

PREPARASI DAN MIKROSTRUKTUR MONTMORILLONIT BOYOLALI SERTA PEMANFAATANNYA SEBAGAI PENYANGGA DALAM SISTEM ADSORBEN MONTMORILLONIT/SURFAKTAN

Kus Sri Martini, Ashadi, M. Masykuri, & Sulistyono Saputro

Program Studi Kimia FKIP UNS, Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta

Telp. 0271-648939, Fax. 0271 – 648939

email: kus_martini@yahoo.co.id

ABSTRAK

Montmorillonit lokal dari Boyolali memiliki potensi besar dimanfaatkan sebagai penyangga dalam sistem adsorben untuk menyerap polutan organik dan logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem adsorben surfaktan kationik dengan penyangga montmorillonit Boyolali. Fokus kajian meliputi karakterisasi bahan awal, pengembangan teknik sintesis sistem adsorben, dan karakterisasi mikrostrukturnya. Morfologi struktur muka dan analisis kuantitatif elemental terhadap montmorillonit dilakukan menggunakan SEM-EDS merk *Jeol seri JSM-6360*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa montmorillonit Boyolali memiliki struktur berlapis dan berongga-rongga dengan ukuran diameter rongga berkisar 1 – 2 μm , kandungan senyawa dominan adalah silikat/ SiO_2 sebesar 69,21% dan alumina/ Al_2O_3 sebesar 14,34%.

Kata kunci: Sistem adsorben, surfaktan kationik, montmorillonit.

PENDAHULUAN

Logam berat dan polutan organik, semisal *polychlorinated biphenyl (PCB)* dan *polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)* merupakan dua jenis polutan yang banyak mencemari perairan, tanah dan sedimen (Shin, 2004; Riley dan Zachara, 1992). Sedangkan Jaffe, et al. (2003) menemukan berbagai jenis logam berat dalam konsentrasi rendah, mencakup krom (Cr), seng (Zn), timbal (Pb), kadmium (Cd) dan kobalt (Co) yang berasal dari limbah industri dan pertanian. Oleh karena itu sangat mendesak diperlukan pengembangan sistem pengolahan limbah yang efektif dan efisien.

Beberapa riset yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa sangat sukar melakukan remediasi terhadap polutan organik yang bersifat non polar dan logam berat yang berada dalam bentuk anion, misalnya kromat (CrO_4^{2-}) dan selenat (SeO_4^{2-}) (Tuin, 1990; Wasay, 2001). Aplikasi beberapa adsorben tunggal (karbon aktif dan berbagai jenis *clay*) kurang

efektif, karena afinitasnya yang rendah terhadap anion dan molekul organik (Pierzynski, et al., 2000). Sedangkan aplikasi metode lain, misalnya penggunaan asam kuat dan *chelating agent* justru menimbulkan dampak samping adanya pencemaran lebih lanjut (Fillipi et al., 1998; Hong, 1996). Berdasarkan fakta tersebut, riset lanjut untuk mengembangkan metode pengolahan limbah organik dan logam berat memiliki nilai yang sangat strategis.

Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi bahan alam yang bisa dimanfaatkan dalam proses pengolahan limbah cair, antara lain montmorillonit. Ketersediaan montmorillonit lokal di daerah Boyolali dan Pacitan yang sangat melimpah mendorong upaya-upaya pemanfaatan sekaligus sebagai langkah memberi nilai tambah. Montmorillonit yang tersusun dari hidrat aluminosilikat memiliki luas permukaan yang amat besar (Ganjar, 2006). Rintisan penelitian dengan menggabungkan sistem surfaktan/ligan yang dilakukan oleh Shin (2004) telah berhasil meremediasi sedimen tanah yang tercemar. Penelitian ini mengambil sisi positif surfaktan dan menerapkannya dalam sistem baru, yaitu adsorben montmorillonit/surfaktan. Perlakuan montmorillonit dengan surfaktan kationik akan melipatgandakan kemampuan serapan terhadap molekul organik non polar dan anion. Anion akan diserap melalui mekanisme penukaran ion (*ion exchange*), sedangkan molekul organik non polar terikat melalui antaraksi gugus hidrofobik dari surfaktan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari: SEM-EDS merk *Jeol seri JSM-6360*, Sentrifuge H-107 OSK 6474 B Ogawa Seiki, pH meter, shaker universal OSK 6445 Ogawa Seiki, penyaring vakum, oven listrik, ayakan 200 mesh, kertas saring Whatman 42, aluminium foil, neraca analitik, desikator, krus porselen, termometer, penjepit besi, alu dan mortir, labu semprot, wadah plastik, karet penghisap dan alat-alat gelas.

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari: montmorillonit (lokal, dari Wonosegoro Boyolali), dodecyltrimethyl ammonium bromide, DDTMA-Br (Aldrich), tetradecyltrimethyl

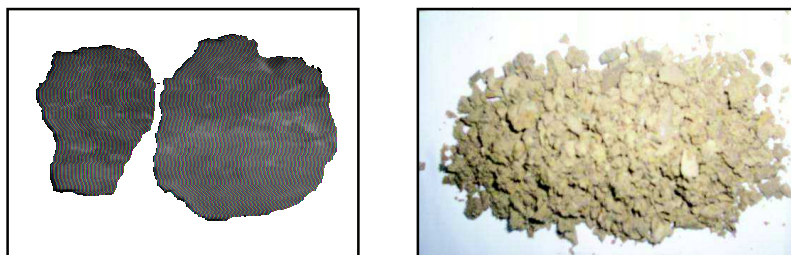
ammonium bromide, TDTMA-Br (Aldrich), octadecyltrimethyl ammonium bromide, ODTMA-Br (Aldrich), dodecylethldimethyl ammonium bromide, DDEDMA-Br (Aldrich), dimethyldioctadecyl ammonium bromide, DMDODA-Br (Aldrich).

Prosedur Penelitian

Montmorillonit lokal diperoleh dari pertambangan montmorillonit rakyat di Desa Bandung, Kecamatan Wonosegoro, Kabupaten Boyolali. Proses pengolahan montmorillonit dilakukan melalui tahap-tahap penghancuran, pencucian, pembersihan, pengeringan dan pengayakan. Serpihan montmorillonit yang telah dingin (suhu kamar) dihaluskan dengan menggunakan mortir dan diayak dengan ayakan berukuran 200 mesh. Hasil akhir berupa adsorben serbuk montmorillonit dengan ukuran ≤ 200 mesh. Sintesis sistem adsorben montmorillonit/surfaktan disintesis secara insitu dengan variasi surfaktan kationik (DDTMA-Br, TDTMA-Br, ODTMA-Br, DDEDMA-Br dan DMDODA-Br).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Adsorben Montmorillonit. Pada penelitian ini digunakan montmorillonit Boyolali sebagai bahan adsorben. Montmorillonit Boyolali memiliki ciri-ciri berwarna coklat krem, memiliki kilap lilin, apabila didispersikan ke dalam air cukup mengembang.



Gambar 1. Montmorillonit yang berasal dari Wonosegoro Boyolali
(a) bongkahan montmorillonit, (b) serpihan montmorillonit

Pada preparasi sampel, montmorillonit diberi perlakuan awal yaitu montmorillonit yang masih berupa bongkahan dihancurkan kemudian

dilakukan tahap pencucian, pencucian ini bertujuan untuk memisahkan montmorillonit dengan pengotornya. Dengan hilangnya pengotor maka dimungkinkan akan memperbesar luas permukaan montmorillonit sehingga memperbesar proses penyerapan. Zat pengotor ini juga sangat mempengaruhi kejernihan dari larutan yang diadsorpsi, pengotor dapat menyebabkan kekeruhan yang dapat mempengaruhi pengukuran absorbansi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Tampak. Kekeruhan larutan yang disebabkan oleh partikel-partikel koloid misalnya akan menyebabkan penyimpangan hukum Beer.

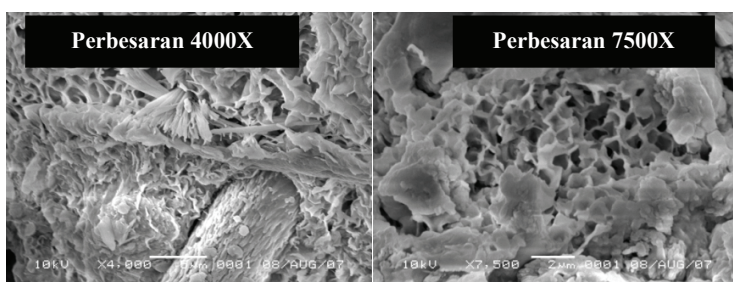
Montmorillonit tersusun dari mineral-mineral yang sangat halus sedangkan lapisan penyusunnya tidak terikat kuat, sehingga apabila mengalami kontak dengan air saat proses pencucian, mineral akan menunjukkan pengembangan antar lapis yang menyebabkan volumenya meningkat. Setelah proses pencucian, montmorillonit dioven pada suhu 105°C hingga kering (± 3 jam). Pengovenan bertujuan untuk menguapkan air yang terkandung di dalam montmorillonit. Montmorillonit yang dikeringkan dengan cara pengovenan memiliki jarak dasar 10 Å. Pembukaan pori dapat dilakukan dengan pemanasan bahan adsorben pada suhu tertentu (biasanya 100 - 600°C). Pada suhu ini diperkirakan molekul air yang terikat dapat dibebaskan.

Partikel montmorillonit yang digunakan sebagai adsorben, diayak dengan ukuran ≤ 200 mesh. Ukuran partikel yang digunakan pada proses adsorpsi akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi dari adsorben. Semakin besar luas permukaan adsorben maka semakin besar pula zat-zat yang terbawa atau melekat pada montmorillonit. Serbuk montmorillonit yang telah siap untuk digunakan sebagai adsorben, disimpan di dalam desikator untuk menjaga agar massa adsorben montmorillonit agar tetap konstan.

Mikrostruktur Montmorillonit. Untuk mengetahui mikrostruktur montmorillonit, dilakukan karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS)*. Instrumen yang digunakan adalah SEM/EDS merk *Jeol seri JSM-6360*. Metode standard yang digunakan adalah metode *Secondary Electron*

Image (SEI) dengan preparasi coating emas. Kondisi operasi dilakukan pada tegangan 10 kV dan perbesaran 2000X, 300X, 4000X dan 7500X.

Dari citra SEM dengan perbesaran 4000X dan 7500X (Gambar 2. tampak jelas bahwa montmorillonit Boyolali yang digunakan dalam penelitian memiliki struktur berlapis dan berongga-rongga dengan ukuran diameter rongga berkisar antara 1 – 2 μm . Struktur *clay* (lempung) yang memiliki ciri khas berlapis-lapis nampak pada sebagian besar matriks, secara mikroskopis citra berlapis ini merupakan gambaran fisik dari susunan struktur sel unit berupa satu lembar oktahedral aluminium yang diapit oleh dua lembar tetrahedra silika. Profil rongga nampak lebih jelas pada citra SEM dengan perbesaran 7500X. Adanya rongga menyebabkan luas permukaan montmorillonit menjadi sangat besar, bahkan luas permukaan spesifik montmorillonit bisa mencapai sekitar 700-800 m^2/g . Luas permukaan spesifik ini terbuka pada dispersi dalam air, disertai kemampuan mengembang yang sangat tinggi menyebabkan montmorillonit dapat menerima ion-ion logam dan senyawa-senyawa organik.



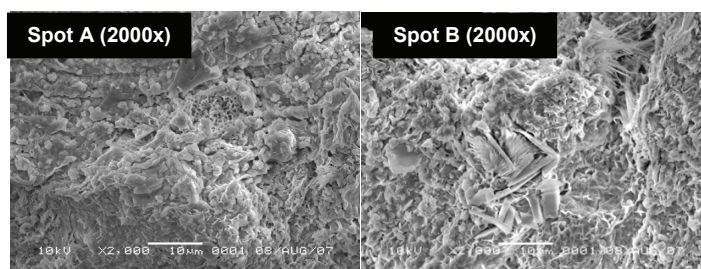
Gambar 2. Citra SEM montmorillonit Boyolali

Analisis Elemental Montmorillonit. Untuk mengetahui kandungan unsur dan senyawa dalam montmorillonit Boyolali, pengamatan SEM dilanjutkan dengan analisis *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS). Fokus pengamatan dilakukan terhadap citra SEM dengan perbesaran 2000x terhadap 2 (dua) spot pengamatan A dan B (Gambar 3).

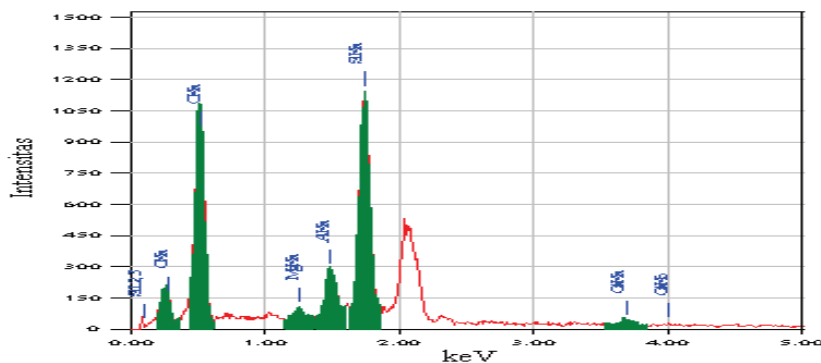
Citra SEM tersebut menguatkan hasil pembacaan sebelumnya dengan perbesaran yang lebih tinggi. Dengan tingkat perbesaran 2000x struktur lapis dari clay lebih nampak jelas. Disamping itu, terdapat pula

sebagian kecil matrik montmorillonit yang tersusun dalam struktur jarum dan batang. Struktur rongga meski tidak nampak jelas berada diantara lapis, rongga ini menjadi nampak jelas pada citra SEM dengan perbesaran 7500x.

Pengujian aspek kuantitatif untuk mengetahui kandungan unsur-unsur dalam montmorillonit Boyolali yang dilakukan terhadap spot A dan spot B diperoleh grafik sebagaimana diberikan dalam Gambar 4. Hasilnya disarikan dalam Tabel 1.



Gambar 4. Spot A dan B pada citra SEM 2000x untuk analisis EDS



Gambar 4. Hasil scanning elemental EDS terhadap spot A dan B

Dari tabel di atas tampak bahwa senyawa yang dominan adalah silikat/ SiO_2 sebesar 69,21% dan alumina/ Al_2O_3 sebesar 14,34%, dan sebagian kecil berupa senyawa CaO (3,59%) dan MgO (1,79%). Juga terlihat adanya unsur karbon yang kemungkinan berasal dari sisa-sisa zat organik sebesar 11,7%. Komposisi tersebut merupakan komposisi umum

yang dimiliki mineral montmorillonit dan jenis lempung (*clay*) pada umumnya.

Tabel 1. Kandungan unsur/senyawa dalam montmorillonit Boyolali berdasarkan analisis SEM-EDS

Unsur	Energi (keV)	Massa (%)	Kesalahan (%)	Senyawa	Massa (%)
C K	0,277	11,07	0,175	C	11,07
O		45,34			
Mg K	1,253	1,08	0,375	MgO	1,79
Al K	1,486	7,59	0,485	Al ₂ O ₃	14,34
Si K	1,739	32,36	0,655	SiO ₂	69,21
Ca K	3,690	2,565	1,265	CaO	3,59
Jumlah		100			100

Temuan penting dari analisis EDS ini adalah tidak ditemukannya unsur logam transisi Cr dan Se di dalam montmorillonit Boyolali. Hal ini berarti apabila montmorillonit tersebut digunakan sebagai adsorben, maka proses adsorpsi tidak terkontaminasi oleh Cr dan Se yang mungkin terlepas dari matriks mineral dan mengganggu hasil analisis. Dengan kata lain, Cr dan Se murni berasal dari sampel limbah yang digunakan sebagai adsorbat.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa montmorillonit Boyolali memiliki struktur berlapis dan berongga-rongga dengan ukuran diameter rongga berkisar 1 – 2 μm , kandungan senyawa yang dominan adalah silikat/SiO₂ sebesar 69,21% dan alumina/Al₂O₃ sebesar 14,34%.

Sistem adsorben montmorillonit/surfaktan menggunakan montmorillonit lokal dari Boyolali telah berhasil disintesis. Penelitian lanjut yang bisa dikembangkan mencakup eksplorasi sifat-sifat fisik dan kimia sistem adsorben secara lebih mendalam, pemanfaatan bahan-bahan alam lain dari lokal Indonesia sebagai substituen bahan kimia untuk memberi nilai tambah dan meningkatkan nilai ekonomi bahan lokal, serta

penggunaan surfaktan baru yang memiliki gugus fungsi untuk meningkatkan daya adsorpsi.

Dari sisi pemanfaatan sistem adsorben montmorillonit/surfaktan, pengembangan dapat diarahkan untuk meremediasi berbagai jenis polutan limbah cair, baik yang bersifat non polar, anionik maupun kationik..

DAFTAR PUSTAKA

- Fillipi, B.R., Scamehorn, J.F., Taylor, R.W., and Christian, S.D.1997. Selective removal of copper from an aqueous solution using ligand-modified micellar-enhanced ultrafiltration using an Alkyl diketone ligand. *Separ. Sci. Technol.* 32, 2401- 2424.
- Ganjar Labaik. 2006. Kajian terhadap Bentonit di Kabupaten Tasikmalaya dan Kemungkinannya Dijadikan Bahan Pembersih Minyak Kelapa Sawit (CPO). *Online*. http://www.dim_esdm.go.id/, 30 Desember 2006.
- Hong, A. P. K. , and Chen, T.-C. 1996. Chelating extraction and recovery of cadmium from soil using pyridine-2,6-dicarboxylic acid. *Water, Air, Soil Pollut.* 86, 335- 346.
- Jaffe, R., Gardinali, P.R., Cai, Y., Sudburry, A., Fernandez, A., and Hay, B.J. 2003. Organic compounds and trace metals of anthropogenic origin in sediments from Montego Bay, Jamaica:assessment of sources and distribution pathways. *Environ. Pollut.* 123, 291-299.
- Riley, R. G., and Zachara, J. M. 1992. *Chemical Contaminants on DOE Land and Selection of Contaminant Mixtures for Subsurface Research*, DOE/ER-057T, Dept. of Energy, Washington DC, USA.
- Shin, Mari. 2004. Surfactant/Ligand Systems for the Simultaneous Remediation of Soils Contaminated with Heavy Metals and Polychlorinated Biphenyls. *Dissertation*.Department of Bioresource Engineering, Macdonald Campus of McGill University, Ste-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada
- Tuin, B. J. W., and Tels, M. 1990. Removing heavy metals from contaminated clay soils by extraction with hydrochloric acid, EDTA or hypochlorite solutions. *Environ. Technol.* 11, 1039-1052.
- Wasay, S.A., Barrington, S., and Tokunaga, S. 2001. Organic acids for the in situ remediation of soils polluted by heavy metals : soil flushing in columns. *Water, Air, Soil Pollut.* 127, 301-314.