

PERBANDINGAN EFEKTIVITAS REGENERASI SISTEM ADSORBEN SURFAKTAN KATIONIK BERPENYANGGA MONTMORILONIT LOKAL MENGGUNAKAN KH_2PO_4 DAN NaOH

Kus Sri Martini, M. Masykuri, Ashadi, Sulistyio Saputro

Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNS, Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57162

Telp. 0271-648939, Fax. 0271 – 648939 email: kus_martini@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan teknik regenerasi sistem adsorben surfaktan kationik dengan penyangga montmorilonit lokal menggunakan KH_2PO_4 dan NaOH. Berbeda dengan adsorben konvensional berbahan tunggal (zeolit dan arang aktif) yang memiliki respon sangat rendah terhadap polutan bermuatan negatif dan non polar, sistem adsorben yang dikembangkan memiliki keunggulan kompetitif karena berdaya serap tinggi terhadap jenis polutan tersebut. Disamping itu, sistem adsorben surfaktan kationik-montmorilonit juga memiliki sisi positif antara lain tidak beracun dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Fokus penelitian ini adalah mengukur efektivitas regenerasi adsorben montmorillonit/surfaktan, dengan cara pencucian menggunakan 2 macam reagen aktif, yaitu: KH_2PO_4 0,01 M dan, NaOH 0,1 M terhadap adsorben dengan surfaktan ODTMA-Br yang telah jenuh kromat. Serapan surfaktan oleh montmorilonit secara kuantitatif ditentukan melalui isoterm adsorpsi, sedangkan kuantitas logam berat ditentukan dengan spektrometri tampak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa KH_2PO_4 0,01 M dan NaOH 0,1 M dapat digunakan dalam regenerasi adsorben-surfaktan dengan teknik pencucian. Reagen KH_2PO_4 0,01M merupakan reagen terbaik untuk regenerasi kromat dari adsorben – surfaktan, bersifat ramah lingkungan dan memiliki daya regenerasi yang cukup besar yaitu sebesar 26,8%.

Kata kunci: Metode regenerasi, sistem adsorben, surfaktan kationik, montmorilonit, kromat.

PENDAHULUAN

Di antara pencemaran udara, air dan tanah, pencemaran air merupakan salah satu bentuk pencemaran yang perlu diwaspadai, dan diantara parameter pencemar air, parameter pencemar logam berat adalah yang paling berbahaya. *US-EPA (U.S. Environmental Agency)* mendata ada 13 elemen logam berat dan polutan organik yang merupakan elemen utama pencemaran air. Jaffe et al. (2003) menemukan berbagai jenis logam berat dalam konsentrasi rendah, mencakup krom (Cr), seng (Zn), timbal (Pb), kadmium (Cd) dan kobal (Co) yang berasal dari limbah industri dan pertanian. Oleh karena itu sangat mendesak diperlukan pengembangan sistem pengolahan limbah yang efektif dan efisien.

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 (Callister, 2003; Kim, 1991). 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.

Penelitian mengenai sintesis adsorben montmorillonit bersurfaktan telah dilakukan oleh tim peneliti (Kus Sri Martini et al., 2008), namun fokus penelitiannya masih berkisar pemetaan karakter adsorben. Dalam makalah ini, dilaporkan pengembangan teknik regenerasi sistem adsorben surfaktan kationik dengan penyangga montmorillonit lokal menggunakan KH_2PO_4 dan NaOH. Fokus penelitian ini adalah mengukur efektivitas regenerasi adsorben montmorillonit/surfaktan, dengan cara pencucian menggunakan 2 macam reagen aktif, yaitu: KH_2PO_4 0,01 M dan, NaOH 0,1 M terhadap adsorben dengan surfaktan ODTMA-Br yang telah jenuh kromat. Reagen KH_2PO_4 mewakili pencuci dari sistem buffer fosfat dan NaOH dari pencuci yang bersifat alkalis, sedangkan konsentrasi masing-masing menggunakan acuan dari hasil optimasi dalam penelitian sebelumnya.

Metode Penelitian

1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari: spektrofotometer UV-Tampak Shimadzu 1601 PC, AAS, 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), octadecyltrimethyl ammonium bromide, ODTMA-Br (Aldrich), dodecylethdimethyl ammonium bromide, K_2CrO_4 (Sigma).

2. Prosedur Kerja

Untuk regenerasi adsorben terhadap anion logam berat, akan diujicobakan menggunakan dasar-dasar literatur (Riley dan Zachara, 1992; Wasay et al., 2001; Tuin dan Tels, 1990), (1983). Disiapkan 2 (macam) reagen pencuci yaitu K_2HPO_4/KH_2PO_4 0.01 M dan NaOH 0.1 M. Untuk setiap kondisi awal disiapkan 20 mL reagen tersebut dan ditambah 5 g adsorben montmorillonit/surfaktan. Semua campuran kemudian di-shaking selama 12 jam pada suhu 25°C. Konsentrasi surfaktan yang masih terdapat dalam montmorillonit dibandingkan sebelum dan sesudah perlakuan.

Hasil dan pembahasan

1. Isoterm Adsorpsi Ion Kromat (CrO_4^{2-})

Ion kromat (CrO_4^{2-}) yang mengalami kontak dengan adsorben montmorillonit dapat mengalami proses adsorpsi. Adsorpsi pada adsorben montmorillonit terhadap larutan ion kromat (CrO_4^{2-}) berdasarkan adanya tekanan dalam dari larutan ion kromat (CrO_4^{2-}) yang lebih besar dari tekanan di sekitar permukaan adsorben montmorillonit. Di sekitar permukaan adsorben montmorillonit, molekul-molekul pelarut ion kromat (CrO_4^{2-}) tidak berada dalam keadaan seimbang sehingga gaya tarikan antara molekul ion kromat dengan molekul pelarut lebih kecil dari pada gaya tarikan antara molekul ion kromat (CrO_4^{2-}) dengan adsorben montmorillonit sehingga dapat terjadi adsorpsi pada ion kromat (CrO_4^{2-}) oleh adsorben montmorillonit.

Molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Pada adsorpsi, zat yang diserap hanya pada permukaan adsorben.

Untuk mengetahui isoterm adsorpsi dari ion kromat oleh adsorben montmorillonit, yaitu dengan menggunakan larutan ion kromat (CrO_4^{2-}) dengan variasi konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm dan 80 ppm yang

masing-masing diadsorpsi dengan menggunakan adsorben montmorillonit. Isoterm adsorpsi adalah hubungan antara jumlah zat yang diadsorpsi dan tekanan kesetimbangan atau konsentrasi kesetimbangan pada temperatur tertentu. Artinya dengan isoterm adsorpsi dapat diketahui jumlah zat teradsorpsi atau zat teradsorpsi oleh sejumlah adsorben. Atau dengan kata lain, isoterm adsorpsi menunjukkan hubungan antara daya adsorpsi adsorben terhadap adsorbat dengan variasi konsentrasi adsorbat.

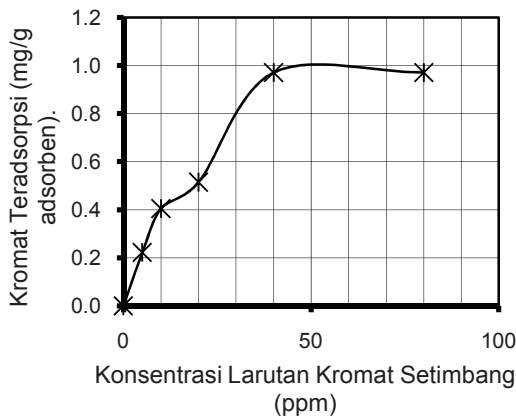
Selanjutnya untuk mengetahui masing-masing konsentrasi awal larutan kromat (Co), larutan diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Tampak pada panjang gelombang maksimumnya sebesar 372,5 nm. Untuk penggunaan panjang gelombang maksimum ini sedikit berbeda dengan panjang gelombang maksimum pertama saat optimasi pH karena pada penentuan panjang gelombang kedua ini, larutan yang digunakan adalah larutan kromat dengan pengaturan pH 8,5 sehingga digunakan penambahan NaOH 0,1 M dalam larutan. Dengan penambahan NaOH sebagai pengatur pH, sedikit mempengaruhi panjang gelombang maksimum yang diperoleh.

Setelah diperoleh konsentrasi awal larutan kromat, selanjutnya dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben montmorillonit. Jumlah adsorben montmorillonit sebanyak 0,1 gram yang digunakan pada adsorpsi ion kromat (CrO_4^{2-}) berbagai variasi konsentrasi dengan volume masing-masing larutan 25 ml sebagai kelimpahan atau fase ruahnya. Untuk lama proses pengocokannya yaitu selama ± 2 jam. Pengocokan digunakan alat shaker, dengan penggunaan alat ini membantu mempercepat proses pendistribusian larutan kromat secara merata pada adsorben montmorillonit, sehingga mempercepat tercapainya kesetimbangan. Setelah proses pengocokan, dilanjutkan dengan memisahkan adsorben yang telah mengadsorpsi ion kromat (CrO_4^{2-}) dengan larutan ion kromat (CrO_4^{2-}) yang tersisa. Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan alat *sentrifuge*, prinsip kerja alat ini adalah dengan prinsip pengendapan. Dengan perlakuan ini, adsorbat yang teradsorpsi tidak akan terlepas karena adsorbat terikat pada permukaan adsorben montmorillonit dalam keadaan setimbang.

Pada tahap penyaringan, tahap ini berfungsi untuk mendapatkan larutan ion kromat (CrO_4^{2-}) yang tidak ikut teradsorpsi oleh adsorben montmorillonit. Pada proses ini, volume larutan dikembalikan ke fase ruah semula dengan menggunakan akuades

sedikit demi sedikit saat mencuci kertas saring dan endapan. Pencucian ini dilakukan karena dimungkinkan ada sisa kromat yang tidak teradsorpsi pada permukaan adsorben tetapi berada di antara partikel-partikel adsorben dan adanya sebagian pelarut dan juga ion kromat yang ikut terserap ke dalam kertas saring.

Dari data konsentrasi ion kromat yang dapat dilihat pada lampiran, dapat dihitung konsentrasi kromat teradsorpsi dari ion kromat (CrO_4^{2-}) oleh adsorben montmorillonit sebagai data isoterm adsorpsi.



Gambar 1. Isoterm adsorpsi sistem adsorben montmorillonit/surfaktan ODTMA-Br terhadap ion kromat

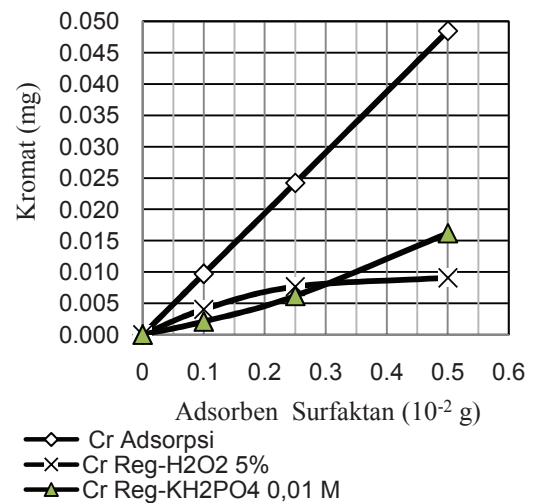
Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa daya adsorpsi montmorillonit terhadap ion kromat meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ion kromat (CrO_4^{2-}) di dalam larutan. Ini disebabkan karena semakin banyak ion kromat (CrO_4^{2-}) yang terdapat dalam larutan maka perpindahan ion kromat (CrO_4^{2-}) ke permukaan montmorillonit juga semakin meningkat. Semakin besar konsentrasi ion logam yang akan diserap, maka daya adsorpsi montmorillonit akan semakin meningkat. Hal ini dapat terjadi karena semakin banyak ion logam yang terdapat di dalam larutan maka perpindahan ion logam ke permukaan montmorillonit akan semakin banyak.

Perilaku adsorpsi ini berkaitan dengan tingginya afinitas adsorben untuk mengadsorpsi ion kromat (CrO_4^{2-}) pada konsentrasi rendah, kemudian afinitas adsorben untuk mengadsorpsi ion kromat (CrO_4^{2-}) mengalami penurunan saat konsentrasi ion kromat (CrO_4^{2-}) mengalami kenaikan. Afinitas dari suatu adsorben menunjukkan besarnya energi yang dihasilkan atau dilepaskan atom-atom penyusun adsorben untuk menarik sebuah elektron dari ion kromat (CrO_4^{2-}). Afinitas dari

adsorben ini dapat digunakan sebagai ukuran mudah atau tidaknya suatu atom penyusun adsorben untuk menangkap elektron dari adsorbat. Pada konsentrasi larutan kromat setimbang 40 ppm, sistem adsorben montmorillonit/ODTMA-Br memiliki angka adsorbat kromat teradsorpsi sebesar 0,97 mg/g adsorben.

D. Teknik Regenerasi Adsorben Montmorillonit/Surfaktan

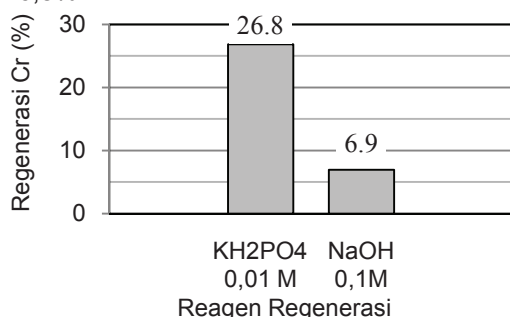
Untuk mengetahui efektivitas regenerasi adsorben montmorillonit/ surfaktan, dilakukan pengembangan teknik regenerasi dengan cara pencucian menggunakan 2 (empat) macam reagen aktif, yaitu KH_2PO_4 0,01 M dan NaOH 0,1 M terhadap adsorben dengan surfaktan ODTMA-Br yang telah jenuh kromat. Hubungan antara massa adsorben surfaktan dengan kromat teradsorpsi (Cr adsorpsi) dan kromat ter-regenerasi (Cr reg) menggunakan berbagai reagen aktif ditunjukkan dalam Gambar 2. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kromat teradsorpsi dan kromat ter-regenerasi sebagai fungsi massa adsorben surfaktan, makin besar massa adsorben surfaktan makin besar pula kromat teradsorpsi dalam pori-pori adsorben. Demikian pula makin besar kromat terdapat dalam adsorben, makin besar pula yang dapat di regenerasi apabila digunakan reagen-reagen aktif tersebut.



Untuk membedakan efektivitas reagen-reagen dalam proses pencucian, dilakukan konversi kromat yang ter-regenerasi dalam satuan persen dengan cara menentukan fraksi kromat teradsorpsi per kromat ter-regenerasi, gambarnya ditampilkan dalam Gambar 3. Hasil penelitian ini menunjukkan kuantitas efisiensi berbagai reagen untuk

mengekstraksi kromat dari adsorben-surfaktan yang telah jenuh oleh kromat.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa secara umum semua reagen mampu berfungsi sebagai reagen pencuci. Diantara beberapa reagen yang digunakan, terdapat variasi perbedaan dalam efisiensi ekstraksi kromat dari adsorben-surfaktan. Kemampuan reagen NaOH 0,1 M dalam meregenerasi adsorben tergolong rendah yakni hanya mampu mengekstrak sebanyak 6,9% dari kromat yang teradsorpsi dalam adsorben – surfaktan. Reagen regenerasi yang lebih efektif dalam proses regenerasi kromat dari adsorben-surfaktan jenuh adalah KH_2PO_4 0,01M dengan daya regenerasi sebesar 26,8%



Gambar 3. Kromat teradsorpsi dan kromat ter-regenerasi sebagai fungsi mass adsorben surfaktan.

Dari aspek lingkungan, reagen yang tergolong relatif ramah lingkungan adalah KH_2PO_4 0,01M. Reagen pencuci KH_2PO_4 termasuk dalam golongan garam yang terhidrolisis parsial dalam air dan bersifat sedikit basa. Reagen NaOH 5% menyebabkan dampak lingkungan yang kurang baik karena bersifat H_2O_2 bersifat basa kuat. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas dapat disimpulkan bahwa KH_2PO_4 0,01M merupakan reagen terbaik untuk regenerasi kromat dari adsorben – surfaktan, bersifat ramah lingkungan dan memiliki daya regenerasi yang cukup besar yaitu sebesar 26,8%.

KEsimpulan dan saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan: 1) KH_2PO_4 0,01 M dan NaOH 0,1 M dapat digunakan dalam regenerasi adsorben-surfaktan dengan teknik pencucian, 2) reagen KH_2PO_4 0,01M merupakan reagen terbaik untuk regenerasi kromat dari adsorben – surfaktan, bersifat ramah lingkungan dan memiliki daya regenerasi yang cukup besar yaitu sebesar 26,8%.

Penelitian lain 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.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi DP3M Dirjen Dikti atas dukungan dana sehingga terlaksananya penelitian ini. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Ketua Laboratorium Program Kimia FKIP UNS serta semua pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar PUSTAKA

- Callister, W.D. 2003. *Materials Science and Engineering: an Introduction*. India: John Wiley & Son, 54-56, 108-112.
- Jaffe, R., Gardinali, P.R., Cai, Y., Sudbury, A., Fernandez, A., and Hay, B.J. 2003. Organic compounds and trace metals of anthropogenic origin in sediments from Montego Bay, Jamaica: assess-ment of sources and distribution path-ways. *Environ. Pollut.* 123, 291-299.
- Kim H. Tan. 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Terjemahan Didiek Hadjar Goenadi. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Riley, R. G. dan 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.