi serta kandungan garam dan organik terlarutnya dapat mempengaruhi sifat-sifat psiko-kimia air. Beberapa polutan dari zat warna tidak hanya menyebabkan efek estetika, tapi berwarnanya air akibat adanya zat warna dalam air dapat mempengaruhi penetrasi sinar matahari sehingga dapat berpengaruh terhadap ekosistem perairan. Oleh karena itu, penghilangan zat warna dari limbah zat warna dalam perairan adalah salah satu perhatian utama banyak peneliti untuk mengatasi masalah lingkungan perairan. Adsorpsi adalah satu cara yang efektif untuk menghilangkan zat warna yang ada dalam perairan (Ni et al., 2007). Adsorben yang telah dikenal luas untuk proses pengolahan limbah cair adalah karbon aktif (Faria et al., 2004). Namun dalam operasionalnya, adsorpsi

dengan karbon aktif sangat mahal dan sulit untuk proses regenerasinya. Selain itu, kestabilan karbon aktif secara mekanis dapat semakin berkurang serta merupakan adsorben yang non-selektif (Ilisz et al., 2002). Oleh karena itu, beberapa penelitian untuk mencari adsorben yang efektif dan murah telah dilakukan oleh peneliti seperti Meshko dan kelompok penelitiannya menggunakan zeolit alam (Meshko et al., 2001), Janos bersama dengan koleganya menggunakan *fly ash* (Janos et al., 2003) dan Wang beserta rekannya menggunakan *montmorillonite* (Wang et al., 2004). Akan tetapi, adsorben dari material seperti tersebut di atas masih memiliki kapasitas adsorpsi yang rendah.

Saat ini, adsorben yang banyak dikembangkan dan diteliti adalah senyawa Mg/Al *hydrotalcite* (HT) atau Mg/Al *hydrotalcite-like compound* (HTlc) yang dikenal juga sebagai Mg/Al *layered double hydroxides* (LDH) atau lempung anionik (Cavani et al., 1991; He et al., 2006; Michalik et al., 2008). Mg/Al HTlc adalah kelompok dari senyawa dengan struktur berlapis yang mempunyai lapisan berstruktur dari campuran hidroksida logam dengan muatan positif permanen akibat adanya substitusi isomorfik dengan anion penyeimbang pada daerah antar-lapisnya. Baik yang natural maupun sintesis, senyawa yang serupa HT (*hydrotalcite-like*) mempunyai formula umum:



di mana M adalah logam-logam bervalensi dua (Mg, Ni, Zn, Cu, ...) dan logam bervalensi tiga (Al, Ga, Cr, Fe, ...) serta A^{n-} adalah anion valensi n (CO_3^{2-} , OH^- , Cl^- , SO_4^{2-}) dan x bernilai antara 0,20 - 0,33 (Cavani et al., 1991; de Roy et al., 1992). Sebagai adsorben, Mg/Al HTlc banyak menarik komunitas lingkungan karena memiliki luas permukaan yang besar dan memiliki efek sinergis antar lapisan (Orthman et al., 2003), dapat disintesis dengan mudah melalui metode kopresipitasi (Zhu et al., 2005) serta potensial sebagai material untuk pembersihan dan remediasi lingkungan (You, 2002). Hingga kini, perilaku adsorpsi Mg/Al HTlc telah banyak menarik minat peneliti (Crepaldi et al., 2002; Herald, 2006; 2007). Akan tetapi, masih sedikit literatur yang tersedia membicarakan interaksi antara Mg/Al HTlc dengan *methyl orange* dalam sistem larutan.

Mengingat belum adanya pemanfaatan *brine water* yang telah mengandung logam magnesium dalam konsentrasi tinggi ini serta melihat potensi

senyawa HTlc yang sangat baik sebagai adsorben, maka penelitian sintesis senyawa *hydrotalcite-like* berbasis dasar magnesium dari *brine water* hasil samping proses desalinasi di PLTU menarik dan penting untuk dilakukan. Hal ini sejalan dengan kebijakan pemerintah dalam hal pengelolaan limbah, yaitu 3R: *recycle, reuse, dan recovery*. Akan tetapi, sebelum menggunakan *brine water* yang asli, dalam penelitian ini digunakan *brine water* tiruan terlebih dahulu untuk pembuatan Mg/Al HTlc yang kemudian diuji kemampuannya sebagai adsorben untuk menyerap zat warna *methyl orange* dalam larutan. Pembuatan Mg/Al HTlc dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi seperti yang telah digunakan oleh Kameda dan koleganya (Kameda *et al.*, 2000; 2002) ketika membuat Mg/Al HTlc dari air laut tiruan dengan beberapa modifikasi sesuai dengan keadaan sampel *brine water* yang diperoleh dan menjadi acuan untuk pembuatan *brine water* tiruan.

2. Metodologi

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, KCl, Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, (Merck Co Inc., Germany) dan $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ (Aldrich, Germany) yang digunakan untuk membuat *brine water* tiruan, preparasi larutan awal dan sintesis Mg/Al HTlc tanpa pemurnian lebih lanjut. Air terdistilasi digunakan selama sintesis. Zat warna MO berasal dari Merck dan digunakan langsung tanpa pemurnian lebih lanjut. Preparasi larutan zat warna MO menggunakan air distilasi.

2.1.1. Preparasi larutan *brine water*

Preparasi larutan *brine water* tiruan dengan cara mencampurkan senyawa NaCl 0,710 M; $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 0,411 M; $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,056 M dan KCl 0,019 M.

2.1.2. Preparasi larutan awal

Ke dalam larutan *brine water* tiruan ditambahkan larutan campuran Na_2CO_3 0,1 M- $NaHCO_3$ 0,2 M sampai diperoleh 1,2 ekivalensi ion kalsium. Larutan ini terus diaduk selama 1 jam pada suhu 95°C.

2.1.3. Sintesis Mg/Al HTlc

Sintesis Mg/Al HTlc dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi seperti yang telah digunakan oleh Kameda dan koleganya

(Kameda *et al.*, 2000; 2002) ketika membuat Mg/Al HTlc dari air laut tiruan dengan beberapa modifikasi. Prosedur sintesis Mg/Al HTlc adalah sebagai berikut: sebanyak 1000 mL larutan Na_2CO_3 0,1 M ditambahkan perlahan-lahan ke dalam sebuah reaktor yang telah berisikan 50 mL campuran larutan awal dengan $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ di mana rasio mol awal Mg/Al adalah 2 pada pH konstan 10,5 dan kemudian larutan diaduk selama 1 jam pada suhu 70p C. Setelah dingin dalam suhu kamar, hasilnya kemudian disentrifus dengan kecepatan 2800 rpm selama 15 menit untuk mendapatkan padatan bubuk putih. Setelah itu, padatan bubuk putih dicuci dengan air terdistilasi hingga bebas ion klorida (uji $AgNO_3$) dan kemudian dikeringkan dalam oven selama satu malam.

2.2. Adsorpsi MO

2.2.1. Pengaruh keasaman medium

Sederet larutan senyawa berwarna sebanyak 50 mL dengan konsentrasi 5 mg L^{-1} ditambahkan Mg/Al HTlc sebanyak 50 mg lalu diaduk. Keasaman larutan diatur pada pH 2, 4, 6, 8, 10, 12 dan 13 dengan HCl maupun NaOH. Setelah interaksi selama dua jam, larutan dibiarkan selama 2 jam lalu supernatannya dianalisis dengan Spektrometer UV-Vis pada panjang gelombang 512 nm. Larutan sampel dan blanko dianalisis dengan kondisi yang sama. Jumlah MO yang terserap ditentukan dari perbedaan antara jumlah MO mula-mula dengan jumlah MO yang tersisa setelah proses adsorpsi.

2.2.2. Penentuan laju sorpsi

Eksperimen ini menggunakan reaktor tipe *batch*. Ke dalam 100 mL senyawa berwarna MO berkonsentrasi 50 mg L^{-1} ditambahkan 50 mg Mg/Al HTlc. Dengan kondisi keasaman larutan (pH) = 3, larutan terus diaduk dalam variasi waktu masing-masing 15, 30, 60, 90 dan 120 menit. Setelah interaksi, larutan dibiarkan selama 2 jam dan konsentrasi zat warna MO yang tersisa dalam filtratnya dianalisis dengan Spektrometer UV-Vis.

2.2.3. Penentuan kapasitas dan energi sorpsi

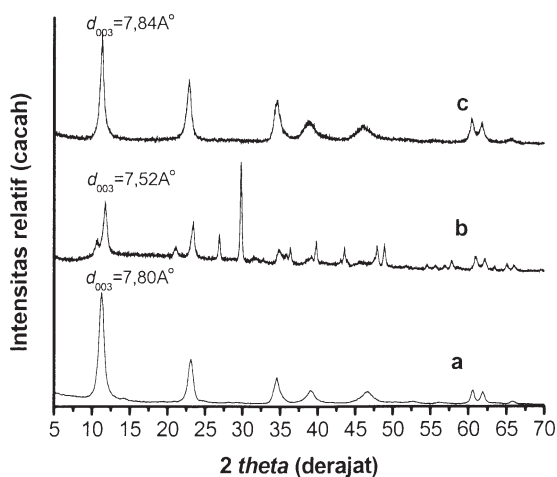
Ke dalam sederet 100 mL senyawa berwarna MO dengan konsentrasi bervariasi masing-masing 10, 15, 20, 30, 50, 80 dan 120 mg L^{-1} ditambahkan adsorben Mg/Al HTlc sebanyak 50 mg. Kondisi keasaman larutan dijaga tetap pada pH = 3. Setelah diinteraksikan selama waktu 2 jam, larutan dibiarkan selama beberapa saat. Konsentrasi zat warna MO

yang tersisa dalam filtrat dianalisis dengan Spektrometer UV-Vis.

3. Hasil dan Pembahasan

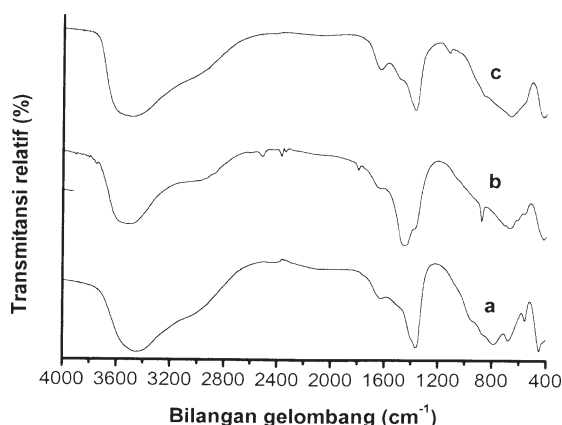
3.1. Sintesis dan karakterisasi Mg/Al HTlc

Dalam sintesis senyawa Mg/Al HTlc dari *brine water*, keberadaan ion kalsium harus dihilangkan terlebih dahulu dari *brine water* karena dapat membentuk fase lain selain fase *hydrotalcite* (Herald *et al.*, 2010). Namun, bila larutan awal telah bebas dari ion kalsium, maka karakterisasi hasil sintesis Mg/Al HTlc dengan XRD mirip dengan *hydrotalcite* komersial seperti tampak dalam Gambar 1. Pola XRD senyawa Mg/Al HTlc pada Gambar 1 menunjukkan adanya puncak-puncak tajam dan simetris serta beberapa puncak-puncak tidak simetris pada sudut 2θ yang tinggi, menunjukkan adanya kristalinitas yang baik (Ulibarri *et al.*, 2001). Tiga puncak utama pada nilai 2θ sekitar $11,7^\circ$; $23,6^\circ$ dan $35,1^\circ$ adalah ciri dari struktur berlapis (*layered structure*) yang terkait juga dengan refleksi (001). Puncak difraksi dekat $61,0-62,0^\circ$ berkaitan dengan bidang kristal (110), sedangkan refleksi (003) senyawa Mg/Al HTlc hasil sintesis adalah $7,84 \text{ \AA}$ yang merupakan ciri dari adanya interkalasi karbonat (CO_3^{2-}) pada daerah antar lapis (Kloprogge *et al.*, 2002).

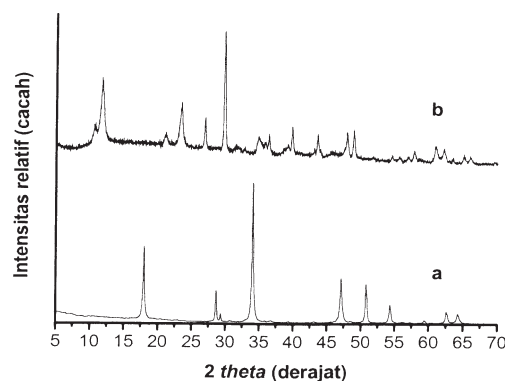


Gambar 1. Difraktogram XRD dari hasil sintesis Mg/Al HTlc (a). tanpa ion kalsium, (b) dengan ion kalsium dan (c) HTlc komersial

Berdasarkan analisis terhadap Gambar 1, muncul puncak-puncak baru yang tajam dengan intensitas cukup kuat di sekitar 2θ , yaitu 30° , $35-40^\circ$, $45-50^\circ$. Apabila puncak-puncak baru yang bukan merupakan fase Mg/Al HTlc pada Gambar 1 dibandingkan dengan puncak-puncak yang terdapat dalam difraktogram XRD dari Ca(OH)_2 yang ditunjukkan pada Gambar 3, terlihat bahwa puncak-puncak baru tersebut terletak di posisi dua θ yang hampir sama, yaitu di sekitar $28-29^\circ$, 34° , 47° , $50-51^\circ$.



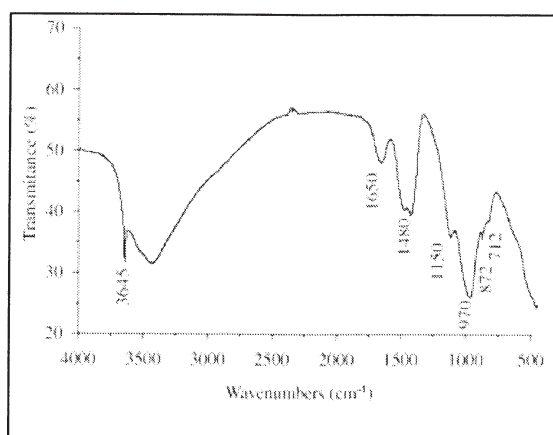
Gambar 2. Profil spektra FT-IR dari hasil sintesis Mg/Al HTlc (a). tanpa ion kalsium, (b) dengan ion kalsium dan (c) HTlc komersial



Gambar 3. Difraktogram XRD dari (a). Ca(OH)_2 , (b) Mg/Al HTlc disintesis dengan adanya ion kalsium

Begitu pula dengan hasil analisis terhadap Gambar 2, khususnya pada spektra FT-IR dalam pembentukan Mg/Al HTlc yang mengandung ion kalsium, muncul puncak-puncak baru di sekitar

bilangan gelombang 1400-1500 cm^{-1} dan 900-1000 cm^{-1} . Jika puncak-puncak baru tersebut pada Gambar 2 dibandingkan dengan puncak-puncak yang terdapat di dalam spektra FT-IR (Gambar 4) dari $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hasil penelitian Trezza (2007), maka terlihat puncak-puncak baru tersebut berada pada bilangan gelombang yang hampir sama, yaitu di sekitar 1480 cm^{-1} dan 970 cm^{-1} . Puncak-puncak baru yang muncul dalam difraktogram XRD pada Gambar 1 dan atau dalam spektra FT-IR pada Gambar 2 telah membuktikan bahwa keberadaan ion kalsium berpengaruh dalam sintesis senyawa Mg/Al HTlc.



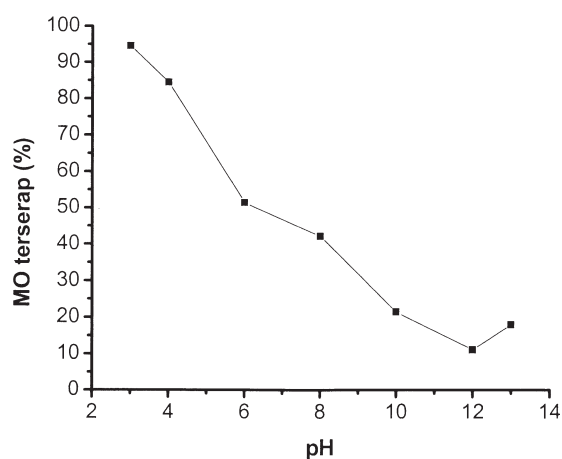
Gambar 4. Profil spektra FT-IR dari $\text{Ca}(\text{OH})_2$

3.2. Adsorpsi zat warna MO

3.2.1. Pengaruh keasaman medium

Proses adsorpsi zat warna MO pada permukaan adsorben Mg/Al HTlc dari *brine water* dapat didekati dengan melihat perubahan jumlah zat warna MO yang terserap sesuai dengan perubahan pH (Gambar 5). Pendekatan untuk menjelaskan proses adsorpsi dapat ditinjau dari sisi adsorben Mg/Al HTlc maupun dari sisi adsorbat zat warna MO. Secara teoritis, dari sisi adsorben Mg/Al HTlc, dengan nilai pH_{pzc} berada pada nilai 12,0 (Martin *et al.*, 1999) diduga akan mulai bermuatan positif pada pH medium di bawah 12,0. Sementara, dari sisi adsorbatnya, yaitu zat warna MO yang memiliki $\text{pKa}_1 = 3,7$ dan $\text{pKa}_2 = 3,4$ (Sabnis, 2010) akan mulai dominan memiliki spesies bermuatan negatif pada $\text{pH} > 3,4$. Dengan kondisi ini, spesies zat warna MO diperkirakan akan dominan bermuatan negatif pada pH antara pH 3 dan pH 4 sehingga diharapkan zat warna MO akan terdisosiasi lebih banyak membentuk spesies anionik, sementara itu pada rentang pH antara 3,4 hingga 12,0; adsorben

Mg/Al HTlc masih bermuatan positif. Dengan adanya perbedaan muatan yang cukup besar dalam rentang pH tersebut antara adsorben Mg/Al HTlc dengan zat warna MO, kemungkinan besar akan terjadi gaya tarik elektrostatis yang kuat antara zat warna MO dengan permukaan adsorben Mg/Al HTlc.



Gambar 5. Pengaruh keasaman medium dalam adsorpsi zat warna MO pada Mg/Al HTlc

Analisis terhadap Gambar 5 menunjukkan bahwa jumlah zat warna MO yang terserap maksimum pada sorben Mg/Al HTlc adalah di sekitar pH 3. Hal ini dapat dimaklumi karena ada kaitannya dengan nilai pH_{pzc} dari Mg/Al HTlc dan harga pKa dari zat warna MO. Pada $\text{pH} \approx 3$, zat warna MO telah mengalami disosiasi dan dominan dengan spesies yang bermuatan negatif. Dengan dominannya spesies yang bermuatan negatif pada zat warna MO, menyebabkan lebih mudah spesies bermuatan negatif dari zat warna MO untuk berinteraksi dengan permukaan adsorben Mg/Al HTlc. Namun demikian, seiring dengan berubahnya nilai pH ke arah nilai yang semakin besar ($\text{pH} > \text{pH}_{\text{pzc}}$ dan $\text{pH} > \text{pKa}$), jumlah zat warna MO yang terserap pada Mg/Al HTlc semakin berkurang. Berkurangnya jumlah zat warna MO yang terserap pada Mg/Al HTlc diduga karena Mg/Al HTlc yang bermuatan positif sifat positifnya semakin berkurang.

3.2.2. Laju sorpsi

Profil adsorpsi zat warna MO sebagai suatu fungsi waktu ditunjukkan dalam Gambar 6 (a). Adsorpsi mula-mula berlangsung dengan cepat dan kemudian semakin lama semakin lambat. Adsorpsi

yang berlangsung cepat teramati selama 15 menit pertama dan adsorpsi masih mengalami kenaikan bahkan pada waktu adsorpsi lebih dari 180 menit.

Data adsorpsi sesuai dengan model kinetik dari sorpsi order satu pada saat mencapai kesetimbangan yang diusulkan oleh Santosa *et al.* (2007) seperti pernyataan matematik dalam persamaan di bawah ini.

$$\frac{\ln\left(\frac{C_0}{C}\right)}{C} = k_s \cdot \frac{t}{C} + Q$$

di mana C_0 dan C adalah konsentrasi zat warna MO mula-mula dan sisa dalam larutan setelah berlangsungnya adsorpsi; k_s adalah konstanta laju adsorpsi order satu; t adalah waktu interaksi dan Q adalah konstanta adsorpsi-desorpsi.

Grafik of $\{\ln(C_0/C)\}/C$ melawan t/C menghasilkan hubungan yang linier dengan linieritas (R^2) 0,883 (Gambar 6 (b)). Dengan dasar nilai *slope* dari grafik, diperoleh nilai konstanta laju adsorpsi (k_s) adalah $7,30 \times 10^{-4}$ detik⁻¹.

3.2.3. Kapasitas dan energi sorpsi

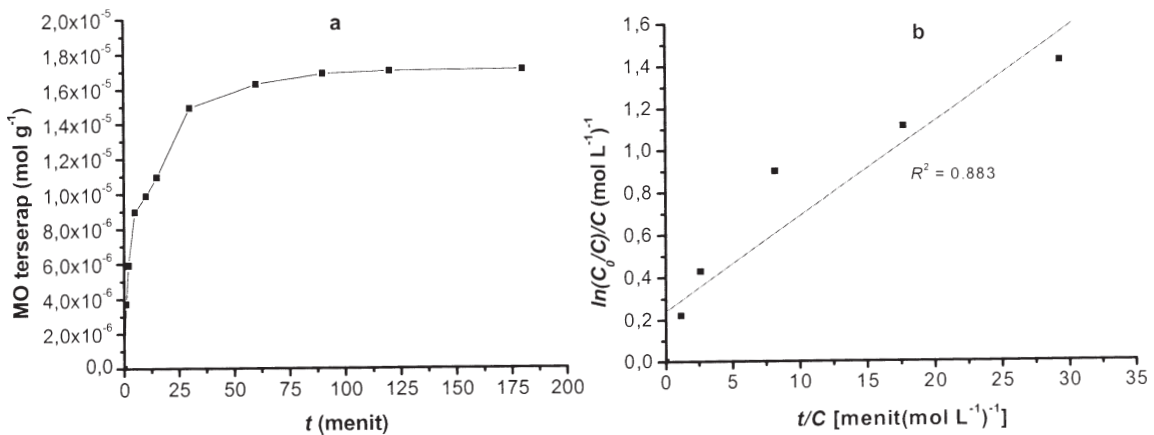
Profil adsorpsi zat warna MO sebagai suatu fungsi dari konsentrasi pada kesetimbangan ditunjukkan dalam Gambar 7 (a). Adsorpsi yang terjadi

adalah non-linier, di mana secara mendadak naik pada tingkatan konsentrasi awal zat warna MO yang rendah dari 0 sampai $8,91 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹ dan hanya sedikit kenaikan adsorpsi yang terjadi ketika konsentrasi zat warna MO antara $8,91 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹ dengan $14,37 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 7 (b), adsorpsi yang terjadi mengikuti model Langmuir seperti yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

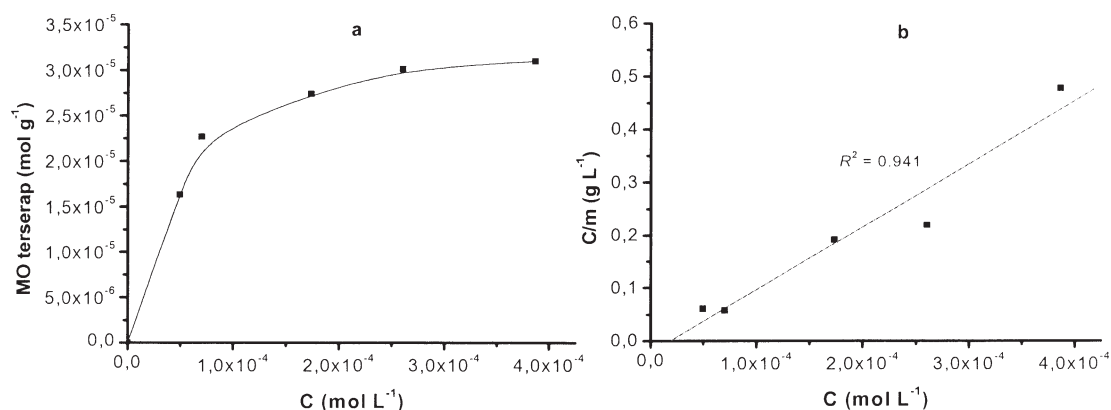
$$m = \frac{b \cdot K \cdot C}{1 + K \cdot C} \quad \text{dan} \quad \frac{C}{m} = \frac{C}{b} + \frac{1}{K \cdot b}$$

di mana C adalah konsentrasi zat warna MO dalam larutan setelah adsorpsi mencapai kesetimbangan, m adalah jumlah mol MO yang teradsorpsi dalam 1 g Mg/Al HTlc, K adalah konstanta kesetimbangan, dan b adalah jumlah maksimum MO yang terserap pada Mg/Al HTlc (kapasitas adsorpsi).

Dengan membuat grafik C/m melawan C , nilai b dapat diperoleh dari $1/\text{slope}$. Dari grafik C/m melawan C ini, nilai b yang diperoleh untuk adsorpsi zat warna MO pada Mg/Al HTlc adalah $4,36 \times 10^{-5}$ mol g⁻¹. Linieritas (R^2) dari grafik adalah 0,941 (Gambar 7 (b)). Setelah diperoleh nilai b , kemudian nilai K dapat ditentukan dari intersep grafik C/m melawan C . Nilai K yang diperoleh adalah $3,84 \times 10^4$ (mol L⁻¹)⁻¹. Dari persamaan $E_s = -\Delta G_s = RT \ln K$, kemudian diperoleh nilai energi adsorpsi sebesar 27,54 kJ mol⁻¹.



Gambar 6. (a). Profil adsorpsi zat warna MO pada Mg/Al HTlc sebagai suatu fungsi waktu interaksi dan (b) grafik $(\ln(C_0/C))/C$ melawan t/C dalam model kinetika dari adsorpsi order satu yang mencapai kesetimbangan



Gambar 7. (a) Profil adsorpsi zat warna MO pada Mg/Al HTlc sebagai suatu fungsi konsentrasi zat warna MO sisa pada kesetimbangan (C) dan (b) hubungan antara C dan C/m dalam model isotherm Langmuir

4. Simpulan

Berdasarkan proses preparasi dan sintesis pembuatan Mg/Al HTlc dengan menggunakan *brine water* tiruan dapat disimpulkan bahwa hasil samping proses desalinasi (*brine water*) diduga dapat digunakan sebagai sumber magnesium untuk pembuatan Mg/Al HTlc. Hasil uji kemampuannya sebagai adsorben zat warna MO menunjukkan bahwa adsorpsi MO pada Mg/Al HTlc terjadi pada keasaman optimum pH 3, dengan nilai laju adsorpsinya $7,30 \times 10^{-4}$ detik⁻¹, kapasitas adsorpsi

$4,36 \times 10^{-5}$ mol g⁻¹ dan energi adsorpsinya 27,54 kJ mol⁻¹. Lebih dari itu, dengan berhasilnya pembuatan Mg/Al HTlc dari *brine water* diharapkan dapat sebagai salah satu solusi untuk mengatasi dan remediasi masalah lingkungan perairan khususnya limbah cair industri tekstil.

Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan ke Dhanik Hermawan, R. Iwa, Gita Savitri dan E.H. Suryo yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aigbodion, V.S., Hassan, S.B., Ause, T. and G.B. Nyior. 2010. "Potential Utilization of Solid Waste (Bagasse Ash)". *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, 9 (1). 67-77.
- Cavani, F., Trifiro, F. and A. Vaccari. 1991. "Hydrotalcite-type anionic clays: preparation, properties and applications". *Catalysis Today*, 11. 173-301.
- Crepaldi, E. L., Tronto, J., Cardoso, L. P. and J.B. Valim. 2002. "Sorption of terephthalate anions by calcined and uncalcined hydrotalcite-like compounds". *Colloid Surface A*, 211. 103-114.
- de Roy, A., Forano, C., El Malki, K. and J.P. Besse. 1992. "Anionic Clays: Trends in Pillaring Chemistry". In Occelli, M.L. and H. Robson (Ed.). *Synthesis of Microporous Materials: Expanded Clays and Other Microporous Solids, Vol. II*. (pp. 113-115). Van Nostrand Reinhold, New York.
- Faria, P.C.C., Orfao, J.J.M. and M.F.R. Pereira. 2004. "Adsorption of anionic and cationic dyes on activated carbons with different surface chemistries". *Water Research*, 38. 2043-2052.
- He, J., Wei, M., Li, B., Kang, Y., Evans, D.G. and X. Duan. 2006. "Preparation of Layered Double Hydroxides". *Structural and Electronic Paradigms in Cluster Chemistry*, 119. 89-119.
- Herald, E. 2010. *Synthesis of Hydrotalcite-like Compounds using Magnesium from Brine Water and Its Ability Tested as Sorbent of Anionic Organic Species*. Ringkasan Disertasi. (pp.2). Program Studi S3 Ilmu Kimia, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Herald, E., Triyono, Wijaya, K., Prasasti, D. and S.J. Santosa. 2010. "Effect of Calcium and Sodium Ion on Synthesis of Mg/Al Hydrotalcite-like". *Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA EKSAKTA*, 11(1). 16-20.

- Herald, E., Pranoto, Wijanarko, D.M., Nugrohoningtyas, K.D., Dinala, B.B. and I. Sujarwo. 2006. "Studi pengaruh perbedaan rasio mol antara Mg/Al dalam sintesis Mg/Al *hydrotalcite-like*". *Jurnal AlChem*, 5(1). 54-59.
- Herald, E., Pranoto, Wijanarko, D.M. and I. C. Riasdianti. 2007. "Kajian Optimasi Jumlah Adsorben dan Waktu Kontak pada Adsorpsi Red 2B oleh Mg/Al *hydrotalcite-like*". *Jurnal AlChem*, 6(2). 23-30.
- Ilsiz, I., Dombi, A., Mogyorosi, K., Farkas, A. and I. Dekany. 2002. "Removal of 2-chlorophenol from water by adsorption combined with TiO₂ Photocatalysis". *Applied Catalysis B: Environmental*, 1214. 1-10.
- Janos, P., Buchtova, H., and M. Ryznarova. 2003. "Sorption of dyes from aqueous onto fly ash". *Water Research*, 37, 4938-4944.
- Kameda, T., Yoshioka, T., Uchida, M. and A. Okuwaki. 2002. "Synthesis of Hydrotalcite from Seawater and its Application to Phosphorus Removal". *Sulfur, and Silicon and Related Elements*, 177 (6-7). 1503 – 1506.
- Kameda, T., Yoshioka, T., Uchida, M. and A. Okuwaki. 2002. "Hydrotalcite synthesis using calcined dolomite as a magnesium and alkali resource". *Journal of Materials Science Letters*, 21. 1747-1749.
- Kameda, T., Yoshioka, T., Uchida, M. and A. Okuwaki. 2000. "Synthesis of Hydrotalcite using Magnesium from Seawater and Dolomite". *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 341. 407-412.
- Kloprogge, J.T., Wharton, D., Hickey, L. and R.L. Frost. 2002. "Infrared and Raman study of interlayer anions CO₃²⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻ and ClO₄⁻ in Mg/Al-hydrotalcite". *American Mineralogist*, 87. 623-629.
- Martin, M.J.S., Villa, M.V. and M.S. Camazano. 1999. "Glyphosate-Hydrotalcite Interaction as Influenced by pH". *Clay and Clays Minerals*, 47(6). 777-783.
- Meshko, V., Markovska, L., Mincheva, M. and A.E. Rodrigues. 2001. "Adsorption of Basic Dyes on Granular Activated Carbon and Natural Zeolite". *Water Research*, 35(14). 3357-3366.
- Michalik, A., Serwicka, E. M., Bahranowski, K. Gawel, A., Tokarz, M. and J. Nilsson. 2008. "Mg,Al-hydrotalcite-like compounds as traps for contaminants of paper furnishes". *Applied Clay Science*, 39. 86-97.
- Ni, Z.M., Xia, S.J., Wang, L.G., Xing, F.F and G.X. Pan. 2007. "Treatment of methyl orange by calcined layered double hydroxides in aqueous solution: Adsorption property and kinetic studies". *Journal of Colloid and Interface Science*, 316. 284-291.
- Orthman, J., Zhu, H.Y. and G.Q. Lu. 2003. "Use of anion clay hydrotalcite to remove coloured organics from aqueous solutions". *Separation and Purification Technology*, 31. 53-59.
- Sabnis, R. W. 2010. *Handbook of Biological Dyes and Stains: Synthesis and Industrial Applications*. (pp. 302). A John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Santosa, S.J., Siswanta, D., Kurniawan, A. and W.H. Rahmanto. 2007. "Hibrid of chitin and humic acid as high performance sorbent for Ni(II)". *Surface Science*, 601. 5155-5161.
- Trezza, M. A., 2007, Hydration study of ordinary portland cement in the presence of zinc ions, *Materials Research*, 10 (4).
- Ulibarri, M. A., Pavlovic, I., Barriga, C., Hermosin, M. C. and J. Cornejo. 2001. "Adsorption of anionic species on hydrotalcite-like compounds: effect of interlayer anion and crystallinity". *Applied Clay Science*, 18. 17-27.
- Wang, C.C., Juang, L.C., Hsu, T.C., Lee, C.K., Lee, J.F. and F.C. Huang. 2004. "Adsorption of basic dyes onto montmorillonite". *Journal of Colloid Interface Science*, 273. 80-86.
- You, Y., Vance, G.F. and H. Zhao. 2001. "Selenium adsorption on Mg-Al and Zn-Al layered double hydroxides". *Applied Clay Science*, 20. 13-25.
- Zhu, M.X., Li, Y.P., Xie, M. and H.Z. Xin. 2005. "Sorption of an anionic dye by uncalcined and layered double hydroxides: a case study". *Journal of Hazardous Materials*, 120. 163-171.